

부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험 성과표
4. 상태평가 결과자료
5. 안전성평가 및 내진성능평가 자료
6. 시설물관리대장 사본
7. 사진첩
8. 사용장비 및 기기의 사진
9. 사전조사 자료

1. 과업지시서

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 용역

과 업 지 시 서

2022. 02

 대구동부순환도로(주)

목 차

I. 일반조건

II. 점검계획 및 세부사항

III. 보고서 작성 방법

IV. 내진성능평가

V. e-보고서 작성 방법

VI. 성과품 납품목록

I. 일반조건

1. 과업명 : 범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역
(정밀안전진단, 내진성능평가, 성능평가)

2. 과업의 목적

본 과업은“시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제12조 및 동법 시행령 제10조 규정에 따른 정밀안전진단으로서 시설물에 대한 물리적, 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 시설물의 기능과 안전을 유지하고 재해 및 재난을 예방하며 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하며, 향후 유지관리 방안을 제시하고 적절한 보수 계획을 수립하는데 목적이 있다.

3. 과업의 범위

1) 시설물의 개요

번호	시설물명	위 치	형 식	연 장	교 폭	준공년도	비고
1	범안대교	대구광역시 수성구 가천동	S.T.B & S.P.G	545m	28.9-52.0m	2002년 8월	1종

2) 정밀안전진단 대상시설물의 범위

2022. 03 . 11 ~ 2022. 06. 30 (정밀안전점검 및 내진성능평가)

2022. 03 . 11 ~ 2022. 12. 30 (성능평가)

3) 정밀안전진단 대상시설물의 범위

구 분	부재명		정밀안전진단
주요 부재	상부구조	바닥판, 거더	○
	하부구조	교대 및 교각, 기초	○
	받침	교량받침	○
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○
보조 부재	2차부재	가로보 및 세로보	○

4) 과업기간

가. 본 용역의 과업기간은 계약서에 명시된 기간으로 한다.

나. 다음의 경우에는 발주자와 협의하여 과업기간을 변경할 수 있다.

- ① 천재지변으로 과업수행에 차질이 있을 때
- ② 발주청의 방침에 따라 과업수행이 중단 되었을 때
- ③ 발주청의 계획 변경으로 과업내용의 변경 및 증·감이 있을 때

4. 과업 세부내용

1) 과업수행계획 수립보고

가. 자료수집 및 분석

나. 현장조사 및 시험

2) 상태평가

3) 안전성 평가

4) 구조해석-필요시

5) 내진성능평가

6) 종합평가

7) 보수·보강공법 및 유진관리방안 제시

8) 보고서 작성 제출

9) 시설물정보종합관리시스템(<http://www.fms.or.kr>) 상 자료입력

10) 기타 “갑”이 필요하여 요구하는 사항

5. 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음 사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

1) 사업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경

2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경

3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인을 받아야 할 사항

6. 과업 수행 및 공정보고

1) 착수신고서 제출

(1) 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각 호와 같다.

- ㉠ 착수신고서
- ㉡ 사업수행계획서
- ㉢ 인력 및 장비 투입계획서
- ㉣ 세부공정계획서
- ㉤ 사업책임기술자 선임신고서
- ㉥ 사업수행조직표
- ㉦ 안전관리계획서
- ㉧ 사전검토보고서

(2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 7일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.

(3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.

(4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀안전진단 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.

(5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 2부를 관리주체에 제출하여야 한다.

2) 공정보고

계약상대자는 과업수행기간 중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 과업책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

- ① 과업추진내용 및 공정현황
- ② 과업수행상 중요 문제점 및 대책
- ③ 참여기술자 현황
- ④ 다음 달 과업수행 계획

7. 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

8. 안전관리

1) 일반

정밀안전진단을 실시하는 사람의 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

2) 정밀안전진단 종사자의 안전

(1) 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 하며 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.

(2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요한 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

3) 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 정밀안전진단 실시기간 동안 교통 통제와 작업 공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

9. 보안사항

- 1) 본 과업수행 기간 중 모든 보안책임이 있으며, 보안규정을 준수하여야 한다.
- 2) 보안대책 수립과 대표자와 참여기술자의 보안각서를 착수계 제출시 제출하여야 한다.
- 3) 모든 성과품은 당사의 허락 없이 임의로 소유하거나 복사 또는 외부로 유출할 수 없다.
- 4) 기타 보안규정 불이행으로 발생하는 모든 책임은 도급자가 진다.

10. 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정해야 한다.

II. 점검계획 및 세부사항

1. 점검계획

1) 일반

점검계획은 현장에서의 사전조사를 실시한 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 현장여건 및 문제점
- 시설관리자 및 주민의견 청취
- 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 사전 정보를 갖고 점검에 임하도록 한다.

2) 점검계획 수립

사전 조사시 수집된 자료를 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

(1) 조사범위 및 항목결정

- 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정

- 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도 조사항목 포함

(2) 기존 점검자료 검토

- 기발견된 결함의 확인을 위해 검토

(3) 분야별 소요인원 및 구성

- 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 구성, 투입계획수립

(4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단

(5) 진단기간 및 계획된 작업시간 예측

(6) 진단범위 및 안전성에 대한 판단

(7) 진단장비 선정

구조물의 진단에 필요한 재료시험 장비, 측량장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사 항목에 부합되는 장비를 준비하도록 한다. 또한, 접근장비를 육안조사 및 점검장비에 의한 측정이 가능하도록 사다리, 고소차, 비계 등을 준비한다.

이러한 장비선정 시에는 다음의 항목을 고려한다.

- ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비위치에 따른 교통통제의 필요성
- ③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

(8) 접근방법 결정

- 교량 하면(바닥판 하면, 거더 하면, 박스거더 내부, 하부구조 두부, 교량받침 등)과 터널에 대한 현장조사시에는 사다리, 고소차, 교량점검차, 비계 설치, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려한 최선의 방법을 선택한다.

- 교량점검차의 접근이 불가능한 수중구간의 접근은 예인선 및 부선에 고소차를 태워 실시하되, 안전장치의 착용 등을 통해 안전에 유의하며, 특히 기상상태에 주의한다.

(9) 진단종사자의 안전

- 점검업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

(10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

3) 과업 수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 제 규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

- 1) 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침 및 세부지침(국토교통부)
- 3) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(한국시설안전공단)
- 4) 도로교 설계기준
- 5) 콘크리트 표준시방서
- 6) 콘크리트 구조설계기준
- 7) 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

2. 점검실시 세부사항

1) 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련 서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

(1) 설계도서

시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리·수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서

(2) 시설물관리대장

(3) 시공관련 자료

(4) 정밀안전진단 자료

(5) 보수·보강공사 자료

2) 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

(1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종 손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.

(2) 현장조사는 시설물의 정밀안전진단지침(세부지침, 교량편)에 의해 실시하며, 점검 대상 구조물에 대한 상세 외관조사 및 현장시험을 실시하여 부재별로 상태평가에 활용한다.

(3) 상세 외관조사 시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토를 실시한다.

3) 세부시설별 조사사항

부재구분		진단부위		진단방법
상부구조	상판부	(1)교면포장(아스팔트, 콘크리트)		육안
		(2)배수시설(배수구, 배수관)		육안
		(3)방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석		육안
		(4)바닥판 (철근콘크리트, 강바닥판)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육안
		(5)신축이음 (고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재)	간단한 공기구, 육안
	후타재(콘크리트)		간단한 공기구, 육안	
	(6)교량받침 (강재, 고무재)	기능, 손상, 열화	간단한 공기구, 육안	
	거더	(7)철근콘크리트	중양부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
			받침부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
		(8)프리스트레스트	중양부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
			받침부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
		(9)강재	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	육안
열화(부식, 오염)			육안	
브레이싱, 가로보			육안	
하부구조	(10)교대 및 (11)교각			비파괴장비 및 육안
	(12)기초			육안, 설계·시공자료

4) 선택과업

선택과업은 시설물의 여건에 따라 실시하여야 하는 과업으로서 정밀안전진단의 목적을 달성하기 위하여 대상 시설물 특성 및 현지여건 등을 감안하여 실시하여야 한다.

(1) 현장조사 및 시험

- 시료채취 및 실내시험

- 재하시험 및 계측
- 수중조사(필요시)
- 콘크리트 제체 시추조사
- 교량 전기설비 성능검사
- 보강토옹벽 수준측량, 배부름, 경사도 측정(가천교에 한함)

(2) 안전성 평가

- 재진단인 경우는 전차진단보고서의 안전성평가 결과를 활용
 - 단, 전차보고서의 오류, 구조물의 강도저하나 단면손실, 고정 하중의 변화 등 안전성 재평가가 필요한 경우는 담당자에게 보고하여 승인을 받아 실시
- 내진성능 평가 및 사용성 평가

(3) 보수·보강방법

- 내진보강 방안제시(필요시)
- 시설물 유지관리방안 제시

5) 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 세부지침의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 정밀 안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

6) 안전성평가

책임기술자는 계측 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

3. 종합평가 및 보수·보강방법

1) 종합평가 및 안전등급 지정

(1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 세부지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

(2) 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀안전진단 실시 결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수 · 보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2) 보수·보강방법

(1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생한 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

기초침하, 구조안전, 강교의 경우 도장보수방법 등이 필요 시 전문기술자를 참여시켜 보수방법과 안전성을 검토하여야 한다.

(2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

(3) 보수·보강 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

(4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이

며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

(5) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

(6) 유지관리 방안 제시

시설물을 안전하고 경제적으로 유지 관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

Ⅲ. 보고서 작성 방법

1. 일반

정밀안전진단 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리 업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성 방법은 세부지침을 참조한다.

2. 정밀안전진단 보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표(안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀안전진단 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요 사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 시험기기 현황
- 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험, 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며, 작성 방법은 본 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

재진단인 경우는 전차진단보고서의 안전성평가 결과를 활용

- 현장 재하시험 및 계측 결과분석(재하시험 실시시)
- 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석
- 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 시설물의 내(하)력 평가
- 시설물의 내진성능, 사용성 평가
- 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행
- 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 본 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과를 결정한다.

종합평가 작성 방법은 본 세부지침의 제10장에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등
- 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

11) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도(CAD 도면 및 PDF변환(적정 해상도 적용) 파일 첨부)
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료(입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 안전성평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체(사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료

(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

IV. 내진성능평가

1. 기초조사 결과를 기본으로 분석해야 하며 추가 자료가 필요할 경우 현장조사를 실시하여 정확한 자료를 수집해야 한다.
2. 상세평가기법 및 보강방안 선정 시 국내외 연구동향 및 타 분야 유사용역 수행사례를 조사하여 참조하여야 한다.
3. 대상 시설물의 특성을 고려하여 대상 시설물에 대한 지진거동 특성을 분석해야 한다.
4. 지진해석 시 대상 시설물의 특성과 한반도 지반특성 및 지진발생 특성을 고려하여 지진하중을 결정해야 한다.

5. 내진성능 상세평가

1) 1단계 내진성능평가

(1) 탄성범위 내 구조해석 결과를 토대로 부재의 강도 및 변형에 대한 내진성능 평가

(2) 평가항목 및 절차 작성

(3) 철근콘크리트 구조 내진성능평가

(4) 철골구조 내진성능평가

(5) 비보강 조적조 내진성능평가 예비평가 공통항목 중 피어, 벽체 전단강도, 스패드럴 전단강도를 추가 검토

(6) 평가결과

① 구조물의 탄성해석 결과와 전문가의 경험 및 전문지식에 평가를 포함 종합적인 평가

② 평가항목별 평가지수 결정

2) 2단계 내진성능평가

(1) 비선형 해석을 원칙으로 부재의 연성도 및 변형능력 고려 평가, 발생할 수 있는 구조적 피해의 정도 구체적 예측

(2) 해석방법

① 능력 스펙트럼법에 의한 해석

② 등가변위 약산법에 의한 해석

③ 변위계수법에 의한 해석

(3) 성능점의 산정

성능수준에 대한 평가

6) 평가결과 보강이 필요한 시설물에 대하여 적절한 보강방안을 개소별로 제시하고

세부 보강도면 및 보강비용 예산서를 작성하여야 하여야 한다.

7) 내진대책방안 수립

(1) 설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교·검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물에 대하여는 실시설계수준의 내진대책을 제시하여야 한다.

(2) 보강방안 수립 시 개요도, 시공방법, 시공 시 주의사항 및 특기사항을 명기하고 특히, 특수공법에 의한 보강이 필요할 경우 특별시방서 및 재료 특성 등을 제시하여야 한다.

(3) 내진대책을 수립 후, 구조물별로 공사비를 산정하여 제시한다.

(4) 내진 보강에 필요한 공정별 소요기간을 세부적으로 분석하여 산정하고, 실 소요기간에 맞는 세부공정계획을 수립하여 제시한다.

6. 보고서 작성 요령

1) 수급인은 과업 완료예정일 5일전에 납품목록 및 예비성과품을 용역감독에게 제출하여 사전검사를 받아야 하며, 여기에서 지적되는 미비사항은 수급인의 부담으로 보완하여 본 성과품을 작성하여야 한다.

2) 성과품 작성 시 과업수행자는 항상 용역감독과 긴밀히 협의를 가져야 하며, 본 과업수행 중 제출되는 각종 성과품은 사업책임기술자가 사전에 우리시에 등록한 인감이나 서명으로 날인하여야 한다.

3) 보고서의 문장은 간결하고 앞 뒤 연결관계가 명확하여야 하며, 판독, 검색 등이 용이하도록 작성하여야 한다. 또한, 부록 작성시의 관계자료는 산출근거를 명시하고 색인 등을 작성하여 삽입시켜야 한다.

4) 보고서 앞부분에는 참여기술진(사업책임기술자, 분야별 책임기술자, 분야별 참여기술자 등)의 성명, 실제 참여기간, 구체적인 수행업무내용, 소지 자격증 종류 및 번호 등을 상세히 기록하고 날인하여야 한다.

5) 보고서의 내용은 다음과 같다.

- 상세평가 결과 분석(문헌자료 및 현장조사 결과 포함)
- 지진하중
- 구성요소별 평가결과
- 내진성능 평가결과
- 내진성능 향상방안 및 공법선정
- 최종평가 및 결론

V. 성능평가

1) 자료수집 및 분석

- ① 성능평가에 필요한 설계도서, 시방서 등 관련자료를 수집.분석하여야 하며, 준공이후 시방서 및 제반 설계 기준의 변경사항을 검토하여 현행 기준과의 차이점을 파악한다.
- ② 해당 시설물에 대한 초기점검.안전점검.정밀안전진단.성능평가 결과 및 보수.보강이력 등의 자료를 수집.분석하고 내진설계 여부를 확인하여 시설물에 도출된 문제점 등을 면밀히 조사, 분석하여야 한다.

2) 현장조사 및 시험

- ① 착수 후 즉시 과업대상시설물에 대한 예비답사 및 현장조사를 위한 세부계획을 수립한다.
- ② 조사전 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 육안으로 근접조사하기 전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 하며, 조사된 손상이나 결함은 해당 부위에 백묵 등으로 수량, 조사일시 등을 표시하여야 한다.
- ③ 콘크리트 구조물의 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등과 강재 구조물의 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등의 결함 및 손상을 조사한다.
- ④ 전체 구조물 외관에 대하여 정밀 육안조사를 실시하고, 그 결과를 외관조사망도에 작성하여 제출한다.
- ⑤ 교량받침, 신축이음장치 등은 손상유무에 관계없이 모든 부위를 조사하여 자료를 제출하여야 하며 신축.변형.변위가 발생할 수 있는 부재는 유간 또는 기울기 등을 측정.기록하여야 한다.
- ⑥ 실내시험은 KS규격을 기준으로 하며 KS규격에 없는 시험은 ASTM이나 AASHTO 등의 외국기준에 의해 실시할 수 있으며, 시험결과는 이전에 실시한 시험결과와 비교.분석 평가한다.
- ⑦ 과업중 실시한 모든 시험결과는 시험보고서 형태로 보고서에 수록한다.

3) 안전성능 평가

- ① (상태안전성능 평가) 상태안전성능 평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 결함, 손상, 열화 등 상태변화를 근거로 하여 상태안전성능 평가기준에 따라 실시한다.

성능평가에서는 대상시설물에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태안전성능 평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위

는 이전의 성능평가 보고서에 수록된 상태안전성능 평가 결과를 참조하여 책임기술인이 대상시설물에 대한 상태안전성능 평가 결과를 결정한다.

상태안전성능 평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 외관조사 결과를 성능평가의 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

- ② (구조안전성능 평가) 책임기술인은 기존의 구조안전성능 평가 자료 등과 함께 부재별 상태, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 시설물의 안전과 부재의 내하력 등을 종합적으로 평가하여「세부지침」의 구조안전성능 평가 기준에 따라 시설물의 구조안전성능 평가 결과를 결정한다.

결과보고서에는 구조안전성능 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과, 입력자료에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

4) 내구성능 평가

- ① 시설물의 내구성능에 대한 평가는 시설물의 재료적 내구성능을 확인하기 위한 시험결과와 외부환경에 대한 내구성능 저하인자 등을 종합적으로 검토하여 실시한다.

내구성능 평가를 위해 필요한 시험 항목 및 수량, 외부환경 인자 검토사항 등은「세부지침」에 따르며, 시설물의 특성 및 평가 목적에 따라 이를 조정할 경우에는 결과보고서에 그 사유를 기재하여야 한다.

책임기술인은 내구성능을 확인하기 위한 시험결과, 부재의 열화 정도 등을 통하여 시설물의 사용환경과 시설물의 물리적 상태를 함께 검토하여 내구성능 등급을 지정하여야 한다.

5) 사용성능 평가

- ① 시설물의 사용성능에 대한 평가는 시설물의 설계 당시와 준공 이후 사용자·관리자의 사용상 편의성, 수요, 용량 등에 대한 현장조사, 설계도서 및 관리기준 등을 종합적으로 검토하여 평가를 실시하여야 하며, 이에 대한 세부사항은「세부지침」에 따른다.

책임기술인은 현장조사, 설계도서 및 관리기준 등의 검토 결과와 시설물의 준공 이후 사용성능과 관련된 평가 지표의 변동 유무를 확인하여 평가에 반영하고 사용성능 등급을 지정하여야 한다.

사용성능 평가를 위하여 시설물 유형, 준공시기 및 사용환경이 유사한 시설물의 자료를 참고하여 반영할 수 있으며, 필요한 경우 자료를 획득할 수 있

는 시험 및 측정 등을 추가로 실시할 수 있다.

6) 종합평가(종합성능등급 지정)

- ① 책임기술인은 성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하여야 한다.

종합평가 및 종합성능등급의 산정 절차와 방법은 세부지침에 따르며, 최종적으로 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급과 함께 종합성능등급의 결과를 작성하여 보고서에 수록한다.

이전 안전성능, 내구성능, 사용성능 및 종합성능등급을 변경하는 경우에는 성능평가 실시결과와 유지관리(보수·보강 등) 이력 등을 검토하여 변경된 사유를 성능평가 결과 보고서에 기재하여야 한다.

7) 유지관리전략 제안

- ① 시설물의 상태 및 기능, 성능 등을 지속적으로 유지하고 공중의 안전확보와 시설물의 기대수명이 연장될 수 있도록 발견된 결함에 대해 합리적으로 경제적인 보수·보강 등을 실시하여야 한다.

안전점검 등 및 성능평가 실시결과에 따라 발생한 결함의 종류 및 정도, 시설물의 중요도, 사용환경 및 경제성 등을 면밀히 검토하여 필요한 보수, 보강 방법 및 수준, 우선순위를 결정하여야 하며, 성능평가 대상 시설물의 경우에는 성능목표를 고려하여 보수, 보강 방법 및 수준, 우선순위를 결정한다.

- ② 보수를 위해서는 상태안전성능평가, 내구성능평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태안전성능평가 및 구조안전성능평가, 내구성능평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생한 결함의 종류 및 정도, 시설물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의하여 필요한 보수, 보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

- ③ 보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 “세부지침-성능평가 편” 및 각종 기준 등을 참조한다.

보강의 경우는 부재 안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

- ④ 보수 보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 결정한다.

- ⑤ 보수보강 공법은 시설물 결함에 따른 보수,보강은 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 각종 기준 등을 참고해 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수, 보강 공법을 선정하도록 하며, 공법의 적용성, 안전성능, 내구성능, 사용성능, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중용한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 면밀한 검토이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 성능평가 시 수행한 각종 안전성능 평가 및 내구성능 평가, 사용성능 평가 결과를 기초로 하여, 결함부위 또는 부재에 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

- ⑥ 보수, 보강 우선순위 결정은 보수보다는 보강, 보조부재보다는 주부재를 우선으로 하며 시설물 전체의 우선순위는 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함도의 심각성 등을 종합하여 결정함.
- ⑦ 유지관리 방안은 시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책, 성능목표, 투자우선순위 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 성능평가 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑧ 유지관리 전략은 책임기술인은 성능평가를 통해 발견된 손상 및 결함에 대해 시설물의 성능목표를 달성하고 최적 성능과 기능을 유지할 수 있도록 보수, 보강 방법을 검토, 분석하여 합리적인 유지관리 전략을 제시하여야 한다. 이에 대한 세부적인 방법 및 절차는 “세부지침-성능평가 편”에 따른다.

8) 보고서 작성

- ① 성능평가 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성방법은「시설물편」을 참조한다.
- ② 보고서는 서술식으로 작성하여야 하며, 그림 및 도표 등이 있는 경우 상세한 설명을 덧붙여야 한다.

VI. e-보고서 작성 방법

1. e-보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 전자매체에 의한 전자보고서 형태(CD)로 작성하여 제출 하여야 한다

2. e-보고서에는 참여기술자의 조사내용, 결과분석, 등을 열람할 수 있도록 작성하여야 하며, 사진, 동영상 등은 결함을 구체적으로 확인할 수 있도록 하여 e-보고서와 서식에서 상호 참조할 수 있도록 하여야 한다.

3. e-보고서는 시설물의 안전성평가를 위한 입·출력 자료 전체를 포함하여야 하며, 기간이 경과한 후에도 결함에 대한 해석이 가능하도록 상세하고 명확해야 한다.

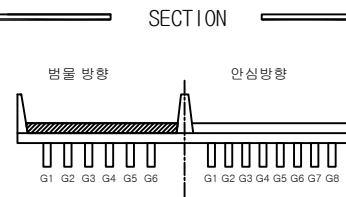
VII. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다.

- 1) 정밀안전진단보고서(부록포함) : 각3부
- 2) 사진첩 : 5부
- 3) 내진성능평가보고서 : 3부
- 4) 성능평가보고서 : 3부
- 5) CD보고서 : 3부

2. 외관조사망도

2.1 범안대교



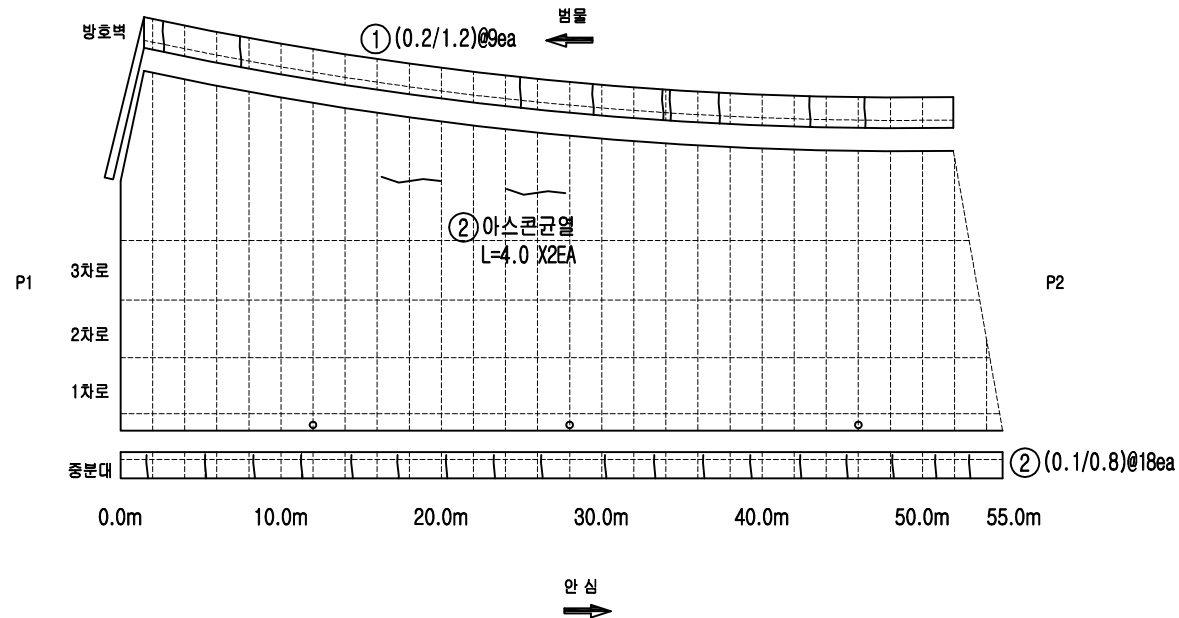
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방오벽	균열	0.2	1.2	7	m	8.4	주의관찰
2	홍문대	균열	0.1	0.8	9	m	7.2	주의관찰
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	9	m	10.8	주의관찰
2	중문대	균열	0.1	0.8	18	m	14.4	주의관찰
3	모장부	아스콘균열	-	4.0	2	m	8.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 파락		돌출, 종분리
	철근노출		무식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

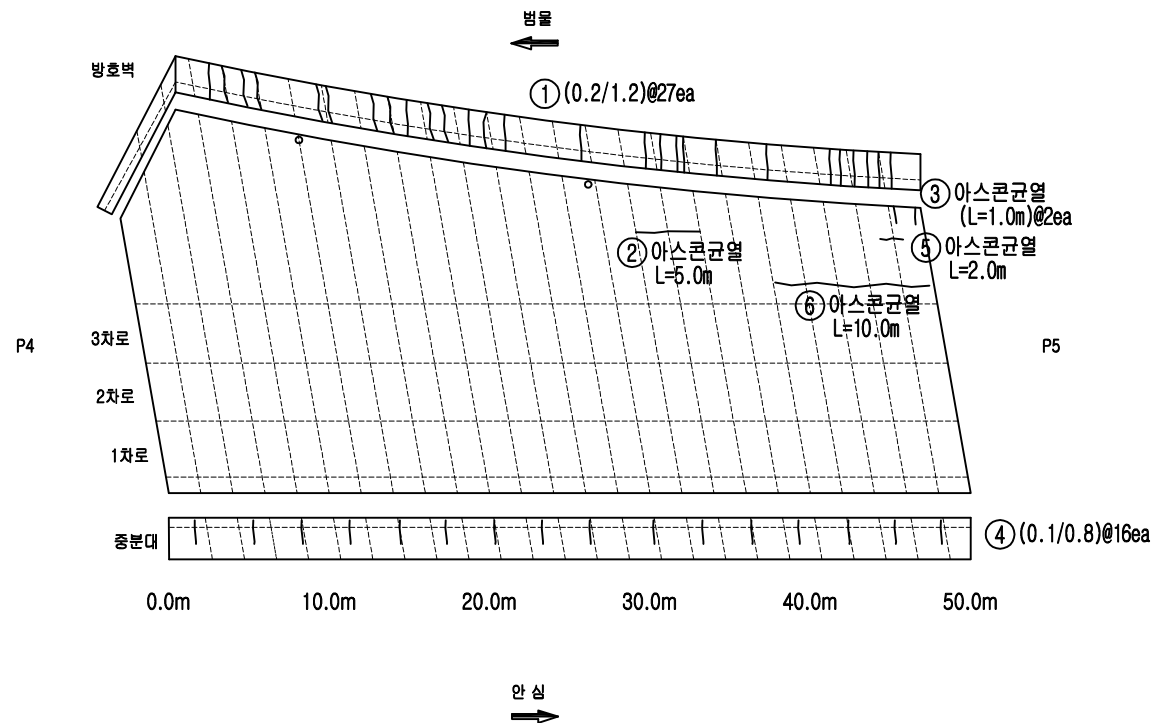
향응공매도



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방법
			목	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	27	m	32.4	주의관찰
2	포장부	아스콘균열	-	5.0	1	m	5.0	주의관찰
3	포장부	아스콘균열	-	1.0	2	m	2.0	주의관찰
4	중분대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
5	포장부	아스콘균열	-	2.0	1	m	2.0	신규
6	포장부	아스콘균열	-	10.0	1	m	10.0	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	명칭	구름	명칭
	간열		벽대, 열로
	파산, 탈락, 박리, 박락		돌돌, 총분리
	철근노출		부식
	제수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상간열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음원부		기타

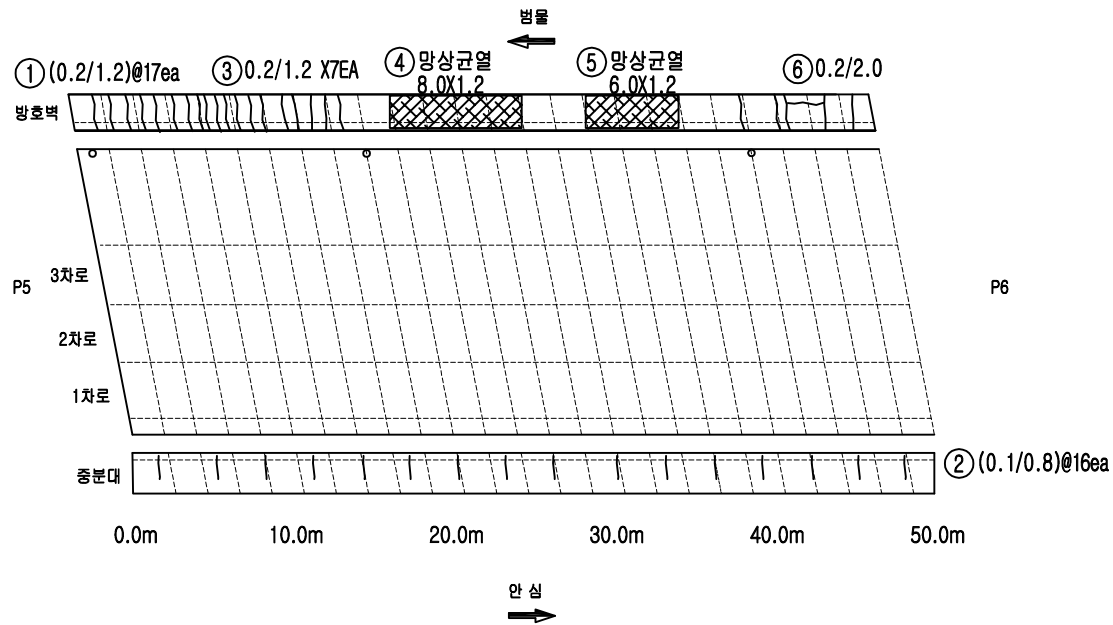
향응공매도



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	17	m	20.4	주요관찰
2	중문대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주요관찰
3	방호벽	균열	0.2	1.2	7	m	8.4	신규
4	방호벽	왕상균열	8.0	1.2	1	m	9.6	신규
5	방호벽	왕상균열	6.0	1.2	1	m	7.2	신규
6	방호벽	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	명칭	구름	명칭
	간열		복덕, 복운
	파산, 탈락, 박리, 박락		비행, 승룡기
	철근노출		부식
	채수		태수구멍형
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음영부		기타

향응공매도



KEY PLAN

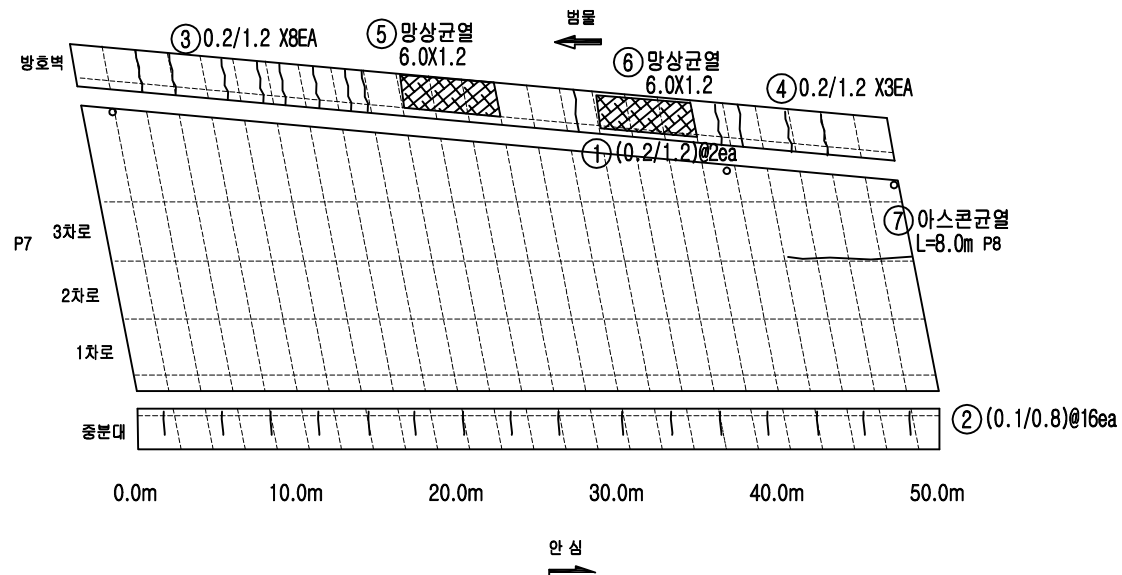
남향 북향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					비수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	2	m	2.4	주의관찰
2	중문대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
3	방호벽	균열	0.2	1.2	8	m	9.6	신규
4	방호벽	균열	0.2	1.2	3	m	3.6	신규
5	방호벽	망상균열	6.0	1.2	1	㎡	7.2	신규
6	방호벽	망상균열	6.0	1.2	1	㎡	7.2	신규
7	도장부	아스콘균열	-	8.0	1	m	8.0	신규
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽대, 곁포
	파손, 탈락, 박리, 막락		틀몸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

향응공매도

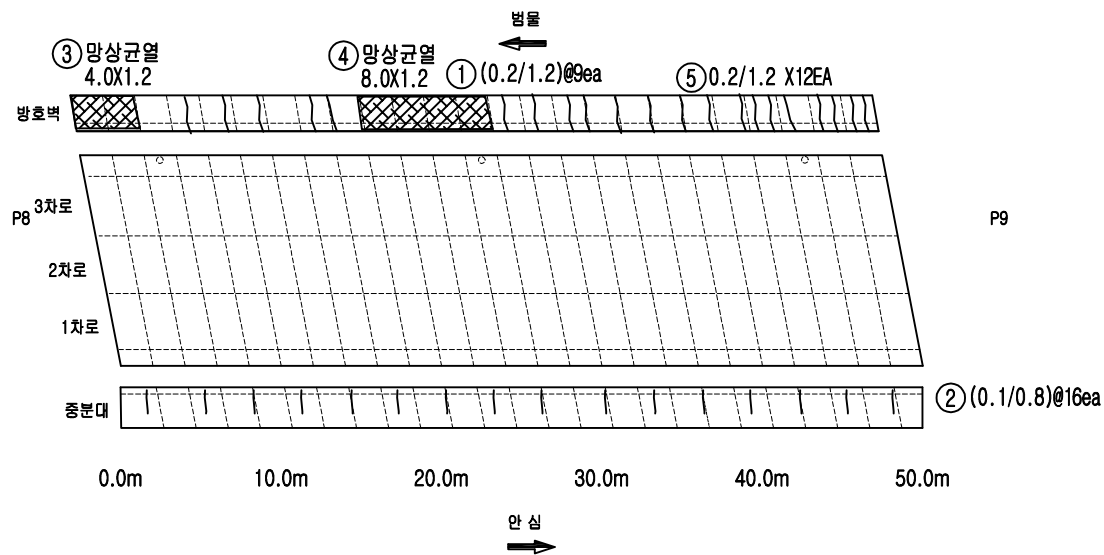


번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	9	m	10.8	주의관찰
2	중문대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
3	방호벽	양상균열	4.0	1.2	1	㎡	4.8	신규
4	방호벽	양상균열	8.0	1.2	1	㎡	9.6	신규
5	방호벽	균열	0.2	1.2	12	m	14.4	신규
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	명칭	구름	명칭
	간열		복덕, 복운
	파산, 탈락, 박리, 박락		비행, 승룡기
	철근노출		부식
	채수		태수구멍형
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음영부		기타

범안대교

향응공매도



용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	구
간	간

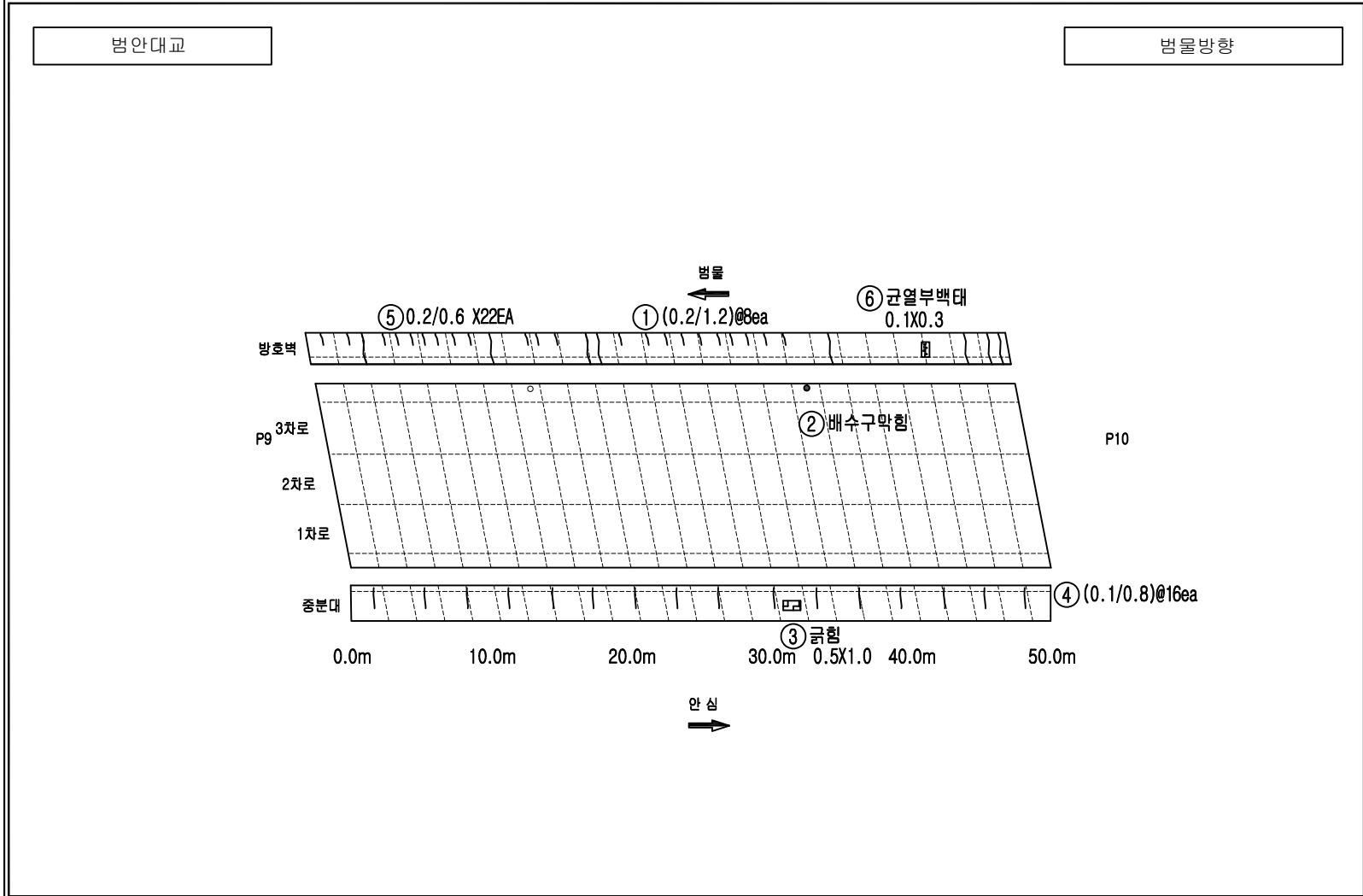
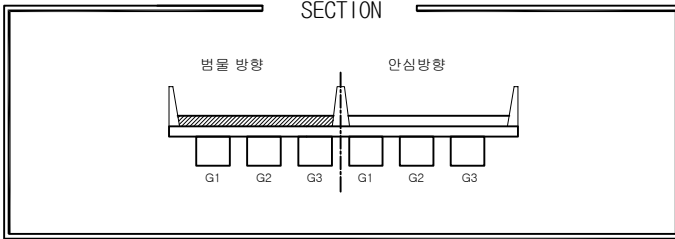
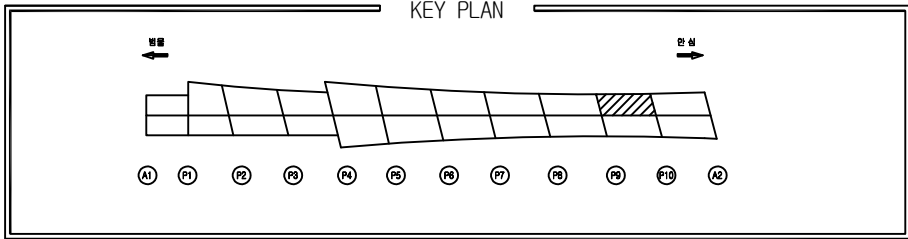
범안대교

우	
초	

S9 교면포장

N
O

009



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	8	m	9.6	주의관찰
2	배수시설	배수구 막힘	-	-	1	개소	1.0	정기정비
3	충분대	균열	0.5	1.0	1	m	0.5	주의관찰
4	충분대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
5	방호벽	균열	0.2	0.6	22	m	13.2	신규
6	방호벽	균열부백대	0.1	0.3	1	m	0.03	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

KEY PLAN

남향

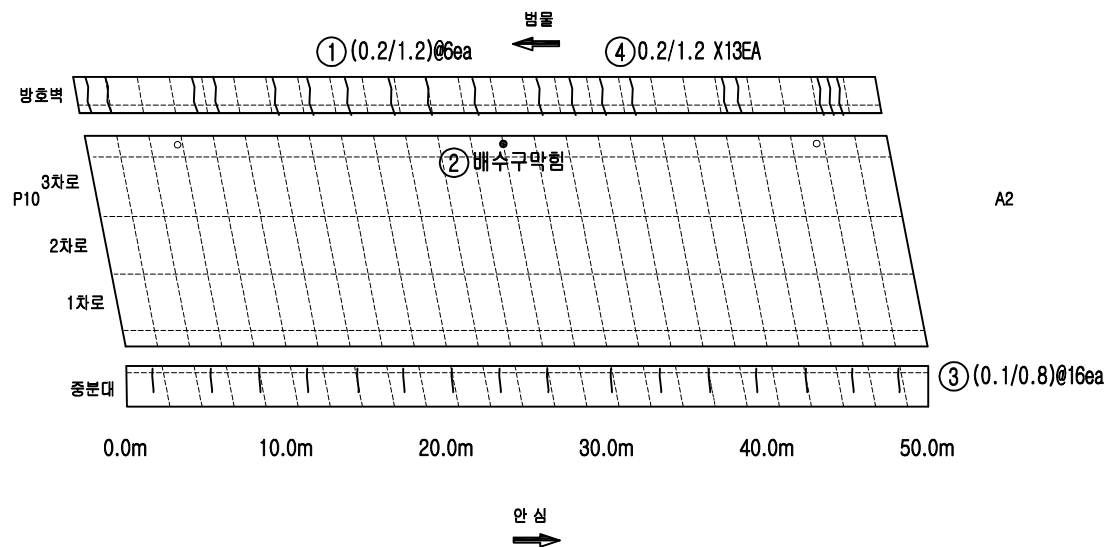
면향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

손상물량표								
번호	위치	손상내용	손상물량					표수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	6	m	7.2	주의관찰
2	배수시설	배수구 막힘	-	-	1	ea	1.0	정기정형소
3	옹벽대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
4	방호벽	균열	0.2	1.2	10	m	12.0	신규
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		벽대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 균열		틀짐, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		부수
	누수, 습윤부		기타

향응공매도



번호	위치	손상내용	손상물량					모수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	영	영	구름	영
	간담			번데, 번문
	파산, 파산, 파산, 파산			불문, 불문리
	검고노문			무식
	제수			배수구멍침
	이불질 퇴적			번행
	망상균열			열함
	재균분리			보수
	두수, 습윤부			기타

범안대교

향응공매도

A1

P1

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

S1 바닥판하면

012

KEY PLAN

The Key Plan illustrates the overall layout of the project site. It features a horizontal axis representing the distance from station A1 to station A2. Along this axis, several points are marked: A1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, and A2. Above the axis, there are two arrows indicating directions: one pointing left towards '북향' (North) and another pointing right towards '남향' (South). The site itself is depicted as a series of rectangular plots. Plot P1 is highlighted with diagonal hatching. The plots are arranged in a way that suggests a road or boundary runs parallel to the A1-A2 axis.

SECTION

The diagram shows a cross-section of a bridge deck. On the left, a wide deck is labeled '전통 방향' (Upstream Direction). On the right, a narrower section with three girders is labeled '안심 방향' (Downstream Direction). The girders are labeled G1, G2, and G3 from left to right. A vertical dashed line indicates the centerline of the bridge.

번호	위치	손상내용	손정물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	배덕관 하면	균열	0.1	1.0	10	m	10.0	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

문양 명례			
구분	명 칭	구분	명 칭
	간열		백대, 길로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 층분리
	절근노출		부식
	채수		배수구멍형
	이물집 틈전		변형
	망상간열		열화
	재료분리		보수
	누수, 슬럼프		기타

향응공매도

The diagram illustrates a cross-section of a curved structure with multiple layers and stiffeners. The layers are labeled G1, G2, P1, and G3 from top to bottom. The structure is reinforced with vertical stiffeners. A coordinate system is shown with '안심' (Inward) pointing left and '밖' (Outward) pointing right. A note indicates a stiffness value of 0.1/1.0 x 10^6 EA.

013

KEY PLAN

방향

방향

A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	균열	0.2	1.0	5	m	5.0	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	금열		백대, 갈로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 총본리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

한글

014

KEY PLAN

반대

전진

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

손상물량표								
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	균열	0.2	1.0	2	m	2.0	신규
2	배덕판하면	박탈	0.1	15.0	1	㎡	1.5	신규
3	배수시설	배수관연결민달락	-	-	4	개	4.0	신규
4	배덕판하면	박탈	0.1	20.0	1	㎡	2.0	신규
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	금열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

한글

↑
和

①0.2/1.0 X2EA

P4

② 백태
0.1X15.0

③ 배수관연결핀
4EA

④ 백태
0.1X20.0

안심
➡

KEY PLAN

남향 ← → 북향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽돌, 절로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀창, 창문틀
	철근노출		두식
	채수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

The diagram illustrates a 3D perspective view of a bridge structure. The main components are labeled as follows:

- Deck (상판):** The top horizontal surface of the bridge.
- Girders (G1, G2, G3):** The vertical structural members supporting the deck. G1 is the top girder, G2 is the middle girder, and G3 is the bottom girder.
- Piers (P4, P5):** The vertical supports for the bridge. P4 is on the left and P5 is on the right.
- Directional Arrows:**
 - An arrow pointing right is labeled "안심" (An-sim), indicating the direction of the bridge's longitudinal axis.
 - An arrow pointing left is labeled "방향" (Hwang), indicating the direction of the bridge's transverse axis.

The diagram shows the bridge structure from a perspective view, highlighting the relationship between the deck, girders, and piers.

The diagram illustrates a 3D perspective view of a bridge structure. The main components are labeled as follows:

- Deck (상판):** The top horizontal surface of the bridge.
- Girders (G1, G2, G3):** The vertical structural members supporting the deck. G1 is the top girder, G2 is the middle girder, and G3 is the bottom girder.
- Piers (P4, P5):** The vertical supports for the bridge. P4 is on the left and P5 is on the right.
- Directional Arrows:**
 - An arrow pointing right is labeled "안심" (An-sim), indicating the direction of the bridge's longitudinal axis.
 - An arrow pointing left is labeled "방향" (Hwang), indicating the direction of the bridge's transverse axis.

The diagram shows the bridge structure from a perspective view, highlighting the relationship between the deck, girders, and piers.

The diagram illustrates a 3D perspective view of a bridge deck cross-section. It features three girders labeled G1, G2, and G3 from top to bottom. The deck is divided into two main panels, P4 and P5, by a central longitudinal structure. The bridge is identified as '범안대교' (Bam-an Bridge). Arrows indicate the '범람방향' (Flood Direction) pointing upwards and the '안심' (Safety) direction pointing downwards. A '방향' (Direction) arrow points to the right. The diagram shows the structural layout of the bridge deck, including the girders and the panels they support.

The diagram illustrates a 3D perspective view of a bridge deck cross-section. It features three girders labeled G1, G2, and G3 from top to bottom. The deck is divided into two main panels, P4 and P5, by a central longitudinal structure. The bridge is identified as '범안대교' (Bam-an Bridge). Arrows indicate the '범람방향' (Flood Direction) pointing upwards and the '안심' (Safety) direction pointing downwards. A '방향' (Direction) arrow points to the right. The diagram shows the structural layout of the bridge deck, including the girders and the panels they support.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	배식판 하면	균열	0.1	1.0	3	m	3.0	주요관찰
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분	명칭	구분	명칭
	간점		흑점, 검점
	표상, 표상, 표상, 표상		표상, 표상, 표상
	검근노출		부조
	제수		제수구멍
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료불리		보수
	누수, 음영부		기타

향응공매도

↑
50 100

① (0.1/1.0)@3ea

안심
➡

017

KEY PLAN

방향 ←

방향 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상 내용	손상물량					보수보강방안
			목	갈대	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분	명칭	구분	명칭
	견결		백대, 절문
	파손, 탈락, 박진, 박락		금동, 총면리
	철근노출		부식
	제수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

향공제

P8

↑
五五

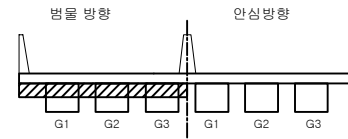
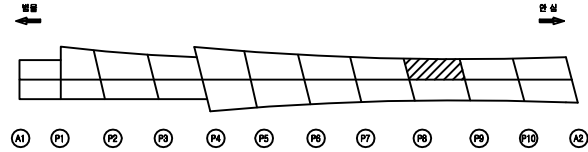
안심
➡

019

KEY PLAN

방향 ← → 연선

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2



번호	위치	손상내용	손상물량					면수보강방안
			쪽	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

신상명패			
구분	명칭	구분	명칭
	군열		백대갈로
	파손, 탈락, 박기, 박락		들뜸, 총분리
	절근노출		부식
	체수		배수구막형
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

50

↑
도도

안심
➔

G1
P8
G

P9

KEY PLAN

별실 ← 관실 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

SECTION

범람 방향 안심 방향

G1 G2 G3 G1 G2 G3

연호	위치	손상내용	손상물량					크수보강방안
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭	구분		명칭
	구분	균열		구분	백대, 결로
	구분	파손, 탈락, 박리, 박락		구분	흄통, 층분리
	구분	철근노출		구분	부식
	구분	제수		구분	배수구막힘
	구분	이물질 퇴적		구분	변형
	구분	망상균열		구분	열화
	구분	재료분리		구분	보수
	구분	누수, 습윤부		구분	기타

향응공매도

P10

↑ 50

안심
➡

021

KEY PLAN

북향

남향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

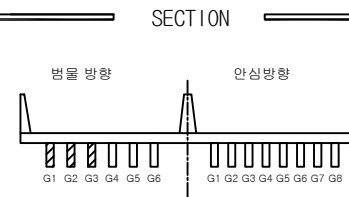
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	벽타	0.2	0.2	1	㎡	0.04	표면치리
2	바닥판 하면	균열	0.2	0.6	1	m	0.6	주의관찰
3	바닥판 하면	균열	0.2	1.0	2	m	2.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	금열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총본리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

포맷팅

Figure 1 is a sectional view of a multi-layered structure. The structure consists of alternating layers labeled G1, P10, G2, and G3. Layer G1 is the topmost, followed by P10, then G2, and G3 at the bottom. The layers are separated by thin lines. The structure is shown in a perspective view, tilted to the right. Arrows indicate the direction of light or observation: '변물' (top) and '안심' (bottom). Dimensions are given for the layers: (1) 0.2/0.2, (2) 0.2/0.6, and (3) 0.2/1.0 X2EA.

022



번호	위치	손상내용	손상물량					조사보장명
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거터외부	도랑벽리	1.0	3.5	1	㎡	3.5	채도강
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

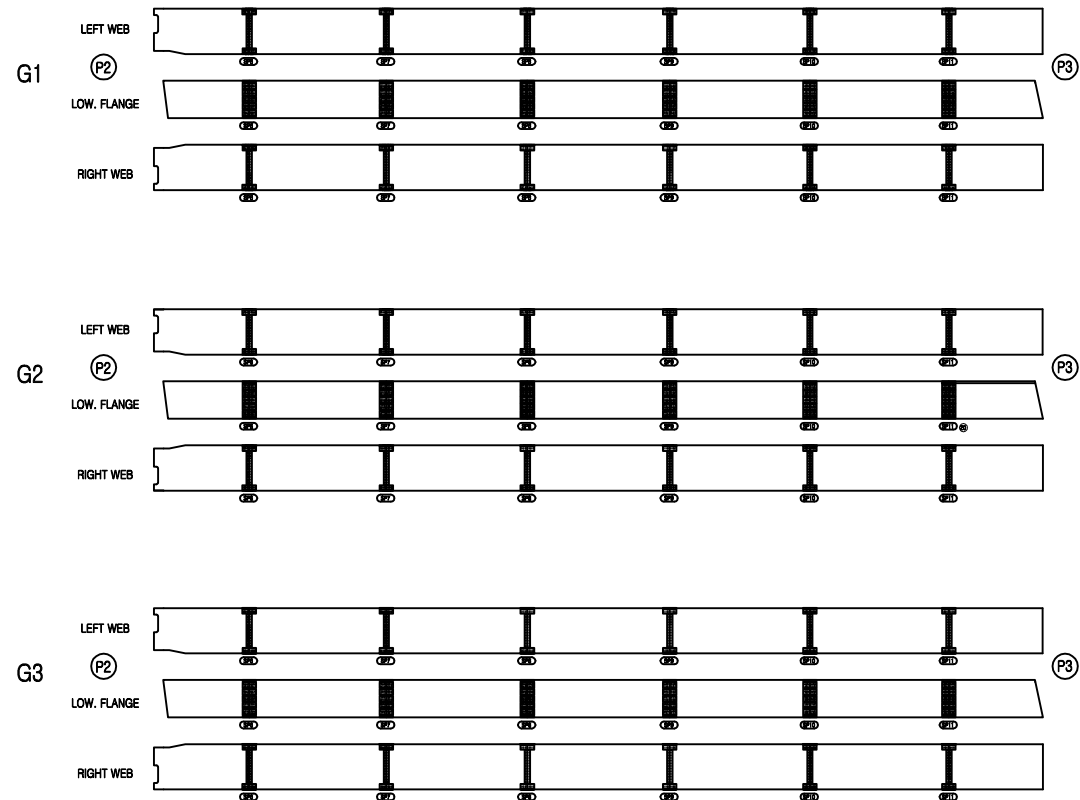
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

[illegible]

번호	위치	손상내용	손상물량					비수보강방안
			쪽	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

범안대교

범용방향



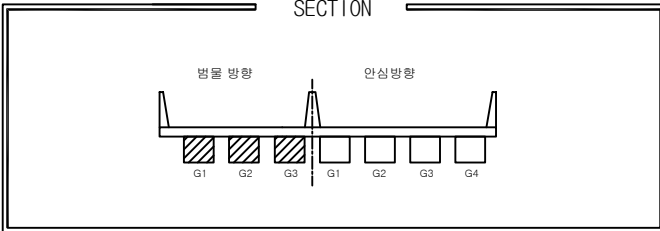
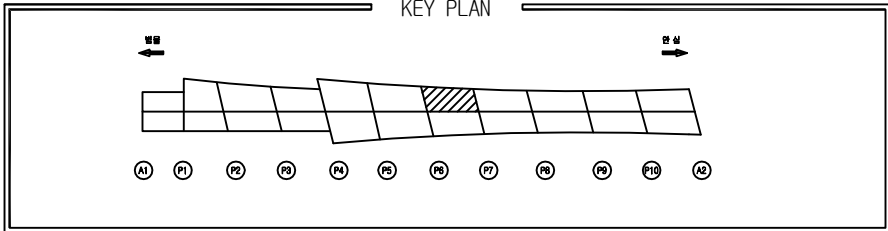
손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		벽대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 균열		틀짐, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		부수
	누수, 음유부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강명
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

향응공매도

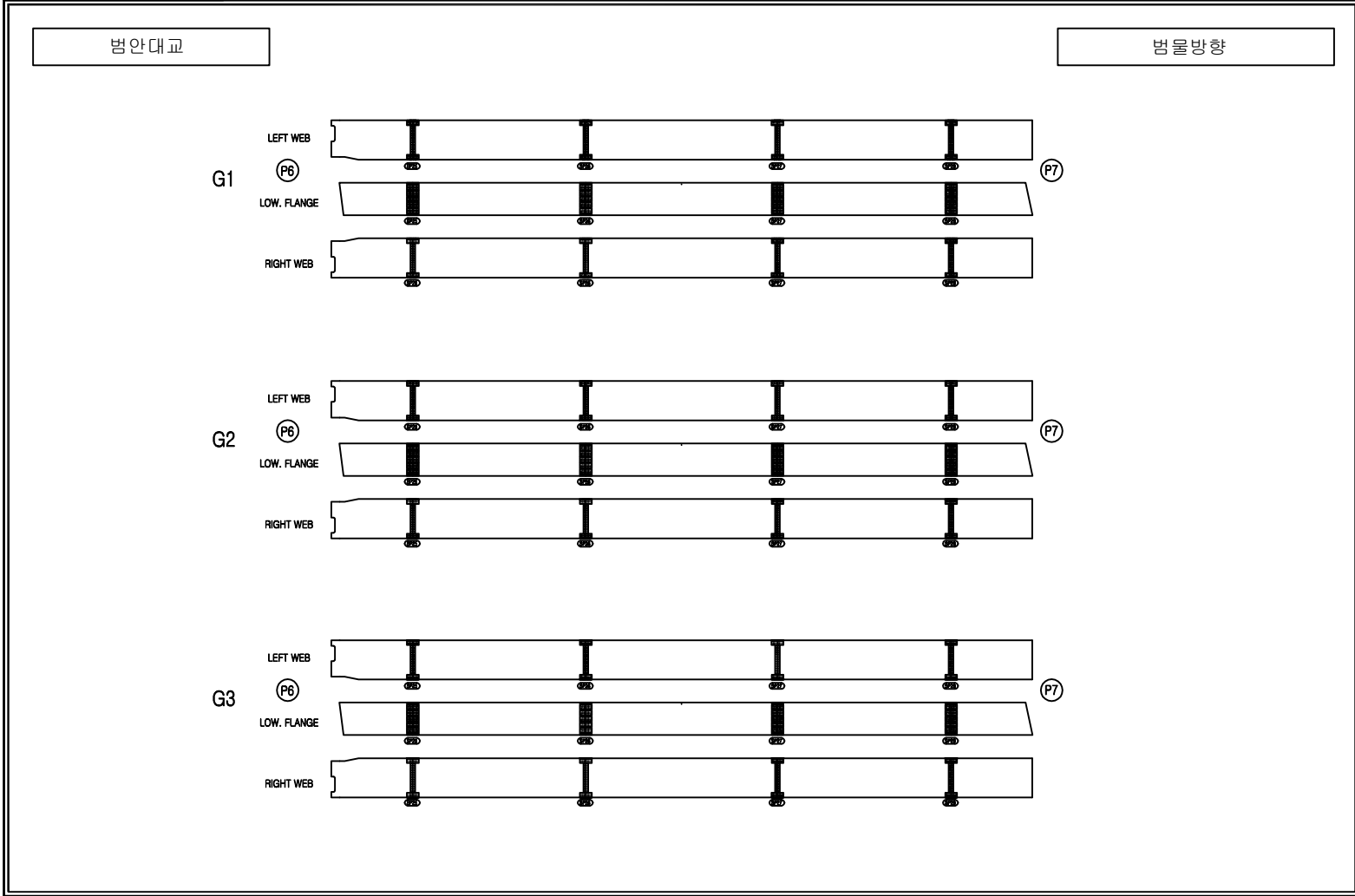
Figure 1 illustrates the four main components of the test specimen: the Left Web, Low Flange, and Right Web. The components are shown in a schematic representation with four vertical bolt lines labeled P4 and P5. The Low Flange is the central, wider component, while the Left and Right Webs are the narrower side components.

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 갈로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 층분리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



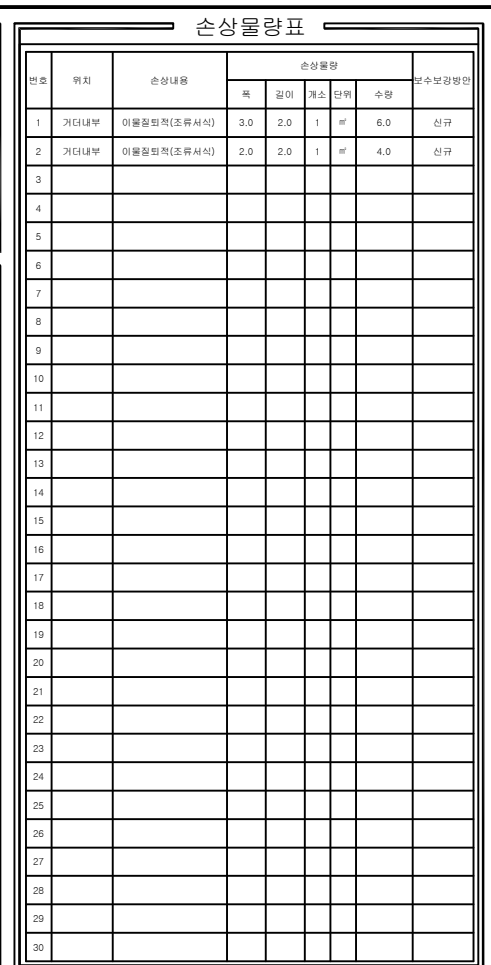
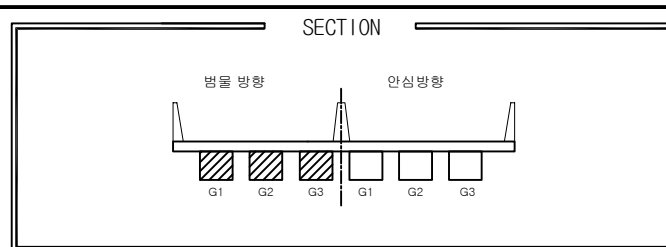
손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

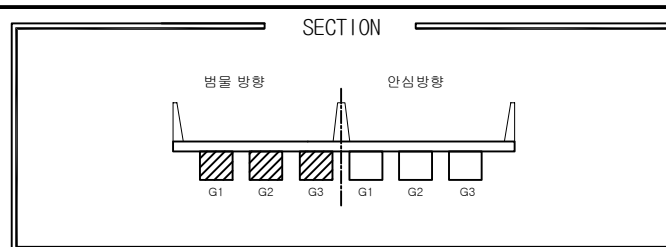


손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	근열		백태, 갈로
	파손, 틈락, 박리, 박락		틀뜸, 층분리
	철근노출		부식
	침수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		염화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음운부		기타



연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					구수보강명
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	거터내부	이물침범적(조류서식)	3.0	2.0	1	㎡	6.0	신규
2	거터내부	도장부식	0.3	0.3	1	㎡	0.09	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								구수보강명
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

고급

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

G1 P3 P4

① 이물질퇴적(조류서식)
3.0X2.0

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

G2 P3 P4

② 도장부식
0.3X0.3

LEFT WEB

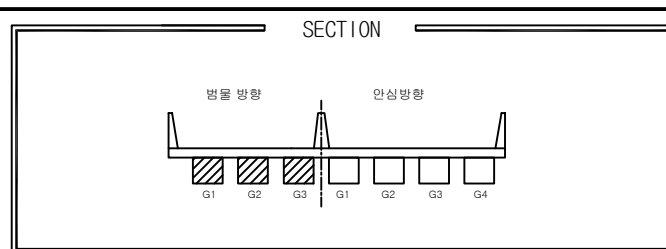
UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

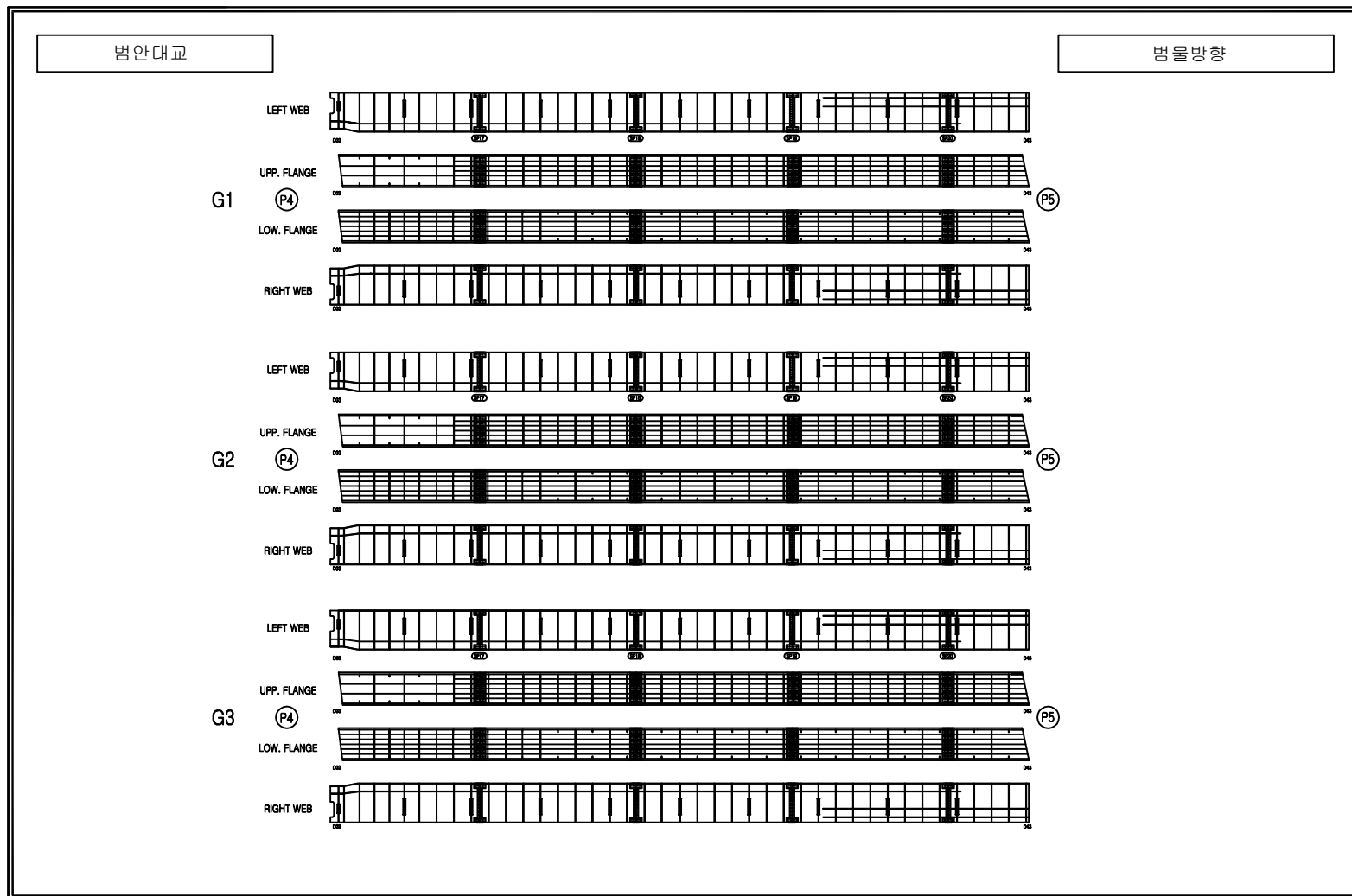
G3 P3 P4

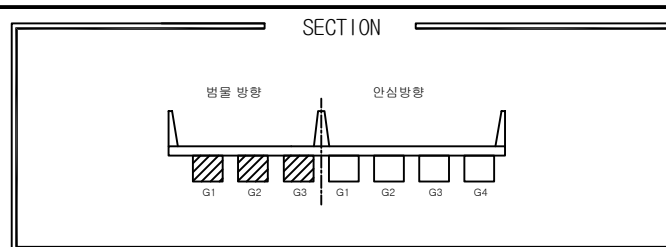
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결문
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총돌리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

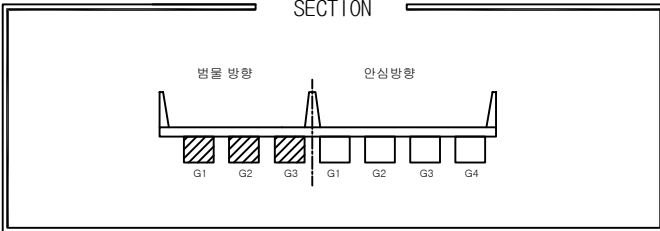
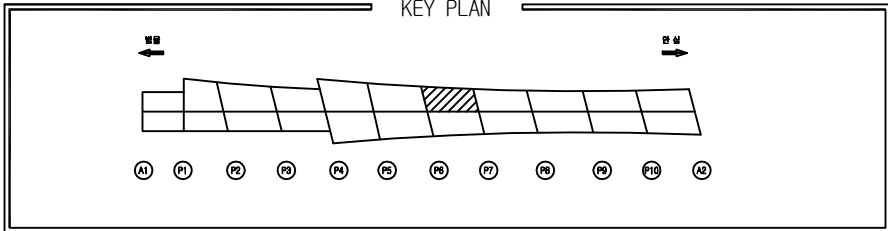
손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타





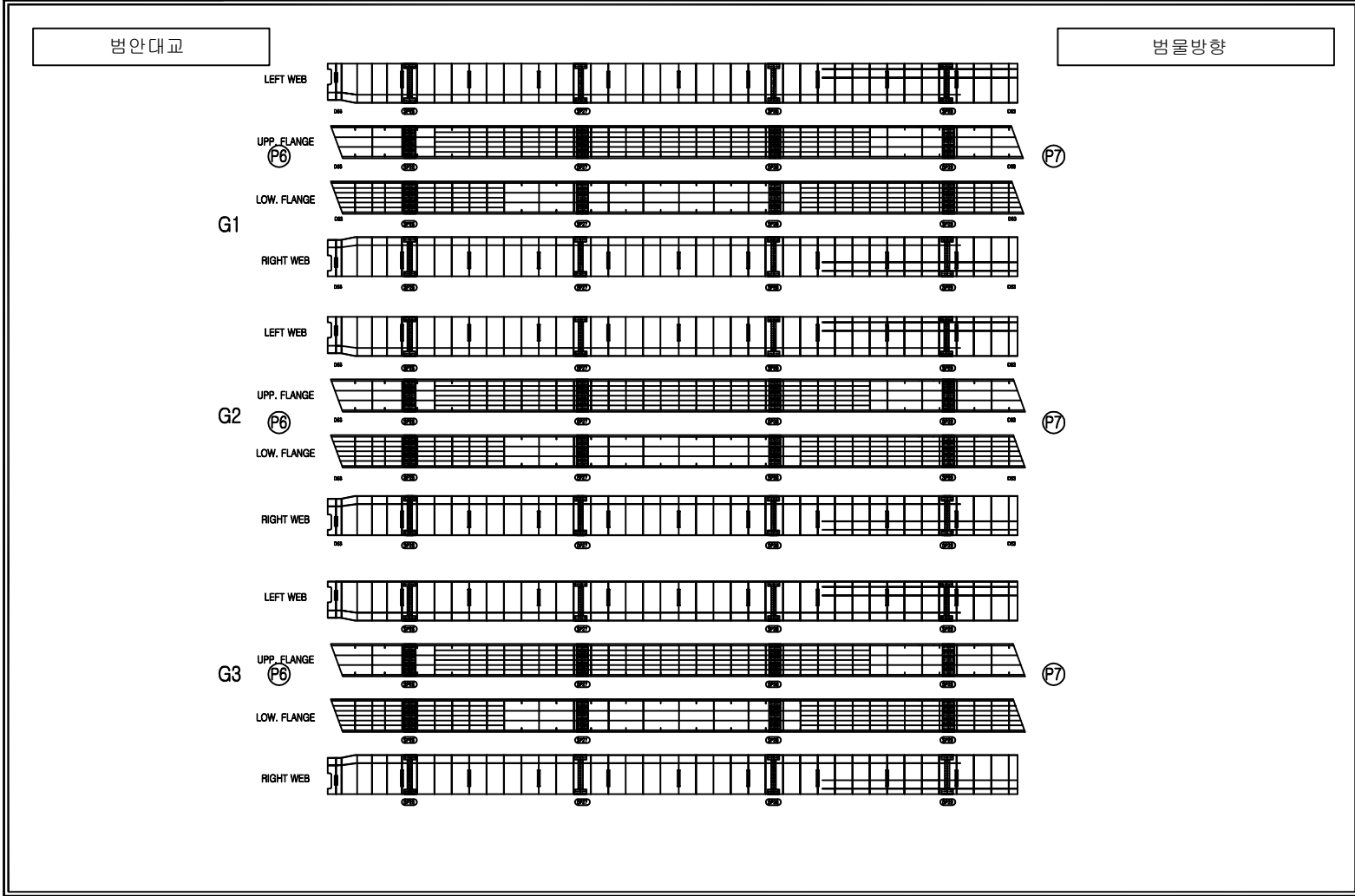
연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



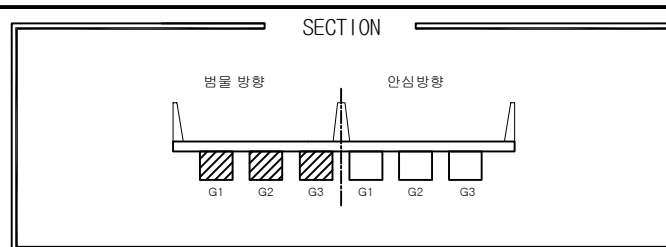
손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								



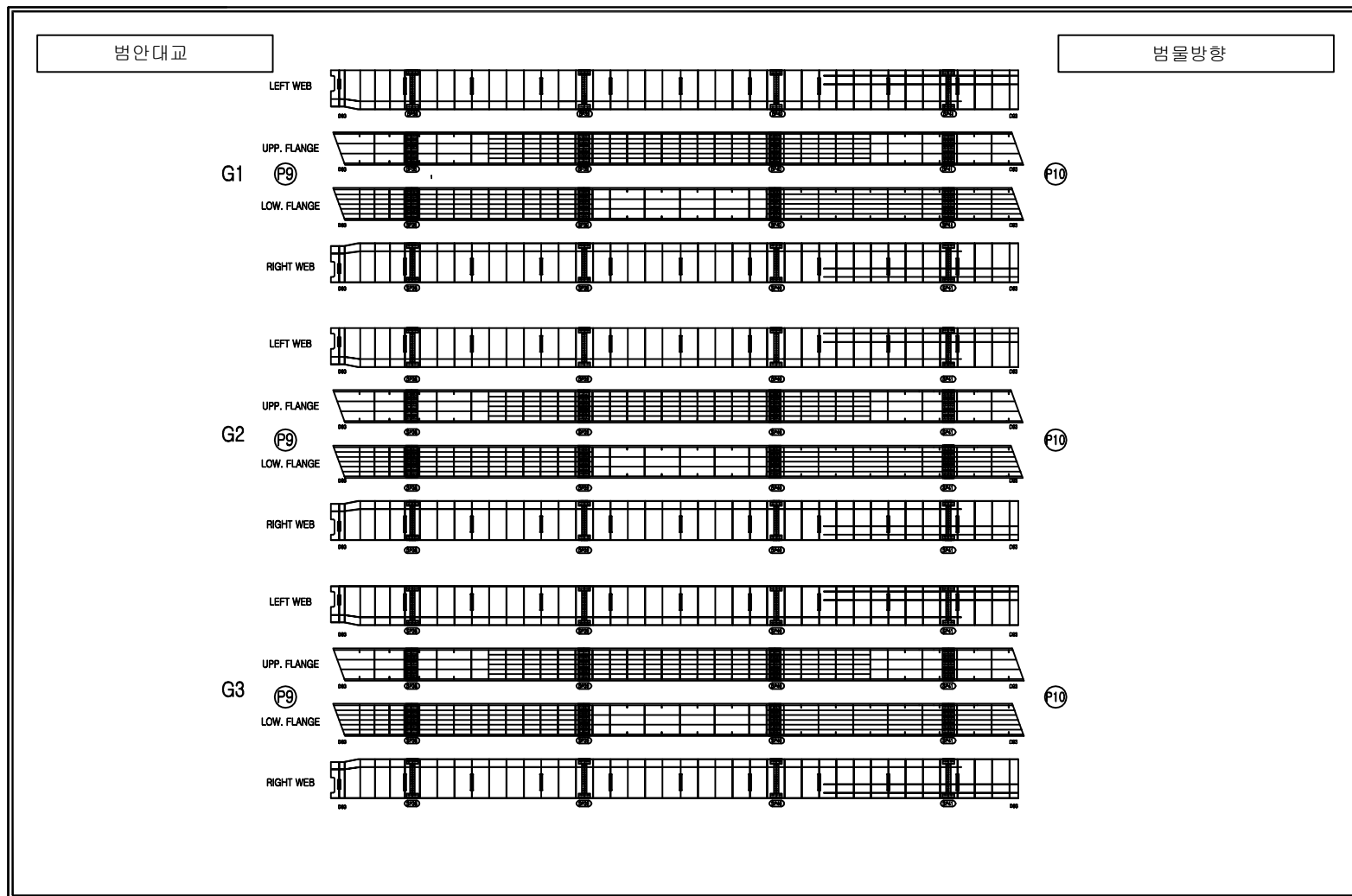
손상범례

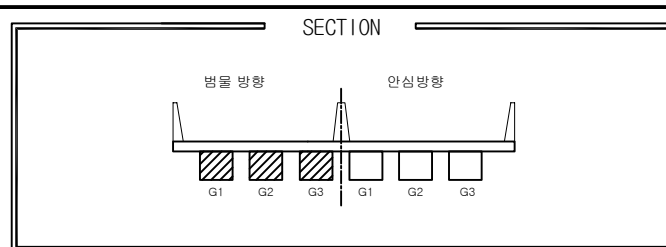
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
	철근노출		부식
	침수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

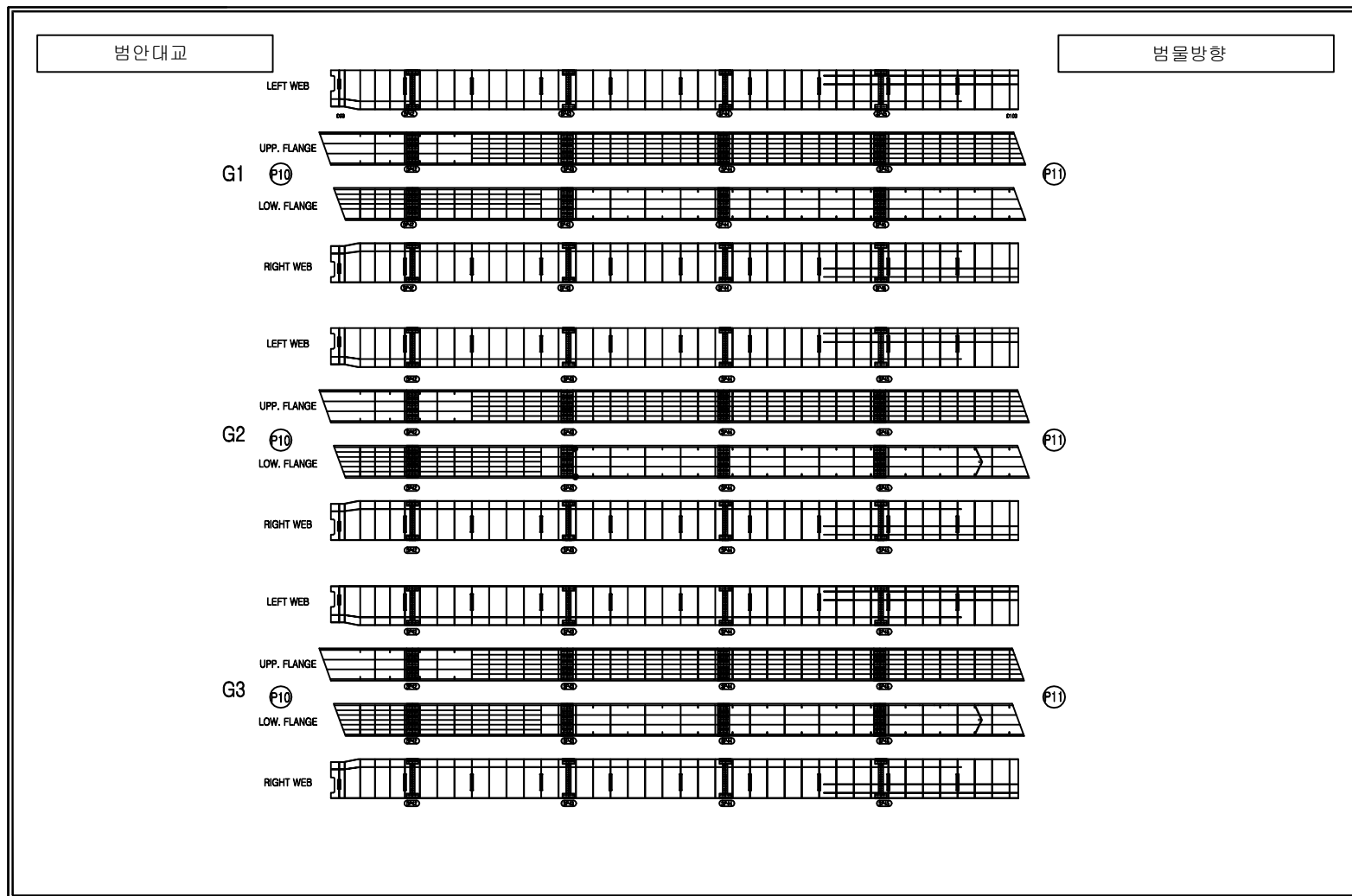
손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



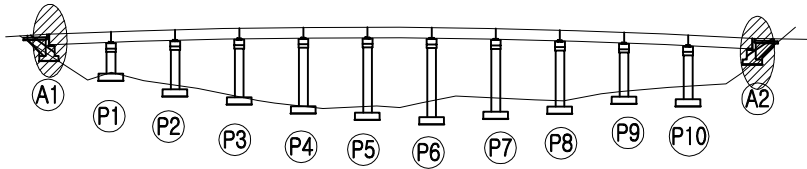


연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 틈락, 박리, 박락		들뜸, 충투리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



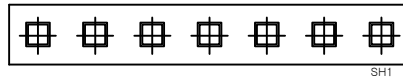
SECTION



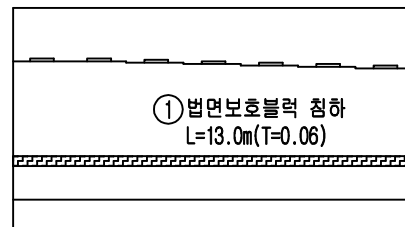
범안대교

향광배판

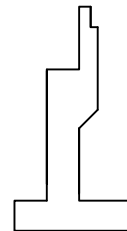
교 대(A1)



SH1



① 법면보호블럭 치하
L=13.0m(T=0.06)



손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	간결		백대, 절로
	파산, 활약, 파리, 파르		돌봄, 총본리
	절근노출		무식
	재수		배수구막형
	이물질 퇴적		변형
	망상간열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	간
---	---

범안대교

위	
치	

교대(A1)

N
O

047

KEY PLAN

SECTION

범안대교

범율방향

교 대(A2)

손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량				보수보강방안	
			폭	길이	개소 단위	수량		
1	교대	균열	0.1	1.0	1	m	1.0	신규
2	교대	균열	0.1	1.0	1	m	1.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 틈락, 박리, 박락		틀림, 층분리
	철근노출		부식
	침하		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

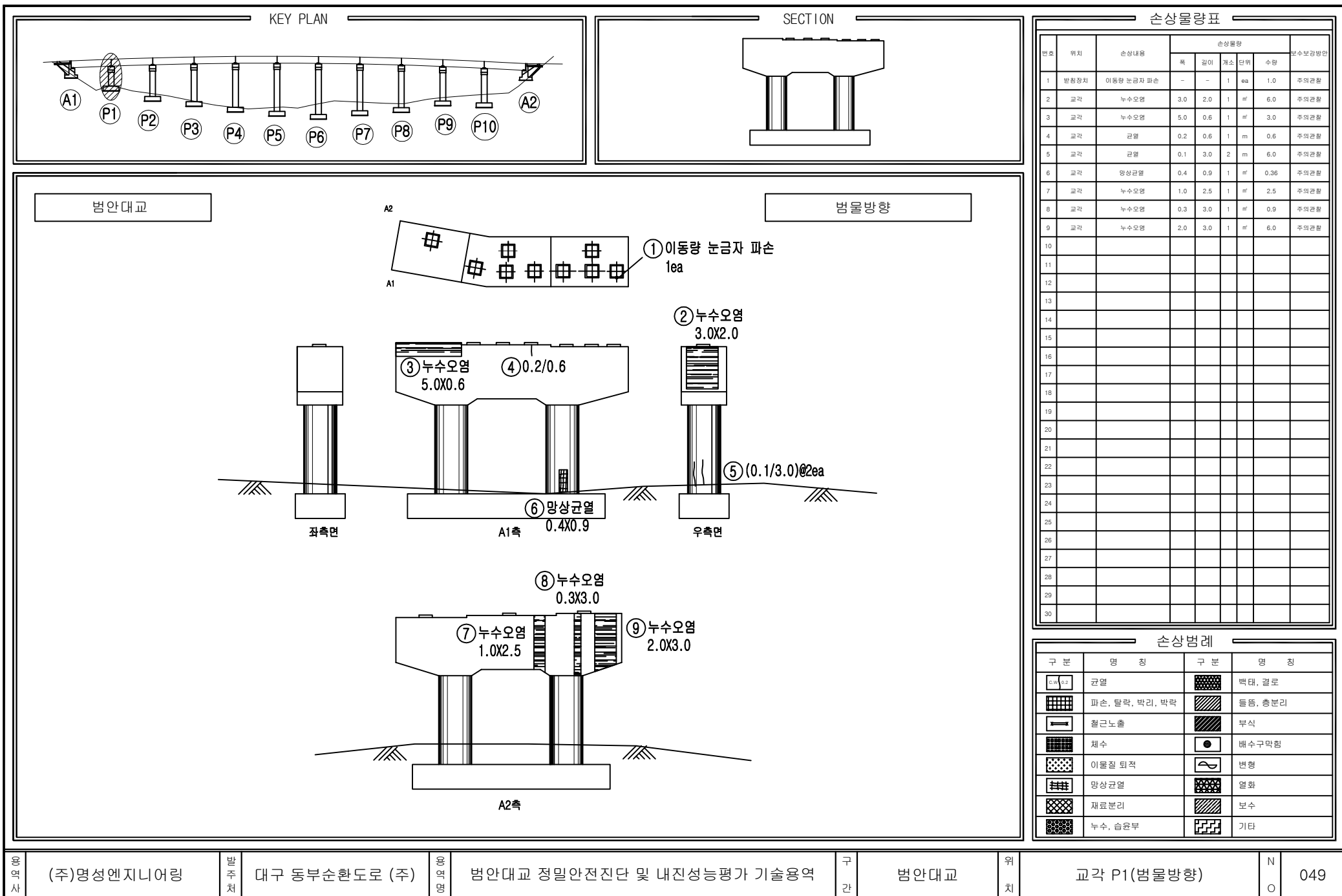
범안대교

위치

교대(A2)

N

048



KEY PLAN

The diagram shows a plan view of the bridge deck. It consists of 11 piers labeled P1 through P10, and two abutments labeled A1 and A2. Pier P2 is highlighted with a hatched pattern. The piers are arranged in a line, with A1 at the left end and A2 at the right end. The piers are labeled P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, and P10 from left to right. The hatched pattern on P2 indicates the location of the bridge deck section shown in the cross-section diagram.

A technical drawing showing a cross-section of the assembly. The label "SECTION" is centered above the drawing. The drawing shows the internal structure of the components, including the base, the two vertical supports, and the top plate. The top plate is shown with a central rectangular cutout. The two vertical supports are shown with internal features, including a central rectangular cutout and a smaller rectangular cutout on the outer side. The base is shown with a central rectangular cutout. The drawing is enclosed in a rectangular frame.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	관음	0.2	0.5	1	m	0.5	주의관찰
2	교각	양상균열	8.0	1.0	1	m ²	8.0	주의관찰
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분	명칭	구분	명칭
	균열		벽대, 걸로
	파손, 활락, 막진, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

모범답안

--	--	--

A1측

우측면

A2측

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	간
---	---

범안대교

위	
치	

교각 P2(범물방향)

N
O

050

SECTION

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	망상균열	3.0	3.0	1	㎡	9.0	주의관찰
2	교각	망상균열	3.0	2.0	1	㎡	6.0	주의관찰
3	교각	균열	0.2	0.2	2	m	0.4	주의관찰
4	교각	균열	0.2	0.6	2	m	1.2	주의관찰
5	교각	균열	0.2	1.0	1	m	1.0	주의관찰
6	교각	망상균열	3.0	2.0	1	㎡	6.0	주의관찰
7	교각	망상균열	3.0	3.0	1	㎡	9.0	주의관찰
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭		
	0.9x0.2	균열		벽대, 길로
		파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
		철근노출		부식
		채수		배수구막힘
		이물질 퇴적		변형
		망상균열		열화
		재료분리		보수
		누수, 습윤부		기타

범안대교

도움말

--	--	--

④ (0.2/0.6)@2ea

④ (0.2/0.6)@zea

⑦ 망상균열
3.0X3.0

A2축

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P3(범물방향)

051

KEY PLAN

The diagram shows a plan view of a pile foundation. A horizontal line represents the ground surface, with a slight dip in the center. Below this line, a series of vertical piles are shown. The piles are labeled from left to right: A1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, and A2. Pile P4 is highlighted with a hatched oval, indicating the location of the maximum scour depth. The piles are connected by a line that shows the scour profile, with the deepest point located directly under pile P4.

SECTION

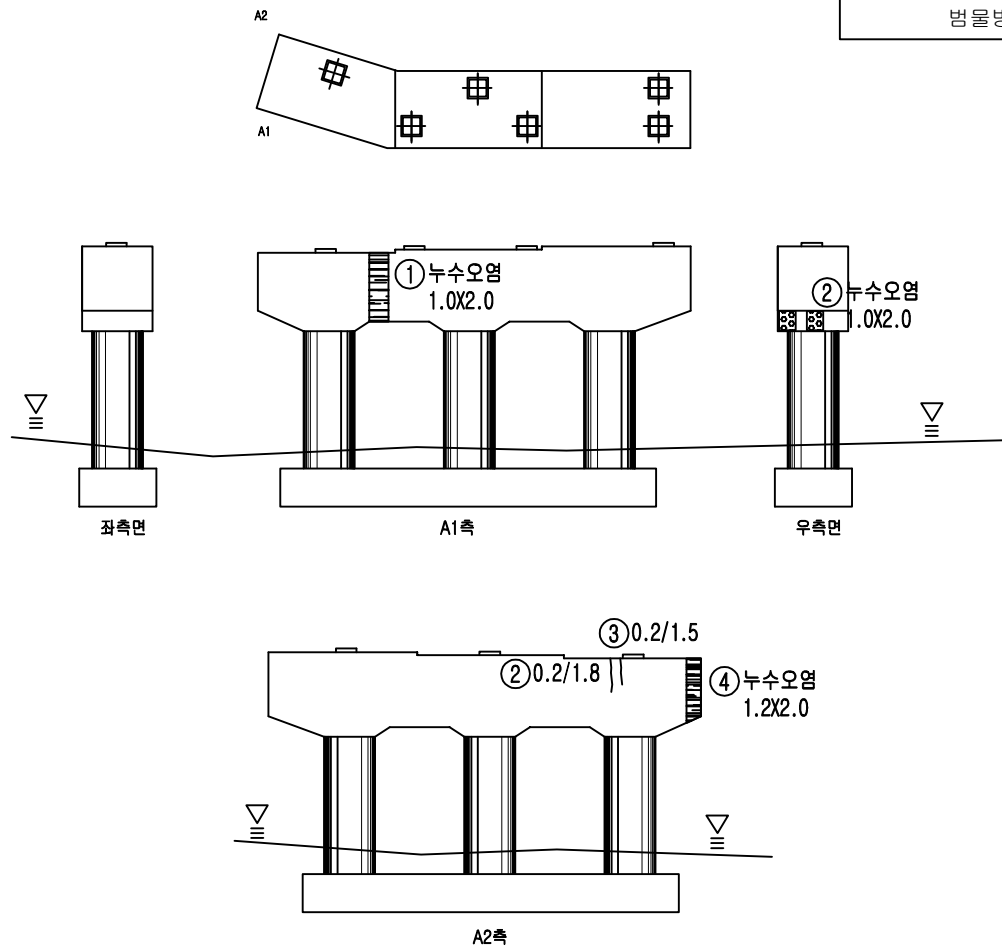
This technical drawing shows a cross-section of the bracket. It features a central rectangular body with a wider top flange. The top flange has three small rectangular cutouts. The central body is supported by a base plate. The drawing uses standard engineering conventions, with hatching indicating different materials or sections.

번호	위치	손상내용	손상물량					표수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	누수오염	1.0	2.0	1	㎡	2.0	주의관찰
2	교각	균열	0.2	1.8	1	m	1.8	주의관찰
3	교각	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	주의관찰
4	교각	누수오염	1.2	2.0	1	㎡	2.4	주의관찰
5	교각	누수오염	1.0	2.0	1	㎡	2.0	신규
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		박락, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총면리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

모름



(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P4(범물방향)

052

KEY PLAN

The key plan shows the bridge layout with piers A1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, and A2. Pier P5 is highlighted with a hatched oval, indicating the location of the bridge deck.

SECTION

This is a cross-sectional view of the bracket. It shows a wide top flange with a central rectangular cutout. Two vertical support ribs are positioned on either side of the cutout. The entire structure is mounted on a rectangular base. Hidden internal features are indicated by dashed lines.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	누수오염	2.0	3.5	1	m ²	7.0	주의관찰
2	배수시설	배수관위치불량	-	-	1	ea	1.0	신규
3	교각	누수오염	1.5	15.0	1	m ²	22.5	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽돌, 절로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀창, 창문틀
	철근노출		두식
	채수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

모범답안

1EA


① 누수오염
2.0X3.5



The diagram shows a vertical pipe with a leak at the top. A horizontal line with a downward-pointing triangle indicates the water level. The pipe is labeled with '① 누수오염' and '2.0X3.5'.

③ 누수오염
1.5X15.0

좌측면

A1축

우측면

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P5(범물방향)

053

SECTION

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
2	교각	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
3	교각	양상균열	4.0	5.0	6	㎡	120.0	신규
4	배수시설	배수관위치물량	-	-	1	개소	1.0	신규
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분	명칭	구분	명칭
	균열		벽대, 절로
	파손, 활락, 막진, 박락		물흔, 홍분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

도움말

A2

④ 배수관위치불량 A1

1EA

① 0.2/1.0 X3EA

③ 망상균열
4.0X5.0 X6EA

좌측면

A1측

우측면

② 0.2/1.0 X3EA

A2측

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

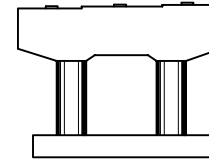
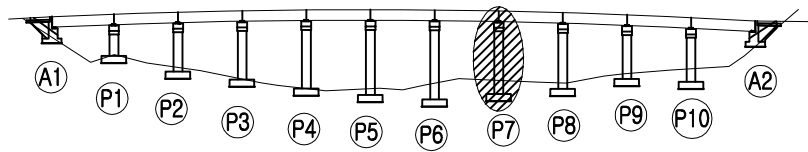
범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P6(범물방향)

054

SECTION



손상물량표

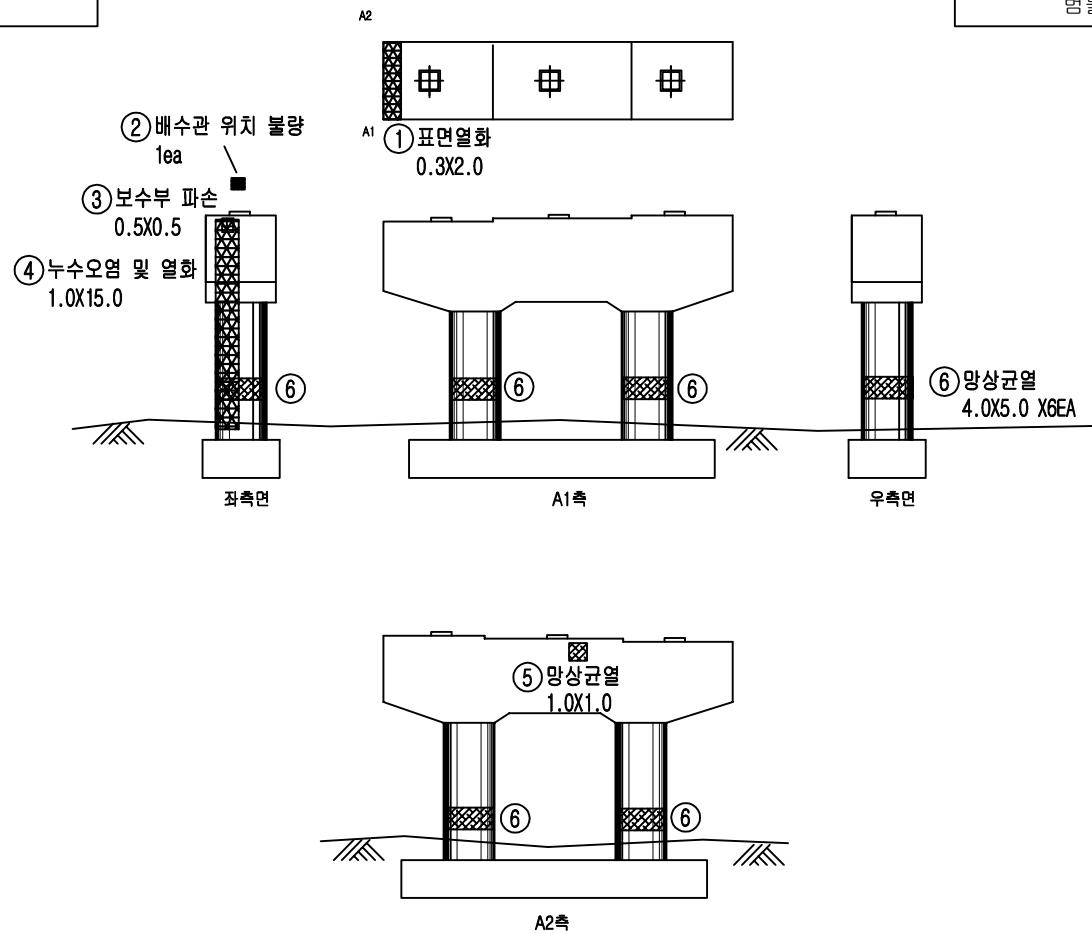
연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	표면열화	0.3	2.0	1	㎡	0.6	주요관찰
2	배수시설	배수관 위치 불량	-	-	1	개소	1.0	주요관찰
3	교각	보수부 파손	0.5	0.5	1	㎡	0.25	단면보수
4	교각	누수오염 및 열화	1.0	15.0	1	㎡	15.0	신규
5	교각	양상균열	1.0	1.0	1	㎡	1.0	신규
6	교각	양상균열	4.0	5.0	6	㎡	120.0	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	간열		백태, 검로
	파손, 틈락, 박리, 박락		들뜸, 총푼리
	홀근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 밀착		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

폼페강향



용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

00 00 00

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	구
간	간

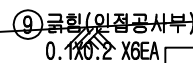
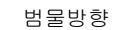
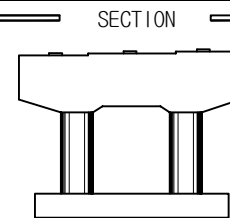
범안대교

유
차

교각 P7(범물방향)

N
O

055



손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

SECTION

This technical drawing shows a cross-section of the mechanical part. It features a wide, flat top surface with three small rectangular features. Below this is a central rectangular cutout. The part is supported by two vertical pillars. The entire assembly sits on a rectangular base. The drawing is enclosed in a rectangular frame with a title 'SECTION' at the top center.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	이물질퇴적(조류서식)	0.5	3.0	1	m	1.5	신규
2	방침장치	방침콘크리트균열	0.2	0.5	2	m	1.0	신규
3	교각	양상균열	4.0	5.0	6	m	120.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽돌, 절로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀창, 층별기
	철근노출		두식
	채수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

50

② 받침콘크리트:
0.2/0.5 X2EA

③ 망상균열
4.0X5.0 X6EA

좌측면

③ 망상균열
4.0X5.0 X6EA

우측면

(주)명성엔지니어링

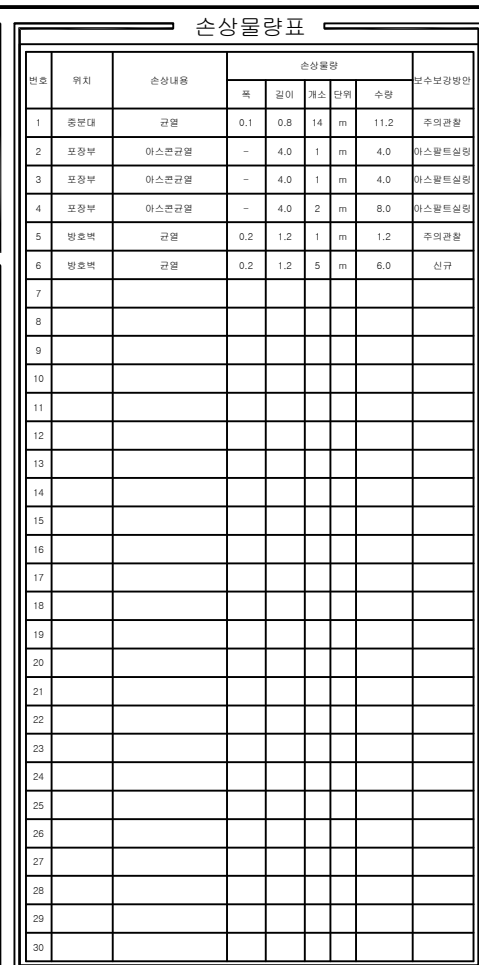
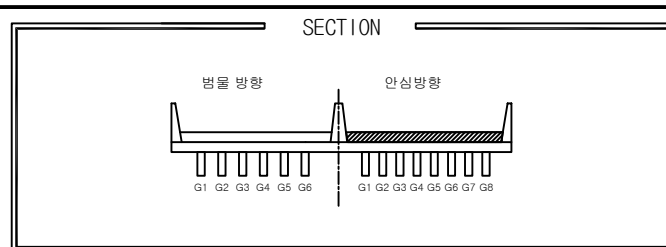
대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P9(범물방향)

057



손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	간결		백태, 백문
	파손, 탈락, 박리, 파락		흄터, 흄복기
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

KEY PLAN

남향

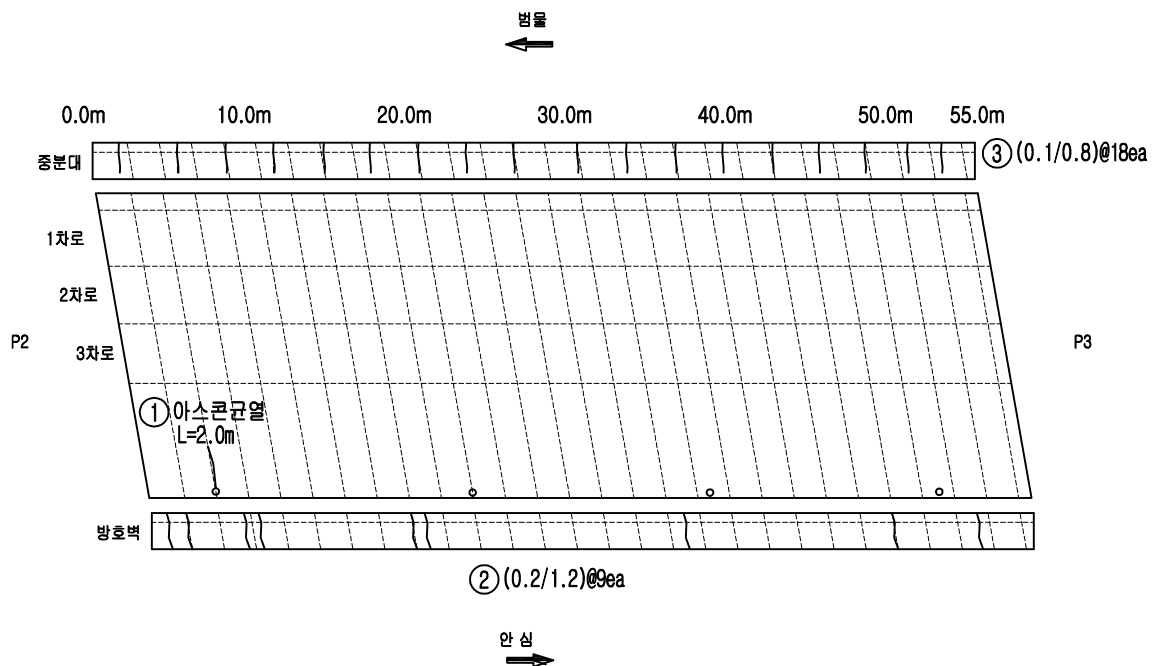
북향

A1 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘균열	-	2.0	1	m	2.0	아스팔트심장
2	영호복	균열	0.2	1.2	9	m	10.8	주요관찰
3	중문대	균열	0.1	0.8	18	m	14.4	주요관찰
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	금열		백대, 갈로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총본리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향



003

KEY PLAN

남향 북향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘균열	-	4.0	1	m	4.0	아스팔트심당
2	포장부	아스콘균열	-	1.0	2	m	2.0	아스팔트심당
3	방호벽	균열	0.2	1.2	13	m	15.6	주의관찰
4	중문대	균열	0.1	0.8	18	m	14.4	주의관찰
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽대, 곁포
	파손, 탈락, 막리, 막락		틀몸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

Technical drawing of a bridge deck cross-section showing reinforcement details.

Top View Dimensions: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m.

Reinforcement Details:

- Top Reinforcement (As):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (As):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Stirrups (S):** ① As콘균열 (L=4.0m), ② As콘균열 (L=1.0m)@2ea

Labels: 중분대, 1차로, 2차로, 3차로, 방호벽, P3, P4, 안심, 범람.

Beom'an Bridge Cross-section Diagram

Span Lengths: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m

Span Labels: ④ (0.1/0.8)@18ea, ③ (0.2/1.2)@13ea

Span Details: ① 아스콘균열 (L=4.0m), ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Span Orientation: 안심 (Facing), 범물 (Back)

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

Technical drawing of a bridge deck cross-section showing reinforcement details. The drawing includes a top view of the bridge deck with dimensions (0.0m to 55.0m) and reinforcement details (1, 2, 3, 4). Reinforcement details include top reinforcement (1, 2), bottom reinforcement (3), and side reinforcement (4). The drawing also shows the bridge deck structure (1차로, 2차로, 3차로) and the bridge piers (P3, P4).

Reinforcement details:

- ① 아스콘균열 L=4.0m
- ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea
- ③ (0.2/1.2)@13ea
- ④ (0.1/0.8)@18ea

Bridge deck structure:

- 1차로
- 2차로
- 3차로

Bridge piers:

- P3
- P4

Technical drawing of a bridge deck cross-section showing reinforcement details. The drawing includes a top view of the bridge deck with dimensions (0.0m to 55.0m) and reinforcement details (①, ②, ③, ④). Reinforcement details include top reinforcement (④), bottom reinforcement (③), and internal reinforcement (①, ②). The drawing also shows the bridge deck structure (P3, P4) and the reinforcement layout (1차로, 2차로, 3차로).

Reinforcement details:

- ④ (0.1/0.8)@18ea
- ③ (0.2/1.2)@13ea
- ① 아스콘균열 L=4.0m
- ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Settlement).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details include:

- Top reinforcement: ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom reinforcement: ③ (0.2/1.2)@13ea
- Side reinforcement: ① 아스콘균열 (L=4.0m) and ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, 중분대, 1차로, 2차로, 3차로, P3, P4, 방호벽, 안심, and 범람.

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details include:

- Top reinforcement: ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom reinforcement: ③ (0.2/1.2)@13ea
- Side reinforcement: ① 아스콘균열 (L=4.0m) and ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, 중분대, 1차로, 2차로, 3차로, P3, P4, 방호벽, 안심, and 범람.

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

The diagram illustrates the cross-section of the Beom'an Bridge, showing a 3-lane configuration (1차로, 2차로, 3차로) with a total width of 55.0m. The reinforcement details are as follows:

- Top Reinforcement (중분대):** ④ (0.1/0.8)@18ea
- Bottom Reinforcement (방호벽):** ③ (0.2/1.2)@13ea
- Internal Reinforcement:**
 - ① 아스콘균열 L=4.0m
 - ② 아스콘균열 (L=1.0m)@2ea

Dimensions and labels include: 0.0m, 10.0m, 20.0m, 30.0m, 40.0m, 50.0m, 55.0m, P3, P4, and arrows indicating '범람' (Flood) and '안심' (Safety).

004

KEY PLAN

방향 ←

방향 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘 균열	-	40.0	1	m	40.0	아스팔트심층
2	포장부	아스콘 균열	-	3.0	1	m	3.0	아스팔트심층
3	방호벽	균열	0.2	1.2	6	m	7.2	주의관찰
4	중분대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대

1차로

2차로

3차로

P4

P5

방향표

① 아스콘균열
L=40.0m

② 아스콘균열
L=3.0m

③ (0.2/1.2)@6ea

④ (0.1/0.8)@16ea

안심
→

방향
←

범안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대

1차로

2차로

3차로

P4

P5

방수층

④ (0.1/0.8)@16ea

③ (0.2/1.2)@6ea

② 아스콘균열 L=3.0m

① 아스콘균열 L=40.0m

안심

범안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대

1차로

2차로

3차로

P4

P5

방향표

① 아스콘균열
L=40.0m

② 아스콘균열
L=3.0m

③ (0.2/1.2)@6ea

④ (0.1/0.8)@16ea

안심

3D perspective view of the bridge deck reinforcement layout. The deck is 50.0m long and 10.0m wide. It shows three lanes (1차로, 2차로, 3차로) and a median (중앙대). Reinforcement details include:

- ① Top deck reinforcement (As) with $L=40.0m$
- ② Bottom deck reinforcement (As) with $L=3.0m$
- ③ Bottom deck reinforcement (As) with $(0.2/1.2)@6ea$
- ④ Top deck reinforcement (As) with $(0.1/0.8)@16ea$

Arrows indicate the direction of traffic flow (안심) and the direction of the reinforcement (방향).

영역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	영역명
-----	------------	-----	---------------	-----

영역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	영역명
-----	------------	-----	---------------	-----

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구 간
---------------------------	--------

범안대교	위 치
------	--------

S5 교면포장	N
	O

005

KEY PLAN

The Key Plan shows a bridge layout with 12 piers labeled A1 to A2. Pier A5 is highlighted with diagonal hatching. Arrows indicate '남향' (South) and '북향' (North) directions.

손상물량표							
번호	위치	손상내용	손상물량				
			폭	길이	개소	단위	수량
1	포장부	아스콘 균열	-	70.0	1	m	70.0
2	방호벽	균열	0.2	1.2	14	m	16.8
3	옹벽대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 막락		틀뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

면 안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대

③ (0.1/0.8)@16ea

1차로

2차로

3차로

P5

P6

① 아스콘균열
L=70.0m

② (0.2/1.2)@14ea

안심

면안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대

③ (0.1/0.8)@16ea

1차로

2차로

3차로

P5

P6

① 아스콘균열
L=70.0m

면안대교

② (0.2/1.2)@14ea

안심

006

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강영역
			목	길이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘 균열	-	25.0	1	m	25.0	아스팔트심층
2	포장부	아스콘 균열	-	7.0	1	m	7.0	아스팔트심층
3	포장부	아스콘 균열	-	10.0	1	m	10.0	아스팔트심층
4	방호벽	균열	0.2	1.2	6	m	7.2	주의관찰
5	중문대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	명칭	구름	명칭
	간열		벽대, 열로
	파산, 탈락, 박리, 박익		돌돌, 총분리
	철근노출		부식
	제수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상간열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음원부		기타

범안대교

안심방향

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

중분대 ⑤ (0.1/0.8)@16ea

1차로

2차로

3차로

① 아스콘균열
L=25.0m

③ 아스콘균열
L=10.0m

② 아스콘균열
L=7.0m

P7

안심

④ (0.2/1.2)@6ea

안심
➡

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	간
---	---

범안대교

위	
치	

S7 교면포장

N
O

007

연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘 균열	-	10.0	1	m	10.0	아스팔트심층
2	포장부	아스콘 균열	-	12.5	1	m	12.5	아스팔트심층
3	포장부	아스콘 균열	-	4.0	1	m	4.0	아스팔트심층
4	포장부	아스콘 파손	3.0	0.5	1	㎡	1.5	아스팔트맞춤
5	방호벽	균열	0.2	1.2	5	m	6.0	주의관찰
6	종단대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구름	영	영	구름	영
	간담			번데, 번무
	파산, 파산, 파산, 파산			불뚝, 불뚝리
	검고노를			무식
	제수			배수구멍침
	이불질 퇴적			번행
	망상근열			열화
	재림불리			보수
	두수, 습안부			기타

안심방향

↑
도도

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

⑥ (0.1/0.8)@16ea

1차로

2차로

P7

3차로

P8

① 아스콘균열
l=10.0m

② 아스콘균열
l=12.5m

③ 아스콘관설
L=4.0m

④ 아스콘 파손
3.0X0.5

장화

⑤ (0.2/1.2)@5ea

안심
➡

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	간
---	---

범안대교

우	
차	

S8 교면포장

N
O

008

KEY PLAN

방향

방향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘 균열	-	1.5	1	m	1.5	아스팔트심층
2	포장부	아스콘 균열	-	4.0	1	m	4.0	아스팔트심층
3	포장부	아스콘 균열	-	30.0	1	m	30.0	아스팔트심층
4	방호벽	균열	0.2	1.2	3	m	3.6	주의관찰
5	중분대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	금열		백대, 갈로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총본리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

↑
50

0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m

⑤ (0.1/0.8)@16ea

중분대

1차로

P8

2차로 \

3차로

① 아스콘균열
L=1.5m

② 아스콘균열
L=4.0m

③ 아스콘균열
L=30.0m

장

④ (0.2/1.2)@3ea

안심

(주)명성엔지니어링

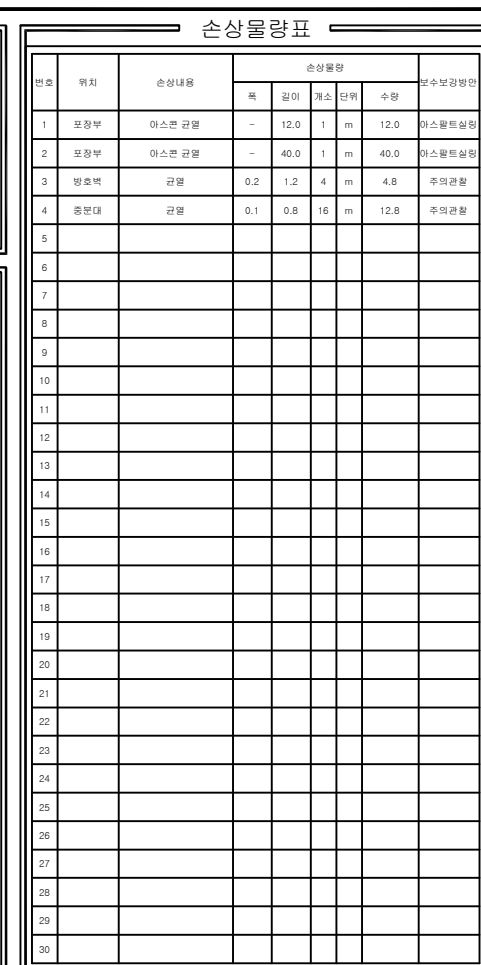
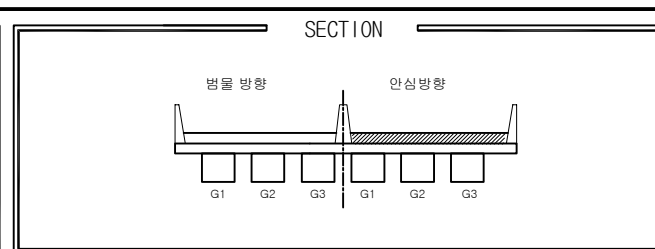
대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

S9 교면포장

009



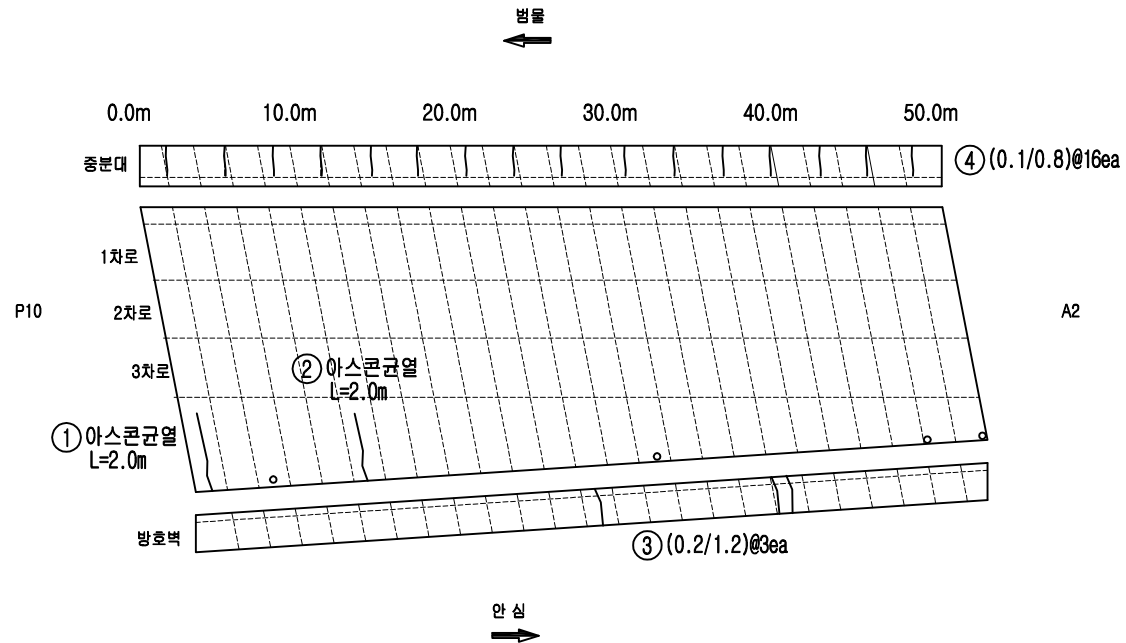
손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

KEY PLAN

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	포장부	아스콘 균열	-	2.0	1	m	2.0	아스팔트심링
2	포장부	아스콘 균열	-	2.0	1	m	2.0	아스팔트심링
3	방호벽	균열	0.2	1.2	3	m	3.6	주의관찰
4	중문대	균열	0.1	0.8	16	m	12.8	주의관찰
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 막락		돌돌, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향



KEY PLAN

남 ←

북 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					크수보경방안
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

단상음계		단상음계	
구분	명칭	구분	명칭
	간음		대레, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 막락		틀름, 총분리
	절근노출		부식
	제수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

P1

012

KEY PLAN

남향 ← → 북향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	백태	0.2	0.1	12	㎡	0.24	표면치리
2	바닥판 하면	백태	0.2	0.1	10	㎡	0.2	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭	구분	명칭
	균열		백토, 절토	
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 층분리	
	철근노출		부식	
	채수		배수구막힘	
	이물질 퇴적		변형	
	망상균열		열화	
	재료분리		보수	
	누수, 습윤부		기타	

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

방향

P1 G1 G2 G3 P2

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

백태

G1

P1 G2 P2

G3

범람

② 백태
0.2X0.1 X10EA

① 백태
(0.2X0.1)@12ea

G1

P1 G2 P2

G3

안심

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

방향

교축방향

안심방향

콘크리트

강철

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

② 백태 0.2X0.1 X10EA

G1

G2

G3

P1

P2

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

백태

G1

P1 G2 P2

G3

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

백태

G1

P1 G2 P2

G3

② 백태 0.2X0.1 X10EA

① 백태 (0.2X0.1)@12ea

안심방향

방향

P1 G1 G2 G3 P2

범람

② 백태
0.2X0.1 X10EA

① 백태
(0.2X0.1)@12ea

G1

P1 G2 P2

G3

안심

[illegible]

번호	위치	손상내용	손상물량				보수보강방안	
			폭	길이	개소	단위		수량
1	바닥판 하면	균열	0.1	1.0	20	m	20.0	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근열		백대, 절로
	파손, 탈락, 박진, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

↑
500

안심
➔

①0.1/1.0 X20EA

KEY PLAN

Diagram illustrating the KEY PLAN of the bridge deck layout. The plan shows a horizontal section of the bridge deck with stations labeled A1 through A2. The deck is divided into sections by vertical lines. A section between P3 and P4 is shaded with diagonal lines. Arrows at the top indicate the left and right sides of the bridge.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭	구분	명칭
	균열		백토, 절토	
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 층분리	
	철근노출		부식	
	채수		배수구막힘	
	이물질 퇴적		변형	
	망상균열		열화	
	재료분리		보수	
	누수, 습윤부		기타	

안심방향

↑
50 40

안심
➔

015

KEY PLAN

방향 ←

방향 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	백태	0.3	3.0	1	㎡	0.9	표면치리
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 총본리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck. It features four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface is marked with '범람' (Flood) and an arrow pointing left, and '안심' (Safety) and an arrow pointing right. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White 0.3X3.0) is located near the top right corner, indicating a specific material or finish. The diagram shows the internal structure of the girders and the surrounding pavement layers.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck. It features four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface is marked with '범람' (Flood) and an arrow pointing left, and '안심' (Safety) and an arrow pointing right. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White 0.3X3.0) is located near the top right corner, indicating a specific material or finish. The diagram shows the internal structure of the girders and the surrounding pavement layers.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck with four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface is labeled '안심' (Safety) with a right-pointing arrow, and the bottom surface is labeled '범람' (Flood) with a left-pointing arrow. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White paint 0.3X3.0) is located on the top surface of the right side of the deck, pointing to a specific area.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck with four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface of the deck is labeled '안심' (Safety) with a right-pointing arrow, and the bottom surface is labeled '범람' (Flood) with a left-pointing arrow. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White paint 0.3X3.0) is located near the top right corner, pointing to a hatched rectangular area on the top surface of G1.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates the cross-section of a bridge deck. It features four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. Two pavement layers, P4 and P5, are shown on the left and right sides of the girders. The top surface of G1 is marked with a hatched area, labeled '① 백태 0.3X3.0' (① White paint 0.3X3.0). Arrows indicate the '범람' (Flood) direction pointing left and the '안심' (Safety) direction pointing right.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck with four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. Two pavement layers, P4 and P5, are shown on the left and right sides of the girders. Above the girders, there are two horizontal arrows: one pointing left labeled '범람' (Flood) and one pointing right labeled '안심' (Safety). A note '① 백태 0.3X3.0' is located above the top girder G1, with a hatched rectangular area on the top surface of G1 corresponding to this note.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck. It features four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface is marked with '범람' (Flood) and an arrow pointing left, and '안심' (Safety) and an arrow pointing right. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White 0.3X3.0) is located near the top right corner, indicating a specific material or finish. The diagram shows the internal structure of the girders and the surrounding pavement layers.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck. It features four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. Two pavement layers, P4 and P5, are shown on the left and right sides of the girders. The top of the deck is labeled '범람' (Flood) with a downward arrow, and the bottom is labeled '안심' (Safety) with an upward arrow. A note '① 백태 0.3X3.0' is located on the right side, with a hatched area indicating a specific material or condition. The girders are supported by a central structure, and the overall shape of the deck is trapezoidal.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck with four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two main sections labeled P4 and P5. The top surface is labeled '안심' (Safety) with a right-pointing arrow, and the bottom surface is labeled '범람' (Flood) with a left-pointing arrow. A note '① 백태 0.3X3.0' (① White paint 0.3X3.0) is located on the top surface of the deck, pointing to a specific area. The diagram shows the internal structure of the girders and the surrounding pavement layers.

범안대교

안심방향

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck with four girders labeled G1, G2, G3, and G4 from top to bottom. The deck is supported by two pavement layers, P4 (top) and P5 (bottom). The girders are connected by cross-bracing. The top surface of the deck is labeled '범람' (Flood) with an arrow pointing left, and the bottom surface is labeled '안심' (Safety) with an arrow pointing right. A note '① 백태 0.3X3.0' points to a hatched area on the top surface of G1.

016

KEY PLAN

남향 ←

북향 →

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

A cross-sectional diagram of a bridge deck. A vertical dashed line in the center is labeled "SECTION". To the left of the centerline, the text "별물 방향" (Direction of the main structure) is written. To the right, "안심 방향" (Direction of the approach) is written. The deck is supported by four piers labeled G1, G2, G3, and G4 from left to right. The piers are shown in cross-section with hatching. The deck is shown in cross-section with a top layer of reinforcement bars. The bars are labeled G1, G2, G3, and G4 from left to right, corresponding to the piers. The bars are shown in cross-section with hatching.

연호	위치	손상내용	손상물량					크수보강방안
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭	구분		명칭
	간결		백대, 결로		
	파손, 탈락, 박진, 박락		돌틈, 층분리		
	절근노출		부식		
	제수		배수구막힘		
	이물질 외적		변형		
	망상균열		열화		
	재료분리		보수		
	누수, 습윤부		기타		

안심방향

↑
50 50

안심
➔

017

KEY PLAN

별실 연실

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					편수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판 하면	균열	0.1	1.0	4	m	4.0	주의관찰
2	바닥판 하면	균열	0.2	1.0	5	m	5.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽대, 곁포
	파손, 탈락, 박리, 막락		틀동, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

P7

②0.2/1.0 X5EA

① (0.1/1.0)@4ea

안심
➔

↑
和音

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

S7 바닥판하면

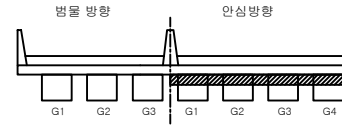
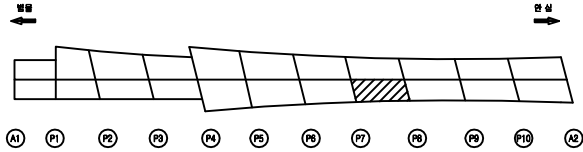
018

KEY PLAN

남향 ←

→ 면향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2



번호	위치	손상내용	손상물량				보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

손상명례			
구분	명칭	구분	명칭
	간열		백열, 열문
	파손, 탈락, 박리, 박락		흄흄, 흄박진
	절근노출		부식
	채수		배수구막형
	이물집진점		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

안심방향

↑
도도

안심
➔

KEY PLAN

남향 ←

→ 북향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

SECTION

The diagram illustrates a cross-section of a bridge deck. On the left, labeled '범람 방향' (Flood direction), is a normal concrete deck with three rectangular girders labeled G1, G2, and G3. A vertical dashed line marks the transition point. To the right, labeled '안심 방향' (Safety direction), the deck is shown as a composite structure with a hatched pattern, indicating the presence of steel reinforcement. The girders G1, G2, and G3 continue on the right side of the transition.

연호	위치	손상내용	손상물량					크수보강방안
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

구분		명칭	구분		명칭
	구분	균열		구분	백대, 결로
	구분	파손, 탈락, 박리, 박락		구분	흄통, 층분리
	구분	철근노출		구분	부식
	구분	제수		구분	배수구막힘
	구분	이물질 퇴적		구분	변형
	구분	망상균열		구분	열화
	구분	재료분리		구분	보수
	구분	누수, 습윤부		구분	기타

안심방향

↑
도도

안심
➔

020

KEY PLAN

북향

남향

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

SECTION

The diagram shows a cross-section of a bridge deck. On the left, a vertical dashed line separates the 'Normal Deck' (정상판상) from the 'Composite Deck' (복합판상). The 'Normal Deck' consists of a concrete slab supported by three rectangular piers labeled G1, G2, and G3. The 'Composite Deck' consists of a concrete slab reinforced with steel reinforcement bars (indicated by hatching) supported by three rectangular piers labeled G1, G2, and G3. The piers are labeled G1, G2, and G3 on both sides of the transition line.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	가로보	부식 및 변형	0.1	0.2	1	m	0.02	도장보수
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

문양 명례			
구분	명 칭	구분	명 칭
	균열		백돌, 길로
	파손, 탈락, 박리, 박락		돌출, 층분리
	절근노출		부식
	채수		배수구멍형
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

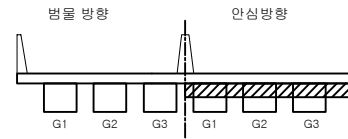
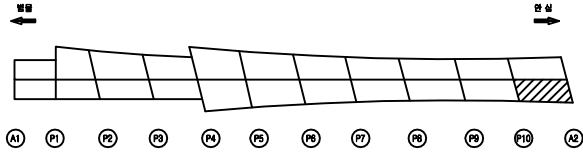
↑
도도

안심
➡

① 부식 및 변형
0.1X0.2

KEY PLAN

Diagram illustrating the Key Plan of the project, showing the layout of the road and the location of the proposed bridge structure. The plan includes stationing markers (A1 to A2) and a hatched area indicating the bridge location.



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방법
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	배덕관 하면	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상명례			
구분	명칭	구분	명칭
	간열		백열, 열문
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 층별기
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

Technical drawing of a bridge deck cross-section. The drawing shows three lanes labeled G1, G2, and G3. The total width of the deck is indicated as 10.2/1.0 X3EA. The drawing includes a north arrow pointing upwards, labeled '북향' (North). The drawing also includes a scale bar indicating 0.2/1.0 X3EA. The drawing is labeled with 'P10' on the left and 'A2' on the right. The drawing is titled '범안대교' (Bamnan Bridge) in the top left corner and '안심방향' (Safety Direction) in the top right corner.

안심방향

①0.2/1.0 X3EA

G1

P10

G2

A2

G3

안심
➔

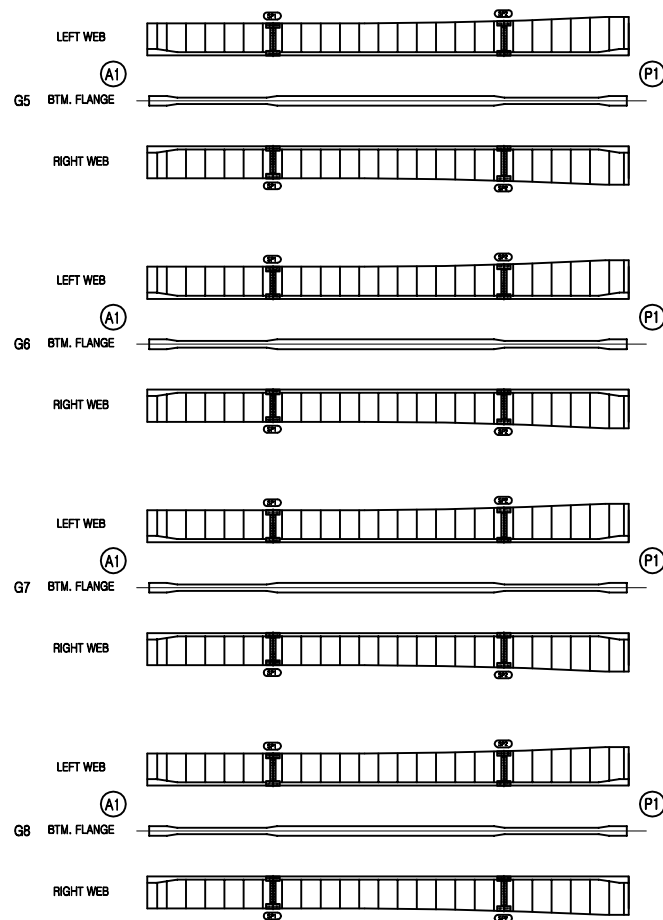
KEY PLAN

The key plan shows a horizontal section of the bridge deck. It is divided into 11 numbered points (A1 to A2) along the bottom. A central section is labeled 'KEY PLAN' and is shown in a perspective view, indicating a break in the structure. Arrows at the top point left and right, labeled '방향' (Direction).

번호	위치	손상내용	손상물량				보수보광방안
			폭	길이	개소	단위	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

범안대교

안심방향



손상 명세			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백색, 검은
	파손, 탈락, 박리, 박락		흄층, 층분리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

KEY PLAN

The diagram shows a bridge layout with stations A1 to A2. The bridge is divided into sections P1 through P10. A hatched section is shown between P2 and P3. Arrows indicate the direction of travel from left to right.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거터외부	도장박리	0.2	0.2	3	m	0.12	재도장
2	거터외부	도장박리	0.3	1.0	1	m	0.3	재도장
3	거터외부	물통부식	-	-	80	mm	80.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상명례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백화, 절로
	파손, 탈락, 박리, 보락		늘림, 총부리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강량
			쪽	길이	개소	단위	수량	
1	거터외부	도장박락	0.3	0.3	2	㎡	0.18	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

안심방향

Technical drawings of three types of composite floor joists: G1, G2, and G3. Each type shows three views: Left Web, Low Flange, and Right Web. G1 and G2 have a single top flange, while G3 has a double top flange. A detail callout for G3 shows a cross-section of the top flange with dimensions 0.3x0.3 and a note '도장박락' (Paint peeling) and 'X2EA' (2 pieces).

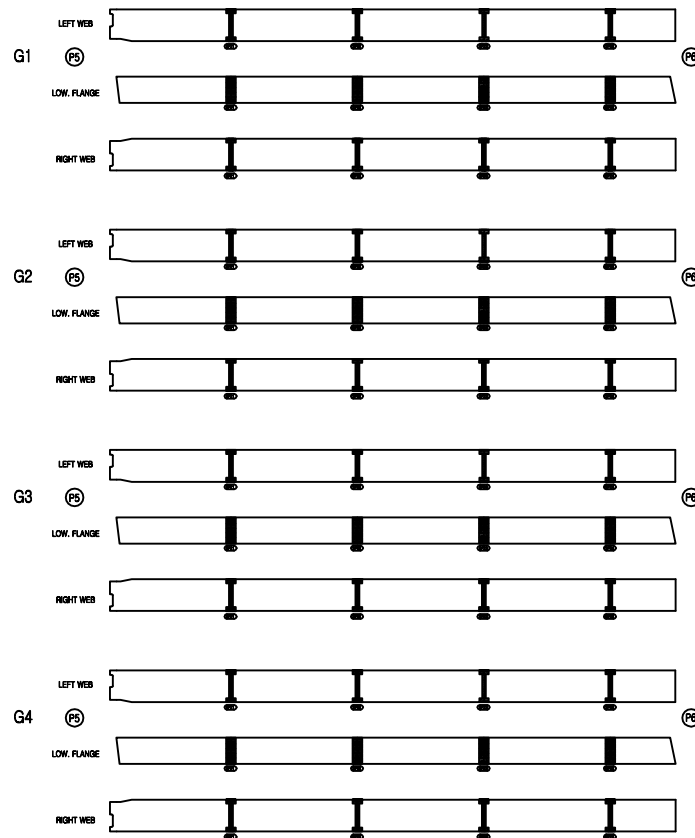
구름	명칭	구름	명칭
	간열		백대, 결포
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 총풍리
	철근노출		부식
	제수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 음윤부		기타

KEY PLAN

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

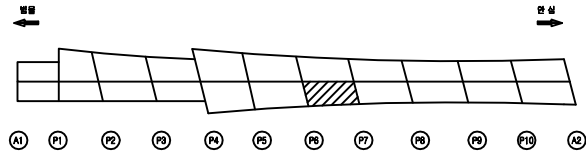
범안대교

안심방향

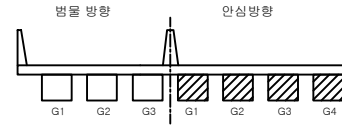


손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근열		백대, 절로
	파손, 탈락, 박진, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

KEY PLAN

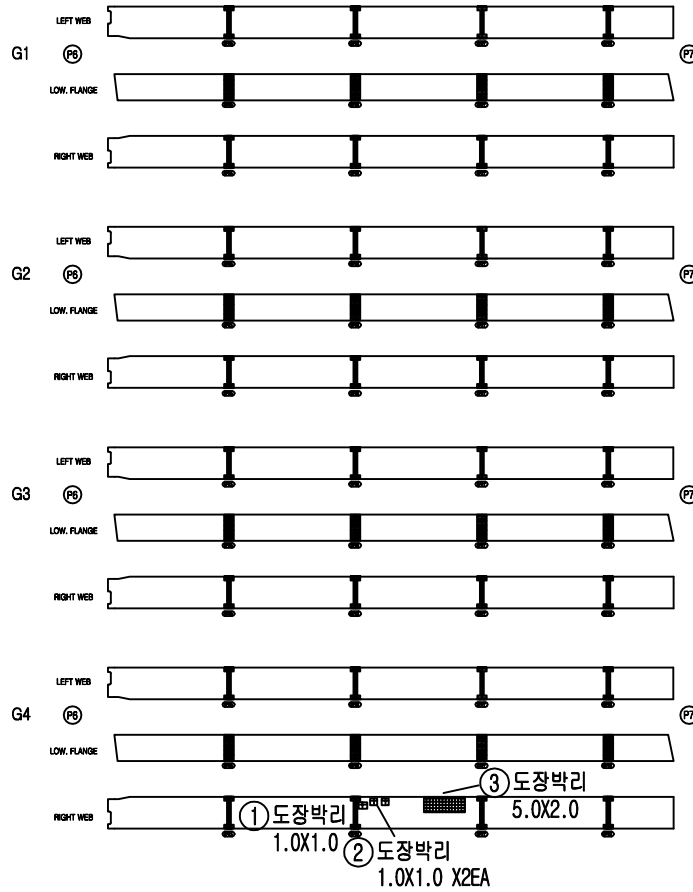


SECTION



범안대교

안심방향



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더외부	도장박리	1.0	1.0	1	㎡	1.0	손상증가
2	거더외부	도장박리	1.0	1.0	2	㎡	2.0	손상증가
3	거더외부	도장박리	5.0	2.0	1	㎡	10.0	손상증가
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

범안대교

위치

S7 주형외부(G1~G4)

N

030

KEY PLAN

남 ←

→ 남

A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 A2

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

범안대교

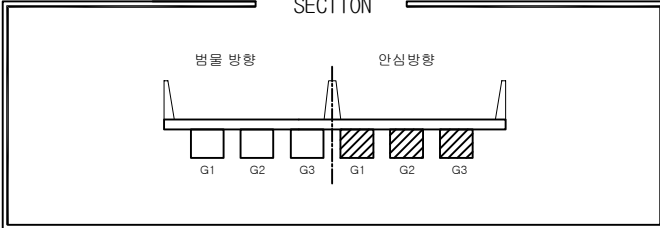
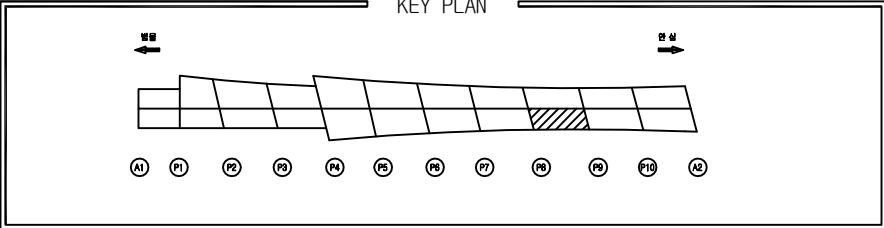
범안대교

안심방향

The diagram illustrates the cross-sections of the Baman Bridge (범안대교) for the safe direction of travel (안심방향). It shows four distinct cross-sections, labeled G1, G2, G3, and G4, arranged vertically. Each cross-section is composed of three main parts: the Left Web (LEFT WEB), the Low Flange (LOW FLANGE), and the Right Web (RIGHT WEB). The Left Web and Right Web are shown as horizontal bars with four vertical supports each, while the Low Flange is a single horizontal bar with four vertical supports. The points P7 and P8 are marked on the Left Web and Right Web respectively, indicating specific locations of interest. The cross-sections G1, G2, and G3 are shown with a light gray background, while G4 is shown with a white background. The overall layout is clean and technical, typical of engineering drawings.

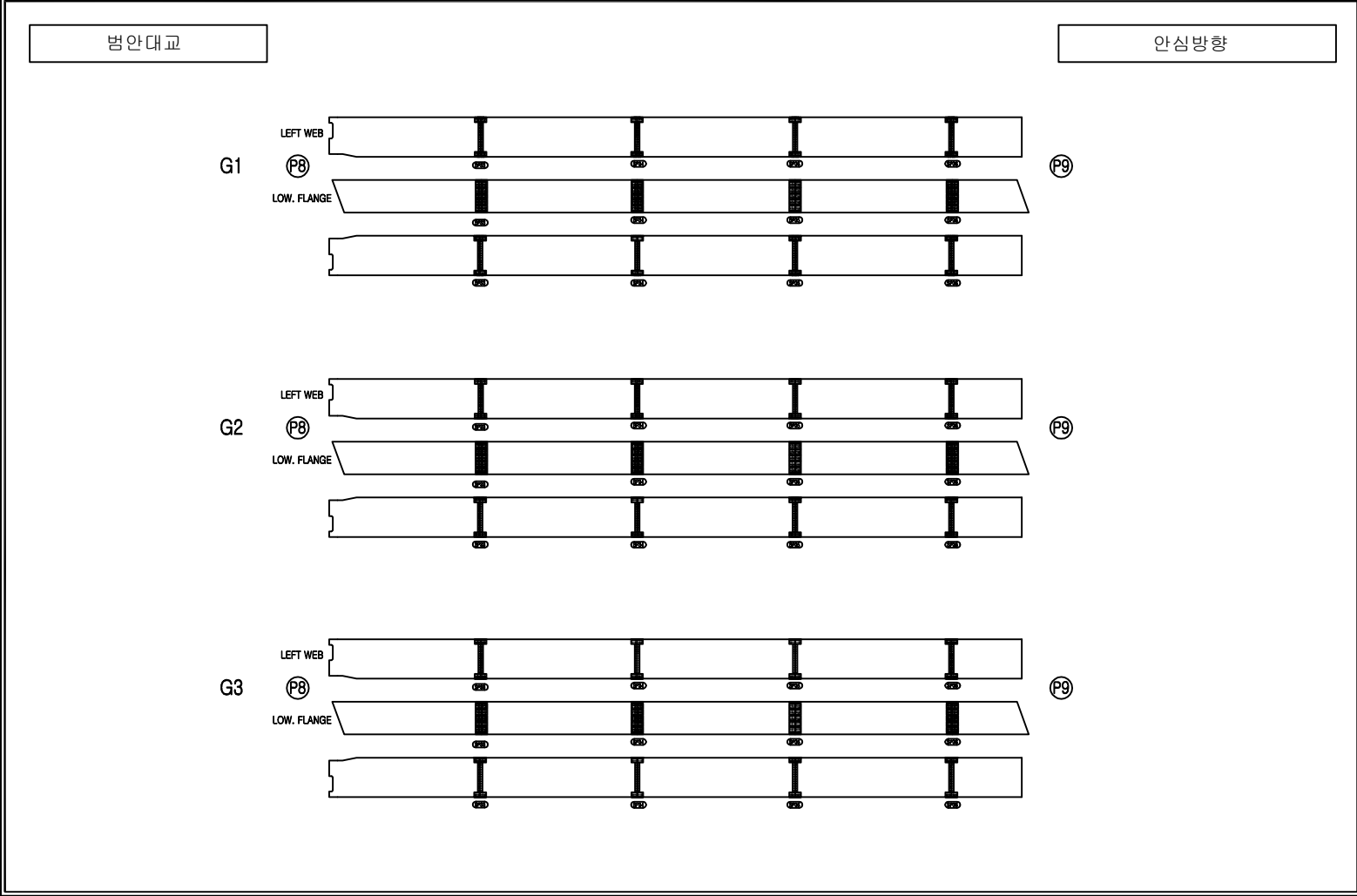
안심방향

손상 명세			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		박락, 결로
	파손, 탈락, 박리, 균열		통홀, 충진부
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료부리		보수
	누수, 습윤부		기타



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								



손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 골로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강명
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	거터내부	이물침범착(조류서식)	2.0	5.0	1	㎡	10.0	신규
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

① 이물질퇴적(조류서식)
2.0X5.0

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습증부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			목	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더	이물침범적(조류서식)	1.5	2.0	1	m	3.0	신규
2	거더	이물침범적(조류서식)	2.0	5.0	1	m	10.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

안심방향

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

LEFT WEB

UPP. FLANGE

LOW. FLANGE

RIGHT WEB

② 이물질퇴적 (조류서식)
2.0X5.0

① 이물질퇴적 (조류서식)
1.5X2.0

G1

G2

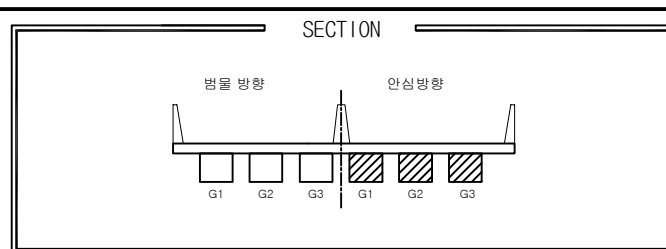
G3

G4

P7

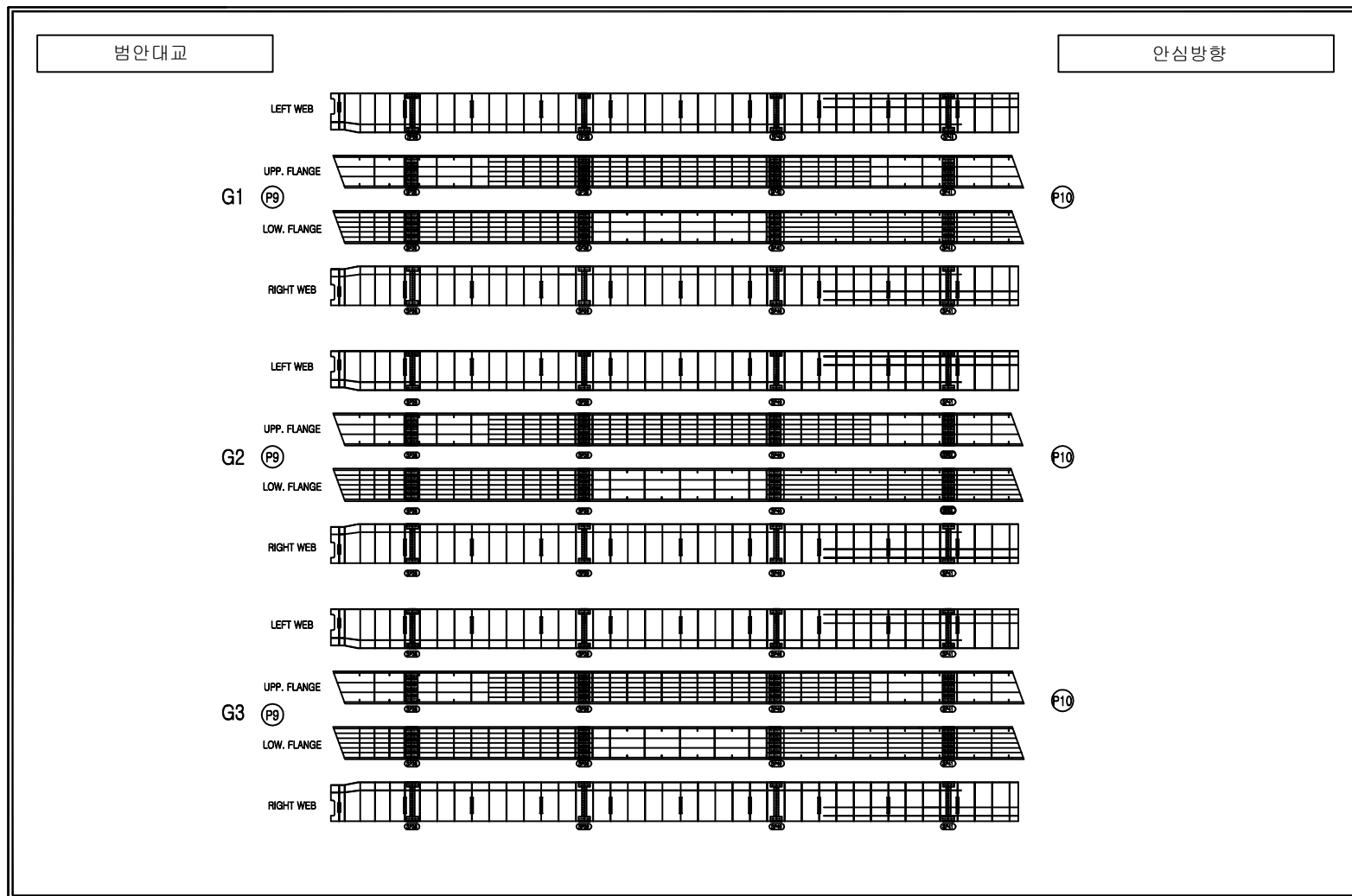
P8

구분	명칭	구분	명칭
	균열		벽대, 절로
	파손, 탈락, 박리, 파락		틀림, 종분리
	철근노출		무식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



연호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



[illegible]

번호	위치	손상내용	손상물량					부속보강명칭
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	신축이음부	후타재 파손	0.1	0.1	2	m	0.02	주의관찰
2	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.5	18	m	9.0	주의관찰
3	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.3	10	m	3.0	주의관찰
4	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.3	23	m	6.9	주의관찰
5	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.3	28	m	8.4	주의관찰
6	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.5	17	m	8.5	주의관찰
7	신축이음부	후타재 균열	0.2	1.4	12	m	16.2	주의관찰
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	간열		백열, 열로
	파손, 탈락, 변리, 변락		들쭈, 총변리
	절근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재표본리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

안심방향

A2

① 후타재 파손 신축이음장치
(0.1X0.1)@2ea

② 후타재 균열
(0.1/0.5)@18ea

③ 후타재 균열
(0.1/0.3)@10ea

후타재 500
본체 235
후타재 260

유간(40)

P8

④ 후타재 균열
(0.2/0.3)@23ea

⑤ 후타재 균열
(0.2/0.3)@28ea

후타재 440
본체 220
후타재 410

유간(30+32)

P4

⑥ 후타재 균열
(0.2/0.5)@17ea

⑦ 후타재 균열
(0.2/1.4)@13ea

후타재 470
본체 220
후타재 380

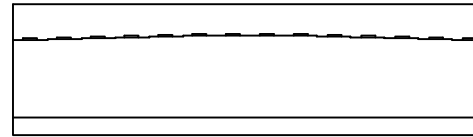
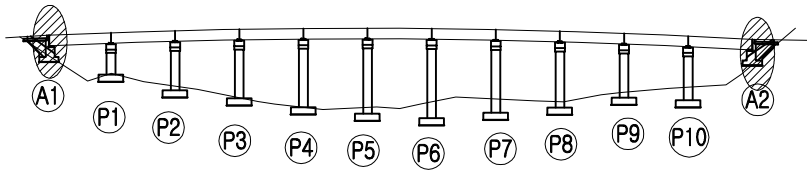
유간(30+30)

범람 ↓

↑ 안심

046

SECTION



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강명만
			목	길이	개소	단위	수량	
1	발전장치	실링재탈락	-	-	6	개	6.0	주의관찰
2	교대	균열	0.2	0.1	1	m	0.1	주의관찰
3	교대	균열	0.2	0.7	1	m	0.7	주의관찰
4	교대	법면침하	0.3	0.3	1	㎡	0.09	주의관찰
5	교대	법면보호블럭 침하	0.1	13.0	1	㎡	1.3	주의관찰
6	교대	법면보호블럭 밀림	-	7.0	1	m	7.0	주의관찰
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

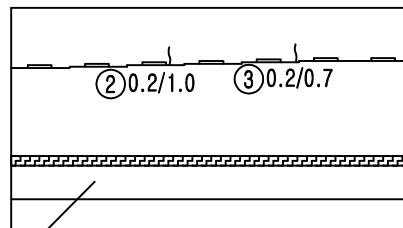
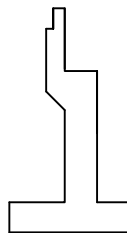
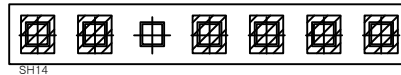
구름	영정	구름	영정
	강림		보태, 함부
	파산, 탈락, 파기, 파탈		침중, 침류기
	형근노출		부식
	채수		태수구마침
	이물질 퇴적		변형
	망상강림		열화
	재류분리		보수
	두수, 습안부		기타

범안대교

안심방향

교 대(A1)

① 싹재 탈락
6ea



④ 법면 침하
0.3X0.3

⑤ 법면보호블럭 침하
L=13.0m(T=0.16)

⑥ 법면보호블럭 밀림
L=7.0m(T=0.07)

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

040 87 50

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구	간
---	---

범안대교

위	
치	

교대(A1)

N
O

047

KEY PLAN

The key plan shows the bridge deck layout with 11 piers labeled P1 to P10 and abutments A1 and A2. The piers are numbered 1 to 10 from left to right, corresponding to P1 to P10. The abutments are labeled A1 and A2 at the ends. The diagram illustrates the longitudinal alignment and the relative positions of the bridge components.

SECTION	

번호	위치	손상내용	손상물량					교수보강방법
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교대	파손 및 절근노출	1.5	0.5	1	㎡	0.75	평상 및 단면보수
2	교대	파손 및 절근노출	0.2	0.2	2	㎡	0.08	평상 및 단면보수
3	교대	파손 및 절근노출	1.0	0.3	1	㎡	0.3	평상 및 단면보수
4	교대	누수흔적	1.0	3.0	1	㎡	3.0	신규
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들짐, 총분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

범안대교

안심방향

교 대(A2)

① 파손 및 철근노출
1.5X0.5

④ 누수흔적
1.0X3.0

② 파손 및 철근노출
(0.2X0.2)@2ea

③ 파손 및 철근노출
1.0X0.3



SH6

SH6

(주)명성엔지니어링

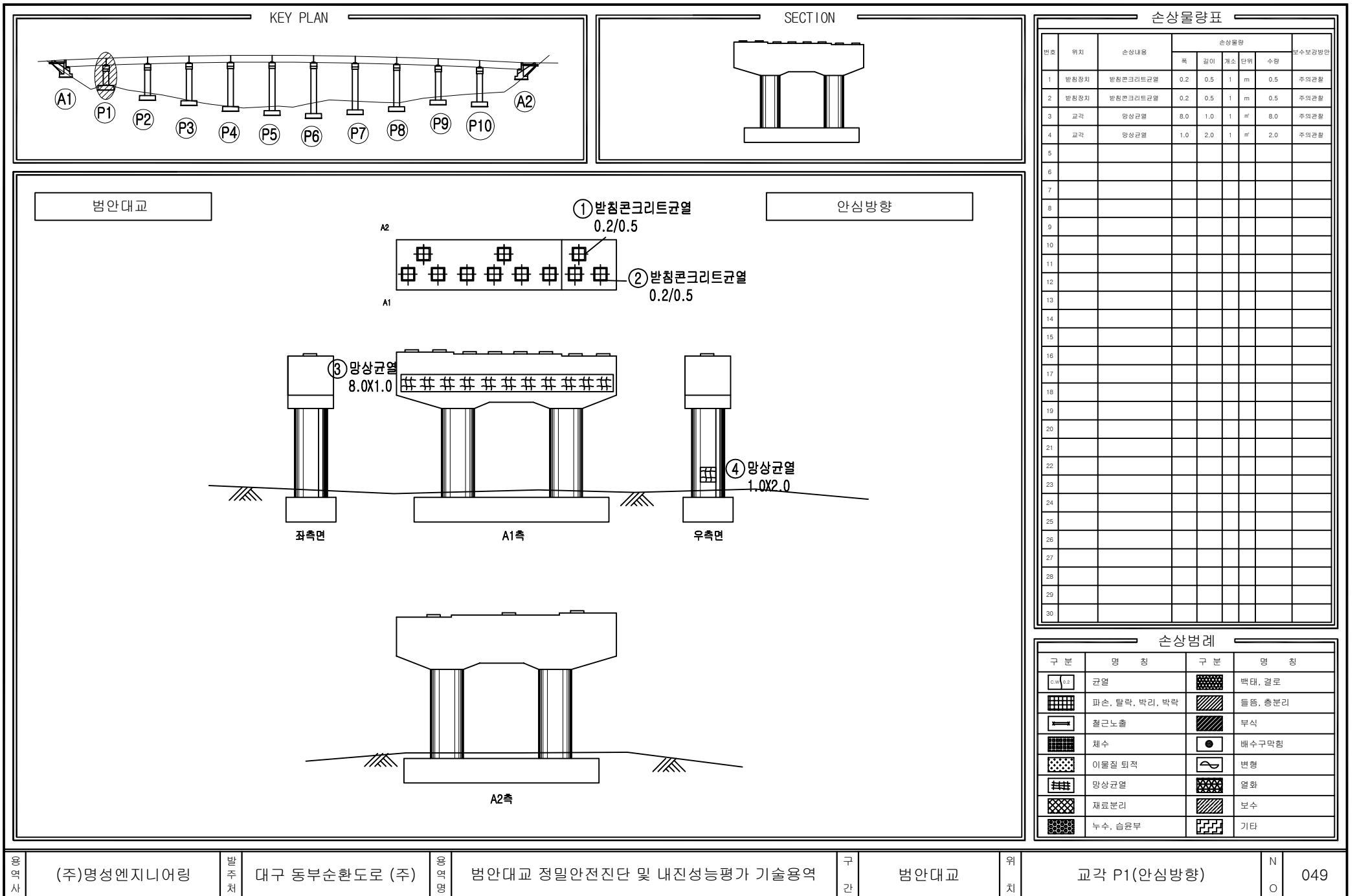
대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교대(A2)

048



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	받침장치	받침콘크리트균열	0.2	0.5	1	m	0.5	주의관찰
2	받침장치	받침콘크리트균열	0.2	0.5	1	m	0.5	주의관찰
3	교각	망상균열	8.0	1.0	1	㎡	8.0	주의관찰
4	교각	망상균열	1.0	2.0	1	㎡	2.0	주의관찰
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
	철근노출		부식
	침하		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

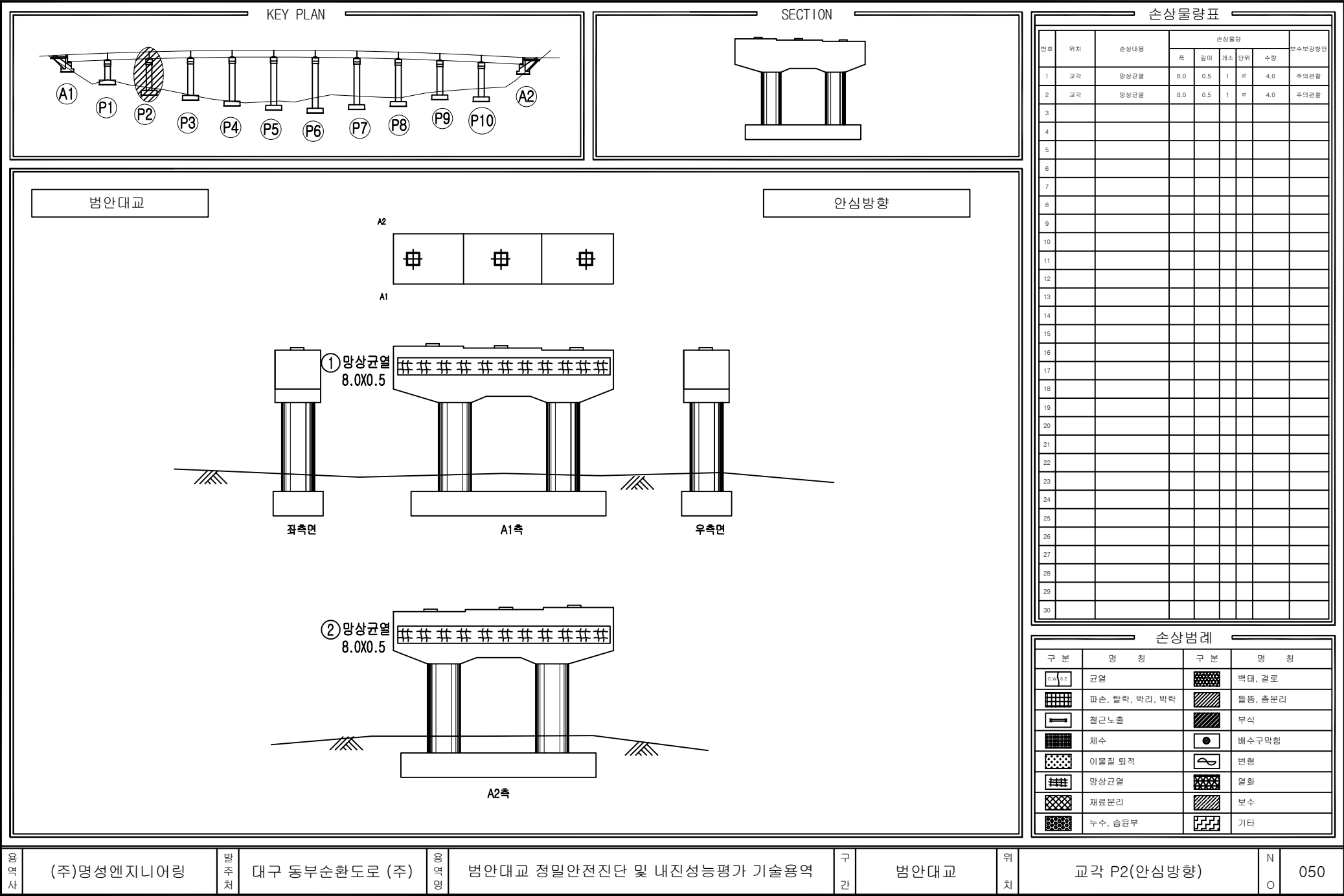
범안대교

위치

교각 P1(안심방향)

N

049



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	망상균열	8.0	0.5	1	㎡	4.0	주의관찰
2	교각	망상균열	8.0	0.5	1	㎡	4.0	주의관찰
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		블룸, 총분리
	철근노출		부식
	침수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

범안대교

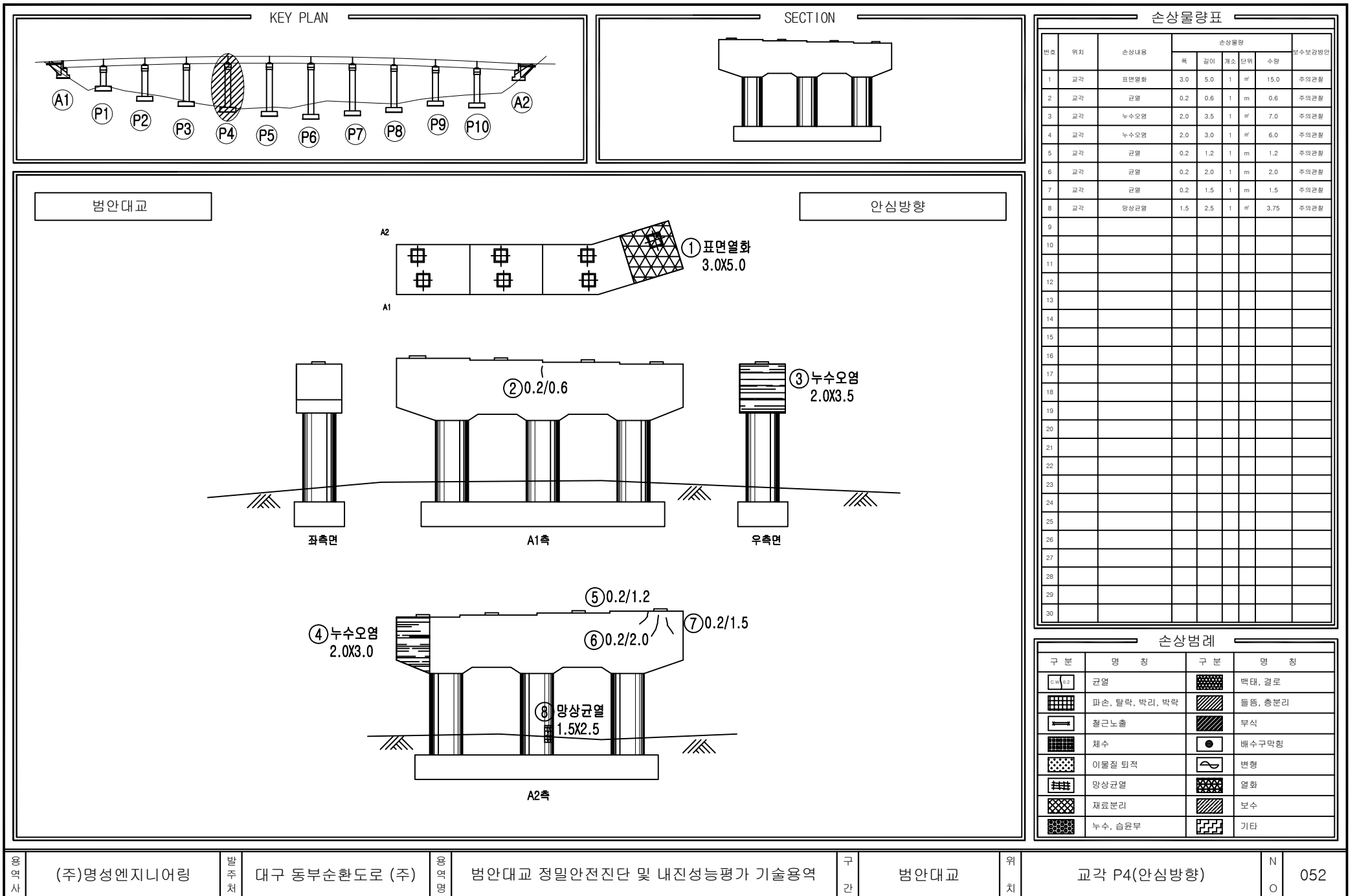
위치

교각 P2(안심방향)

N

050

O



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	표면열화	3.0	5.0	1	㎡	15.0	주의관찰
2	교각	균열	0.2	0.6	1	m	0.6	주의관찰
3	교각	누수오염	2.0	3.5	1	㎡	7.0	주의관찰
4	교각	누수오염	2.0	3.0	1	㎡	6.0	주의관찰
5	교각	균열	0.2	1.2	1	m	1.2	주의관찰
6	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
7	교각	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	주의관찰
8	교각	망상균열	1.5	2.5	1	㎡	3.75	주의관찰
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	표면열화		콘크리트 박락
	파손, 균열, 박리, 균열		부식
	철근노출		배수구막힘
	누수		변형
	이물질 퇴적		표면열화
	망상균열		보수
	재료분리		기타
	누수, 습윤부		

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

범안대교

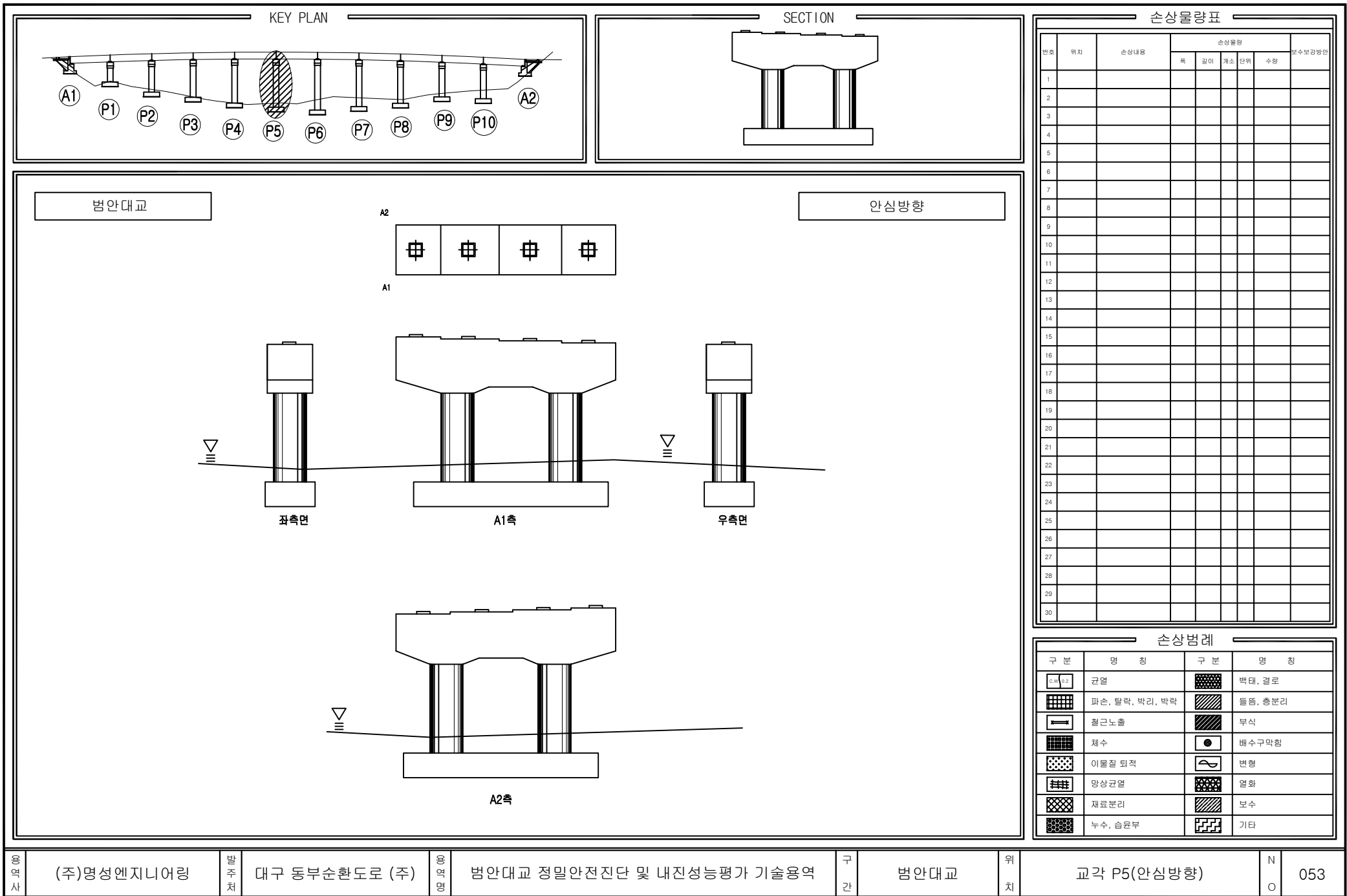
위치

교각 P4(안심방향)

N

052

O



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백태, 갈로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀림, 총분리
	철근노출		부식
	침하		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

범안대교

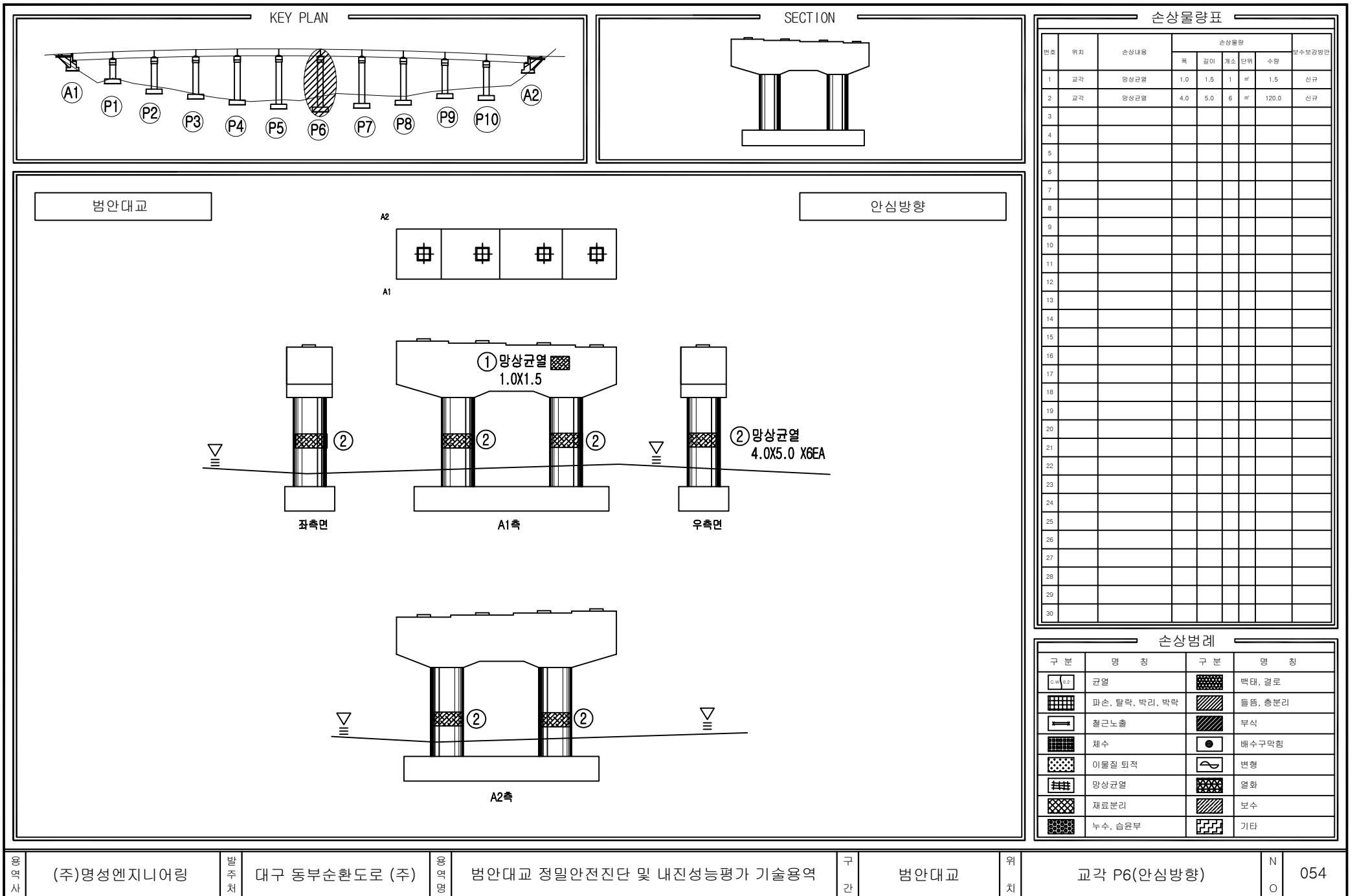
위치

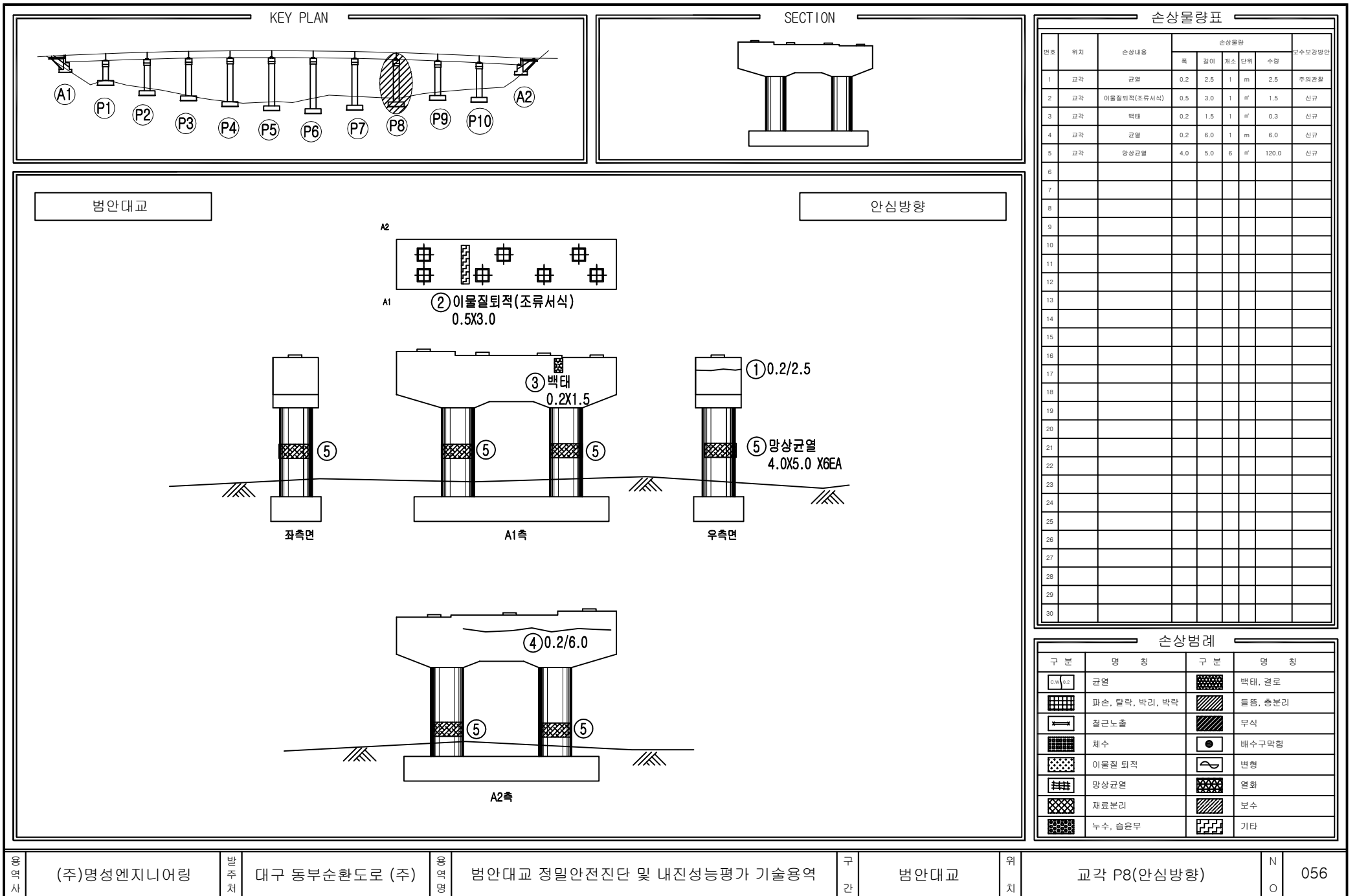
교각 P5(안심방향)

N

053

O





SECTION

The diagram is a cross-sectional view of a bridge pier. It features a wide, flat top slab. Below this slab, there are two vertical columns. The columns are positioned on a single, wide base. The entire structure is symmetrical about a central vertical axis. The drawing is a simple line sketch with no shading or texture.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	방침장치	무수축물탈균열	0.2	0.2	2	m	0.4	신규
2	교각	표면열화	1.0	2.0	1	m ²	2.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근골		벽돌, 절로
	파손, 탈락, 박리, 박락		틀창, 창문틀
	철근노출		두식
	채수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

안심방향

A1

A schematic diagram of a vertical assembly. At the top is a rectangular block. Below it is a long, narrow vertical cylinder. A horizontal band with a cross-hatched pattern is wrapped around the middle of the cylinder. The entire assembly is shown in a cross-sectional view.

우측면

③ 망상균열
4.0X5.0 X6EA

A2측

(주)명성엔지니어링

대구 동부순환도로 (주)

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

범안대교

교각 P9(안심방향)

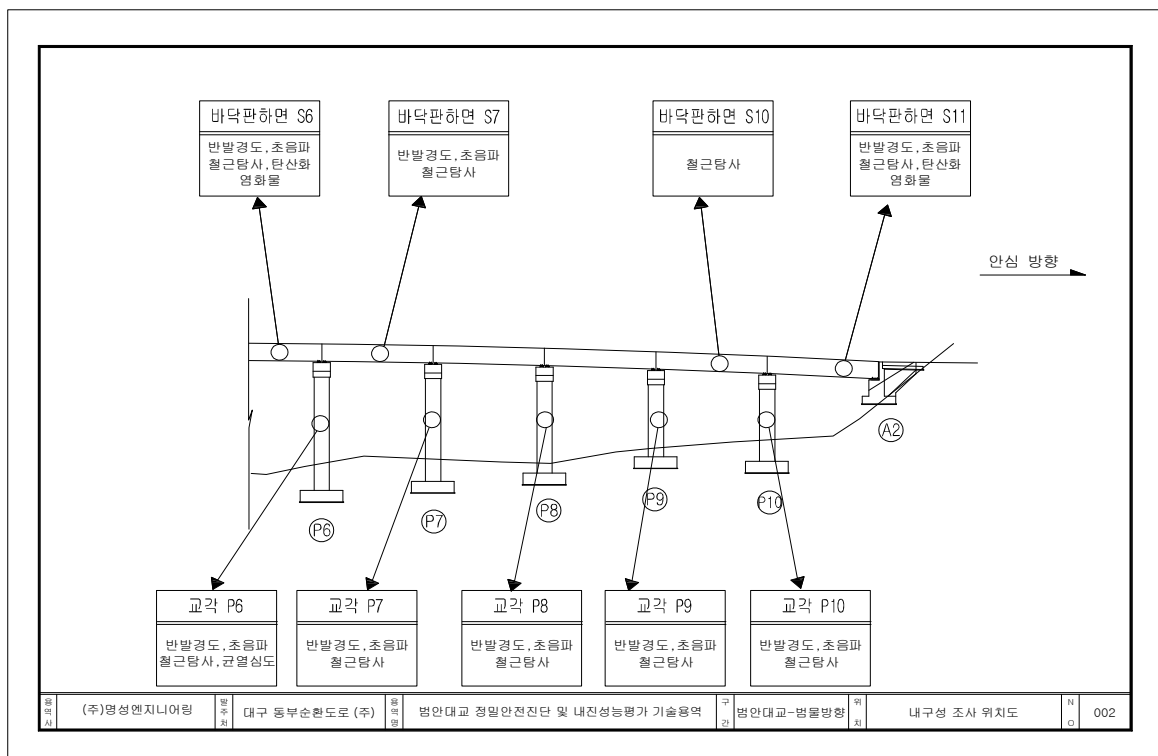
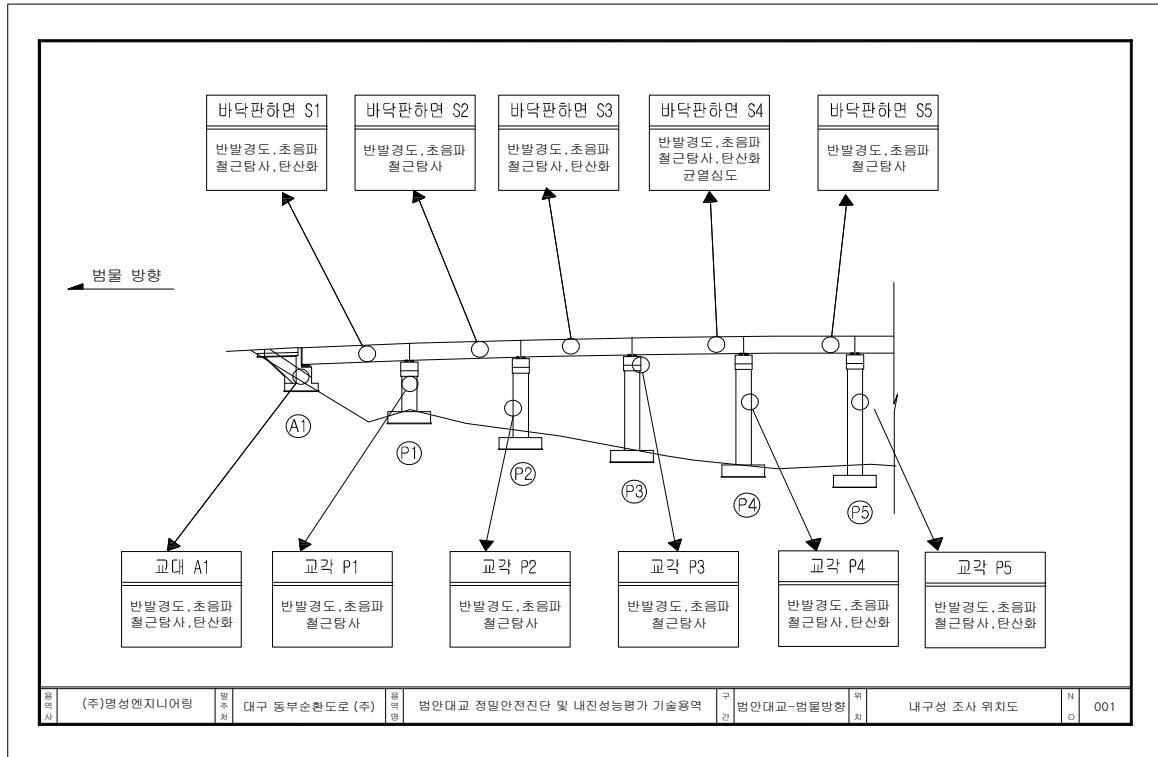
057

3. 측정, 시험 성과표

3.1 범안대교

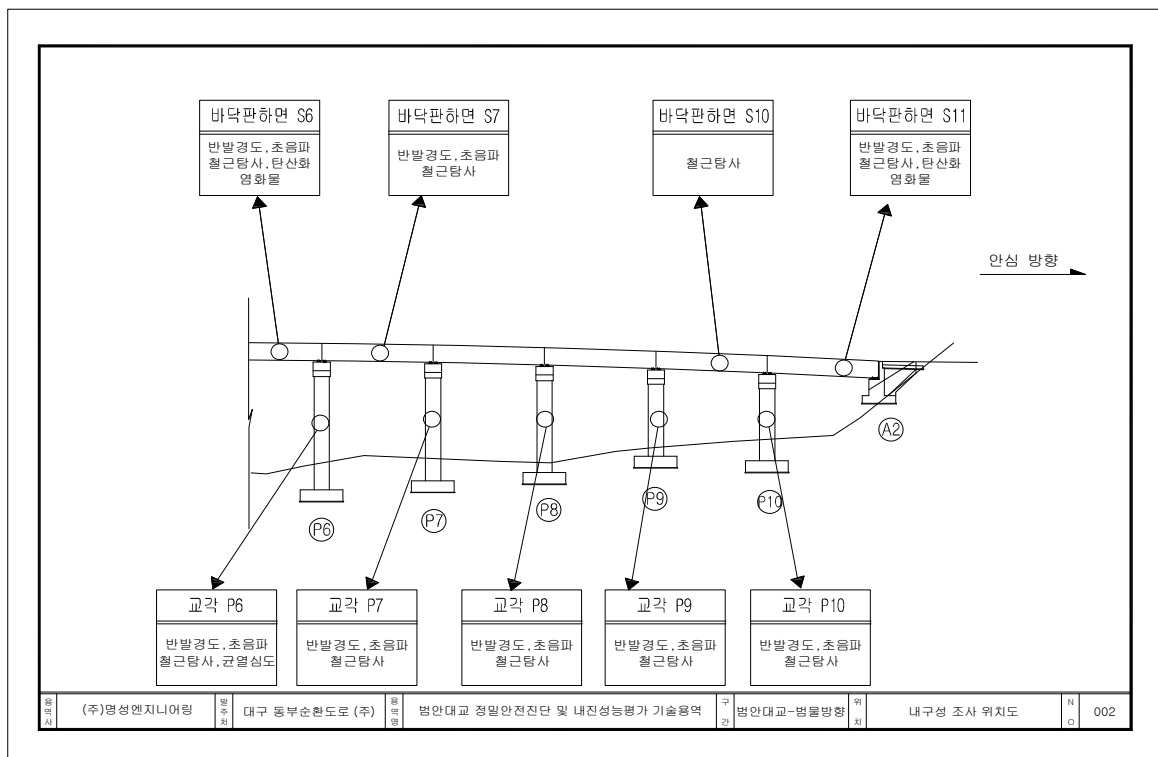
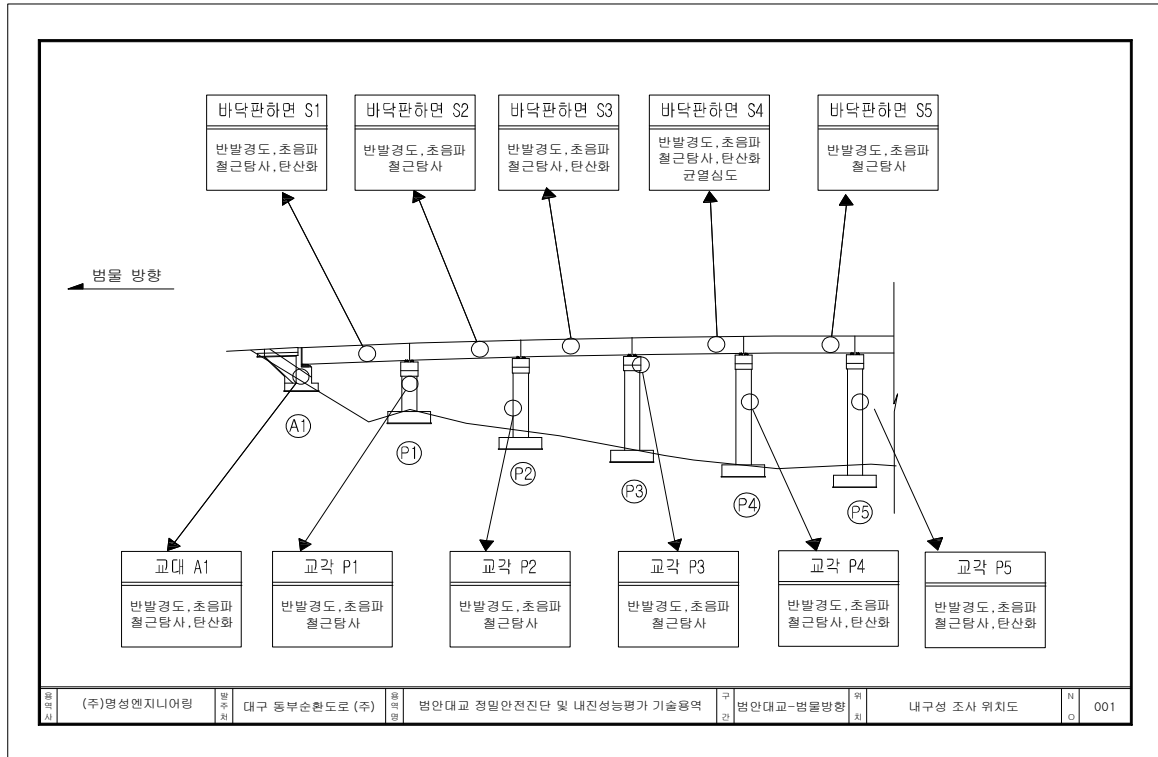
범안대교 시험 보고서

재료시험 위치도 - 범물방향



범안대교 시험 보고서

재료시험 위치도 - 안심방향



범안대교 시험 보고서

시험현황 사진



반발경도 시험부위 면정리



반발경도시험



초음파속도 시험



탄산화 시험(드릴링)



탄산화 시험(버니어캘리퍼스)



철근탐사 시험 - 피복깊이 측정

범안대교 반발경도시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 12. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(SPG+STB) L=5450.0m(30m+3@55m+4@50m+3@50m), B=28.9~52.0m
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판 : 27MPa, 하부구조 : 24MPa
시험 위치의 표면 상태	균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	15.4 ~ 24.2℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태

2. 시험기기

구분	내용
측정기의 종류	슈미트 해머 NR형
제품번호	43059
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80±2)

3. 시험 방법

구분	내용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 ±20% 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조

4. 시험결과

시험 성과표 참조

범안대교 초음파전달속도 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 12. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(SPG+STB) L=5450.0m(30m+3@55m+4@50m+3@50m), B=28.9~52.0m
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판 : 27MPa, 하부구조 : 24MPa
시험 위치의 표면 상태	균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	15.4 ~ 24.2℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태

2. 시험기기

구분	내용
측정기의 종류	Pundit
초음파전달시간 측정범위	0.1 μ s ~ 1999.9 μ s
투과거리	약 15m
정확도	$\pm 0.1\mu$ s

3. 시험 방법

- ①콘크리트 표면 요철 정리 등을 위한 글라인더를 이용하여 표면연마
- ②Marker 등에 의한 측정점의 표시(10cm간격, 총50cm)
- ③진동자와 측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착
- ④진동자 배치방법에 따른 전달속도 측정

4. 시험결과

시험 성과표 참조

범안대교 탄산화 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
구조물 명칭	범안대교
구조물 경과 년수	준공 후 21년 경과
시험 일자	일자 : 2022. 4. 12. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	재료시험 위치도 참조
콘크리트 압축강도	바닥판 : 27MPa, 하부구조 : 24MPa
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면

2. 시험기기

구분	내용
시험 장비	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약	페놀프탈레인 1% 용액

3. 시험방법

- ①페놀프탈레인 1% 용액을 바른 시험지를 준비함
- ②햄머드릴을 이용 콘크리트 구조체의 삭공가루로인해 시험지가 변하는 위치까지 콘크리트를 뚫어냄
- ③콘크리트가루가 늘 새로운 곳에 떨어지도록 시험지를 이동
- ④콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 시험지에 떨어져 변색되는 시점을 확인
- ⑤콘크리트 표면으로부터 색이 변화되는 깊이(mm)를 측정, 평균값 산정

4. 시험결과

측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	시험 성과표 참조
연한 적자색 변색 유무	유

범안대교 철근탐사 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 12. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험시의 온도	15.4 ~ 24.2℃
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(SPG+STB) L=5450.0m(30m+3@55m+4@50m+3@50m), B=28.9~52.0m
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
시험 한계(잡음원인 및 장애물)	없음

2. 시험기기

구분	내용
측정기의 종류	NJJ-95A(전자파레이더 방식)
제품번호	ED72983
매개변수	X-axis(측정방식) 레이더 방식
	depth(심도보정) 6~11 0.1 단계
정밀도	300mm 미만
시험 대상면에서 안테나 위치, 방향	측정 대상 철근의 수직방향, 수평방향 측정
시험을 통한 획득 정보	배근간격 및 피복두께

3. 시험방법

전자파를 콘크리트 내로 방사하면 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율·도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계면에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 구한다.

- 콘크리트 내의 전자파속도(V)

$$V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (m/s)$$

여기서, C : 진공중에서의 전자파속도

ϵ_r : 콘크리트의 비유전율

- 반사물체까지의 거리(D)

$$D = VT / 2 \quad (m)$$

여기서, V : 콘크리트 내의 전자파속도

T : 왕복전파시간

4. 시험결과

시험 성과표 참조

(단위 : MPa)

과업명			대구광역시수성구가천동 범안대교 제1종 성능평가 기술용역													
측정년월일			2022년 4월													
강도추정식			기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0					일본재료학회식		
								공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098					일본건축학회식		
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R					타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도		재령 보정 일	재령 보정 α _n	재령보정 추정강도 Fca _n		
			측정치 (평균치의±20% 제외)							평균치 R	Fc					
S1	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	52	54	50	50	54	52.3	-2.92	49.3	공식1	44.6	3000 일 이상	0.63	28.1	
			52	54	52	51	50				공식2	45.1			28.4	
			50	52	50	50	54									
			54	50	58	54	54									
S2	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	58	53	59	43	52	53.6	-2.82	50.7	공식1	46.4	3000 일 이상	0.63	29.2	
			51	54	56	57	55				공식2	46.1			29.0	
			56	56	55	54	52									
			51	51	53	51	54									
S3	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	52	56	54	56	50	53.1	-2.85	50.2	공식1	45.8	3000 일 이상	0.63	28.9	
			50	50	58	58	54				공식2	45.7			28.8	
			52	52	50	48	48									
			54	58	54	54	54									
S4	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	54	54	50	50	52	53.0	-2.87	50.1	공식1	45.6	3000 일 이상	0.63	28.7	
			50	54	58	50	54				공식2	45.6			28.7	
			52	54	54	51	50									
			56	56	56	50	54									
S5	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	48	54	52	52	50	52.5	-2.90	49.6	공식1	45.0	3000 일 이상	0.63	28.3	
			54	50	56	56	50				공식2	45.3			28.5	
			58	58	50	52	56									
			52	54	52	50	46									
S6	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	62	60	63	60	59	59.2	-2.36	56.8	공식1	54.2	3000 일 이상	0.63	34.1	
			61	58	50	62	59				공식2	50.5			31.8	
			50	59	61	50	65									
			61	50	63	62	69									
S7	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	52	53	50	58	49	51.5	-2.99	48.5	공식1	43.5	3000 일 이상	0.63	27.4	
			50	50	58	50	50				공식2	44.5			28.0	
			50	56	48	50	54									
			50	51	52	48	50									
S10	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	50	54	53	51	51	51.8	-2.96	48.8	공식1	44.0	3000 일 이상	0.63	27.7	
			58	52	52	56	54				공식2	44.7			28.2	
			56	48	50	50	49									
			51	48	51	52	50									
S11	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	50	58	54	52	60	52.0	-2.95	49.0	공식1	44.2	3000 일 이상	0.63	27.9	
			54	54	52	50	51				공식2	44.9			28.3	
			50	54	56	54	46									
			50	50	47	50	47									

(단위 : MPa)

과업명			대구광역시수성구가천동 범안대교 제1종 성능평가 기술용역													
측정년월일			2022년 4월													
강도추정식			기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0					일본재료학회식		
								공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098					일본건축학회식		
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R						타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도		재령 보정 일	재령 보정 αn	재령보정 추정강도 Fcαn	
			측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R			Fc					
A1	교대	0	50	52	52	50	49	50.0	0.00	50.0	공식1	45.4	3000 일 이상	0.63	28.6	
			50	52	45	48	48				공식2	45.5				28.7
			50	54	52	52	44									
			50	54	54	50	43									
P1	교각 기둥부 범몰방향	0	56	50	54	51	51	49.7	0.00	49.7	공식1	45.1	3000 일 이상	0.63	28.4	
			47	55	50	46	49				공식2	45.4				28.6
			51	46	50	49	50									
			52	49	43	43	52									
P2	교각 기둥부 범몰방향	0	50	49	47	48	48	47.7	0.00	47.7	공식1	42.5	3000 일 이상	0.63	26.8	
			48	47	43	49	50				공식2	43.9				27.6
			48	48	47	46	48									
			47	47	46	48	49									
P3	교각 기둥부 범몰방향	0	49	49	52	48	47	48.9	0.00	48.9	공식1	44.0	3000 일 이상	0.63	27.7	
			49	48	50	51	49				공식2	44.7				28.2
			52	48	49	47	48									
			49	47	48	49	48									
P4	교각 코핑부 범몰방향	0	56	54	54	52	60	54.7	0.00	54.7	공식1	51.5	3000 일 이상	0.63	32.4	
			56	49	53	52	55				공식2	48.9				30.8
			55	60	51	54	58									
			55	58	55	51	56									
P5	교각 코핑부 범몰방향	0	53	60	55	58	60	53.9	0.00	53.9	공식1	50.4	3000 일 이상	0.63	31.7	
			63	57	60	60	55				공식2	48.3				30.4
			53	43	50	49	49									
			50	49	54	49	50									
P6	교각 코핑부 범몰방향	0	55	55	50	51	50	48.7	0.00	48.7	공식1	43.8	3000 일 이상	0.63	27.6	
			51	49	46	46	47				공식2	44.6				28.1
			45	52	47	47	46									
			48	44	45	52	47									
P7	교각 기둥부 범몰방향	0	46	46	48	47	47	47.4	0.00	47.4	공식1	42.1	3000 일 이상	0.63	26.5	
			49	48	49	44	48				공식2	43.7				27.5
			45	50	44	48	50									
			49	47	48	46	48									
P8	교각 코핑부 범몰방향	0	50	44	46	52	50	50.5	0.00	50.5	공식1	46.1	3000 일 이상	0.63	29.1	
			54	49	50	57	50				공식2	45.9				28.9
			51	49	54	49	54									
			54	51	48	50	48									

(단위 : MPa)

과업명			대구광역시수성구가천동 범안대교 제1종 성능평가 기술용역												
측정년월일			2022년 4월												
강도추정식			기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0					일본재료학회식	
								공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098					일본건축학회식	
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R					타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도		재령 보정 일	재령 보정 α n	재령보정 추정강도 Fcα n	
			측정치 (평균치의±20% 제외)							평균치 R	Fc				
P9	교각 코핑부 범몰방향	0	50	50	56	55	52	49.2	0.00	49.2	공식1	44.4	3000 일 이상	0.63	28.0
			50	52	48	44	52				공식2	45.0			28.3
			50	50	48	46	46								
			47	46	50	49	42								
P10	교각 코핑부 범몰방향	0	57	53	54	50	50	51.9	0.00	51.9	공식1	47.8	3000 일 이상	0.63	30.1
			50	53	54	50	52				공식2	46.9			29.5
			50	54	52	50	52								
			50	50	51	52	53								

(단위 : MPa)

과업명															
측정년월일		2022년 4월													
강도추정식		기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0					일본재료학회식		
							공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098					일본건축학회식		
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R					타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도 Fc		재령 보정 일	재령 보정 α _n	재령보정 추정강도 Fcα _n	
			측정치 (평균치의±20% 제외)												평균치 R
S1	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	54	53	52	57	54	55.9	-2.63	53.3	공식1	49.7	3000 일 이상	0.63	31.3
			56	53	57	53	56				공식2	47.9			30.2
			56	59	57	51	56								
			56	58	62	58	60								
S2	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	54	54	58	56	56	54.8	-2.72	52.1	공식1	48.1	3000 일 이상	0.63	30.3
			54	51	52	55	54				공식2	47.1			29.6
			54	58	60	58	60								
			48	50	54	54	56								
S3	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	55	50	54	52	50	52.3	-2.92	49.3	공식1	44.6	3000 일 이상	0.63	28.1
			53	52	53	51	52				공식2	45.1			28.4
			51	56	54	52	54								
			55	52	49	48	52								
S4	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	64	58	56	54	53	54.9	-2.71	52.2	공식1	48.3	3000 일 이상	0.63	30.4
			57	54	52	52	55				공식2	47.1			29.7
			53	51	56	52	57								
			60	55	52	52	55								
S5	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	55	60	58	50	55	54.7	-2.72	52.0	공식1	48.0	3000 일 이상	0.63	30.2
			54	59	56	52	54				공식2	47.0			29.6
			54	52	54	49	53								
			56	55	56	56	56								
S6	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	60	61	61	61	60	62.2	-2.30	59.9	공식1	58.0	3000 일 이상	0.63	36.5
			63	61	61	63	65				공식2	52.6			33.1
			63	61	60	62	67								
			60	64	65	63	62								
S7	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	56	54	49	54	54	53.6	-2.82	50.7	공식1	46.4	3000 일 이상	0.63	29.2
			50	52	51	50	48				공식2	46.1			29.0
			51	54	59	58	57								
			55	53	52	58	56								
S10	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	59	57	52	56	56	55.6	-2.65	52.9	공식1	49.2	3000 일 이상	0.63	31.0
			56	60	56	56	58				공식2	47.7			30.0
			58	52	49	54	54								
			58	55	55	56	55								
S11	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	54	56	56	50	56	53.5	-2.83	50.6	공식1	46.3	3000 일 이상	0.63	29.2
			52	50	48	54	56				공식2	46.0			29.0
			54	51	52	52	50								
			52	58	60	54	54								

(단위 : MPa)

과업명															
측정년월일		2022년 4월													
강도추정식		기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0				일본재료학회식			
							공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098				일본건축학회식			
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R					타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도		재령 보정 일	재령 보정 α n	재령보정 추정강도 Fcα n	
			측정치 (평균치의±20% 제외)							평균치 R	Fc				
A1	교대	0	47	53	50	49	49	48.4	0.00		48.4	공식1	43.4	3000 일 이상	0.63
			50	48	50	52	46			공식2		44.4	28.0		
			48	46	49	50	45								
			48	50	48	47	42								
P1	교각 기둥부 안심방향	0	55	56	45	52	49	52.0	0.00	52.0	공식1	48.0	3000 일 이상	0.63	30.3
			61	53	47	57	46				공식2	47.0			29.6
			50	47	54	50	55								
			48	52	52	60	51								
P2	교각 기둥부 안심방향	0	48	49	48	50	48	49.5	0.00	49.5	공식1	44.9	3000 일 이상	0.63	28.3
			48	50	48	50	49				공식2	45.2			28.5
			49	53	50	54	51								
			50	50	48	46	51								
P3	교각 기둥부 안심방향	0	44	49	51	48	49	49.7	0.00	49.7	공식1	45.1	3000 일 이상	0.63	28.4
			49	48	49	47	49				공식2	45.3			28.6
			51	50	51	48	49								
			50	56	50	51	54								
P4	교각 코핑부 안심방향	0	44	44	46	43	46	45.1	0.00	45.1	공식1	39.2	3000 일 이상	0.63	24.7
			46	41	44	46	47				공식2	42.0			26.5
			47	44	46	45	41								
			48	46	47	44	46								
P5	교각 코핑부 안심방향	0	44	46	43	47	46	46.4	0.00	46.4	공식1	40.9	3000 일 이상	0.63	25.7
			48	48	44	49	44				공식2	43.0			27.1
			47	48	43	49	50								
			46	42	45	47	51								
P6	교각 코핑부 안심방향	0	44	46	45	47	47	46.2	0.00	46.2	공식1	40.7	3000 일 이상	0.63	25.6
			42	44	45	46	49				공식2	42.9			27.0
			45	42	46	48	50								
			45	48	47	47	51								
P7	교각 기둥부 안심방향	0	45	45	40	44	43	44.3	0.00	44.3	공식1	38.3	3000 일 이상	0.63	24.1
			48	46	40	44	46				공식2	41.5			26.1
			45	42	41	44	44								
			46	34	48	47	44								
P8	교각 코핑부 안심방향	0	42	45	51	42	44	43.9	0.00	43.9	공식1	37.8	3000 일 이상	0.63	23.8
			46	42	44	48	46				공식2	41.2			26.0
			43	42	43	42	41								
			44	39	45	45	44								

(단위 : MPa)

과업명															
측정년월일		2022년 4월													
강도추정식		기존의 추정식					공식 1	F ₂₈ = 1.27*Ro - 18.0				일본재료학회식			
							공식 2	F ₂₈ = (7.3*Ro + 100)*0.098				일본건축학회식			
위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R					타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도		재령 보정 일	재령 보정 α n	재령보정 추정강도 Fcα n	
			측정치 (평균치의±20% 제외)							평균치 R	Fc				Fc
P9	교각 코핑부 안심방향	0	40	44	48	48	46	44.7	0.00			44.7	공식1	38.7	
			44	44	40	44	44			공식2	41.7				
			44	44	41	45	42								
			50	48	48	42	47								
P10	교각 코핑부 안심방향	0	46	51	46	46	48	47.2	0.00	47.2	공식1	41.9	3000 일 이상	0.63	26.4
			48	46	48	44	48				공식2	43.5			
			49	48	44	50	46								
			57	48	48	46	46								

Pulse Velocity Data Sheet

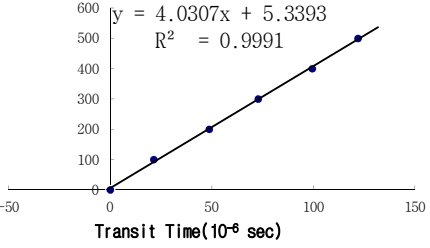
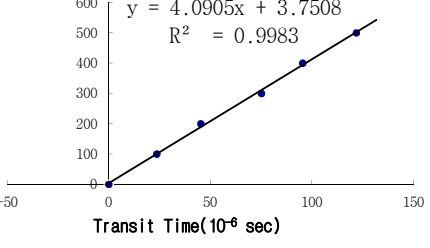
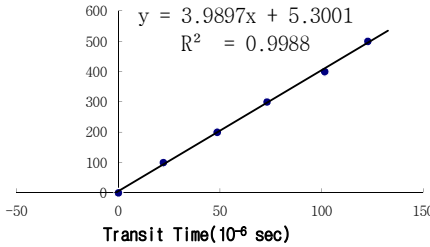
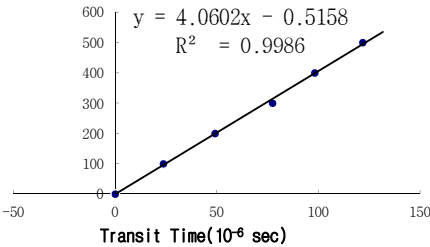
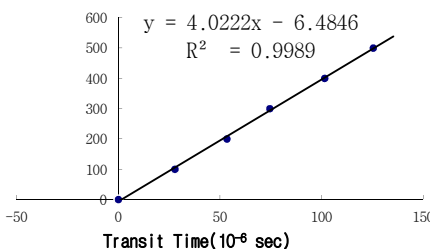
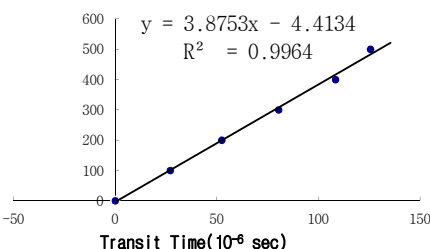
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	바닥판하면 S1(범물)	시험위치	바닥판하면 S2(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.3	100	25.1	100
52.8	200	53.1	200
79.1	300	75.8	300
94.7	400	99.8	400
127.0	500	124.7	500
V_i =	3.991	V_i =	4.019
V_d =	4.191	V_d =	4.220
추정 압축강도 (s_{ck})	27.5(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	28.2(식1)
	30.4(식2)		30.7(식2)
시험위치	바닥판하면 S3(범물)	시험위치	바닥판하면 S4(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
22.1	100	28.7	100
50.3	200	50.1	200
78.2	300	74.5	300
100.1	400	101.1	400
123.2	500	123.4	500
V_i =	3.979	V_i =	4.072
V_d =	4.178	V_d =	4.276
추정 압축강도 (s_{ck})	27.3(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	29.3(식1)
	30.3(식2)		31.3(식2)
시험위치	바닥판하면 S5(범물)	시험위치	바닥판하면 S6(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.3	100	22.3	100
53.8	200	49.3	200
79.2	300	79.2	300
98.7	400	102.8	400
124.4	500	120.8	500
V_i =	4.009	V_i =	3.98
V_d =	4.209	V_d =	4.179
추정 압축강도 (s_{ck})	27.9(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.3(식1)
	30.6(식2)		30.3(식2)

범안대교(범물방향)

Pulse Velocity Data Sheet

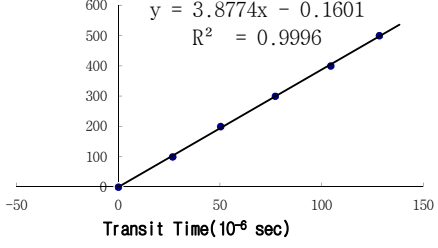
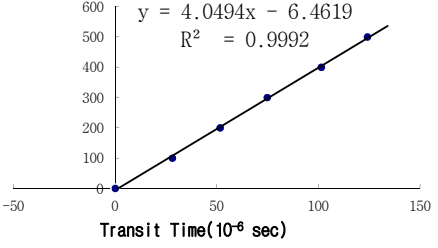
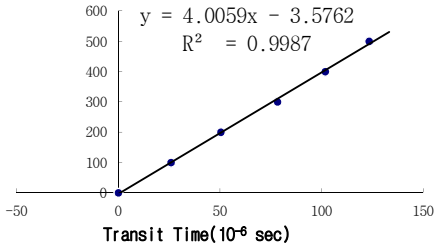
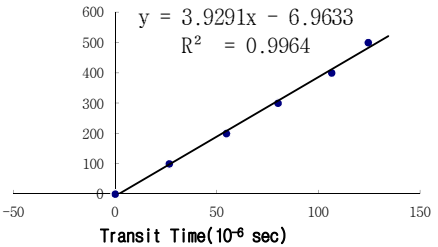
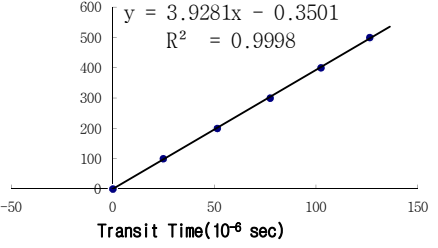
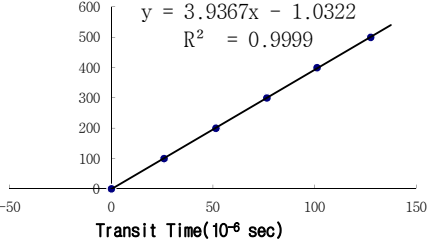
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	바닥판하면 S7(범물)	시험위치	바닥판하면 S10(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
21.4	100	23.6	100
48.7	200	45.3	200
72.8	300	75.1	300
99.4	400	95.4	400
121.9	500	121.8	500
V_i =	4.031	V_i =	4.091
V_d =	4.233	V_d =	4.296
추정 압축강도 (s_{ck})	28.4(식1) 30.8(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	29.7(식1) 31.5(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S11(범물)	시험위치	교대 A1(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
22.1	100	23.7	100
48.6	200	49.1	200
73.1	300	77.4	300
101.5	400	98.2	400
122.7	500	121.8	500
V_i =	3.990	V_i =	4.060
V_d =	4.190	V_d =	4.263
추정 압축강도 (s_{ck})	27.5(식1) 30.4(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	29.1(식1) 31.1(식2)
			
시험위치	교각 P1(범물)	시험위치	교각 P2(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.8	100	27.1	100
53.4	200	52.4	200
74.5	300	80.4	300
101.5	400	108.4	400
125.4	500	125.6	500
V_i =	4.022	V_i =	3.875
V_d =	4.223	V_d =	4.069
추정 압축강도 (s_{ck})	28.2(식1) 30.7(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	25(식1) 29.2(식2)
			

범안대교(범물방향)

Pulse Velocity Data Sheet

(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	교각 P3(범물)	시험위치	교각 P4(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
26.7	100	28.1	100
50.3	200	51.6	200
77.2	300	74.8	300
104.5	400	101.4	400
128.4	500	124.1	500
$V_i=$	3.877	$V_i=$	4.049
$V_d=$	4.071	$V_d=$	4.251
추정 압축강도 (s_{ck})	25(식1) 29.2(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	28.8(식1) 31(식2)
			
시험위치	교각 P5(범물)	시험위치	교각 P6(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
25.9	100	26.6	100
50.4	200	54.7	200
78.3	300	80.1	300
101.8	400	106.5	400
123.4	500	124.5	500
$V_i=$	4.006	$V_i=$	3.929
$V_d=$	4.206	$V_d=$	4.125
추정 압축강도 (s_{ck})	27.9(식1) 30.6(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	26.2(식1) 29.8(식2)
			
시험위치	교각 P7(범물)	시험위치	교각 P8(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.8	100	25.9	100
51.4	200	51.4	200
77.4	300	76.5	300
102.4	400	101.2	400
126.4	500	127.6	500
$V_i=$	3.928	$V_i=$	3.937
$V_d=$	4.124	$V_d=$	4.134
추정 압축강도 (s_{ck})	26.1(식1) 29.8(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	26.3(식1) 29.9(식2)
			

범안대교(범물방향)

Pulse Velocity Data Sheet

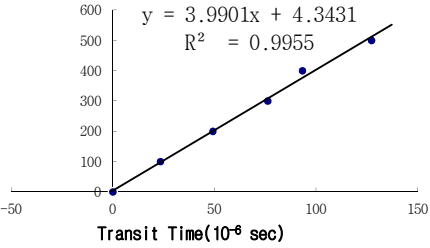
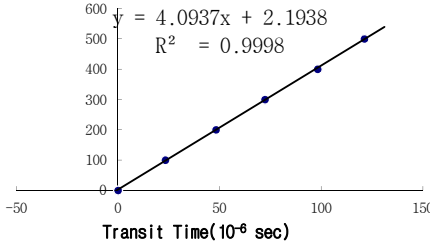
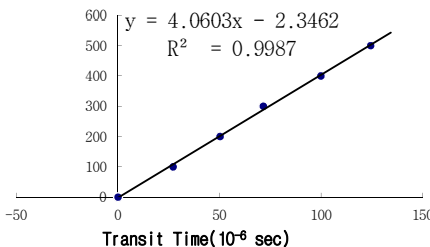
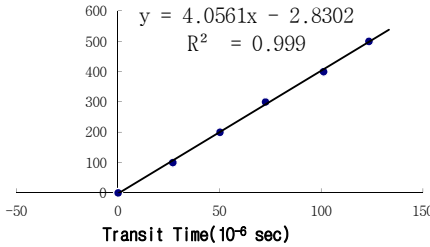
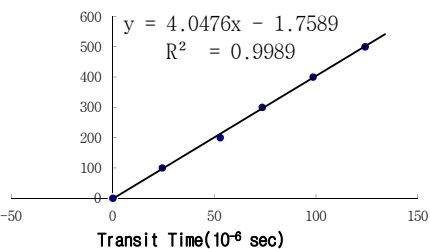
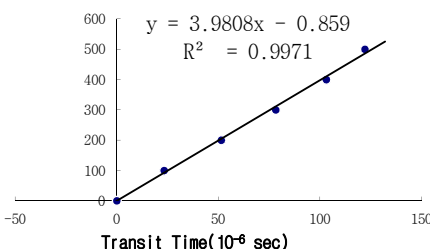
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	교각 P9(범물)	시험위치	교각 P10(범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.7	100	26.2	100
55.4	200	58.3	200
80.6	300	81.4	300
103.5	400	101.5	400
124.9	500	127.5	500
V _i =	3.979	V _i =	3.93
V _d =	4.178	V _d =	4.127
추정 압축강도 (s _{ck})	27.3(식1)	추정 압축강도 (s _{ck})	26.2(식1)
	30.3(식2)		29.8(식2)
y = 3.9791x - 10.034 R² = 0.9972 Transit Time(10⁻⁶ sec)		y = 3.9299x - 8.6558 R² = 0.9954 Transit Time(10⁻⁶ sec)	

범안대교(안심방향)

Pulse Velocity Data Sheet

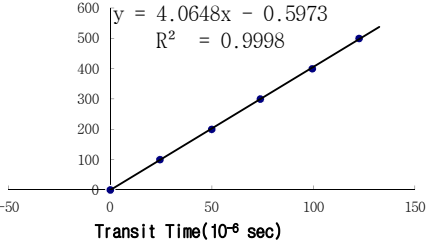
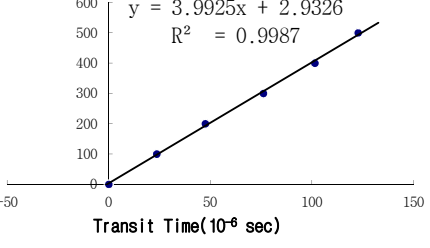
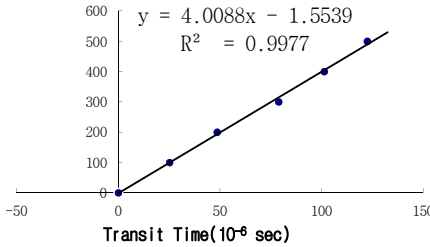
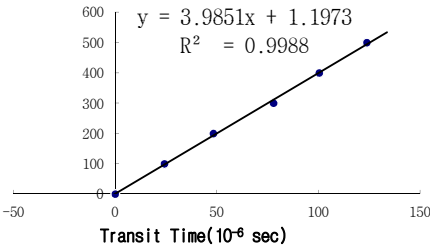
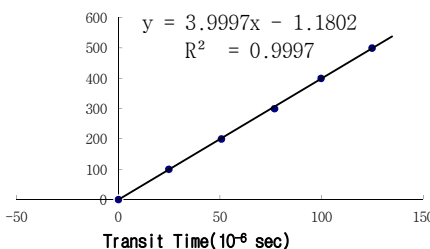
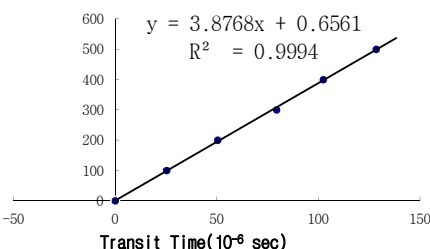
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	바닥판하면 S1(안심)	시험위치	바닥판하면 S2(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
23.4	100	23.3	100
49.2	200	48.2	200
76.2	300	72.3	300
93.3	400	98.2	400
127.3	500	121.2	500
V_i =	3.990	V_i =	4.094
V_d =	4.190	V_d =	4.299
추정 압축강도 (s_{ck})	27.5(식1) 30.4(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	29.8(식1) 31.5(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S3(안심)	시험위치	바닥판하면 S4(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.1	100	26.9	100
50.2	200	50.1	200
71.5	300	72.5	300
99.8	400	101.1	400
124.3	500	123.4	500
V_i =	4.060	V_i =	4.056
V_d =	4.263	V_d =	4.259
추정 압축강도 (s_{ck})	29.1(식1) 31.1(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	29(식1) 31.1(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S5(안심)	시험위치	바닥판하면 S6(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.3	100	23.3	100
52.8	200	51.4	200
73.5	300	78.2	300
98.5	400	103.1	400
124.1	500	122.1	500
V_i =	4.048	V_i =	3.981
V_d =	4.250	V_d =	4.180
추정 압축강도 (s_{ck})	28.8(식1) 31(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.3(식1) 30.3(식2)
			

범 안대교(안심방향)

Pulse Velocity Data Sheet

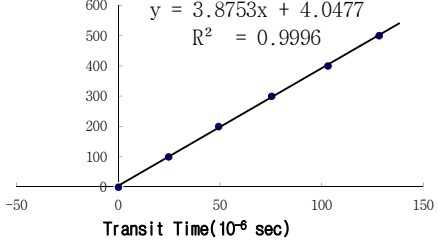
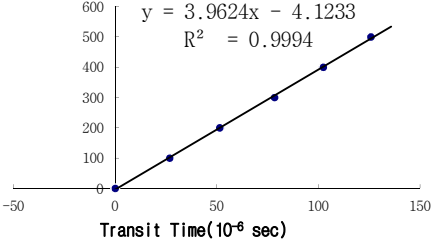
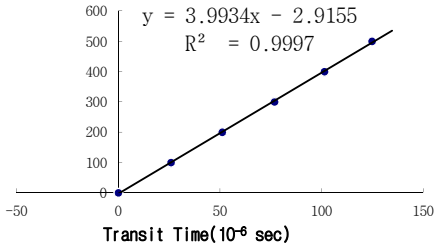
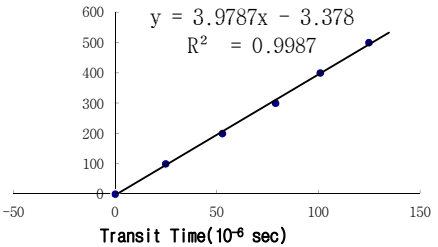
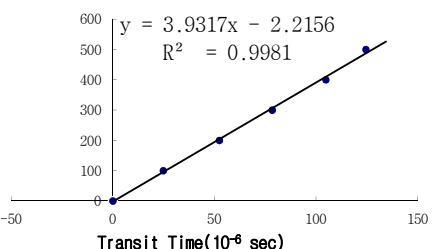
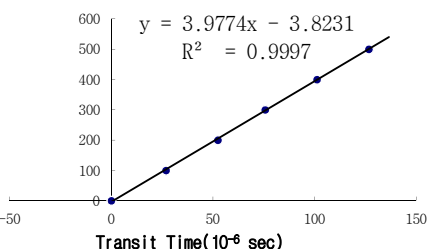
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	바닥판하면 S7(안심)	시험위치	바닥판하면 S8(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.4	100	23.6	100
49.9	200	47.5	200
73.8	300	76.1	300
99.4	400	101.4	400
122.4	500	122.7	500
$V_i=$	4.065	$V_i=$	3.993
$V_d=$	4.268	$V_d=$	4.193
추정 압축강도 (s_{ck})	29.2(식1) 31.2(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.6(식1) 30.4(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S9(안심)	시험위치	교대 A1(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
25.2	100	24.2	100
48.6	200	48.3	200
78.9	300	77.9	300
101.3	400	100.4	400
122.5	500	123.8	500
$V_i=$	4.009	$V_i=$	3.985
$V_d=$	4.209	$V_d=$	4.184
추정 압축강도 (s_{ck})	27.9(식1) 30.6(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.4(식1) 30.4(식2)
			
시험위치	교각 P1(안심)	시험위치	교각 P2(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.8	100	25.3	100
50.7	200	50.4	200
76.8	300	79.4	300
99.7	400	102.4	400
124.8	500	128.4	500
$V_i=$	4.000	$V_i=$	3.877
$V_d=$	4.200	$V_d=$	4.071
추정 압축강도 (s_{ck})	27.7(식1) 30.5(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	25(식1) 29.2(식2)
			

범 안대교(안심방향)

Pulse Velocity Data Sheet

(Vi : Indirect Pulse Velocity, Vd : Direct Pulse Velocity)

시험위치	교각 P3(안심)	시험위치	교각 P4(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.7	100	26.8	100
49.3	200	51.4	200
75.4	300	78.4	300
103.1	400	102.4	400
128.3	500	125.8	500
$V_i =$	3.875	$V_i =$	3.962
$V_d =$	4.069	$V_d =$	4.160
추정 압축강도 (s_{ck})	25(식1) 29.2(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	26.9(식1) 30.1(식2)
			
시험위치	교각 P5(안심)	시험위치	교각 P6(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
25.9	100	24.8	100
51.1	200	52.7	200
76.8	300	78.9	300
101.4	400	100.9	400
124.8	500	124.8	500
$V_i =$	3.993	$V_i =$	3.979
$V_d =$	4.193	$V_d =$	4.178
추정 압축강도 (s_{ck})	27.6(식1) 30.4(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.3(식1) 30.3(식2)
			
시험위치	교각 P7(안심)	시험위치	교각 P8(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.8	100	26.9	100
52.4	200	52.4	200
78.4	300	75.7	300
104.8	400	101.2	400
124.5	500	126.7	500
$V_i =$	3.932	$V_i =$	3.977
$V_d =$	4.129	$V_d =$	4.176
추정 압축강도 (s_{ck})	26.2(식1) 29.8(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.2(식1) 30.3(식2)
			

범 안대교(안심방향)

Pulse Velocity Data Sheet

(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	교각 P9(안심)	시험위치	교각 P10(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
26.9	100	27.2	100
51.8	200	54.3	200
77.4	300	82.1	300
103.8	400	102.4	400
126.4	500	127.2	500
V _i =	3.938	V _i =	3.926
V _d =	4.135	V _d =	4.122
추정 압축강도 (s _{ck})	26.4(식1)	추정 압축강도 (s _{ck})	26.1(식1)
	29.9(식2)		29.7(식2)
y = 3.9383x - 3.5604 R² = 0.9995 Transit Time(10⁻⁶ sec)		y = 3.9261x - 7.2933 R² = 0.9977 Transit Time(10⁻⁶ sec)	

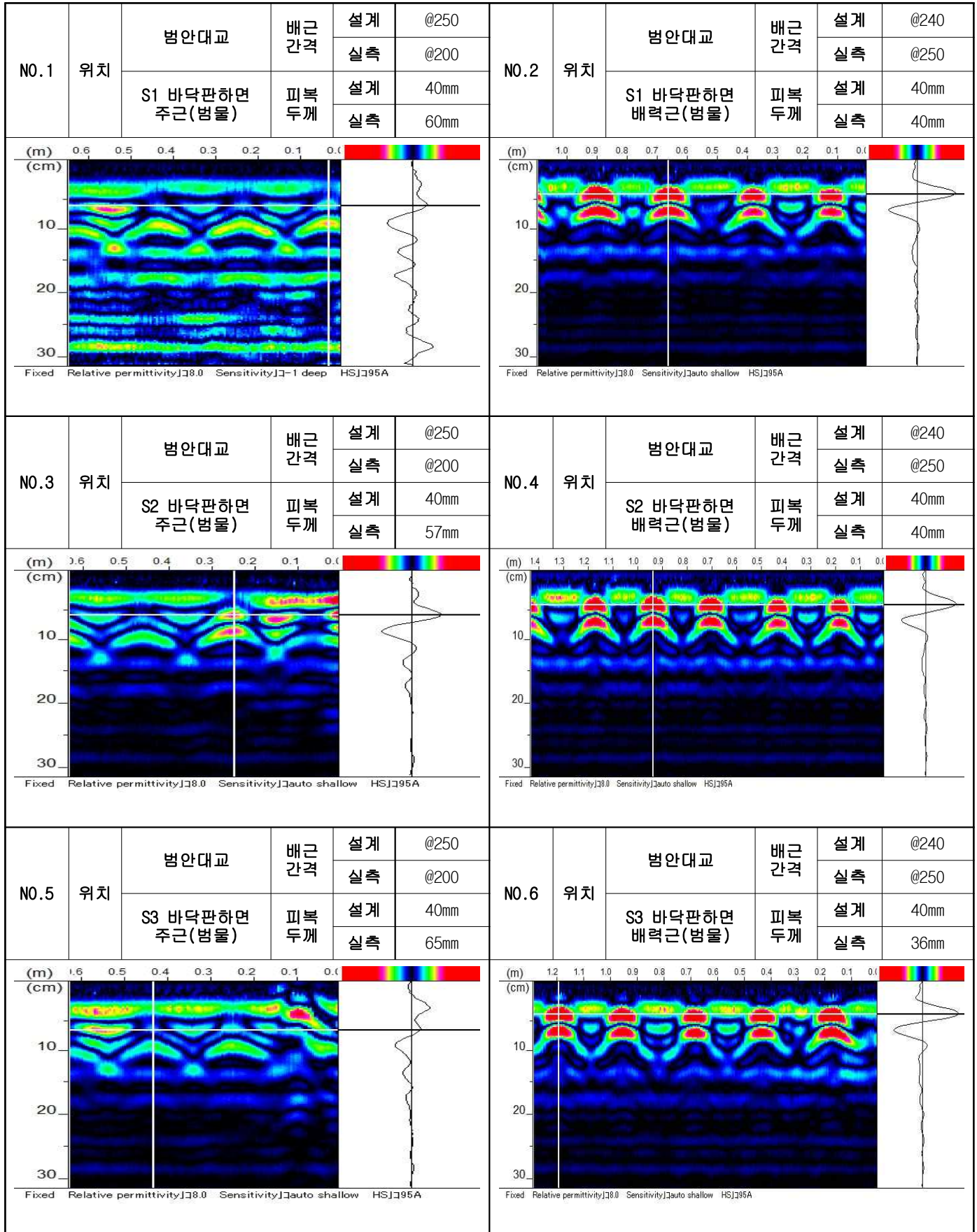
탄 산 화 시 험

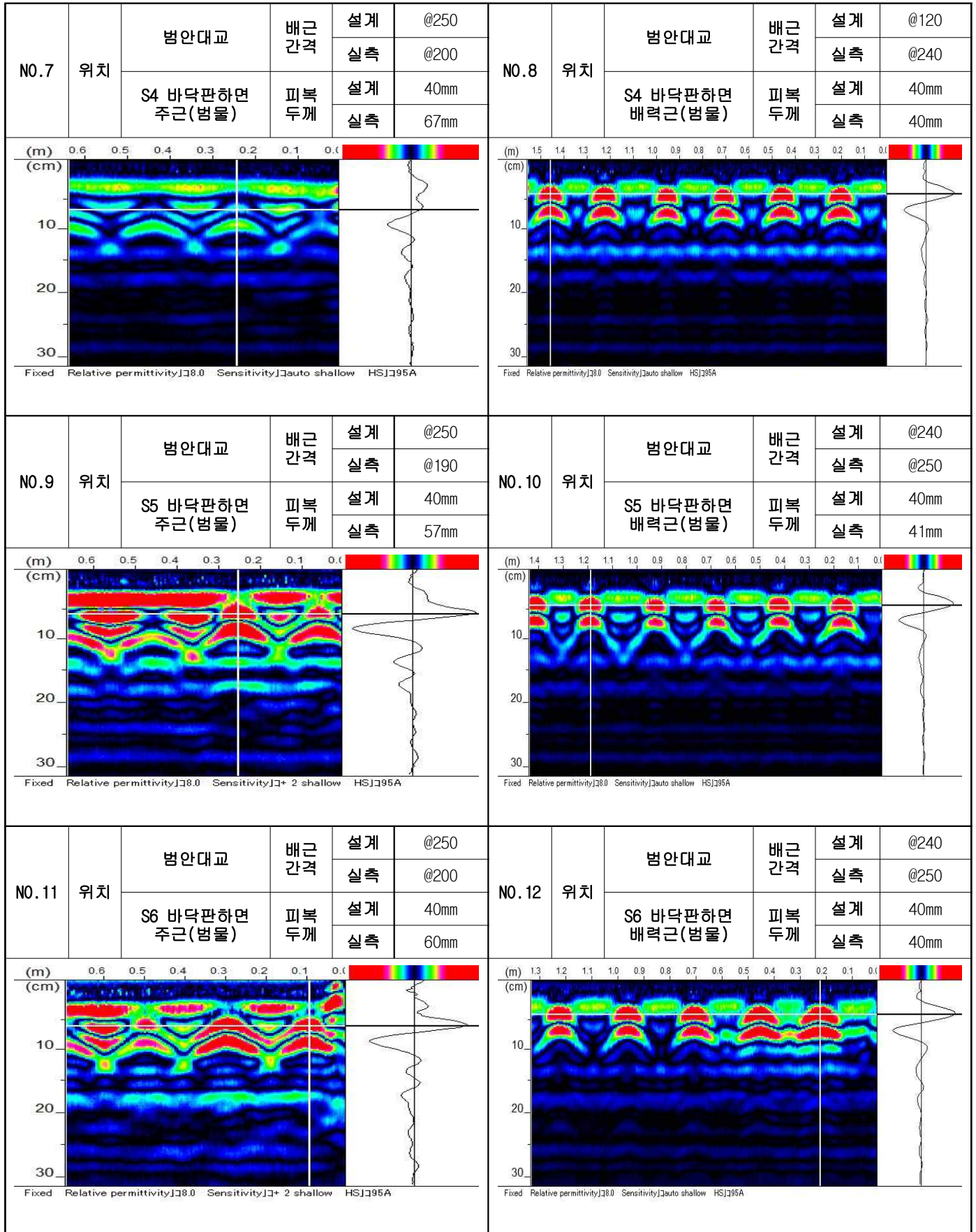
구분	부재	연번	위치	측정피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태 등급	수명 예측 (년)	잔존 수명예측 (년)	경과 년수	탄산화 계수
범안대교 (범물방향)	상부구조	1	바닥판 S1	40.0	12.0	28.0	b	222	202	20	2.683
		2	바닥판 S3	36.0	8.0	28.0	b	405	385	20	1.789
		3	바닥판 S4	40.0	15.0	25.0	b	142	122	20	3.354
		4	바닥판 S6	40.0	13.0	27.0	b	189	169	20	2.907
		5	바닥판 S11	36.0	15.0	21.0	b	115	95	20	3.354
		최대값		40.0	15.0	28.0					
		최소값		36.0	8.0	21.0					
		평균(부재별)		38.4	12.6	25.8					
	하부구조	1	교대 A1 홍벽	48.0	7.0	41.0	a	940	920	20	1.565
		2	교각 P3 기둥	50.0	8.0	42.0	a	781	761	20	1.789
		3	교각 P4 코핑	50.0	15.0	35.0	a	222	202	20	3.354
		4	교각 P5 코핑	55.0	12.0	43.0	a	420	400	20	2.683
		최대값		55.0	15.0	43.0					
		최소값		48.0	7.0	35.0					
		평균(부재별)		50.8	10.5	40.3					

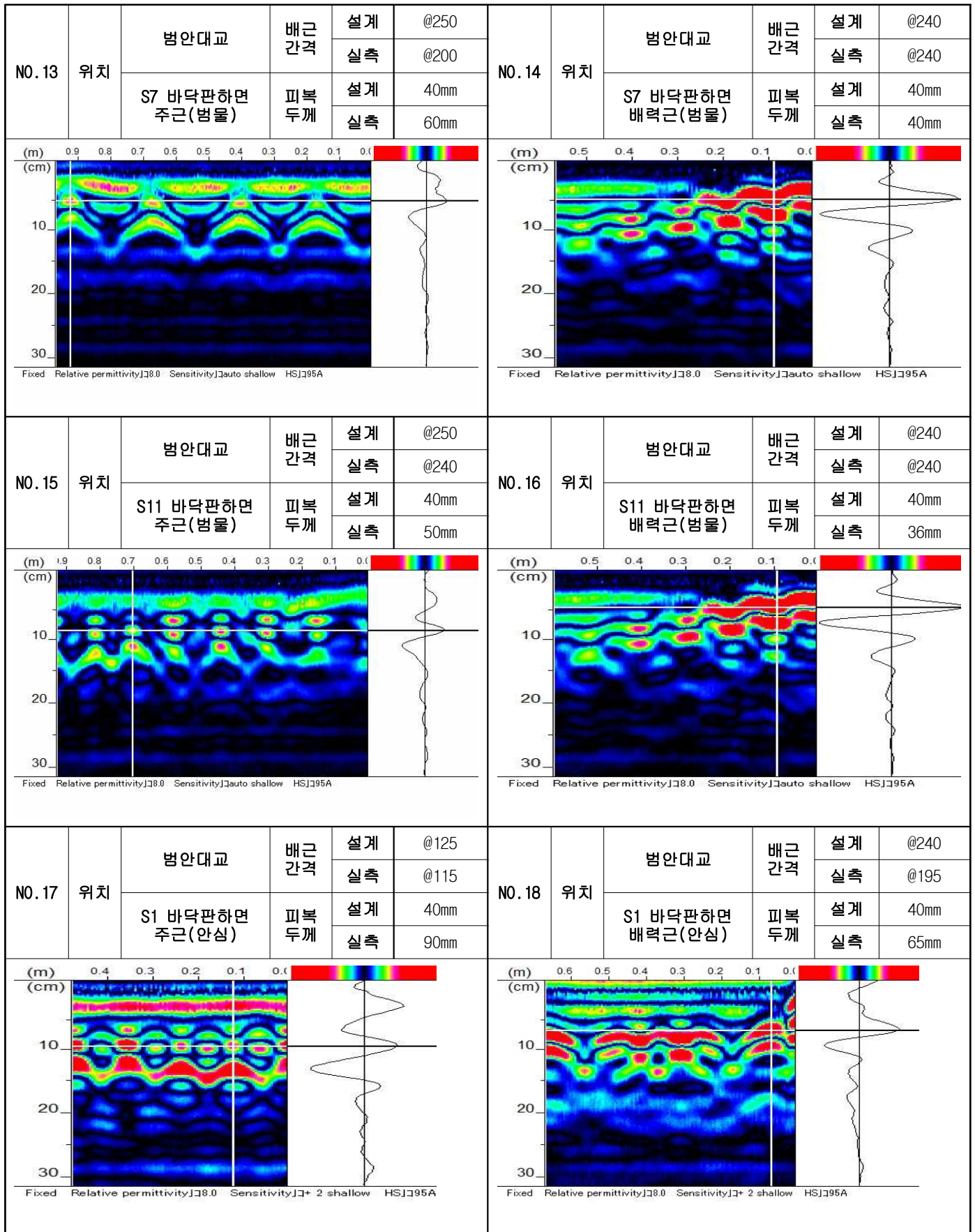
탄 산 화 시 험

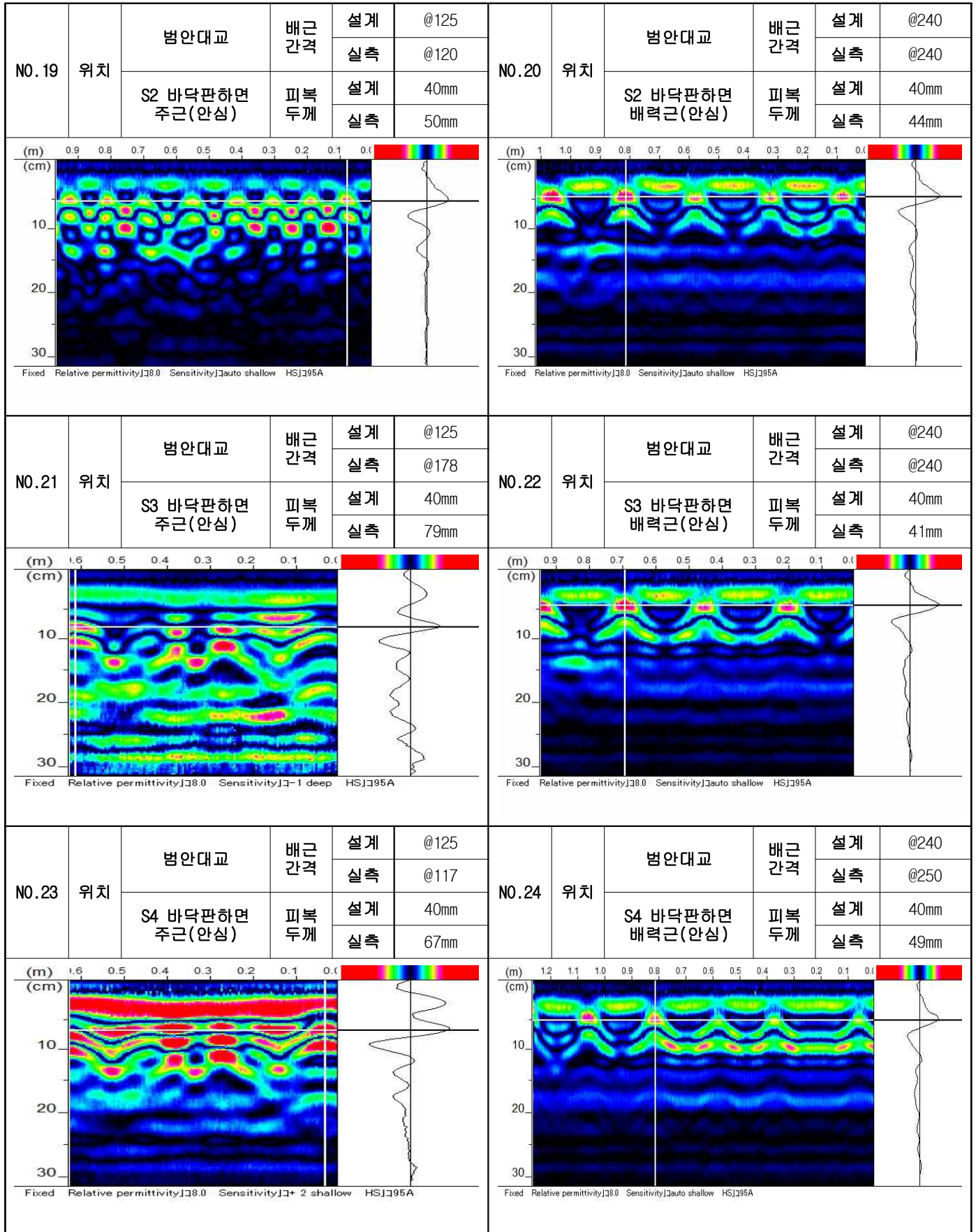
구분	부재	연번	위치	측정피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태 등급	수명 예측 (년)	잔존 수명예측 (년)	경과 년수	탄산화 계수
범안대교 (안심방향)	상부구조	1	바닥판 S1	65.0	11.0	54.0	a	698	678	20	2.460
		2	바닥판 S4	49.0	13.0	36.0	a	284	264	20	2.907
		3	바닥판 S7	70.0	15.0	55.0	a	436	416	20	3.354
		4	바닥판 S11	40.0	11.0	29.0	b	264	244	20	2.460
		최대값		70.0	15.0	55.0					
		최소값		40.0	11.0	29.0					
		평균(부재별)		56.0	12.5	43.5					
	하부구조	1	교대 A1 홍벽	44.0	13.0	31.0	a	229	209	20	2.907
		2	교각 P2 기둥	88.0	15.0	73.0	a	688	668	20	3.354
		3	교각 P3 기둥	80.0	18.0	62.0	a	395	375	20	4.025
		4	교각 P4 코핑	60.0	16.0	44.0	a	281	261	20	3.578
		5	교각 P5 코핑	98.0	15.0	83.0	a	854	834	20	3.354
		6	교각 P10 코핑	77.0	19.0	58.0	a	328	308	20	4.249
		최대값		98.0	19.0	83.0					
		최소값		44.0	13.0	31.0					
		평균(부재별)		74.5	16.0	58.5					

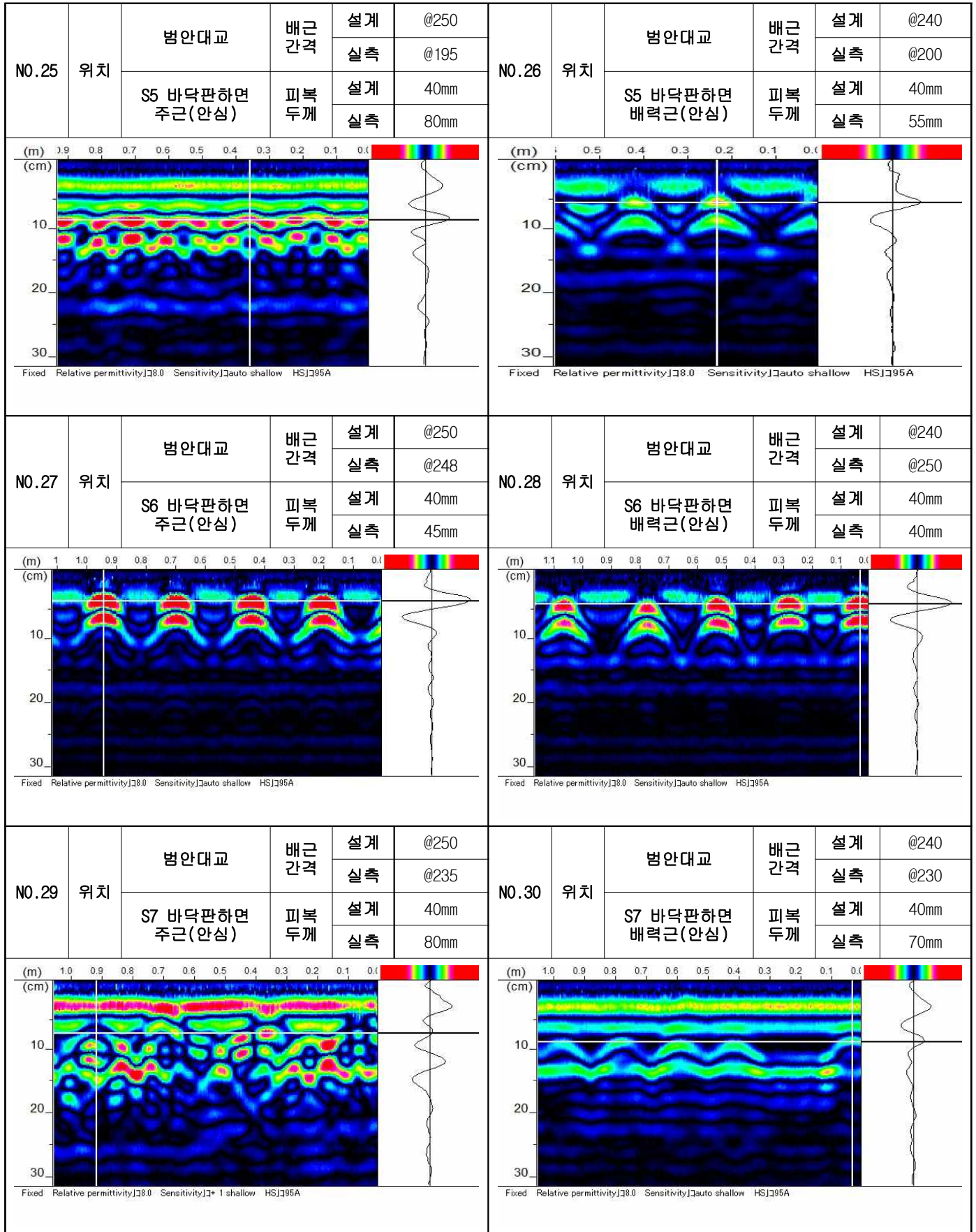
범안대교 철근탐사 Data

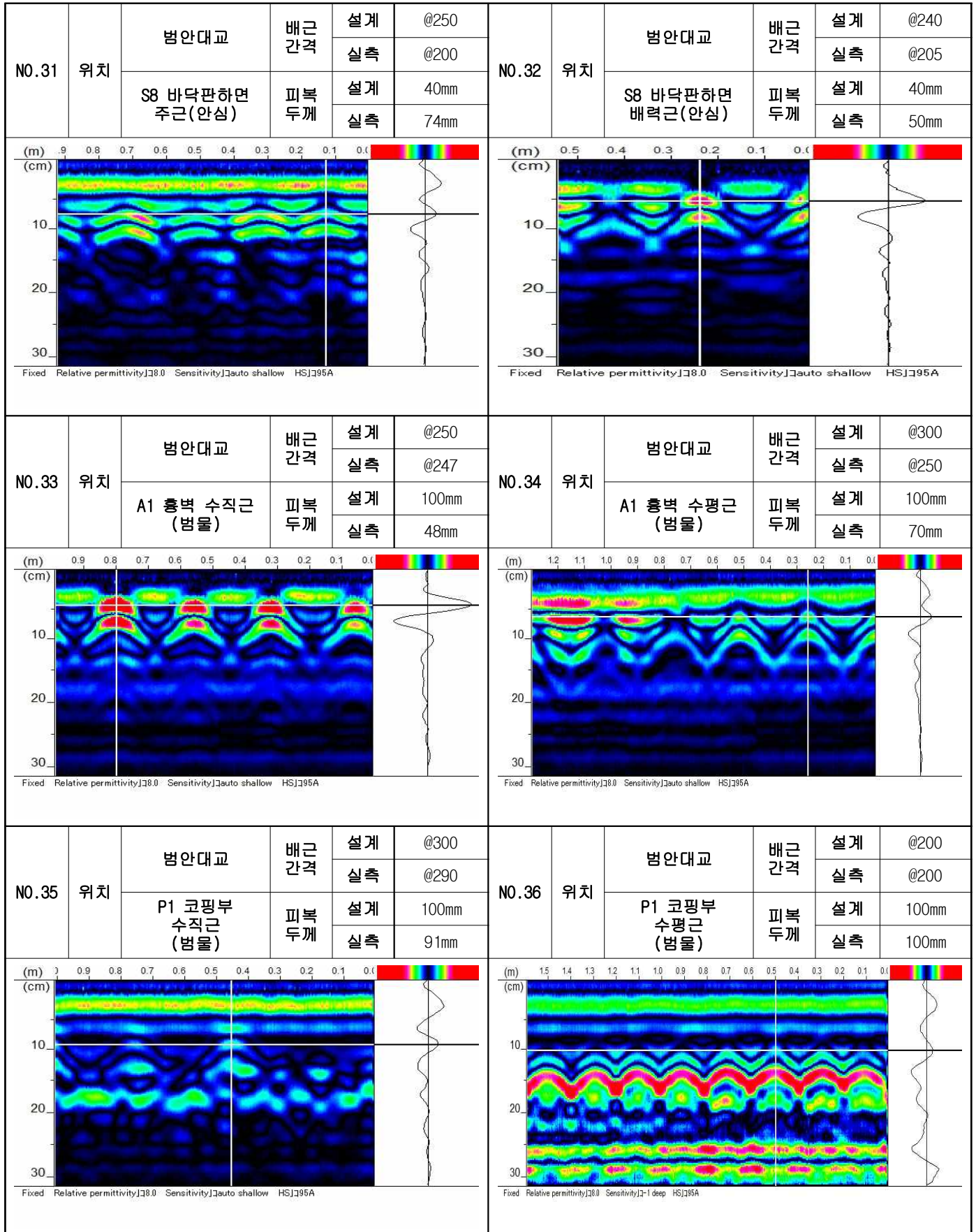


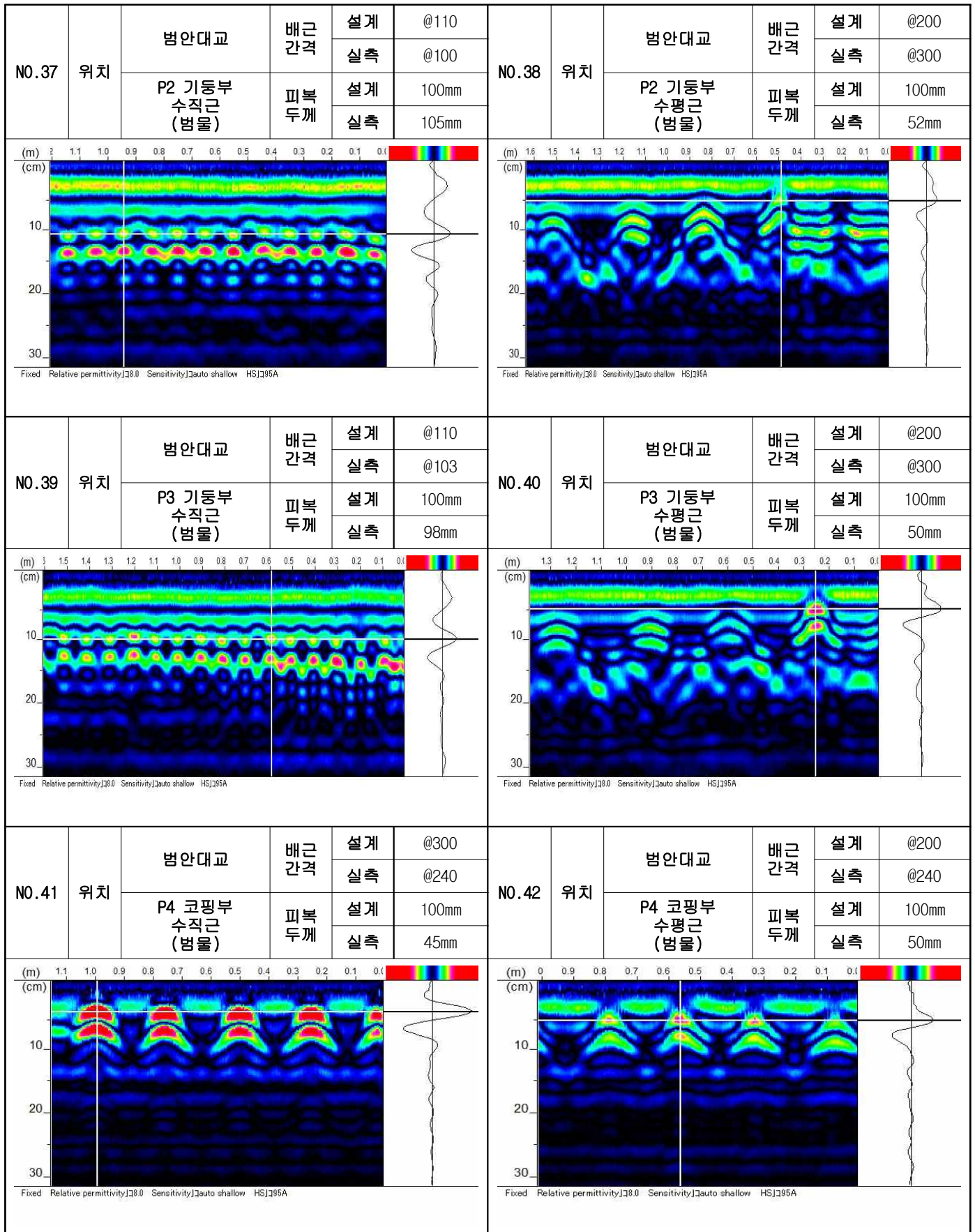


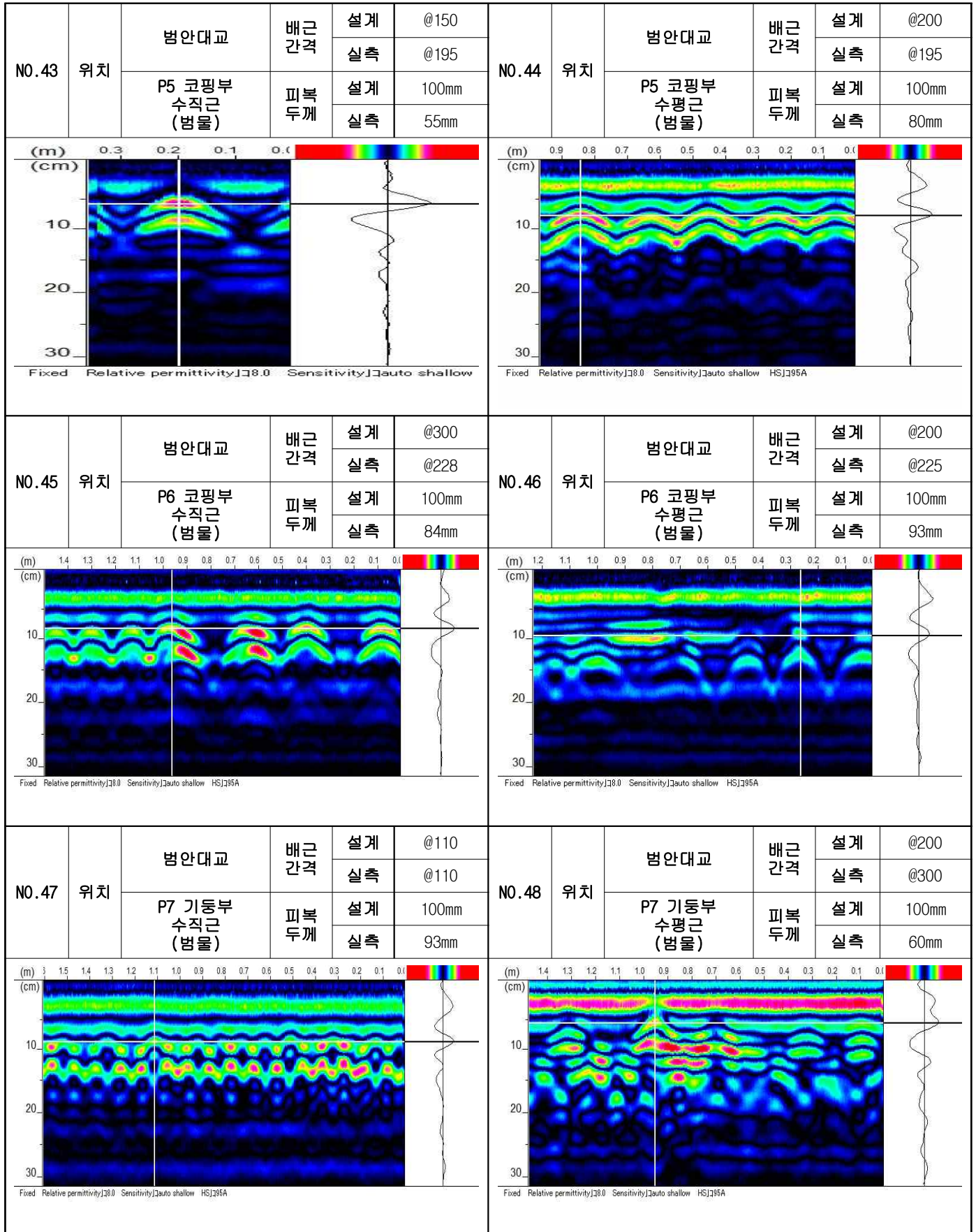


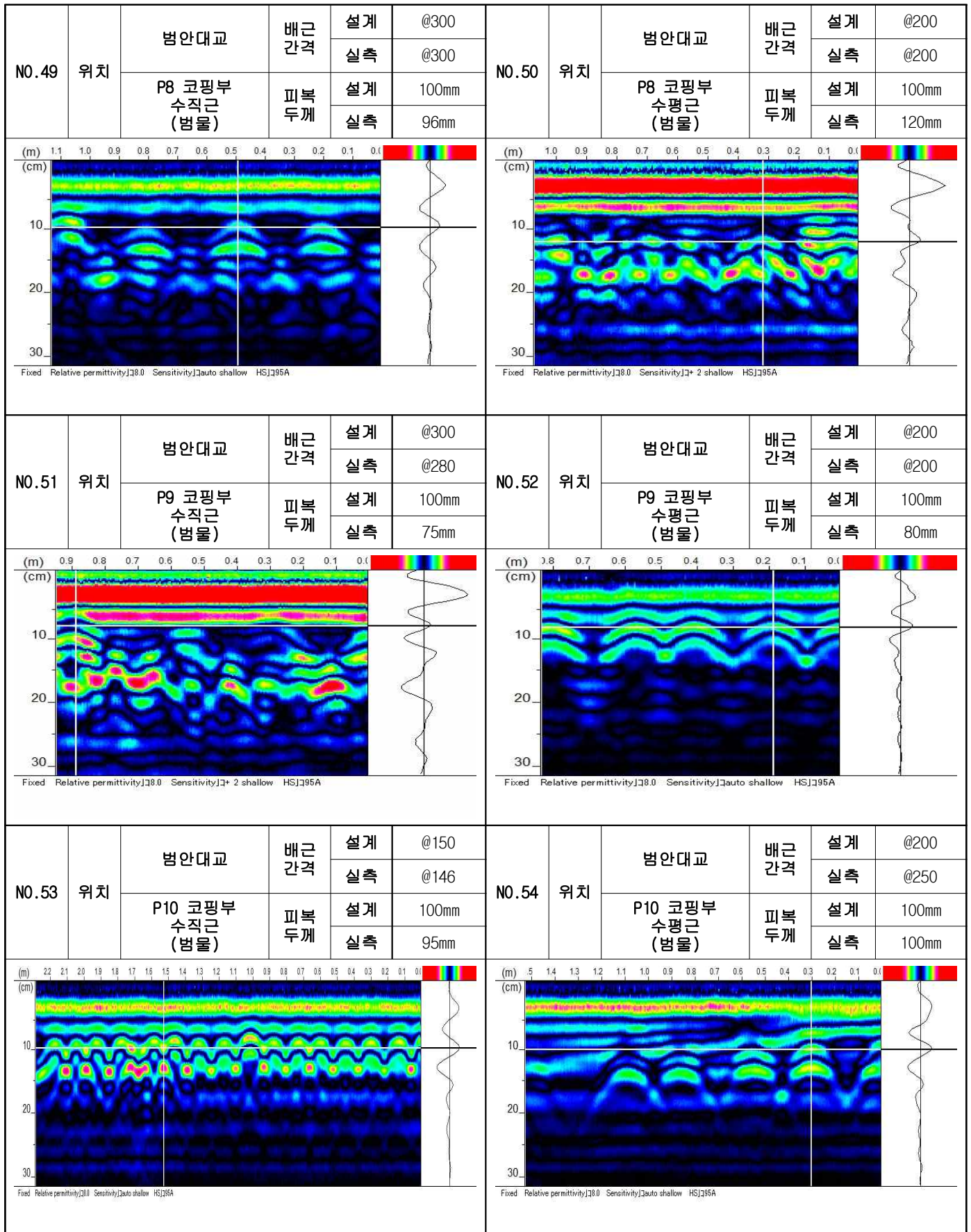


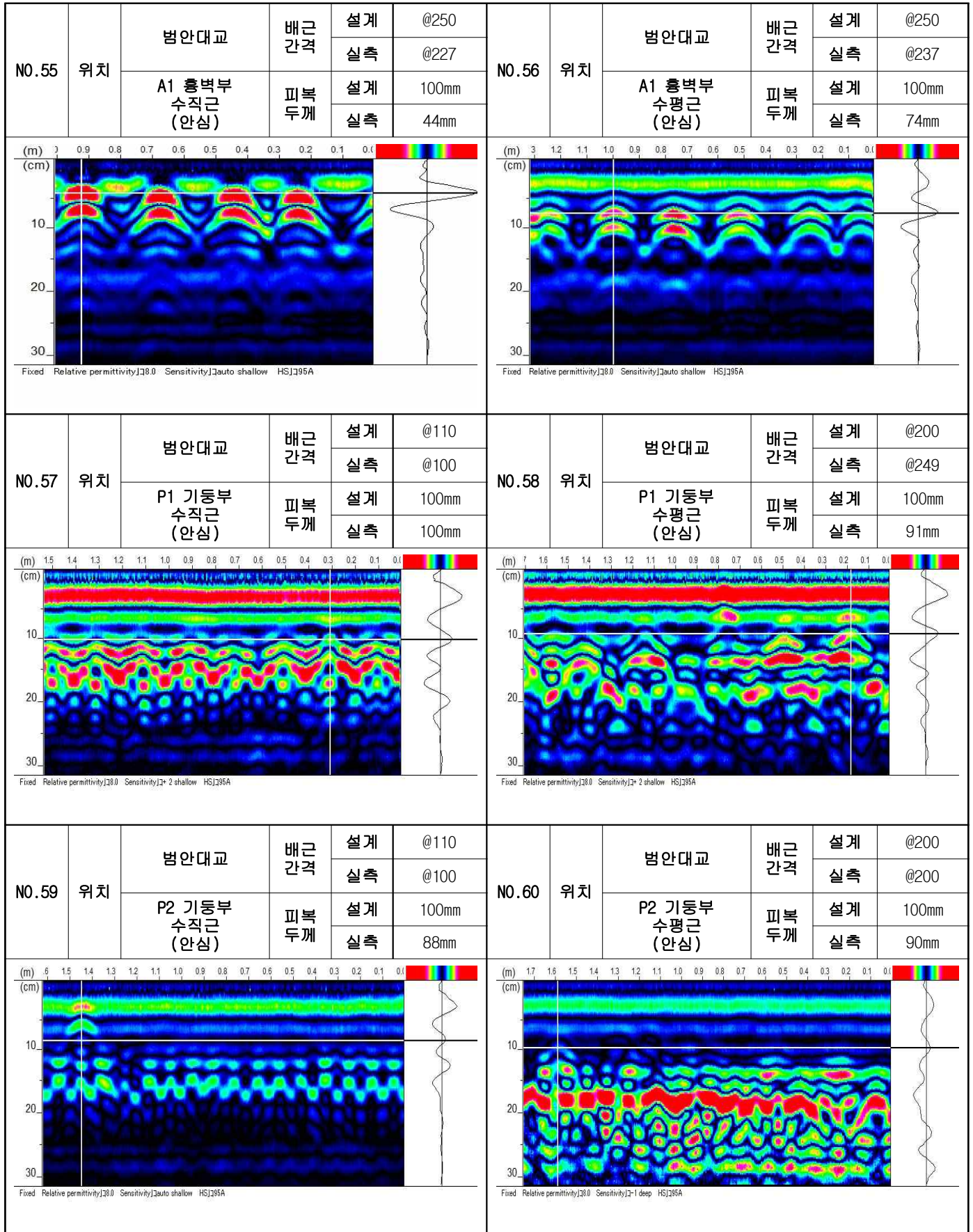


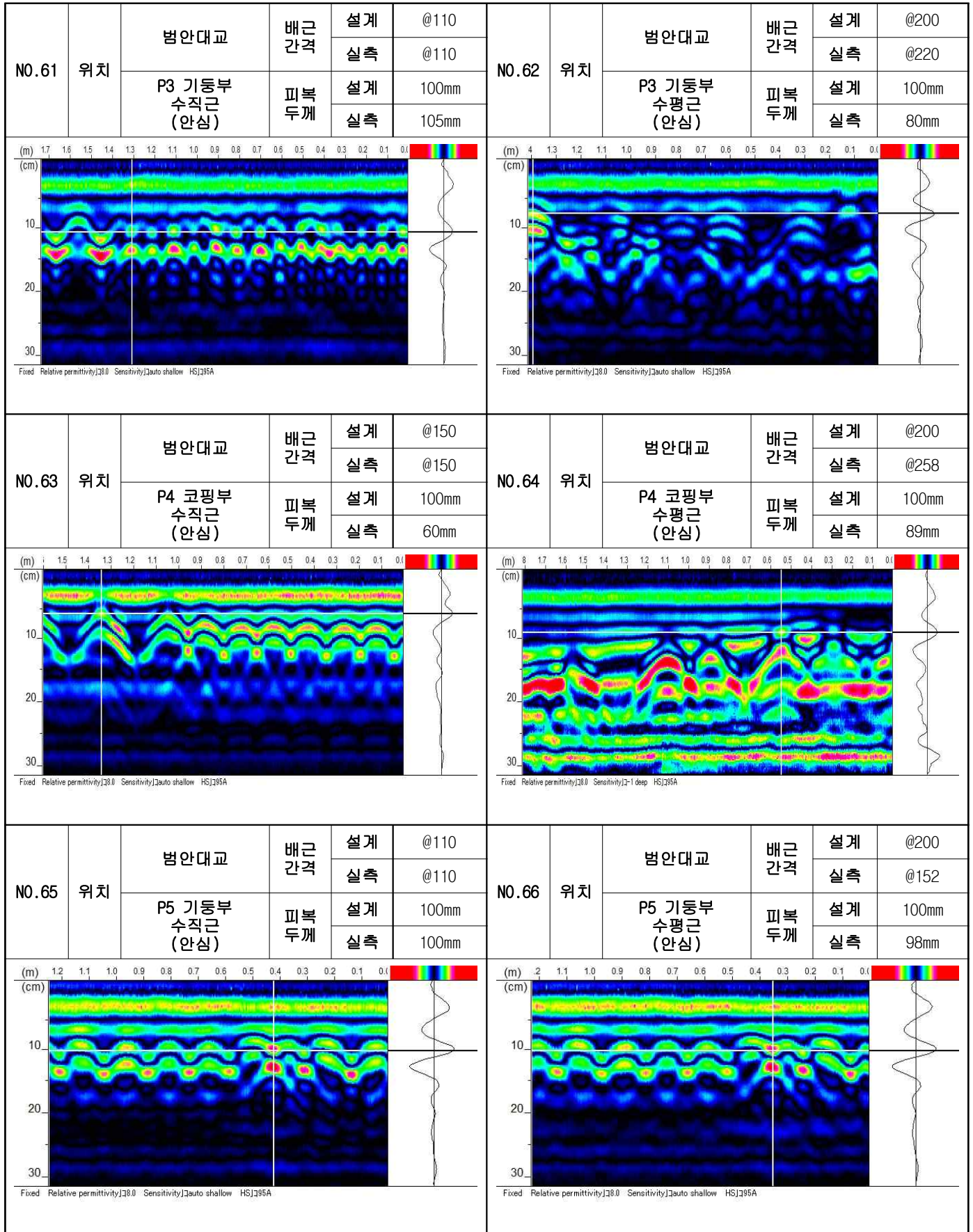


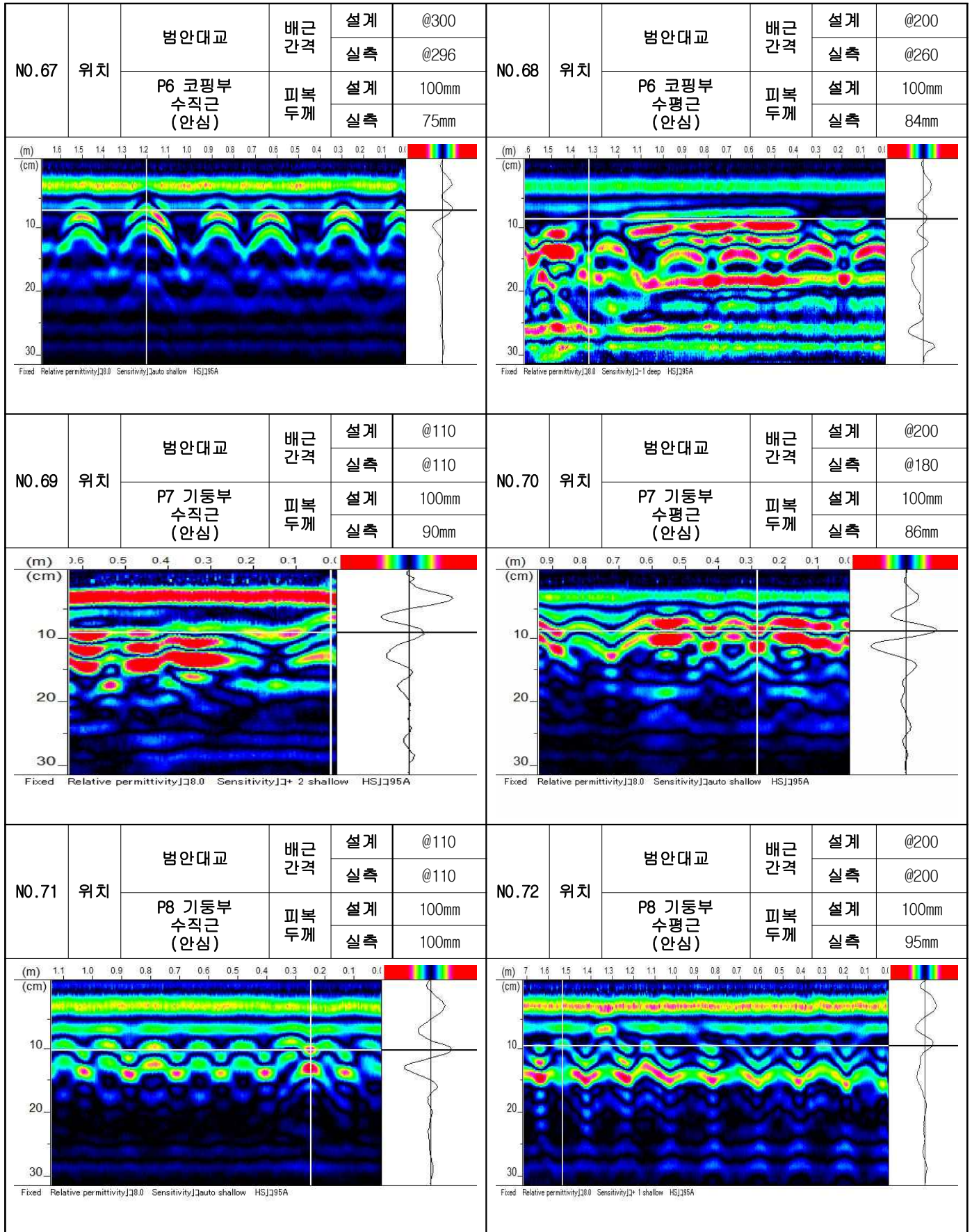


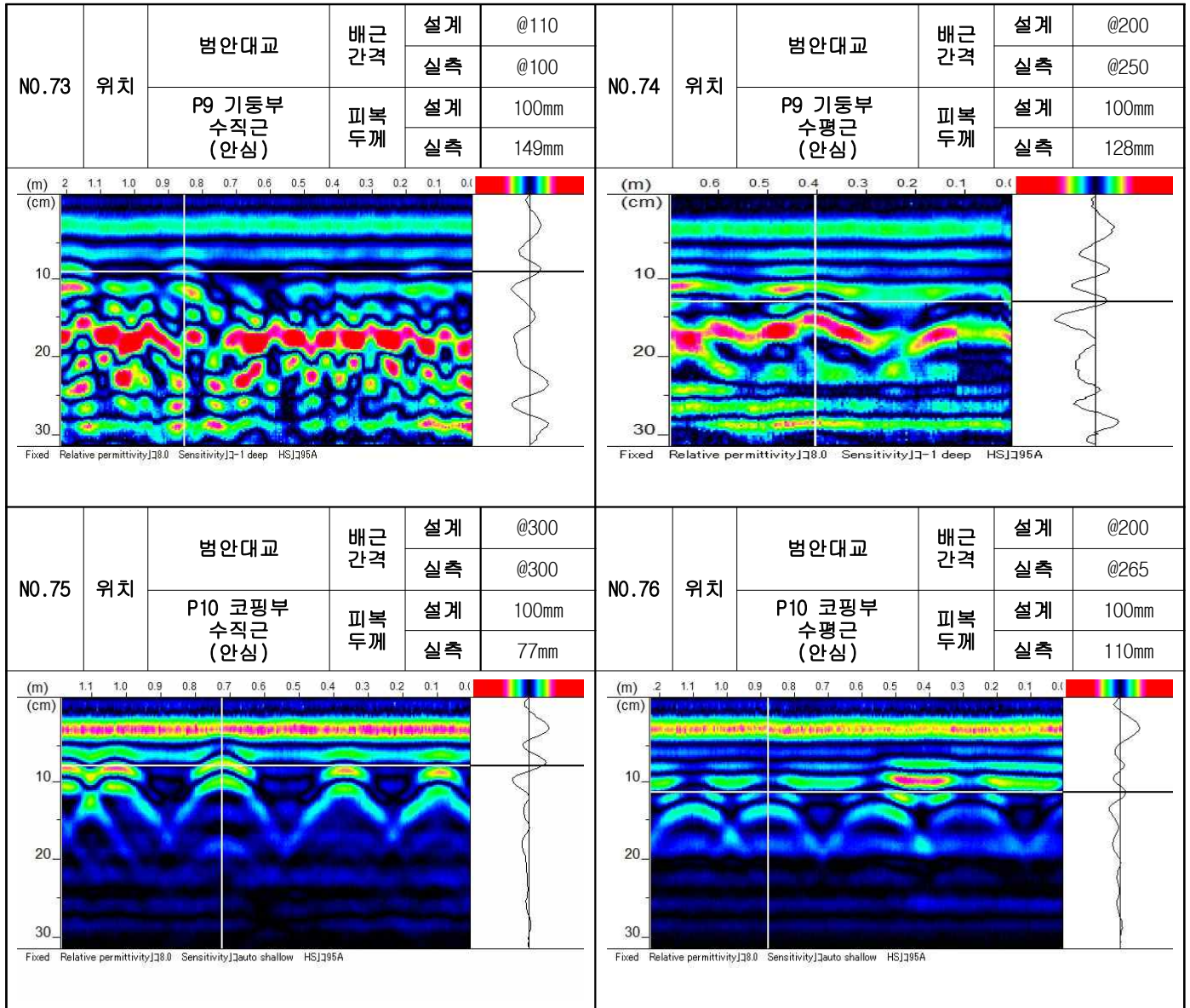








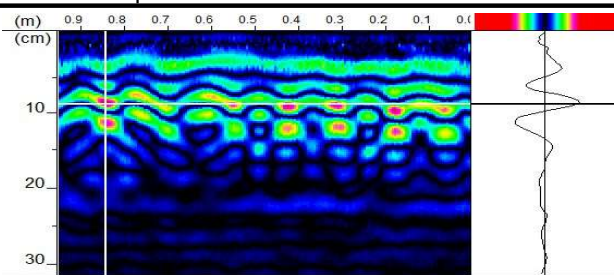




범안대천교(범물방향) 균열심도 DATA

PROJECT TITLE :	범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역		
Company	(주)명성엔지니어링	Client	대구동부순환도로(주)

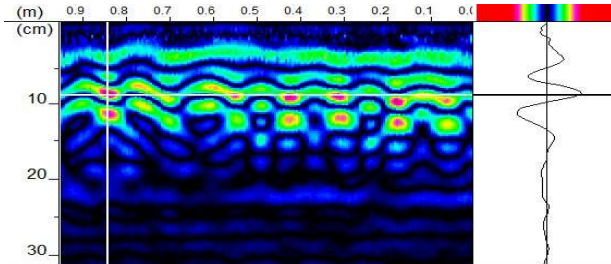
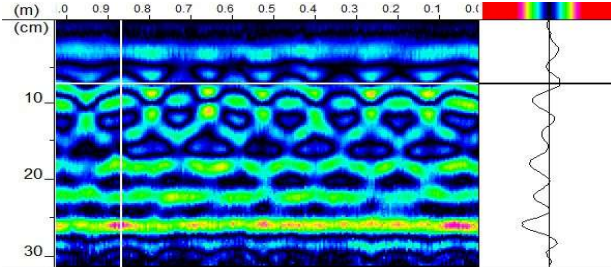
시험 결과(상부구조)

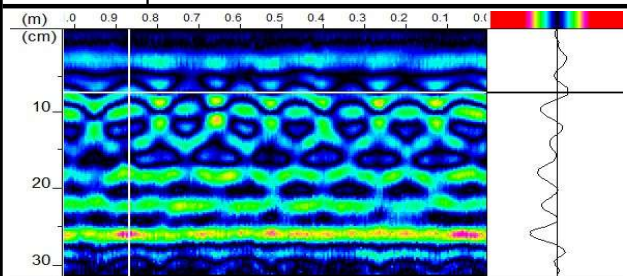
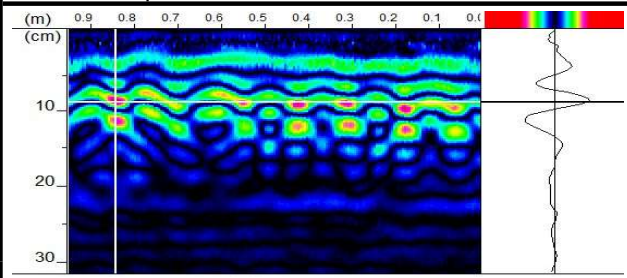
균열 심도					철근탐사		
결과값					위치	S4-G3(하부)	수직철근
측정번호	건전부			평균	피복두께	86mm	
1	35.8	38.7	40.5	38.3			
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균			
S4-G3 (하부)	50.5	45.8	46.5	47.6			
	균열 깊이			품질			
	11.0			3.91			

시험 결과(하부구조)

균열 심도					철근탐사		
결과값					위치	P6 코핑부 (전면)	수직철근
측정번호	건전부			평균	피복두께	72mm	
2	41.2	40.8	43.2	41.7			
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균			
P6 (코핑)	57.5	55.5	56.9	56.6			
	균열 깊이			품질			
	13.8			3.59			

범안대교(안심방향) 균열심도 DATA

PROJECT TITLE :		범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역								
Company		(주)명성엔지니어링			Client		대구동부순환도로(주)			
시험 결과(상부구조)										
균열 심도					철근탐사					
결과값					위치		S7-G3(하부)		수직철근	
측정번호		건전부			평균		피복두께		86mm	
1		39.8		37.5	36.4	37.9				
측정위치		균열부(cw=0.2mm)			평균					
S7-G3 (하부)		48.4		45.8	46.4	46.9				
		균열 깊이		품질						
		10.9					3.96			
시험 결과(하부구조)										
균열 심도					철근탐사					
결과값					위치		P4 코핑부 (전면)		수직철근	
측정번호		건전부			평균		피복두께		72mm	
2		49.8		52.5	51.8	51.4				
측정위치		균열부(cw=0.2mm)			평균					
P4 (코핑)		65.8		66.5	68.5	66.9				
		균열 깊이		품질						
		12.5					2.92			



시험 성적서

시료명(생산국) : 굳은 콘크리트 분말(대한민국)

시료채취장소 : 대구광역시 수성구 가천동

성과이용목적 : 보고서 작성용

용역명 : 범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

발주자 : 대구동부순환도로(주)

업체명 : (주)명성엔지니어링

의뢰인 : 손기영

접수일자 : 2022년 04월 28일

시료채취일 : 2022년 04월 13일

성적서발급번호 : CSTC NO.202204-46

시료채취자 : (주)명성엔지니어링 진단 손기영

의뢰인주소 : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18,
동아프라자 301호

귀하가 시험을 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험 방법에 따라 시험한 결과를 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목				시험·검사 방법	시험·검사 결과	확인자			시험자	
							자격종목 및 자격증 번호	성명	서명	성명	서명
10	범안대교 (범물 방향)	S6 바닥판 켄틸레버	0~10mm	염화물 이온농도	KS F 2713	0.0046 %	건설재료시험기사 05204140608Y	반용현		송장수	
				환산 염화물 함량		0.1041 kg/m'					
11			10~20mm	염화물 이온농도		0.0042 %					
				환산 염화물 함량		0.0950 kg/m'					
12		S11 바닥판 켄틸레버	20~30mm	염화물 이온농도		0.0017 %					
				환산 염화물 함량		0.0385 kg/m'					
13			0~10mm	염화물 이온농도		0.0039 %					
				환산 염화물 함량		0.0883 kg/m'					
14			10~20mm	염화물 이온농도		0.0027 %					
				환산 염화물 함량		0.0611 kg/m'					
15		P3 교각 기둥부	20~30mm	염화물 이온농도		0.0013 %					
				환산 염화물 함량		0.0294 kg/m'					
16			0~20mm	염화물 이온농도		0.0047 %					
				환산 염화물 함량		0.1064 kg/m'					
17			20~40mm	염화물 이온농도		0.0036 %					
				환산 염화물 함량		0.0815 kg/m'					
18			40~60mm	염화물 이온농도		0.0016 %					
				환산 염화물 함량		0.0362 kg/m'					

이 시험 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.



2022년 05월 13일

(주)건설표준시험원 (건설기술용역업자) 대표 **노선미**

· 유의사항 : 확인자 및 시험자의 성명과 서명이 없는 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

2페이지중 2페이지





시험 성적서

시료명(생산국) : 굳은 콘크리트 분말(대한민국)

시료채취장소 : 대구광역시 수성구 가천동

성과이용목적 : 보고서 작성용

용역명 : 범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

발주자 : 대구동부순환도로㈜

업체명 : (주)명성엔지니어링

의뢰인 : 손기영

접수일자 : 2022년 04월 28일

시료채취일 : 2022년 04월 13일

성적서발급번호 : CSTC NO.202204-46

시료채취자 : (주)명성엔지니어링 진단 손기영

의뢰인주소 : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18,
동아프라자 301호

귀하가 시험을 의뢰한 위 시료에 대해서 아래 시험 방법에 따라 시험한 결과를 다음과 같이 알려드립니다.

결 과

연번	시험·검사 종목				시험·검사 방법	시험·검사 결과	확인자			시험자	
							자격종목 및 자격증 번호	성명	서명	성명	서명
1	범안대교 (안심 방향)	S7 바닥판 하면 켄틸레버	0~10mm	염화물 이온농도	KS F 2713	0.0028 %	건설재료시험기사 05204140608Y	반용현		송장수	
2			10~20mm	환산 염화물 함량		0.0634 kg/m'					
3			20~30mm	염화물 이온농도		0.0009 %					
4		P2 교각 코핑부	0~15mm	환산 염화물 함량		0.0204 kg/m'					
5			15~30mm	염화물 이온농도		0.0008 %					
6			30~45mm	환산 염화물 함량		0.0181 kg/m'					
7		P10 교각 코핑부	0~10mm	염화물 이온농도		0.0021 %					
8			10~20mm	환산 염화물 함량		0.0475 kg/m'					
9			20~30mm	염화물 이온농도		0.0016 %					

이 시험 결과는 당초 의뢰 시 제출된 시료에 대한 결과이므로 다른 목적으로 이용을 금지합니다.



2022년 05월 13일

(주)건설표준시험원 (건설기술용역업자) 대표 **도선미**

· 유의사항 : 확인자 및 시험자의 성명과 서명이 없는 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

2페이지중 1페이지



**2022년도 연호고가교외
2개소 정밀안전진단용역
(범안대교)**

2022년 4월 18일



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,

*** 목 차 ***

제 1 장 개 요

- 1.1 목 적
- 1.2 일 반 사 항
- 1.3 과업의 범위 및 내용
- 1.4 투입인원 및 자격현황
- 1.5 검사에 사용한 비파괴 검사 장비 목록

제 2 장 초음파 탐상 검사

- 2.1 초음파 탐상 검사의 원리
- 2.2 검사 장비

제 3 장 검사 현황

- 3.1 검사 결과
- 3.2 초음파 탐상 검사 성적서
- 3.3 초음파 탐상 검사 사진 대장

제1장 개 요

1.1 목 적

1.2 일 반 사 항

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 투입인원 및 자격현황

1.5 검사에 사용한 비파괴 검사 장비 목록

1.1 목 적

이번 검사는 사용인 연호고가교 외 2개소에 비파괴검사를 통한 안전성을 확보하여 사용중 발생할 수 있는 안전사고를 미연에 방지하는데 그 목적이 있다.

1.2 일반사항

가. 과업명 : 안전진단 초음파탐상검사(UT)

나. 과업기간 : 2022. 04. 11. ~ 2022. 04. 15.

다. 과업수행기관 : 대한검사기술(주)

1.3 과업의 범위 및 내용

가. 사용중인 연호고가교 외 2개소의 비파괴시험(초음파 탐상검사)

나. 조사 자료정리

다. 비파괴 시험

- 1) 비파괴 시험의 위치는 사용중인 강교를 대상으로 동부순환도로주식회사에서 지정하는 위치에 시행함을 원칙으로 한다.
- 2) 현장 여건에 따라 동부순환도로주식회사가 판단하여 필요시 강재 비파괴시험 물량을 적절히 시행할 수 있다.
- 3) 모든 비파괴시험의 준비, 검사, 등급분류 및 판정은 KS 기준에 의거 실시한다.

라. 자료정리

- 1) 비파괴 시험 개념도
- 2) 비파괴검사 위치도 작성
- 3) 비파괴검사 결과의 등급분류 및 판정
- 4) 용접부 결함 상세도

1.4 투입인원 및 자격현황

<검사자 투입 인원 및 자격 현황>

순 번	직 급	성 명	업 무	관련자격
1	소 장	장동환	검사총괄	UT 기사 LEVEL III
2	부 장	신진우	검사,판독	UT 기사 LEVEL III
3	과 장	김규태	검사,판독	UT 기사 LEVEL II
4	과 장	이현준	검사	UT 기사 LEVEL II
5	과 장	형성준	검사	UT 기능사 LEVEL II

1.5 검사에 사용한 비파괴검사 장비 목록

*비파괴검사장비 목록

구 분	장 비 명	제 조 사	형 식	수 량
초음파 탐상장비	D-20	SONATEST	A SCAN	1대
	USM 35	GE	A SCAN	1대

제 2 장 초음파 탐상 검사(UT)

2.1 초음파 탐상 검사의 원리

2.2 검사 장비

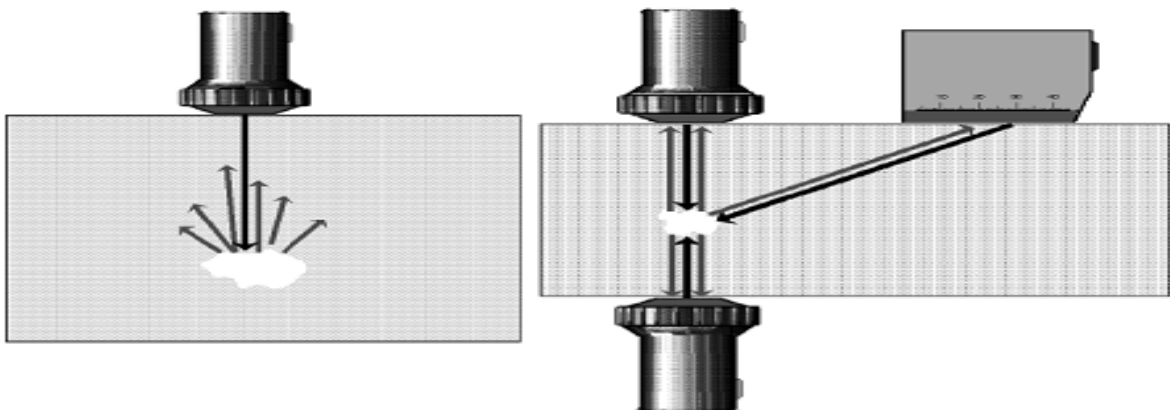
2.1 초음파 탐상 검사의 원리

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행 경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코 파형을 확인함으로써 결함의 존재여부 및 결함 정보를 알아 내는 검사방법이다.

초음파법의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 대별되며, 수직법은 탐촉자를 시험체에 접촉하여 시험체에 수직으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 통상적으로 판재 및 봉재 주.단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합 불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 각각의 결함부로부터 반사한 에코파형의 펄스형태(펄스폭&높이), 반사체(결함)까지의 진행거리, 초음파 입사각도,에코의 반사패턴 등을 종합적으로 분석하여 결함의 입체적인 위치를 산출하고 결함종류 및 길이 등을 측정한다.(아래 그림 참조)

<결함에서 반사소실되는 초음파 빔 개요도 >



2.2 검 사 장 비



검사장비(USM-35)



검사장비(횡파 탐촉자)



검사장비(종파 탐촉자)



검사장비(CABLE)



검사장비(D-20)



STB-A1 표준 시험편



STB-A2 표준 시험편



접촉매질

제 3 장 검사 현황

3.1 검사 결과

3.2 초음파 탐상 성적서

3.3 초음파 탐상 검사 사진 대장

3.1 검사결과

품 명	검사 NO.	UT 검사결과			비 고	검사 NO.	UT 검사결과			비 고
		결함 유	결함 무	결함종류			결함 유	결함 무	결함종류	
범안 대교	G1-S1-P1		○	ND	범물동방향	G1-S1-P1		○	ND	안심방향
	G1-S1-P2		○	ND	범물동방향	G1-S1-P2		○	ND	안심방향
	G1-S2-P3		○	ND	범물동방향	G1-S2-P3		○	ND	안심방향
	G1-S2-P4		○	ND	범물동방향	G1-S2-P4		○	ND	안심방향
	G1-S3-P5		○	ND	범물동방향	G1-S3-P5		○	ND	안심방향
	G1-S3-P6		○	ND	범물동방향	G1-S3-P6		○	ND	안심방향
	G1-S4-P7		○	ND	범물동방향	G1-S4-P7		○	ND	안심방향
	G1-S4-P8		○	ND	범물동방향	G1-S4-P8		○	ND	안심방향
	G1-S5-P9		○	ND	범물동방향	G1-S5-P9		○	ND	안심방향
	G1-S5-P10		○	ND	범물동방향	G1-S5-P10		○	ND	안심방향
	G1-S6-P11		○	ND	범물동방향	G1-S6-P11		○	ND	안심방향
	G1-S6-P12		○	ND	범물동방향	G1-S6-P12		○	ND	안심방향
	G1-S7-P13		○	ND	범물동방향	G1-S7-P13		○	ND	안심방향
	G1-S8-P14		○	ND	범물동방향	G1-S8-P14		○	ND	안심방향
	G1-S9-P15		○	ND	범물동방향	G1-S9-P15		○	ND	안심방향
	G1-S10-P16		○	ND	범물동방향	G1-S10-P16		○	ND	안심방향
	G1-S11-P17		○	ND	범물동방향	G1-S11-P17		○	ND	안심방향
	G2-S1-P1		○	ND	범물동방향	G2-S1-P1		○	ND	안심방향
	G2-S1-P2		○	ND	범물동방향	G2-S1-P2		○	ND	안심방향
	G2-S2-P3		○	ND	범물동방향	G2-S2-P3		○	ND	안심방향
	G2-S2-P4		○	ND	범물동방향	G2-S2-P4		○	ND	안심방향
	G2-S3-P5		○	ND	범물동방향	G2-S3-P5		○	ND	안심방향
	G2-S3-P6		○	ND	범물동방향	G2-S3-P6		○	ND	안심방향
	G2-S4-P7		○	ND	범물동방향	G2-S4-P7		○	ND	안심방향
	G2-S4-P8		○	ND	범물동방향	G2-S4-P8		○	ND	안심방향
	G2-S5-P9		○	ND	범물동방향	G2-S5-P9		○	ND	안심방향
	G2-S5-P10		○	ND	범물동방향	G2-S5-P10		○	ND	안심방향
	G2-S6-P11		○	ND	범물동방향	G2-S6-P11		○	ND	안심방향
	G2-S6-P12		○	ND	범물동방향	G2-S6-P12		○	ND	안심방향
	G2-S7-P13		○	ND	범물동방향	G2-S7-P13		○	ND	안심방향
	G2-S8-P14		○	ND	범물동방향	G2-S8-P14		○	ND	안심방향
	G2-S9-P15		○	ND	범물동방향	G2-S9-P15		○	ND	안심방향
	G2-S10-P16		○	ND	범물동방향	G2-S10-P16		○	ND	안심방향
	G2-S11-P17		○	ND	범물동방향	G2-S11-P17		○	ND	안심방향
	G3-S1-P1		○	ND	범물동방향	G3-S1-P1		○	ND	안심방향
	G3-S1-P2		○	ND	범물동방향	G3-S1-P2		○	ND	안심방향
	G3-S2-P3		○	ND	범물동방향	G3-S2-P3		○	ND	안심방향
	G3-S2-P4		○	ND	범물동방향	G3-S2-P4		○	ND	안심방향
	G3-S3-P5		○	ND	범물동방향	G3-S3-P5		○	ND	안심방향
	G3-S3-P6		○	ND	범물동방향	G3-S3-P6		○	ND	안심방향
	G3-S4-P7		○	ND	범물동방향	G3-S4-P7		○	ND	안심방향
	G3-S4-P8		○	ND	범물동방향	G3-S4-P8		○	ND	안심방향
	G3-S5-P9		○	ND	범물동방향	G3-S5-P9		○	ND	안심방향

품 명	검사 NO.	UT 검사결과			비 고	검사 NO.	UT 검사결과			비 고
		결함 유	결함 무	결함종류			결함 유	결함 무	결함종류	
범안 대교	G3-S6-P11		O	ND	범물동방향	G3-S6-P11		O	ND	안심방향
	G3-S6-P12		O	ND	범물동방향	G3-S6-P12		O	ND	안심방향
	G3-S7-P13		O	ND	범물동방향	G3-S7-P13		O	ND	안심방향
	G3-S8-P14		O	ND	범물동방향	G3-S8-P14		O	ND	안심방향
	G3-S9-P15		O	ND	범물동방향	G3-S9-P15		O	ND	안심방향
	G3-S10-P16		O	ND	범물동방향	G3-S10-P16		O	ND	안심방향
	G3-S11-P17		O	ND	범물동방향	G3-S11-P17		O	ND	안심방향
	G4-S1-P1		O	ND	범물동방향	G4-S1-P1		O	ND	안심방향
	G4-S1-P2		O	ND	범물동방향	G4-S1-P2		O	ND	안심방향
	G5-S1-P1		O	ND	범물동방향	G5-S1-P1		O	ND	안심방향
	G5-S1-P2		O	ND	범물동방향	G5-S1-P2		O	ND	안심방향
	G6-S1-P1		O	ND	범물동방향	G6-S1-P1		O	ND	안심방향
	G6-S1-P2		O	ND	범물동방향	G6-S1-P2		O	ND	안심방향

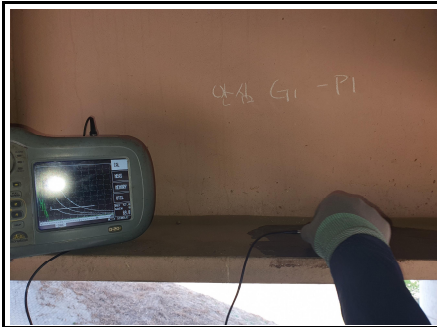
*연호고가교 총 96POINTS

* PO : Porosity(기공), CR : CRACK(균열), IP : Incomp Pene.(용입 불량),
 LF : Lack of Fusion(융합 불량), ND : 결함없음

3.2 초음파 탐상 검사 성적서

3.3 초음파 탐상 검사 사진 대장

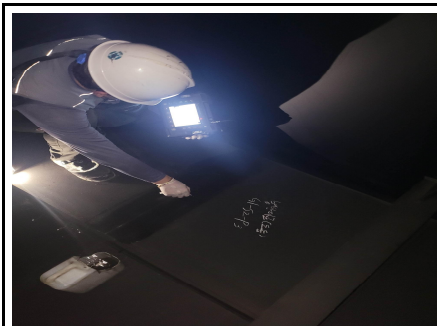
사 진 대 장 (범안대교)



G1-S1-P1(도동방향)



G1-S1-P2(도동방향)



G1-S2-P3(도동방향)



G1-S2-P4(도동방향)



G1-S3-P5(도동방향)



G1-S3-P6(도동방향)



G1-S4-P7(도동방향)



G1-S4-P8(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



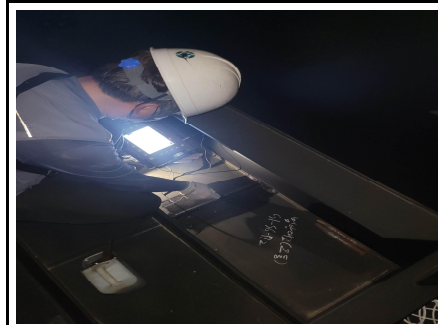
G1-S5-P9(도동방향)



G1-S5-P10(도동방향)



G1-S6-P11(도동방향)



G1-S6-P12(도동방향)



G1-S7-P13(도동방향)



G1-S8-P14(도동방향)



G1-S9-P15(도동방향)



G1-S10-P16(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G1-S11-P17(도동방향)



G2-S1-P1(도동방향)



G2-S1-P2(도동방향)



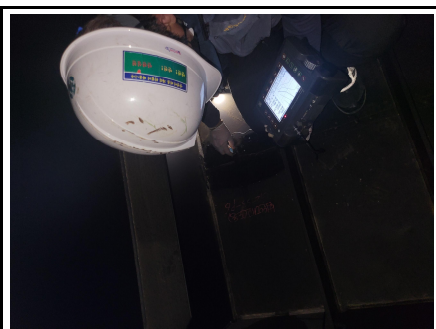
G2-S2-P3(도동방향)



G2-S2-P4(도동방향)



G2-S3-P5(도동방향)



G2-S3-P6(도동방향)



G2-S4-P7(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G2-S4-P8(도동방향)



G2-S5-P9(도동방향)



G2-S5-P10(도동방향)



G2-S6-P11(도동방향)



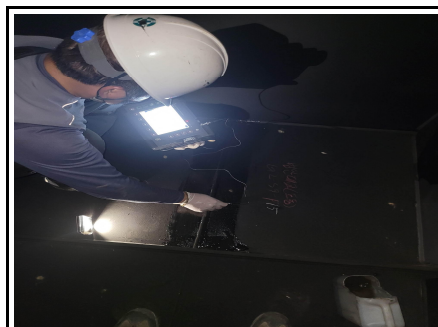
G2-S6-P12(도동방향)



G2-S7-P13(도동방향)



G2-S8-P14(도동방향)



G2-S9-P15(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G2-S10-P16(도동방향)



G2-S11-P17(도동방향)



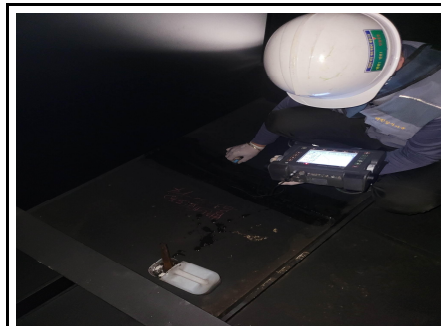
G3-S1-P1(도동방향)



G3-S1-P2(도동방향)



G3-S2-P3(도동방향)



G3-S2-P4(도동방향)

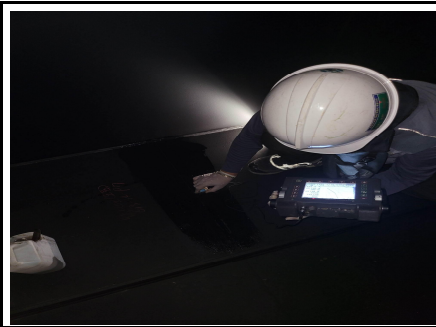


G3-S3-P5(도동방향)

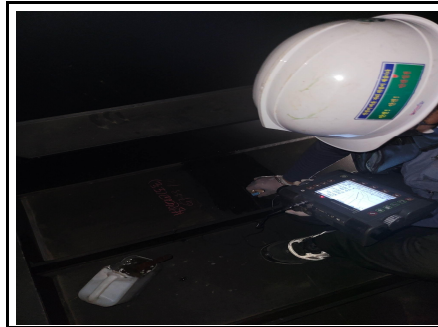


G3-S3-P6(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G3-S4-P7(도동방향)



G3-S4-P8(도동방향)



G3-S5-P9(도동방향)



G3-S5-P10(도동방향)



G3-S6-P11(도동방향)



G3-S6-P12(도동방향)



G3-S7-P13(도동방향)



G3-S8-P14(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G3-S9-P15(도동방향)



G3-S10-P16(도동방향)



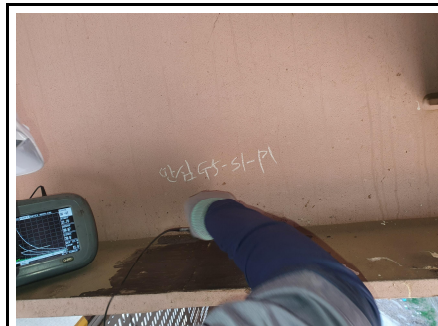
G3-S11-P17(도동방향)



G4-S1-P1(도동방향)



G4-S1-P2(도동방향)



G5-S1-P1(도동방향)



G5-S1-P2(도동방향)

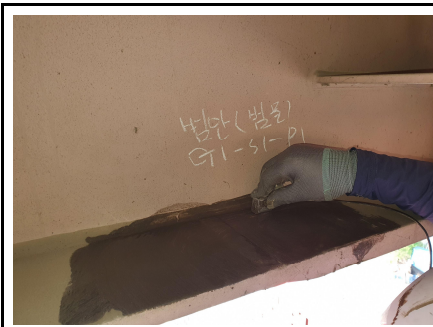


G6-S1-P1(도동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G6-S1-P2(도동방향)



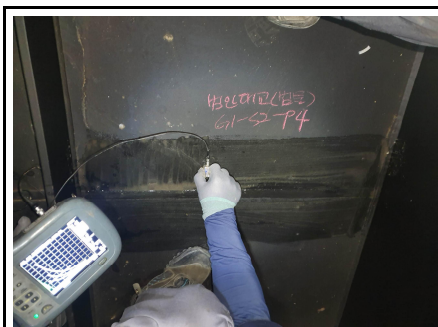
G1-S1-P1(범물동방향)



G1-S1-P2(범물동방향)



G1-S2-P3(범물동방향)



G1-S2-P4(범물동방향)



G1-S3-P5(범물동방향)



G1-S3-P6(범물동방향)



G1-S4-P7(범물동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G1-S4-P8(범물동방향)



G1-S5-P9(범물동방향)



G1-S5-P10(범물동방향)



G1-S6-P11(범물동방향)



G1-S6-P12(범물동방향)



G1-S7-P13(범물동방향)



G1-S8-P14(범물동방향)



G1-S9-P15(범물동방향)

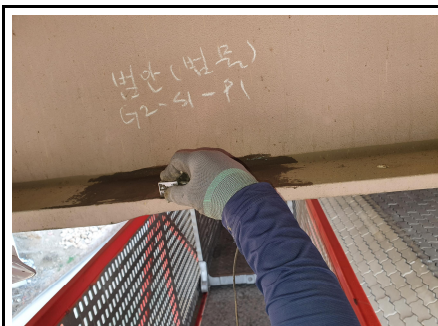
사 진 대 장 (범안대교)



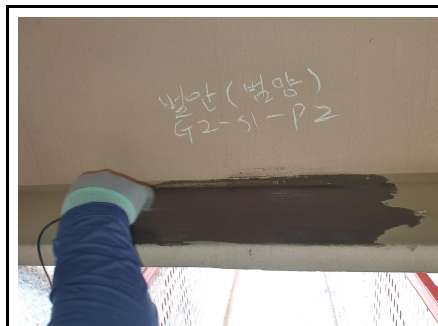
G1-S10-P16(범물동방향)



G1-S11-P17(범물동방향)



G2-S1-P1(범물동방향)



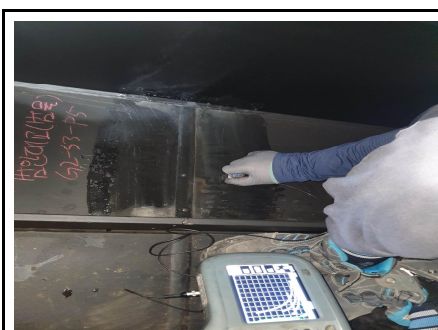
G2-S1-P2(범물동방향)



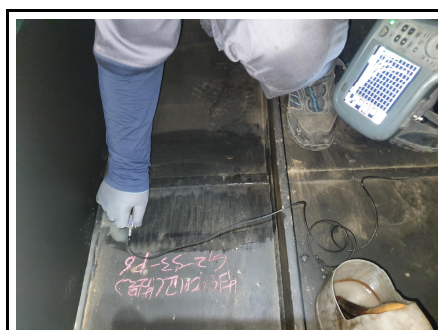
G2-S2-P3(범물동방향)



G2-S2-P4(범물동방향)



G2-S3-P5(범물동방향)



G2-S3-P6(범물동방향)

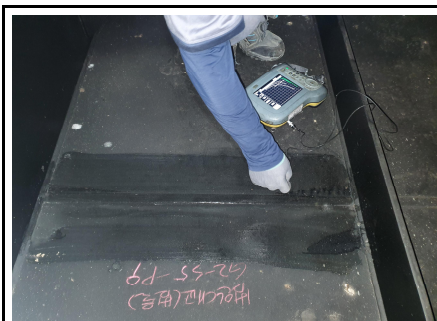
사 진 대 장 (범안대교)



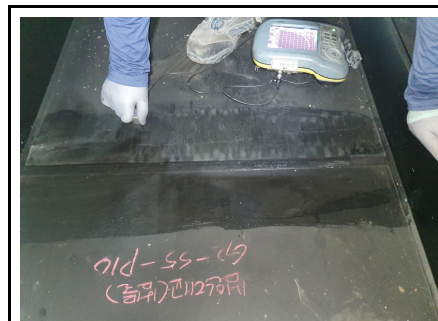
G2-S4-P7(범물동방향)



G2-S4-P8(범물동방향)



G2-S5-P9(범물동방향)



G2-S5-P10(범물동방향)



G2-S6-P11(범물동방향)



G2-S6-P12(범물동방향)

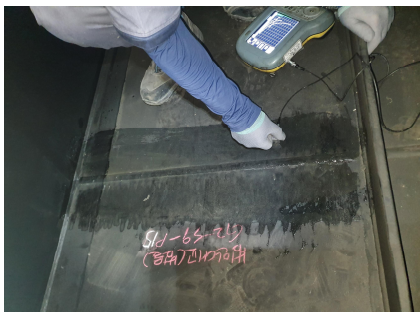


G2-S7-P13(범물동방향)



G2-S8-P14(범물동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



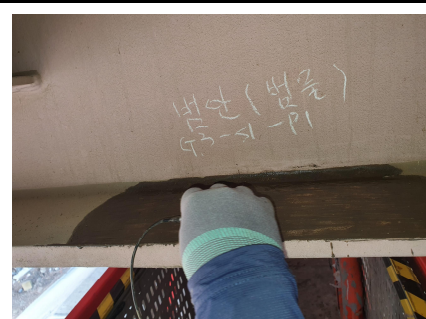
G2-S9-P15(범물동방향)



G2-S10-P16(범물동방향)



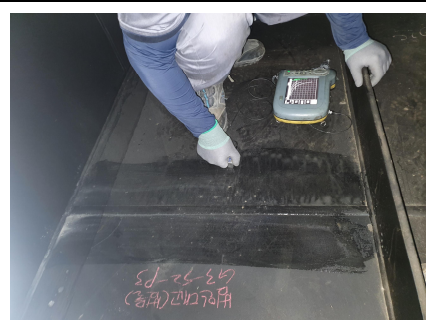
G2-S11-P17(범물동방향)



G3-S1-P1(범물동방향)



G3-S1-P2(범물동방향)



G3-S2-P3(범물동방향)



G3-S2-P4(범물동방향)



G3-S3-P5(범물동방향)

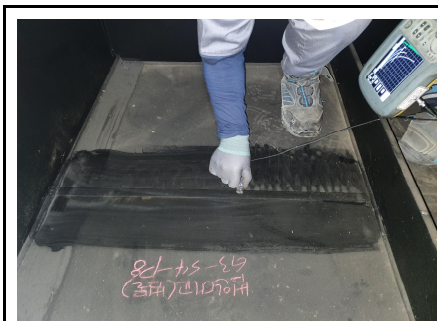
사 진 대 장 (범안대교)



G3-S3-P6(범물동방향)



G3-S4-P7(범물동방향)



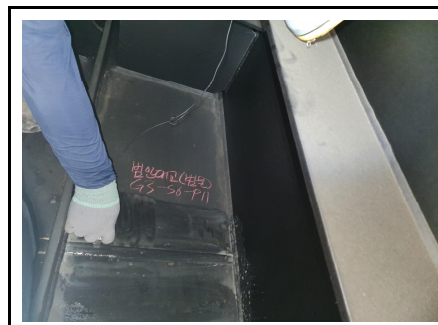
G3-S4-P8(범물동방향)



G3-S5-P9(범물동방향)



G3-S5-P10(범물동방향)



G3-S6-P11(범물동방향)



G3-S6-P12(범물동방향)



G3-S7-P13(범물동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G3-S8-P14(범물동방향)



G3-S9-P15(범물동방향)



G3-S10-P16(범물동방향)



G3-S11-P17(범물동방향)



G4-S1-P1(범물동방향)



G4-S1-P2(범물동방향)



G5-S1-P1(범물동방향)

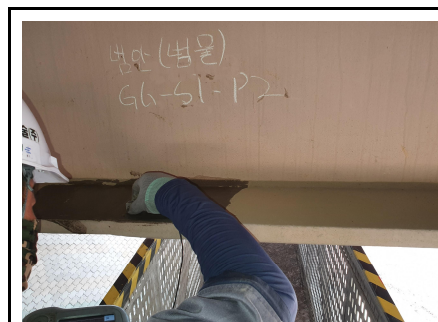


G5-S1-P2(범물동방향)

사 진 대 장 (범안대교)



G6-S1-P1(범물동방향)



G6-S1-P2(범물동방향)

교정성적서

CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원 경기도 안산시 상록구 해안로 723 TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389	성적서 번호 : 21-050160-01-1 Certificate No.	
	페이지 (1) / (총 2) Page of Pages	

1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

2. 측정기 (Calibration Subject)

기기명 (Description) : 피막 두께 측정기

제작회사 및 형식 (Manufacturer and Model Name) : CEM / DT-156

기기번호 (Serial Number) : 150102377

3. 교정일자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 27일

4. 교정환경 (Environment)

온도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) °C

습도 (Humidity) : (51 ± 1) % R.H.

교정장소 (Location) : ☒ 고정표준실 (KTL Lab.)

☐ 이동교정 (Mobile Lab.)

☐ 현장교정 (On Site Calibration)

(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정표준의 소급성 (Traceability)

교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :

위의 기기는 피막 두께 측정기의 교정업무기준(CP801-10236-1)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정되었음.

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Gauge blocks	Mitutoyo / 0 grade	0803555	2024. 03. 19	한국산업기술시험원
Thickness specimens	Elcometer / (12 ~ 25 096) μm, 15 p cs	FK4429	2023. 03. 05	한국산업기술시험원

6. 교정결과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

비고(NOTE)

- 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
- 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(‘원본’이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
- 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성명 (Name) : 박한글	직위 (Title) : 기술책임자 성명 (Name) : 노현수

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.

2021년 07월 27일

한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS,
Republic of KOREA

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory



(주) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

경기도 안산시 상록구 해안로 723

Tel : 031-500-0217 Fax : 031-500-0389

E-mail : standard@kti.re.kr

성적서 번호 : 21-050160-01-1

Certificate No.

페이지 (2) / (총 2)

Page of Pages



- ◇ 기기명 : 피막 두께 측정기
- ◇ 제작회사 및 형식 : CEM / DT-156
- ◇ 기기번호 : 150102377

기준값 (μm)	지시값 (μm)	측정불확도 (μm)
0 (base)	0	-
12	13.5	2.0
23	23.2	2.0
51	49	2
125	114	2
248	245	2
504	480	2
940 (setting)	940	-

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$) 끝.

FP104-10-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

교정성적서

CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원 경기도 안산시 상록구 해안로 723 TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389	성적서 번호 : 21-050160-01-2 Certificate No.	 
	페이지 (1) / (총 2) Page of Pages	

1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

2. 측정기 (Calibration Subject)

기기명 (Description) : 염도계

제조회사 및 형식 (Manufacturer and Model Name) : LUTRON / YK-31SA

기기번호 (Serial Number) : Q876248

3. 교정일자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 27일

4. 교정환경 (Environment)

온도 (Temperature) : (19.9 ± 0.2) °C

습도 (Humidity) : (52 ± 3) % R.H.

교정장소 (Location) : ☒ 고정표준실 (KTL Lab.)

☐ 이동교정 (Mobile Lab.)

☐ 현장교정 (On Site Calibration)

(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정표준의 소급성 (Traceability)

교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :

위의 기기는 염도계의 교정업무기준(CP801-20704-1)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정되었음.

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Sodium chloride	KRISS / 104-02-001	150212-27	2022. 01. 10	한국표준과학연구원
Density meter	Anton Paar / DMA 5000 M	82972912	2021. 11. 06	한국산업기술시험원
Electric Balance	Mettler / AX504	1122212061	2022. 05. 29	한국산업기술시험원

6. 교정결과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

비고(NOTE)

- 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
- 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(‘원본’이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
- 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성명 (Name) : 박성미	직위 (Title) : 기술책임자 성명 (Name) : 이민수

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.

2021년 07월 28일

한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS,
Republic of KOREA

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory



(주) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

경기도 안산시 상록구 해안로 723

TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

E-mail : standard@ktl.re.kr

성적서번호 : 21-050160-01-2

Certificate No.

페이지 (2) / (총 2)

page of pages



- ◇ 기기명 : 염도계
- ◇ 제작회사 및 형식 : LUTRON / YK-31SA
- ◇ 기기번호 : Q876248

단위 : %

기 준 값	지 시 값	보 정 값	측 정 불 확 도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)
3.00	3.12	-0.12	0.02
5.00	5.00	0.00	0.02
8.00	7.55	0.45	0.02

* 기준온도 : 20 °C 끝.

FP104-10-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

교정성적서

CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원 경기도 안산시 상록구 해안로 723 TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389	성적서 번호 : 21-050160-01-3 Certificate No.	
	페이지 (1) / (총 2) Page of Pages	

1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

2. 측정기 (Calibration Subject)

기기명 (Description) : 내/외측 캘리퍼

제조회사 및 형식 (Manufacturer and Model Name) : Mitutoyo / (0 ~ 150, 0.01) mm

기기번호 (Serial Number) : A16019562

3. 교정일자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 28일

4. 교정환경 (Environment)

온도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) °C

습도 (Humidity) : (49 ± 1) % R.H.

교정장소 (Location) : ☒ 고정표준실 (KTL Lab.)

☐ 이동교정 (Mobile Lab.)

☐ 현장교정 (On Site Calibration)

(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정표준의 소급성 (Traceability)

교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :

위의 기기는 내/외측/기어 이두께 캘리퍼, 캘리퍼 게이지의 교정업무기준(CP801-10601-1)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정되었음.

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 The due date of next Calibration	교정기관 Calibration Laboratory
Gauge blocks	Mitutoyo / 0 grade	1106288	2024. 04. 06	한국산업기술시험원
Step gauges	Mitutoyo / 300 mm	430127	2024. 07. 01	한국산업기술시험원

6. 교정결과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

비고(NOTE)

- 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
- 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
- 고객응용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성명 (Name) : 오제상 오제상	직위 (Title) : 기술책임자 성명 (Name) : 황영수 황영수

위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인받은 분야의 교정결과입니다.

2021년 07월 28일

한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS,
Republic of KOREA

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory



(주) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

교 정 결 과

CALIBRATION RESULTS

경기도 안산시 상록구 해안로 723

Tel : 031-500-0217 Fax : 031-500-0389

E-mail : standard@ktl.re.kr

성적서 번호 : 21-050160-01-3

Certificate No.

페이지 (2) / (총 2)

Page of Pages



◇ 기기명 : 내/외측 캘리퍼

◇ 제작회사 및 형식 : Mitutoyo / (0 ~ 150, 0.01) mm

◇ 기기번호 : A16019562

1. 외측측정의 눈금정확도

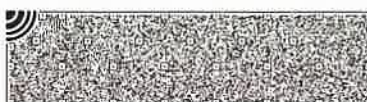
눈금값 (mm)	보정값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)
0	0.00	0.01
20	0.03	
50	0.03	
100	0.03	
150	0.03	

2. 내측측정의 눈금정확도

눈금값 (mm)	보정값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)
-	-	0.01
20	0.05	
50	0.05	
100	0.05	
150	0.05	

끝

FP104-10-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 성적서 (TEST REPORT)



한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 21-050160-01-4
Report No.

페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

의뢰일자 (Date of Receipt) : 2021. 07. 26.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : 테스트 햄머

제조회사 (Manufacturer) : KAMEKURA

모델명 (Model Name) : 2013 / N Type

제조번호 (Serial Number) : 88335

기타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2021년 08월 02일 ~ 2021년 08월 02일

5. 시험장소 (Location of Test) :

☒ KTL 고정시험실 (주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

☐ 현장시험

6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

- 비고(Note) :
- 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
 - 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 제 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(‘원본’이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
 - 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서의 원본내용 확인이 가능하며, KTL 보관 원본과의 동일성은 고객전용홈페이지 (customer.ktl.rc.kr)의 "성적서 원본확인"창에서 비교가능 합니다.
 - 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 표준 및 KOLAS 인정과 관련이 없습니다.

확 인 Affirmation	작성자 (Tested by)	기술책임자 (Technical Manager)
	성 명 (Name): 김태영 	성 명 (Name): 문재택 

2021. 08. 02.

한국산업기술시험원



경기도 안산시 상록구 해안로 723 (723, Hae-an-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel. 031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP104-05-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험결과 (Test Results)

1. 일반사항

- ◇ 제품명 : 테스트 햄머
- ◇ 제작회사 : KAMEKURA
- ◇ 모델명 : 2013 / N Type
- ◇ 제조번호 : 88335

2. 사용된 표준장비 명세

사용장비명	제작회사 및 형식	기기번호
Description	Manufacturer and Model	Serial Number
Test Anvil	KAMEKURA / 57	C02002
Test Anvil	KAMEKURA / 82	None

3. 시험방법

- 기준 Test Anvil 값과 비교 시험한다.

4. 시험결과

1) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과

* 단위 : R

표준값	지시값					평균값	측정불확도
	1회	2회	3회	4회	5회		
57	57	56	56	57	58	57.1	2.4
	6회	7회	8회	9회	10회		
	57	57	58	58	57		

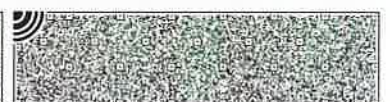
* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)

2) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과

* 단위 : R

표준값	지시값					평균값	측정불확도
	1회	2회	3회	4회	5회		
82	87	86	86	85	86	86.1	2.4
	6회	7회	8회	9회	10회		
	86	87	85	86	87		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$) 끝.



시험 성적서 (TEST REPORT)



한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 21-050160-01-5
Report No.

페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 3층 301호(야탑동, 동아체인)

의뢰일자 (Date of Receipt) : 2021. 07. 26.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : 테스트 햄머

제조회사 (Manufacturer) : 제일제측기

모델명 (Model Name) : NJ-80 / N TYPE

제조번호 (Serial Number) : 008397

기타 (Remark) :

4. 시험기간 (Date of Test) : 2021년 08월 02일 ~ 2021년 08월 02일

5. 시험장소 (Location of Test) :

☒ KTL 고정시험실 (주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

☐ 현장시험

6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

- 비고(Note) :
1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
 2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(원본이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
 3. 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서의 원본내용 확인이 가능하며, KTL 보관 원본과의 동일성은 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)의 "성적서 원본확인"창에서 비교가능 합니다.
 4. 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 표준 및 KOLAS 인정과 관련이 없습니다.

확 인 Affirmation	작성자(Tested by)	(Signature)	기술책임자(Technical Manager)	(Signature)
	성명(Name): 김태영		성명(Name): 문재택	

2021. 08. 02.

한국산업기술시험원



경기도 안산시 상록구 해안로 723(723, Hae-an-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) Tel.031-500-0217 Fax. 031-500-0389

FP104-05-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험결과 (Test Results)

1. 일반사항

- ◇ 제품명 : 테스트 햄머
- ◇ 제작회사 : 제일계측기
- ◇ 모델명 : NJ-80 / N TYPE
- ◇ 제조번호 : 008397

2. 사용된 표준장비 명세

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number
Test Anvil	PROCEQ / 41	SA01-000-0059
Test Anvil	KONSOL / 60	KS0228
Test Anvil	PROCEQ / 81	E09089

3. 시험방법

- 기준 Test Anvil 값과 비교 시험한다.

4. 시험결과

1) Test Anvil (PROCEQ)을 이용한 비교시험결과

* 단위 : R

표준값	지시값					평균값	측정불확도
41	1회	2회	3회	4회	5회	36.7	3.6
	36	37	37	38	35		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	37	35	38	36	38		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)

2) Test Anvil (KONSOL)을 이용한 비교시험결과

* 단위 : R

표준값	지시값					평균값	측정불확도
60	1회	2회	3회	4회	5회	55.9	2.4
	56	57	56	55	56		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	55	56	57	55	56		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)

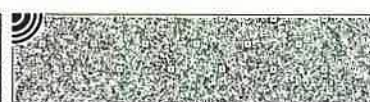
3) Test Anvil (PROCEQ)을 이용한 비교시험결과

* 단위 : R

표준값	지시값					평균값	측정불확도
81	1회	2회	3회	4회	5회	75.9	2.4
	76	77	76	76	77		
	6회	7회	8회	9회	10회		
	75	76	75	75	76		

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$) 끝.

FP104-06-00



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

4. 상태평가 결과자료

4.1 범안대교

[범안대교-범물방향] [강상자형교] 결과표

개별교량명 : 범안대교		범물방향													
부재의 분류		상부구조		2차부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화(상)	탄산화(하)	염화물(상)	염화물(하)
S1/A1	강판형	a	b	a	a	a	b	b	a	a	Q	a	a	x	x
평균		0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.100	0.100	0.000	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균X가중치)/가중치합		0.018	0.040	0.005	0.007	0.003	0.004	0.018	0.009	0.020	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =														0.131	
2. 상태평가 결과 =														B	

[범안대교-범물방향] [강상자형교] 결과표

개별교량명 : 범안대교		범물방향													
부재의 분류		상부구조		2차부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화(상)	탄산화(하)	염화물(상)	염화물(하)
S2/P1	강상자형교	b	a	a	b	a	b	b	a	b	Q	x	x	x	x
S3/P2	강상자형교	b	a	a	a	a	b	x	a	b	Q	a	a	x	x
S4/P3	강상자형교	b	b	a	a	c	b	x	a	b	Q	a	a	x	a
S5/P4	강상자형교	a	a	a	b	c	b	b	a	b	Q	x	a	x	x
S6/P5	강상자형교	b	a	a	a	c	b	x	a	a	Q	a	x	a	x
S7/P6	강상자형교	a	a	a	b	c	b	x	a	b	Q	x	x	x	x
S8/P7	강상자형교	a	a	a	b	a	b	x	a	c	Q	x	x	x	x
S9/P8	강상자형교	a	a	a	a	a	b	b	a	c	Q	x	x	x	x
S10/P9	강상자형교	a	a	a	a	a	b	x	b	b	Q	x	x	x	x
S11/P10	강상자형교	b	a	a	a	a	b	x	a	a	Q	a	x	a	x
A2	강상자형교	x	x	x	x	x	x	b	a	b	Q	x	x	x	x
평균		0.150	0.110	0.100	0.140	0.220	0.200	0.200	0.109	0.218	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.027	0.022	0.005	0.010	0.007	0.004	0.018	0.010	0.044	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =														0.153	
2. 상태평가 결과 =														B	

[범안대교-안심방향] [강상자형교] 결과표

개별교량명 : 범안대교		안심방향													
부재의 분류		상부구조		2차부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화(상)	탄산화(하)	염화물(상)	염화물(하)
S1/A1	강판형	a	a	a	b	a	b	b	a	b	Q	a	a	x	x
평균		0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.200	0.200	0.100	0.200	0.000	0.100	0.100	0.000	0.000
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3	0	0
(평균X가중치)/가중치합		0.018	0.020	0.005	0.014	0.003	0.004	0.018	0.009	0.040	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
1. 환산결함도 점수 =														0.138	
2. 상태평가 결과 =														B	

[범안대교-안심방향] [강상자형교] 결과표

개별교량명 : 범안대교		안심방향													
부재의 분류		상부구조		2차부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화(상)	탄산화(하)	염화물(상)	염화물(하)
S2/P1	강상자형교	a	b	a	b	a	b	b	b	b	Q	x	x	x	a
S3/P2	강상자형교	b	b	a	b	a	b	x	a	b	Q	x	a	x	x
S4/P3	강상자형교	a	a	a	b	a	b	x	a	b	Q	a	a	x	x
S5/P4	강상자형교	b	b	a	b	a	b	b	a	b	Q	x	a	x	x
S6/P5	강상자형교	a	a	a	b	a	b	x	a	a	Q	x	a	x	x
S7/P6	강상자형교	b	b	a	b	a	b	x	a	b	Q	a	x	a	x
S8/P7	강상자형교	a	a	a	b	a	b	x	a	c	Q	x	x	x	x
S9/P8	강상자형교	a	a	a	b	a	b	b	a	b	Q	x	x	x	x
S10/P9	강상자형교	a	a	b	b	a	b	x	b	a	Q	x	x	x	x
S11/P10	강상자형교	b	a	a	b	a	b	x	a	b	Q	a	a	x	a
A2	강상자형교	x	x	x	x	x	x	c	a	a	Q	x	x	x	x
평균		0.140	0.140	0.110	0.200	0.100	0.200	0.250	0.118	0.191	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.025	0.028	0.006	0.014	0.003	0.004	0.023	0.011	0.038	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산결함도 점수 =														0.158	
2. 상태평가 결과 =														B	

[범안대교 강상자형교] 결과표

개별교량명 :		범안대교				
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 X 연장비
범안대교(범물방향)	강판형	0.131	B	30	0.055	0.007
범안대교(범물방향)	강상자형교	0.153	B	515	0.945	0.144
합계(Σ)				545	1.000	0.152
<평가자 의견>						
1. 환산결함도 점수 =						0.152
2. 상태평가 결과 =						B

[범안대교 강상자형교] 결과표

개별교량명 :		범안대교				
구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 X 연장비
범안대교(안심방향)	강판형	0.138	B	30	0.055	0.008
범안대교(안심방향)	강상자형교	0.158	B	515	0.945	0.149
합계(Σ)				545	1.000	0.157
<평가자 의견>						
1. 환산결함도 점수 =						0.157
2. 상태평가 결과 =						B

[범안대교] 상태평가 결과표

교 량 명 :		범안대교					
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (M)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
범안대교(범물방향)	0.152	B	545	3	1,635	0.500	0.076
범안대교(안심방향)	0.157	B	545	3	1,635	0.500	0.078
합계(Σ)			1,090		3,270	1	0.154
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =							0.154
2. 상태평가 결과 =							B



5. 안전성평가 및 내진성능평가 자료

5.1 안전성평가

5.2 내진성능평가

5.1 안전성평가

범안대학교 구조계산서

목 차

1. 설계조건
2. 바닥판 설계
3. G1 외측 - S11경간 최대정모멘트
4. G1 외측 - P10 최대부모멘트
5. G2 내측 - S11경간 최대정모멘트
6. G2 내측 - P10 최대부모멘트

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 범안대교
- (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
- (3) 교 량 형 식 : 강상형교
- (4) 교 량 연 장 : 30.0+3@55.0+4@50.0+3@50=545.0M
- (5) 교 량 폭 원 : B = 14.450 m
- (6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.400 m
- (7) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM490(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부의 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 일반부 가로보, 지점부 가로보)
강재 탄성계수 (E_{st})	205,000.000 MPa
강재의 전단탄성계수 (G)	79,000.000 MPa

▪ 허용 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류,	판두께 (mm)							
축방향 인장응력 및 휨 인장응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
㉠ 휨 압축응력	40 이하	140	190	215	270	230	270	380
	40 초과 75 이하	130	175 (190)	200 (215)	260 (270)			
	75 초과 100이하			195 (215)	250 (270)			
전단응력	40 이하	80	110	125	155	135	155	220
	40 초과 75 이하	75	100 (110)	115 (125)	150 (155)			
	75 초과 100이하			115 (125)	145 (155)			
지압응력 (강판과 강판 사이)	40 이하	210	285	325	405	345	405	570
	40 초과 75 이하	195	265 (285)	300 (325)	390 (405)			
	75 초과 100이하			295 (325)	375 (405)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 직접 고정되어 있는 경우, 상자형 단면, π 형 단면과 같이
횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa)

(도.설.해 3.2.5)

강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
응력 종류, 판두께 (mm)								
기준 항복점	40 이하	235	315	355	450	380	450	690
	40 초과 75 이하	215	295 (315)	335 (355)	430 (450)			
	75 초과 100이하			325 (355)	420 (450)			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용하고, HSB 600인 경우에는 []안의 값을 적용한다.

강종 판두께 (mm)	SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 [SM570-TMC]
40 이하	$140 : \frac{l}{r} \leq 18.6$ $140 - 0.82 \left(\frac{l}{r} - 18.6 \right) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \leq 92.8$ $\frac{1,200,000}{6,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \leq 16.0$ $190 - 1.29 \left(\frac{l}{r} - 16.0 \right) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \leq 80.1$ $\frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \leq 15.1$ $215 - 1.55 \left(\frac{l}{r} - 15.1 \right) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \leq 75.5$ $\frac{1,200,000}{4,400 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \leq 19.4$ $130 - 0.73 \left(\frac{l}{r} - 19.4 \right) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \leq 97$ $\frac{1,200,000}{7,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \leq 16.6$ $175 - 1.15 \left(\frac{l}{r} - 16.6 \right) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \leq 82.8$ $\frac{1,200,000}{5,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \leq 15.5$ $200 - 1.4 \left(\frac{l}{r} - 15.5 \right) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \leq 77.7$ $\frac{1,200,000}{4,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \leq 13.7$ $260 - 2.07 \left(\frac{l}{r} - 13.7 \right) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \leq 68.6$ $\frac{1,200,000}{3,600 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하	$195 : \frac{l}{r} \leq 15.8$ $195 - 1.35 \left(\frac{l}{r} - 15.8 \right) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \leq 78.9$ $\frac{1,200,000}{4,800 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \leq 13.9$ $250 - 1.96 \left(\frac{l}{r} - 13.9 \right) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \leq 69.4$ $\frac{1,200,000}{3,700 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$		
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

※ TMC 강재일 경우에는 일반강재에 40이하 값을 사용함

강종 판두께 (mm)	HSB500	HSB600	HSB800	비 고
80 이하	$230 : \frac{l}{r} \leq 14.6$ $230 - 1.72 \left(\frac{l}{r} - 14.6 \right) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \leq 73.0$ $\frac{1,200,000}{4,100 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \leq 13.4$ $270 - 2.19 \left(\frac{l}{r} - 13.4 \right) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \leq 67.1$ $\frac{1,200,000}{3,500 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \leq 18.0$ $380 - 4.18 \left(\frac{l}{r} - 18.0 \right) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \leq 54.2$ $\frac{1,200,000}{2,300 + \left(\frac{l}{r} \right)^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

▪ ㉔ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa)

(도.설.해 3.3.2.1)

강 종 판두께 (mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM490Y SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SM 570 SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \leq 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \leq 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$190 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$215 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \leq \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \leq \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$260 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$	$195 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$250 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm ²) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm ²) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

※ TMC 강재일 경우에는 ()안의 값을 적용한다.

강 종		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
판두께 (mm)					
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) :$ $3.6 < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) :$ $5.4 < \frac{l}{b} \leq 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \leq \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) :$ $\frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$	$270 : \frac{l}{b} \leq \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$	$380 : \frac{l}{b} \leq \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) :$ $\frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \leq 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (mm^2) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (mm^2) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (mm) b : 압축플랜지의 폭 (mm) $K : \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$			

▪ 강재 주거더의 허용응력 증가율

(도.설.해 3.9.3.1)

하중의 조합			증 가 율 (%)	
			정의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주 하 중	압 축 연	15	0
		인 장 연	0	0
3	주하중 + 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차	압 축 연	30	15
		인 장 연	15	15
4	가설시 하중	압 축 연	25	25
		인 장 연	25	25

▪ 마찰 이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다)

(도.설.해 3.3.2.3)

볼트의 등급	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
나사호칭					
M 20	31	39	39	50	50
M 22	39	48	48	63	63
M 24	45	56	56	73	73
M 27	58	73	73	-	-
M 30	71	89	89	-	-

2) 하 중 조 건

(1) 고 정 하 중

(도.설.해 2.1.2)

① 강 재 : 78.500 kN/m³

② 포장 콘크리트 : 23.000 kN/m³

(2) 활 하 중

(도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

$W_c = 14.450 \text{ m}$, $N = 4$ 차로

$W = 3.000 \text{ m}$

∴ 설계 차로폭 3.000m마다 4차로 연속으로 재하

② 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

▪ DB-24 하중

- 전륜하중 : $P_f = 24.000 \text{ kN}$

- 후륜하중 : $P_r = 96.000 \text{ kN}$

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중 : $W_l = 12.700 \text{ kN/m}$

- 모멘트 계산시 집중하중 : $P_m = 108.000 \text{ kN}$

- 전단력 계산시 집중하중 : $P_s = 156.000 \text{ kN}$

③ 총 격 계 수

▪ 1 지간

$i = 15 / (40 + L) = 0.1500 < 0.300 \therefore i = 0.150$

3) 설 계 방 법

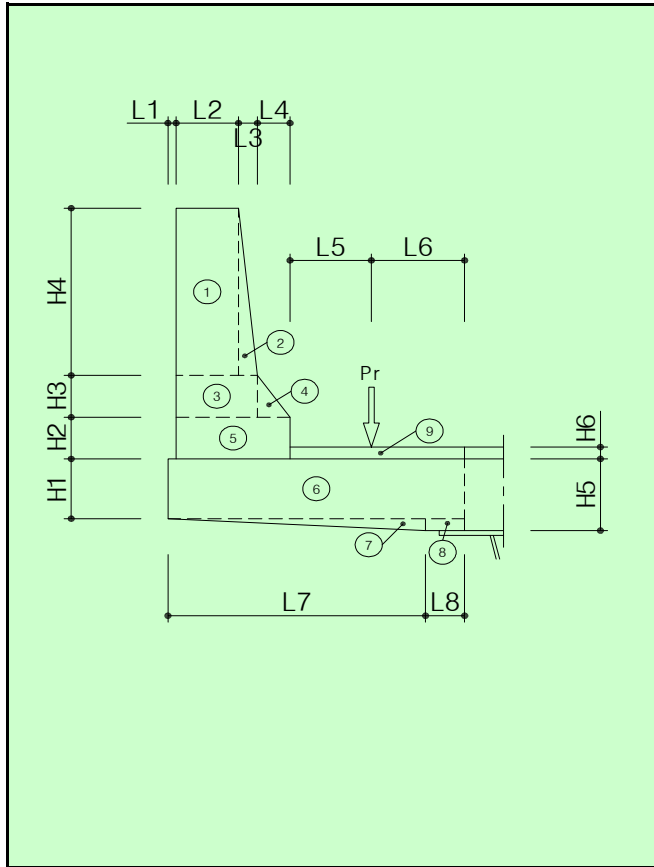
- (1) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

- (1) 도로교 설계기준 (2010)
- (2) 도로교 설계기준 해설 (2008)
- (3) 콘크리트 구조 설계기준 (2012)
- (4) 도로설계 편람 (2008)
- (5) 도로설계 요령 (2001)
- (6) 강구조 편람 (1995)
- (7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 바닥판 설계

2.1 캔틸레버부



H1	0.250 m	L1	0.030 m
H2	0.205 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.700 m	L4	0.120 m
H5	0.300 m	L5	0.300 m
H6	0.080 m	L6	0.500 m
H7	0.000 m	L7	1.250 m
R	∞	L8	0.000 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m
콘크리트 단위중량		25.000 kN/m ³	
무근콘크리트 단위중량		23.500 kN/m ³	
포장 단위중량		23.000 kN/m ³	
DB 1후륜 하중 (Pr)		96.000 kN	
탱크 총 중량			
탱크궤도 길이			
탱크하중 작용점(L5)			
트레일러 1후륜 하중			
트레일러하중 작용점(L5)			

(1) 고정 하중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	$0.230 \times 0.700 \times 25.000$	4.025	1.105	4.448
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.700 \times 25.000$	0.613	0.967	0.592
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	1.070	1.404
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.880	0.231
5	$0.420 \times 0.205 \times 25.000$	2.153	1.010	2.174
6	$1.250 \times 0.250 \times 25.000$	7.813	0.625	4.883
7	$\frac{1}{2} \times 1.250 \times 0.050 \times 25.000$	0.781	0.417	0.326
8	$0.000 \times 0.050 \times 25.000$	0.000	0.000	0.000
9	$0.800 \times 0.080 \times 23.000$	1.472	0.400	0.589
TOTAL		18.431		14.646

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 유효하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.500 + 1.14 = 1.540 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.500 \text{ m}$$

▪ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.500) = 0.370 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.540) \times 0.500 \times (1 + 0.30) = 40.519 \text{ kN·m/m}$$

(3) 차량 충돌 하중

(도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^{2 \times 7.5+2.5}$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

$$H = (60.000 / 60)^2 \times 7.5 + 2.5 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.230 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.230 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

$$H = 10.000 = 10.000 \text{ kN/m} \quad \text{작용높이 } h = 1.230 \text{ m}$$

$$M_{co} = 10.000 \times 1.230 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

$$M_{co} = 12.300 = 12.300 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(4) 풍 하 중

(3.000 kN/m²)

(도.설.해 2.1.11)

$$P_w = 3.000 \times 1.000 = 3.000 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 3.000 \times (1.000 / 2 + 0.08 + 0.30 / 2) = 2.190 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

(5) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M _D)	활하중(M _{L+i})	균중하중(M _{L+i})	충돌하중(M _{co})	난간충돌하중(M _{co})	풍하중(M _w)	원심하중(M _{CF})
모 멘 트	14.646	40.519	0.000	12.300	0.000	2.190	0.000

(6) 하 중 조 합

(도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M _D	M _{L+i}	M _{co}	M _w	M _{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(7) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{C0}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	19.040	87.117			0.000	106.157
CASE 2	"	19.040	52.675	15.990		0.000	87.705
CASE 3	"	19.040	52.675		1.424	0.000	73.139
CASE 4	"	17.575		14.760	2.628		34.963
CASE 5	"	19.040			2.847		21.887
최대 계수 모멘트							106.157
CASE 6	"	14.646	40.519		0.657	0.000	55.823
CASE 7	"	14.646	40.519	0.000		0.000	55.166
최대 사용 모멘트							55.823

(8) 캔틸레버판 단부 설계

(도.설.해 4.7.6.4)

- ① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.
- ② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.
- ③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(9) 바닥판의 최소 두께 ($X = 0.50 > 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

$$h_{\min} = (80 \cdot L + 230) = (80 \times 0.500 + 230) = 270.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{\text{req}} = 270.0 \text{ mm}$$

$$h_{\text{use}} = 300.0 \text{ mm} > h_{\text{req}} = 270.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(10) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$	철근의 항복강도	$f_y = 400 \text{ MPa}$
설 계 모 멘 트	$M_u = 106.157 \text{ kN-m}$	휨 강 도 감 소 계 수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 300 \text{ mm}$	부 재 폭	$b = 1,000 \text{ mm}$
인 장 피 복	$d' = 60 \text{ mm}$	유효 높 이	$d = 240 \text{ mm}$

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

$$(1), (2) \text{에 의해 요구철근량} \quad \text{Req. } A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7f_{ck} b}} = 1,369 \text{ mm}^2$$

$$\text{균형철근비} \quad P_b = 0.85 K_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$$

$$\text{최대철근비} \quad P_{\max} = 0.75 \times P_b = 0.02195$$

$$\text{최소철근비} \quad P_{\min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$\text{최소철근량} \quad A_{s \min} = P_{\min} \times b \times d = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{최소철근량} \quad A_{s \min} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} b d = 779 \text{ mm}^2 \quad \left. \vphantom{\frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} b d} \right\} \therefore \text{최소철근량 } A_s = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{해석요구량} \quad \text{Req. } A_s = 1,369 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량} \quad A_{s \min} = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{그러므로 요구되는 철근량} \quad \text{Req. } A_s = 1,369 \text{ mm}^2$$

사용철근량	Use $A_s =$	H16 @ 125	=	1,589 mm ²
		0 @ 200	=	0 mm ²
Total Use A_s			=	1,589 mm ²

∴ O.K

$$\text{사용철근비} \quad \text{Use } P = 1,589 / (1000 \times 240) = 0.00662, \quad a = 28 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 122.08 \text{ kN-m}$$

$$\text{그러므로,} \quad \phi M_n = 122.08 \text{ kN-m} > M_u = 106.16 \text{ kN-m} \quad \therefore \text{O.K}$$

(7) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	$f_{ck} = 27$ MPa	철근의 항복강도	$f_y = 400$ MPa
설 계 모 멘 트	$M_u = 74.373$ kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 250$ mm	부 재 폭	$b = 1,000$ mm
인 장 피 복	$d' = 40$ mm	유효 높 이	$d = 210$ mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req. A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7 f_{ck} b}} = 1,091 \text{ mm}^2$

균형철근비 $P_b = 0.85 k_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.02926$

최대철근비 $P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.02195$

최소철근비 $P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

최소철근량 $A_{s_{min}} = P_{min} \times b \times d = 735 \text{ mm}^2$

최소철근량 $A_{s_{min}} = \frac{0.25 \sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd = 682 \text{ mm}^2$ } $\therefore$ 최소철근량 $A_s = 735 \text{ mm}^2$
(두값중 큰값 적용)
----- (도.기 4.3.6.1)

해석요구량 $Req. A_s = 1,091 \text{ mm}^2 >$ 최소철근량 $A_{s_{min}} = 735 \text{ mm}^2$

그러므로 요구되는 철근량 $Req. A_s = 1,091 \text{ mm}^2$

사용철근량	Use $A_s =$	H16 @ 125	=	1,589 mm^2	
		0 @ 125	=	0 mm^2	
Total Use A_s			=	1,589 mm^2	$\therefore$ O.K

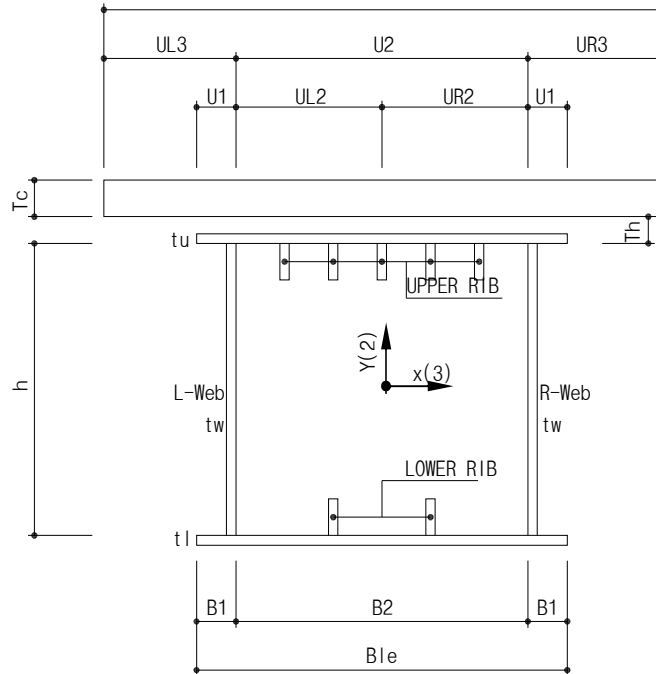
사용철근비 Use $P = 1,589 / (1000 \times 210) = 0.00757$, $a = 28 \text{ mm}$

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 105.88 \text{ kN-m}$

그러므로, $\phi M_n = 105.88 \text{ kN-m} > M_u = 74.37 \text{ kN-m} \therefore$ O.K

3. G1 외측 - S11경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	6,853.370
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,397.860
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,455.790
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	69.420
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	53.230
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	216.720
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	203.460

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

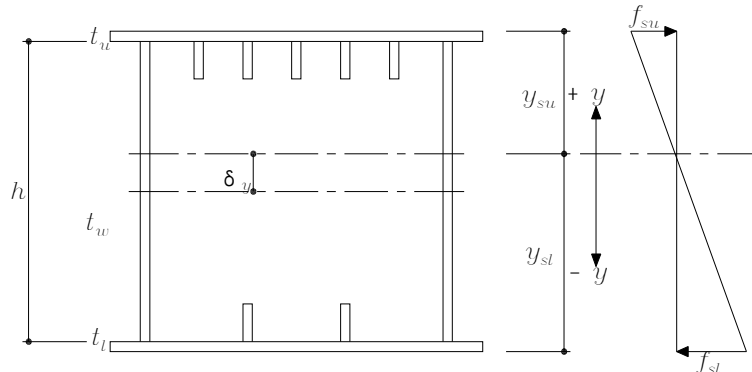
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,600.0 × 12.0	31,200.0	1,206.0	3.763E+07	4.538E+10	3.744E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 2,400.0 × 12.0	28,800.0	-	-	-	1.382E+10
R - WEB	1 - 2,400.0 × 12.0	28,800.0	-	-	-	1.382E+10
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-1,125.0	-4.050E+06	4.556E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 12.0	31,200.0	-1,206.0	-3.763E+07	4.538E+10	3.744E+05
강재 단면 합계		134,100.0	-	7.238E+06	1.074E+11	2.768E+10
RC. SLAB	1 - 4,872.0 × 240.0	1,169,280.0	1,370.0	1.602E+09	2.195E+12	5.613E+09

SLAB 단면 합계	1,169,280.0	-	1.602E+09	2.195E+12	5.613E+09
※ $A_s = 134,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,169,280.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,237,500.0 / 134,100.0 = 53.971 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,400.0 / 2 + 12.0 - 53.971 = 1,158.029 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,400.0 / 2 + 12.0 + 53.971 \} = -1,265.971 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 27,675,186,300.0 + 107,447,118,900.0 - 134,100.0 \times 53.971^2 = 1.347E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토 (도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 6,853.370 \times 1,158.0 / 134,731,690,686.6 = 58.905 \text{ MPa}$$

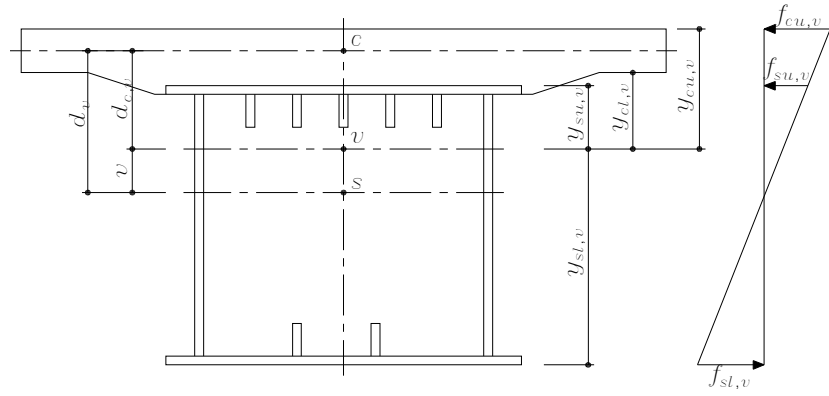
$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 6,853.370 \times -1,266.0 / 134,731,690,686.6 = -64.396 \text{ MPa}$$

▪ 부재의 전단응력 검토 (도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 5.810E+06 \text{ mm}^2$$

$$v = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 69.420 / 57,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 1.205 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 134,100.0 + 0.0 = 134,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,316.0 - 0.0 = 1,316.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 134,731,690,686.6 + 134,100.0 \times 0.0^2 + 701,568,000.0 + 0.0 \times 1,316.0^2 = 1.354\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,158.0 - 0.0 = 1,158.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,266.0 - 0.0 = -1,266.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,397.860 \times 1,158.0 / 135,433,258,686.6 = 20.503 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,397.860 \times -1,266.0 / 135,433,258,686.6 = -22.414 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,397.860 \times 1,436.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 3.178 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,397.860 \times 1,196.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 2.647 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 5.889\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 53.230 / 57,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 0.924 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,455.790 \times 1,158.0 / 135,433,258,686.6 = 38.099 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,455.790 \times -1,266.0 / 135,433,258,686.6 = -41.651 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,455.790 \times 1,436.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 5.906 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,455.790 \times 1,196.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 4.919 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w) = 216.720 / 57,600.0 + 203.460 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 5.202 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 339.370 / 57,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 203.460 / 141,340,909.7 = 7.331 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 7.3 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(5) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b/(t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 131.1 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 190.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, } \pi \text{형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 131.1 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	58.905	-64.396	131.067	190.000
1+2	-	-	-	-	79.408	-86.810	131.067	190.000
3	-	-	-	-	38.099	-41.651	131.067	190.000
1+2+3	-	-	-	-	117.508	-128.461	131.067	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.202	0.115	0.004	0.004	0.206	0.119	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.804	0.457	0.004	0.004	0.808	0.462	O.K !!	O.K !!

(7) 변형률 산출

- 상연 변형률 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 117.508 / 210000 = 5.596E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 128.461 / 210000 = 6.117E-04$$

(8) 항복에 대한 안전도 검사

(도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

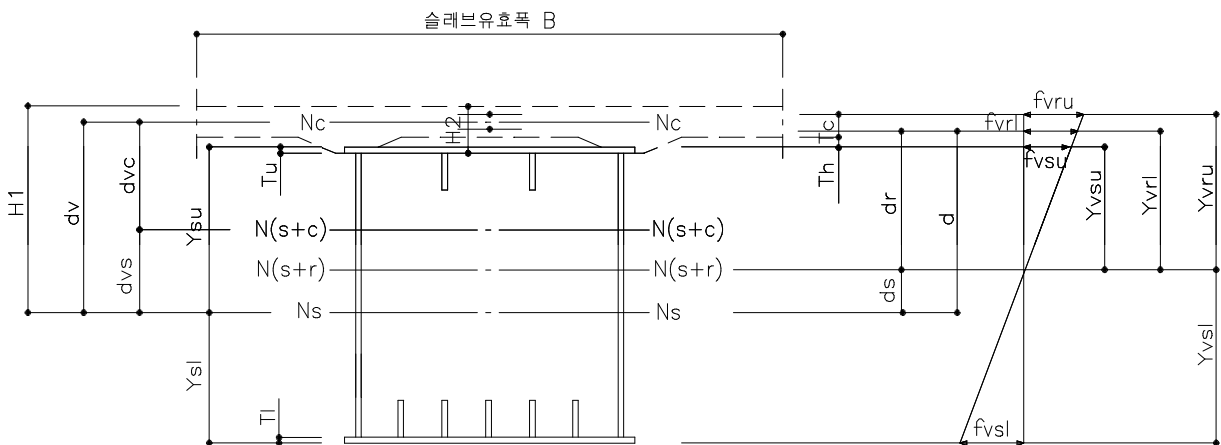
하 중 조 합	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력 (MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	76.577	-83.715	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	185.145	-202.402	320.000	0.K !!

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2322.0	22.0	51084	1211.0	61862724	74915758764	2060388
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1125.0	4050000	4556250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
1 - R_WEB	12.0	2400.0	28800	0.0	0	0	13824000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1125.0	-10125000	11390625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2322.0	20.0	46440	-1210.0	-56192400	67992804000	1548000
강단면 합계			167724		-404676	158855437764	27675233388
UPPER RE-BAR	-	-	12575.6	1420.0	17857336	25357416987	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1300.0	4025450	5233085000	-
RE-BAR 합계			15672		21882786	158855437764	-
1 - RC SLAB	4873.0	240.0	1169520	1370.0	1602242400	2195072088000	5613696000

$$* A_s = 167724 \text{ mm}^2, A_c = 1169520 \text{ mm}^2, A_r = 15672 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$I_s^I = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 158855437764 + 27675233388 = 186530671152 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \quad -404676 \quad / \quad 167724 \quad = \quad -2.413 \quad \text{mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 186530671152 - 167724 \times -2.413^2 = 186529694770 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2400.0 / 2 + 22.0 - -2.413 = 1224.413 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1224.413 - 2442.000 = -1217.587 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + TI/2) = 5839452 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -70.084 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 69.694 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 21.930 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 183396 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1398.703 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1279.177 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 119.526 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1302.887 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1182.887 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1104.887 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1337.113 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 214570022565 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 5875632.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -24.111 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -21.890 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -20.447 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 24.744 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 9.235 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -35.526 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -32.254 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -30.127 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 36.459 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.843 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_{c/n} = 313914 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1372.413 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 733.279 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 639.134 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_{c/n_1} = 240819 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n_1} + A_s) = 955.849 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 416.564 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 334351394600 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1273088 \text{ N}$$

$$P_\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi_1 / (2 + \phi_1) = -1273088 \text{ N}$$

$$M_\phi = P_\phi \cdot dc1 = -1216879951 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi_1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$f_{vru1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -5.493 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -5.627 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -5.714 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P_\phi / A_v + k \cdot M_\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -8.428 \text{ MPa}$$

(6) 건조축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi_2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 216454 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1063.443 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 308.969 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2631420 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 2798365968 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 11.018 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 11.325 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.524 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.766 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3508560 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot d_{vc} = 2572753502 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 24.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.931 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -7.649 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 16.534 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 22.273 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v T_w)) = 47.069 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F T_w) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v T_w)) = 30.999 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w / 2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 47.069 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(5) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000$$

$$\because \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.333 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 205.600$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.000 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 550.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-70.084	69.694	190.000	190.000
1+2	-24.111	-21.890	160.000	-90.531	94.438	190.000	190.000
1+2+3	-59.636	-54.144	160.000	-120.658	130.897	190.000	190.000
1+2+3+5	-65.130	-59.771	160.000	-126.371	122.469	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-54.112	-48.446	160.000	-114.847	140.235	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-62.043	-56.095	184.000	-98.313	162.508	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-46.181	-40.797	184.000	-131.382	117.961	218.500	218.500
1+2+4	-24.111	-21.890	200.000	-90.531	94.438	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-59.636	-54.144	200.000	-120.658	130.897	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-65.130	-59.771	200.000	-126.371	122.469	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-54.112	-48.446	200.000	-114.847	140.235	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-62.043	-56.095	216.000	-98.313	162.508	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-46.181	-40.797	216.000	-131.382	117.961	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-126.371}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.069}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.442 + 0.183 = 0.625 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{162.508}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{47.069}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.553 + 0.183 = 0.736 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

- 풍하중 비재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$
 + (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$
 + $1.3 \times 1/2$ 활하중 비재하시의 풍하중 응력 + 크리프 응력 + 건조수축 응력 + 온도차 응력
 의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -24.111 + 2.15 \times -35.526 + (-5.493) + (11.018) + (7.931)$$

$$= -110.131 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -24.111 + 2.15 \times -35.526 + (7.931) \\ &= -115.655 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -24.111 + 1.3 \times 0 + (-5.493) + (11.018) + (7.931) \\ &= -33.751 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -24.111 + 2.15 \times -35.526 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.493) + (11.018) + (7.931) \\ &= -110.131 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-70.084 + -20.447) + 2.15 \times -30.127 + (-5.714) + (11.524) + (16.534) \\ &= -193.187 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-70.084 + -20.447) + 2.15 \times -30.127 + (16.534) \\ &= -198.997 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-70.084 + -20.447) + 1.3 \times 0 + (-5.714) + (11.524) + (16.534) \\ &= -128.414 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-70.084 + -20.447) + 2.15 \times -30.127 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.714) + (11.524) + (16.534) \\ &= -193.187 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (69.694 + 24.744) + 2.15 \times 36.459 + (-8.428) + (17.766) + (-22.273) \\ &= 232.767 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (69.694 + 24.744) + 2.15 \times 36.459 + (-22.273) \\ &= 223.429 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

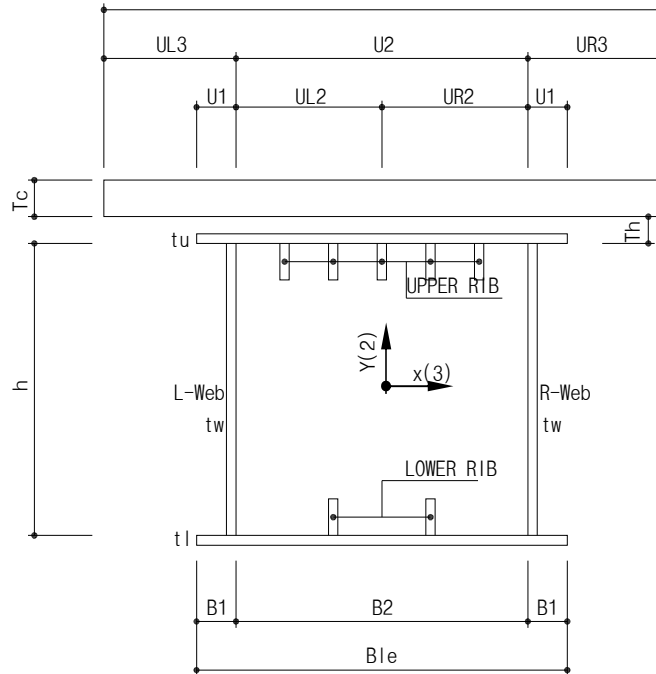
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (69.694 + 24.744) + 1.3 \times 0 + (-8.428) + (17.766) + (-22.273) \\ &= 154.381 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (69.694 + 24.744) + 2.15 \times 36.459 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-8.428) + (17.766) + (-22.273) \\ &= 232.767 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

5. G2 내측 - S11경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	6,851.850
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,353.550
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,621.020
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	177.750
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	38.880
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	300.610
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	226.140

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

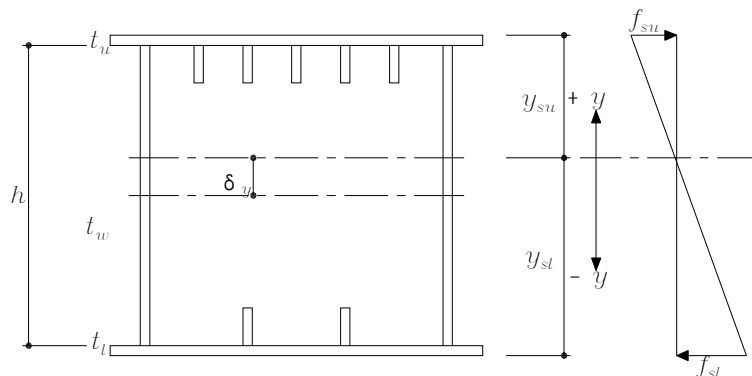
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 2,600.0 × 12.0	31,200.0	1,206.0	3.763E+07	4.538E+10	3.744E+05
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 2,400.0 × 12.0	28,800.0	-	-	-	1.382E+10
R - WEB	1 - 2,400.0 × 12.0	28,800.0	-	-	-	1.382E+10
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-1,125.0	-4.050E+06	4.556E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 12.0	31,200.0	-1,206.0	-3.763E+07	4.538E+10	3.744E+05
강재 단면 합계		134,100.0	-	7.238E+06	1.074E+11	2.768E+10
RC. SLAB	1 - 4,872.0 × 240.0	1,169,280.0	1,370.0	1.602E+09	2.195E+12	5.613E+09

SLAB 단면 합계	1,169,280.0	-	1.602E+09	2.195E+12	5.613E+09
※ $A_s = 134,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,169,280.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = 7,237,500.0 / 134,100.0 = 53.971 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 2,400.0 / 2 + 12.0 - 53.971 = 1,158.029 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 2,400.0 / 2 + 12.0 + 53.971 \} = -1,265.971 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 27,675,186,300.0 + 107,447,118,900.0 - 134,100.0 \times 53.971^2 = 1.347E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 6,851.850 \times 1,158.0 / 134,731,690,686.6 = 58.892 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 6,851.850 \times -1,266.0 / 134,731,690,686.6 = -64.382 \text{ MPa}$$

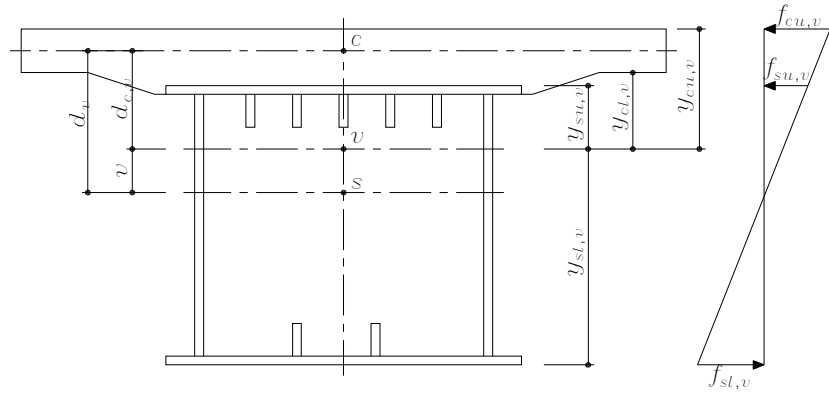
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

$$F = 5.810E+06 \text{ mm}^2$$

$$v = V_s / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w)$$

$$= 177.750 / 57,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 3.086 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 134,100.0 + 0.0 = 134,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,316.0 - 0.0 = 1,316.0 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 134,731,690,686.6 + 134,100.0 \times 0.0^2 + 701,568,000.0 + 0.0 \times 1,316.0^2 = 1.354\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,158.0 - 0.0 = 1,158.0 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -1,266.0 - 0.0 = -1,266.0 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,353.550 \times 1,158.0 / 135,433,258,686.6 = 20.124 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,353.550 \times -1,266.0 / 135,433,258,686.6 = -22.000 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,353.550 \times 1,436.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 3.119 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,353.550 \times 1,196.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 2.598 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$F_v = 5.889\text{E}+06 \text{ mm}^2$$

$$u = V_{sc} / A_w + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 38.880 / 57,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 0.675 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,621.020 \times 1,158.0 / 135,433,258,686.6 = 39.512 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,621.020 \times -1,266.0 / 135,433,258,686.6 = -43.195 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,621.020 \times 1,436.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 6.125 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,621.020 \times 1,196.0 / (135,433,258,686.6 \times 8.0) = 5.101 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

$$u = V_v / A_w + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 300.610 / 57,600.0 + 226.140 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 6.819 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (V_s + V_{sc} + V_v) / A_w + M_{st} / (2 \cdot F \cdot t_w) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 \cdot F_v \cdot t_w)$$

$$= 517.240 / 57,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 226.140 / 141,340,909.7 = 10.580 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 10.6 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(5) 조합 응력의 검토

(도.설.해 3.4.2.3)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0 = 1.000$$

여기서, ϕ : 응력 구배 ($\phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0.0$)
 f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력 (단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다)
 i : 응력구배계수
 n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

- 인장 (하부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.3.2)

$$f_{ta} = 190.0 \text{ MPa}$$

- 압축 (상부)플랜지의 허용응력

(SM490 사용)

(도.설.해 3.4.2.3)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 \text{ MPa}$$

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b / (t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 131.1 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 12 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{ (t_u \cdot i \cdot n) / b \}^2 = 198.0 \text{ MPa}$$

$$f_{ca} = 190.0 \text{ MPa} \text{ (합성후 압축플랜지가 콘크리트 바닥판 등에 고정되어 있는 경우 및 박스형 단면, } \pi \text{형 단면과 같이 횡좌굴이 일어나기 어려운 경우)}$$

$$\therefore f_{ca} = 131.1 \text{ MPa}$$

- 철근 콘크리트의 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1)

$$f_{ca} = 0.40 \quad f_{ck} = 10.800 \text{ MPa}$$

($f_{ck} = 27.0 \text{ MPa}$ 사용)

$$f_{ta} = 0.07 \quad f_{ck} = 1.890 \text{ MPa}$$

- 슬래브와 주거더에 작용응력 및 허용응력

(도.설.해 3.9.3.1, 2.2.2.2)

하 중 조 합	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	-	-	-	-	58.892	-64.382	131.067	190.000
1+2	-	-	-	-	79.016	-86.382	131.067	190.000
3	-	-	-	-	39.512	-43.195	131.067	190.000
1+2+3	-	-	-	-	118.529	-129.577	131.067	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토

(도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(u/u_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.202	0.115	0.009	0.009	0.211	0.124	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.818	0.465	0.009	0.009	0.827	0.474	O.K !!	O.K !!

(7) 변형률 산출

- 상연 변형률 (도.설.기 3.4.2.2, 3.4.2.3, 3.8.3.1, 3.8.3.2, 3.9.6)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 118.529 / 210000 = 5.644E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 129.577 / 210000 = 6.170E-04$$

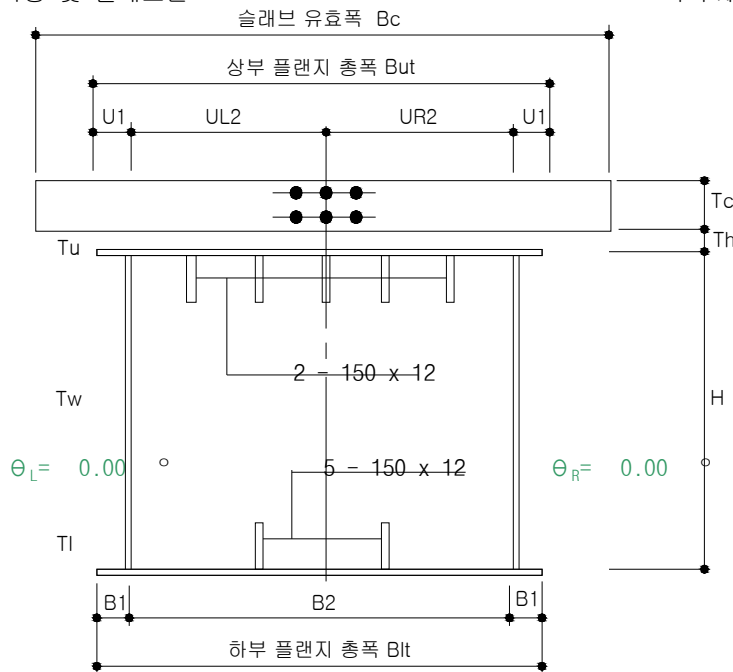
(8) 항복에 대한 안전도 검사 (도.설.기 3.9.3.2)

- 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.
- 콘크리트의 압축연응력은 f_{ck} 의 3/5를 넘어서는 안된다.

하 중 조 합	Steel				Steel			
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	판 별
	상 연	하 연			상 연	하 연		
1	-	-	-	-	76.560	-83.696	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	187.673	-205.166	320.000	0.K !!

6. G2 내측 - P10 최대부모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 2.700 m

Bc = 4.658 m

UL2= 1.200 , UR2= 1.200 m

B2 = 2.400 m

But= 2.600 , Blt= 2.600 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.322 , Ble= 2.322 m

Tc = 0.240 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.022 m

TI = 0.020 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 12 mm , 150 x 12 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	200000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
ϵ_s : 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팅창계수		0.000012
$\phi 2$: 건조수축에 의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-10,602.500
Msc : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN · m	-3,108.740
Mw : 풍하중에 의한 모멘트	kN · m	0.000
Mv : (활하중 + 지점침하)에 의한 모멘트	kN · m	-5,905.730
Ss : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	1,242.340
Ssc : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	267.830
Sw : 풍하중에 의한 전단력	kN	0.000
Sv : (활하중 + 지점침하)에 의한 전단력	kN	770.890
Mst : 합성전 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Msc : 합성후 고정하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mwt : 풍하중에 의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt : (활하중 + 지점침하)에 의한 비틀림모멘트	kN · m	786.820
t _{cu} , t _{cl} : 교축방향 철근의 피복두께	mm	70 , 50

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

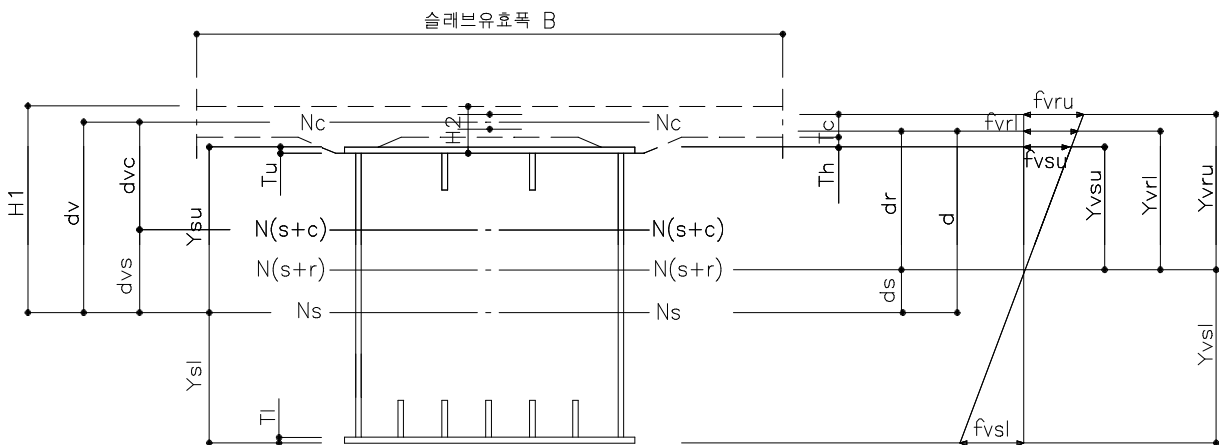
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm ²)	Y(mm)	A*Y(mm ³)	A*Y2(mm ⁴)	Ix(mm ⁴)
1 - UPPER FLANGE	2322.0	22.0	51084	1361.0	69525324	94623965964	2060388
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1275.0	4590000	5852250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
1 - R_WEB	12.0	2700.0	32400	0.0	0	0	19683000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1275.0	-11475000	14630625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2322.0	20.0	46440	-1360.0	-63158400	85895424000	1548000
강단면 합계			174924		-518076	201002264964	39393233388
UPPER RE-BAR	-	-	3096.5	1570.0	4861505	7632562850	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1450.0	4489925	6510391250	-
RE-BAR 합계			6193		9351430	201002264964	-
1 - RC SLAB	4658.0	240.0	1117920	1520.0	1699238400	2582842368000	5366016000

* As = 174924 mm² , Ac = 1117920 mm² , Ar = 6193 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

$$I_s' = A_s \cdot Y^2 + \sum I_s = 201002264964 + 39393233388 = 240395498352 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = -518076 / 174924 = -2.962 \text{ mm}$$

$$I_s = I_s' - A_s \cdot \delta s^2 = 240395498352 - 174924 \times (-2.962)^2 = 240393963956 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta s = 2700.0 / 2 + 22.0 - (-2.962) = 1374.962 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1374.962 - 2742.000 = -1367.038 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + T_u/2 + T_l/2) = 6563052 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -60.642 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 60.293 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 19.172 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 181117 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1512.962 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1461.228 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 51.733 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1521.228 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1401.228 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1323.228 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1418.772 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 254085341423 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6599232.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -18.612 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -17.144 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -16.190 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 17.359 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 4.133 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -35.358 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -32.569 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -30.756 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 32.977 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 16.864 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(4) 풍 하 중 - 활하중 비재하시의 풍하중에 의한 응력값으로 활하중 재하시에는 계산된 값의 1/2을 적용

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_w \cdot Y_{vru}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_w \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_w \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_w \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 0.000 \text{ MPa} \\u &= S_w / A(\text{Web}) + M_{wt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 0.000 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(5) 크 리 이 프

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_{c/n} = 314664 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1522.962 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 846.625 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 676.336 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_{c/n_1} = 244794 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n_1} + A_s) = 1088.272 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 434.689 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot d_{vs}^2 + A_c/n \cdot d_{vc}^2 = 421242422565 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot d_{vc} \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -873101 \text{ N}$$

$$P\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -873101 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -950171468 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{c1} = E_c / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$f_{vru1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.706 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.794 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.851 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.861 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

$$n2 = n \cdot (1 + \phi 2 / 2) = 8 \times (1 + 4.0 / 2) = 24$$

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 221504 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1202.699 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 320.263 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2515320 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 3025171903 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 10.338 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 10.618 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 10.800 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.199 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

$$\epsilon_t = \alpha \cdot t = 0.000012 \times 10 = 0.00012$$

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3353760 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot d_{vc} = 2839378627 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$E_{rt} = E_s \cdot \epsilon_t = 24.000 \text{ MPa}$$

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.815 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -8.552 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 15.619 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 21.625 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v Tw)) = 40.169 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v Tw)) = 23.305 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w/2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w/2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 40.169 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(5) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

$$i = 0.65(\phi/n)^2 + 0.13(\phi/n) + 1.0$$

$$= 0.650 \times (0.0/1)^2 + 0.130 \times (0.0/1) + 1.0 = 1.000$$

$$\because \phi = (f_1 - f_2) / f_1 \approx 0$$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1, f_2 : 보강된 판의 양면의 응력

(단, $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다.)

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$f_{ta} = 190 \text{ MPa}$$

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$t_l \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

$$\frac{b}{24 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{48 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{48 \times 1.000 \times 6} = 8.333 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 \left(\frac{b}{(t_l \cdot i \cdot n) - 24} \right) = 205.600$$

$$\frac{b}{48 \cdot i \cdot n} > t_l \geq \frac{b}{80 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{80 \times 1.000 \times 6} = 5.000 \text{ mm}$$

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 550.000 \text{ MPa}$$

$$\text{사용 } t_l = \text{#####} \text{ mm}$$

$$\text{따라서, } f_{ca} = 190.000 \text{ MPa}$$

* 철근콘크리트의 허용응력 (도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

$$f_{ta} = 160.000 \text{ MPa} \quad f_{ca} = 180.000 \text{ MPa} \quad (\text{SD40 사용})$$

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm ²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-60.642	60.293	190.000	190.000
1+2	-18.612	-17.144	160.000	-76.832	77.651	190.000	190.000
1+2+3	-53.970	-49.713	160.000	-107.588	110.628	190.000	190.000
1+2+3+5	-57.676	-53.507	160.000	-111.439	104.768	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-47.338	-42.889	160.000	-100.639	121.966	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-56.153	-51.441	184.000	-85.020	143.591	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-38.523	-34.337	184.000	-116.258	100.342	218.500	218.500
1+2+4	-18.612	-17.144	200.000	-76.832	77.651	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-53.970	-49.713	200.000	-107.588	110.628	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-57.676	-53.507	200.000	-111.439	104.768	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-47.338	-42.889	200.000	-100.639	121.966	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-56.153	-51.441	216.000	-85.020	143.591	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-38.523	-34.337	216.000	-116.258	100.342	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-111.439}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{40.169}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.344 + 0.133 = 0.477 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{143.591}{218.500} \right)^2 + \left(\frac{40.169}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.432 + 0.133 = 0.565 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(11) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.해(2003) 3.9.3.2)

- 풍하중 비재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력(충격포함)}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

· 활하중 비재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 1.3 \times \text{풍하중에 의한 응력}$
 $+ (\text{크리프응력 변화량}) + (\text{건조수축응력변화량}) + (\text{온도차응력변화량})$ 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

· 활하중 재하시

$\Sigma f = 1.3 \times (\text{합성전 사하중 응력} + \text{합성후 사하중}) + 2.15 \times \text{활하중에 의한 응력}$
 $+ 1.3 \times 1/2 \text{ 활하중 비재하시의 풍하중 응력} + \text{크리프 응력} + \text{건조수축 응력} + \text{온도차 응력}$
의 조합 중에서 가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

① 상부바닥판 REBAR

- 풍하중 비재하시

$$\Sigma f = 1.3 \times -18.612 + 2.15 \times -35.358 + (-3.706) + (10.338) + (8.815)$$

$$= -102.398 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -18.612 + 2.15 \times -35.358 + (8.815) \\ &= -109.031 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -18.612 + 1.3 \times 0 + (-3.706) + (10.338) + (8.815) \\ &= -26.379 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -18.612 + 2.15 \times -35.358 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.706) + (10.338) + (8.815) \\ &= -102.398 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-60.642 + -16.19) + 2.15 \times -30.756 + (-3.851) + (10.8) + (15.619) \\ &= -174.677 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-60.642 + -16.19) + 2.15 \times -30.756 + (15.619) \\ &= -181.626 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-60.642 + -16.19) + 1.3 \times 0 + (-3.851) + (10.8) + (15.619) \\ &= -108.551 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-60.642 + -16.19) + 2.15 \times -30.756 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.851) + (10.8) + (15.619) \\ &= -174.677 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.293 + 17.359) + 2.15 \times 32.977 + (-5.861) + (17.199) + (-21.625) \\ &= 204.809 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.293 + 17.359) + 2.15 \times 32.977 + (-21.625) \\ &= 193.471 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.293 + 17.359) + 1.3 \times 0 + (-5.861) + (17.199) + (-21.625) \\ &= 133.910 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.293 + 17.359) + 2.15 \times 32.977 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.861) + (17.199) + (-21.625) \\ &= 204.809 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

5.2 내진성능평가

교 량 내 진 성 능 평 가

범안대교(범물동)

보강전 내진성능평가 계산서

2022.05

◆ 목 차 ◆

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

1. 개요

2. 하중산정 및 모델링

3. 고정하중에 대한 해석

4. 설계 지진동

5. 유효강성 산정

6. 고유치 해석

7. 지진 해석

8. 하중조합에 따른 단면력

9. 교각부 평가

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

11. 기초부 평가

12. 지지길이평가

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

- 교각 2

구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.026	1.016	1.993 O.K
P 2			교직(하단)	2.170	1.000	2.170 O.K
			교직(상단)	2.228	1.000	2.228 O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	1.910	1.466 O.K
			교직	6.560	1.753	3.741 O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME? #####
			교직	21.806	2.000	10.903 O.K
		활동	교축	6.668	1.200	5.557 O.K
			교직	3.724	1.200	3.103 O.K
	기초 단면검토	휨	교축	47,199	28,928	1.632 O.K
			교직	19,465	16,429	1.185 O.K
		전단	교축	32,137	12,751	2.520 O.K
			교직	13,717	7,324	1.873 O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	6,630	2,732	2.426 O.K
			교직	4,130	3,901	1.059 O.K
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	911	12.150 O.K
			교직	11,066	3,901	2.837 O.K
		콘크리트 (kN)	교축	12,969	2,732	4.747 O.K
			교직	2,148	3,901	0.551 N.G
		프라이아웃 (kN)	교축	3,241	911	3.559 O.K
			교직	3,241	3,901	0.831 N.G

- 교각 8

구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.236	1.000	2.236 O.K
P 8			교직(하단)	2.490	1.000	2.490 O.K
			교직(상단)	2.560	1.000	2.560 O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	1.082	2.587 O.K
			교직	5.320	2.013	2.643 O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME? #####
			교직	17.714	2.000	8.857 O.K
		활동	교축	8.018	1.200	6.682 O.K
			교직	2.434	1.200	2.028 O.K
	기초 단면검토	휨	교축	37,837	12,712	2.976 O.K
			교직	19,465	12,219	1.593 O.K
		전단	교축	26,063	5,501	4.737 O.K
			교직	13,717	4,931	2.782 O.K
	받침부	본체 (kN)	교직	3,000	5,141	0.584 N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	4,766	2,570	1.854 O.K
		콘크리트 (kN)	교직	1,790	5,141	0.348 N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	1,559	2,570	0.607 N.G

- 교각 9

P 9	구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.190	1.112	1.969	O.K
			교직(하단)	2.436	1.000	2.436	O.K
			교직(상단)	2.507	1.000	2.507	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	2.658	1.053	O.K
			교직	5.320	1.386	3.839	O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#####
			교직	21.231	2.000	10.615	O.K
		활동	교축	3.465	1.200	2.887	O.K
			교직	3.255	1.200	2.712	O.K
	기초 단면검토	힘	교축	37,837	36,481	1.037	O.K
			교직	19,465	11,150	1.746	O.K
		전단	교축	26,063	17,146	1.520	O.K
			교직	13,717	5,121	2.679	O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	5,430	4,490	1.209	O.K
			교직	3,410	3,764	0.906	N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	1,497	7.393	O.K
			교직	11,066	3,764	2.940	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	10,424	4,490	2.321	O.K
			교직	2,112	3,764	0.561	N.G
프라이아웃 (kN)		교축	3,066	1,497	2.048	O.K	
		교직	3,066	3,764	0.815	N.G	

- 교대 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가	
	받침부	본체 (kN)	교직	310	970	0.320	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	1,081	970	1.114	O.K
		콘크리트 (kN)	교직	756	970	0.779	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	651	970	0.672	N.G
	지지길이(mm)		교축	1,300	382	3.403	O.K

- 교대기초 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가		
	기초부 (교축)	반력 (kN)	수직	1,459	513	2.846	O.K	
			수평	233	30	7.878	O.K	
		인발 지지력 (kN)			0	0	∞	O.K
		수평변위 (mm)	고정	15.000	1.900	7.895	O.K	
			힌지	15.000	0.010	1500.0	O.K	
		응력 검토 (Mpa)			210	128	1.637	O.K

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	범안대교(범물동)	준공년도	- 년
본부/지사	-	받침종류	포트받침
상부구조		하부구조	
형식	STB	교각형식	다주식교각
교량폭원	17.5m	기초형식	직접기초
콘크리트	27Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	30.0+3@55.0+4@50.0+3@50.0=545.0m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S2 , 교직 : S2
해석방법	다중모드스펙트럼해석법
고유치 해석	Ritz Vectors
MODE 조합	C.Q.C 방법

지반운동의 고려방향 결정 근거

- 내진설계에 수직방향 지진의 영향 미고려(수평방향만 고려)
- 교량받침에 부반력이 발생하지 않으며, 상부구조가 연직하중에 대체로 안전

지반분류 근거

- '기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령, 2020' 에 제시된 표준관입시험

N값과의 경험적 상관식 중 'Sun et al. 2013'의 식을 활용

for all soils,	$V_s = 65.54N^{0.407}$
for sand soils (풍화잔류토),	$V_s = 107.94N^{0.418}$
for sand soils (풍화암),	$V_s = 75.76N^{0.371}$
for sand and silt soils (충적토),	$V_s = 82.01N^{0.319}$
for Gravel (충적토),	$V_s = 78.63N^{0.361}$

1.3 사용프로그램 및 해석모델

구분		적용
기동 강도 산정	해석방법	모멘트-곡률 해석법
	콘크리트 모델	MANDER 모델
	철근 모델	PARK 모델
	모멘트-곡률산정 프로그램	MIDAS CIVIL
탄 성 지 진 력 산 정	전체 모델링	프레임 모델링
	상부와 하부의 연결부 상세	ELASTIC LINK 스프링 모델
	기초와 지반의 연결부 상세	말뚝기초 스프링 강성 적용 / 직접기초 Fixed 적용
	질량산정	상부와 하부 고정하중은 단위질량으로 입력
	탄성지진력 산정 프로그램	MIDAS CIVIL

1.4 내진성능 평가방법 및 항목

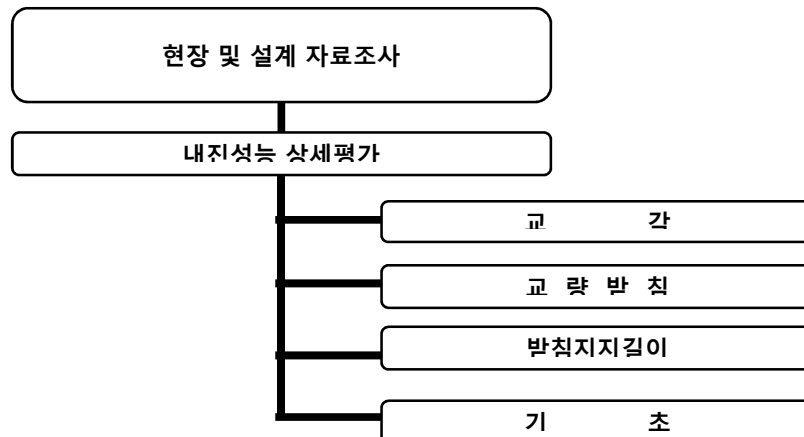
1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

평가요령은 기존교량의 내진성능 평가 및 향상 요령'에 규정된 기준에 준한다.

2) 내진성능 평가항목



3) 참고문헌

교량내진설계기준(한계상태설계법)[KDS 24 17 11](국토교통부, 2021)

콘크리트구조 설계(강도설계법)[KDS 14 20 00](국토교통부, 2021)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2020)

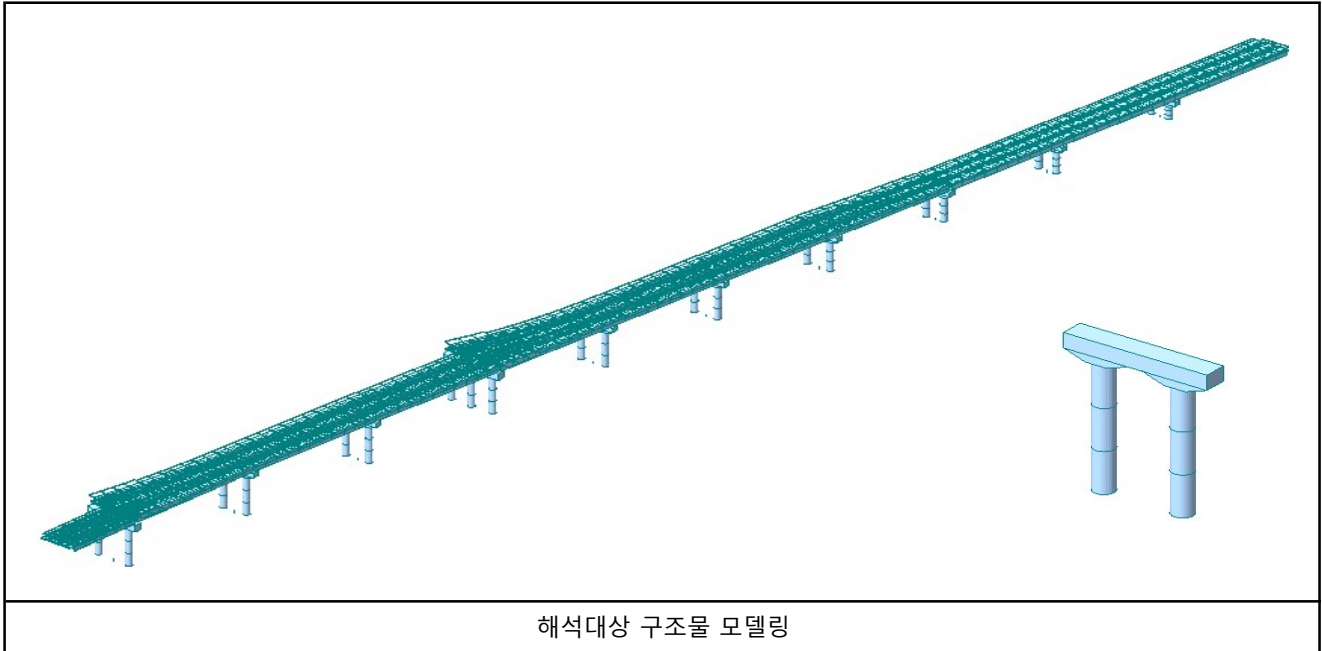
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : 포트받침



2.2 하중산정 조건

-구조계산서 반력집계

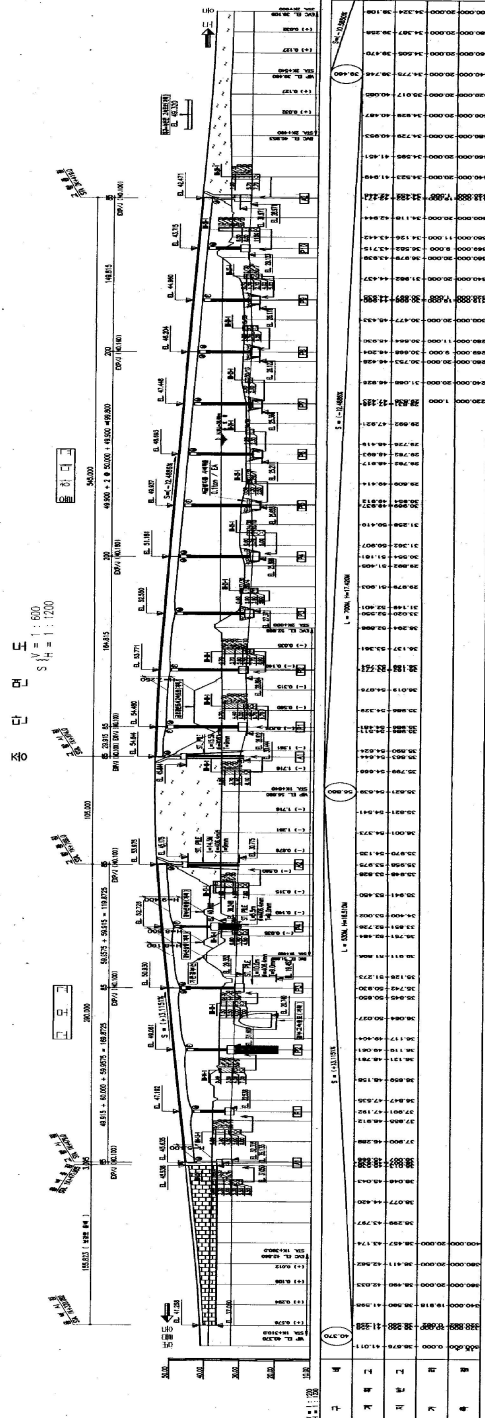
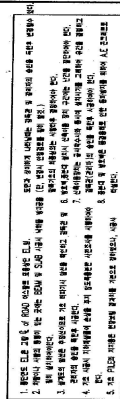
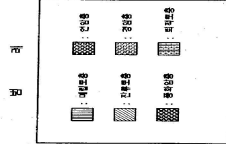
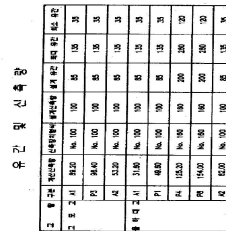
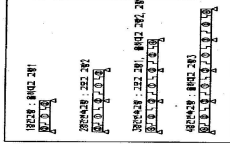
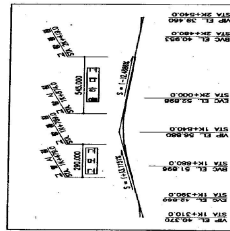
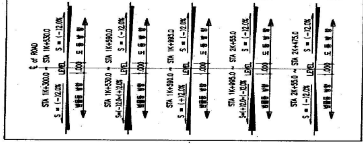
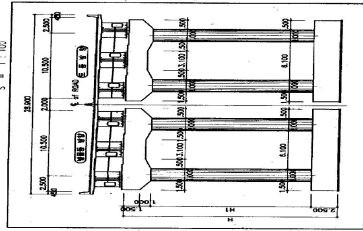
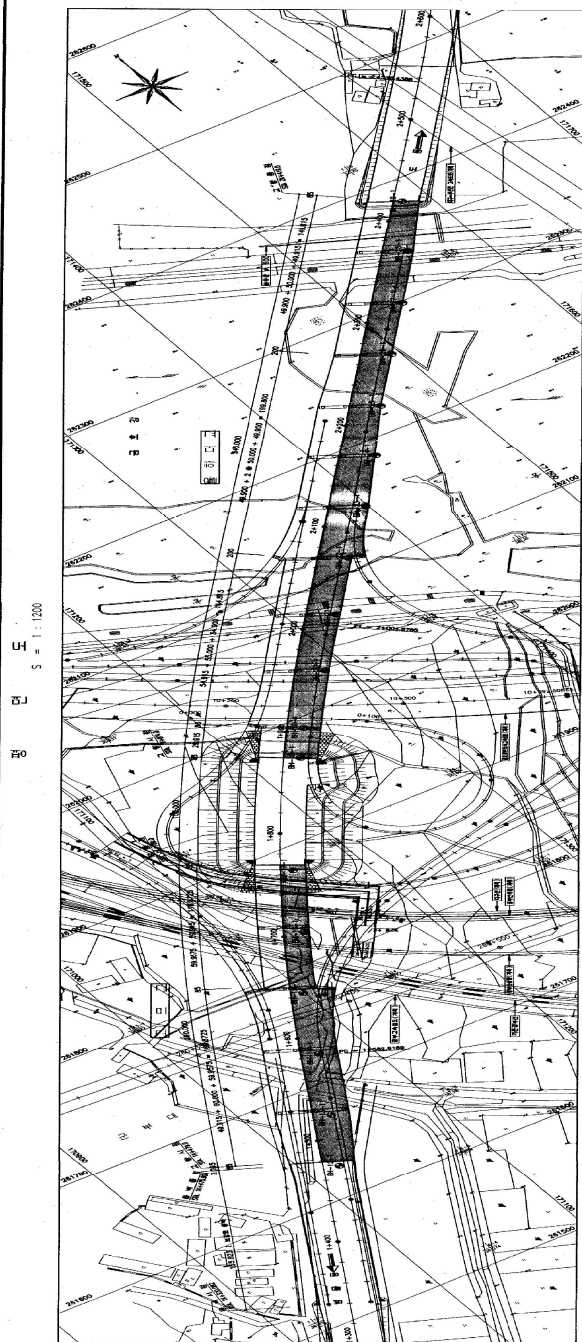
Steel Plate Girder : Beam Load		29.864 kN/m
--------------------------------	--	-------------

L = 165.0m		
구분	사하중	B/L
B1	11,852	71.83
B2	12,750	77.27
B3	13,069	79.21

L = 200.0m		
구분	사하중	B/L
B1	14,929	74.65
B2	16,661	83.31
B3	16,183	80.91

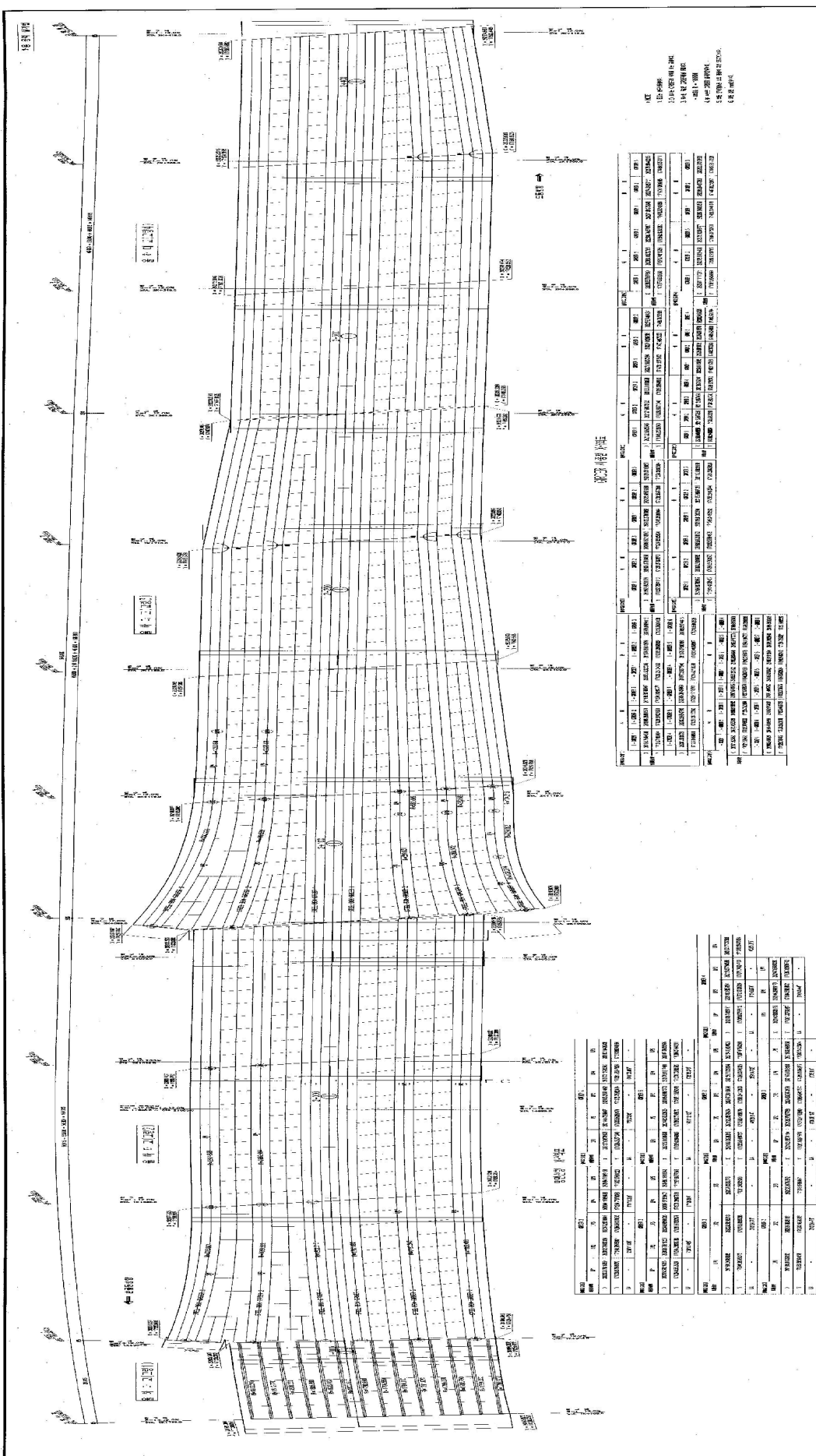
L = 150.0m		
구분	사하중	B/L
B1	10,059	67.06
B2	8,933	59.55
B3	8,887	59.24

2.3 설계도면 자료

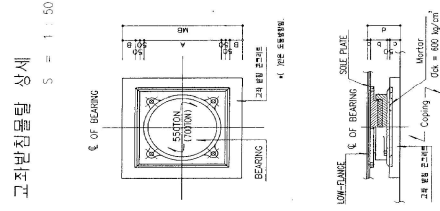
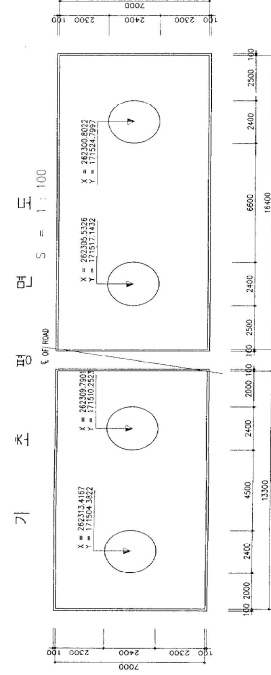
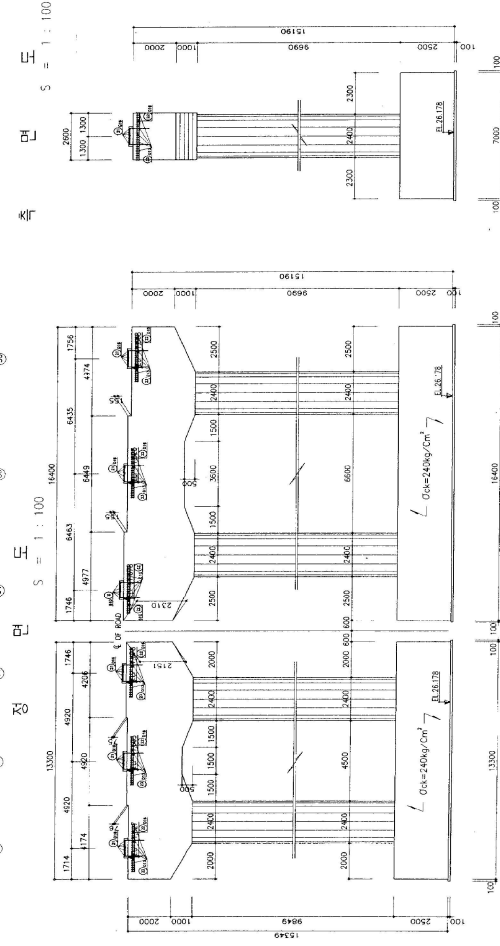
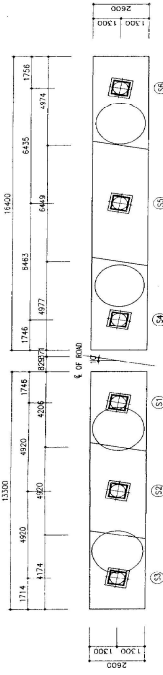


너
가
가
가
가
가
가
가

年次	項目	金額	比率	備考
2021	1. 人件費	1,000,000	100%	
2022	1. 人件費	1,000,000	100%	



강도 설계법



BEARING TABLE

μ	A	B	MB	a	b	c	d	
(350TON)	S1	600	350	1500	61	136	195	442
	S2	770	265	1500	61	213	133	457
	S3	600	350	1500	61	136	195	442
(700TON)	S4	670	315	1500	71	146	138	405
	S5	860	220	1500	71	220	85	426
	S6	670	315	1500	71	146	138	405

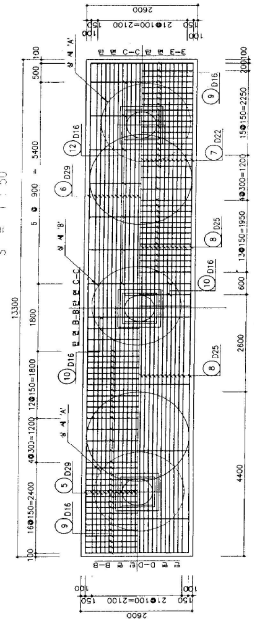
※ NOTE

1. 명칭 붙이지 (이)는 접두어의 제원이 상이함으로 구별을 위하여 붙인다. 또는 후두에 붙여 (이)로 표기할 수 있음에 유의해야 한다.
2. 보통은 POT BEARING으로 표기하였으나, 여기서 접두어인 (이)를 붙여 표기하였으므로, 여기서 접두어인 (이)를 붙여 표기하여야 한다.
3. 저온 크리프는 저온을 지시하지 않는 것으로서 취급하여 된다.
4. 고저항 ANCHOR 슬리브를 접합하는 접합도는 별도로 표기하여, 표기할 때에는 접합도 번호를 붙인다.

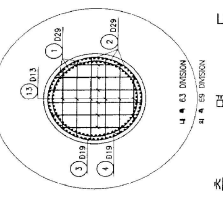
[illegible]

• NOTE : $G_f = 3000kg/Cm^2$

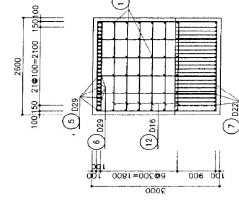
평면도 S = 1 : 50



단면 A-A S = 1 : 50



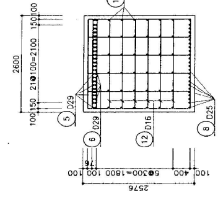
단면 F-F S = 1 : 50



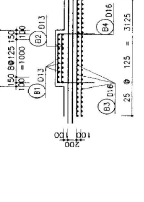
층면도 S = 1 : 50



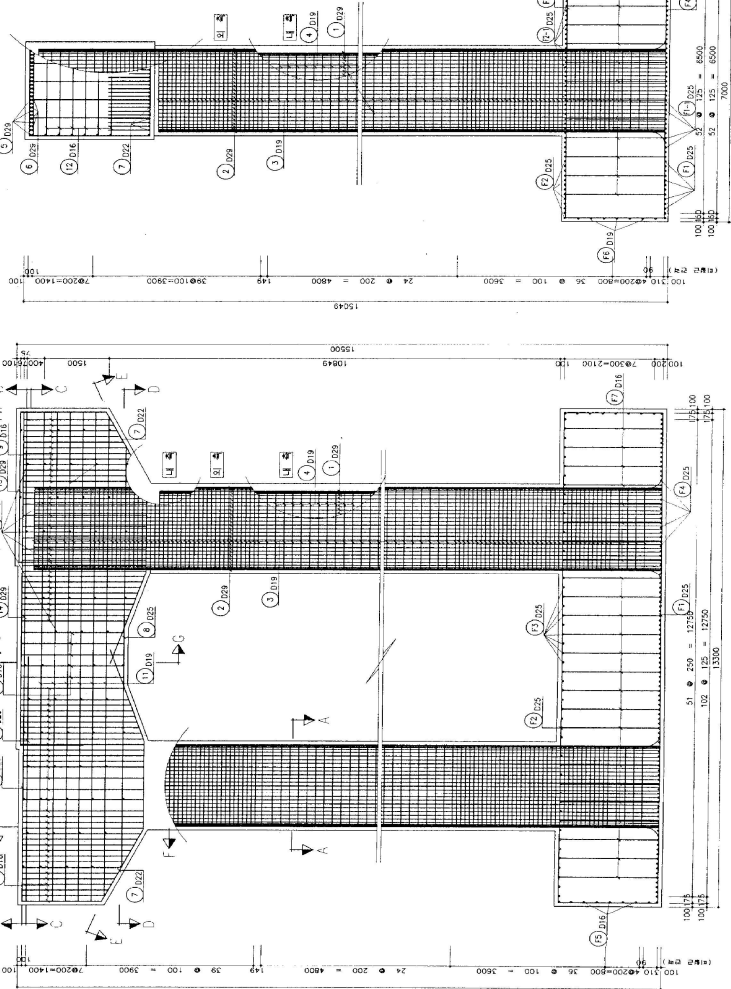
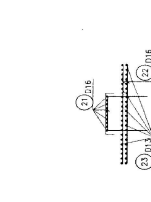
단면 G-G S = 1 : 50



상세 "A" S = 1 : 50



상세 "B" S = 1 : 50



대구 동부 순환도로 (주)		경상북도 순환도로공사		도시명		속척		도면번호	
설계	조각	시공	감리	검토	작성	1:50		585	
대구광역시 4차 순환도로 (경상북도-경상남도간) 유사설계		울산대교 (남동방향) 교각배근도 (1)							

3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

구분	받침 번호	고정하중 (kN)	받침용량 (kN)	판정	수평용량 (kN)	전단 스프링계수 (kN/m)
A1	1	428.5	1600	O.K	-	-
	2	430.5	1600	O.K	-	-
	3	431.9	1600	O.K	-	-
	4	434.3	1600	O.K	310.0	-
	5	437.0	1600	O.K	-	-
	6	439.0	1600	O.K	-	-
P1 - L	1	429.7	1600	O.K	310.0	-
	2	432.0	1600	O.K	310.0	-
	3	433.9	1600	O.K	310.0	-
	4	434.1	1600	O.K	310.0	-
	5	434.5	1600	O.K	310.0	-
	6	437.0	1600	O.K	310.0	-
P1 - R	1	1485.7	3000	O.K	-	-
	2	1454.1	3000	O.K	1500.0	-
	3	1890.6	3000	O.K	-	-
P2	1	4161.7	7000	O.K	1250.0	-
	2	4452.4	7000	O.K	4130.0	-
	3	4944.0	7000	O.K	1250.0	-
P3	1	4090.3	7000	O.K	-	-
	2	4590.9	7000	O.K	3000.0	-
	3	5091.8	7000	O.K	-	-
P4 - L	1	1595.0	3000	O.K	-	-
	2	1663.2	3000	O.K	1500.0	-
	3	1684.4	3000	O.K	-	-
P4 - R	1	1456.2	4000	O.K	-	-
	2	1394.5	4000	O.K	980.0	-
	3	1835.1	4000	O.K	-	-

P5	1	4325.0	8000	O.K	1400.0	-
	2	4501.2	8000	O.K	4000.0	-
	3	4720.5	8000	O.K	1400.0	-
P6	1	3467.2	6000	O.K	-	-
	2	3813.2	6000	O.K	2150.0	-
	3	3952.9	6000	O.K	-	-
P7	1	3890.6	8000	O.K	-	-
	2	4726.2	8000	O.K	3000.0	-
	3	4954.1	8000	O.K	-	-
P8 - L	1	1539.4	3000	O.K	-	-
	2	1561.7	3000	O.K	1500.0	-
	3	1568.1	3000	O.K	-	-
P8 - R	1	1200.4	3000	O.K	-	-
	2	1217.8	3000	O.K	1500.0	-
	3	1249.1	3000	O.K	-	-
P9	1	3543.8	5500	O.K	1010.0	-
	2	3385.0	5500	O.K	3410.0	-
	3	3223.7	5500	O.K	1010.0	-
P10	1	3338.9	5500	O.K	-	-
	2	3386.0	5500	O.K	2950.0	-
	3	3432.7	5500	O.K	-	-
A2	1	1338.0	3000	O.K	-	-
	2	1212.7	3000	O.K	1500.0	-
	3	1108.2	3000	O.K	-	-

3.2 교각(기둥당) 반력

교각(개소당)		고정하중(kN)		비고
		기둥상단	기둥하단	
P1	1	7068.55	8931.74	
P2	1	8632.65	10495.95	
P3	1	8944.48	10719.05	
P4	1	6381.27	8172.70	
P5	1	8488.03	10184.63	
P6	1	7327.54	8935.96	
P7	1	8835.91	10289.28	
P8	1	5521.09	6757.85	
P9	1	6408.07	7500.43	
P10	1	6256.22	6882.76	

4. 설계 지진동

4.1 지진구역 구분

지진구역	행정구역		계수(Z)
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시	0.11g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
Ⅱ	도	강원도 북부, 제주도	0.07g

4.2 위험도계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도 계수(I)	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00	2.60

4.3 지반분류

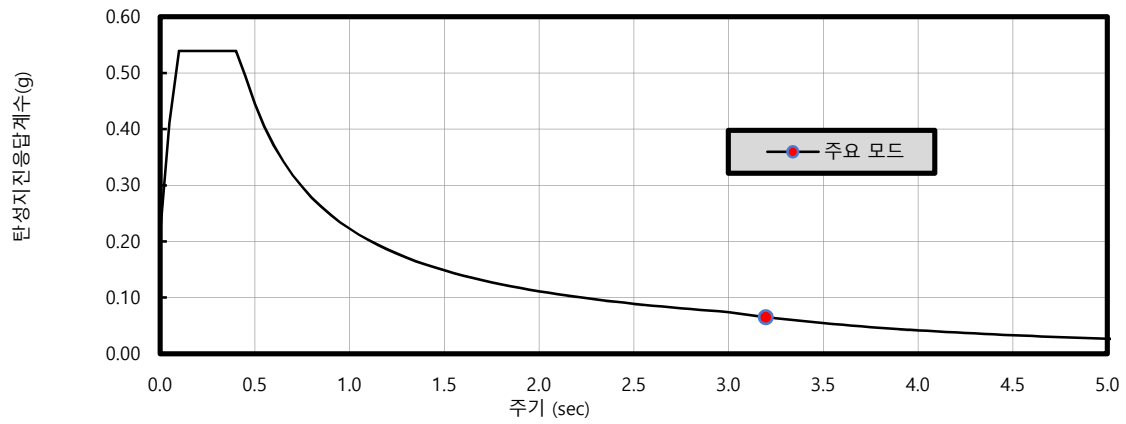
지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H(m)	토층평균전단파속도
S1	암반 지반	1 미만	-
S2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 연약한 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S5	깊고 연약한 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

4.4 지반증폭계수(Fa, Fv)

지반종류	단주기지반증폭계수, Fa			장주기지반증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

4.5 탄성지진 응답계수

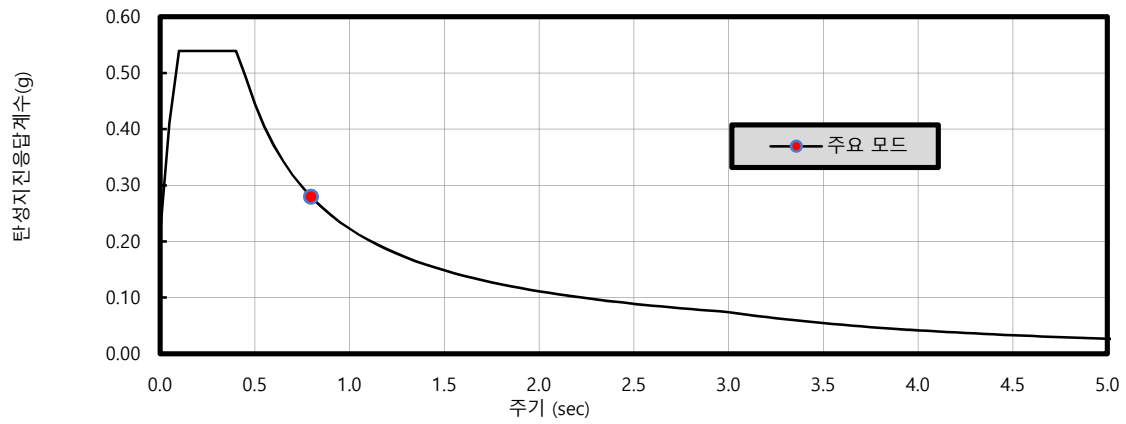
(교축방향 - 5% Damping, S2지반)



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

4.6 탄성지진 응답계수

(교직방향 - 5% Damping, S2지반)



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

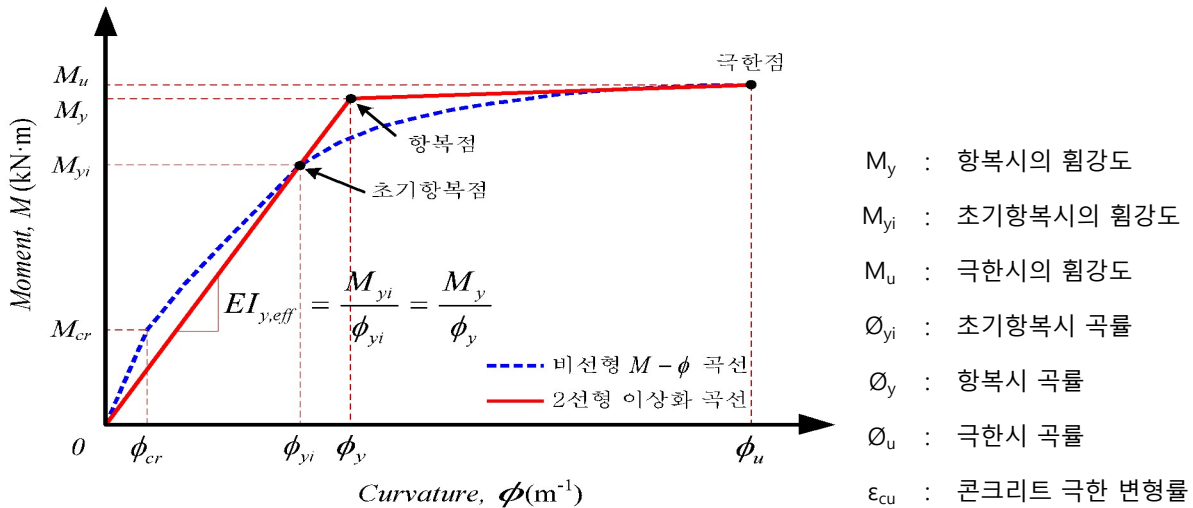
5. 유효강성 산정

5.1 개요

교각의 단면강도, 수평변위 및 유효강성을 산정하기 위하여 단면해석프로그램인

Midas Civil을 통해 앞에서 구한 축력의 효과를 고려하여 아래 그림과 같은 모멘트-곡률

관계곡선을 산정한다.



5.2 콘크리트 모델

설계기준강도	항 목	적 용	단 위	비 고
$f_{ck}=$ 24MPa	$\epsilon_{co}=\epsilon_{cc}$: 콘크리트의 압축변형률	0.0020	-	-
	ϵ_{cu} : 콘크리트의 극한변형률	0.0040	-	-
	$f'_{co}=f'_{cc}$: 콘크리트 압축 강도	24	MPa	f_{ck}

5.3 철근모델

설계기준강도	항 목	적 용	근거 및 단위	비 고
$f_y=$ 300MPa	ϵ_y : 항복변형률	0.00150	$f_y/E_s = 300/200000$	
	ϵ_{sh} : 경화시 변형률	0.01150	D29	CALTRANS SDC
	ϵ_{su} : 극한시 변형률	0.12500	D35이하	한국도로공사지침
	f_{sy} : 항복강도	300	f_y (MPa)	도로교설계기준
	f_{su} : 극한강도	440	SD300 (MPa)	KSD3504

5.4 단면형상

교각 위치	교각단면 형상
교각	

축방향철근 상세			콘크리트 극한변형률 ϵ_{cu}				최대공급 변위연성도 $\mu_{\Delta,max}$	
종류	배근 상태	비율						
단일 철근	모두	0%	0.004+ α_{sh} ($\alpha_{sh}=(1.4\rho_{sh} f_{sh} \epsilon_{su})/(f_{cc}^{'})$) = 0.004					제한 없음
겹침 이음 철근	2단 이상 배근	50%	원 형	$l_{sp}/D > 0.5$		0.0043 $l_{sp}/D+0.00085\leq 0.004$		
				$l_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 l_{sp} 모를 때		0.003		
			사각형					
	1단 배근	100%	원 형	$l_{sp}/D > 0.5$		0.0086 $l_{sp}/D-0.0023\leq 0.004$		
				$l_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 l_{sp} 모를 때		0.002		
			사 각 형	교 축 방 향	벽식	$4 \leq B/H$	0.0007	
					천이	$1.5 < B/H < 4$	0.00278-0.00052B/H	
일반	$B/H \leq 1.5$	0.002						
교직방향			0.002		1.500			

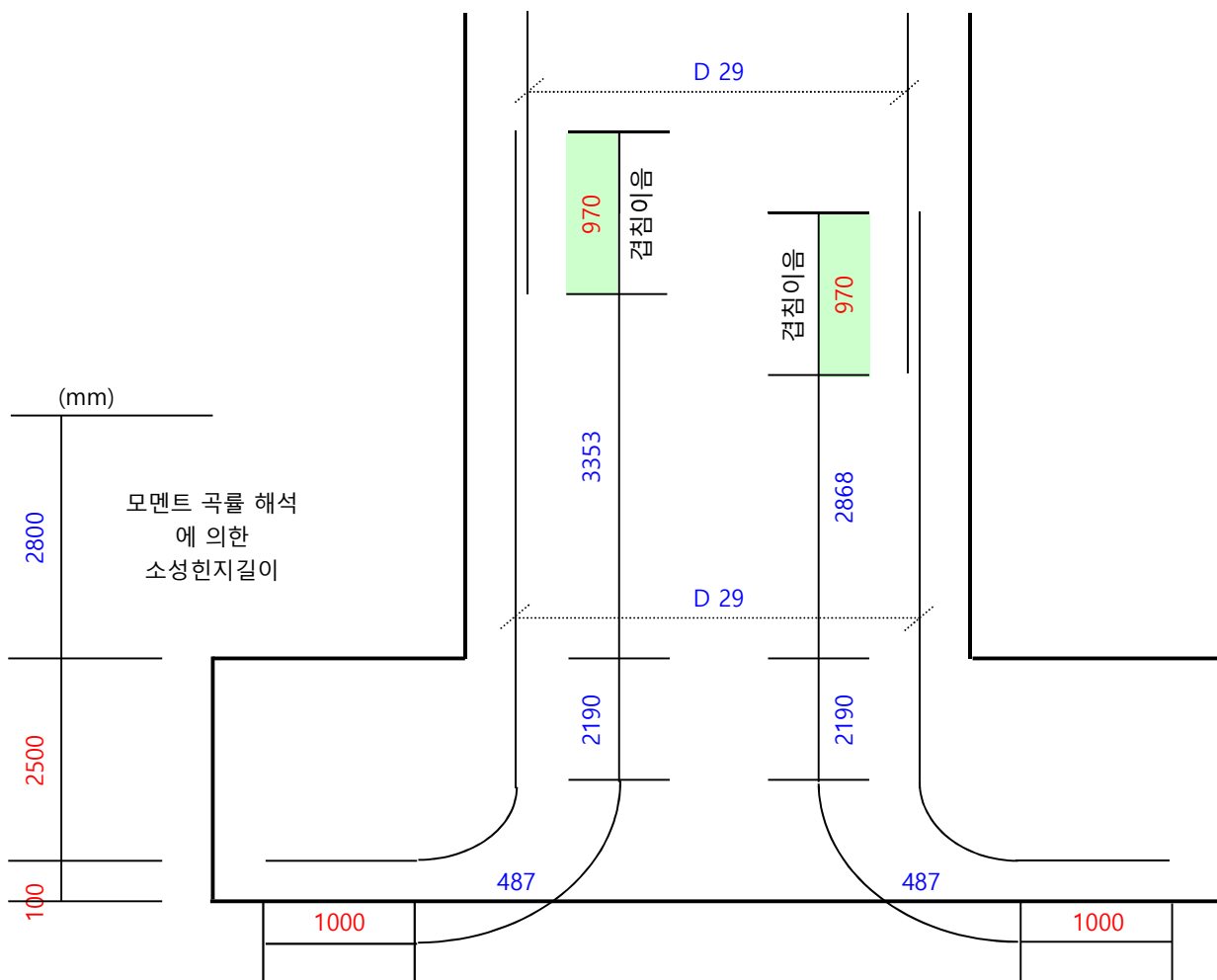
5.5 교각의 겹침이음 판단

- 교축방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	1.775	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	2.800	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.800	

- 교축직각방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	0.863	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	2.800	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.800	



∴ 교각 기둥의 소성구역내 겹침이음이 없으므로 0% 적용.

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.1 교각2

1) 교축방향

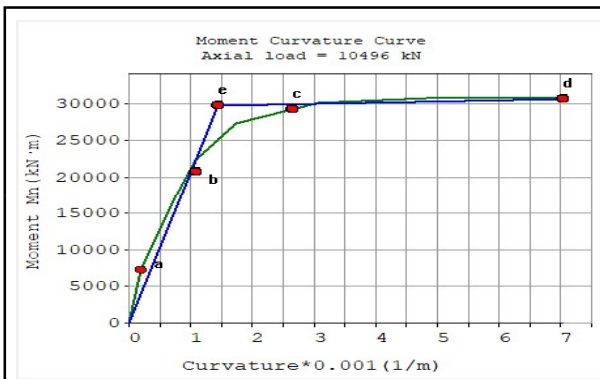
초기항복시	모멘트(M_y^L)	20,695	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001085	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	29,739	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001440	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	30,637	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007026	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

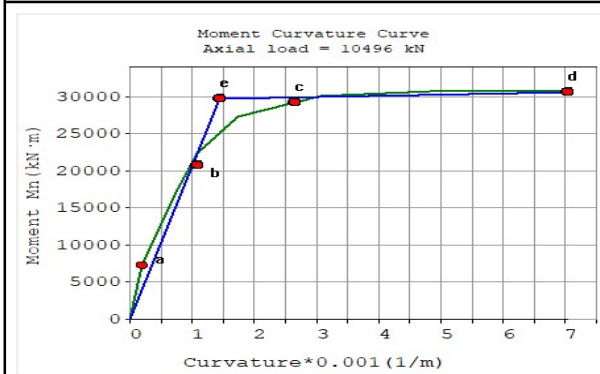
초기항복시	모멘트(M_y^T)	20,688	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001085	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,737	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001439	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,632	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007025	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

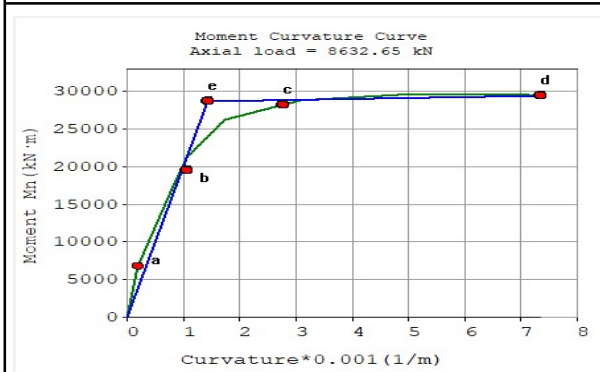
초기항복시	모멘트(M_y^T)	19,551	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001059	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	28,648	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001428	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	29,480	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007343	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.1.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.800 / 1.629 = 0.491$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,739}{0.00143964 \times 25,811,006} = 0.800$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.800 / 1.629 = 0.491$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,737}{0.00143931 \times 25,811,006} = 0.800$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.491 \times 1.629 = 0.800 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.491 \times 1.629 = 0.800 \text{ m}^4$$

- M-φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,

이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정

- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.2 교각8

1) 교축방향

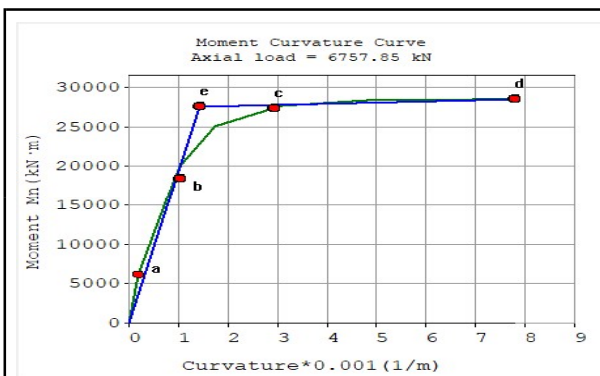
초기항복시	모멘트(M_y^L)	18,399	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001035	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	27,527	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001419	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	28,476	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007797	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

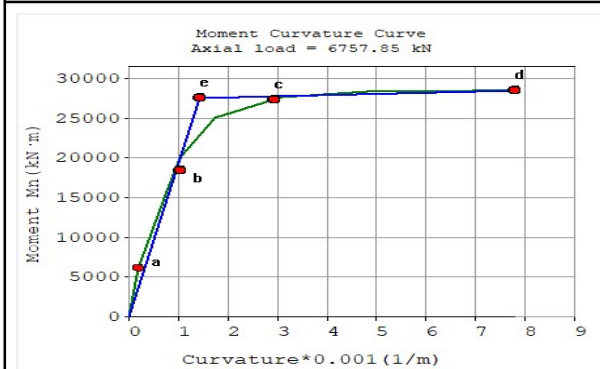
초기항복시	모멘트(M_y^T)	18,393	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001034	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	27,526	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001418	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	28,482	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007796	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

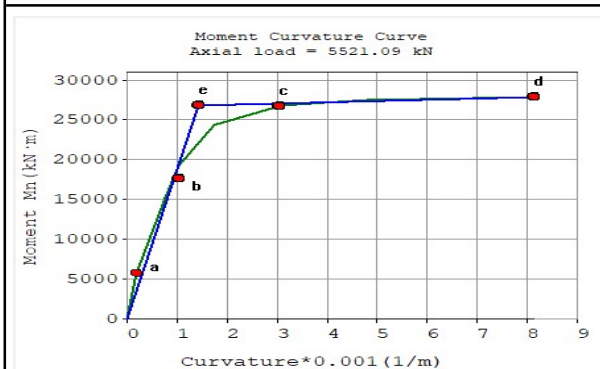
초기항복시	모멘트(M_y^T)	17,638	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001017	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	26,772	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001414	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	27,818	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.008135	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.2.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.752 / 1.629 = 0.462$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{27,527}{0.0014185 \times 25,811,006} = 0.752$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.752 / 1.629 = 0.462$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{27,526}{0.0014183 \times 25,811,006} = 0.752$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.462 \times 1.629 = 0.752 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.462 \times 1.629 = 0.752 \text{ m}^4$$

- M-φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,

이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정

- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.3 교각9

1) 교축방향

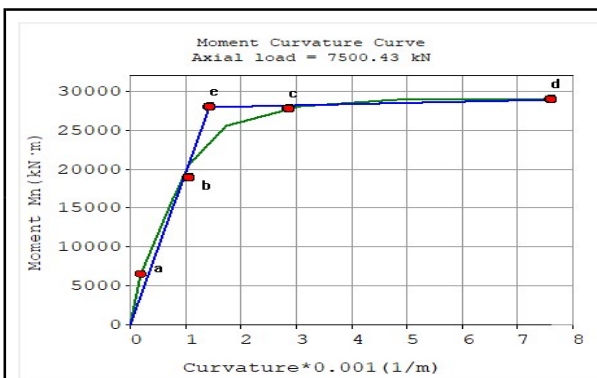
초기항복시	모멘트($M_{y^L_i}$)	18,860	kN·m	곡률($\Phi_{y^L_i}$)	0.001045	m^{-1}
항복시	모멘트(M_{y^L})	27,972	kN·m	곡률(Φ_{y^L})	0.001421	m^{-1}
극한시	모멘트(M_{u^L})	28,849	kN·m	곡률(Φ_{u^L})	0.007610	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

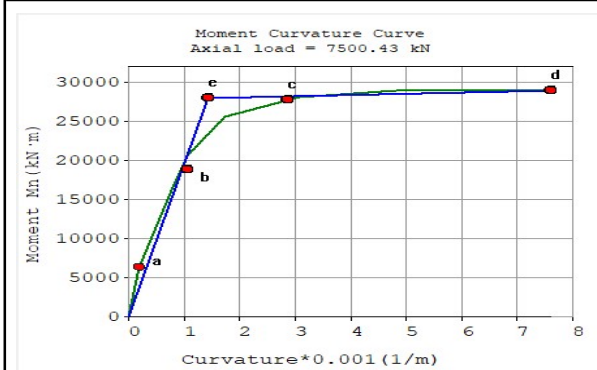
초기항복시	모멘트($M_{y^T_i}$)	18,853	kN·m	곡률($\Phi_{y^T_i}$)	0.001044	m^{-1}
항복시	모멘트(M_{y^T})	27,974	kN·m	곡률(Φ_{y^T})	0.001421	m^{-1}
극한시	모멘트(M_{u^T})	28,860	kN·m	곡률(Φ_{u^T})	0.007609	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

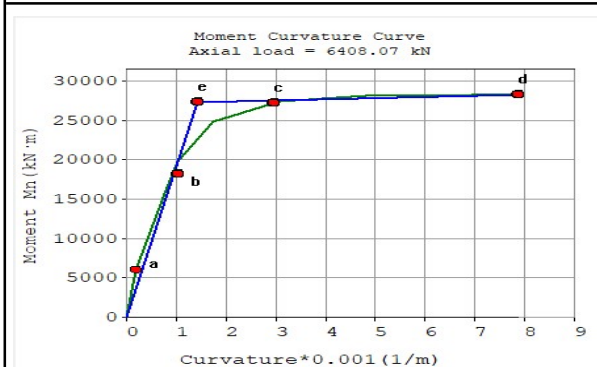
초기항복시	모멘트($M_{y^T_i}$)	18,179	kN·m	곡률($\Phi_{y^T_i}$)	0.001029	m^{-1}
항복시	모멘트(M_{y^T})	27,309	kN·m	곡률(Φ_{y^T})	0.001417	m^{-1}
극한시	모멘트(M_{u^T})	28,268	kN·m	곡률(Φ_{u^T})	0.007876	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.3.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.762 / 1.629 = 0.468$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{27,972}{0.00142147 \times 25,811,006} = 0.762$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.762 / 1.629 = 0.468$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{27,974}{0.00142139 \times 25,811,006} = 0.762$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.468 \times 1.629 = 0.762 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.468 \times 1.629 = 0.762 \text{ m}^4$$

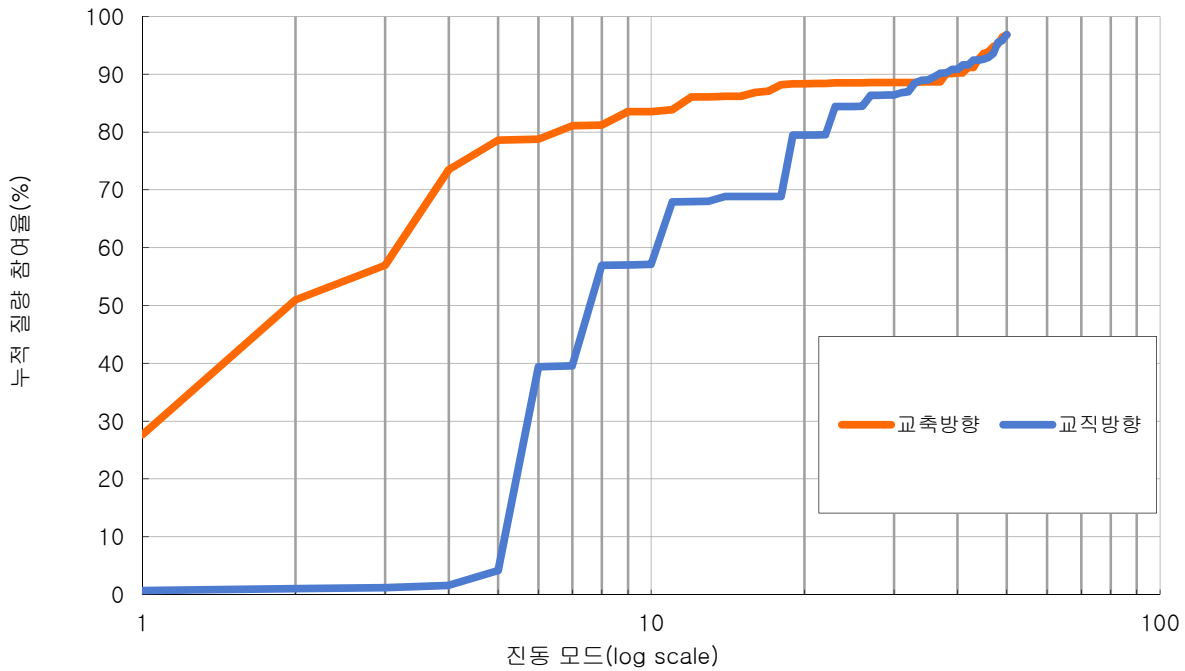
- M-φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,
이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

6. 고유치 해석

6.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	3.20	27.64	0.68	0.00	27.64	0.68	0.00	
2	3.14	23.31	0.34	0.00	50.95	1.02	0.00	
3	1.56	5.99	0.17	0.00	56.93	1.19	0.00	
4	1.48	16.59	0.40	0.00	73.52	1.59	0.00	
5	0.85	5.07	2.50	0.00	78.60	4.09	0.00	
6	0.80	0.18	35.28	0.00	78.77	39.37	0.00	
7	0.78	2.35	0.17	0.00	81.12	39.54	0.00	
8	0.71	0.11	17.40	0.00	81.23	56.94	0.00	
9	0.69	2.30	0.07	0.00	83.53	57.01	0.00	
10	0.64	0.00	0.11	1.54	83.53	57.13	1.54	
11	0.63	0.35	10.81	0.01	83.88	67.93	1.55	
12	0.59	2.19	0.07	0.00	86.07	68.00	1.55	
13	0.55	0.01	0.00	0.00	86.08	68.01	1.55	
14	0.52	0.10	0.84	0.00	86.18	68.84	1.55	
15	0.50	0.01	0.00	0.01	86.19	68.84	1.56	
16	0.49	0.67	0.01	0.10	86.86	68.86	1.67	
17	0.48	0.22	0.00	3.70	87.09	68.86	5.36	
18	0.46	1.11	0.02	0.40	88.19	68.88	5.76	
19	0.44	0.17	10.63	0.00	88.37	79.50	5.76	
20	0.39	0.01	0.00	0.00	88.37	79.50	5.76	
21	0.37	0.02	0.02	0.01	88.39	79.52	5.78	
22	0.37	0.00	0.01	13.09	88.39	79.53	18.87	
23	0.36	0.12	4.91	0.00	88.52	84.44	18.87	
24	0.35	0.00	0.00	1.41	88.52	84.44	20.28	
25	0.33	0.00	0.02	0.02	88.52	84.45	20.29	
26	0.32	0.00	0.03	0.01	88.52	84.49	20.30	
27	0.31	0.04	1.87	0.03	88.56	86.36	20.33	
28	0.30	0.00	0.00	20.01	88.56	86.36	40.35	
29	0.29	0.00	0.05	0.51	88.56	86.41	40.86	
30	0.28	0.00	0.00	8.58	88.57	86.41	49.44	
31	0.27	0.02	0.41	0.03	88.58	86.82	49.47	
32	0.25	0.01	0.14	0.26	88.60	86.96	49.73	
33	0.24	0.02	1.58	0.56	88.61	88.55	50.29	
34	0.24	0.07	0.43	1.16	88.68	88.97	51.45	
35	0.23	0.00	0.03	0.02	88.68	89.01	51.48	
36	0.21	0.02	0.59	0.00	88.70	89.60	51.48	
37	0.19	0.00	0.60	0.00	88.70	90.20	51.48	
38	0.18	1.44	0.02	0.00	90.15	90.22	51.48	
39	0.17	0.00	0.64	0.01	90.15	90.86	51.48	
40	0.16	0.08	0.00	0.05	90.23	90.86	51.53	
41	0.13	0.00	0.78	0.01	90.23	91.65	51.54	
42	0.13	0.98	0.00	0.02	91.20	91.65	51.56	
43	0.11	0.01	0.81	0.00	91.21	92.46	51.56	
44	0.11	1.42	0.00	0.00	92.63	92.46	51.57	
45	0.09	1.02	0.17	0.02	93.65	92.63	51.59	
46	0.08	0.24	0.30	0.01	93.88	92.93	51.61	
47	0.06	0.92	0.61	0.00	94.80	93.55	51.61	
48	0.06	0.38	1.96	0.00	95.18	95.51	51.61	
49	0.03	1.25	0.35	0.00	96.43	95.86	51.61	
50	0.03	0.38	0.95	0.00	96.81	96.82	51.61	

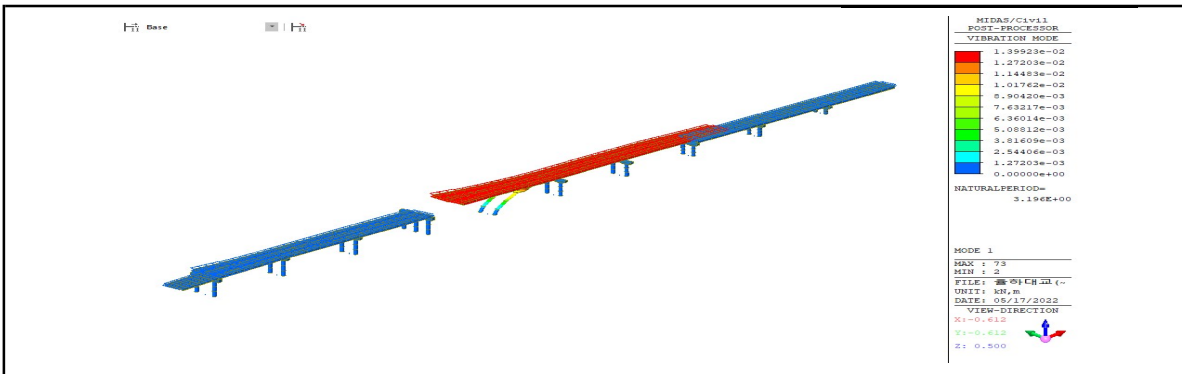
6.2 모드별 질량 참여율 그래프



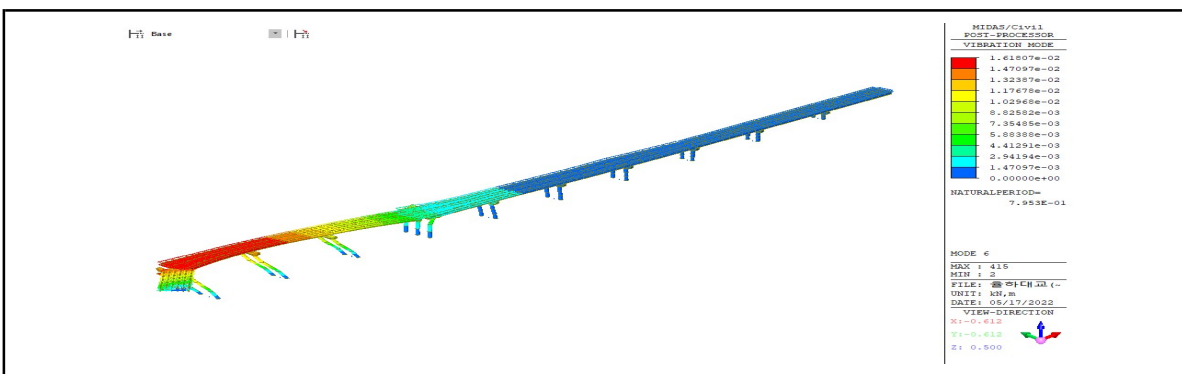
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

6.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 3.1957 sec) - 1 Mode (A = 0.0654 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.7953 sec) - 6 Mode (A = 0.2800 g)



7. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

7.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	92.15	0	0	6.32	0	0
P1	170.26	839	14669	10.82	321	2673
P2	168.31	1429	26866	17.31	557	4724
P3	168.25	660	10051	27.06	408	3264
P4	167.69	745	10827	30.31	297	2498
P5	163.42	1696	30416	26.16	331	2520
P6	164.48	725	10133	26.43	341	2463
P7	164.46	793	10414	26.85	360	2363
P8	164.57	821	9666	26.81	418	2364
P9	80.43	2281	28822	12.13	367	1817
P10	82.15	793	5057	13.20	363	1011
A2	81.92	0	0	13.22	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	91.25	763	1922	7.86	303	2567
P2	167.19	1385	4349	18.07	544	4536
P3	54.12	520	841	5.83	383	3073
P4	59.30	610	529	3.99	273	2137
P5	162.36	1665	4898	25.95	311	2379
P6	47.33	575	952	5.18	320	2313
P7	40.34	652	1054	4.80	342	2226
P8	30.70	704	1244	3.13	396	2181
P9	78.99	2252	6543	12.07	344	1666
P10	5.75	654	1172	0.94	319	875
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

7.2 교직방향 해석 (Y방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각상단	상부변위	교각하단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	21.34	0	0	2.81	0	0
P1	21.81	557	5680	51.79	2415	20037
P2	21.00	194	3348	54.86	2486	20837
P3	21.51	115	1649	49.51	2524	20206
P4	27.85	468	6957	38.64	2051	16441
P5	26.20	297	4885	38.32	2189	16706
P6	26.34	135	1628	37.43	2379	17266
P7	26.64	143	1737	27.12	2199	14481
P8	26.82	190	1736	23.58	2766	15670
P9	12.73	403	4604	16.22	2273	11422
P10	13.05	143	828	7.89	2013	5916
A2	12.98	0	0	3.16	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	26.57	494	3470	48.59	2209	19033
P2	20.69	182	810	49.78	2291	19504
P3	3.66	87	143	44.61	2355	18993
P4	36.60	389	1224	37.65	1860	15380
P5	25.91	284	1164	33.61	2028	15685
P6	4.09	94	170	32.46	2222	16226
P7	5.50	110	181	22.01	2081	13644
P8	2.97	166	638	19.32	2614	14444
P9	12.37	392	1289	11.16	2163	10479
P10	1.00	110	207	2.26	1974	5320
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

7.3 고정하중 해석

구분	상단 축력	교축방향		하단 축력	교축방향	
		교각하단	교각하단		교각하단	교각하단
	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0	0	0	0	0	0
P1	7,069	7	1041	8,932	14	151
P2	8,633	6	101	10,496	21	158
P3	8,944	0	21	10,719	4	2
P4	6,381	1	128	8,173	2	13
P5	8,488	2	25	10,185	20	165
P6	7,328	0	10	8,936	4	44
P7	8,836	0	22	10,289	16	74
P8	5,521	0	327	6,758	4	22
P9	6,408	20	104	7,500	7	24
P10	6,256	0	1	6,883	8	20
A2	0.00	0	0	0	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	9.71	7	1067	0.13	14	97
P2	0.59	6	45	0.33	21	198
P3	0.20	0	21	0.15	4	59
P4	1.14	1	133	0.12	2	52
P5	0.18	2	25	0.39	20	140
P6	0.10	0	10	0.14	4	16
P7	0.14	0	22	0.01	16	131
P8	1.59	0	327	0.29	4	18
P9	0.15	20	101	0.03	7	45
P10	0.00	0	1	0.00	8	25
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

8. 하중조합에 따른 단면력

8.1 하부구조별 하중조합

P1 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,068.6		7,068.6	
하단축력(kN)	8,931.7		8,931.7	
상단변위(mm)	91.2	7.9	26.6	48.6
상단전단력(kN)	763.5	303.0	494.4	2,209.1
하단전단력(kN)	839.0	320.6	557.1	2,414.9
상단모멘트(kN·m)	1,922.0	2,567.5	3,469.6	19,033.4
하단모멘트(kN·m)	14,668.6	2,673.5	5,680.0	20,036.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,068.6		7,068.6	
하단축력(kN)	8,931.7		8,931.7	
상단변위(mm)	99.2	22.4	53.9	50.9
상단전단력(kN)	911.8	965.7	723.5	2,300.0
하단전단력(kN)	1,006.1	1,045.0	808.8	2,511.1
상단모멘트(kN·m)	2,962.8	8,277.5	4,046.2	19,803.7
하단모멘트(kN·m)	16,372.6	8,684.5	10,080.6	20,838.8

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,068.6		7,068.6	
하단축력(kN)	8,931.7		8,931.7	
상단변위(mm)	9.7	0.1	9.7	0.1
상단전단력(kN)	7.0	13.7	7.0	13.7
하단전단력(kN)	7.0	13.7	7.0	13.7
상단모멘트(kN·m)	1,066.6	97.0	1,066.6	97.0
하단모멘트(kN·m)	1,040.7	150.6	1,040.7	150.6

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	7,068.6	7,068.6	P
하단축력(kN)	8,931.7	8,931.7	Pbot
상단변위(mm)	108.9	51.1	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	918.8	2,313.7	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,013.1	2,524.8	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	5,112.8	19,900.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,413.3	20,989.4	[ME]comb

P2 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,632.7		8,632.7	
하단축력(kN)	10,496.0		10,496.0	
상단변위(mm)	167.2	18.1	20.7	49.8
상단전단력(kN)	1,385.5	544.1	181.9	2,290.7
하단전단력(kN)	1,429.4	557.2	193.9	2,485.6
상단모멘트(kN·m)	4,349.0	4,535.7	810.2	19,504.1
하단모멘트(kN·m)	26,866.1	4,723.9	3,348.4	20,836.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,632.7		8,632.7	
하단축력(kN)	10,496.0		10,496.0	
상단변위(mm)	173.4	33.0	70.8	55.2
상단전단력(kN)	1,440.1	1,231.3	597.5	2,454.0
하단전단력(kN)	1,487.6	1,302.9	622.7	2,652.8
상단모멘트(kN·m)	4,592.0	10,386.9	2,114.9	20,864.8
하단모멘트(kN·m)	27,870.6	10,974.8	11,408.2	22,253.8

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,632.7		8,632.7	
하단축력(kN)	10,496.0		10,496.0	
상단변위(mm)	0.6	0.3	0.6	0.3
상단전단력(kN)	5.6	21.2	5.6	21.2
하단전단력(kN)	5.6	21.2	5.6	21.2
상단모멘트(kN·m)	45.2	197.5	45.2	197.5
하단모멘트(kN·m)	101.1	158.0	101.1	158.0

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,632.7	8,632.7	P
하단축력(kN)	10,496.0	10,496.0	Pbot
상단변위(mm)	174.0	55.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,445.7	2,475.1	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,493.2	2,673.9	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,637.2	21,062.3	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	27,971.7	22,411.8	[ME]comb

P3 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,944.5		8,944.5	
하단축력(kN)	10,719.1		10,719.1	
상단변위(mm)	54.1	5.8	3.7	44.6
상단전단력(kN)	520.2	382.9	86.9	2,354.6
하단전단력(kN)	660.0	407.6	114.8	2,524.0
상단모멘트(kN·m)	840.7	3,072.9	142.8	18,992.5
하단모멘트(kN·m)	10,051.4	3,264.1	1,649.0	20,205.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,944.5		8,944.5	
하단축력(kN)	10,719.1		10,719.1	
상단변위(mm)	55.2	19.2	19.9	46.4
상단전단력(kN)	546.3	1,089.3	242.9	2,469.5
하단전단력(kN)	694.4	1,164.8	312.8	2,646.3
상단모멘트(kN·m)	883.5	8,770.7	395.0	19,914.4
하단모멘트(kN·m)	10,546.1	9,325.8	4,664.4	21,185.0

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,944.5		8,944.5	
하단축력(kN)	10,719.1		10,719.1	
상단변위(mm)	0.2	0.1	0.2	0.1
상단전단력(kN)	0.0	3.8	0.0	3.8
하단전단력(kN)	0.0	3.8	0.0	3.8
상단모멘트(kN·m)	20.6	58.8	20.6	58.8
하단모멘트(kN·m)	20.6	2.4	20.6	2.4

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,944.5	8,944.5	P
하단축력(kN)	10,719.1	10,719.1	Pbot
상단변위(mm)	55.4	46.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	546.3	2,473.3	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	694.4	2,650.1	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	904.1	19,973.2	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	10,566.6	21,187.4	[ME]comb

P4 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,381.3		6,381.3	
하단축력(kN)	8,172.7		8,172.7	
상단변위(mm)	59.3	4.0	36.6	37.6
상단전단력(kN)	610.0	272.9	388.7	1,859.9
하단전단력(kN)	744.9	296.6	467.9	2,051.3
상단모멘트(kN·m)	528.9	2,136.9	1,223.6	15,380.2
하단모멘트(kN·m)	10,827.0	2,498.4	6,956.6	16,440.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,381.3		6,381.3	
하단축력(kN)	8,172.7		8,172.7	
상단변위(mm)	70.3	15.3	54.4	38.8
상단전단력(kN)	726.7	830.8	571.7	1,941.8
하단전단력(kN)	885.3	912.0	691.3	2,140.3
상단모멘트(kN·m)	896.0	6,751.0	1,382.3	16,021.3
하단모멘트(kN·m)	12,914.0	7,430.6	10,204.7	17,190.3

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,381.3		6,381.3	
하단축력(kN)	8,172.7		8,172.7	
상단변위(mm)	1.1	0.1	1.1	0.1
상단전단력(kN)	1.1	2.4	1.1	2.4
하단전단력(kN)	1.1	2.4	1.1	2.4
상단모멘트(kN·m)	132.5	51.8	132.5	51.8
하단모멘트(kN·m)	127.8	13.3	127.8	13.3

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,381.3	6,381.3	P
하단축력(kN)	8,172.7	8,172.7	Pbot
상단변위(mm)	71.4	39.0	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	727.8	1,944.2	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	886.4	2,142.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,514.8	16,073.0	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	13,041.8	17,203.6	[ME]comb

P5 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,488.0		8,488.0	
하단축력(kN)	10,184.6		10,184.6	
상단변위(mm)	162.4	26.0	25.9	33.6
상단전단력(kN)	1,665.0	311.1	284.2	2,028.4
하단전단력(kN)	1,696.3	330.8	296.9	2,188.9
상단모멘트(kN·m)	4,897.9	2,378.7	1,164.2	15,684.9
하단모멘트(kN·m)	30,416.5	2,519.7	4,885.4	16,706.0

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,488.0		8,488.0	
하단축력(kN)	10,184.6		10,184.6	
상단변위(mm)	170.1	36.0	74.6	41.4
상단전단력(kN)	1,750.3	919.6	783.7	2,121.7
하단전단력(kN)	1,785.3	987.5	805.8	2,288.2
상단모멘트(kN·m)	5,247.1	7,084.2	2,633.6	16,398.5
하단모멘트(kN·m)	31,882.1	7,531.5	14,010.4	17,461.9

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,488.0		8,488.0	
하단축력(kN)	10,184.6		10,184.6	
상단변위(mm)	0.2	0.4	0.2	0.4
상단전단력(kN)	2.1	20.0	2.1	20.0
하단전단력(kN)	2.1	20.0	2.1	20.0
상단모멘트(kN·m)	24.8	140.3	24.8	140.3
하단모멘트(kN·m)	25.0	165.3	25.0	165.3

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,488.0	8,488.0	P
하단축력(kN)	10,184.6	10,184.6	Pbot
상단변위(mm)	170.3	41.8	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,752.4	2,141.7	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,787.5	2,308.1	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	5,272.0	16,538.8	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	31,907.1	17,627.2	[ME]comb

P6 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,327.5		7,327.5	
하단축력(kN)	8,936.0		8,936.0	
상단변위(mm)	47.3	5.2	4.1	32.5
상단전단력(kN)	575.1	319.9	94.3	2,222.2
하단전단력(kN)	724.7	340.7	134.8	2,378.6
상단모멘트(kN·m)	951.5	2,313.1	169.8	16,225.8
하단모멘트(kN·m)	10,132.6	2,462.8	1,628.0	17,265.6

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,327.5		7,327.5	
하단축력(kN)	8,936.0		8,936.0	
상단변위(mm)	48.6	14.9	18.3	34.0
상단전단력(kN)	603.4	986.6	266.8	2,318.2
하단전단력(kN)	765.1	1,054.3	352.2	2,480.8
상단모멘트(kN·m)	1,002.4	7,180.9	455.2	16,919.7
하단모멘트(kN·m)	10,621.0	7,642.5	4,667.8	18,004.4

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,327.5		7,327.5	
하단축력(kN)	8,936.0		8,936.0	
상단변위(mm)	0.1	0.1	0.1	0.1
상단전단력(kN)	0.0	4.1	0.0	4.1
하단전단력(kN)	0.0	4.1	0.0	4.1
상단모멘트(kN·m)	10.2	15.9	10.2	15.9
하단모멘트(kN·m)	10.2	44.1	10.2	44.1

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	7,327.5	7,327.5	P
하단축력(kN)	8,936.0	8,936.0	Pbot
상단변위(mm)	48.7	34.2	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	603.4	2,322.3	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	765.1	2,484.9	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,012.6	16,935.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	10,631.2	18,048.6	[ME]comb

P7 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,835.9		8,835.9	
하단축력(kN)	10,289.3		10,289.3	
상단변위(mm)	40.3	4.8	5.5	22.0
상단전단력(kN)	651.5	342.0	109.9	2,080.8
하단전단력(kN)	792.5	359.5	143.3	2,199.1
상단모멘트(kN·m)	1,054.4	2,225.7	181.4	13,643.9
하단모멘트(kN·m)	10,413.9	2,362.6	1,737.5	14,481.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,835.9		8,835.9	
하단축력(kN)	10,289.3		10,289.3	
상단변위(mm)	42.0	11.4	17.6	23.4
상단전단력(kN)	684.5	966.2	305.4	2,183.4
하단전단력(kN)	835.5	1,019.2	381.0	2,306.9
상단모멘트(kN·m)	1,108.8	6,318.8	497.7	14,311.6
하단모멘트(kN·m)	10,935.2	6,706.9	4,861.6	15,189.9

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,835.9		8,835.9	
하단축력(kN)	10,289.3		10,289.3	
상단변위(mm)	0.1	0.0	0.1	0.0
상단전단력(kN)	0.0	15.6	0.0	15.6
하단전단력(kN)	0.0	15.6	0.0	15.6
상단모멘트(kN·m)	21.7	130.6	21.7	130.6
하단모멘트(kN·m)	21.7	73.7	21.7	73.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,835.9	8,835.9	P
하단축력(kN)	10,289.3	10,289.3	Pbot
상단변위(mm)	42.1	23.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	684.5	2,199.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	835.5	2,322.5	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,130.5	14,442.2	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	10,956.8	15,263.6	[ME]comb

P8 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	5,521.1		5,521.1	
하단축력(kN)	6,757.9		6,757.9	
상단변위(mm)	30.7	3.1	3.0	19.3
상단전단력(kN)	704.3	395.6	165.6	2,614.2
하단전단력(kN)	821.3	418.3	190.3	2,766.2
상단모멘트(kN·m)	1,244.3	2,180.9	637.7	14,444.3
하단모멘트(kN·m)	9,665.9	2,364.2	1,735.8	15,670.2

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	5,521.1		5,521.1	
하단축력(kN)	6,757.9		6,757.9	
상단변위(mm)	31.6	8.9	12.2	20.3
상단전단력(kN)	754.0	1,179.8	376.9	2,732.8
하단전단력(kN)	878.4	1,248.2	436.7	2,891.6
상단모멘트(kN·m)	1,435.6	6,514.2	1,010.9	15,098.6
하단모멘트(kN·m)	10,186.7	7,065.2	4,635.6	16,379.5

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	5,521.1		5,521.1	
하단축력(kN)	6,757.9		6,757.9	
상단변위(mm)	1.6	0.3	1.6	0.3
상단전단력(kN)	0.4	3.6	0.4	3.6
하단전단력(kN)	0.4	3.6	0.4	3.6
상단모멘트(kN·m)	327.1	17.8	327.1	17.8
하단모멘트(kN·m)	327.1	22.3	327.1	22.3

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	5,521.1	5,521.1	P
하단축력(kN)	6,757.9	6,757.9	Pbot
상단변위(mm)	33.2	20.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	754.4	2,736.4	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	878.7	2,895.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,762.6	15,116.4	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	10,513.8	16,401.8	[ME]comb

P9 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,408.1		6,408.1	
하단축력(kN)	7,500.4		7,500.4	
상단변위(mm)	79.0	12.1	12.4	11.2
상단전단력(kN)	2,252.0	343.7	391.8	2,163.1
하단전단력(kN)	2,281.4	367.2	402.5	2,273.1
상단모멘트(kN·m)	6,543.4	1,666.1	1,288.7	10,479.0
하단모멘트(kN·m)	28,822.2	1,816.8	4,604.3	11,421.5

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,408.1		6,408.1	
하단축력(kN)	7,500.4		7,500.4	
상단변위(mm)	82.7	15.4	36.1	14.8
상단전단력(kN)	2,369.5	992.6	1,067.3	2,266.2
하단전단력(kN)	2,402.2	1,049.1	1,086.9	2,383.2
상단모멘트(kN·m)	6,930.0	4,809.8	3,251.7	10,978.8
하단모멘트(kN·m)	30,203.5	5,243.2	13,250.9	11,966.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,408.1		6,408.1	
하단축력(kN)	7,500.4		7,500.4	
상단변위(mm)	0.2	0.0	0.2	0.0
상단전단력(kN)	19.8	6.9	19.8	6.9
하단전단력(kN)	19.8	6.9	19.8	6.9
상단모멘트(kN·m)	101.2	44.5	101.2	44.5
하단모멘트(kN·m)	103.9	23.6	103.9	23.6

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,408.1	6,408.1	P
하단축력(kN)	7,500.4	7,500.4	Pbot
상단변위(mm)	82.9	15.4	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	2,389.3	2,273.1	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	2,421.9	2,390.1	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	7,031.2	11,023.4	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	30,307.4	11,990.2	[ME]comb

P10 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,256.2		6,256.2	
하단축력(kN)	6,882.8		6,882.8	
상단변위(mm)	5.7	0.9	1.0	2.3
상단전단력(kN)	653.7	319.3	109.7	1,974.0
하단전단력(kN)	792.7	362.7	143.1	2,013.0
상단모멘트(kN·m)	1,172.2	875.1	207.5	5,319.8
하단모멘트(kN·m)	5,056.8	1,010.7	827.8	5,916.2

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,256.2		6,256.2	
하단축력(kN)	6,882.8		6,882.8	
상단변위(mm)	6.0	1.6	2.7	2.5
상단전단력(kN)	686.6	911.5	305.8	2,069.8
하단전단력(kN)	835.7	966.5	380.9	2,121.8
상단모멘트(kN·m)	1,234.4	2,471.0	559.1	5,582.3
하단모멘트(kN·m)	5,305.1	2,785.6	2,344.8	6,219.4

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,256.2		6,256.2	
하단축력(kN)	6,882.8		6,882.8	
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.0	7.8	0.0	7.8
하단전단력(kN)	0.0	7.8	0.0	7.8
상단모멘트(kN·m)	1.4	24.7	1.4	24.7
하단모멘트(kN·m)	1.4	19.5	1.4	19.5

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,256.2	6,256.2	P
하단축력(kN)	6,882.8	6,882.8	Pbot
상단변위(mm)	6.1	2.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	686.6	2,077.6	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	835.7	2,129.6	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,235.9	5,606.9	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	5,306.5	6,238.9	[ME]comb

8.2 기둥당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

교각		하단축력(kN)	하단전단력(kN)	하단모멘트(kN·m)
P1	교축	8931.7	1013.1	17413.3
	교직	8931.7	2524.8	20989.4
P2	교축	10496.0	1493.2	27971.7
	교직	10496.0	2673.9	22411.8
P3	교축	10719.1	694.4	10566.6
	교직	10719.1	2650.1	21187.4
P4	교축	8172.7	886.4	13041.8
	교직	8172.7	2142.7	17203.6
P5	교축	10184.6	1787.5	31907.1
	교직	10184.6	2308.1	17627.2
P6	교축	8936.0	765.1	10631.2
	교직	8936.0	2484.9	18048.6
P7	교축	10289.3	835.5	10956.8
	교직	10289.3	2322.5	15263.6
P8	교축	6757.9	878.7	10513.8
	교직	6757.9	2895.2	16401.8
P9	교축	7500.4	2421.9	30307.4
	교직	7500.4	2390.1	11990.2
P10	교축	6882.8	835.7	5306.5
	교직	6882.8	2129.6	6238.9

8.3 받침부 개당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	970
P1	676	2772
P2	1004	3901
P3	0	3982
P4	0	2613
P5	1149	3347
P6	0	3663
P7	0	3598
P8	0	2959
P9	1537	3764
P10	0	3870
A2	0	1475

8.4 받침부 전체 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	970
P1	2363	3535
P2	2732	3901
P3	0	3982
P4	0	4937
P5	3413	3347
P6	0	3663
P7	0	3598
P8	0	5141
P9	4553	3764
P10	0	3870
A2	0	1475

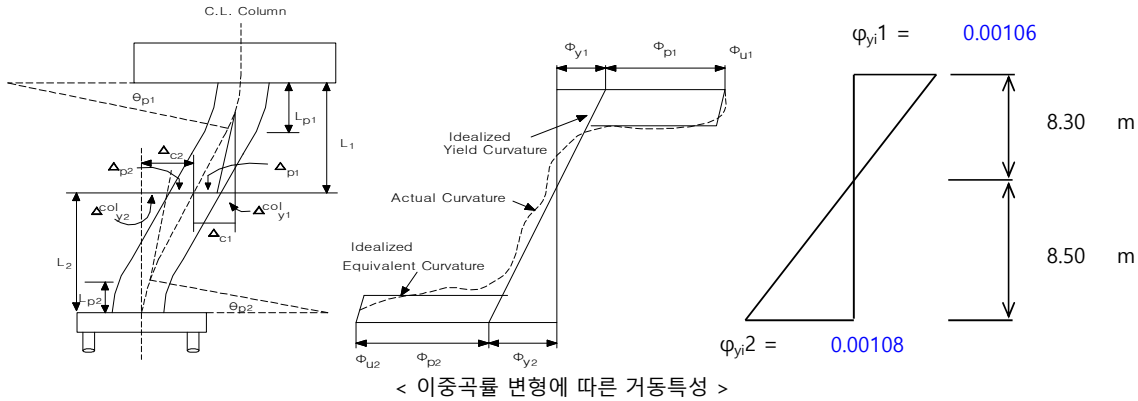
9. 교각부 평가

9.1 교각 2

9.1.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겉이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	16.800	16.800	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	19.800	8.400	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.196	0.795	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 16.800 \times 0.00106 / (0.00106 + 0.00108) = 8.30 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 16.800 \times 0.00108 / (0.00106 + 0.00108) = 8.50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.1.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 F_y^L &= M_y^L / H_e = 29,739 / 19.800 = 1,501.975 \text{ kN} \\
 F_u^L &= M_u^L / H_e = 30,637 / 19.800 = 1,547.298 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 29,737 / 8.498 = 3,499.247 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 30,632 / 8.498 = 3,604.625 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 28,648 / 8.302 = 3,450.735 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 29,480 / 8.302 = 3,551.000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.1.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00144}{3} \times \frac{19.800^2}{3} = 0.1881 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 19.8 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 1.773 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00703 - 0.00144) \times 1.773 = 0.0099 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{30,637}{29,739} - 1 \right) \times 0.18813 + 0.00990 \times \left(19.800 - \frac{1.773}{2} \right) \\ &= 0.1930 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.18810 + 0.19300 = 0.3811 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.3811}{0.1881} = 2.026 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.026 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.026** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00144}{3} \times \frac{8.498^2}{3} = 0.0346 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 8.498 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 0.869 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00702 - 0.00144) \times 0.869 \\ &= 0.00490 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{30,632}{29,737} - 1 \right) \times 0.03465 + 0.00490 \times \left(8.498 - \frac{0.869}{2} \right) \\ &= 0.0406 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0346 + 0.0406 = 0.0752 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.07520}{0.03465} = 2.170 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.170 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.170** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	1502	1547	3499	3605	3451	3551	

변위 Δ (m)	0.1881	0.3811	0.0346	0.0752	0.0328	0.0731	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.1.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.297 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.18813 = 0.37626 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.18813 = 0.94066 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.283 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.03465 = 0.06929 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.03465 = 0.17324 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.277 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.03280 = 0.06561 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.03280 = 0.16402 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

$$= 2,247.7 \text{ mm} \text{ (횡철근 중심간 거리)}$$

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

$$= 2,247.7 \text{ mm} \text{ (횡철근 중심간 거리)}$$

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet \quad V_s = \frac{\pi \quad A_v \quad f_y \quad D'}{2 \quad s}$$

$$= \frac{\pi \quad 573 \quad \times \quad 300 \quad \times \quad 2,247.7}{2 \quad \times \quad 300} = 2,023.1 \quad \text{kN}$$

여기서, $A_v = 573 \quad \text{mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow$ (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \quad \text{Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$

$= 2247.7 \quad \text{mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P_{\text{TOP}} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,633 \times 2,400}{19,800} = 157 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,633 \quad \text{kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2,400 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 19,800 \quad \text{m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P_{\text{TOP}} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,633 \times 2,400}{8,498} = 366 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,633 \quad \text{kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 8,498 \quad \text{m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,633 \times 2,400}{8,302} = 374 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,633 \quad \text{kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 8,302 \quad \text{m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 157
		=	7,499	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.37626	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 157
		=	2,180	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.94066	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 366
		=	7,708	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.06929	m	

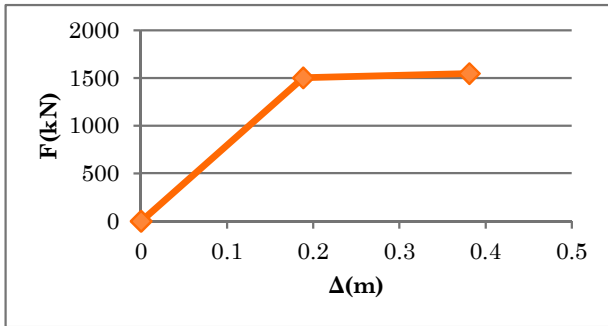
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 366
		=	2,389	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.17324	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

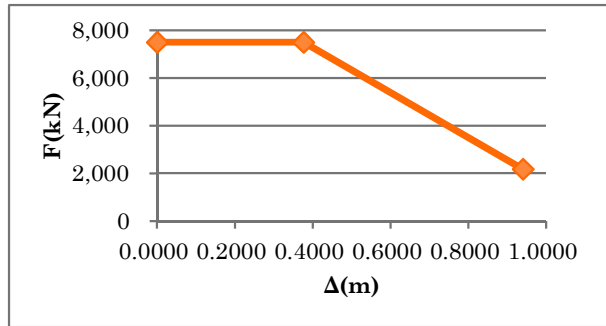
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 374
		=	7,716	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.06561	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 374
		=	2,397	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.16402	m	

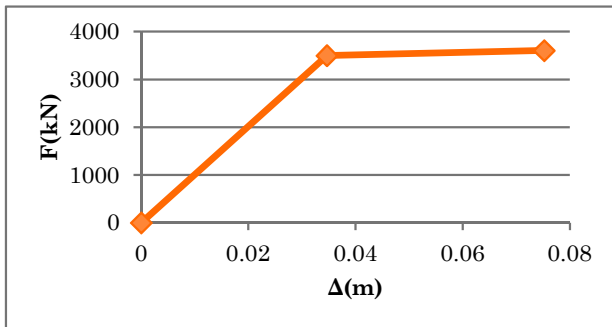
※ 힘·전단성능 곡선



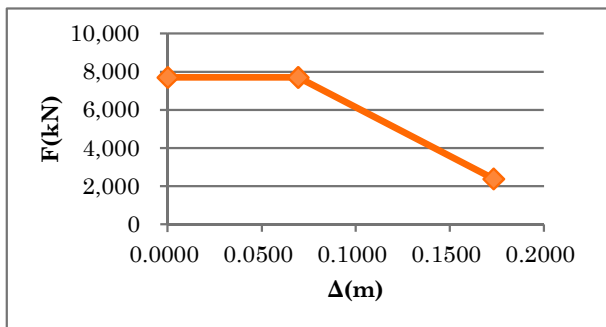
교축방향 휨성능 곡선



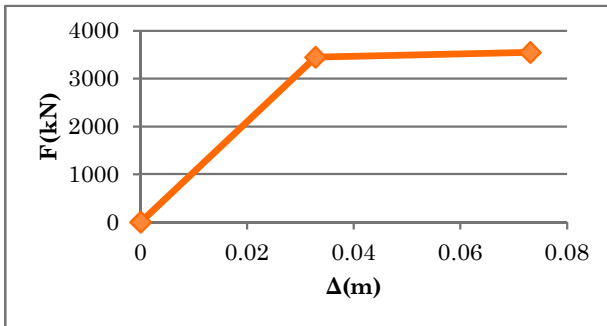
교축방향 전단성능 곡선



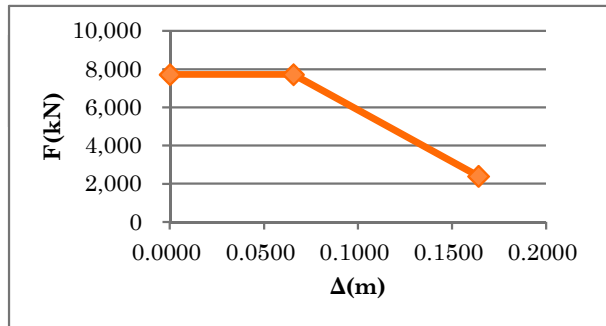
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



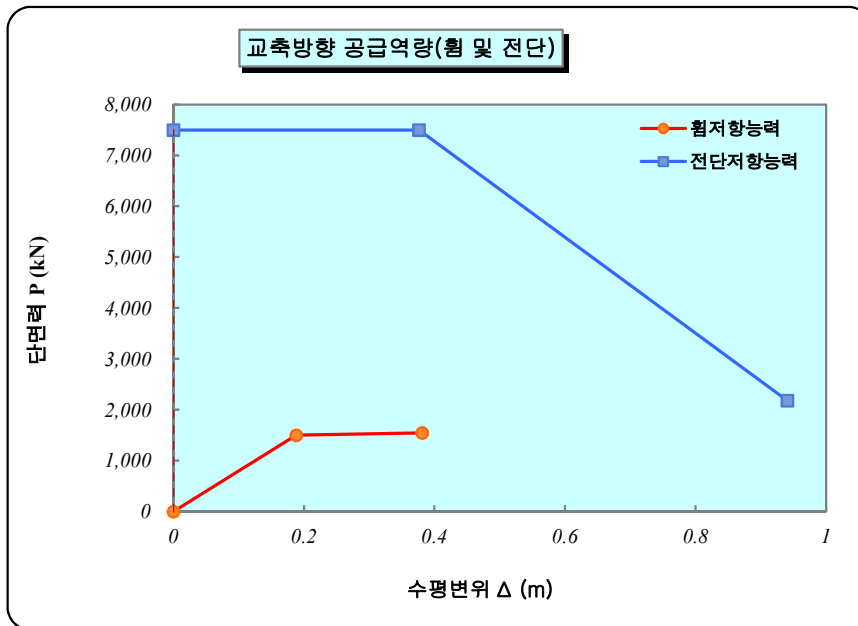
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

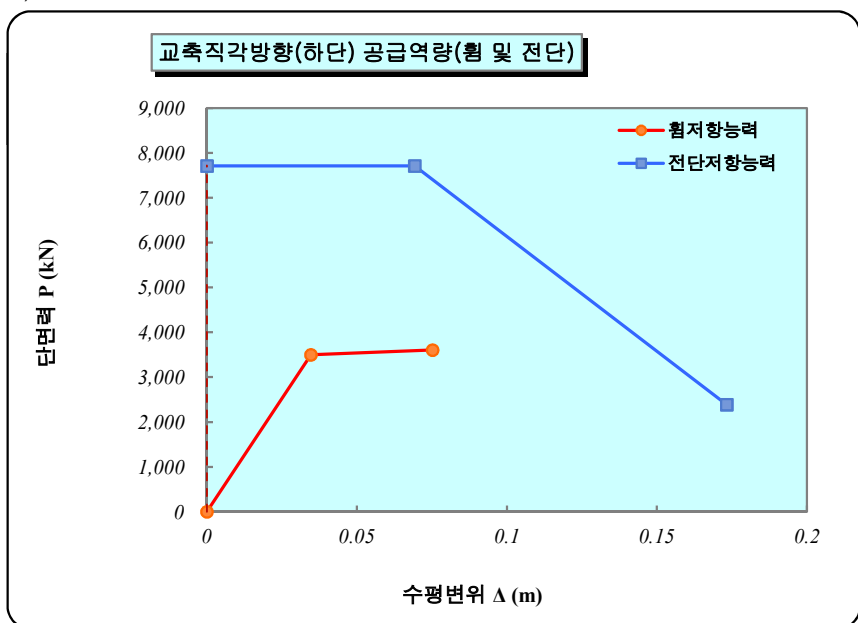
9.1.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



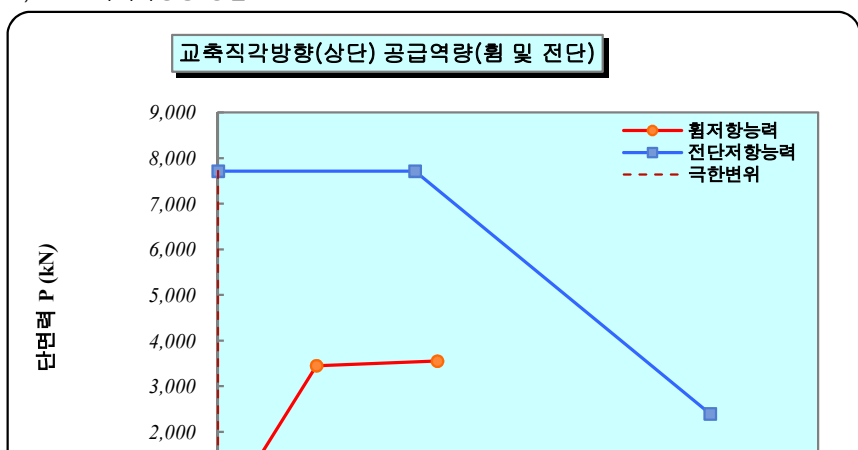
휨강도(P_f)
1,547
(kN)
전단강도(V_n)
7,499
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.1881
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.3811
(m)
변위연성도(μ)
2.026

2) 교축직각방향-하단

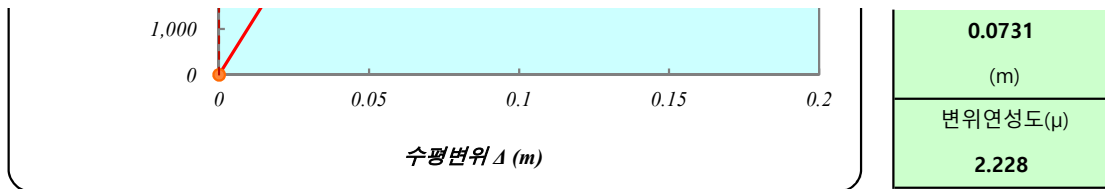


휨강도(P_f)
3,605
(kN)
전단강도(V_n)
7,708
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0346
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0752
(m)
변위연성도(μ)
2.170

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
3,551
(kN)
전단강도(V_n)
7,716
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0328
(m)
극한변위 (Δ_u)
-



9.1.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 27,972 + 8,633 \times 1.5 \times 0.17399 \\
 &= 30,225 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{30,225}{29,739} = 1.016 \rightarrow \text{RS } 1.016 \text{ 적용}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **3.1957** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.016 = 1.016$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 22,412 + 8,633 \times 1.5 \times 0.056$
 $= 23,131 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{23,131}{29,737} = 0.778 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서}$
 거동

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 21,062 + 8,633 \times 1.5 \times 0.056$
 $= 21,781 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{21,781}{28,648} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서}$
 거동

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.1.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.026$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.170$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.228$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.016$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{2.026}{1.016} = 1.993 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.170}{1.000} = 2.170 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.228}{1.000} = 2.228 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,499}{1,493} = 5.022 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

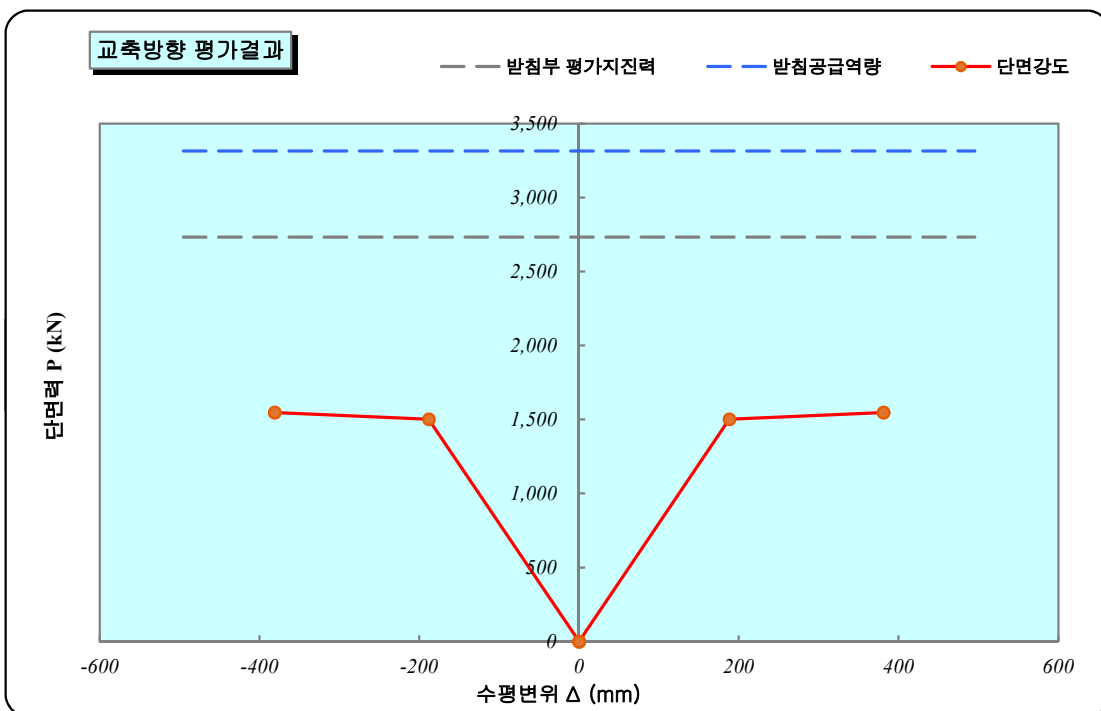
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,708}{2,674} = 2.883 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

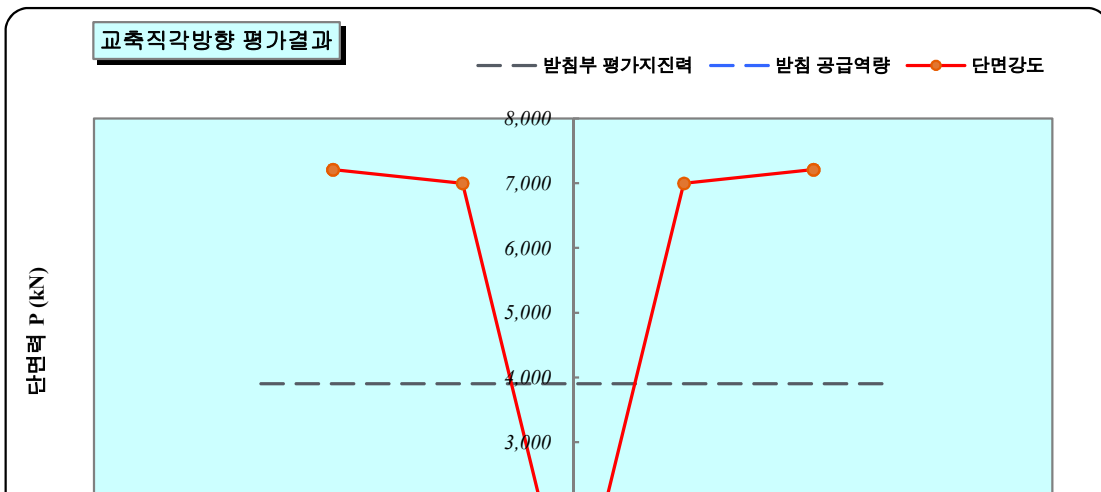
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,716}{2,475} = 3.117 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

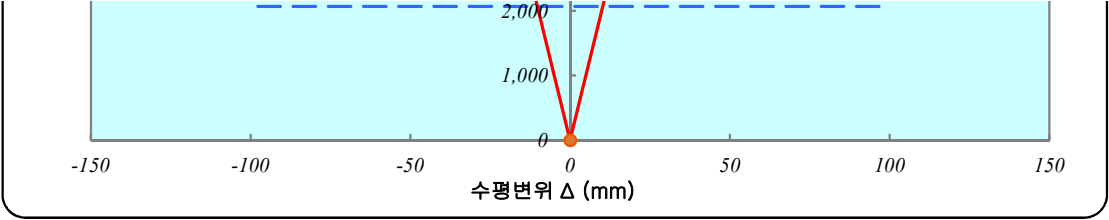
9.1.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





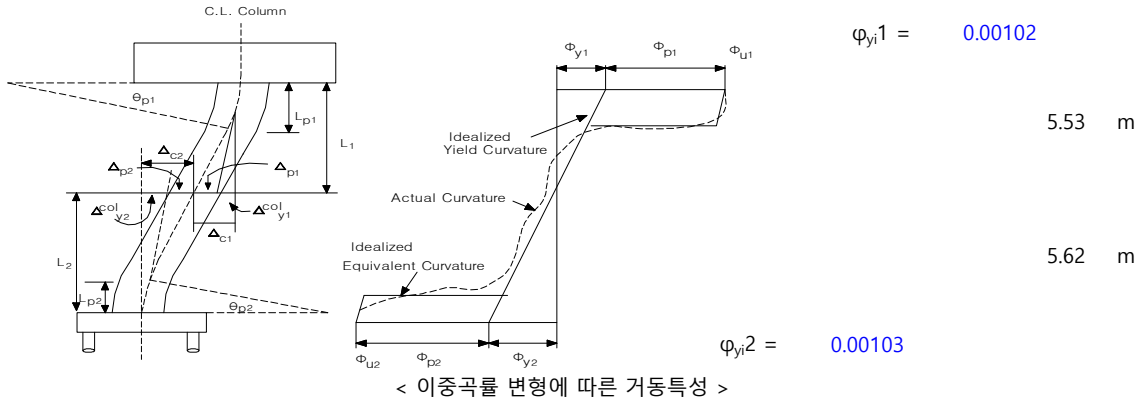
9. 교각부 평가

9.2 교각 8

9.2.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	11.151	11.151	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	14.151	5.576	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.196	0.795	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 11.151 \times 0.00102 / (0.00102 + 0.00103) = 5.53 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 11.151 \times 0.00103 / (0.00102 + 0.00103) = 5.62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.2.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^L &= M_y^L / H_e = 27,527 / 14.151 = 1,945.205 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^L &= M_u^L / H_e = 28,476 / 14.151 = 2,012.310 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 27,526 / 5.621 = 4,896.958 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 28,482 / 5.621 = 5,067.034 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 26,772 / 5.530 = 4,841.248 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 27,818 / 5.530 = 5,030.452 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.2.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00142 \times 14.151^2}{3} = 0.0947 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 14.151 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 1.321 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00780 - 0.00142) \times 1.321 = 0.0084 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_Y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{28,476}{27,527} - 1 \right) \times 0.09469 + 0.00843 \times \left(14.151 - \frac{1.321}{2} \right) \\ &= 0.1170 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.09470 + 0.11700 = 0.2117 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.2117}{0.0947} = 2.236 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.236 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.236** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00142 \times 5.621^2}{3} = 0.0149 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 5.621 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 0.638 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00780 - 0.00142) \times 0.638 \\ &= 0.00410 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_Y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{28,482}{27,526} - 1 \right) \times 0.01494 + 0.00410 \times \left(5.621 - \frac{0.638}{2} \right) \\ &= 0.0223 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0149 + 0.0223 = 0.0372 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.03720}{0.01494} = 2.490 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.490 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.490** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	1945	2012	4897	5067	4841	5030	

변위 Δ (m)	0.0947	0.2117	0.0149	0.0372	0.0144	0.0369	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.2.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.276 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.09469 = 0.18937 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.09469 = 0.47343 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.251 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01494 = 0.02987 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01494 = 0.07469 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.244 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m²

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01441 = 0.02882 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01441 = 0.07206 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow (D_{19} - 2EA) \times 2$ 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$

$= 2247.7 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{5,521 \times 2,400}{14,151} = 140 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 5,521 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 14,151 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{5,521 \times 2,400}{5,621} = 354 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 5,521 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 5,621 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{5,521 \times 2,400}{5,530} = 359 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 5,521 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 5,530 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 140
		=	7,483	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.18937	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 140
		=	2,164	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.47343	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 354
		=	7,696	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02987	m	

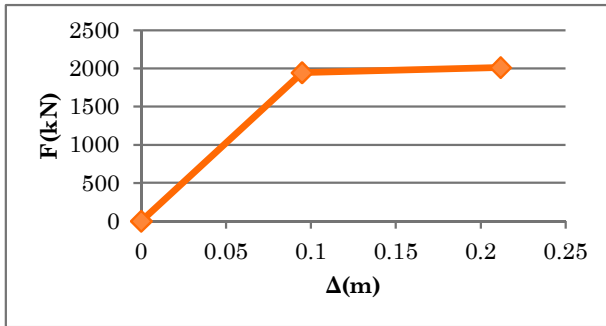
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 354
		=	2,377	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.07469	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

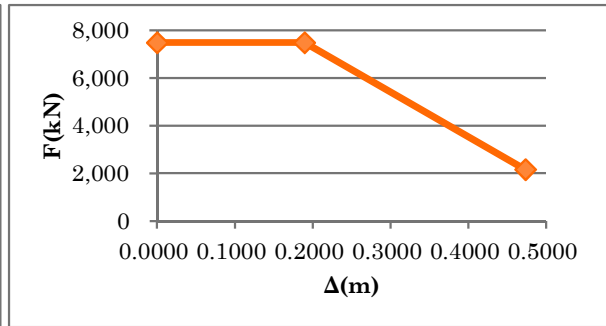
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023 + 359
		=	7,701	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02882	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023 + 359
		=	2,382	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.07206	m	

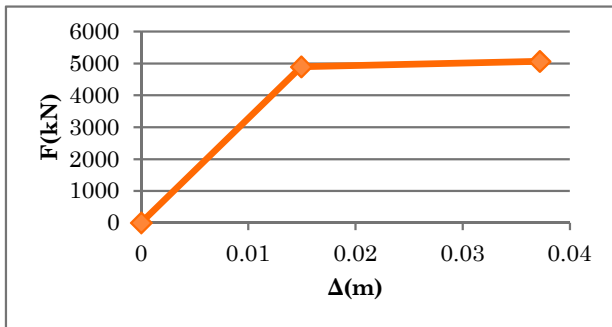
※ 힘·전단성능 곡선



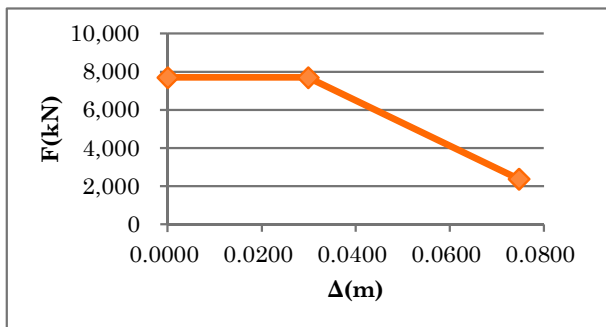
교축방향 휨성능 곡선



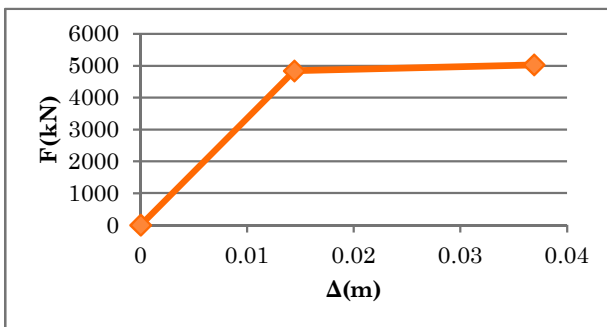
교축방향 전단성능 곡선



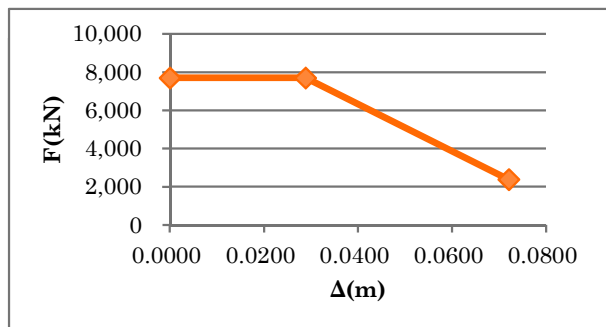
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



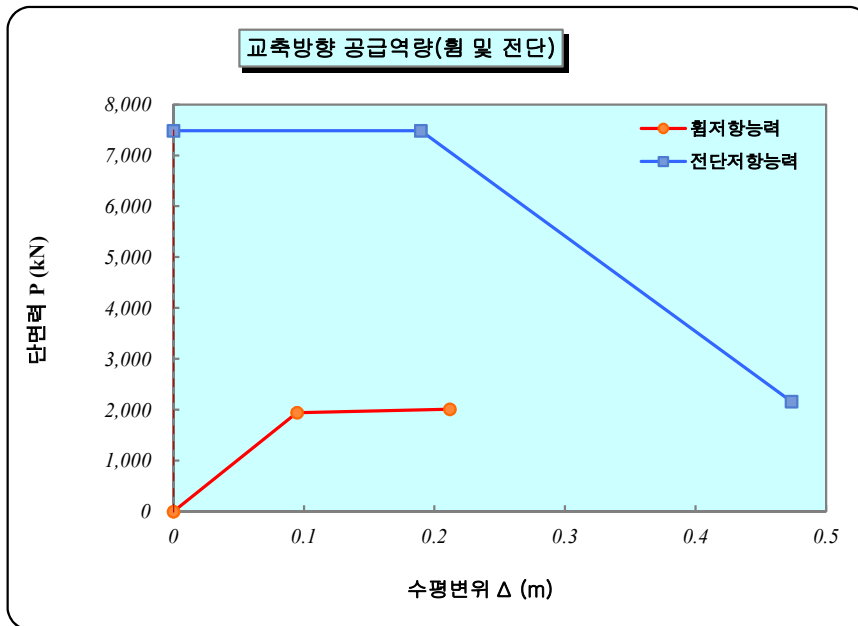
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

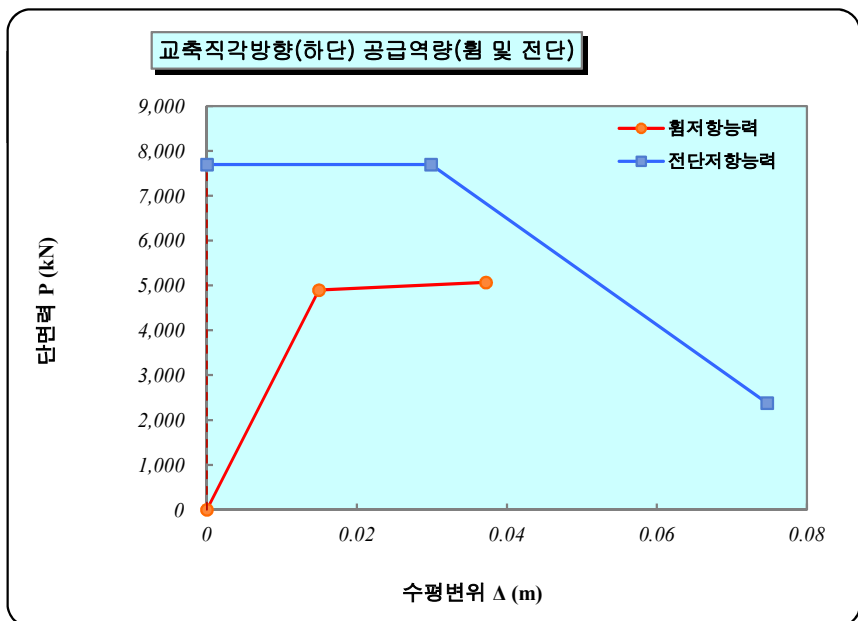
9.2.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



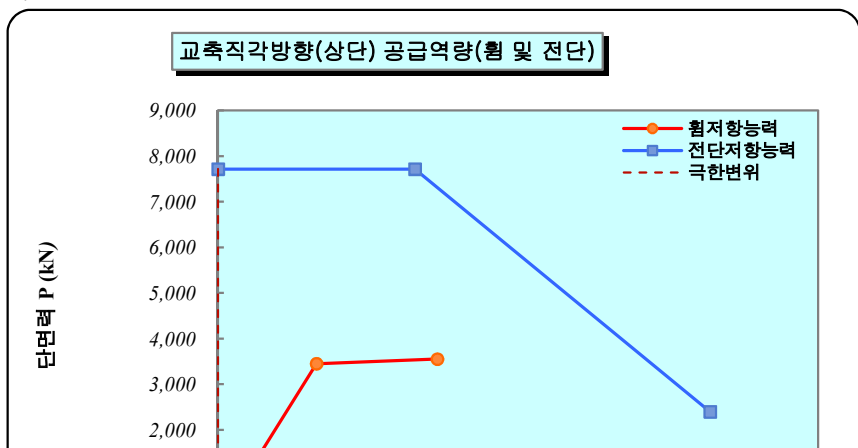
휨강도(P_f)
2,012
(kN)
전단강도(V_n)
7,483
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0947
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.2117
(m)
변위연성도(μ)
2.236

2) 교축직각방향-하단

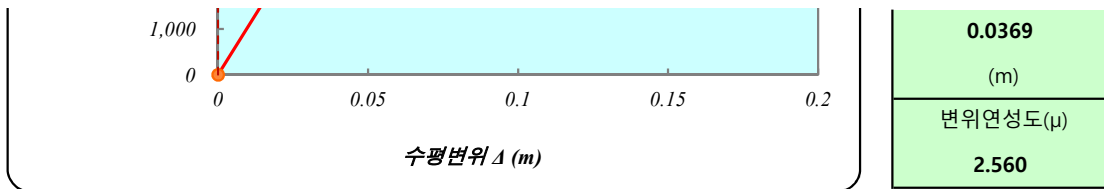


휨강도(P_f)
5,067
(kN)
전단강도(V_n)
7,696
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0149
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0372
(m)
변위연성도(μ)
2.490

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
5,030
(kN)
전단강도(V_n)
7,701
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0144
(m)
극한변위 (Δ_u)
-



9.2.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 10,514 + 5,521 \times 1.5 \times 0.03318 \\
 &= 10,789 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{10,789}{27,527} = 0.392 \rightarrow RS \ 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **3.1957** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 16,402 + 5,521 \times 1.5 \times 0.021$
 $= 16,572 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{16,572}{27,526} = 0.602 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 15,116 + 5,521 \times 1.5 \times 0.021$
 $= 15,287 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{15,287}{26,772} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.2.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.236$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.490$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.560$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.000$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} &= \frac{2.236}{1.000} = 2.236 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} &= \frac{2.490}{1.000} = 2.490 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.560}{1.000} = 2.560 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,483}{879} = 8.516 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

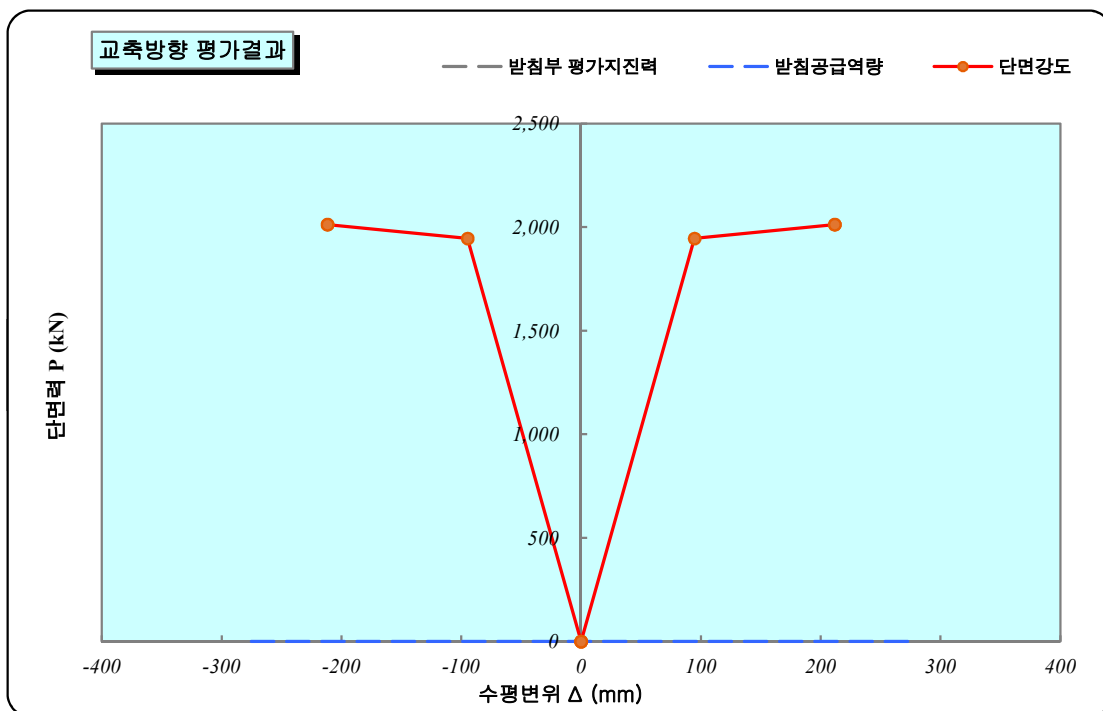
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,696}{2,895} = 2.658 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

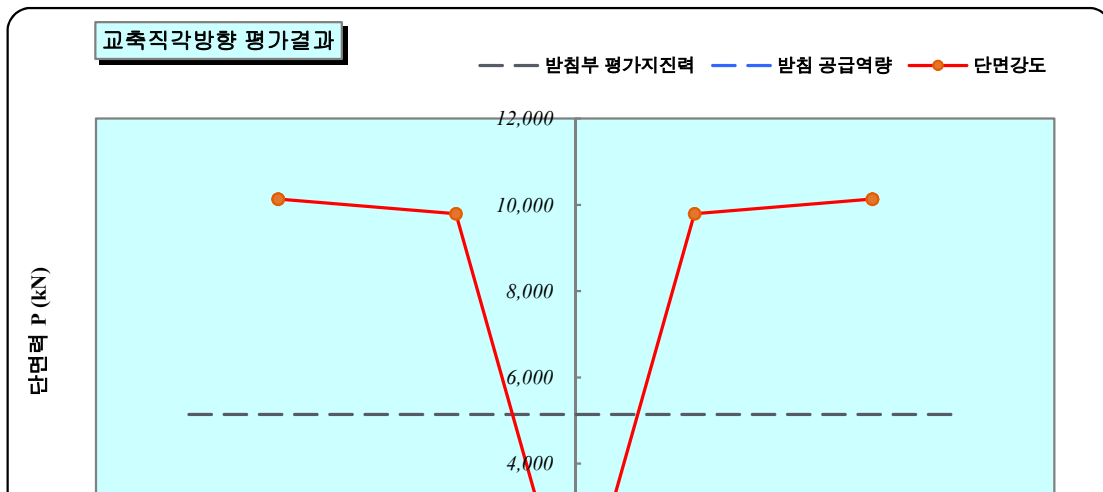
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,701}{2,736} = 2.814 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

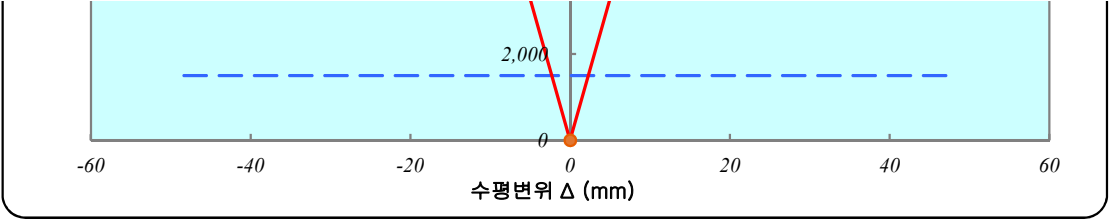
9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





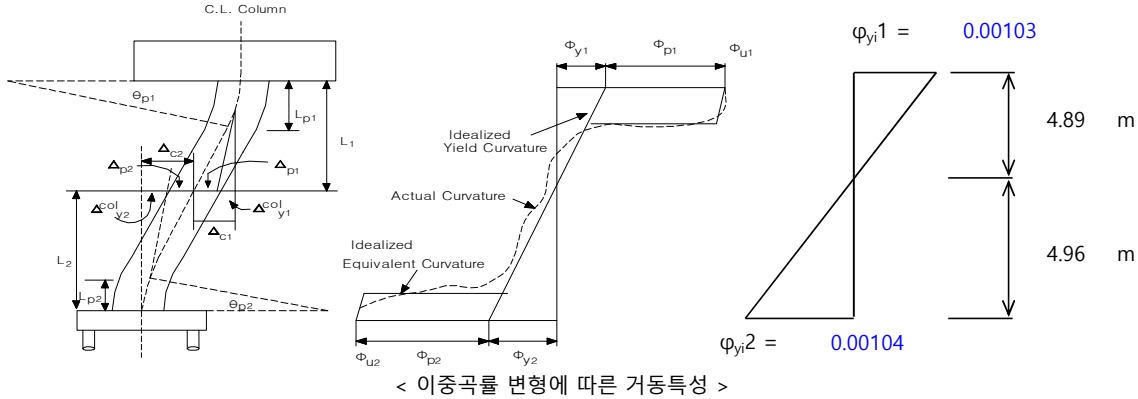
9. 교각부 평가

9.3 교각 9

9.3.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겉이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	9.849	9.849	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	12.849	4.925	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.196	0.795	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 9.849 \times 0.00103 / (0.00103 + 0.00104) = 4.89 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 9.849 \times 0.00104 / (0.00103 + 0.00104) = 4.96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.3.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^L &= M_y^L / H_e = 27,972 / 12.849 = 2,177.002 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^L &= M_u^L / H_e = 28,849 / 12.849 = 2,245.218 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 27,974 / 4.960 = 5,639.859 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 28,860 / 4.960 = 5,818.448 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 27,309 / 4.889 = 5,585.784 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 28,268 / 4.889 = 5,781.919 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.3.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00142 \times 12.849^2}{3} = 0.0782 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 12.849 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 1.196 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00761 - 0.00142) \times 1.196 = 0.0074 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_Y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{28,849}{27,972} - 1 \right) \times 0.07823 + 0.00740 \times \left(12.849 - \frac{1.196}{2} \right) \\ &= 0.0931 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.07820 + 0.09310 = 0.1713 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1713}{0.0782} = 2.190 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.190 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.190** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00142 \times 4.960^2}{3} = 0.0117 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 4.96 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.564 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00761 - 0.00142) \times 0.564 \\ &= 0.00350 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_Y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{28,860}{27,974} - 1 \right) \times 0.01166 + 0.00350 \times \left(4.960 - \frac{0.564}{2} \right) \\ &= 0.0167 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0117 + 0.0167 = 0.0284 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.02840}{0.01166} = 2.436 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.436 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.436** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	2177	2245	5640	5818	5586	5782	

변위 Δ (m)	0.0782	0.1713	0.0117	0.0284	0.0113	0.0283	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.3.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.281 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.07823 = 0.15645 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.07823 = 0.39113 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.256 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01166 = 0.02331 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01166 = 0.05828 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.249 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01129 = 0.02258 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01129 = 0.05644 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D16 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2,241.3 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398.4 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D16 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2,241.3 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398.4 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)
 $\Rightarrow (D16 - 2 EA) \text{ 2 단 배근}$
 $f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)
 $D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$
 $= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$
 $= 2241.3 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,408 \times 2,400}{12.849} = 180 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,408 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)
 $t_s^L = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)
 $L_s^L = 12.849 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,408 \times 2,400}{4.960} = 465 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,408 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)
 $t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)
 $L_s = 4.960 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,408 \times 2,400}{4.889} = 472 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,408 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)
 $t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)
 $L_s = 4.889 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 180
		=	6,897	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.15645	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 180
		=	1,578	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.39113	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 465
		=	7,182	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02331	m	

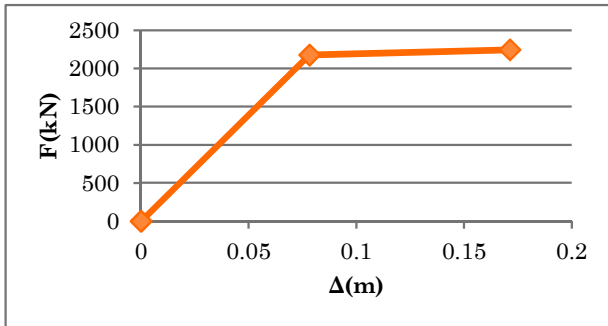
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 465
		=	1,863	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.05828	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

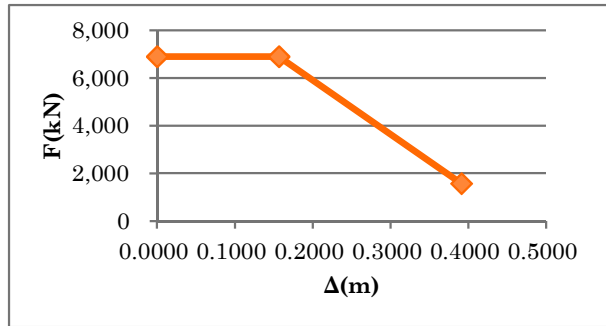
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 472
		=	7,189	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02258	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 472
		=	1,870	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.05644	m	

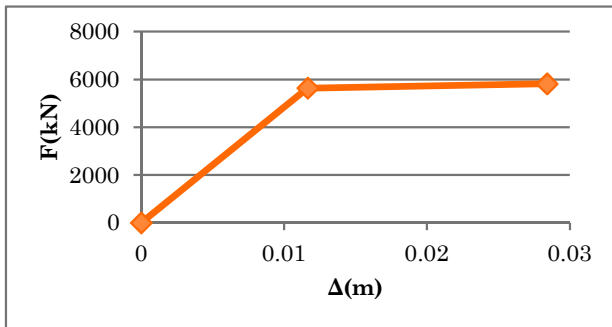
※ 힘·전단성능 곡선



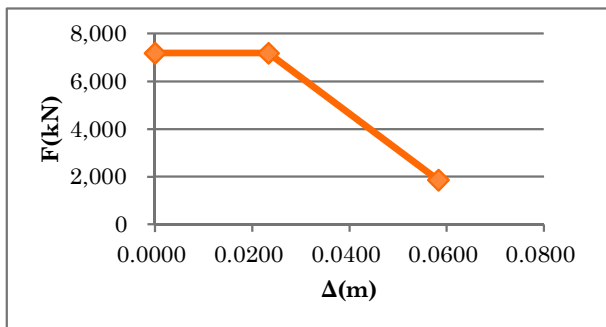
교축방향 휨성능 곡선



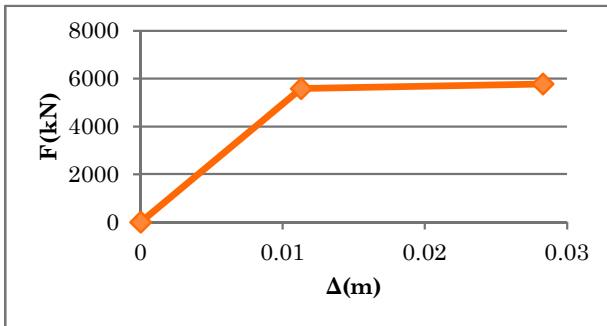
교축방향 전단성능 곡선



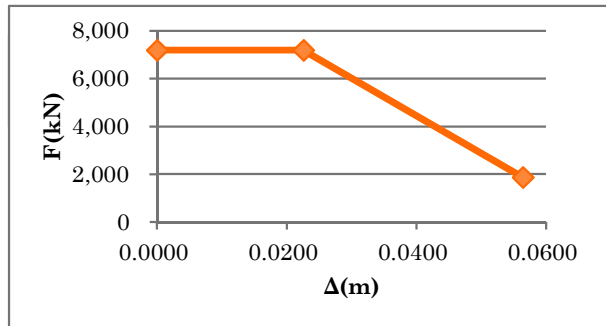
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



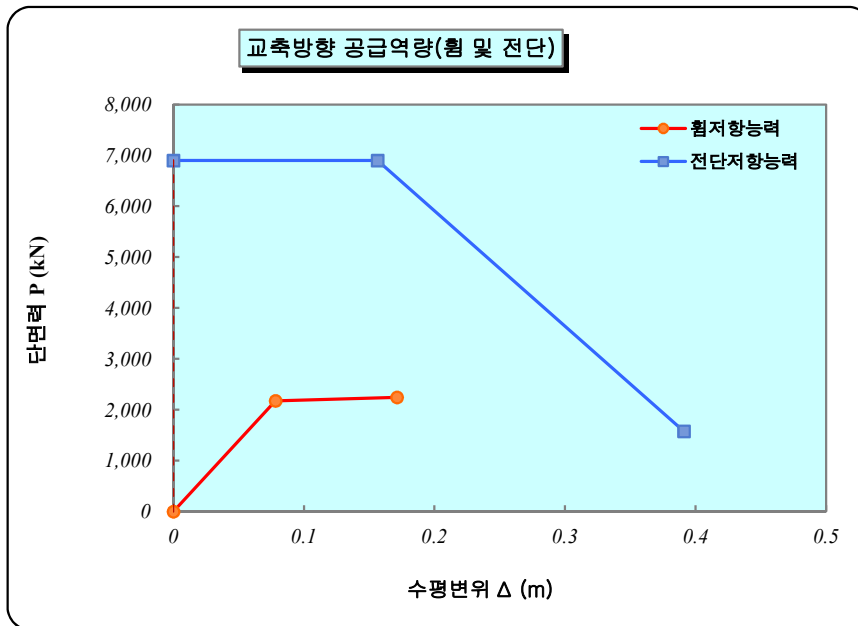
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

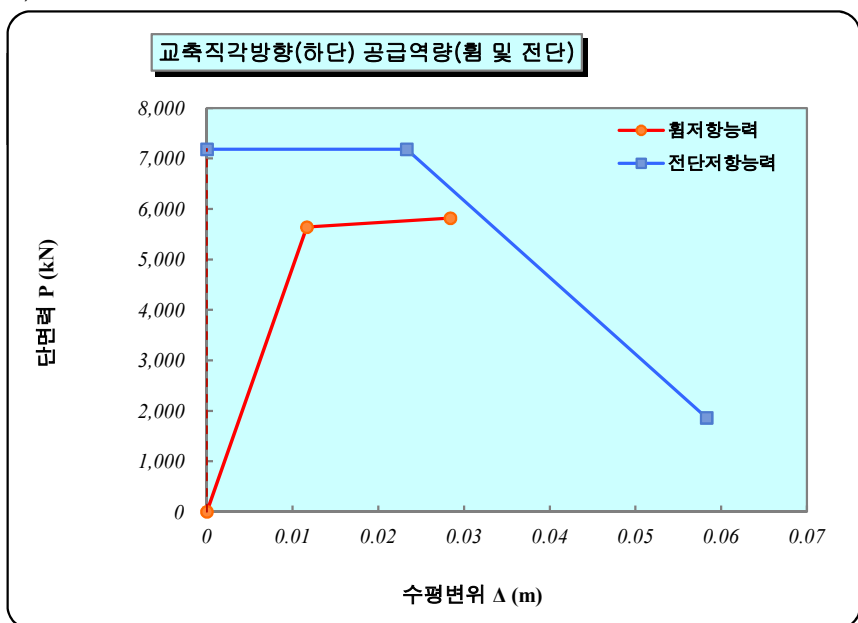
9.3.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



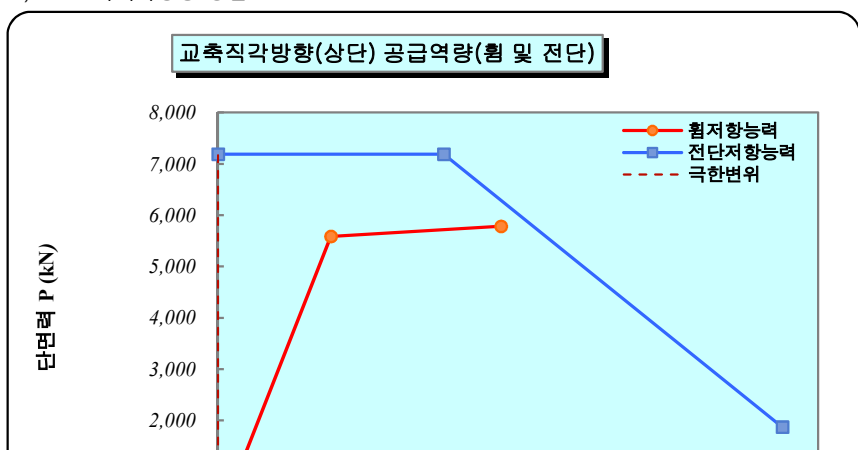
휨강도(P_f)
2,245
(kN)
전단강도(V_n)
6,897
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0782
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.1713
(m)
변위연성도(μ)
2.190

2) 교축직각방향-하단

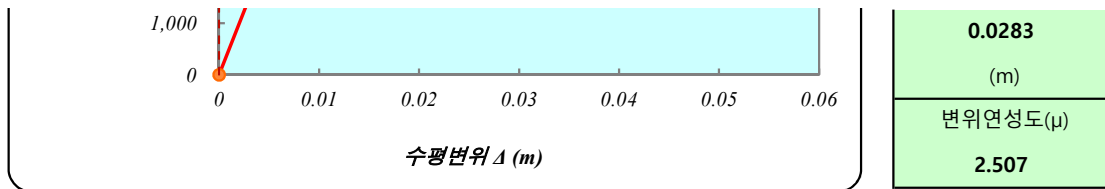


휨강도(P_f)
5,818
(kN)
전단강도(V_n)
7,182
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0117
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0284
(m)
변위연성도(μ)
2.436

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
5,782
(kN)
전단강도(V_n)
7,189
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0113
(m)
극한변위 (Δ_u)



9.3.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 30,307 + 6,408 \times 1.5 \times 0.08285 \\
 &= 31,104 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{31,104}{27,972} = 1.112 \rightarrow \text{RS } 1.112 \text{ 적용}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **3.1957** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.112 = 1.112$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 11,990 + 6,408 \times 1.5 \times 0.015$
 $= 12,139 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{12,139}{27,974} = 0.434 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 11,023 + 6,408 \times 1.5 \times 0.015$
 $= 11,172 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{11,172}{27,309} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7953** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.3.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.190$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.436$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.507$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.112$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{2.190}{1.112} = 1.969 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.436}{1.000} = 2.436 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.507}{1.000} = 2.507 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{6,897}{2,422} = 2.848 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

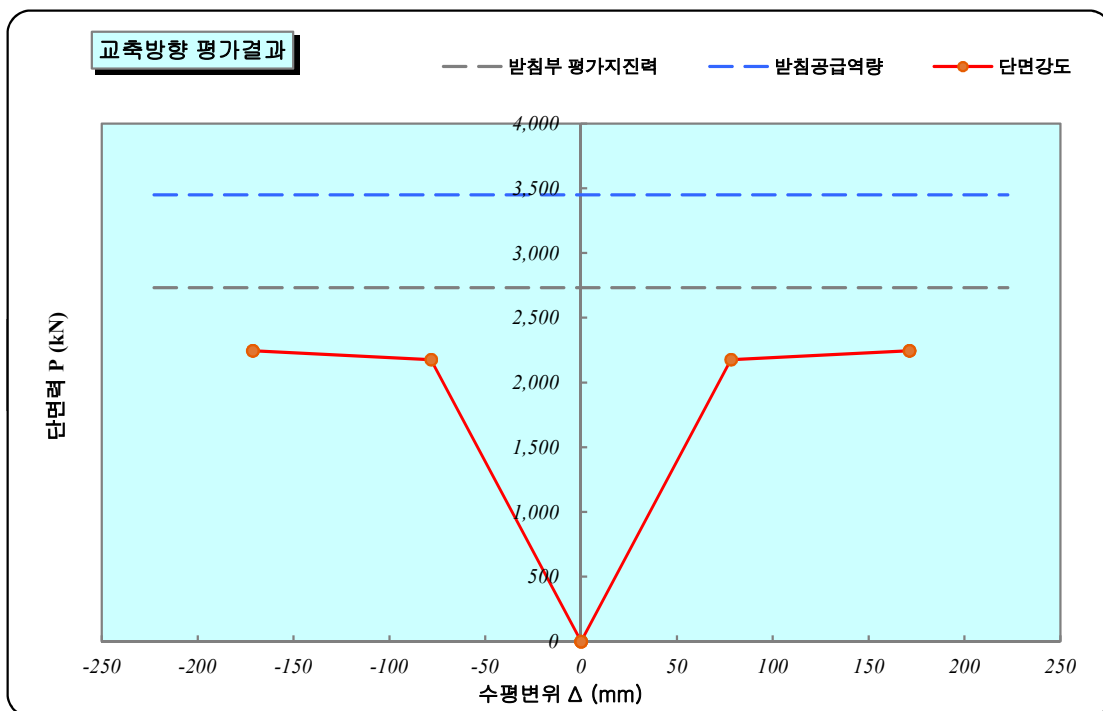
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,182}{2,390} = 3.005 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

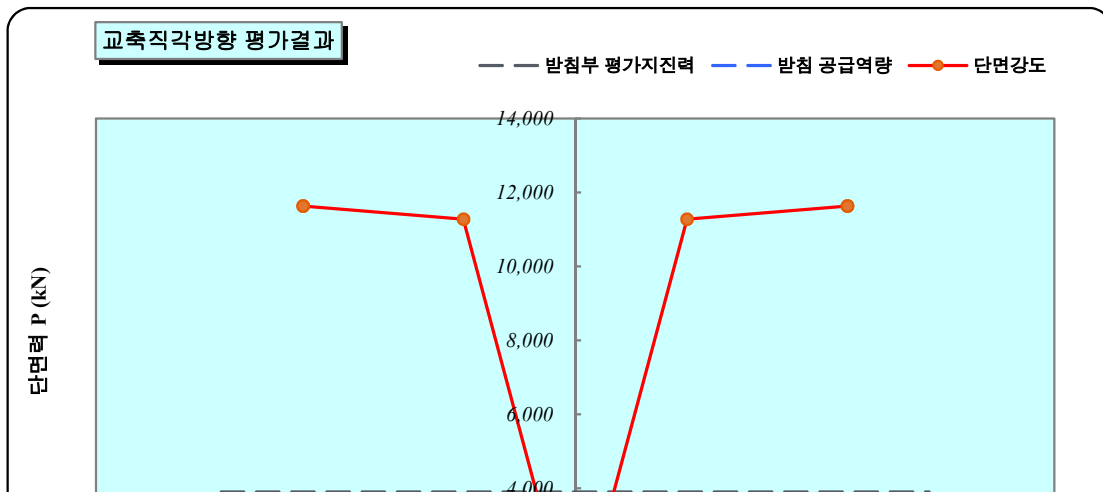
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,189}{2,273} = 3.163 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

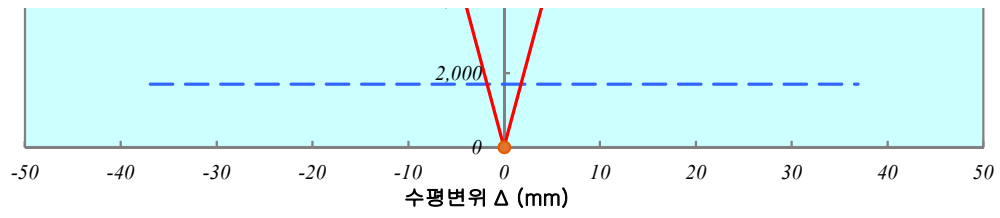
9.3.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.1 교각 P2

10.1.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 4,130.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 4,130.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BC} &= 4,130.00 \times 1 = 4,130.00 \text{ kN} \\ &= 1,250.00 \times 2 = 2,500.00 \text{ kN} \\ &= 6,630.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 4,130.00 \times 1 = 4,130.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[3,095, 2,732] = 2,732.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[7,209, 3,901] = 3,901.23 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{6,630.00}{2,732.37} = 2.426 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,130.00}{3,901.23} = 1.059 > 1.0 \quad \text{OK}$$

10.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	$=$	860	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	$=$	860	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	$=$	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	$=$	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	$=$	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	$=$	720	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	$=$	720	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	$=$	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f_{ck}	$=$	24	MPa
앵커의 유효단면적	A_{se}	$=$	3217	mm ²
앵커의 인장강도	f_{uta}	$=$	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef}	$=$	550	mm
코핑부 깊이	h_{cop}	$=$	3000	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad V_{sa} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad V_{saL} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad V_{saT} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad F_{ASDL} &= F_{BDL} / n^L = 2732.37 / 3 = 911 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad F_{ASDT} &= F_{BDT} / n^T = 3901.23 / 1 = 3,901 \text{ kN} \end{aligned} \quad F_{ASD}$$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} &= \frac{11,066}{911} = 12.150 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} &= \frac{11,066}{3,901} = 2.837 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,617 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,617 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,499 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,499 \quad mm$$

$$\sum S_i = 12177 \quad mm$$

$$S_L = 720 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,426 \quad mm$$

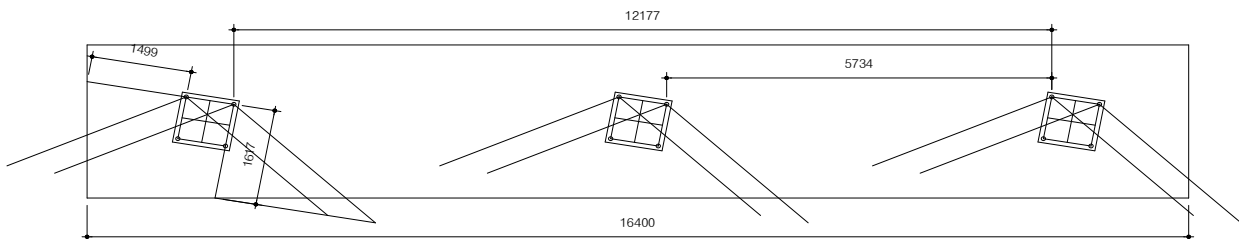
$$S_T = 720 \quad mm$$

$$S_{ax} = 5734 \quad mm$$

$$h_{cop} = 3,000 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,426 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 16,400 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 39,778,200 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1617^2 = 11,766,101 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 39,778,200 < 6 \times 11,766,101 = 70,596,603 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 1617^{1.5}$$

$$= 3,094.78 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.885$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{39,778,200}{11,766,101} \times 0.885 \times 1.400 \times 1.000 \times 3,095 = 12,969 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,219 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 897 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 897 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 3,329 \text{ mm}$$

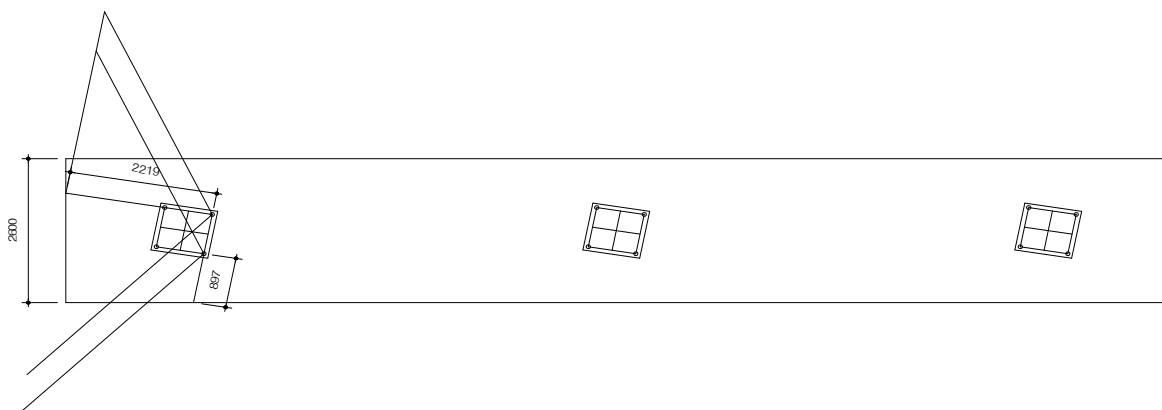
$$S_T = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,000 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 3,000 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,600 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,219 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,329 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2}' & = & 897 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,329 & \text{mm} \\
 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 3,000 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,329 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$$\begin{array}{llll}
 C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 2,000 & \text{mm} \\
 1.5C_{a1}' & = & 3,000 & \text{mm} \\
 \therefore C_{a1} = 2,000 \text{ mm} & 1.5C_{a1} & = & 3,000 \text{ mm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 A_{vc} & = & 7,800,000 & \text{mm}^2 \\
 A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 \times 2,000^2 & = 18,000,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} < n A_{vco} & = & 7,800,000 < 2 \times 18,000,000 & = 36,000,000 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2,000^{1.5} \\
 &= 4,257.07 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.790 & \Phi_{h,v} &= 1.053 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 550 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{7,800,000}{18,000,000} \times 0.790 \times 1.400 \times 1.053 \times 4,257 = 2,148 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 911 & \times & 3 & = 2,732 \text{ kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 3,901 & \times & 1 & = 3,901 \text{ kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{12,969}{2,732} & = & 4.747 & > & 1.0 & \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{2,148}{3,901} & = & 0.551 & < & 1.0 & \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpq}

$$V_{cpq} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,617 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,617 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 1,499 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 1,499 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$S_T = 720 \text{ mm}$$

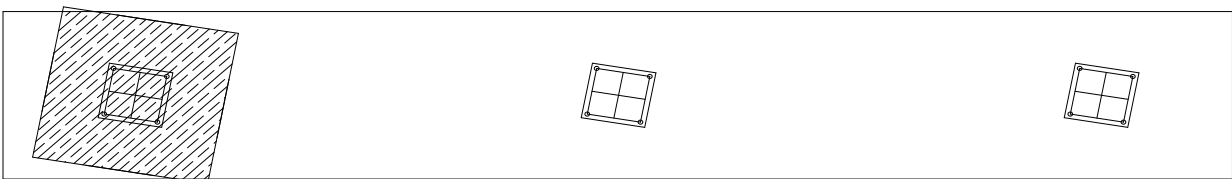
$$S_{ax} = 5,734 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,585,934 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 압도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,585,934 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{5,585,934}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,621 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 1,621 = 3,241 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 3,241 / 1 = 3,241 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,219 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$S_T = 720 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 897 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 5,734 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 897 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

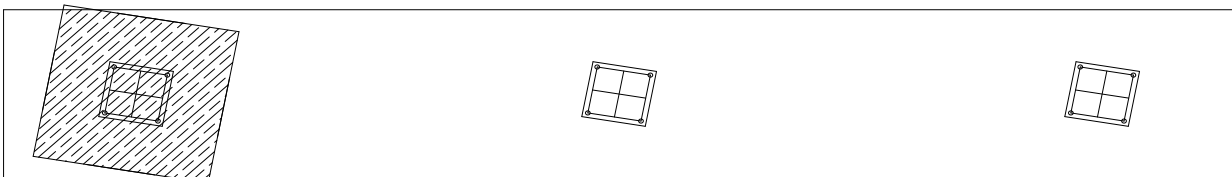
$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,000 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2} & = & 897 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 3\text{면} & C_{a2}' & = & 897 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 4\text{면} & S_T + S_{ax} & = & 6,454 & \text{mm} & > & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm} \\
 & S_{ay} & = & 0 & \text{mm} & < & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 앵커의 유효문힘깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{2000, 897, 897\}}{1.5}, \frac{\max\{(720 + 5734), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{6,454}{3} \right] \\
 &= 2,151 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,585,934 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2,722,500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,585,934 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{5,585,934}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,621 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 1621 = 3,241 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cp} / N (\text{받침개수}) = 3,241 / 1 = 3,241 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 911 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 3,901 \text{ kN}$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} &= \frac{3,241}{911} = 3.559 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} &= \frac{3,241}{3,901} = 0.831 < 1.0 \quad \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교축	6,630	2,732	2.426	OK
		교직	4,130	3,901	1.059	OK
	앵커볼트	교축	11,066	911	12.150	OK
		교직	11,066	3,901	2.837	OK
	콘크리트	교축	12,969	2,732	4.747	OK
		교직	2,148	3,901	0.551	NG
	프라이아웃	교축	3,241	911	3.559	OK
		교직	3,241	3,901	0.831	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.2 교각 P8

10.2.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

$$f_B = 1,500.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교직방향

$$F_{BC} = 1,500.00 \times 2 = 3,000.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[10,134, 5,141] = 5,140.67 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,000.00}{5,140.67} = 0.584 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.2.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	540	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	360	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	450	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

$n = 4$ ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	$f_{ck} = 24$ MPa
앵커의 유효단면적	$A_{se} = 1385$ mm ²
앵커의 인장강도	$f_{uta} = 860$ MPa
앵커의 유효 물힘길이	$h_{ef} = 360$ mm
코핑부 깊이	$h_{cop} = 3000$ mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\text{교직방향: } V_{saT} = 4 \times 1 \times 1,385 \times 860 = 4,766 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 5140.67 / 2 = 2,570 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{4,766}{2,570} = 1.854 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm²)

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5 C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5 C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6 (l_e / d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,890 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,890 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 598 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 598 \text{ mm}$$

$$S_L = 450 \text{ mm}$$

$$S_T = 450 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,000 \text{ mm}$$

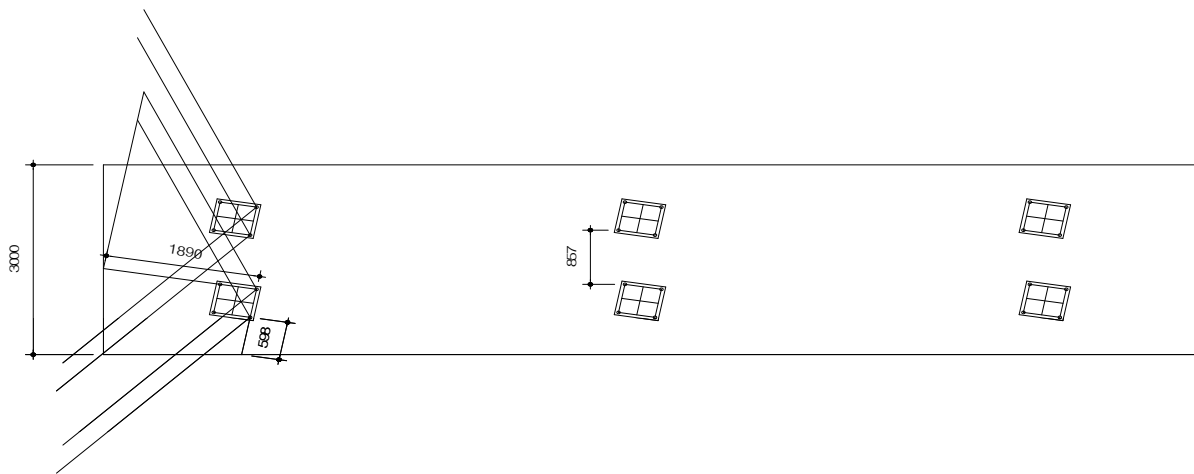
$$\text{투영길이} = 3,000 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 857 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 2,835 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 857 \text{ mm}$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,835 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$1\text{면} \quad C_{a1} = 1,890 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 2,835 \text{ mm}$$

$$2\text{면} \quad C_{a2}' = 598 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 2,835 \text{ mm}$$

$$3\text{면} \quad h_{cop} = 3,000 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 2,835 \text{ mm}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] = 1,890 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1}' = 2,835 \text{ mm}$$

$$\therefore C_{a1} = 1,890 \text{ mm} \quad 1.5C_{a1} = 2,835 \text{ mm}$$

$$A_{vc} = 8,505,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,890^2 = 16,074,450 \text{ mm}^2$$

$$\text{check} \quad A_{vc} < n \quad A_{vco} = 8,505,000 < 4 \times 16,074,450 = 64,297,800 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{360^{0.2}}{105} \times \sqrt{105} \times \sqrt{24} \times 1,890^{1.5}$$

$$= 3,166.41 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.763 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 360 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{8,505,000}{16,074,450} \times 0.763 \times 1.400 \times 1.000 \times 3166 = 1,790 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 2,570 \times 2 = 5,141 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1,790}{5,141} = 0.348 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} \quad k_{cp} = 1$$

$$h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} \quad k_{cp} = 2$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,890 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,890 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 598 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 598 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef} = 540.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,080.0 \text{ mm}$$

$$S_L = 450 \text{ mm}$$

$$S_T = 450 \text{ mm}$$

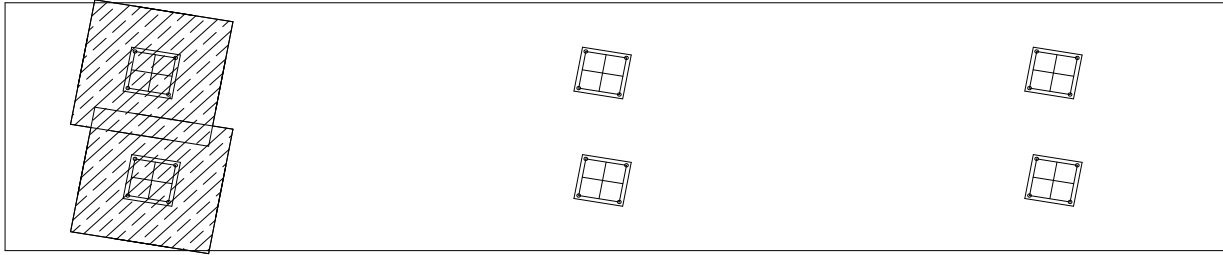
$$S_{ax} = 4,667 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 857 \text{ mm}$$

$$h_{ef}' = 360 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef}' = 540.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,080.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,890	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
2면	C_{a2}	=	598	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
3면	C_{a2}'	=	598	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	5,117	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm
	S_{ay}	=	857	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1890, 598, 598\}}{1.5}, \frac{\max\{(450+4667), 857\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,890}{1.5}, \frac{5,117}{3} \right] \\
 &= 1,706 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 4,348,391 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 1,166,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 4,348,391 < 8 \times 1,166,400 = 9,331,200 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 334.63 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{4,348,391}{1,166,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 334.6 = 1,559 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 1559 = 3,119 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 3,119 / 2 = 1,559 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = 2,570 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향 } \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,559}{2,570} = 0.607 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	3,000	5,141	0.584	NG
	앵커볼트	교직	4,766	2,570	1.854	OK
	콘크리트	교직	1,790	5,141	0.348	NG
	프라이아웃	교직	1,559	2,570	0.607	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.3 교각 P9

10.3.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 3,410.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 3,410.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BC} &= 3,410.00 \times 1 = 3,410.00 \text{ kN} \\ &= 1,010.00 \times 2 = 2,020.00 \text{ kN} \\ &= 5,430.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 3,410.00 \times 1 = 3,410.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[4,490, 4,553] = 4,490.44 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[11,637, 3,764] = 3,763.52 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{5,430.00}{4,490.44} = 1.209 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,410.00}{3,763.52} = 0.906 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.3.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C = 770 mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B = 770 mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a = 160 mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b = 64 mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef} = 550 mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L = 650 mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T = 650 mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n = 4 ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck} = 24 MPa
앵커의 유효단면적	A _{se} = 3217 mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta} = 860 MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef} = 550 mm
코핑부 깊이	h _{cop} = 3000 mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad V_{saL} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad V_{saT} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad F_{ASDL} &= F_{BDL} / n^L = 4490.44 / 3 = 1,497 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad F_{ASDT} &= F_{BDT} / n^T = 3763.52 / 1 = 3,764 \text{ kN} \end{aligned}$$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} &= \frac{11,066}{1,497} = 7.393 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} &= \frac{11,066}{3,764} = 2.940 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,588 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,588 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,473 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,473 \quad mm$$

$$\sum S_i = 9200 \quad mm$$

$$S_L = 650 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,382 \quad mm$$

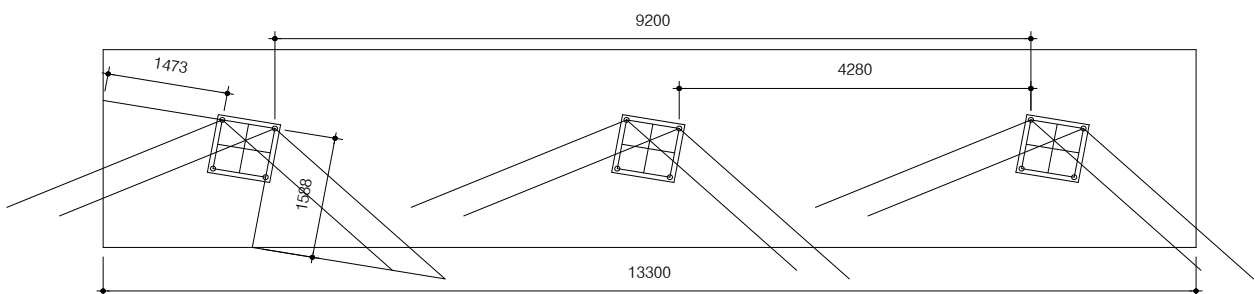
$$S_T = 650 \quad mm$$

$$S_{ax} = 4280 \quad mm$$

$$h_{cop} = 3,000 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,382 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 13,300 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 31,680,600 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1588^2 = 11,347,848 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 31,680,600 < 6 \times 11,347,848 = 68,087,088 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 1588^{1.5}$$

$$= 3,011.90 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.886$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{31,680,600}{11,347,848} \times 0.886 \times 1.400 \times 1.000 \times 3,012 = 10,424 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,123 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 938 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 938 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 650 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 3,185 \text{ mm}$$

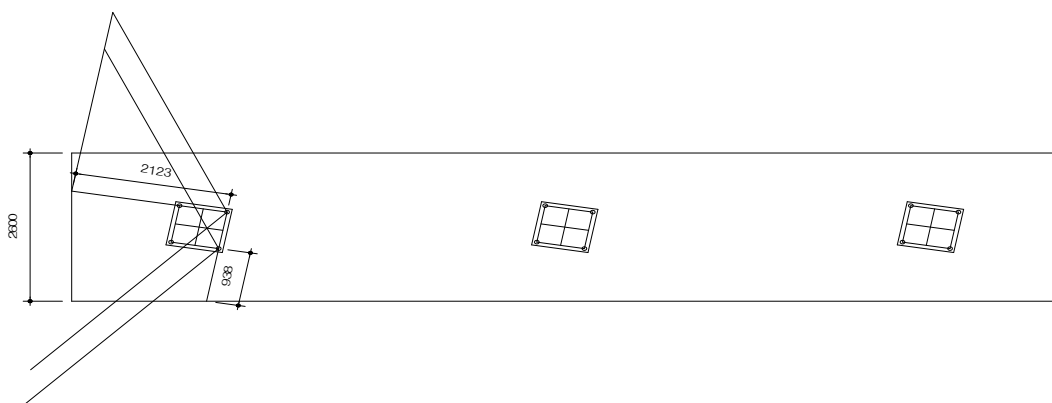
$$S_T = 650 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,000 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 3,000 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,600 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll} \text{1면} & C_{a1} & = & 2,123 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,185 & \text{mm} \\ \text{2면} & C_{a2}' & = & 938 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,185 & \text{mm} \\ \text{3면} & h_{\text{cop}} & = & 3,000 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,185 & \text{mm} \end{array}$$

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$$\begin{aligned} C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 2,000 & \text{mm} \\ & 1.5C_{a1}' & = & 3,000 & \text{mm} \\ \therefore C_{a1} &= 2,000 & \text{mm} & 1.5C_{a1} & = & 3,000 & \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vc} &= 7,800,000 & \text{mm}^2 \\ A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 \times 2,000^2 & = & 18,000,000 & \text{mm}^2 \\ \text{check } A_{vc} < n A_{vco} &= 7,800,000 < 2 \times 18,000,000 & = & 36,000,000 & \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\ &= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2,000^{1.5} \\ &= 4,257.07 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.794 \quad \Phi_{h,v} = 1.030$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{\text{efr}}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{cbg}}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\ &= \frac{7,800,000}{18,000,000} \times 0.794 \times 1.400 \times 1.030 \times 4,257 = 2,112 & \text{kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll} \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 1,497 & \times & 3 & = & 4,490 & \text{kN} \\ \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 3,764 & \times & 1 & = & 3,764 & \text{kN} \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll} \text{교축방향} & \frac{V_{\text{cbgL}}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{10,424}{4,490} & = & 2.321 & > & 1.0 & \text{OK} \\ \text{교직방향} & \frac{V_{\text{cbgT}}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{2,112}{3,764} & = & 0.561 & < & 1.0 & \text{NG} \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpq}

$$V_{cpq} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

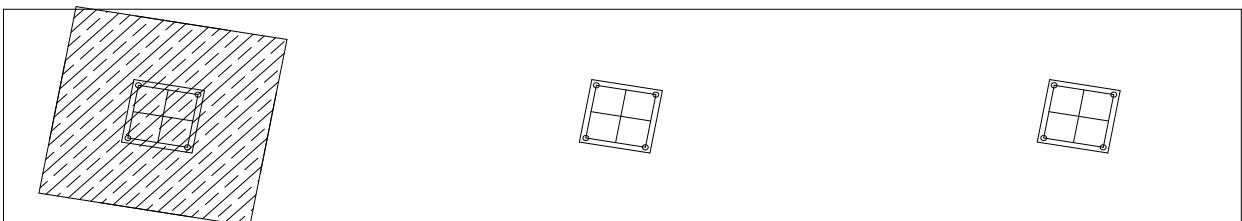
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,588	mm	S_L	=	650	mm
C_{a1}'	=	1,588	mm	S_T	=	650	mm
C_{a2}	=	1,473	mm	S_{ax}	=	4,280	mm
C_{a2}'	=	1,473	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	550	mm	h_{ef}'	=	550	mm (유효문힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	825.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	1,650.0	mm



$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,283,928 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 압도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,283,928 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{5,283,928}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,533 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cp} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 1,533 = 3,066 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cp} / N \text{ (받침개수)} = 3,066 / 1 = 3,066 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,123 \text{ mm}$$

$$S_L = 650 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$S_T = 650 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 938 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 4,280 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 938 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

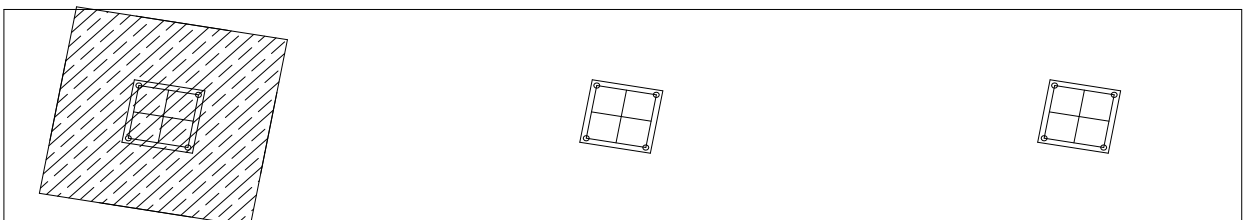
$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,000 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2} & = & 938 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 3\text{면} & C_{a2}' & = & 938 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 4\text{면} & S_T + S_{ax} & = & 4,930 & \text{mm} & > & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm} \\
 & S_{ay} & = & 0 & \text{mm} & < & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 앵커의 유효문힘깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{2000, 938, 938\}}{1.5}, \frac{\max\{(650 + 4280), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{4,930}{3} \right] \\
 &= 1,643 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,283,928 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2,722,500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,283,928 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{5,283,928}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,533 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 1533 = 3,066 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cp} / N (\text{받침개수}) = 3,066 / 1 = 3,066 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 1,497 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 3,764 \text{ kN}$

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} = \frac{3,066}{1,497} = 2.048 > 1.0$	OK
교직방향	$\frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} = \frac{3,066}{3,764} = 0.815 < 1.0$	NG

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교축	5,430	4,490	1.209	OK
		교직	3,410	3,764	0.906	NG
	앵커볼트	교축	11,066	1,497	7.393	OK
		교직	11,066	3,764	2.940	OK
	콘크리트	교축	10,424	4,490	2.321	OK
		교직	2,112	3,764	0.561	NG
	프라이아웃	교축	3,066	1,497	2.048	OK
		교직	3,066	3,764	0.815	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.4 교대 A1

10.4.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

$$f_B = 310.00 \text{ kN}$$

(2) 보유능력 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교직방향

$$F_{BC} = 310.00 \times 1 = 310.00 \text{ kN}$$

(3) 소요능력 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 969.96 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{310.00}{969.96} = 0.320 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.4.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	340	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	340	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	50	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	20	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	170	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	280	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	280	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

$n = 4$ ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	$f_{ck} = 24$ MPa
앵커의 유효단면적	$A_{se} = 314$ mm ²
앵커의 인장강도	$f_{uta} = 860$ MPa
앵커의 유효 물힘길이	$h_{ef} = 170$ mm
교대부 깊이	$h_{cop} = 4564$ mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad n : \text{앵커갯수}$$

$$\text{교직방향: } V_{saT} = 4 \times 1 \times 314 \times 860 = 1,081 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 969.96 / 1 = 970 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,081}{970} = 1.114 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향

자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm²)

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5 C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5 C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6 (l_e / d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

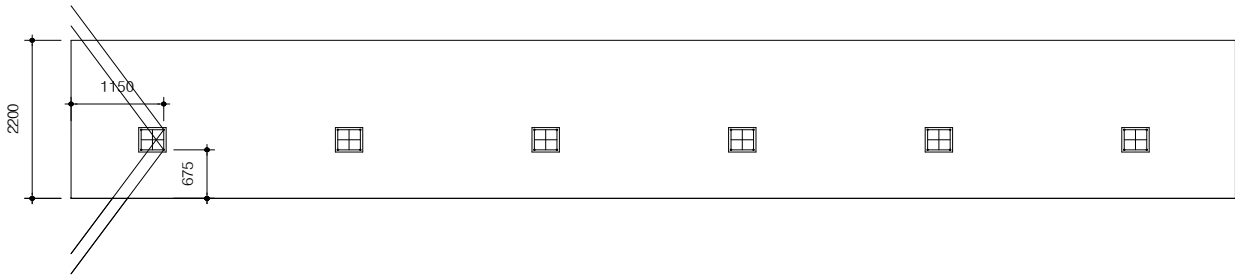
C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

$$\begin{aligned}
 C_{a1} &= 1,150 \text{ mm} \\
 C_{a1}' &= 1,150 \text{ mm} \\
 C_{a2} &= 675 \text{ mm} \\
 C_{a2}' &= 675 \text{ mm} & \sum S_i &= 0 \text{ mm} \\
 S_L &= 280 \text{ mm} & 1.5C_{a1} &= 1,725 \text{ mm} \\
 S_T &= 280 \text{ mm} & S_{ay} &= 0 \text{ mm} \\
 h_{cop} &= 4,564 \text{ mm} & h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] &= 1,725 \text{ mm} \\
 \text{투영길이} &= 2,200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{aligned}
 1\text{면} \quad C_{a1} &= 1,150 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,725 \text{ mm} \\
 2\text{면} \quad C_{a2}' &= 675 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,725 \text{ mm} \\
 3\text{면} \quad h_{cop} &= 4,564 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,725 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] = 1,150 \text{ mm} \\
 1.5C_{a1}' &= 1,725 \text{ mm} \\
 \therefore C_{a1} &= 1,150 \text{ mm} \quad 1.5C_{a1} = 1,725 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= 3,795,000 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,150^2 = 5,951,250 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} = 3,795,000 < 2 \times 5,951,250 = 11,902,500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{170^{0.2}}{50} \times \sqrt{50} \times \sqrt{24} \times 1,150^{1.5}$$

$$= 1,035.34 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.817 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 170 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{3,795,000}{5,951,250} \times 0.817 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,035 = 756 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 970 \times 1 = 970 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향 } \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{756}{970} = 0.779 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \Phi_{ed,N} * \Phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\Phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \Phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \Phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\Phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \Phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \Phi_{c,N} = 1.40$$

② 교직방향

C_{a1}	=	1,150	mm	S_L	=	280	mm
C_{a1}'	=	1,150	mm	S_T	=	280	mm
C_{a2}	=	675	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	675	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	170	mm	h_{ef}'	=	170	mm (유효물힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	255.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	510.0	mm



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,150	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
2면	C_{a2}	=	675	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
3면	C_{a2}'	=	675	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	2,330	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm

- 앵커의 유효물힘깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1150, 675, 675\}}{1.5}, \frac{\max\{(280 + 2050), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,150}{1.5}, \frac{2,330}{3} \right] \\
 &= 777 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 170 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 624,100 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삽도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 260,100 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 624,100 < 4 \times 260,100 = 1,040,400 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 108.59 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{624,100}{260,100} \times 1.000 \times 1.250 \times 108.6 = 326 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 326 = 651 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 651 / 1 = 651 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교직방향: $F_{ASDT} = 970 \text{ kN}$

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{651}{970} = 0.672 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교직	310	970	0.320	NG
	앵커볼트	교직	1,081	970	1.114	OK
	콘크리트	교직	756	970	0.779	NG
	프라이아웃	교직	651	970	0.672	NG

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P2

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [30,637, 27,972] \\ &= 27,972 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [1,547, 1,493] \\ &= 1,493 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [30,632, 22,412] \\ &= 22,412 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [3,605, 2,674] \\ &= 2,674 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N &= 10,496 &\times 2 &= 20,992 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H &= 1,493 &\times 2 &= 2,986 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M &= 27,972 &\times 2 &= 55,943 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N &= 10,496 &\times 2 &= 20,992 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H &= 2,674 &\times 2 &= 5,348 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M &= 22,412 &\times 2 &= 44,824 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

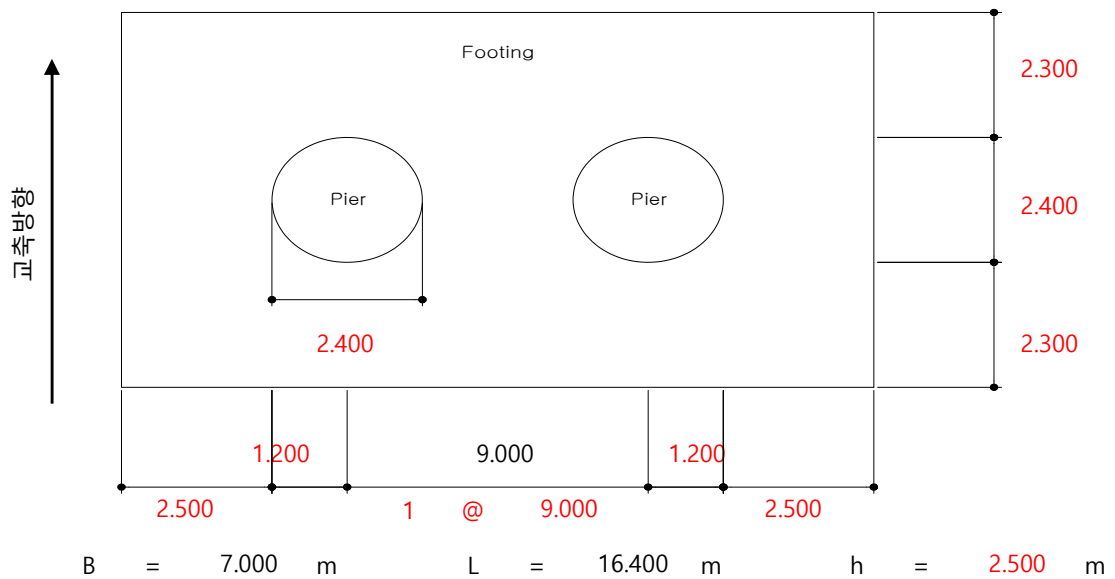
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	20,992	2,986	55,943	
교축직각방향	20,992	5,348	44,824	

11. 기초부 평가

11.1 교각 2

11.1.1 검토조건



11.1.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.487	< 1.000	강제취급
β	$= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))}$	= 0.148	m^{-1}
k	$= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	= 63885	kN/m^3
K_{V0}	$= 1/0.3 \times \alpha \times E_0$	= 933333	kN/m^3
E_0	$= 2800 \times N$	= 140000	kN/m^2
E	$= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$	= 25811	Mpa
λ	$= \text{Max}[l, b]$	= 3.300	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
교축	$e_L = M_L / V =$	1.910 ≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V =$	1.753 ≤ 6.560	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. ($e < B \times 0.4$)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 3.179 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 12.893 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 5.000 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	5.518 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	10.348 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.128 \quad \beta = 0.457$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	6.426 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	23.283 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.182$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.091$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 3.993$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 2.497$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.604$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.302$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.149$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.074$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교 축 직 각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	15.784 MPa

여기서는 경사계수 미고려

N_c	=	46.1	N_q	=	33.3	N_r	=	37.2
교 축 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$	=				1.178
			$s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$	=				0.901
			$s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$	=				1.173
교 축 직 각 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$	=				3.930
			$s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$	=				0.600
			$s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$	=				3.840
교 축 방 향 깊 이 계 수,			(Df > Bf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times \cot(D_f / B_f')$						#NAME?
d_r	=	1						1.000
d_q	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times \cot(D_f / B_f')$						#NAME?
교 축 직 각 방 향 깊 이 계 수,			(Df ≤ Lf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times D_f / L_f'$						1.155
d_r	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$						1.099
d_q	=	1						1.000
지 반 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \psi^\circ / 147^\circ$						1.000
g_r	=	$g_q = (1 - 0.5 \tan \psi^\circ)^5$						1.000
기 초 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \eta^\circ / 147^\circ$						1.000
b_r	=	$\exp(-2.7 \times \eta \times \tan \Phi)$						1.000
b_q	=	$\exp(-2 \times \eta \times \tan \Phi)$						1.000

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구 분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최 소 값 적용
교 축	5.518 MPa	6.426 MPa	#NAME?	#NAME?
교 축 직 각	10.348 MPa	23.283 MPa	15.784 MPa	10.348 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 4.769 \leq 7.000$	삼각형 분포
	지반반력	$q_{max} = (2 \times V)/(L \times x_L)$	$q_{max} = 0.849 \text{ MPa}$
			$q_{min} = 0.000 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 19.340 > 16.400$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{max,min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{max} = 0.475 \text{ MPa}$
			$q_{min} = 0.104 \text{ MPa}$

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u / q_a = \#NAME? \#NAME? 2.000$	$\#NAME?$
교 축 직 각	$q_u / q_a = 21.806 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 6.668 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 3.724 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

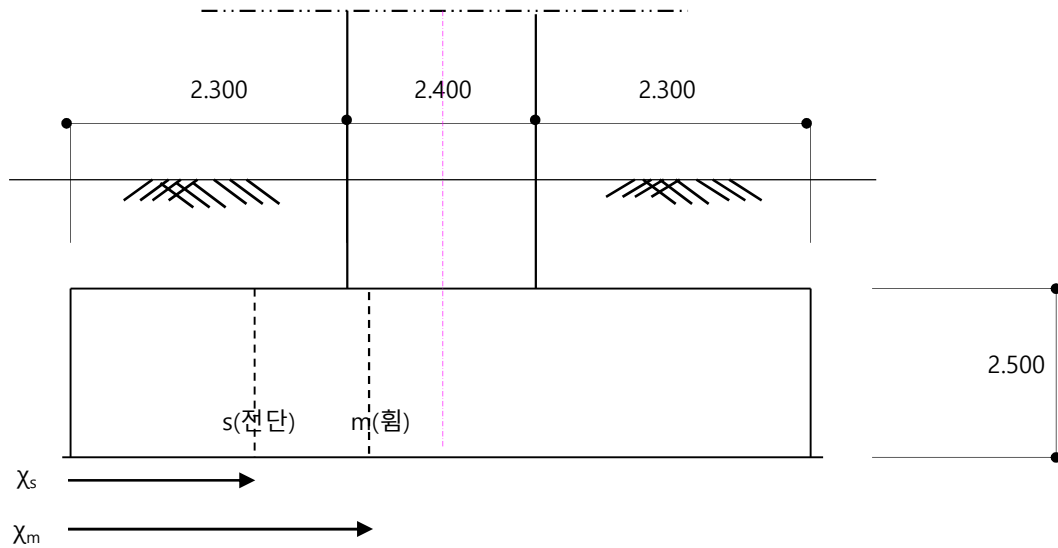
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2$	2.437 m
전단	$\chi_s = 2.437 - 2.400/2$	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.415 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.629 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3043 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1267 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	2312 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	963 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	34283 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	14981 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	28928 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	12751 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 47199 \geq 28928$	O.K
전단	$\Phi V_n = 32137 \geq 12751$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 16400 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 131 ea

$$A_s = 66378 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 59.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 32137 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

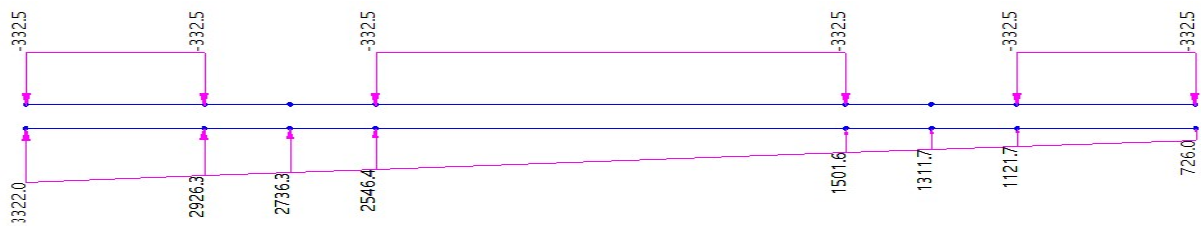
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{max,min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	3322 kN/m
Qmin			726 kN/m

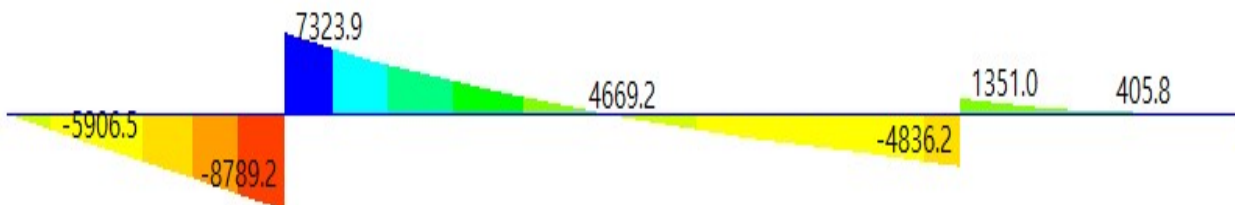
② 구조해석 모델링



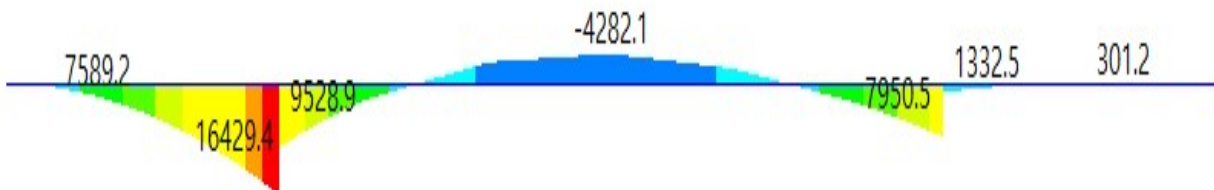
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과		비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu	= 16429	kN-m
최대 발생 전단력	Vu	= 7324	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 19465 \geq 16429$	O.K
전단	$\Phi V_n = 13717 \geq 7324$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 7000 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 54 ea

$$A_s = 27362 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 57.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 13717 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	1.910	1.466	O.K
		교축직각	6.560	1.753	3.741	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	21.806	2.000	10.903	O.K
	활동	교축	6.668	1.200	5.557	O.K
		교축직각	3.724	1.200	3.103	O.K
단면 검토	힘	교축	47199	28928	1.632	O.K
		교축직각	19465	16429	1.185	O.K
	전단	교축	32137	12751	2.520	O.K
		교축직각	13717	7324	1.873	O.K

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P8

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [28,476, 10,514] \\ &= 10,514 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [2,012, 879] \\ &= 879 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [28,482, 16,402] \\ &= 16,402 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [5,067, 2,895] \\ &= 2,895 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N &= 6,758 &\times 2 &= 13,516 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H &= 879 &\times 2 &= 1,757 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M &= 10,514 &\times 2 &= 21,028 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N &= 6,758 &\times 2 &= 13,516 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H &= 2,895 &\times 2 &= 5,790 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M &= 16,402 &\times 2 &= 32,804 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

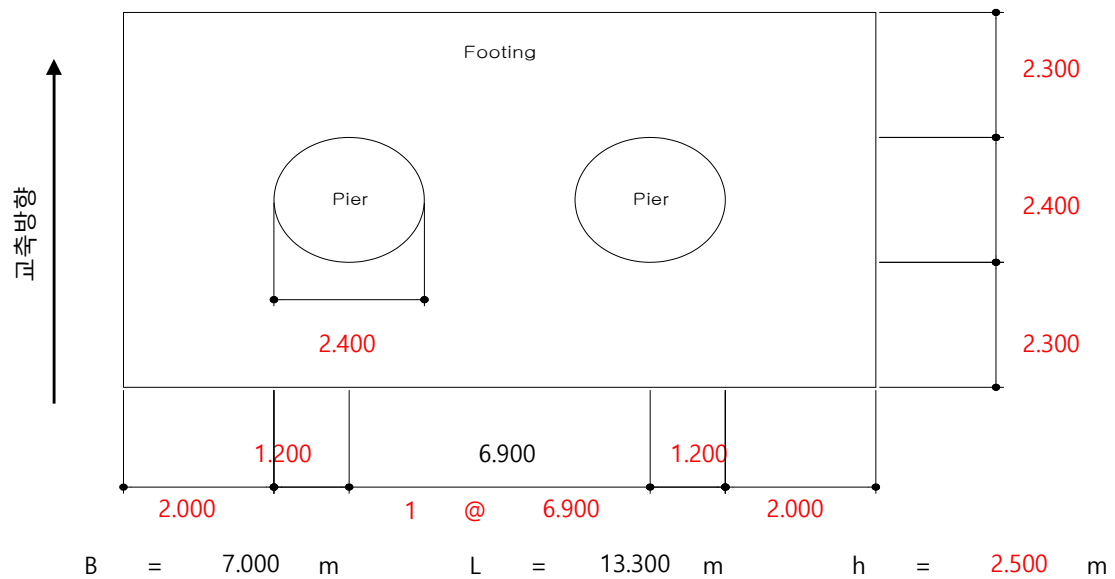
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	13,516	1,757	21,028	
교축직각방향	13,516	5,790	32,804	

11. 기초부 평가

11.2 교각 8

11.2.1 검토조건



11.2.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
$\beta \cdot \lambda$	$0.339 < 1.000$	강제취급
$\beta = \sqrt[4]{(3 \times k) / (E \times h^3)}$	$= 0.151$	m^{-1}
$k = K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	$= 69107$	kN/m^3
$K_{V0} = 1/0.3 \times \alpha \times E_0$	$= 933333$	kN/m^3
$E_0 = 2800 \times N$	$= 140000$	kN/m^2
$E = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$	$= 25811$	Mpa
$\lambda = \text{Max}[l, b]$	$= 2.250$	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$e_L = M_L / V = 1.082 \leq 2.800$	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V = 2.013 \leq 5.320$	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭 $\times 0.4$ 이내에 있어야 한다. ($e < B \times 0.4$)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 4.835 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 9.274 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 5.100 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	6.368 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	8.527 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.158 \quad \beta = 0.447$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	7.593 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	13.584 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.385$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.192$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 2.416$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 1.708$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.405$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.203$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.211$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.106$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교 축 직 각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	10.274 MPa

여기서는 경사계수 미고려

Nc	=	46.1	Nq	=	33.3	Nr	=	37.2
교축방향 형상계수,			$s_c=1+Bf'/Lf' \times Nq/Nc$			= 1.377		
			$s_r=1-0.4 \times Bf'/Lf' \geq 0.6$			= 0.791		
			$s_q=1+Bf'/Lf' \times \tan \Phi$			= 1.365		
교축직각방향 형상계수,			$s_c=1+Lf'/Bf' \times Nq/Nc$			= 2.385		
			$s_r=1-0.4 \times Lf'/Bf' \geq 0.6$			= 0.600		
			$s_q=1+Lf'/Bf' \times \tan \Phi$			= 2.343		
교축방향 깊이계수,			(Df>Bf')					
d _c	=	1+0.4×cot(Df/Bf')				=	#NAME?	
d _r	=	1				=	1.000	
d _q	=	1+2×tanΦ×(1-sinΦ) ² ×cot(Df/Bf')				=	#NAME?	
교축직각방향 깊이계수,			(Df≤Lf')					
d _c	=	1+0.4×Df/Lf'				=	1.220	
d _r	=	1+2×tanΦ×(1-sinΦ) ² ×Df/Lf'				=	1.140	
d _q	=	1				=	1.000	
지반계수(수평지반),								
g _c	=	1-ψ°/147°				=	1.000	
g _r	=	g _q	= (1-0.5tanψ°) ⁵			=	1.000	
기초계수(수평지반),								
g _c	=	1-η°/147°				=	1.000	
b _r	=	exp(-2.7×η×tanΦ)				=	1.000	
b _q	=	exp(-2×η×tanΦ)				=	1.000	

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교 축	6.368 MPa	7.593 MPa	#NAME?	#NAME?
교 축 직 각	8.527 MPa	13.584 MPa	10.274 MPa	8.527 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 7.253 > 7.000$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/L/B) \pm (6 \times ML/L/B^2)$	$q_{\max} = 0.486 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.018 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 13.911 > 13.300$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{\max} = 0.481 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.023 \text{ MPa}$

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u / q_a = \#NAME? \#NAME? 2.000$	$\#NAME?$
교 축 직 각	$q_u / q_a = 17.714 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 8.018 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 2.434 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

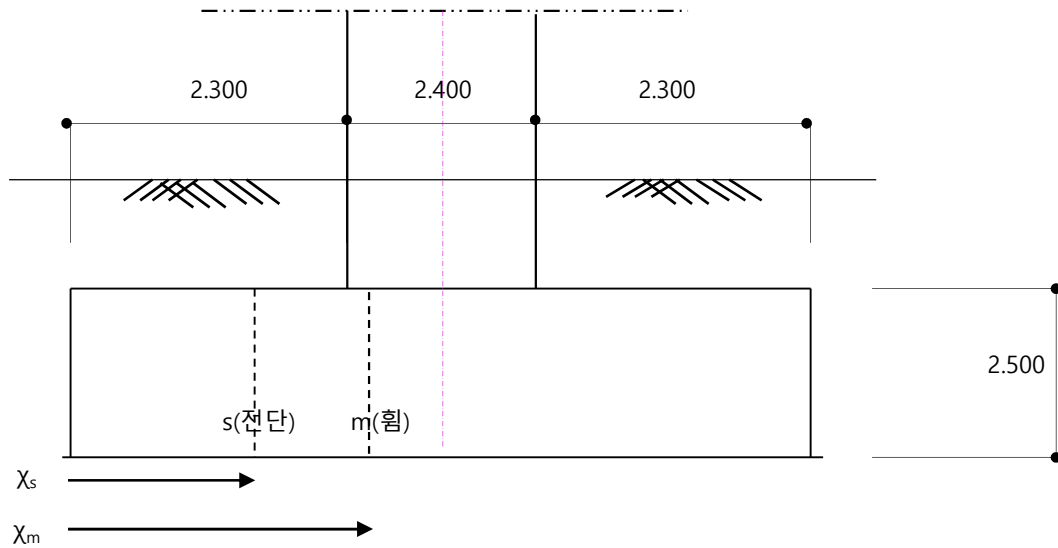
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2$	2.437 m
전단	$\chi_s = 2.437 - 2.400/2$	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.329 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.407 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	2467 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1028 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	1950 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	812 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	17130 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	7342 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	12712 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	5501 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 37837 \geq 12712$	O.K
전단	$\Phi V_n = 26063 \geq 5501$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 13300 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 105 ea

$$A_s = 53204 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 58.8 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 26063 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

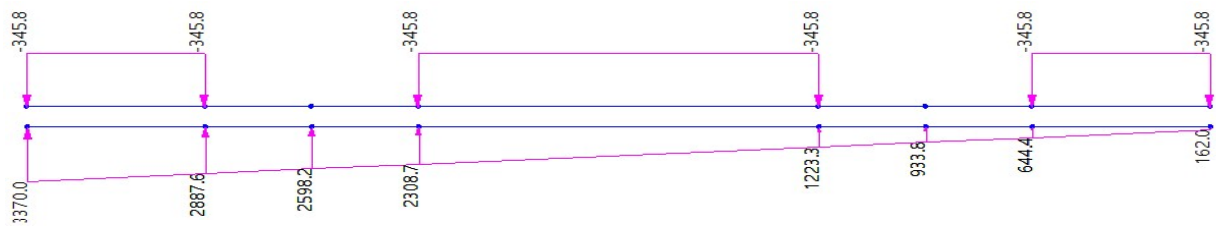
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{\max,\min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	3370 kN/m
Qmin			162 kN/m

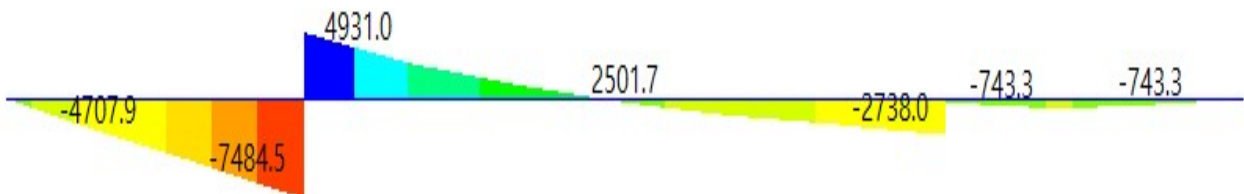
② 구조해석 모델링



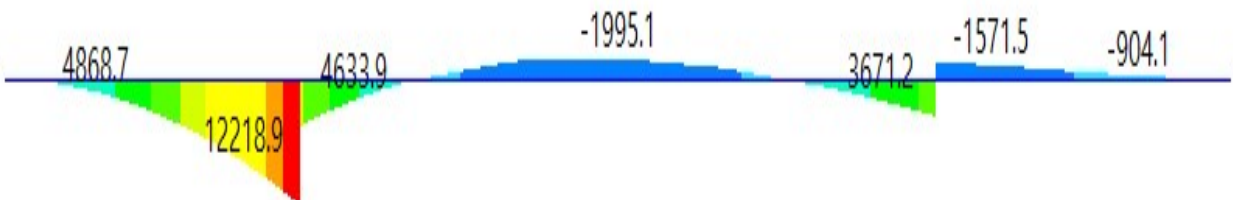
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과		비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu	= 12219	kN·m
최대 발생 전단력	Vu	= 4931	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정				결 과	
휨	ΦM_n	=	19465	$\geq$	12219	O.K
전단	ΦV_n	=	13717	$\geq$	4931	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 7000 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 54 ea

$$A_s = 27362 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 57.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 13717 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	1.082	2.587	O.K
		교축직각	5.320	2.013	2.643	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	17.714	2.000	8.857	O.K
	활동	교축	8.018	1.200	6.682	O.K
		교축직각	2.434	1.200	2.028	O.K
단면 검토	힘	교축	37837	12712	2.976	O.K
		교축직각	19465	12219	1.593	O.K
	전단	교축	26063	5501	4.737	O.K
		교축직각	13717	4931	2.782	O.K

-
- The drawing shows a cross-section of a bridge deck with a total width of 5.400 m. The deck is divided into three sections: 2.500 m on the left, 1.400 m in the middle, and 1.500 m on the right. The total height of the deck is 8.800 m, with a base height of 1.600 m. The deck is divided into three vertical sections: 2.500 m on the left, 1.400 m in the middle, and 1.500 m on the right. The total height of the deck is 8.800 m, with a base height of 1.600 m. The deck is divided into three vertical sections: 2.500 m on the left, 1.400 m in the middle, and 1.500 m on the right. The total height of the deck is 8.800 m, with a base height of 1.600 m.
- The windward pressure diagram shows the pressure distribution on the windward side of the bridge deck. The pressure is zero at the base and increases to a maximum of 0.410 at the top of the deck. The pressure is zero at the base and increases to a maximum of 0.410 at the top of the deck. The pressure is zero at the base and increases to a maximum of 0.410 at the top of the deck.
- Dimensions (m):
- Deck width: 5.400
 - Deck height: 8.800
 - Base height: 1.600
 - Section widths: 2.500, 1.400, 1.500
 - Section heights: 0.880, 2.756, 0.800
 - Windward pressure: 0.410
 - Windward pressure diagram: 0.585, 0.410
- Calculation: $L = 14.450 \text{ m}$ (교축직각방향)
- (편구배를 고려한 최대 높이의 단면)

11.7 교대

11.7.1 하중조합

① 하중수정 계수 η 집계표

하중조합	연성 η_D	여용성 η_R	중요도 η_I	하중수정계수 η_i		
				최대	표준	최소
극단상황한계상태 I	1.00	1.00	1.00	1.000	1.000	1.000

② 하중조합

구분	DC	DW	EH	EV	EQ	비 고
case1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	지지력 확인
case2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	전도, 활동 확인

11.7.2 하중산정

- 지진시 배면에 작용하는 수평토압 (EH)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\phi : \text{뒷채움흙의 내부마찰각} = 35.00^\circ$$

$$\beta : \text{벽배면과 연직면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\delta : \text{벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각} = 0.00^\circ$$

$$i : \text{지표면과 수평면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\theta : \tan^{-1} [K_h / (1 - K_v)] = 4.403^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{\{(\sin 35.0 \times \sin 30.6) / (\cos 4.4 \times \cos 0.0)\}}]^2}$$

$$= 0.3138$$

$$K_{EH} = K_{EH} \times \cos \delta = 0.3138 \times \cos 0.00 = 0.3138$$

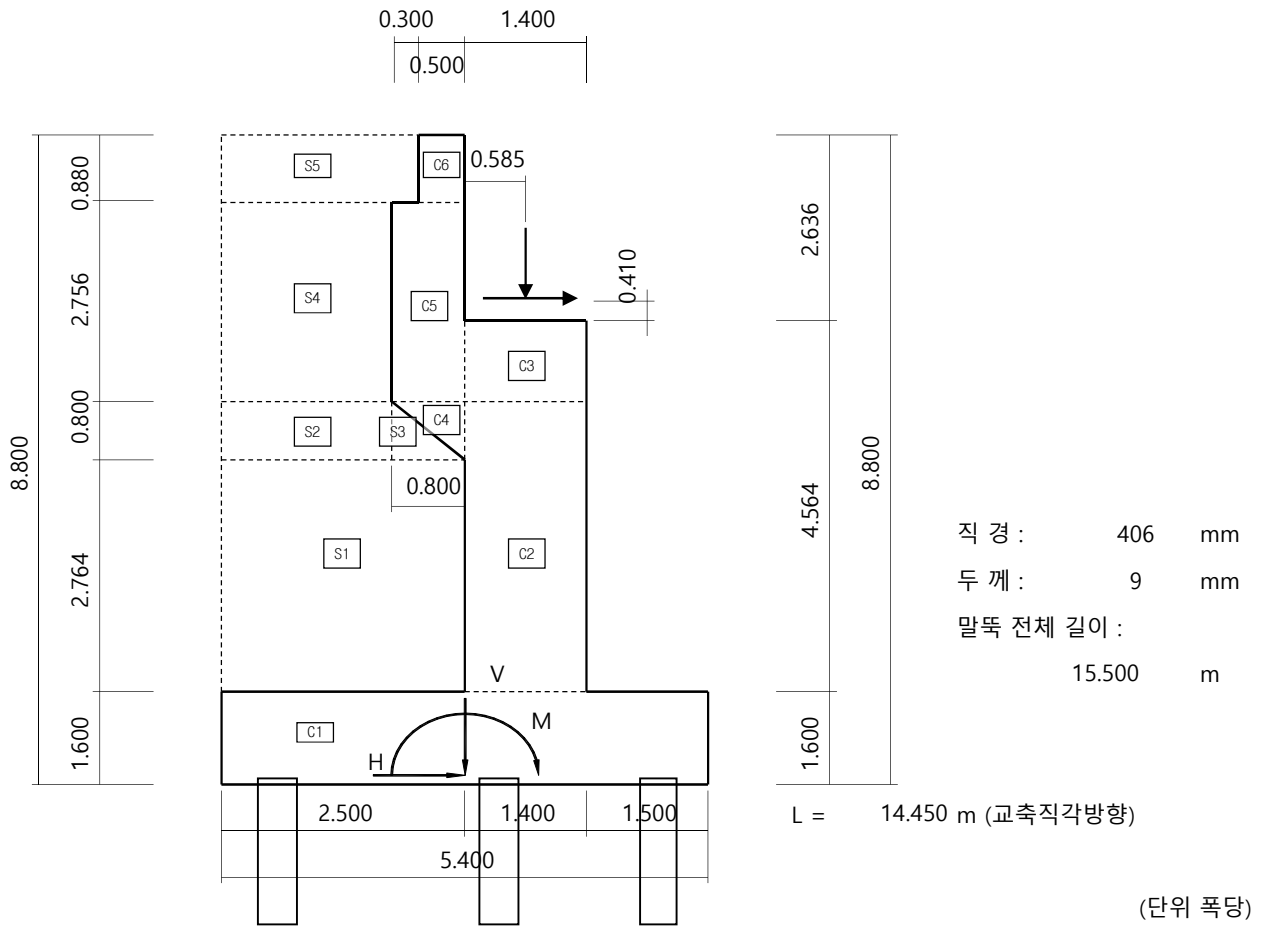
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 8.800 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 8.800 = 55.229 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 55.229) / 2 \times 8.800 = 243.008 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 243.008 \times 8.800 / 2 = 1069.235 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	8.640	25.00	216.000	0.077	16.632	2.700	583.200	13.306
	C2	4.990	25.00	124.740	0.077	9.605	2.200	274.428	32.484
	C3	1.400	25.00	35.000	0.077	2.695	2.200	77.000	15.264
	C4	0.320	25.00	8.000	0.077	0.616	3.167	25.333	3.017
	C5	2.205	25.00	55.120	0.077	4.244	3.300	181.896	27.766
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	3.150	34.650	7.081
	소계	17.994		449.860		34.639		1176.507	98.918
뒷채움	S1	6.910	20.00	138.200	0.077	10.641	4.150	573.530	31.733
	S2	1.360	20.00	27.200	0.077	2.094	4.550	123.760	9.978
	S3	0.320	20.00	6.400	0.077	0.493	3.433	21.973	2.282
	S4	4.685	20.00	93.704	0.077	7.215	4.550	426.353	47.202
	S5	1.760	20.00	35.200	0.077	2.710	4.400	154.880	22.659
	소계	15.035		300.704		23.154		1300.497	113.853
총 계			750.564		57.793			2477.004	212.771

11.7.3 안정검토

- 단면력 계산 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

$$\begin{aligned}
 H &= 1.0 \times 34.639 + 1.0 \times 243.008 + 1.0 \times 23.154 + 1.0 \times 9.001 &= & 309.802 & \text{kN} \\
 V &= 1.0 \times (152.414 + 449.860) + 1.0 \times 27.600 + 1.0 \times 300.704 &= & 930.578 & \text{kN} \\
 Mr &= 1.0 \times (152.414 \times 2.315 + 1,176.507) + 1.0 \times (27.600 \times 2.315) \\
 &\quad + 1.0 \times 1,300.497 &= & 2893.736 & \text{kN.m} \\
 M &= 1.0 \times 98.918 + 1.0 \times 1,069.235 + 1.0 \times 113.853 \\
 &\quad + 1.0 \times 9.001 \times 6.574 &= & 1341.177 & \text{kN.m}
 \end{aligned}$$

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝	말뚝 배치			
말뚝 직경	406.40 mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	9.00 mm	1	11	10.000	2.100
말뚝 길이	15.50 m	2	11	0.000	1.000
돌출 길이	0.00 m	3	11	0.000	-0.300
1/β부근의 N값	9.0	4	11	0.000	-1.900
평균 N값	32.0	5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝의 면적} & A_p = 8695.300 \text{ mm}^2 \\
 - \text{선단폐쇄면적} & A = 127176.195 \text{ mm}^2 \\
 - \text{단면2차모멘트} & I = 169982000.000 \text{ mm}^4 \\
 - \text{탄성계수} & E = 40000.0 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

② 수직허용지지력

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝선단의 N치} &= 50 \\
 - \text{최대주면마찰력}(f) &= 2N = 2 \times 32.000 = 640.0 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2 \\
 V_a &= 1/3 \times [30 \times N \times A + U \times \sum (l \times f)] \quad (\text{항타 말뚝이라 가정}) \\
 &= 1/3 \times (30 \times 50 \times 10 \times 127,176.195 / 1000000 + \pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.000) \\
 &= 972.99 \text{ kN/본} \\
 V_a &= 972.990 \text{ kN/본} \quad (\text{상시 허용지지력})
 \end{aligned}$$

③ 수평허용지지력

$$- \text{말뚝두부의 허용수평변위 } \delta_a = 15 \text{ mm}$$

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

$$\begin{aligned}
 (\text{상 시}) \quad \beta I &= 0.00068 \times 15400 = 10.47 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝} \\
 (\text{지진시}) \quad \beta I &= 0.00083 \times 15400 = 12.78 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝}
 \end{aligned}$$

구 분	상 시			지 진 시		
	고 정	힌 지	보정계수	고 정	힌 지	보정계수
K1	8551.6	4275.8	1.0	15551.0	7775.5	1.0
K2	6287.9	0.0	1.0	9368.1	0.0	1.0
K3	6287.9	0.0	1.0	9368.1	0.0	1.0
K4	9247.0	0.0	1.0	11286.8	0.0	1.0
Kv	29717.3	29717.3	-	29717.3	29717.3	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	421836844	39815	1300541	-192005	3358464	291469
	한지	210918422	47858	1299122	100502	2940756	276480
지진시	고정	767106128	26648	1302862	-354669	3460700	302228
	한지	383553064	41275	1300283	86677	2945875	278918

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	4476.634	kN
수직력	13446.850	kN
모멘트	13872.010	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	한 지
	$\delta x(\text{mm})$	0.00697	0.00979
	$\delta y(\text{mm})$	9.58503	9.52457
	$a(\text{rad.})$	3.17208	3.80688

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	한 지
구 분	$\delta x1$	-2.81429	-3.03251
	$\delta x2$	0.00697	0.00979
	$\delta x3$	0.00697	0.00979
	$\delta y1$	16.00079	17.25456
	$\delta y2$	12.75711	13.33145
	$\delta y3$	8.63341	8.38251
	$a(\text{rad.})$	3.17208	3.80688

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

구 분		고 정	한 지
구 분	Pn1	475.500	512.759
	Pn2	379.107	396.175
	Pn3	256.562	249.106
	Ph1	-73.481	-23.579
	Ph2	-29.608	0.076
	Ph3	-29.608	0.076
	Mt1	62.167	0.000
	Mt2	35.737	0.000
	Mt3	35.737	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	한 지
	수직력	말뚝반력	13446.860	13446.860
		전달하중	13446.850	13446.850
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	-864.810	726.520
		전달하중	4476.634	4476.634
		오 차(%)	-119.318%	-83.771%
	모멘트	말뚝반력	13960.830	13957.380
		전달하중	13872.010	13872.010
		오 차(%)	0.640%	0.615%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	한지
수직력	475.500	512.759
수평력	-29.608	0.076
모멘트	62.167	11.179

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

(상 시) $R_a = 972.990 \text{ kN}$
 (지진시) $R_v = 512.759 \text{ kN} < R_a = 1459.485 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

② 인발력 검토

- 최대주면마찰력(f)= $2N=2 \times 32.000 = 640 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2$
 $F_a = 1/2 \times [U_x \Sigma(l_x f)] = 1/2 \times (\pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.0) = -505.7 \text{ kN}$
 (지진시) $F_v = 0.000 \text{ kN} < F_a = 0.000 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

(지진시) $R_h = 29.608 \text{ kN} < R_a = 233.260 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

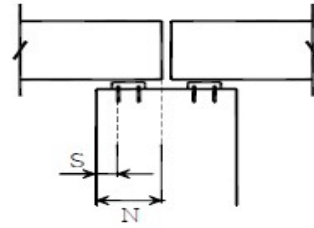
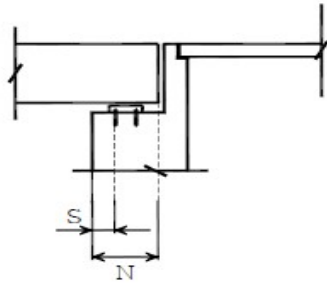
③ 말뚝머리부 수평변위 검토 ($\delta a = 15.00 \text{ mm}$)

(지진시) 말뚝머리 고정 : $\delta = H / (4EI\beta^3) = 1.900 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$
 말뚝머리 한지 : $\delta = H / (2EI\beta^3) = 0.010 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

④ 응력검토 ($f_a = 140 \times 1.5 = 210 \text{ Mpa}$)

(지진시) $f = V/A + M \cdot y/I = 128 \text{ Mpa} \therefore \text{O.K}$

12. 지지길이평가



12.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1300.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX} [92.15 , 381.96]$
 $= 381.96 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 381.96 \text{ mm}$

$L = 30.00 \text{ m}$ (연속경간장)

$H = 19.799 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

$\theta = 0^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1300}{382} = 3.400 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$

교 량 내 진 성 능 평 가

범안대교(안심방향)

보강전 내진성능평가 계산서

2022.05

◆ 목 차 ◆

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

1. 개요

2. 하중산정 및 모델링

3. 고정하중에 대한 해석

4. 설계 지진동

5. 유효강성 산정

6. 고유치 해석

7. 지진 해석

8. 하중조합에 따른 단면력

9. 교각부 평가

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

11. 기초부 평가

12. 지지길이평가

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

- 교각 2

구분			보유성능	소요성능	평가	
P 2	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.018	1.046	1.930 O.K
			교직(하단)	2.147	1.000	2.147 O.K
			교직(상단)	2.226	1.000	2.226 O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	1.877	1.492 O.K
			교직	7.160	1.741	4.113 O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME? #####
			교직	25.214	2.000	12.607 O.K
		활동	교축	6.732	1.200	5.610 O.K
			교직	3.688	1.200	3.073 O.K
	기초 단면검토	휨	교축	51,523	29,736	1.733 O.K
			교직	19,465	15,162	1.284 O.K
		전단	교축	35,077	13,095	2.679 O.K
			교직	13,717	8,050	1.704 O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	6,800	2,872	2.367 O.K
			교직	4,000	4,182	0.956 N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	957	11.559 O.K
			교직	11,066	4,182	2.646 O.K
		콘크리트 (kN)	교축	14,112	2,872	4.913 O.K
			교직	2,138	4,182	0.511 N.G
		프라이아웃 (kN)	교축	3,266	957	3.411 O.K
			교직	3,266	4,182	0.781 N.G

- 교각 8

구분			보유성능	소요성능	평가	
P 8	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.167	1.000	2.167 O.K
			교직(하단)	2.387	1.000	2.387 O.K
			교직(상단)	2.495	1.000	2.495 O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	0.959	2.919 O.K
			교직	6.560	1.927	3.404 O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME? #####
			교직	24.389	2.000	12.195 O.K
		활동	교축	9.062	1.200	7.552 O.K
			교직	2.510	1.200	2.092 O.K
	기초 단면검토	휨	교축	47,199	14,322	3.296 O.K
			교직	19,465	13,837	1.407 O.K
		전단	교축	32,137	6,175	5.204 O.K
			교직	13,717	5,861	2.340 O.K
	받침부	본체 (kN)	교직	3,000	5,817	0.516 N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	4,766	2,909	1.639 O.K
		콘크리트 (kN)	교직	1,902	5,817	0.327 N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	1,559	2,909	0.536 N.G

- 교각 9

P 9	구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.112	1.193	1.770	O.K
			교직(하단)	2.334	1.000	2.334	O.K
			교직(상단)	2.391	1.000	2.391	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	2.229	1.256	O.K
			교직	6.560	1.233	5.319	O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#####
			교직	28.154	2.000	14.077	O.K
		활동	교축	4.089	1.200	3.408	O.K
			교직	3.591	1.200	2.993	O.K
	기초 단면검토	힘	교축	47,199	33,299	1.417	O.K
			교직	19,465	12,980	1.500	O.K
		전단	교축	32,137	14,929	2.153	O.K
			교직	13,717	6,313	2.173	O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	6,630	4,707	1.409	O.K
			교직	4,130	4,278	0.965	N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	1,569	7.054	O.K
			교직	11,066	4,278	2.587	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	12,928	4,707	2.747	O.K
			교직	2,137	4,278	0.500	N.G
프라이아웃 (kN)		교축	3,241	1,569	2.066	O.K	
		교직	3,241	4,278	0.758	N.G	

- 교대 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가	
	받침부	본체 (kN)	교직	310	1,185	0.262	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	1,081	1,185	0.912	N.G
		콘크리트 (kN)	교직	786	1,185	0.663	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	651	1,185	0.550	N.G
	지지길이(mm)		교축	1,300	380	3.424	O.K

- 교대기초 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가	
	기초부 (교축)	반력 (kN)	수직	1,459	500	2.921	O.K
			수평	233	29	8.078	O.K
		인발 지지력 (kN)		0	0	∞	O.K
		수평변위 (mm)	고정	15.000	1.860	8.065	O.K
			힌지	15.000	0.010	1500.0	O.K
		응력 검토 (Mpa)			210	125	1.679

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	범안대교(범물동)	준공년도	- 년
본부/지사	-	받침종류	포트받침
상부구조		하부구조	
형식	STB	교각형식	다주식교각
교량폭원	17.1m	기초형식	직접기초
콘크리트	27Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	30.0+3@55.0+4@50.0+3@50.0=545.0m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S2 , 교직 : S2
해석방법	다중모드스펙트럼해석법
고유치 해석	Ritz Vectors
MODE 조합	C.Q.C 방법

지반운동의 고려방향 결정 근거

- 내진설계에 수직방향 지진의 영향 미고려(수평방향만 고려)
- 교량받침에 부반력이 발생하지 않으며, 상부구조가 연직하중에 대체로 안전

지반분류 근거

- '기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령, 2020' 에 제시된 표준관입시험

N값과의 경험적 상관식 중 'Sun et al. 2013'의 식을 활용

for all soils,	$V_s = 65.54N^{0.407}$
for sand soils (풍화잔류토),	$V_s = 107.94N^{0.418}$
for sand soils (풍화암),	$V_s = 75.76N^{0.371}$
for sand and silt soils (충적토),	$V_s = 82.01N^{0.319}$
for Gravel (충적토),	$V_s = 78.63N^{0.361}$

1.3 사용프로그램 및 해석모델

구분		적용
기동 강도 산정	해석방법	모멘트-곡률 해석법
	콘크리트 모델	MANDER 모델
	철근 모델	PARK 모델
	모멘트-곡률산정 프로그램	MIDAS CIVIL
탄 성 지 진 력 산 정	전체 모델링	프레임 모델링
	상부와 하부의 연결부 상세	ELASTIC LINK 스프링 모델
	기초와 지반의 연결부 상세	말뚝기초 스프링 강성 적용 / 직접기초 Fixed 적용
	질량산정	상부와 하부 고정하중은 단위질량으로 입력
	탄성지진력 산정 프로그램	MIDAS CIVIL

1.4 내진성능 평가방법 및 항목

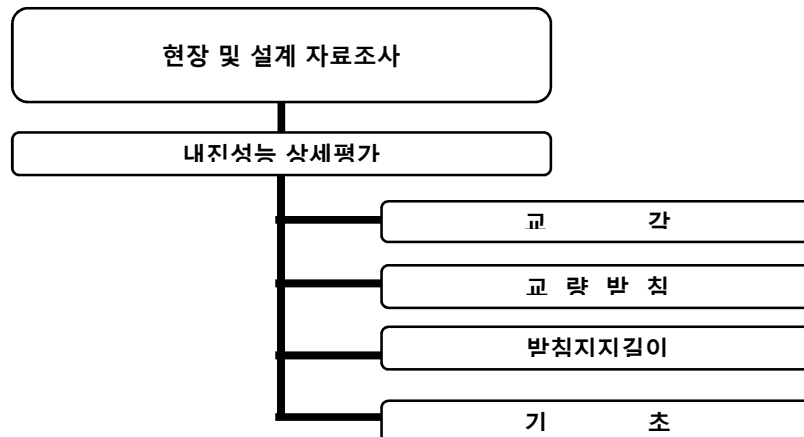
1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

평가요령은 기존교량의 내진성능 평가 및 향상 요령'에 규정된 기준에 준한다.

2) 내진성능 평가항목



3) 참고문헌

교량내진설계기준(한계상태설계법)[KDS 24 17 11](국토교통부, 2021)

콘크리트구조 설계(강도설계법)[KDS 14 20 00](국토교통부, 2021)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2020)

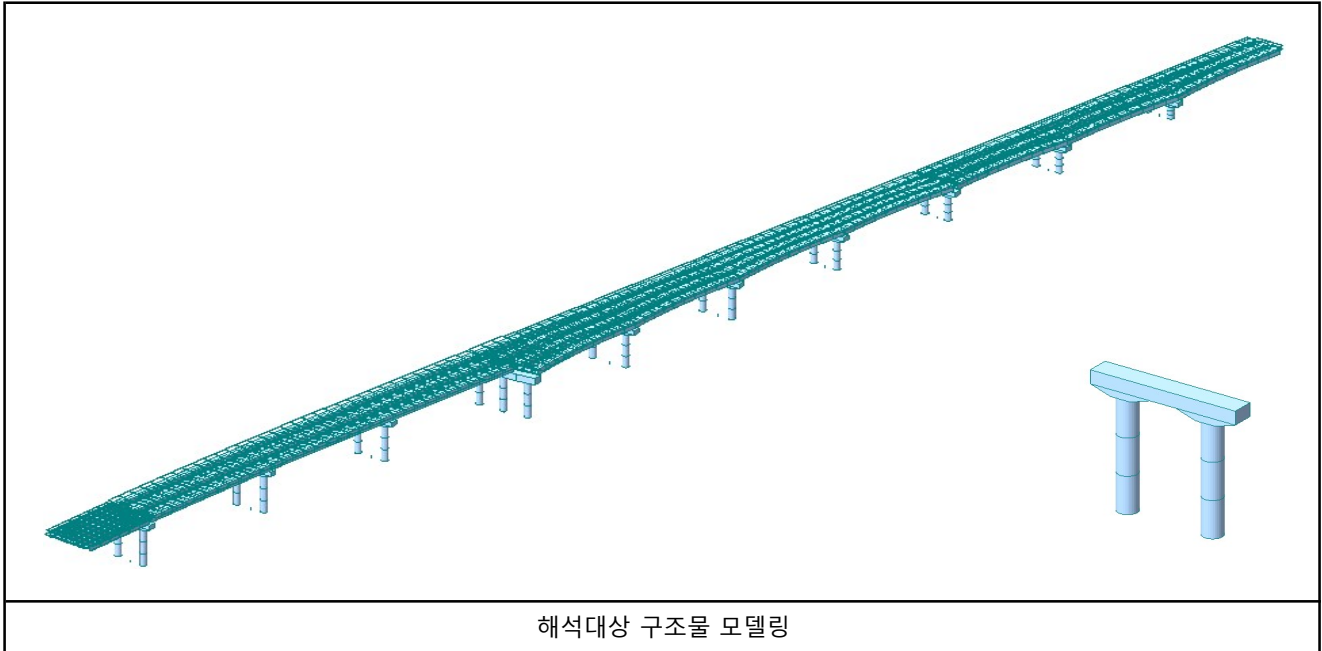
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : 포트받침



해석대상 구조물 모델링

2.2 하중산정 조건

-구조계산서 반력집계

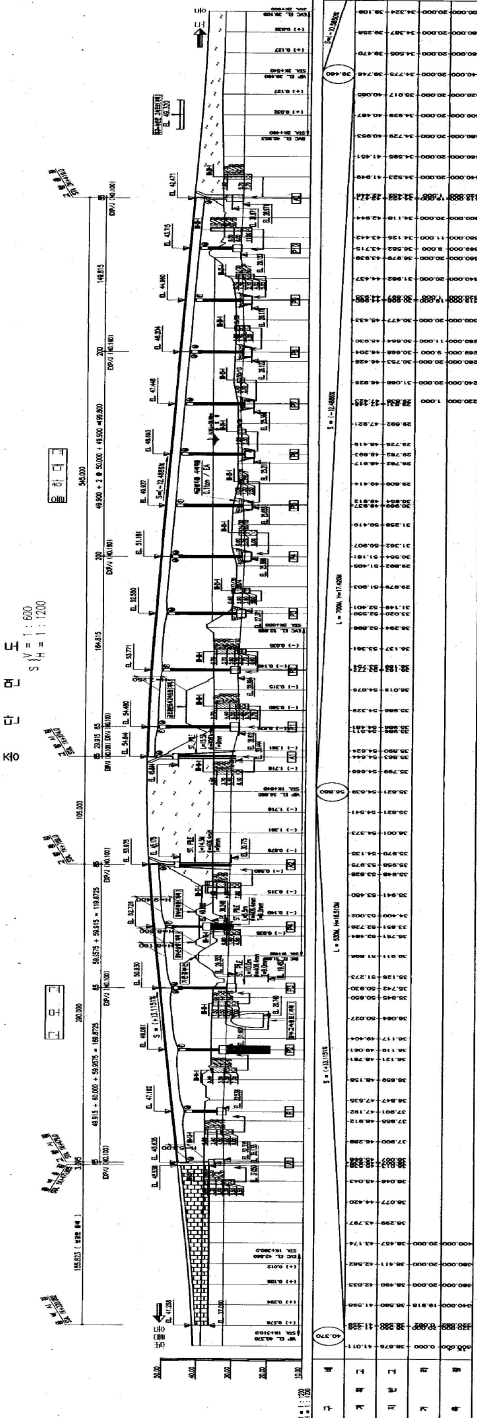
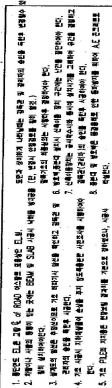
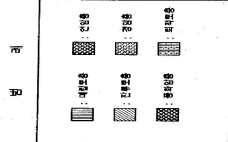
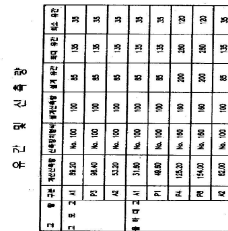
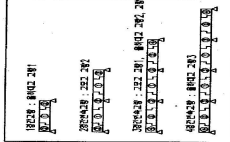
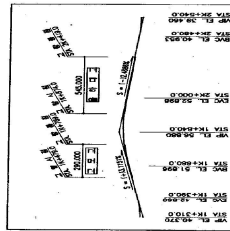
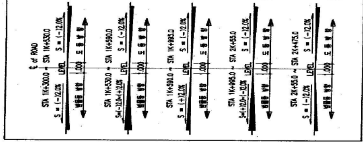
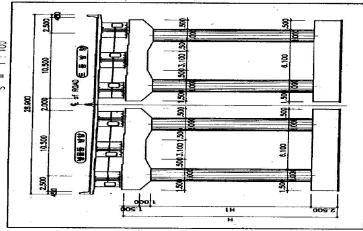
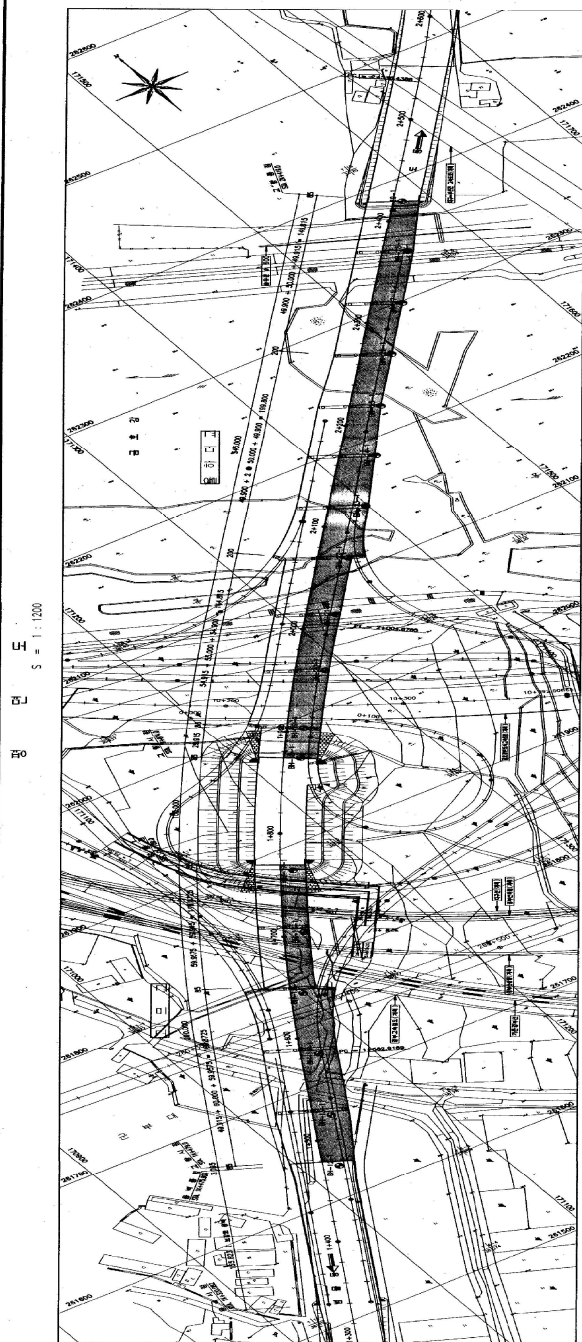
Steel Plate Girder : Beam Load		29.864 kN/m
--------------------------------	--	-------------

L = 165.0m		
구분	사하중	B/L
B1	13,418	81.32
B2	13,598	82.41
B3	12,781	77.46

L = 200.0m		
구분	사하중	B/L
B1	13,151	65.75
B2	12,907	64.54
B3	12,822	64.11
B4	12,896	64.48

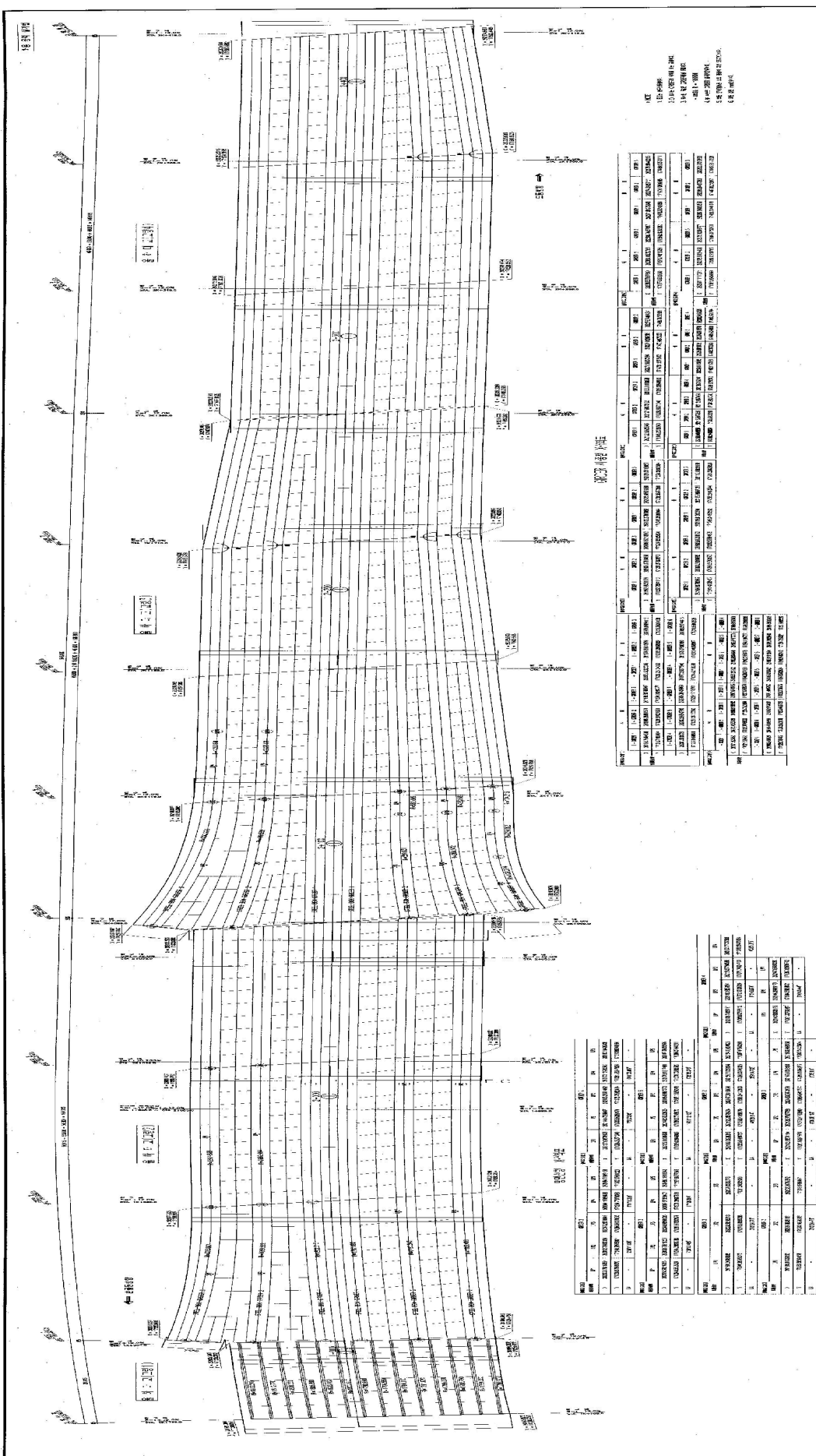
L = 150.0m		
구분	사하중	B/L
B1	11,069	73.80
B2	11,118	74.12
B3	10,291	68.60

2.3 설계도면 자료



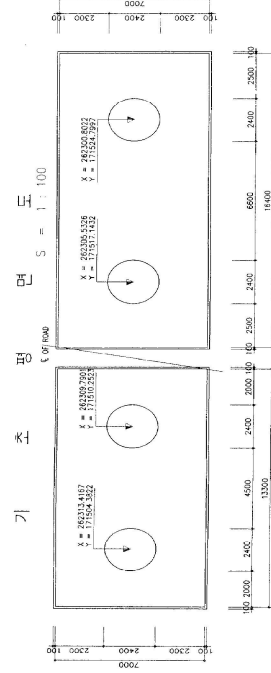
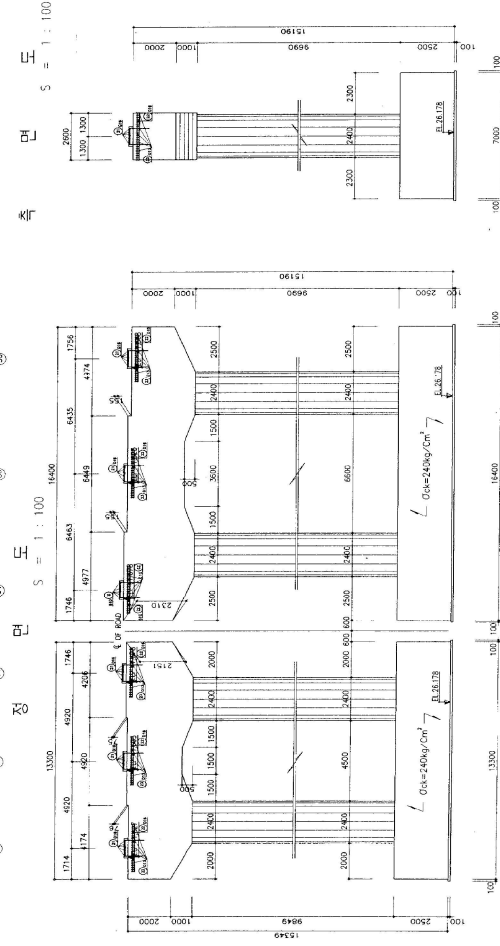
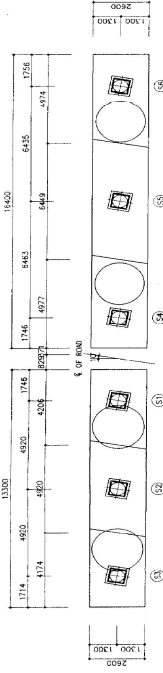
나
하
하
하
하
하
하
하

年	月	日	時間	場所	内容	備考
2021	01	01	10:00	10:00	10:00	10:00
2021	01	01	10:00	10:00	10:00	10:00



$$\begin{pmatrix} \frac{1}{10}0 \\ \frac{1}{10}0 \\ \frac{1}{10}0 \end{pmatrix}$$

$$S = 1 : 100$$



BEARING TABLE

	μ	A	B	MB	a	b	c	d
(5500W)	S1	600	350	1500	61	136	195	442
	S2	770	265	1500	61	213	133	457
	S3	600	350	1500	61	136	195	442
(7600W)	S4	670	315	1500	71	146	138	405
	S5	860	220	1500	71	220	85	416
	S6	670	315	1500	71	146	138	405

[illegible][illegible]

3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

구분	받침 번호	고정하중 (kN)	받침용량 (kN)	판정	수평용량 (kN)	전단 스프링계수 (kN/m)
A1	1	436.1	1600	O.K	-	-
	2	433.3	1600	O.K	-	-
	3	431.1	1600	O.K	-	-
	4	430.1	1600	O.K	310.0	-
	5	429.2	1600	O.K	-	-
	6	427.4	1600	O.K	-	-
	7	425.2	1600	O.K	-	-
	8	422.6	1600	O.K	-	-
P1 - L	1	436.9	1600	O.K	310.0	-
	2	433.9	1600	O.K	310.0	-
	3	432.0	1600	O.K	310.0	-
	4	430.0	1600	O.K	310.0	-
	5	428.2	1600	O.K	310.0	-
	6	427.0	1600	O.K	310.0	-
	7	425.1	1600	O.K	310.0	-
	8	421.9	1600	O.K	310.0	-
P1 - R	1	1807.9	4000	O.K	-	-
	2	1795.4	4000	O.K	2000.0	-
	3	1752.2	4000	O.K	-	-
P2	1	5039.8	8000	O.K	1400.0	-
	2	4921.8	8000	O.K	4000.0	-
	3	4749.2	8000	O.K	1400.0	-
P3	1	4904.1	8000	O.K	-	-
	2	4832.3	8000	O.K	3000.0	-
	3	4703.8	8000	O.K	-	-
P4 - L	1	1904.8	4000	O.K	-	-
	2	1755.6	4000	O.K	2000.0	-
	3	1588.4	4000	O.K	-	-
P4 - R	1	1284.9	3000	O.K	-	-
	2	1341.2	3000	O.K	1500.0	-
	3	1158.1	3000	O.K	-	-
	4	1177.8	3000	O.K	-	-

P5	1	3976.1	7000	O.K	1250.0	-
	2	3856.7	7000	O.K	4130.0	-
	3	3707.9	7000	O.K	1250.0	-
	4	2990.9	7000	O.K	1250.0	-
P6	1	3303.6	6000	O.K	-	-
	2	3252.4	6000	O.K	2150.0	-
	3	3102.6	6000	O.K	-	-
	4	2455.6	6000	O.K	-	-
P7	1	3975.8	6000	O.K	-	-
	2	3889.0	6000	O.K	2150.0	-
	3	3693.0	6000	O.K	-	-
	4	3049.2	6000	O.K	-	-
P8 - L	1	1468.5	3000	O.K	-	-
	2	1323.6	3000	O.K	1500.0	-
	3	1260.3	3000	O.K	-	-
	4	1000.2	3000	O.K	-	-
P8 - R	1	1485.5	3000	O.K	-	-
	2	1477.2	3000	O.K	1500.0	-
	3	1291.8	3000	O.K	-	-
P9	1	4467.2	7000	O.K	1250.0	-
	2	4181.2	7000	O.K	4130.0	-
	3	3191.8	7000	O.K	1250.0	-
P10	1	4340.1	7000	O.K	-	-
	2	4282.0	7000	O.K	3000.0	-
	3	3185.3	7000	O.K	-	-
A2	1	1677.8	3000	O.K	-	-
	2	1444.2	3000	O.K	1500.0	-
	3	1142.3	3000	O.K	-	-

3.2 교각(기둥당) 반력

교각(개소당)		고정하중(kN)		비고
		기둥상단	기둥하단	
P1	1	6154.91	7980.72	
P2	1	9013.98	10838.68	
P3	1	8826.51	10562.48	
P4	1	6560.62	8335.97	
P5	1	9669.83	11341.03	
P6	1	8176.04	9765.28	
P7	1	9354.27	10794.89	
P8	1	6729.86	7954.76	
P9	1	8161.81	9236.54	
P10	1	8085.34	8694.24	

4. 설계 지진동

4.1 지진구역 구분

지진구역	행정구역		계수(Z)
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시	0.11g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
Ⅱ	도	강원도 북부, 제주도	0.07g

4.2 위험도계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도 계수(I)	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00	2.60

4.3 지반분류

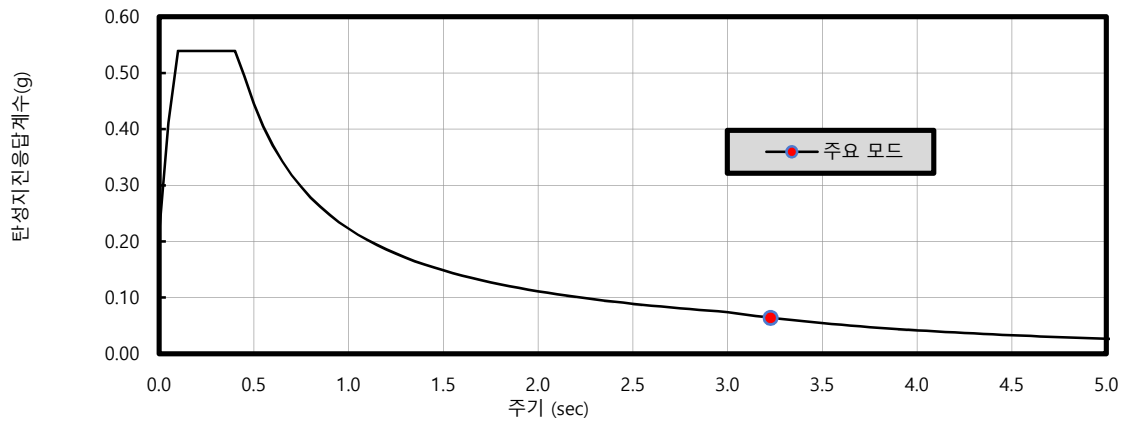
지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H(m)	토층평균전단파속도
S1	암반 지반	1 미만	-
S2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 연약한 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S5	깊고 연약한 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

4.4 지반증폭계수(Fa, Fv)

지반종류	단주기지반증폭계수, Fa			장주기지반증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

4.5 탄성지진 응답계수

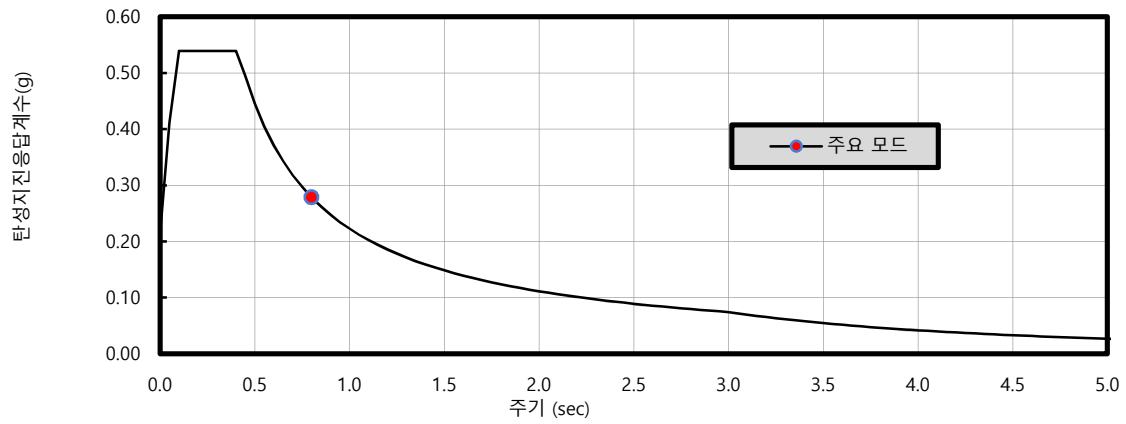
(교축방향 - 5% Damping, S2지반)



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

4.6 탄성지진 응답계수

(교직방향 - 5% Damping, S2지반)



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

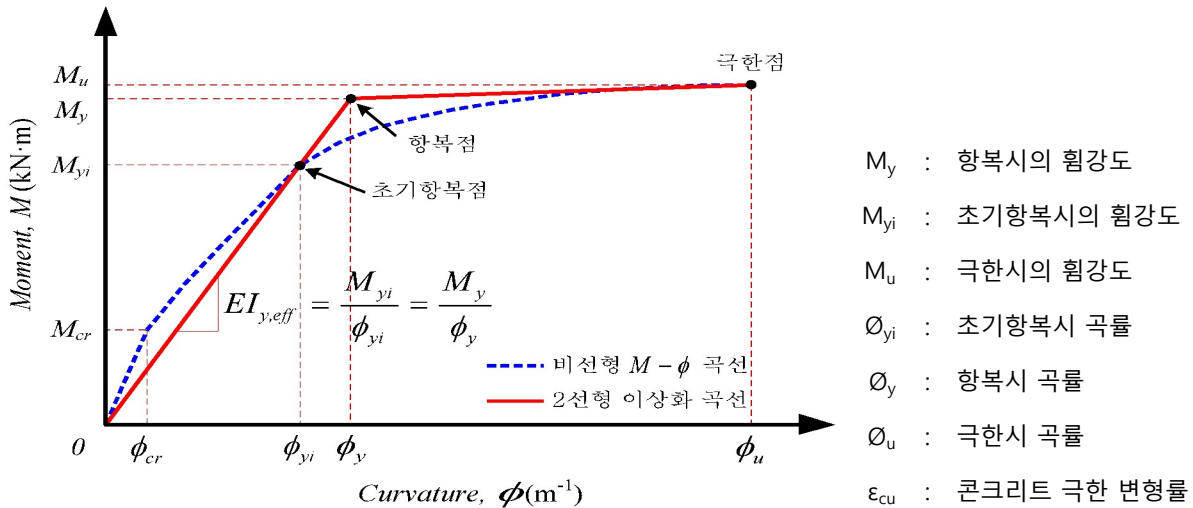
5. 유효강성 산정

5.1 개요

교각의 단면강도, 수평변위 및 유효강성을 산정하기 위하여 단면해석프로그램인

Midas Civil을 통해 앞에서 구한 축력의 효과를 고려하여 아래 그림과 같은 모멘트-곡률

관계곡선을 산정한다.



5.2 콘크리트 모델

설계기준강도	항 목	적 용	단 위	비 고
$f_{ck}=$ 24MPa	$\epsilon_{co}=\epsilon_{cc}$: 콘크리트의 압축변형률	0.0020	-	-
	ϵ_{cu} : 콘크리트의 극한변형률	0.0040	-	
	$f'_{co}=f'_{cc}$: 콘크리트 압축 강도	24	MPa	f_{ck}

5.3 철근모델

설계기준강도	항 목	적 용	근거 및 단위	비 고
$f_y=$ 300MPa	ϵ_y : 항복변형률	0.00150	$f_y/E_s = 300/200000$	
	ϵ_{sh} : 경화시 변형률	0.01150	D29	CALTRANS SDC
	ϵ_{su} : 극한시 변형률	0.12500	D35이하	한국도로공사지침
	f_{sy} : 항복강도	300	f_y (MPa)	도로교설계기준
	f_{su} : 극한강도	440	SD300 (MPa)	KSD3504

5.4 단면형상

교각 위치	교각단면 형상
교각	

축방향철근 상세			콘크리트 극한변형률 ϵ_{cu}			최대공급 변위연성도 $\mu_{\Delta,max}$
종류	배근 상태	비율				
단일 철근	모두	0%	$0.004 + \alpha_{sh} (\alpha_{sh} = (1.4 \rho_{sh} f_{sh} \epsilon_{su}) / (f_{cc}')) = 0.004$			제한 없음
겹침 이음 철근	2단 이상 배근	50%	원 형	$\ell_{sp}/D > 0.5$	$0.0043\ell_{sp}/D + 0.00085 \leq 0.004$	
				$\ell_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 ℓ_{sp} 모를 때	0.003	
			사각형			
	1단 배근	100%	원 형	$\ell_{sp}/D > 0.5$	$0.0086\ell_{sp}/D - 0.0023 \leq 0.004$	1.800
				$\ell_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 ℓ_{sp} 모를 때	0.002	
			사 각 형	교 축 방 향	벽식 $4 \leq B/H$	1.000
					천이 $1.5 < B/H < 4$	1.8-0.2B/H
					일반 $B/H \leq 1.5$	1.500
			교직방향		0.002	

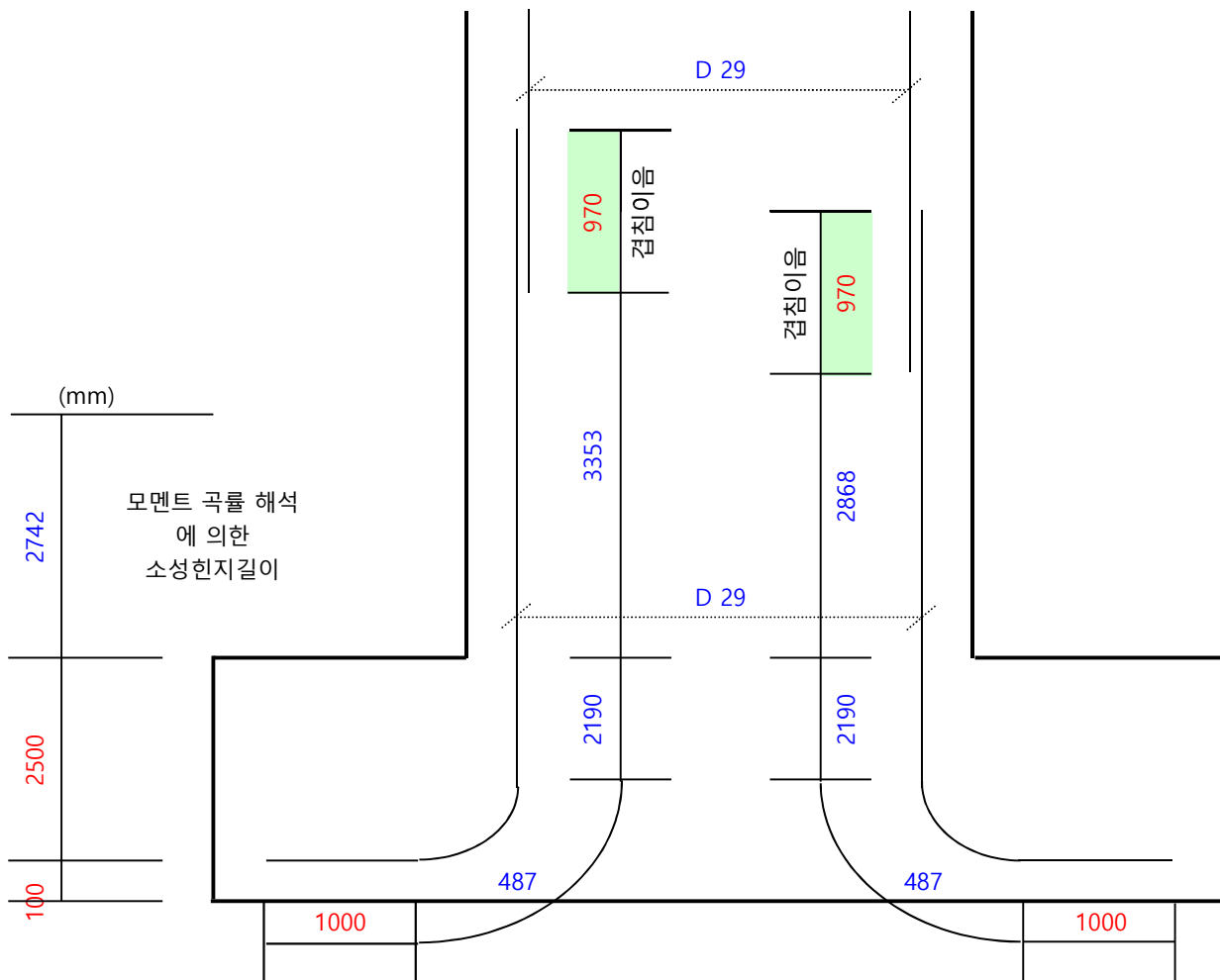
5.5 교각의 겹침이음 판단

- 교축방향

Lp	①	$0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl}$	=	1.748	주철근으로 산정
	②	$0.044 f_y d_{bl}$	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	2.742	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성한지길이 산정		=	2.742	

- 교축직각방향

Lp	①	$0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl}$	=	0.849	주철근으로 산정
	②	$0.044 f_y d_{bl}$	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	2.742	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성한지길이 산정		=	2.742	



∴ 교각 기둥의 소성구역내 겹침이음이 없으므로 0% 적용.

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.1 교각2

1) 교축방향

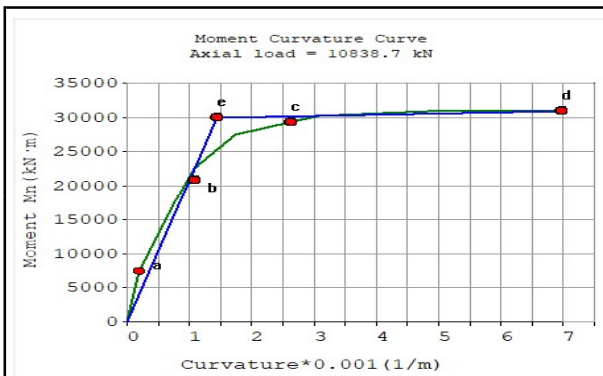
초기항복시	모멘트(M_y^L)	20,901	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001090	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	29,933	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001442	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	30,854	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.006977	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

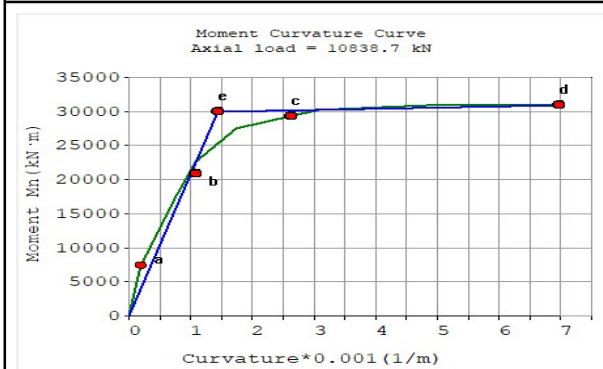
초기항복시	모멘트(M_y^T)	20,895	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001089	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,931	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001441	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,852	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.006976	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

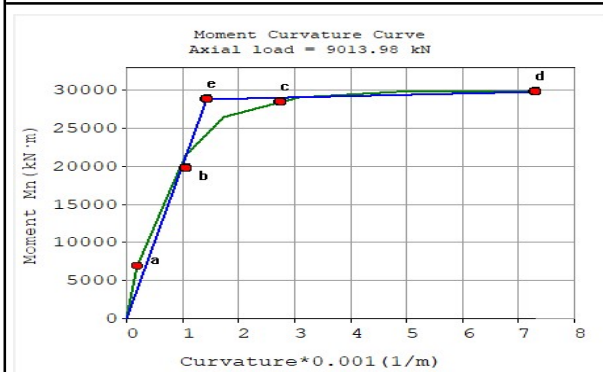
초기항복시	모멘트(M_y^T)	19,784	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001065	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	28,879	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001430	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	29,754	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007294	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.1.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.804 / 1.629 = 0.494$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,933}{0.00144167 \times 25,811,006} = 0.804$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.805 / 1.629 = 0.494$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,931}{0.00144134 \times 25,811,006} = 0.805$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.494 \times 1.629 = 0.804 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.494 \times 1.629 = 0.805 \text{ m}^4$$

- M-φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,

이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정

- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.2 교각8

1) 교축방향

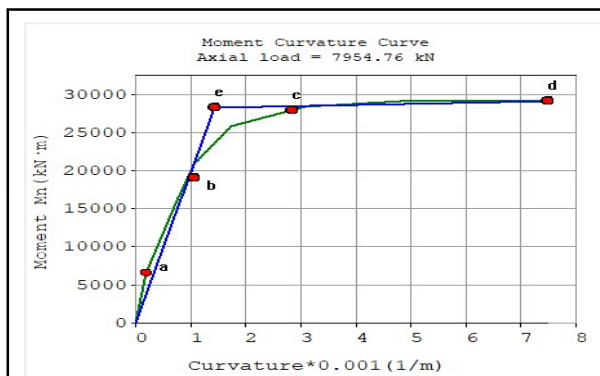
초기항복시	모멘트(M_y^L)	19,143	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001051	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	28,242	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001424	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	29,091	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007489	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

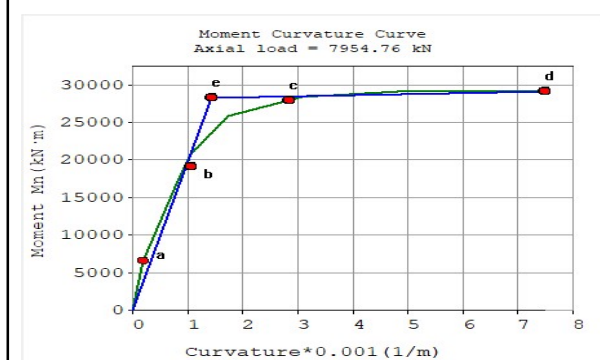
초기항복시	모멘트(M_y^T)	19,137	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001050	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	28,244	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001424	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	29,097	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007487	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

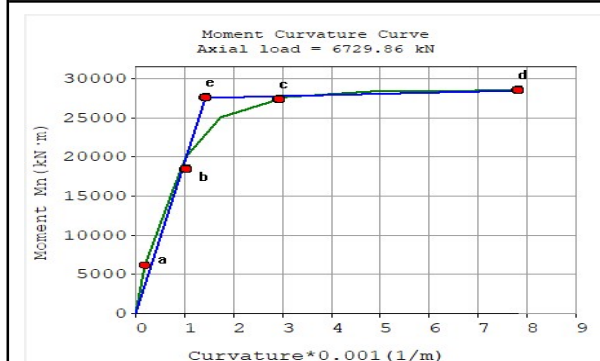
초기항복시	모멘트(M_y^T)	18,376	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001034	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	27,509	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001418	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	28,463	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007803	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.2.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.768 / 1.629 = 0.472$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{28,242}{0.00142393 \times 25,811,006} = 0.768$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.769 / 1.629 = 0.472$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{28,244}{0.0014239 \times 25,811,006} = 0.769$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.472 \times 1.629 = 0.768 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.472 \times 1.629 = 0.769 \text{ m}^4$$

- M- Φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,
이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.3 교각9

1) 교축방향

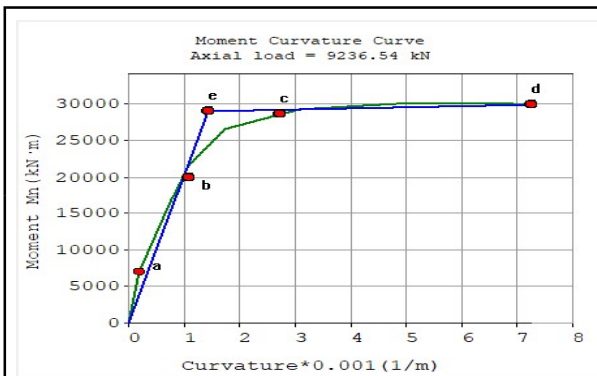
초기항복시	모멘트(M_y^L)	19,926	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001068	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	29,006	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001432	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	29,864	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007242	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

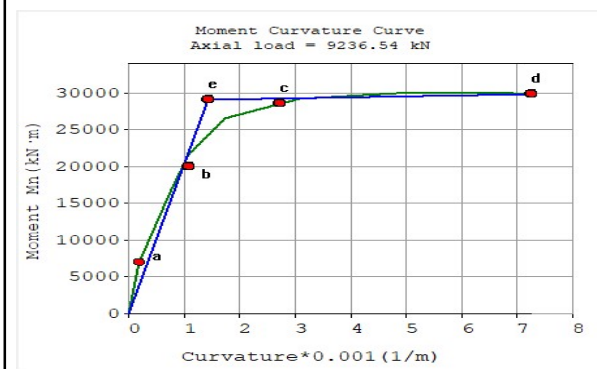
초기항복시	모멘트(M_y^T)	19,920	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001068	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,008	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001432	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	29,863	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007240	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

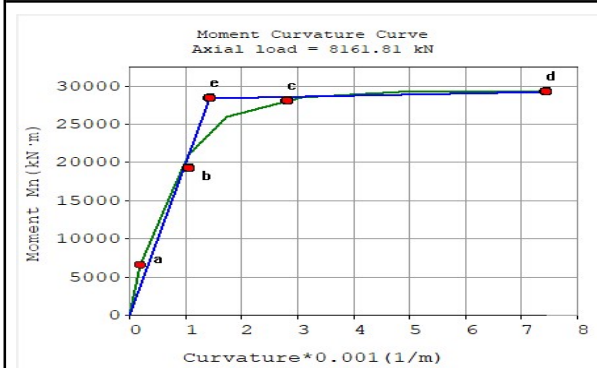
초기항복시	모멘트(M_y^T)	19,265	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001053	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	28,370	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001425	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	29,227	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007448	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.3.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.785 / 1.629 = 0.482$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,006}{0.00143173 \times 25,811,006} = 0.785$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.785 / 1.629 = 0.482$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,008}{0.00143167 \times 25,811,006} = 0.785$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.629 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.482 \times 1.629 = 0.785 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.482 \times 1.629 = 0.785 \text{ m}^4$$

- M- Φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,

이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정

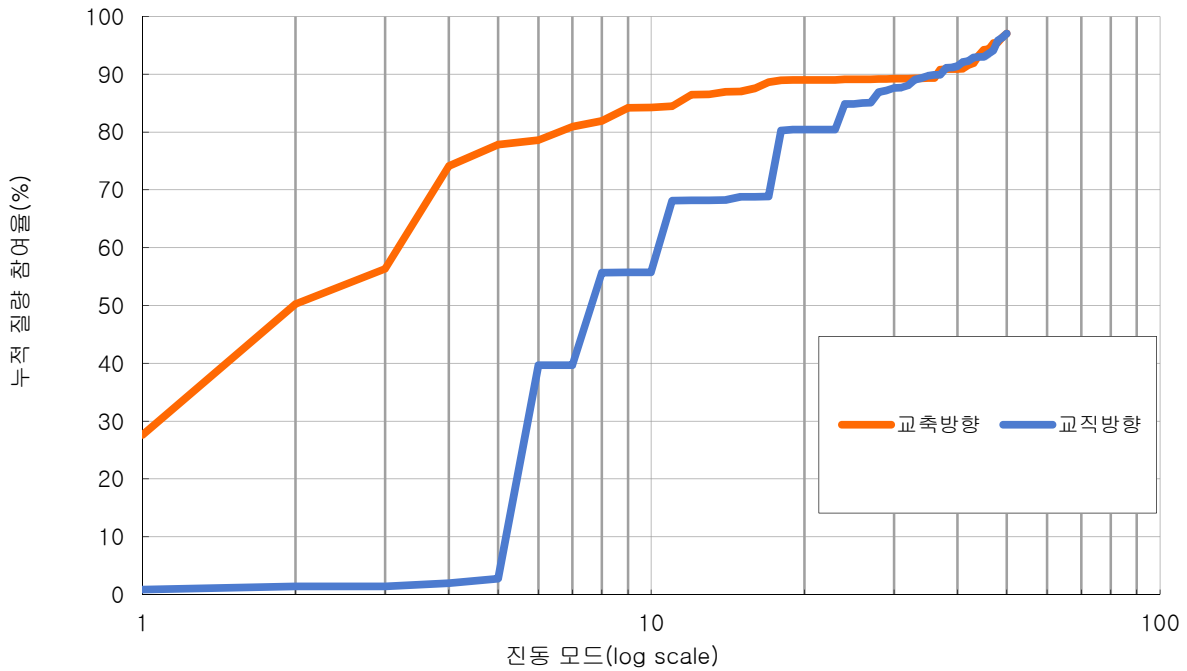
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

6. 고유치 해석

6.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	3.23	27.57	0.85	0.00	27.57	0.85	0.00	
2	3.19	22.67	0.54	0.00	50.24	1.39	0.00	
3	1.60	6.11	0.02	0.00	56.35	1.41	0.00	
4	1.55	17.77	0.54	0.00	74.12	1.95	0.00	
5	0.91	3.68	0.76	0.00	77.81	2.71	0.00	
6	0.80	0.79	36.96	0.00	78.60	39.67	0.00	
7	0.78	2.34	0.02	0.00	80.94	39.69	0.00	
8	0.72	0.97	16.01	0.00	81.91	55.70	0.00	
9	0.70	2.30	0.04	0.00	84.22	55.74	0.00	
10	0.70	0.02	0.02	1.87	84.24	55.76	1.88	
11	0.63	0.23	12.41	0.00	84.47	68.17	1.88	
12	0.58	2.04	0.05	0.00	86.50	68.21	1.88	
13	0.56	0.01	0.00	0.00	86.51	68.21	1.88	
14	0.53	0.47	0.02	0.91	86.98	68.23	2.78	
15	0.52	0.06	0.57	0.00	87.04	68.80	2.78	
16	0.51	0.55	0.02	0.38	87.58	68.82	3.17	
17	0.50	1.03	0.04	0.13	88.62	68.86	3.30	
18	0.44	0.34	11.42	0.05	88.96	80.28	3.35	
19	0.44	0.06	0.13	2.75	89.01	80.42	6.10	
20	0.41	0.01	0.01	0.00	89.02	80.43	6.11	
21	0.40	0.00	0.00	1.84	89.02	80.43	7.95	
22	0.39	0.00	0.00	12.01	89.02	80.43	19.96	
23	0.37	0.00	0.02	0.23	89.02	80.45	20.19	
24	0.35	0.12	4.42	0.02	89.15	84.86	20.22	
25	0.34	0.01	0.01	0.01	89.15	84.87	20.23	
26	0.31	0.00	0.16	0.00	89.16	85.04	20.23	
27	0.31	0.00	0.03	0.00	89.16	85.07	20.23	
28	0.31	0.06	1.88	0.89	89.22	86.94	21.12	
29	0.30	0.00	0.28	11.03	89.22	87.22	32.16	
30	0.27	0.02	0.40	2.23	89.24	87.63	34.38	
31	0.27	0.01	0.06	9.21	89.24	87.69	43.59	
32	0.25	0.01	0.40	0.10	89.25	88.09	43.69	
33	0.23	0.06	1.00	1.12	89.31	89.09	44.81	
34	0.23	0.00	0.25	2.32	89.31	89.34	47.13	
35	0.22	0.02	0.38	0.47	89.34	89.72	47.61	
36	0.21	0.00	0.18	0.07	89.34	89.90	47.68	
37	0.19	1.46	0.03	0.01	90.80	89.93	47.69	
38	0.19	0.09	1.22	0.00	90.89	91.14	47.69	
39	0.17	0.02	0.03	0.07	90.91	91.18	47.76	
40	0.16	0.00	0.25	0.01	90.92	91.43	47.78	
41	0.13	0.07	0.69	0.07	90.98	92.12	47.85	
42	0.13	0.62	0.17	0.02	91.60	92.30	47.87	
43	0.11	0.28	0.58	0.11	91.88	92.88	47.97	
44	0.11	1.35	0.16	0.08	93.23	93.04	48.06	
45	0.08	1.03	0.00	0.16	94.26	93.04	48.22	
46	0.07	0.08	0.54	0.09	94.34	93.58	48.31	
47	0.06	1.05	0.53	0.03	95.39	94.10	48.34	
48	0.06	0.13	1.75	0.03	95.52	95.85	48.36	
49	0.03	0.89	0.49	0.06	96.42	96.34	48.42	
50	0.03	0.66	0.73	0.01	97.07	97.08	48.44	

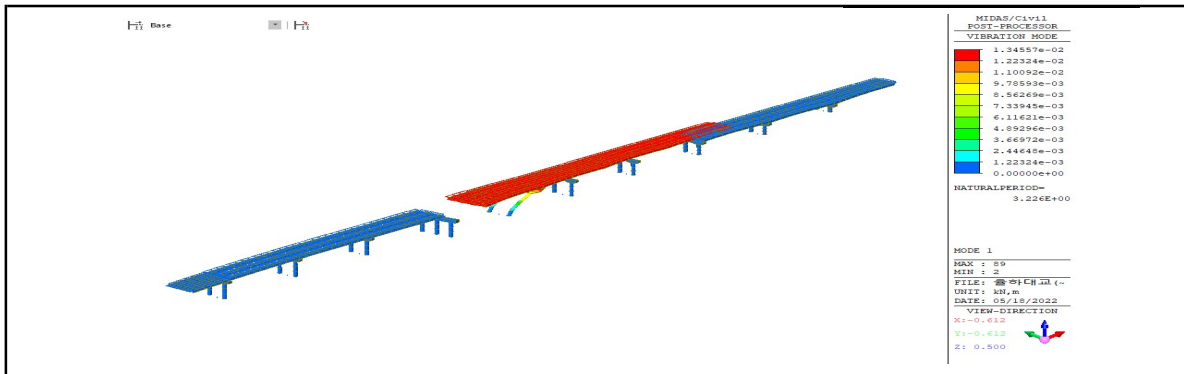
6.2 모드별 질량 참여율 그래프



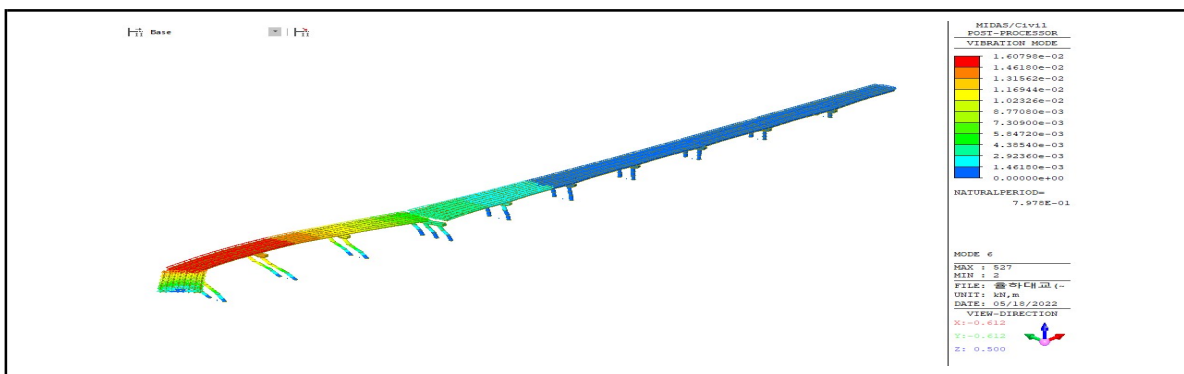
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

6.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 3.2264 sec) - 1 Mode (A= 0.0642 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.7978 sec) - 6 Mode (A= 0.2791 g)



7. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

7.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	95.81	0	0	6.69	0	0
P1	167.10	882	15395	14.40	407	3327
P2	165.33	1478	27594	23.86	495	4077
P3	165.77	680	10244	29.97	459	3577
P4	165.37	689	10350	32.05	492	3967
P5	162.53	1787	31717	29.34	489	3659
P6	163.38	746	10483	29.53	466	3326
P7	163.46	796	10461	29.59	403	2624
P8	163.56	869	10344	29.58	577	3194
P9	83.39	2526	31596	14.17	464	2251
P10	85.10	877	5777	15.16	447	1216
A2	84.77	0	0	15.22	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	95.08	799	2172	9.50	376	3148
P2	164.26	1439	4411	24.26	472	3899
P3	53.63	543	901	3.69	430	3392
P4	57.16	564	1123	12.93	452	3696
P5	161.70	1758	5166	29.02	459	3496
P6	47.85	605	1032	4.38	440	3168
P7	39.53	660	1064	5.69	382	2472
P8	31.78	763	1396	4.85	545	3012
P9	81.80	2500	7275	14.04	440	2119
P10	6.16	763	1413	1.10	409	1105
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

7.2 교직방향 해석 (Y방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	15.40	0	0	3.66	0	0
P1	26.97	430	3580	51.79	2433	19880
P2	26.45	254	4331	55.66	2698	22113
P3	27.19	127	1812	50.65	2752	21506
P4	29.70	561	6004	41.57	2186	17251
P5	29.26	369	5761	37.14	2289	17139
P6	29.30	139	1906	37.31	2534	18102
P7	29.65	151	1787	28.45	2390	15620
P8	29.91	226	2140	25.10	3205	17812
P9	14.92	508	5673	17.06	2528	12384
P10	15.26	196	1005	9.09	2319	6531
A2	15.06	0	0	3.82	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	16.02	389	3243	48.04	2237	18772
P2	26.05	237	1033	49.88	2505	20900
P3	3.04	97	192	45.37	2582	20407
P4	26.89	498	3373	36.53	2000	16437
P5	28.97	354	1604	32.39	2140	16353
P6	5.71	110	232	32.45	2375	17208
P7	5.04	113	229	23.28	2271	14742
P8	5.69	194	745	20.15	3041	16804
P9	14.44	496	1702	11.16	2425	11670
P10	1.03	128	244	2.21	2285	6092
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

7.3 고정하중 해석

구분	상단 축력	교축방향		하단 축력	교축방향	
		교각하단	교각하단		교각하단	교각하단
	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0	0	0	0	0	0
P1	6,155	3	571	7,981	3	26
P2	9,014	7	73	10,839	3	33
P3	8,827	0	4	10,562	6	53
P4	6,561	1	120	8,336	3	23
P5	9,670	15	140	11,341	3	3
P6	8,176	0	22	9,765	3	39
P7	9,354	0	20	10,795	1	21
P8	6,730	0	246	7,955	5	49
P9	8,162	44	244	9,237	12	23
P10	8,085	0	23	8,694	5	48
A2	0.00	0	0	0	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	5.19	3	571	0.23	3	29
P2	0.28	7	63	0.17	3	19
P3	0.01	0	4	0.15	6	43
P4	1.00	1	121	0.36	3	69
P5	0.49	15	139	0.20	3	43
P6	0.12	0	22	0.20	3	1
P7	0.09	0	20	0.18	1	36
P8	1.17	0	246	0.08	5	8
P9	0.35	44	238	0.15	12	94
P10	0.03	0	23	0.06	5	19
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

8. 하중조합에 따른 단면력

8.1 하부구조별 하중조합

P1 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,154.9		6,154.9	
하단축력(kN)	7,980.7		7,980.7	
상단변위(mm)	95.1	9.5	16.0	48.0
상단전단력(kN)	798.6	376.1	389.4	2,236.6
하단전단력(kN)	882.2	406.9	430.4	2,433.3
상단모멘트(kN·m)	2,172.1	3,148.4	3,242.8	18,772.4
하단모멘트(kN·m)	15,394.7	3,327.0	3,579.9	19,880.0

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,154.9		6,154.9	
하단축력(kN)	7,980.7		7,980.7	
상단변위(mm)	99.9	23.9	44.5	50.9
상단전단력(kN)	915.4	1,047.1	629.0	2,349.4
하단전단력(kN)	1,011.4	1,136.8	695.1	2,555.3
상단모멘트(kN·m)	3,144.9	8,780.1	3,894.4	19,716.9
하단모멘트(kN·m)	16,468.7	9,291.0	8,198.3	20,878.1

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,154.9		6,154.9	
하단축력(kN)	7,980.7		7,980.7	
상단변위(mm)	5.2	0.2	5.2	0.2
상단전단력(kN)	3.1	3.3	3.1	3.3
하단전단력(kN)	3.1	3.3	3.1	3.3
상단모멘트(kN·m)	571.2	29.1	571.2	29.1
하단모멘트(kN·m)	571.0	25.7	571.0	25.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,154.9	6,154.9	P
하단축력(kN)	7,980.7	7,980.7	Pbot
상단변위(mm)	105.1	51.1	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	918.6	2,352.7	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,014.5	2,558.6	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,465.6	19,746.1	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,039.7	20,903.8	[ME]comb

P2 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,014.0		9,014.0	
하단축력(kN)	10,838.7		10,838.7	
상단변위(mm)	164.3	24.3	26.0	49.9
상단전단력(kN)	1,438.9	472.4	236.9	2,505.4
하단전단력(kN)	1,477.7	495.5	253.7	2,697.9
상단모멘트(kN·m)	4,411.2	3,898.5	1,033.5	20,899.8
하단모멘트(kN·m)	27,594.4	4,077.3	4,331.1	22,113.5

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,014.0		9,014.0	
하단축력(kN)	10,838.7		10,838.7	
상단변위(mm)	172.1	39.2	75.3	57.2
상단전단력(kN)	1,510.0	1,224.0	668.6	2,647.1
하단전단력(kN)	1,553.8	1,304.8	697.1	2,846.6
상단모멘트(kN·m)	4,721.2	10,168.5	2,356.8	22,069.3
하단모멘트(kN·m)	28,893.7	10,711.3	12,609.4	23,336.7

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,014.0		9,014.0	
하단축력(kN)	10,838.7		10,838.7	
상단변위(mm)	0.3	0.2	0.3	0.2
상단전단력(kN)	7.2	3.1	7.2	3.1
하단전단력(kN)	7.2	3.1	7.2	3.1
상단모멘트(kN·m)	62.8	18.6	62.8	18.6
하단모멘트(kN·m)	72.9	32.9	72.9	32.9

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,014.0	9,014.0	P
하단축력(kN)	10,838.7	10,838.7	Pbot
상단변위(mm)	172.3	57.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,517.2	2,650.3	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,561.1	2,849.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,784.0	22,087.9	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	28,966.6	23,369.5	[ME]comb

P3 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,826.5		8,826.5	
하단축력(kN)	10,562.5		10,562.5	
상단변위(mm)	53.6	3.7	3.0	45.4
상단전단력(kN)	543.2	430.2	96.8	2,582.5
하단전단력(kN)	679.9	458.7	126.7	2,751.7
상단모멘트(kN·m)	901.1	3,391.8	191.6	20,406.7
하단모멘트(kN·m)	10,243.6	3,577.4	1,811.9	21,506.4

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,826.5		8,826.5	
하단축력(kN)	10,562.5		10,562.5	
상단변위(mm)	54.5	17.3	19.1	46.5
상단전단력(kN)	572.2	1,205.0	259.7	2,711.5
하단전단력(kN)	717.9	1,284.2	330.6	2,889.3
상단모멘트(kN·m)	958.6	9,513.8	461.9	21,424.2
하단모멘트(kN·m)	10,787.2	10,029.3	4,885.0	22,579.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,826.5		8,826.5	
하단축력(kN)	10,562.5		10,562.5	
상단변위(mm)	0.0	0.1	0.0	0.1
상단전단력(kN)	0.0	6.1	0.0	6.1
하단전단력(kN)	0.0	6.1	0.0	6.1
상단모멘트(kN·m)	4.5	42.8	4.5	42.8
하단모멘트(kN·m)	4.5	53.3	4.5	53.3

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,826.5	8,826.5	P
하단축력(kN)	10,562.5	10,562.5	Pbot
상단변위(mm)	54.6	46.6	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	572.2	2,717.7	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	717.9	2,895.4	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	963.0	21,466.9	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	10,791.6	22,632.9	[ME]comb

P4 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,560.6		6,560.6	
하단축력(kN)	8,336.0		8,336.0	
상단변위(mm)	57.2	12.9	26.9	36.5
상단전단력(kN)	564.0	451.8	497.9	2,000.2
하단전단력(kN)	688.8	491.5	561.3	2,186.0
상단모멘트(kN·m)	1,122.7	3,695.9	3,372.9	16,437.4
하단모멘트(kN·m)	10,349.9	3,966.5	6,004.1	17,250.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,560.6		6,560.6	
하단축력(kN)	8,336.0		8,336.0	
상단변위(mm)	65.2	23.9	44.0	40.4
상단전단력(kN)	713.3	1,051.9	667.1	2,135.8
하단전단력(kN)	857.2	1,147.3	767.9	2,333.5
상단모멘트(kN·m)	2,134.5	8,627.1	3,709.7	17,546.1
하단모멘트(kN·m)	12,151.1	9,141.8	9,109.1	18,440.8

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,560.6		6,560.6	
하단축력(kN)	8,336.0		8,336.0	
상단변위(mm)	1.0	0.4	1.0	0.4
상단전단력(kN)	0.5	2.9	0.5	2.9
하단전단력(kN)	0.5	2.9	0.5	2.9
상단모멘트(kN·m)	120.6	68.7	120.6	68.7
하단모멘트(kN·m)	119.8	23.5	119.8	23.5

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,560.6	6,560.6	P
하단축력(kN)	8,336.0	8,336.0	Pbot
상단변위(mm)	66.2	40.8	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	713.8	2,138.6	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	857.7	2,336.3	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	3,830.3	17,614.8	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	12,270.9	18,464.2	[ME]comb

P5 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,669.8		9,669.8	
하단축력(kN)	11,341.0		11,341.0	
상단변위(mm)	161.7	29.0	29.0	32.4
상단전단력(kN)	1,758.2	459.4	354.3	2,140.0
하단전단력(kN)	1,787.0	489.0	368.8	2,289.2
상단모멘트(kN·m)	5,166.2	3,496.3	1,604.1	16,352.8
하단모멘트(kN·m)	31,716.9	3,659.1	5,760.9	17,139.3

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,669.8		9,669.8	
하단축력(kN)	11,341.0		11,341.0	
상단변위(mm)	170.4	38.7	77.5	41.1
상단전단력(kN)	1,864.5	1,101.3	881.7	2,277.8
하단전단력(kN)	1,897.6	1,175.8	904.9	2,435.9
상단모멘트(kN·m)	5,647.4	8,402.1	3,154.0	17,401.7
하단모멘트(kN·m)	33,445.1	8,800.9	15,276.0	18,237.1

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,669.8		9,669.8	
하단축력(kN)	11,341.0		11,341.0	
상단변위(mm)	0.5	0.2	0.5	0.2
상단전단력(kN)	14.7	3.1	14.7	3.1
하단전단력(kN)	14.7	3.1	14.7	3.1
상단모멘트(kN·m)	138.6	43.4	138.6	43.4
하단모멘트(kN·m)	140.5	3.2	140.5	3.2

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,669.8	9,669.8	P
하단축력(kN)	11,341.0	11,341.0	Pbot
상단변위(mm)	170.9	41.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,879.1	2,280.9	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,912.3	2,439.0	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	5,786.0	17,445.1	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	33,585.6	18,240.3	[ME]comb

P6 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,176.0		8,176.0	
하단축력(kN)	9,765.3		9,765.3	
상단변위(mm)	47.9	4.4	5.7	32.5
상단전단력(kN)	605.2	439.7	110.3	2,375.2
하단전단력(kN)	745.6	465.9	138.8	2,533.9
상단모멘트(kN·m)	1,031.9	3,168.4	232.3	17,207.6
하단모멘트(kN·m)	10,483.2	3,326.2	1,906.3	18,102.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,176.0		8,176.0	
하단축력(kN)	9,765.3		9,765.3	
상단변위(mm)	49.6	14.1	20.1	33.8
상단전단력(kN)	638.2	1,152.2	291.8	2,507.1
하단전단력(kN)	787.3	1,226.1	362.5	2,673.7
상단모멘트(kN·m)	1,101.6	8,330.7	541.8	18,158.1
하단모멘트(kN·m)	11,055.0	8,756.8	5,051.2	19,099.9

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,176.0		8,176.0	
하단축력(kN)	9,765.3		9,765.3	
상단변위(mm)	0.1	0.2	0.1	0.2
상단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
하단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
상단모멘트(kN·m)	21.8	0.6	21.8	0.6
하단모멘트(kN·m)	21.8	38.9	21.8	38.9

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,176.0	8,176.0	P
하단축력(kN)	9,765.3	9,765.3	Pbot
상단변위(mm)	49.7	34.0	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	638.2	2,509.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	787.3	2,676.4	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,123.4	18,158.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	11,076.9	19,138.8	[ME]comb

P7 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,354.3		9,354.3	
하단축력(kN)	10,794.9		10,794.9	
상단변위(mm)	39.5	5.7	5.0	23.3
상단전단력(kN)	660.5	382.4	112.7	2,271.1
하단전단력(kN)	796.2	402.7	150.9	2,390.0
상단모멘트(kN·m)	1,063.9	2,472.4	228.5	14,742.4
하단모멘트(kN·m)	10,460.5	2,623.7	1,786.6	15,620.5

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,354.3		9,354.3	
하단축력(kN)	10,794.9		10,794.9	
상단변위(mm)	41.0	12.7	16.9	25.0
상단전단력(kN)	694.3	1,063.7	310.9	2,385.8
하단전단력(kN)	841.4	1,119.7	389.7	2,510.8
상단모멘트(kN·m)	1,132.5	6,895.1	547.7	15,484.1
하단모멘트(kN·m)	10,996.5	7,309.8	4,924.7	16,407.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	9,354.3		9,354.3	
하단축력(kN)	10,794.9		10,794.9	
상단변위(mm)	0.1	0.2	0.1	0.2
상단전단력(kN)	0.0	1.2	0.0	1.2
하단전단력(kN)	0.0	1.2	0.0	1.2
상단모멘트(kN·m)	20.1	36.2	20.1	36.2
하단모멘트(kN·m)	20.1	20.7	20.1	20.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,354.3	9,354.3	P
하단축력(kN)	10,794.9	10,794.9	Pbot
상단변위(mm)	41.1	25.2	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	694.3	2,387.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	841.4	2,512.0	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,152.6	15,520.3	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	11,016.6	16,428.3	[ME]comb

P8 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,729.9		6,729.9	
하단축력(kN)	7,954.8		7,954.8	
상단변위(mm)	31.8	4.8	5.7	20.2
상단전단력(kN)	763.0	544.9	193.7	3,040.8
하단전단력(kN)	869.1	576.5	226.2	3,205.0
상단모멘트(kN·m)	1,395.7	3,011.6	745.0	16,803.6
하단모멘트(kN·m)	10,344.3	3,193.7	2,139.6	17,812.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,729.9		6,729.9	
하단축력(kN)	7,954.8		7,954.8	
상단변위(mm)	33.5	10.9	15.2	21.6
상단전단력(kN)	821.1	1,457.1	422.6	3,204.2
하단전단력(kN)	936.9	1,538.0	487.0	3,377.9
상단모멘트(kN·m)	1,619.2	8,052.6	1,163.7	17,707.0
하단모멘트(kN·m)	10,986.2	8,537.4	5,242.9	18,770.2

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	6,729.9		6,729.9	
하단축력(kN)	7,954.8		7,954.8	
상단변위(mm)	1.2	0.1	1.2	0.1
상단전단력(kN)	0.2	5.2	0.2	5.2
하단전단력(kN)	0.2	5.2	0.2	5.2
상단모멘트(kN·m)	246.2	8.4	246.2	8.4
하단모멘트(kN·m)	246.2	48.6	246.2	48.6

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,729.9	6,729.9	P
하단축력(kN)	7,954.8	7,954.8	Pbot
상단변위(mm)	34.7	21.7	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	821.3	3,209.4	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	937.1	3,383.1	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,865.4	17,715.5	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	11,232.4	18,818.8	[ME]comb

P9 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,161.8		8,161.8	
하단축력(kN)	9,236.5		9,236.5	
상단변위(mm)	81.8	14.0	14.4	11.2
상단전단력(kN)	2,499.8	439.8	496.5	2,425.2
하단전단력(kN)	2,526.3	463.9	507.6	2,528.4
상단모멘트(kN·m)	7,275.1	2,119.4	1,702.3	11,669.7
하단모멘트(kN·m)	31,595.6	2,251.1	5,672.6	12,384.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,161.8		8,161.8	
하단축력(kN)	9,236.5		9,236.5	
상단변위(mm)	86.1	17.4	39.0	15.4
상단전단력(kN)	2,648.7	1,167.4	1,246.4	2,557.2
하단전단력(kN)	2,678.6	1,222.4	1,265.5	2,667.6
상단모멘트(kN·m)	7,785.8	5,620.3	3,884.8	12,305.5
하단모멘트(kN·m)	33,297.4	5,966.3	15,151.3	13,059.5

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,161.8		8,161.8	
하단축력(kN)	9,236.5		9,236.5	
상단변위(mm)	0.4	0.1	0.4	0.1
상단전단력(kN)	44.3	12.1	44.3	12.1
하단전단력(kN)	44.3	12.1	44.3	12.1
상단모멘트(kN·m)	237.9	94.5	237.9	94.5
하단모멘트(kN·m)	243.7	23.1	243.7	23.1

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,161.8	8,161.8	P
하단축력(kN)	9,236.5	9,236.5	Pbot
상단변위(mm)	86.5	17.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	2,693.0	2,569.3	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	2,722.9	2,679.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	8,023.7	12,399.9	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	33,541.1	13,082.6	[ME]comb

P10 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,085.3		8,085.3	
하단축력(kN)	8,694.2		8,694.2	
상단변위(mm)	6.2	1.1	1.0	2.2
상단전단력(kN)	763.2	409.3	128.0	2,285.4
하단전단력(kN)	877.0	447.2	195.6	2,318.8
상단모멘트(kN·m)	1,413.3	1,104.6	244.1	6,092.1
하단모멘트(kN·m)	5,777.1	1,215.8	1,005.3	6,530.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,085.3		8,085.3	
하단축력(kN)	8,694.2		8,694.2	
상단변위(mm)	6.5	1.8	2.9	2.5
상단전단력(kN)	801.6	1,094.9	357.0	2,408.2
하단전단력(kN)	935.7	1,142.8	458.7	2,453.0
상단모멘트(kN·m)	1,486.5	2,932.3	668.0	6,423.5
하단모멘트(kN·m)	6,078.6	3,175.0	2,738.4	6,895.4

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,085.3		8,085.3	
하단축력(kN)	8,694.2		8,694.2	
상단변위(mm)	0.0	0.1	0.0	0.1
상단전단력(kN)	0.0	5.2	0.0	5.2
하단전단력(kN)	0.0	5.2	0.0	5.2
상단모멘트(kN·m)	23.5	19.4	23.5	19.4
하단모멘트(kN·m)	23.5	48.1	23.5	48.1

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,085.3	8,085.3	P
하단축력(kN)	8,694.2	8,694.2	Pbot
상단변위(mm)	6.5	2.6	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	801.6	2,413.4	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	935.7	2,458.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,510.0	6,442.9	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	6,102.1	6,943.6	[ME]comb

8.2 기둥당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

교각		하단축력(kN)	하단전단력(kN)	하단모멘트(kN·m)
P1	교축	7980.7	1014.5	17039.7
	교직	7980.7	2558.6	20903.8
P2	교축	10838.7	1561.1	28966.6
	교직	10838.7	2849.7	23369.5
P3	교축	10562.5	717.9	10791.6
	교직	10562.5	2895.4	22632.9
P4	교축	8336.0	857.7	12270.9
	교직	8336.0	2336.3	18464.2
P5	교축	11341.0	1912.3	33585.6
	교직	11341.0	2439.0	18240.3
P6	교축	9765.3	787.3	11076.9
	교직	9765.3	2676.4	19138.8
P7	교축	10794.9	841.4	11016.6
	교직	10794.9	2512.0	16428.3
P8	교축	7954.8	937.1	11232.4
	교직	7954.8	3383.1	18818.8
P9	교축	9236.5	2722.9	33541.1
	교직	9236.5	2679.7	13082.6
P10	교축	8694.2	935.7	6102.1
	교직	8694.2	2458.2	6943.6

8.3 받침부 개당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	1185
P1	345	2973
P2	1020	4182
P3	0	4391
P4	0	2861
P5	932	3499
P6	0	3928
P7	0	3968
P8	0	3147
P9	1721	4278
P10	0	4517
A2	0	1701

8.4 받침부 전체 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	1185
P1	1889	3988
P2	2872	4182
P3	0	4391
P4	0	5437
P5	3632	3499
P6	0	3928
P7	0	3968
P8	0	5817
P9	5134	4278
P10	0	4517
A2	0	1701

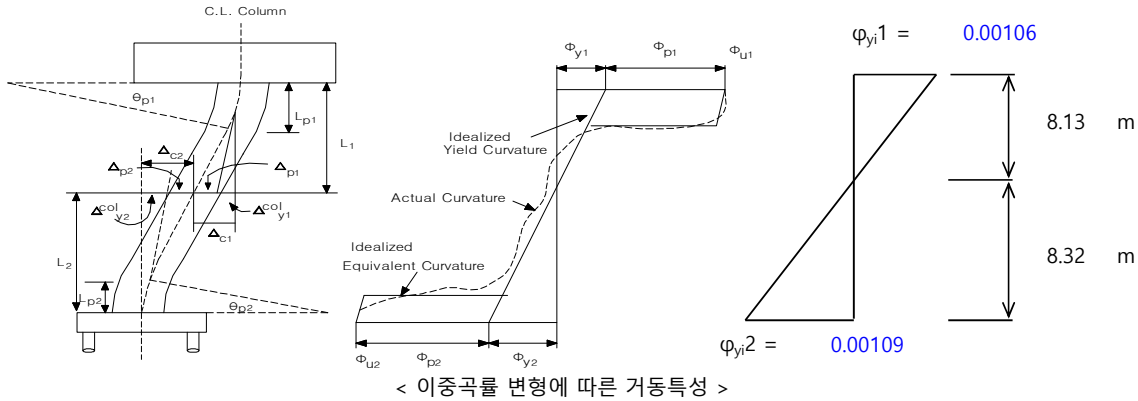
9. 교각부 평가

9.1 교각 2

9.1.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겉이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	16.452	16.452	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	19.452	8.226	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.226	0.798	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 16.452 \times 0.00106 / (0.00106 + 0.00109) = 8.13 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 16.452 \times 0.00109 / (0.00106 + 0.00109) = 8.32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.1.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 F_y^L &= M_y^L / H_e = 29,933 / 19.452 = 1,538.829 \text{ kN} \\
 F_u^L &= M_u^L / H_e = 30,854 / 19.452 = 1,586.166 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 29,931 / 8.320 = 3,597.452 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 30,852 / 8.320 = 3,708.149 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 28,879 / 8.132 = 3,551.316 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 29,754 / 8.132 = 3,658.879 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.1.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00144}{3} \times \frac{19.452^2}{3} = 0.1818 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 19.452 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 1.745 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00698 - 0.00144) \times 1.745 = 0.0097 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{30,854}{29,933} - 1 \right) \times 0.18183 + 0.00966 \times \left(19.452 - \frac{1.745}{2} \right) \\ &= 0.1851 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.18180 + 0.18510 = 0.3669 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.3669}{0.1818} = 2.018 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.018 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.018** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00144}{3} \times \frac{8.320^2}{3} = 0.0333 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 8.32 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 0.854 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00698 - 0.00144) \times 0.854 \\ &= 0.00470 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{30,852}{29,931} - 1 \right) \times 0.03326 + 0.00470 \times \left(8.320 - \frac{0.854}{2} \right) \\ &= 0.0381 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0333 + 0.0381 = 0.0714 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.07140}{0.03326} = 2.147 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.147 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.147** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	1539	1586	3597	3708	3551	3659	

변위 Δ (m)	0.1818	0.3669	0.0333	0.0714	0.0315	0.0702	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.1.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.298 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.18183 = 0.36367 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.18183 = 0.90917 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.285 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.03326 = 0.06652 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.03326 = 0.16629 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.277 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.03153 = 0.06306 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.03153 = 0.15765 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow (D_{19} - 2EA) \times 2 \text{ 단 배근}$

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$

$= 2247.7 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{9,014 \times 2,400}{19,452} = 167 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 9,014 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 19,452 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{9,014 \times 2,400}{8,320} = 390 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 9,014 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 8,320 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{9,014 \times 2,400}{8,132} = 399 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 9,014 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 8,132 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,509	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.36367	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,190	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.90917	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,732	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.06652	m	

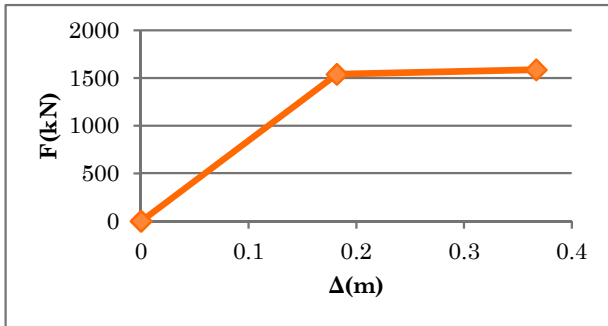
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,413	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.16629	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

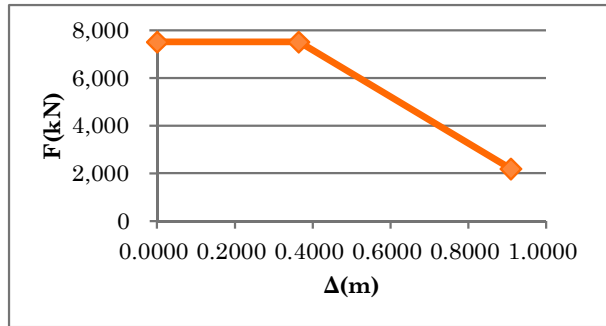
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,741	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.06306	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,422	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.15765	m	

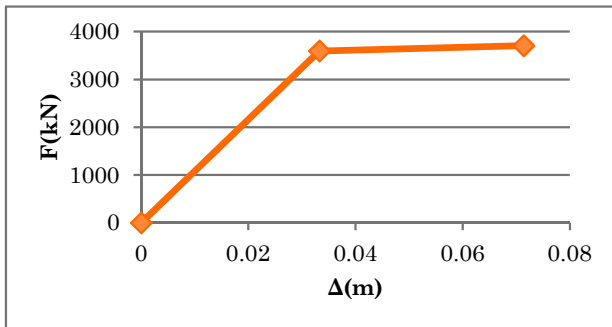
※ 힘·전단성능 곡선



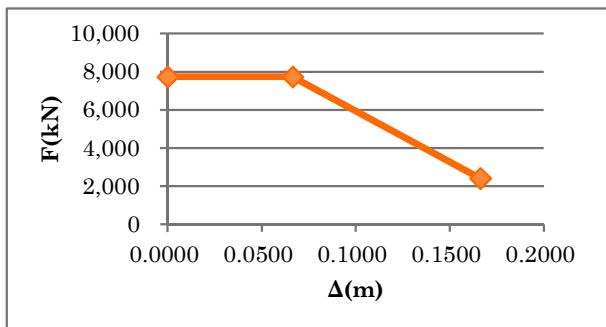
교축방향 휨성능 곡선



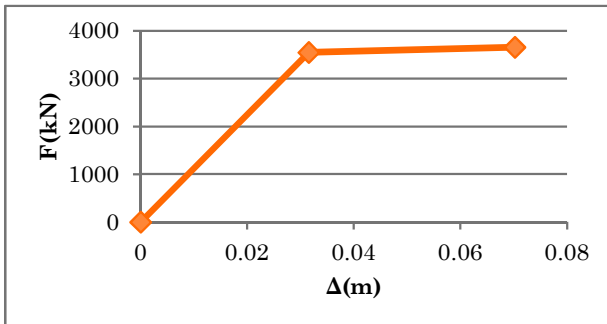
교축방향 전단성능 곡선



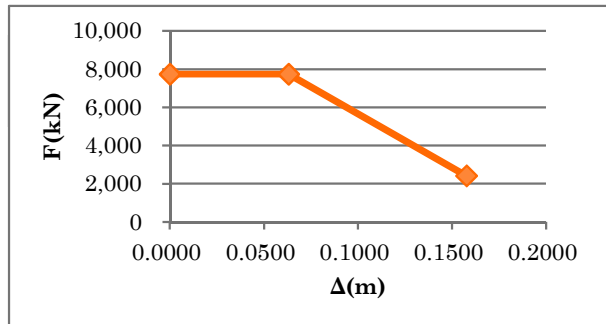
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



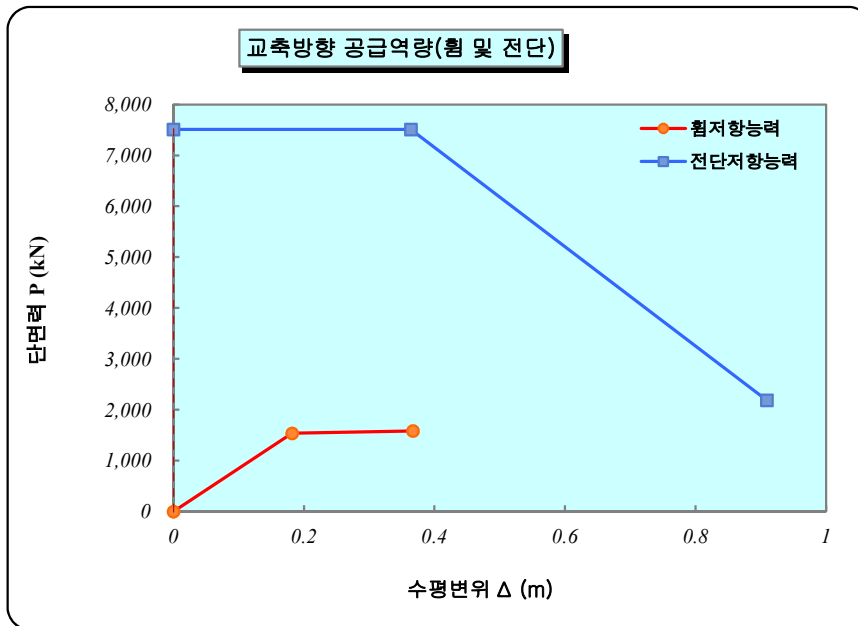
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

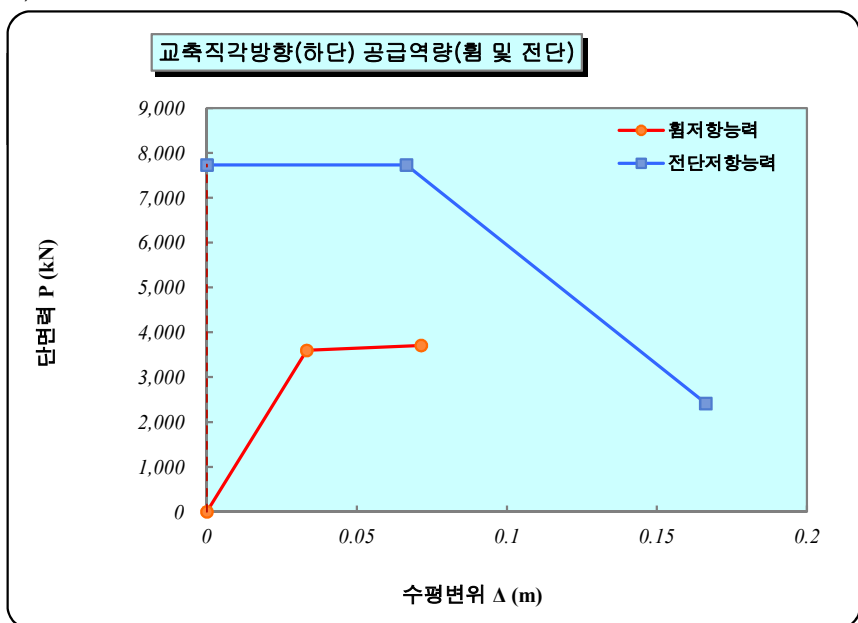
9.1.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



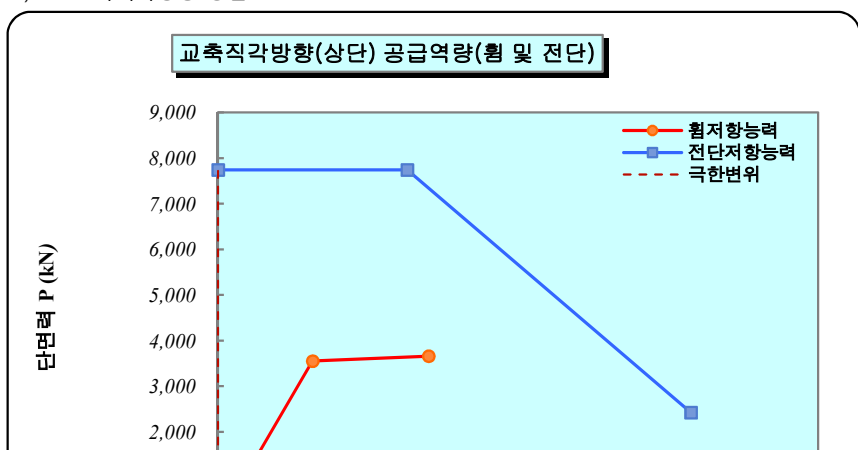
휨강도(P_f)	1,586
(kN)	
전단강도(V_n)	7,509
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	0.1818
(m)	
극한변위 (Δ_u)	0.3669
(m)	
변위연성도(μ)	2.018

2) 교축직각방향-하단

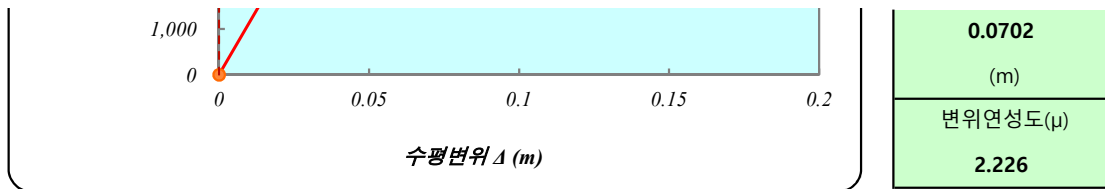


휨강도(P_f)	3,708
(kN)	
전단강도(V_n)	7,732
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	0.0333
(m)	
극한변위 (Δ_u)	0.0714
(m)	
변위연성도(μ)	2.147

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)	3,659
(kN)	
전단강도(V_n)	7,741
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	0.0315
(m)	
극한변위 (Δ_u)	-



9.1.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 28,967 + 9,014 \times 1.5 \times 0.17235 \\
 &= 31,297 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{31,297}{29,933} = 1.046 \rightarrow \text{RS } 1.046 \text{ 적용}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **3.2264** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.046 = 1.046$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 23,370 + 9,014 \times 1.5 \times 0.057$
 $= 24,145 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{24,145}{29,931} = 0.807 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7978** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 22,088 + 9,014 \times 1.5 \times 0.057$
 $= 22,863 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{22,863}{28,879} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7978** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ ($= 0.516$) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.1.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.018$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.147$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.226$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.046$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{2.018}{1.046} = 1.930 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.147}{1.000} = 2.147 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.226}{1.000} = 2.226 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,509}{1,561} = 4.810 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

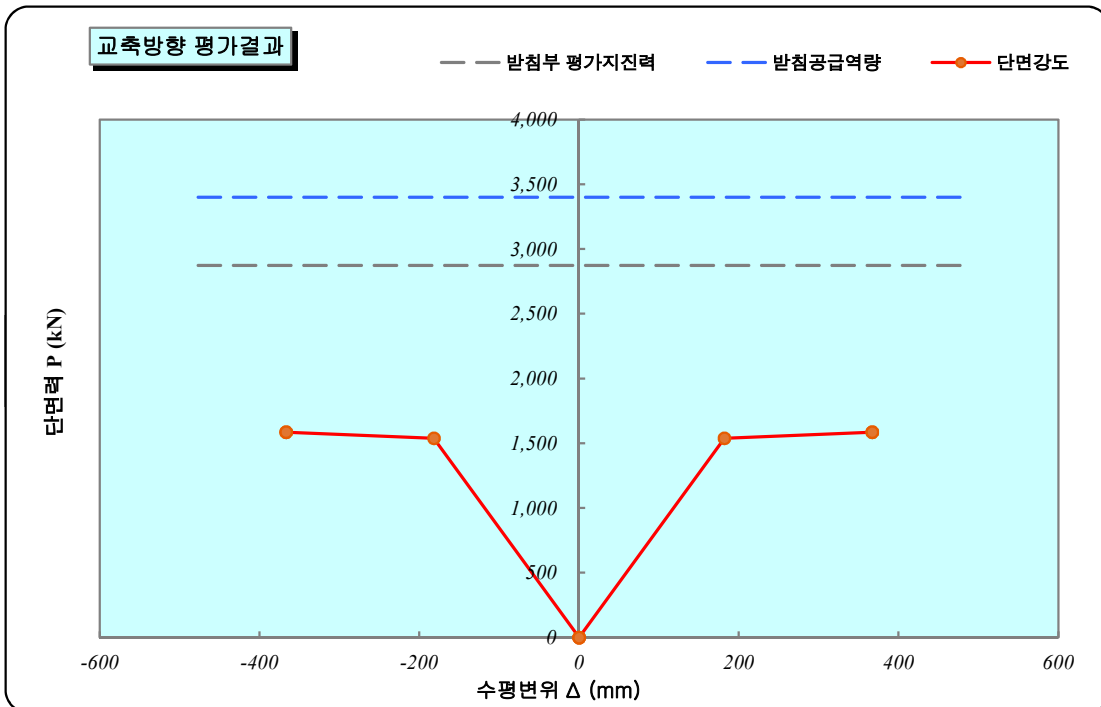
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,732}{2,850} = 2.713 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

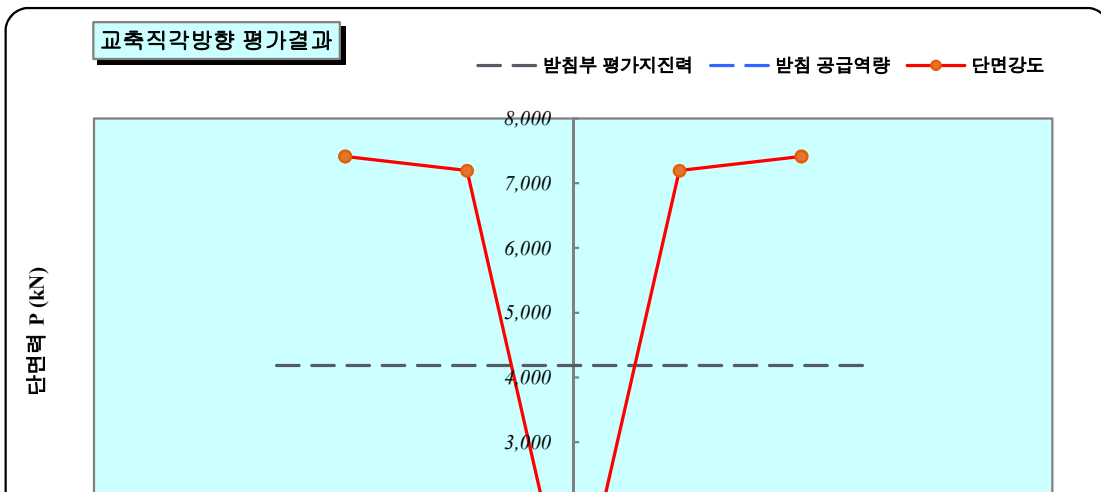
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,741}{2,650} = 2.921 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

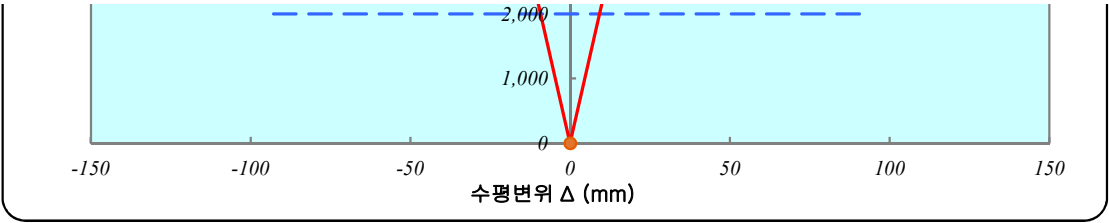
9.1.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





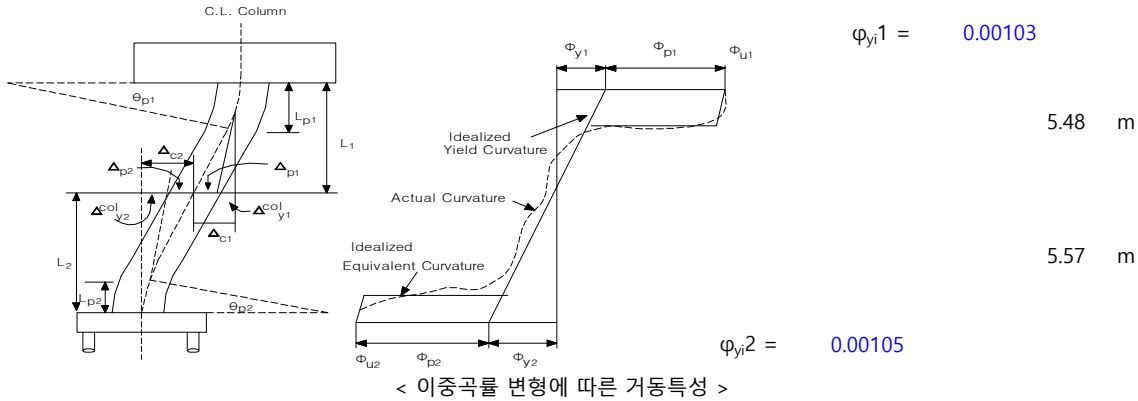
9. 교각부 평가

9.2 교각 8

9.2.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	11.044	11.044	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	14.044	5.522	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.226	0.798	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y1} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 11.044 \times 0.00103 / (0.00103 + 0.00105) = 5.48 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y2} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 11.044 \times 0.00105 / (0.00103 + 0.00105) = 5.57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.2.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 F_y^L &= M_y^L / H_e = 28,242 / 14.044 = 2,010.937 \text{ kN} \\
 F_u^L &= M_u^L / H_e = 29,091 / 14.044 = 2,071.411 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 28,244 / 5.566 = 5,074.416 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 29,097 / 5.566 = 5,227.704 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 27,509 / 5.478 = 5,021.632 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 28,463 / 5.478 = 5,195.911 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.2.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00142}{3} \times \frac{14.044^2}{3} = 0.0936 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 14.044 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 1.312 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00749 - 0.00142) \times 1.312 = 0.0080 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{29,091}{28,242} - 1 \right) \times 0.09362 + 0.00796 \times \left(14.044 - \frac{1.312}{2} \right) \\ &= 0.1093 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.09360 + 0.10930 = 0.2029 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.2029}{0.0936} = 2.167 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.167 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.167** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00142}{3} \times \frac{5.566^2}{3} = 0.0147 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 5.566 + 0.022 \times 300 \times 0.029 = 0.634 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00749 - 0.00142) \times 0.634 \\ &= 0.00380 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{29,097}{28,244} - 1 \right) \times 0.01470 + 0.00380 \times \left(5.566 - \frac{0.634}{2} \right) \\ &= 0.0204 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0147 + 0.0204 = 0.0351 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.03510}{0.01470} = 2.387 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.387 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.387** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	2011	2071	5074	5228	5022	5196	

변위 Δ (m)	0.0936	0.2029	0.0147	0.0351	0.0142	0.0354	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.2.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.283 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.09362 = 0.18723 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.09362 = 0.46808 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.261 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01470 = 0.02941 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01470 = 0.07352 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.250 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01419 = 0.02837 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01419 = 0.07093 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$$

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 573 \times 300 \times 2,247.7}{2 \times 300} = 2,023.1 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 573 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow (D_{19} - 2EA) \text{ 2 단 배근}$

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2400 - 2 \times 100.0 + 28.6 + 19.1$

$= 2247.7 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,730 \times 2,400}{14.044} = 173 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,730 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 14.044 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,730 \times 2,400}{5.566} = 435 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,730 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 5.566 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{6,730 \times 2,400}{5.478} = 442 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 6,730 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 5.478 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,515	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.18723	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,196	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.46808	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,777	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02941	m	

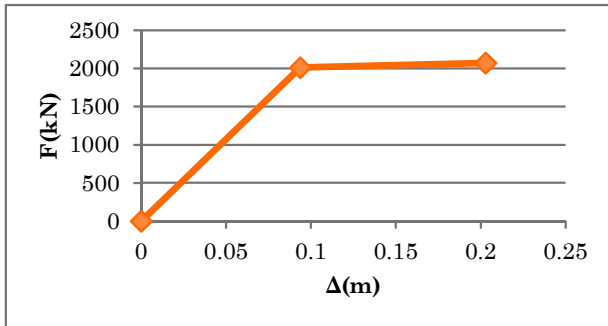
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,458	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.07352	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

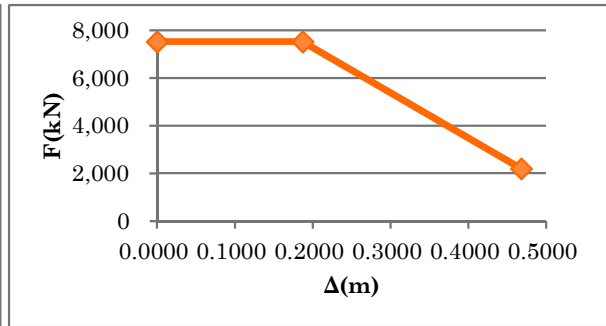
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023
		=	7,784	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02837	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023
		=	2,465	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.07093	m	

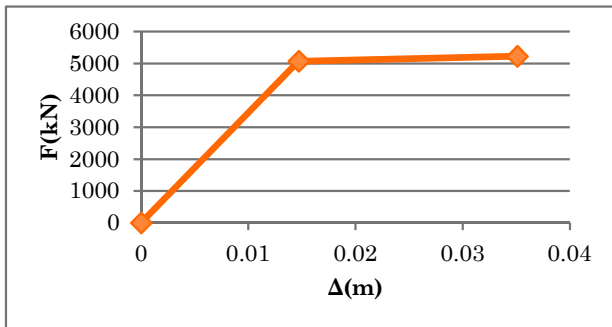
※ 힘·전단성능 곡선



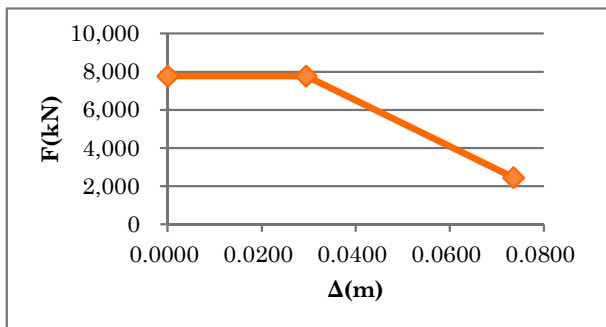
교축방향 휨성능 곡선



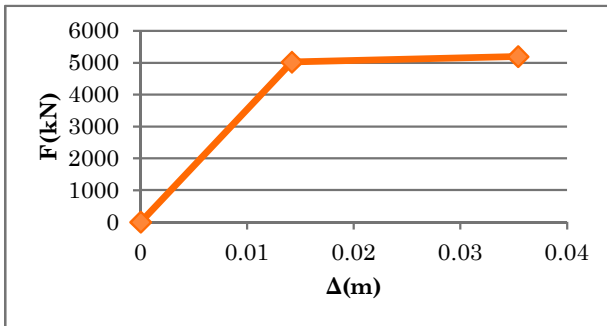
교축방향 전단성능 곡선



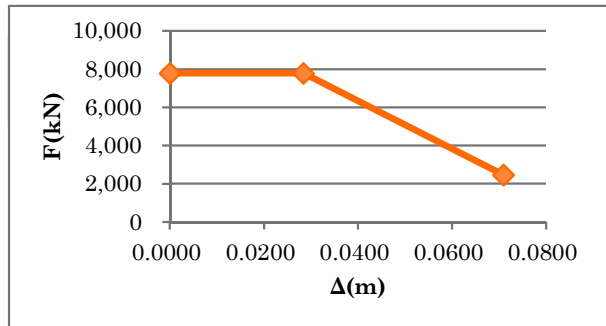
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



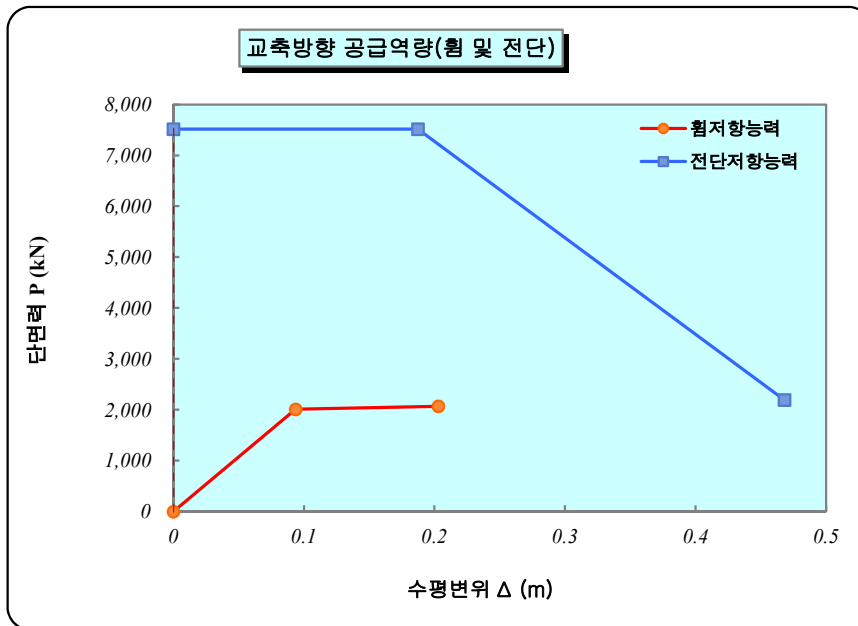
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

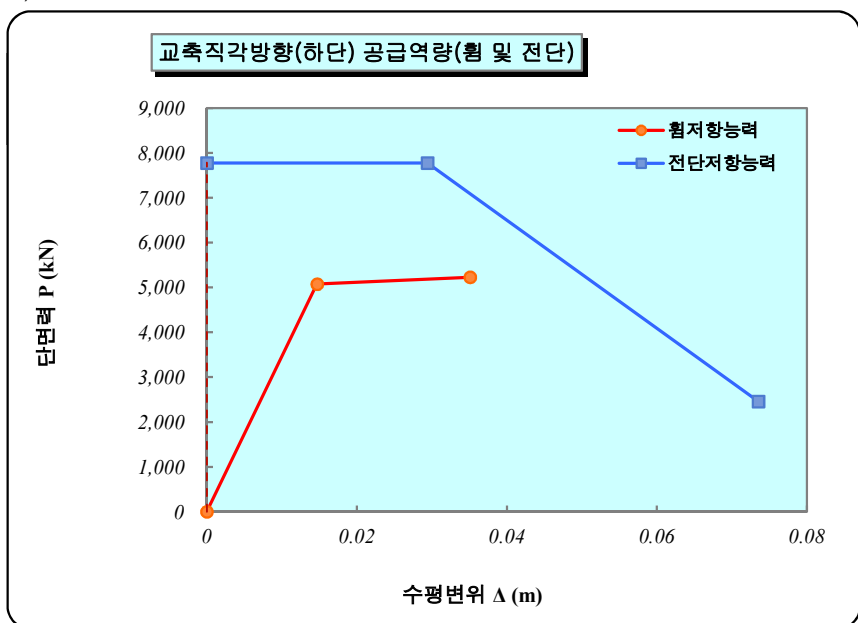
9.2.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



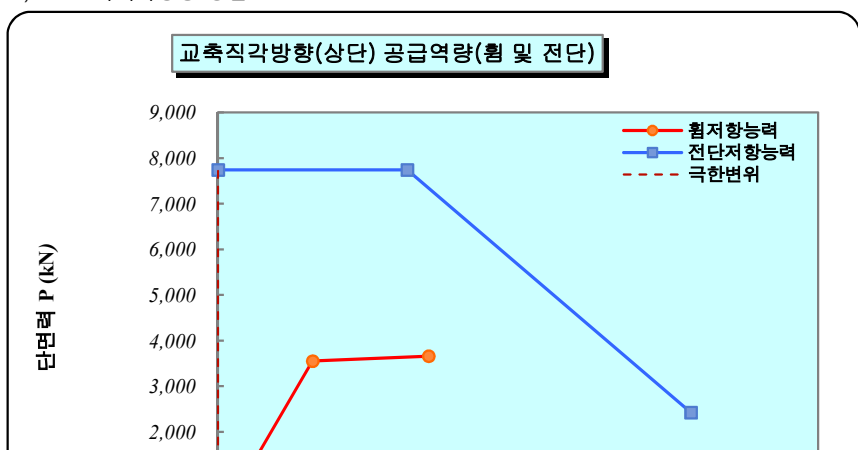
휨강도(P_f)
2,071
(kN)
전단강도(V_n)
7,515
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0936
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.2029
(m)
변위연성도(μ)
2.167

2) 교축직각방향-하단

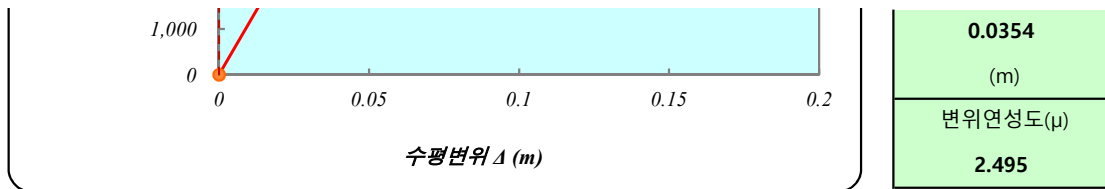


휨강도(P_f)
5,228
(kN)
전단강도(V_n)
7,777
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0147
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0351
(m)
변위연성도(μ)
2.387

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
5,196
(kN)
전단강도(V_n)
7,784
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0142
(m)
극한변위 (Δ_u)
-



9.2.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 11,232 + 6,730 \times 1.5 \times 0.03466 \\
 &= 11,582 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{11,582}{28,242} = 0.410 \rightarrow RS \ 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **3.2264** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 18,819 + 6,730 \times 1.5 \times 0.022$
 $= 19,038 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{19,038}{28,244} = 0.674 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7978** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 17,715 + 6,730 \times 1.5 \times 0.022$
 $= 17,934 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{17,934}{27,509} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 **S2** 이고, 주기(T)는 **0.7978** 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.2.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.167$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.387$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.495$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.000$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} &= \frac{2.167}{1.000} = 2.167 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} &= \frac{2.387}{1.000} = 2.387 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.495}{1.000} = 2.495 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,515}{937} = 8.019 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

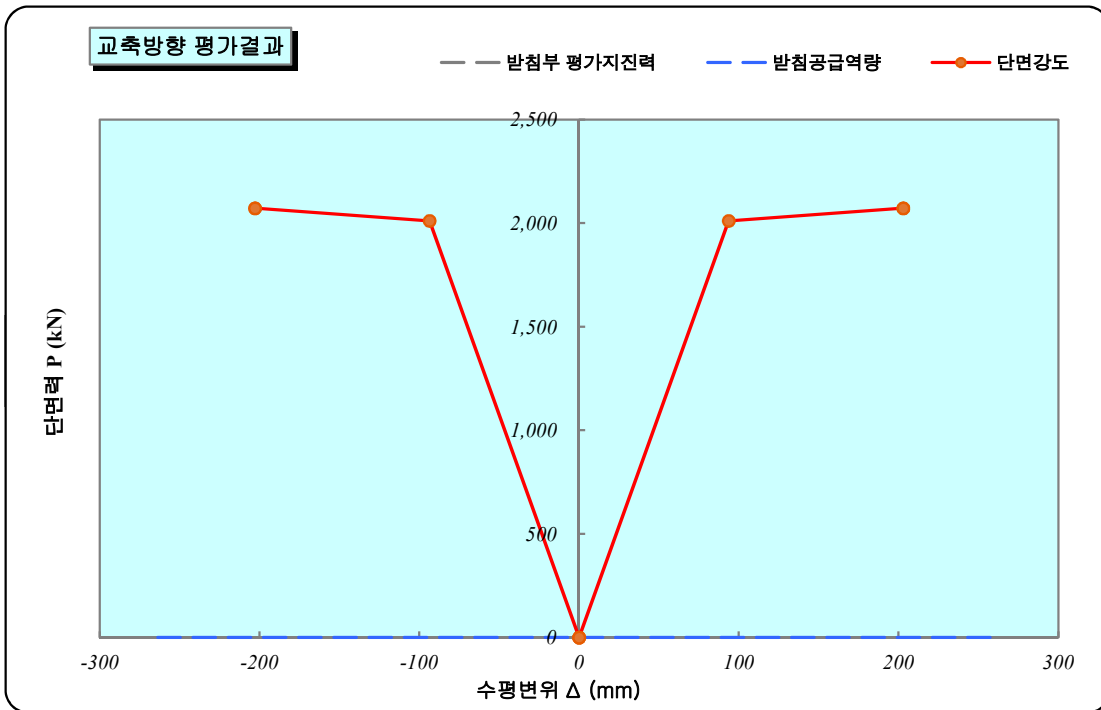
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,777}{3,383} = 2.299 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

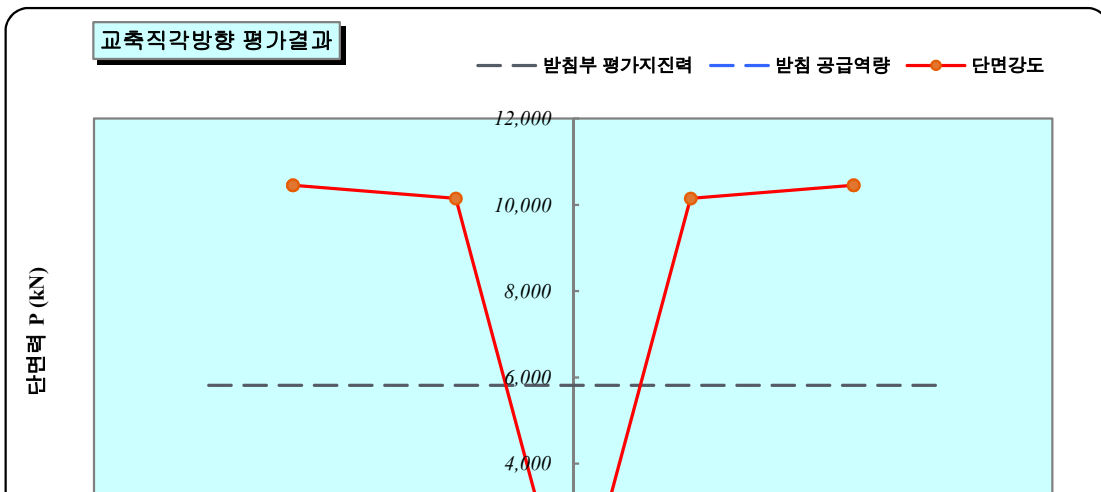
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,784}{3,209} = 2.425 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

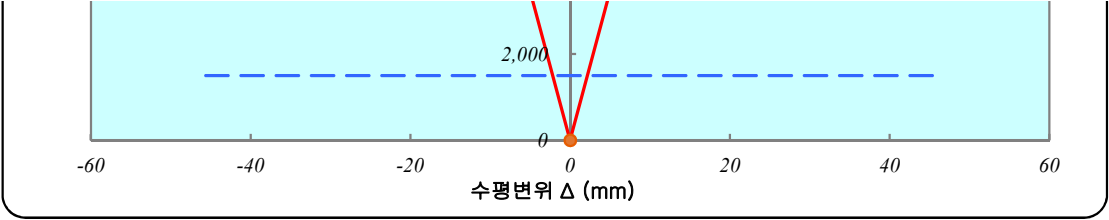
9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





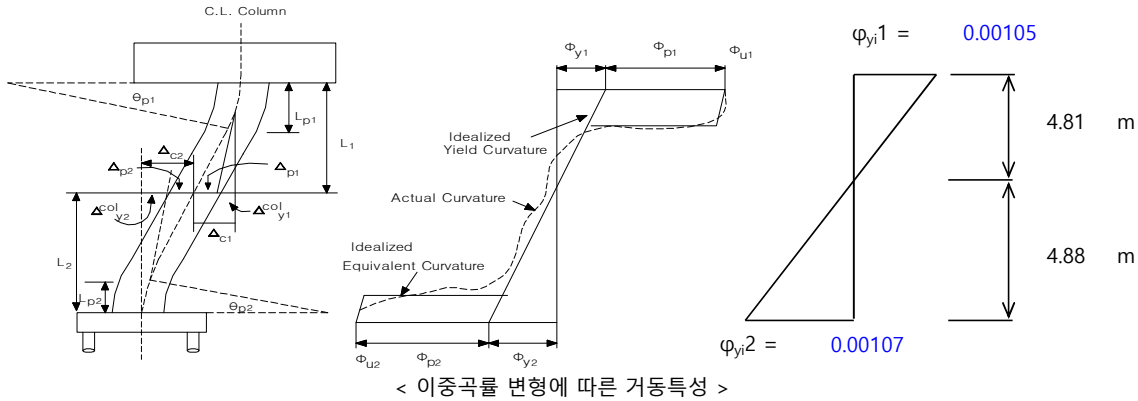
9. 교각부 평가

9.3 교각 9

9.3.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겉이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	9.690	9.690	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	12.690	4.845	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	3.226	0.798	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 9.690 \times 0.00105 / (0.00105 + 0.00107) = 4.81 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 9.690 \times 0.00107 / (0.00105 + 0.00107) = 4.88 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.3.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^L &= M_y^L / H_e = 29,006 / 12.690 = 2,285.713 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^L &= M_u^L / H_e = 29,864 / 12.690 = 2,353.365 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 29,008 / 4.878 = 5,946.720 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 29,863 / 4.878 = 6,121.915 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 \bullet F_y^T &= M_y^T / H_e = 28,370 / 4.812 = 5,895.594 \text{ kN} \\
 \bullet F_u^T &= M_u^T / H_e = 29,227 / 4.812 = 6,073.836 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F_y^L, F_y^T : 교각의 항복시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 F_u^L, F_u^T : 교각의 극한상태시 교축 및 교축직각방향 휨단면강도(kN)
 M_y^L, M_y^T : 교각의 항복시 항복휨모멘트(kN·m)
 M_u^L, M_u^T : 교각의 극한상태시 공칭휨모멘트(kN·m)
 H_e : 교각의 하중작용점 높이, m

9.3.3 교각의 변위 및 공급연성도 산정

1) 교축방향

① 항복변위(Δ_y)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00143 \times 12.690^2}{3} = 0.0769 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 12.69 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 1.183 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00724 - 0.00143) \times 1.183 = 0.0069 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_Y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{29,864}{29,006} - 1 \right) \times 0.07685 + 0.00687 \times \left(12.690 - \frac{1.183}{2} \right) \\ &= 0.0854 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.07690 + 0.08540 = 0.1623 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1623}{0.0769} = 2.112 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.112 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.112** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00143 \times 4.878^2}{3} = 0.0114 \text{ m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 4.878 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.558 \text{ m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \text{ m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00724 - 0.00143) \times 0.558 \\ &= 0.00320 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_Y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{29,863}{29,008} - 1 \right) \times 0.01136 + 0.00320 \times \left(4.878 - \frac{0.558}{2} \right) \\ &= 0.0151 \text{ m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0114 + 0.0151 = 0.0265 \text{ m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도 } \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.02650}{0.01136} = 2.334 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.334 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.334** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	항복시(y)	극한시(u)	
휨강도 F (kN)	2286	2353	5947	6122	5896	6074	

변위 Δ (m)	0.0769	0.1623	0.0114	0.0265	0.0110	0.0263	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

휨강도, 항복 및 극한변위

9.3.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.289 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.07685 = 0.15371 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.07685 = 0.38427 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.267 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01136 = 0.02271 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01136 = 0.05678 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 5,319 \text{ kN}$$

$$k = 0.261 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.6191 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.524 = 3.6191 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.01100 = 0.02200 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.01100 = 0.05500 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$\bullet V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D16 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2,241.3 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$\bullet V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s}$$

$$= \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398.4 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D16 - 2 EA) 2 단 배근

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2,241.3 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 397.2 \times 300 \times 2,241.3}{2 \times 300} = 1,398.4 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow (D16 - 2 EA) \text{ } 2 \text{ 단 배근}$

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2400 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$

$= 2241.3 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,162 \times 2,400}{12,690} = 232 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,162 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 12,690 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,162 \times 2,400}{4,878} = 602 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,162 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 4,878 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,162 \times 2,400}{4,812} = 611 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,162 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2,400 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 4,812 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 232
		=	6,949	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.15371	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 232
		=	1,630	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.38427	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 602
		=	7,320	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02271	m	

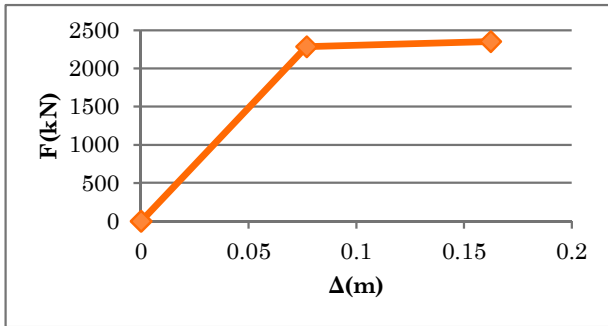
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 602
		=	2,001	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.05678	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

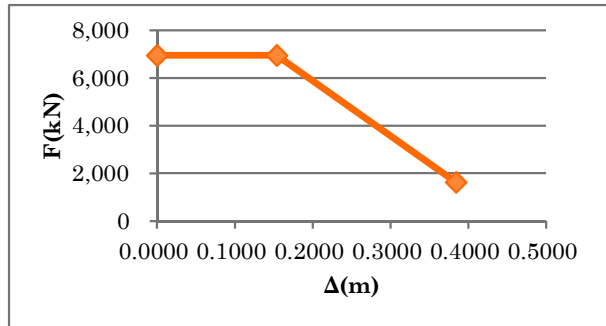
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	1,398 + 611
		=	7,328	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02200	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	1,398 + 611
		=	2,009	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.05500	m	

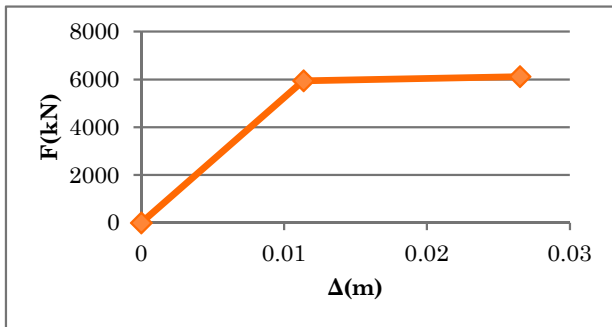
※ 힘·전단성능 곡선



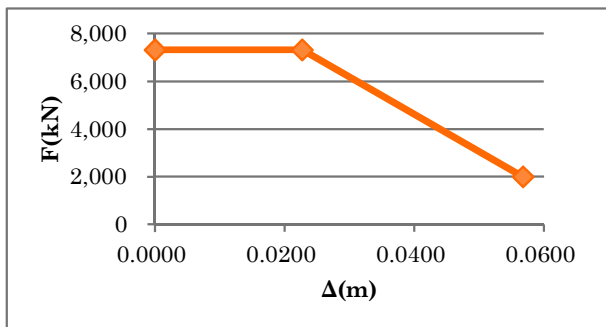
교축방향 휨성능 곡선



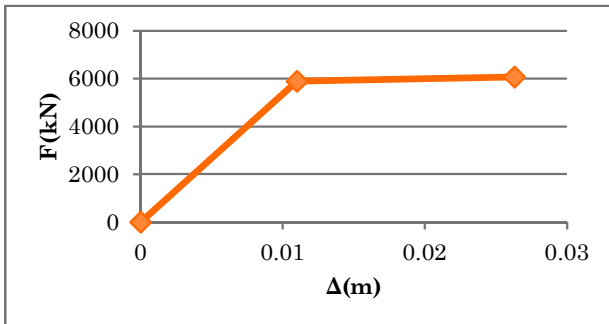
교축방향 전단성능 곡선



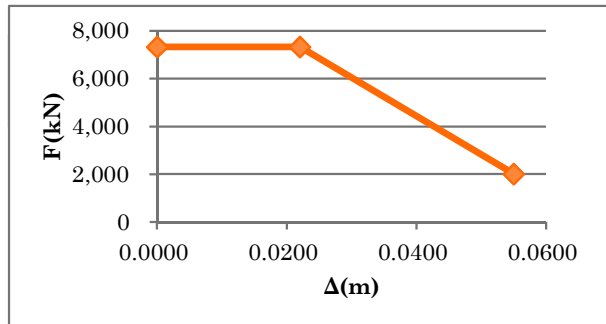
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



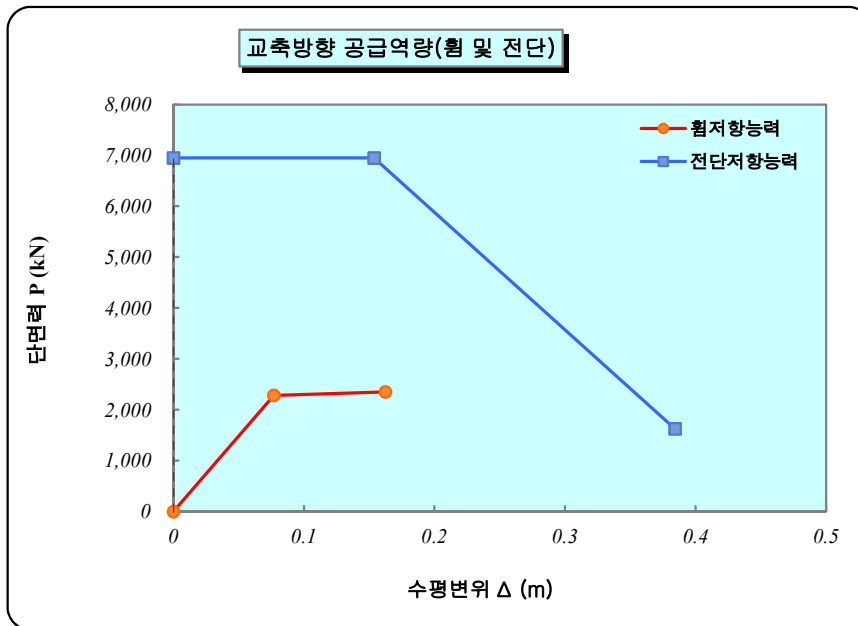
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

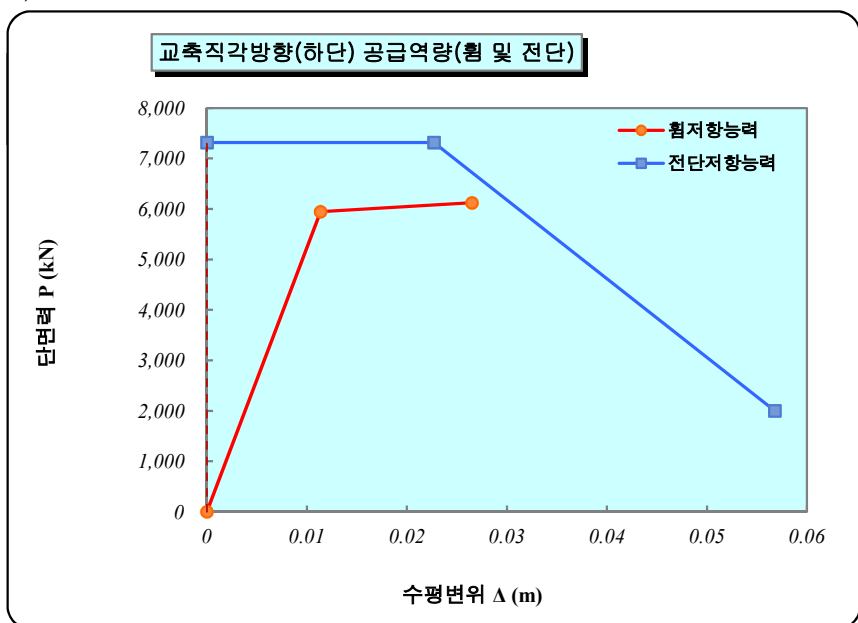
9.3.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



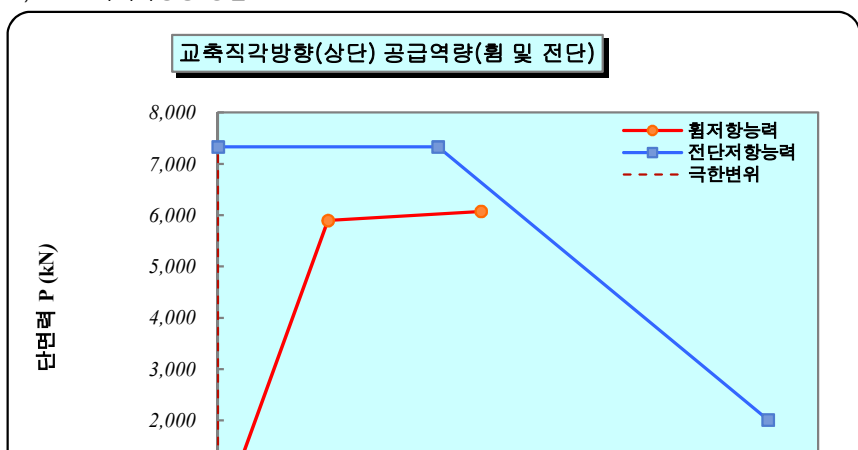
휨강도(P_f)
2,353
(kN)
전단강도(V_n)
6,949
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0769
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.1623
(m)
변위연성도(μ)
2.112

2) 교축직각방향-하단

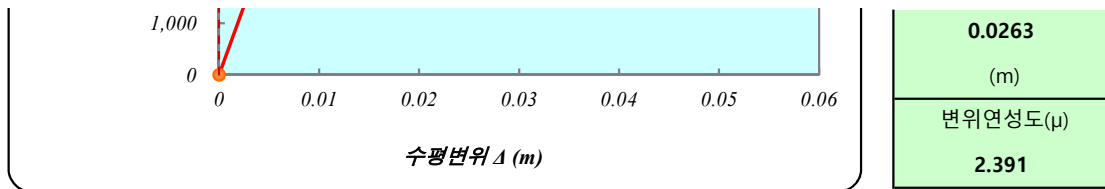


휨강도(P_f)
6,122
(kN)
전단강도(V_n)
7,320
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0114
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0265
(m)
변위연성도(μ)
2.334

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
6,074
(kN)
전단강도(V_n)
7,328
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0110
(m)
극한변위 (Δ_u)
-



9.3.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 33,541 + 8,162 \times 1.5 \times 0.08648 \\
 &= 34,600 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{34,600}{29,006} = 1.193 \rightarrow \text{RS } 1.193 \text{ 적용}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 3.2264 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.193 = 1.193$

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 13,083 + 8,162 \times 1.5 \times 0.018$
 $= 13,297 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{13,297}{29,008} = 0.458 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.7978 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
T_s	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
$1.25 T_s$	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_s = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 12,400 + 8,162 \times 1.5 \times 0.018$
 $= 12,615 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{12,615}{28,370} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = 1$
- $T < 1.25 T_s$ 일때, $\lambda_{DR} = (1 - (1/R_s) * 1.25 T_s / T + 1/R_s)$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.7978 초 이므로
 $T \geq 1.25 T_s$ (= 0.516) $\therefore \lambda_{DR} = 1.000$

※ 설계응답스펙트럼의 통제주기

구분	지반 종류				
	S1	S2	S3	S4	S5
Ts	0.3000	0.4131	0.4136	0.5609	0.7420
1.25 Ts	0.3750	0.5164	0.5170	0.7011	0.9275

④ 소요변위연성도 $\mu_{\Delta d}$

$$\bullet \quad \mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$$

9.3.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^L = 2.112$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.334$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 2.391$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^L = 1.193$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta d}^T = 1.000$

③ 평가

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{2.112}{1.193} = 1.770 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.334}{1.000} = 2.334 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{2.391}{1.000} = 2.391 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{6,949}{2,723} = 2.552 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

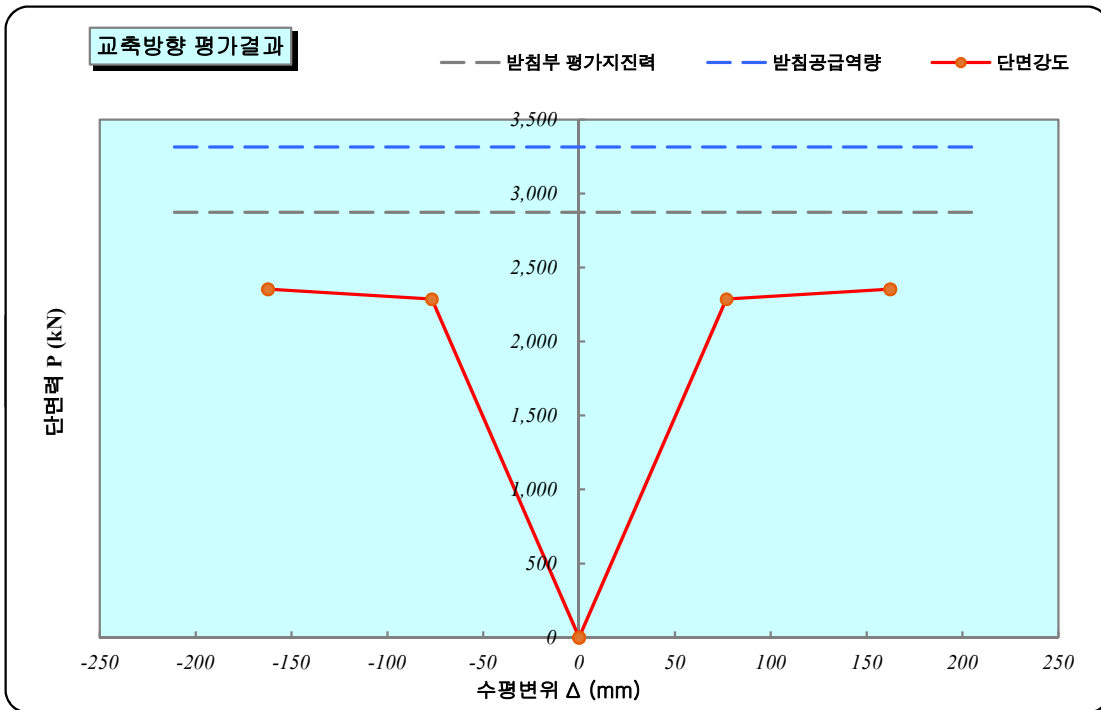
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,320}{2,680} = 2.732 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

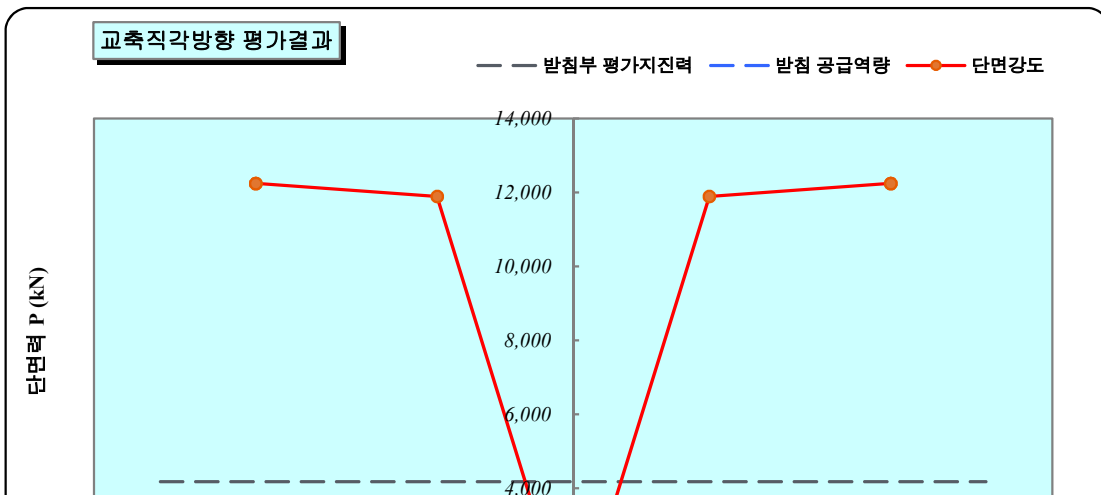
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{7,328}{2,569} = 2.852 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

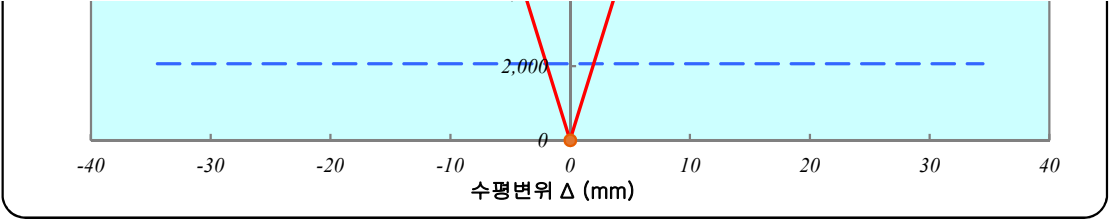
9.3.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.1 교각 P2

10.1.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 4,000.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 4,000.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BC} &= 4,000.00 \times 1 = 4,000.00 \text{ kN} \\ &= 1,400.00 \times 2 = 2,800.00 \text{ kN} \\ &= 6,800.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 4,000.00 \times 1 = 4,000.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[3,172, 2,872] = 2,872.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[7,416, 4,182] = 4,182.28 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{6,800.00}{2,872.25} = 2.367 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,000.00}{4,182.28} = 0.956 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	$=$	880	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	$=$	880	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	$=$	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	$=$	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	$=$	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	$=$	730	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	$=$	730	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	$=$	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f_{ck}	$=$	24	MPa
앵커의 유효단면적	A_{se}	$=$	3217	mm ²
앵커의 인장강도	f_{uta}	$=$	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef}	$=$	550	mm
코핑부 깊이	h_{cop}	$=$	3000	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad V_{sa} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad V_{saL} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad V_{saT} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad F_{ASDL} &= F_{BDL} / n^L = 2872.25 / 3 = 957 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad F_{ASDT} &= F_{BDT} / n^T = 4182.28 / 1 = 4,182 \text{ kN} \end{aligned} \quad F_{ASD}$$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} &= \frac{11,066}{957} = 11.559 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} &= \frac{11,066}{4,182} = 2.646 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,621 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,621 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,472 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,472 \quad mm$$

$$\sum S_i = 13791 \quad mm$$

$$S_L = 730 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,432 \quad mm$$

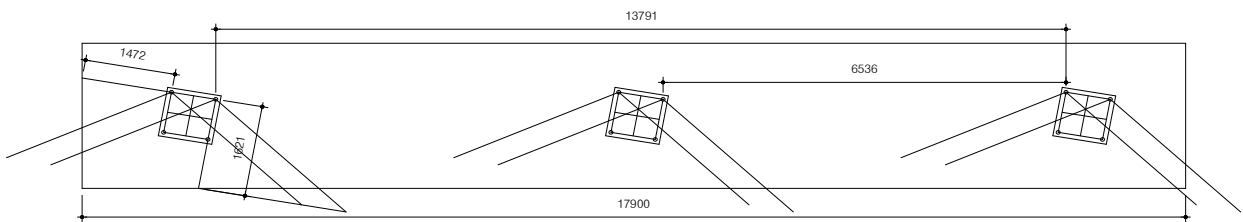
$$S_T = 730 \quad mm$$

$$S_{ax} = 6536 \quad mm$$

$$h_{cop} = 3,000 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,432 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 17,900 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= 43,523,850 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1621^2 = 11,824,385 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} = 43,523,850 < 6 \times 11,824,385 = 70,946,307 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 1621^{1.5} \\
 &= 3,106.28 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.882 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{cbg}^L &= A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b \\
 &= \frac{43,523,850}{11,824,385} \times 0.882 \times 1.400 \times 1.000 \times 3,106 = 14,112 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,202 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 891 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 891 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 730 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 3,303 \text{ mm}$$

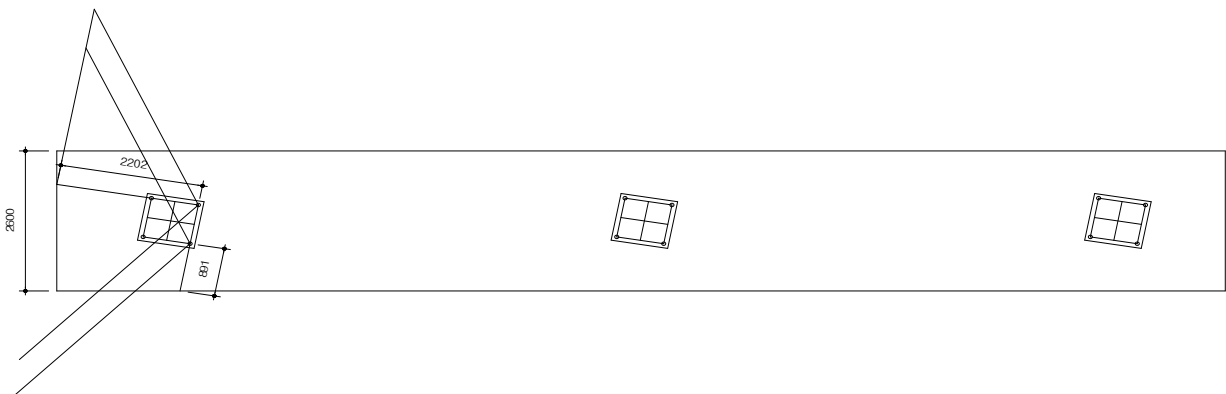
$$S_T = 730 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,000 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 3,000 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,600 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll} 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,202 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,303 & \text{mm} \\ 2\text{면} & C_{a2}' & = & 891 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,303 & \text{mm} \\ 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 3,000 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,303 & \text{mm} \end{array}$$

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$$\begin{aligned} C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 2,000 & \text{mm} \\ & 1.5C_{a1}' & = & 3,000 & \text{mm} \\ \therefore C_{a1} &= 2,000 & \text{mm} & 1.5C_{a1} & = & 3,000 & \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vc} &= 7,800,000 & \text{mm}^2 \\ A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 \times 2,000^2 & = & 18,000,000 & \text{mm}^2 \\ \text{check } A_{vc} < n A_{vco} &= 7,800,000 < 2 \times 18,000,000 & = & 36,000,000 & \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\ &= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2,000^{1.5} \\ &= 4,257.07 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.789 \quad \Phi_{h,v} = 1.049$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{\text{efr}}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{cbg}}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\ &= \frac{7,800,000}{18,000,000} \times 0.789 \times 1.400 \times 1.049 \times 4,257 = 2,138 & \text{kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll} \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 957 & \times & 3 & = & 2,872 & \text{kN} \\ \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 4,182 & \times & 1 & = & 4,182 & \text{kN} \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll} \text{교축방향} & \frac{V_{\text{cbgL}}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{14,112}{2,872} & = & 4.913 & > & 1.0 & \text{OK} \\ \text{교직방향} & \frac{V_{\text{cbgT}}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{2,138}{4,182} & = & 0.511 & < & 1.0 & \text{NG} \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpq}

$$V_{cpq} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,621 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,621 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 1,472 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 1,472 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$S_L = 730 \text{ mm}$$

$$S_T = 730 \text{ mm}$$

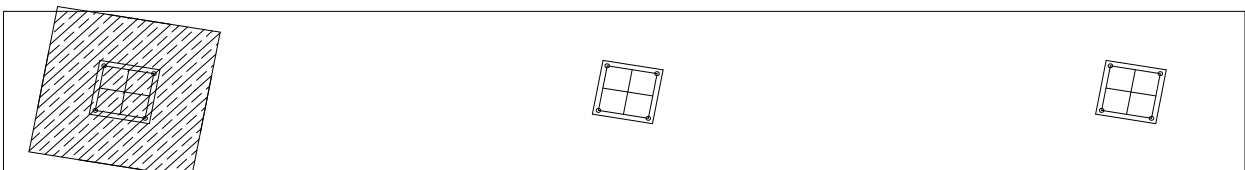
$$S_{ax} = 6,536 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,628,308 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삽도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,628,308 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{5,628,308}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,633 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 1,633 = 3,266 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 3,266 / 1 = 3,266 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,202 \text{ mm}$$

$$S_L = 730 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$S_T = 730 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 891 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 6,536 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 891 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

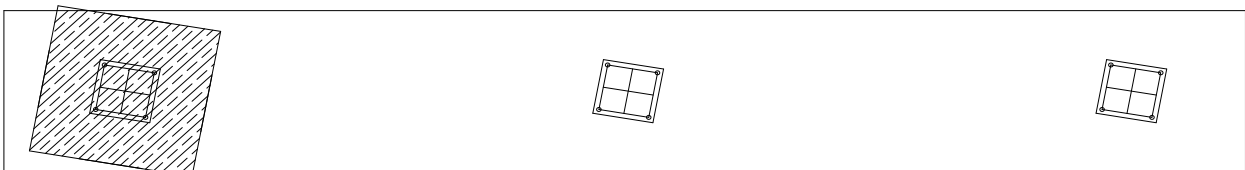
$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,000 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2} & = & 891 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 3\text{면} & C_{a2}' & = & 891 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 4\text{면} & S_T + S_{ax} & = & 7,266 & \text{mm} & > & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm} \\
 & S_{ay} & = & 0 & \text{mm} & < & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 앵커의 유효문힘깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{2000, 891, 891\}}{1.5}, \frac{\max\{(730 + 6536), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{7,266}{3} \right] \\
 &= 2,422 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,628,308 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2,722,500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,628,308 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$= \frac{5,628,308}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,633 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cbg} = 2 \times 1633 = 3,266 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cp} / N (\text{받침개수}) = 3,266 / 1 = 3,266 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 957 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 4,182 \text{ kN}$

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} = \frac{3,266}{957} = 3.411 > 1.0 \quad \text{OK}$

교직방향 $\frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} = \frac{3,266}{4,182} = 0.781 < 1.0 \quad \text{NG}$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교축	6,800	2,872	2.367	OK
		교직	4,000	4,182	0.956	NG
	앵커볼트	교축	11,066	957	11.559	OK
		교직	11,066	4,182	2.646	OK
	콘크리트	교축	14,112	2,872	4.913	OK
		교직	2,138	4,182	0.511	NG
	프라이아웃	교축	3,266	957	3.411	OK
		교직	3,266	4,182	0.781	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.2 교각 P8

10.2.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

$$f_B = 1,500.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교직방향

$$F_{BC} = 1,500.00 \times 2 = 3,000.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[10,455, 5,817] = 5,817.08 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,000.00}{5,817.08} = 0.516 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.2.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	540	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	360	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	450	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

$n = 4$ ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	$f_{ck} = 24$ MPa
앵커의 유효단면적	$A_{se} = 1385$ mm ²
앵커의 인장강도	$f_{uta} = 860$ MPa
앵커의 유효 물힘길이	$h_{ef} = 360$ mm
코핑부 깊이	$h_{cop} = 3000$ mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\text{교직방향: } V_{saT} = 4 \times 1 \times 1,385 \times 860 = 4,766 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 5817.08 / 2 = 2,909 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{4,766}{2,909} = 1.639 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm²)

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5 C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5 C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6 (l_e / d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

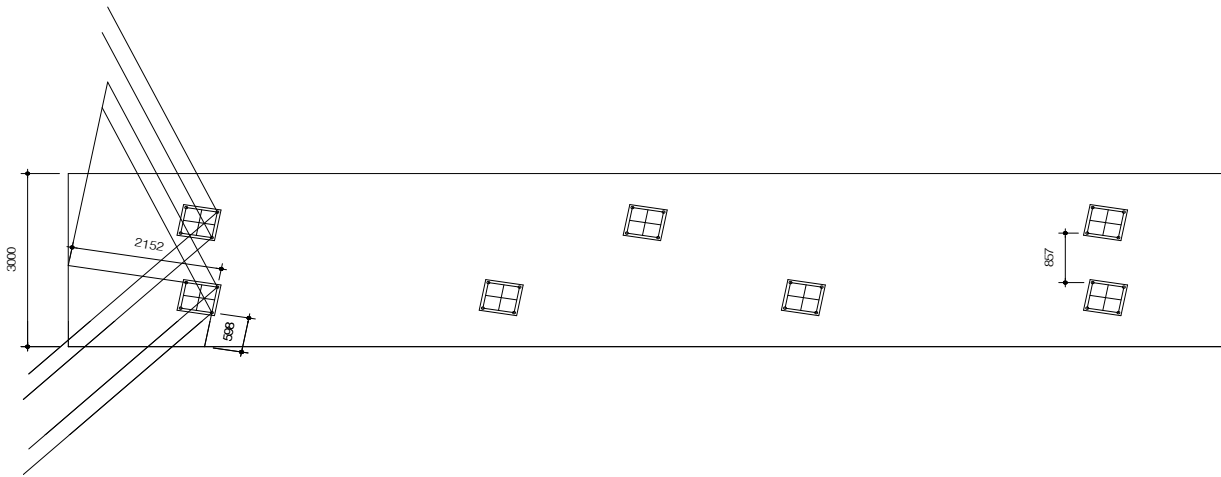
C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

$$\begin{aligned}
 C_{a1} &= 2,152 \text{ mm} \\
 C_{a1}' &= 2,000 \text{ mm} \\
 C_{a2} &= 598 \text{ mm} \\
 C_{a2}' &= 598 \text{ mm} & \Sigma S_i &= 857 \text{ mm} \\
 S_L &= 450 \text{ mm} & 1.5C_{a1} &= 3,228 \text{ mm} \\
 S_T &= 450 \text{ mm} & S_{ay} &= 857 \text{ mm} \\
 h_{cop} &= 3,000 \text{ mm} & h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] &= 3,000 \text{ mm} \\
 \text{투영길이} &= 3,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{aligned}
 1\text{면} \quad C_{a1} &= 2,152 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,228 \text{ mm} \\
 2\text{면} \quad C_{a2}' &= 598 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,228 \text{ mm} \\
 3\text{면} \quad h_{cop} &= 3,000 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,228 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$$\begin{aligned}
 C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] = 2,000 \text{ mm} \\
 1.5C_{a1}' &= 3,000 \text{ mm} \\
 \therefore C_{a1} &= 2,000 \text{ mm} \quad 1.5C_{a1} = 3,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= 9,000,000 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2,000^2 = 18,000,000 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} = 9,000,000 < 4 \times 18,000,000 = 72,000,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{360^{0.2}}{105} \times \sqrt{105} \times \sqrt{24} \times 2,000^{1.5}$$

$$= 3,446.82 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.760 \qquad \Phi_{h,v} = 1.037$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 360 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{9,000,000}{18,000,000} \times 0.760 \times 1.400 \times 1.037 \times 3447 = 1,902 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 2,909 \times 2 = 5,817 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1,902}{5,817} = 0.327 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,152 \text{ mm}$$

$$C_{a1'} = 2,000 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 598 \text{ mm}$$

$$C_{a2'} = 598 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef} = 540.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,080.0 \text{ mm}$$

$$S_L = 450 \text{ mm}$$

$$S_T = 450 \text{ mm}$$

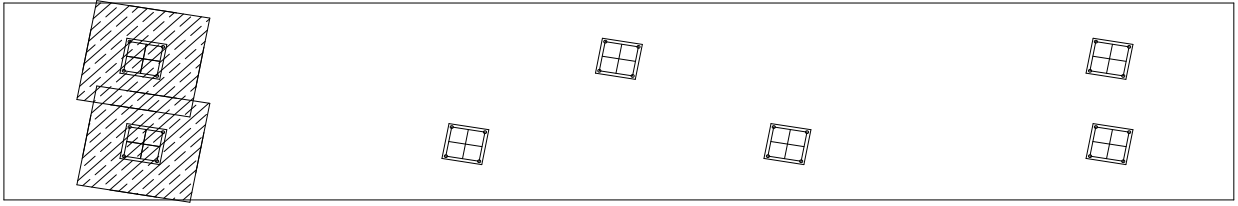
$$S_{ax} = 4,667 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 857 \text{ mm}$$

$$h_{ef}' = 360 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef}' = 540.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,080.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	2,000	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
2면	C_{a2}	=	598	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
3면	C_{a2}'	=	598	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	5,117	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm
	S_{ay}	=	857	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{2000, 598, 598\}}{1.5}, \frac{\max\{(450+4667), 857\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{5,117}{3} \right] \\
 &= 1,706 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 4,348,391 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 1,166,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 4,348,391 < 8 \times 1,166,400 = 9,331,200 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 334.63 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{4,348,391}{1,166,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 334.6 = 1,559 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} = 2 \times 1559 = 3,119 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 3,119 / 2 = 1,559 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = 2,909 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향 } \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,559}{2,909} = 0.536 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	3,000	5,817	0.516	NG
	앵커볼트	교직	4,766	2,909	1.639	OK
	콘크리트	교직	1,902	5,817	0.327	NG
	프라이아웃	교직	1,559	2,909	0.536	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.3 교각 P9

10.3.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 4,130.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 4,130.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BC} &= 4,130.00 \times 1 = 4,130.00 \text{ kN} \\ &= 1,250.00 \times 2 = 2,500.00 \text{ kN} \\ &= 6,630.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 4,130.00 \times 1 = 4,130.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[4,707, 5,134] = 4,706.73 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[12,244, 4,278] = 4,277.60 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{6,630.00}{4,706.73} = 1.409 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,130.00}{4,277.60} = 0.965 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.3.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	$=$	860	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	$=$	860	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	$=$	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	$=$	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	$=$	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	$=$	720	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	$=$	720	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	$=$	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f_{ck}	$=$	24	MPa
앵커의 유효단면적	A_{se}	$=$	3217	mm ²
앵커의 인장강도	f_{uta}	$=$	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef}	$=$	550	mm
코핑부 깊이	h_{cop}	$=$	3000	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad V_{sa} \quad n : \text{앵커 개수}$$

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad V_{saL} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad V_{saT} &= 4 \times 1 \times 3,217 \times 860 = 11,066 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$\begin{aligned} \text{교축방향:} \quad F_{ASDL} &= F_{BDL} / n^L = 4706.73 / 3 = 1,569 \text{ kN} \\ \text{교직방향:} \quad F_{ASDT} &= F_{BDT} / n^T = 4277.60 / 1 = 4,278 \text{ kN} \end{aligned} \quad F_{ASD}$$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} &= \frac{11,066}{1,569} = 7.054 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} &= \frac{11,066}{4,278} = 2.587 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,617 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,617 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,476 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,476 \quad mm$$

$$\sum S_i = 12189 \quad mm$$

$$S_L = 720 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,426 \quad mm$$

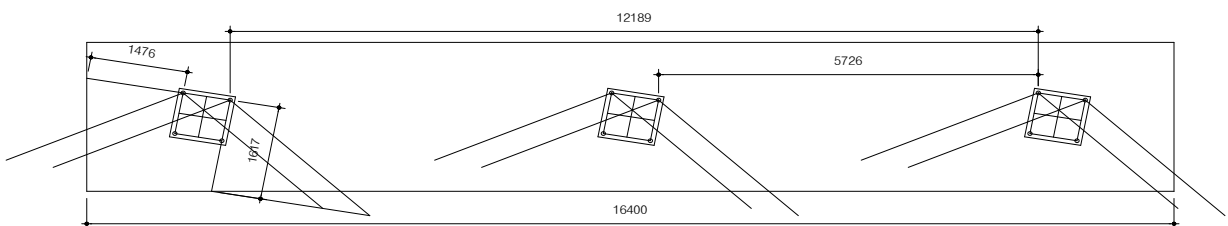
$$S_T = 720 \quad mm$$

$$S_{ax} = 5726 \quad mm$$

$$h_{cop} = 3,000 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,426 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 16,400 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 39,778,200 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1617^2 = 11,766,101 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 39,778,200 < 6 \times 11,766,101 = 70,596,603 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 1617^{1.5}$$

$$= 3,094.78 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.883$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{39,778,200}{11,766,101} \times 0.883 \times 1.400 \times 1.000 \times 3,095 = 12,928 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,196 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 897 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 897 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$1.5 C_{a1} = 3,294 \text{ mm}$$

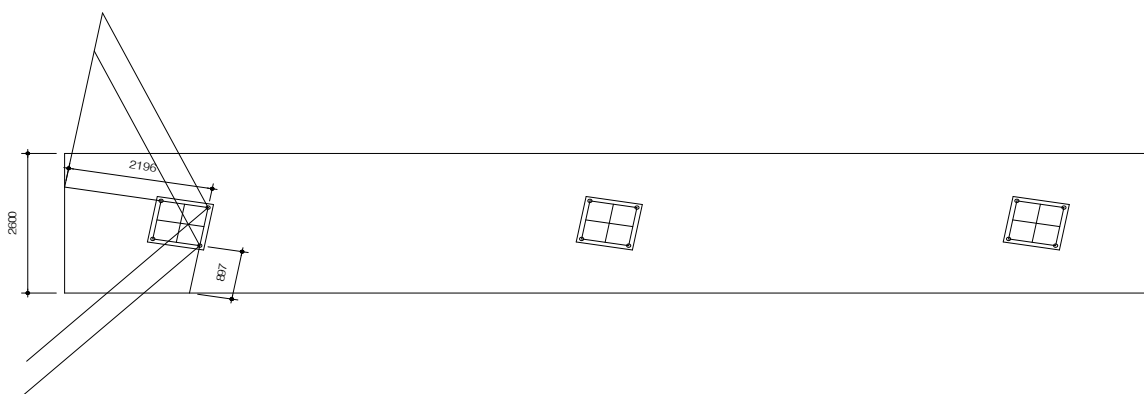
$$S_T = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,000 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5 C_{a1}] = 3,000 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,600 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll} 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,196 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,294 & \text{mm} \\ 2\text{면} & C_{a2}' & = & 897 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,294 & \text{mm} \\ 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 3,000 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 3,294 & \text{mm} \end{array}$$

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$$\begin{aligned} C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 2,000 & \text{mm} \\ & 1.5C_{a1}' & = & 3,000 & \text{mm} \\ \therefore C_{a1} &= 2,000 & \text{mm} & 1.5C_{a1} & = & 3,000 & \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vc} &= 7,800,000 & \text{mm}^2 \\ A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 \times 2,000^2 & = & 18,000,000 & \text{mm}^2 \\ \text{check } A_{vc} < n A_{vco} &= 7,800,000 < 2 \times 18,000,000 & = & 36,000,000 & \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\ &= 0.6 \frac{550^{0.2}}{160} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2,000^{1.5} \\ &= 4,257.07 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.790 \quad \Phi_{h,v} = 1.048$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{\text{efr}}, 8d_a] = 550 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{cbg}}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\ &= \frac{7,800,000}{18,000,000} \times 0.790 \times 1.400 \times 1.048 \times 4,257 = 2,137 & \text{kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교축방향: } F_{AC,DL} = 1,569 \times 3 = 4,707 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 4,278 \times 1 = 4,278 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교축방향} \quad \frac{V_{\text{cbgL}}}{F_{AC,DL}} = \frac{12,928}{4,707} = 2.747 > 1.0 \quad \text{OK}$$

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{\text{cbgT}}}{F_{AC,DT}} = \frac{2,137}{4,278} = 0.500 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

$$C_{a1} = 1,617 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,617 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 1,476 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 1,476 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$S_T = 720 \text{ mm}$$

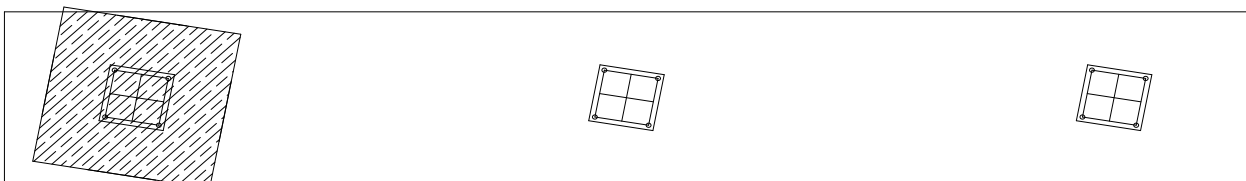
$$S_{ax} = 5,726 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,585,934 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삽도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,585,934 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{5,585,934}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,621 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 1,621 = 3,241 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 3,241 / 1 = 3,241 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,196 \text{ mm}$$

$$S_L = 720 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,000 \text{ mm}$$

$$S_T = 720 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 897 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 5,726 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 897 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

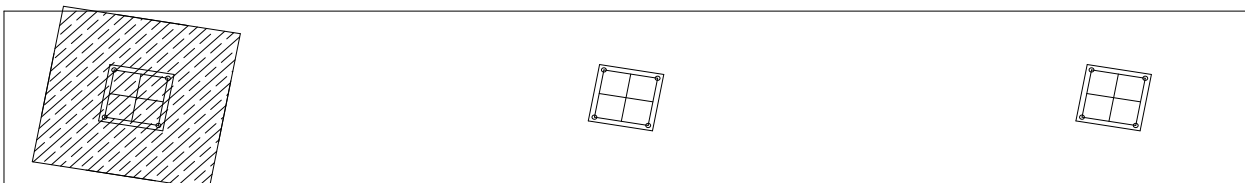
$$h_{ef}' = 550 \text{ mm (유효문힘깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 825.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 825.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 1,650.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 1,650.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 2,000 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2} & = & 897 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 3\text{면} & C_{a2}' & = & 897 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 825.0 & \text{mm} \\
 4\text{면} & S_T + S_{ax} & = & 6,446 & \text{mm} & > & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm} \\
 & S_{ay} & = & 0 & \text{mm} & < & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 1,650.0 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 앵커의 유효문힘깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{2000, 897, 897\}}{1.5}, \frac{\max\{(720 + 5726), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{6,446}{3} \right] \\
 &= 2,149 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 550 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 5,585,934 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2,722,500 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 5,585,934 < 4 \times 2,722,500 = 10,890,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 631.90 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{5,585,934}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,621 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 1621 = 3,241 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cp} / N (\text{받침개수}) = 3,241 / 1 = 3,241 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 1,569 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 4,278 \text{ kN}$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} &= \frac{3,241}{1,569} = 2.066 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} &= \frac{3,241}{4,278} = 0.758 < 1.0 \quad \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교축	6,630	4,707	1.409	OK
		교직	4,130	4,278	0.965	NG
	앵커볼트	교축	11,066	1,569	7.054	OK
		교직	11,066	4,278	2.587	OK
	콘크리트	교축	12,928	4,707	2.747	OK
		교직	2,137	4,278	0.500	NG
	프라이아웃	교축	3,241	1,569	2.066	OK
		교직	3,241	4,278	0.758	NG

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.4 교대 A1

10.4.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

$$f_B = 310.00 \text{ kN}$$

(2) 보유능력 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교직방향

$$F_{BC} = 310.00 \times 1 = 310.00 \text{ kN}$$

(3) 소요능력 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 1,185.29 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{310.00}{1,185.29} = 0.262 < 1.0 \quad \text{NG}$$

10.4.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	340	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	340	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	50	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	20	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	170	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	280	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	280	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

n = 4 ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	$f_{ck} = 24$ MPa
앵커의 유효단면적	$A_{se} = 314$ mm ²
앵커의 인장강도	$f_{uta} = 860$ MPa
앵커의 유효 묻힘길이	$h_{ef} = 170$ mm
교대부 깊이	$h_{cop} = 4556$ mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad n : \text{앵커갯수}$$

$$\text{교직방향: } V_{saT} = 4 \times 1 \times 314 \times 860 = 1,081 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 1185.29 / 1 = 1,185 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,081}{1,185} = 0.912 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향

자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm²)

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5 C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5 C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5 C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6 (l_e / d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

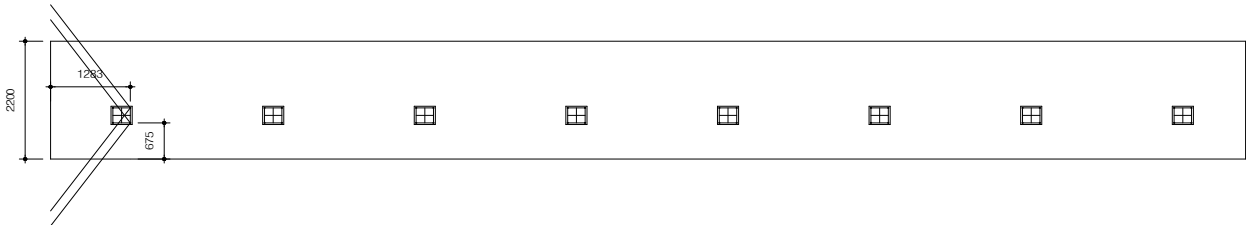
C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

$$\begin{aligned}
 C_{a1} &= 1,283 \text{ mm} \\
 C_{a1}' &= 1,283 \text{ mm} \\
 C_{a2} &= 675 \text{ mm} \\
 C_{a2}' &= 675 \text{ mm} & \sum S_i &= 0 \text{ mm} \\
 S_L &= 280 \text{ mm} & 1.5C_{a1} &= 1,925 \text{ mm} \\
 S_T &= 280 \text{ mm} & S_{ay} &= 0 \text{ mm} \\
 h_{cop} &= 4,556 \text{ mm} & h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] &= 1,925 \text{ mm} \\
 \text{투영길이} &= 2,200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{aligned}
 1\text{면} \quad C_{a1} &= 1,283 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,925 \text{ mm} \\
 2\text{면} \quad C_{a2}' &= 675 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,925 \text{ mm} \\
 3\text{면} \quad h_{cop} &= 4,556 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,925 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3) = 1,283 \text{ mm} \\
 1.5C_{a1}' &= 1,925 \text{ mm} \\
 \therefore C_{a1} &= 1,283 \text{ mm} \quad 1.5C_{a1} = 1,925 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= 4,233,900 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,283^2 = 7,407,401 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} = 4,233,900 < 2 \times 7,407,401 = 14,814,801 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{170^{0.2}}{50} \times \sqrt{50} \times \sqrt{24} \times 1,283^{1.5}$$

$$= 1,220.05 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.805 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 170 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{4,233,900}{7,407,401} \times 0.805 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,220 = 786 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 1,185 \times 1 = 1,185 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향 } \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{786}{1,185} = 0.663 < 1.0 \quad \text{NG}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \Phi_{ed,N} * \Phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\Phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \Phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \Phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\Phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \Phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \Phi_{c,N} = 1.40$$

② 교직방향

C_{a1}	=	1,283	mm	S_L	=	280	mm
C_{a1}'	=	1,283	mm	S_T	=	280	mm
C_{a2}	=	675	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	675	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	170	mm	h_{ef}'	=	170	mm (유효물림깊이)
$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	255.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	510.0	mm



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,283	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
2면	C_{a2}	=	675	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
3면	C_{a2}'	=	675	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	255.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	2,330	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	510.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1283, 675, 675\}}{1.5}, \frac{\max\{(280 + 2050), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,283}{1.5}, \frac{2,330}{3} \right] \\
 &= 855 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 170 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 624,100 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삽도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 260,100 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 624,100 < 4 \times 260,100 = 1,040,400 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 108.59 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{624,100}{260,100} \times 1.000 \times 1.250 \times 108.6 = 326 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 326 = 651 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 651 / 1 = 651 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교직방향: $F_{ASDT} = 1,185 \text{ kN}$

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{651}{1,185} = 0.550 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교직	310	1,185	0.262	NG
	앵커볼트	교직	1,081	1,185	0.912	NG
	콘크리트	교직	786	1,185	0.663	NG
	프라이아웃	교직	651	1,185	0.550	NG

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P2

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [30,854, 28,967] \\ &= 28,967 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [1,586, 1,561] \\ &= 1,561 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [30,852, 23,370] \\ &= 23,370 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [3,708, 2,850] \\ &= 2,850 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 10,839 \times 2 = 21,677 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 1,561 \times 2 = 3,122 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 28,967 \times 2 = 57,933 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 10,839 \times 2 = 21,677 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 2,850 \times 2 = 5,699 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 23,370 \times 2 = 46,739 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

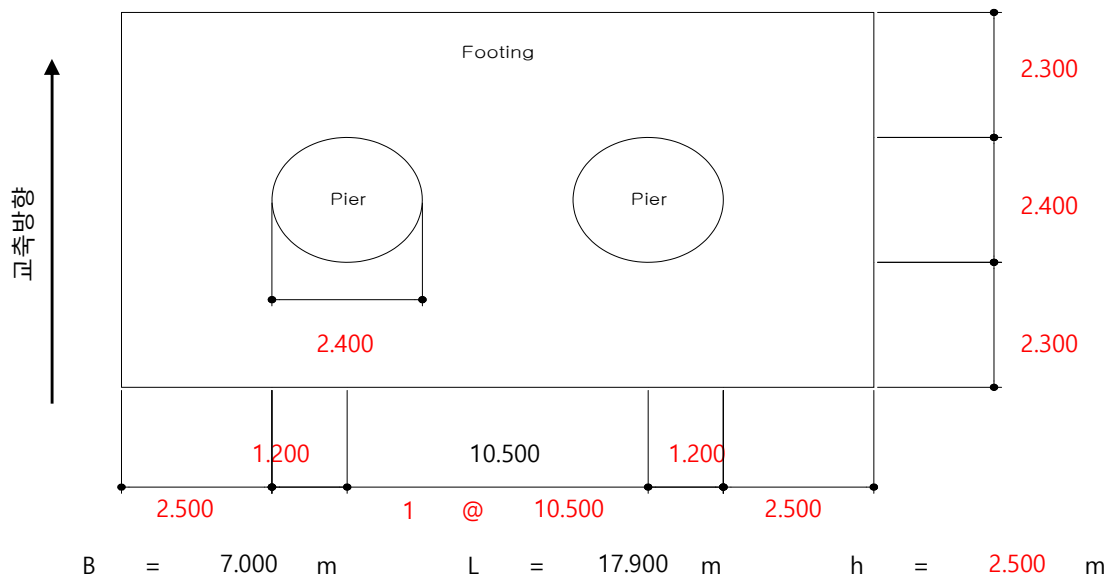
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	21,677	3,122	57,933	
교축직각방향	21,677	5,699	46,739	

11. 기초부 평가

11.1 교각 2

11.1.1 검토조건



11.1.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.593 < 1.000	강제취급

$$\begin{aligned}
 \beta &= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))} = 0.146 \text{ m}^{-1} \\
 k &= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4} = 61822 \text{ kN/m}^3 \\
 K_{V0} &= 1/0.3 \times \alpha \times E_0 = 933333 \text{ kN/m}^3 \\
 E_0 &= 2800 \times N = 140000 \text{ kN/m}^2 \\
 E &= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 25811 \text{ Mpa} \\
 \lambda &= \text{Max}[l, b] = 4.050 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$e_L = M_L / V = 1.877 \leq 2.800$	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V = 1.741 \leq 7.160$	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. ($e < B \times 0.4$)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 3.247 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 14.418 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 5.000 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	5.564 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	11.163 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.117 \quad \beta = 0.461$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	6.389 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	26.263 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.166$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.083$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 4.277$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 2.639$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.592$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.296$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.133$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.067$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교 축 직 각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	17.028 MPa

여기서는 경사계수 미고려

N_c	=	46.1	N_q	=	33.3	N_r	=	37.2
교 축 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$	=				1.163
			$s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$	=				0.910
			$s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$	=				1.158
교 축 직 각 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$	=				4.208
			$s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$	=				0.600
			$s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$	=				4.109
교 축 방 향 깊 이 계 수,			(Df > Bf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times \cot(D_f / B_f')$						#NAME?
d_r	=	1						1.000
d_q	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times \cot(D_f / B_f')$						#NAME?
교 축 직 각 방 향 깊 이 계 수,			(Df ≤ Lf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times D_f / L_f'$						1.139
d_r	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$						1.088
d_q	=	1						1.000
지 반 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \psi^\circ / 147^\circ$						1.000
g_r	=	$g_q = (1 - 0.5 \tan \psi^\circ)^5$						1.000
기 초 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \eta^\circ / 147^\circ$						1.000
b_r	=	$\exp(-2.7 \times \eta \times \tan \Phi)$						1.000
b_q	=	$\exp(-2 \times \eta \times \tan \Phi)$						1.000

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구 분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최 소 값 적용
교 축	5.564 MPa	6.389 MPa	#NAME?	#NAME?
교 축 직 각	11.163 MPa	26.263 MPa	17.028 MPa	11.163 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 4.870 \leq 7.000$	삼각형 분포
	지반반력	$q_{\max} = (2 \times V)/(L \times x_L)$	$q_{\max} = 0.804 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.000 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 21.627 > 17.900$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{\max} = 0.443 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.116 \text{ MPa}$

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u / q_a = \#NAME? \#NAME? 2.000$	$\#NAME?$
교 축 직 각	$q_u / q_a = 25.214 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 6.732 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 3.688 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

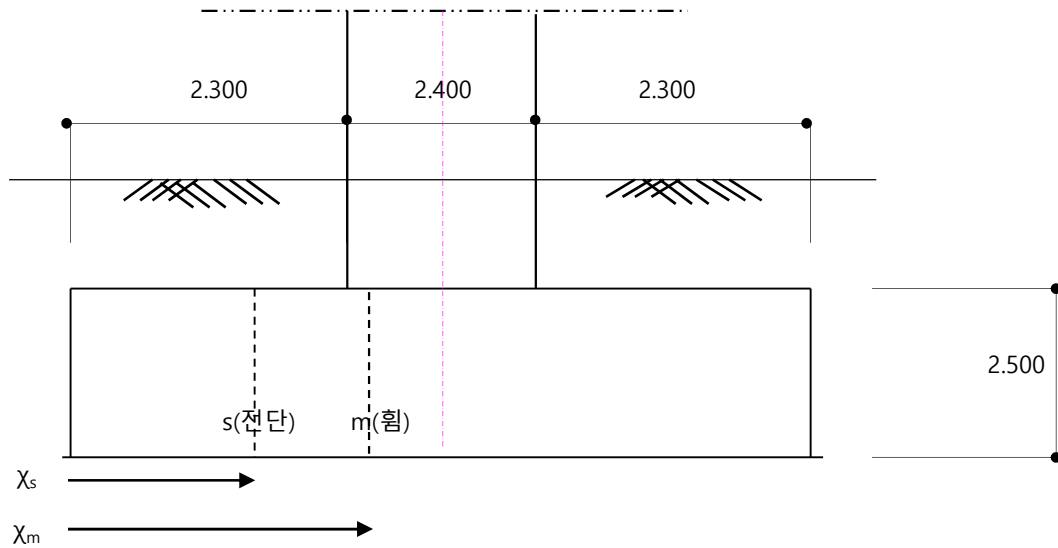
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2$	2.437 m
전단	$\chi_s = 2.437 - 2.400/2$	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.402 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.600 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3321 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1383 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	2524 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1051 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	35580 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	15530 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	29736 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	13095 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 51523 \geq 29736$	O.K
전단	$\Phi V_n = 35077 \geq 13095$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 17900 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 143 ea

$$A_s = 72458 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 59.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 35077 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

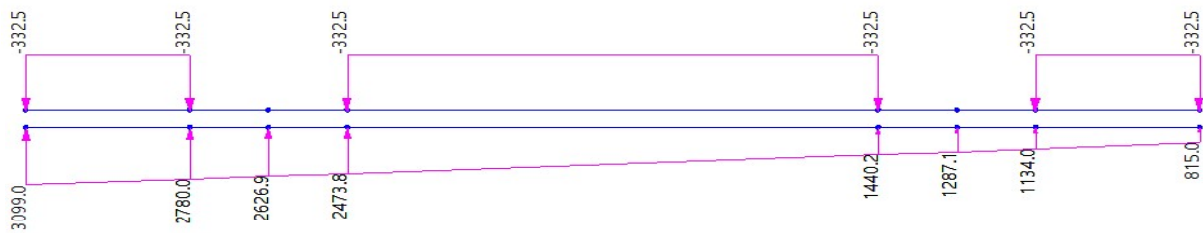
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{max,min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	3099 kN/m
Qmin			815 kN/m

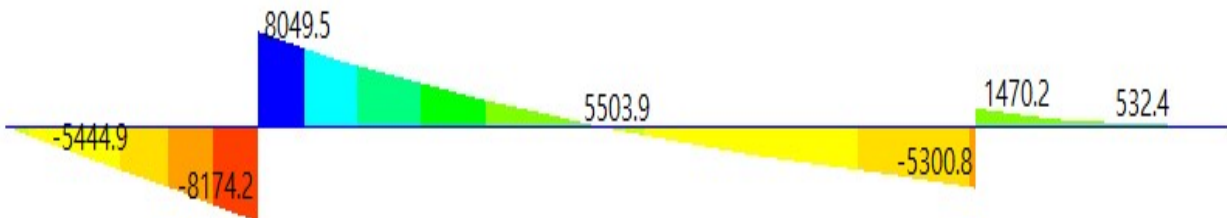
② 구조해석 모델링



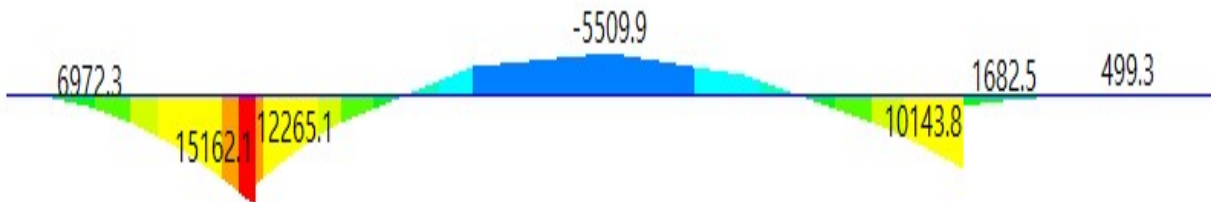
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과		비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu	= 15162	kN·m
최대 발생 전단력	Vu	= 8050	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 19465 \geq 15162$	O.K
전단	$\Phi V_n = 13717 \geq 8050$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 7000 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 54 ea

$$A_s = 27362 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 57.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 13717 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	1.877	1.492	O.K
		교축직각	7.160	1.741	4.113	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	25.214	2.000	12.607	O.K
	활동	교축	6.732	1.200	5.610	O.K
		교축직각	3.688	1.200	3.073	O.K
단면 검토	힘	교축	51523	29736	1.733	O.K
		교축직각	19465	15162	1.284	O.K
	전단	교축	35077	13095	2.679	O.K
		교축직각	13717	8050	1.704	O.K

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P8

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [29,091, 11,232] \\ &= 11,232 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [2,071, 937] \\ &= 937 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [29,097, 18,819] \\ &= 18,819 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [5,228, 3,383] \\ &= 3,383 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 7,955 \times 2 = 15,910 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 937 \times 2 = 1,874 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 11,232 \times 2 = 22,465 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 7,955 \times 2 = 15,910 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 3,383 \times 2 = 6,766 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 18,819 \times 2 = 37,638 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

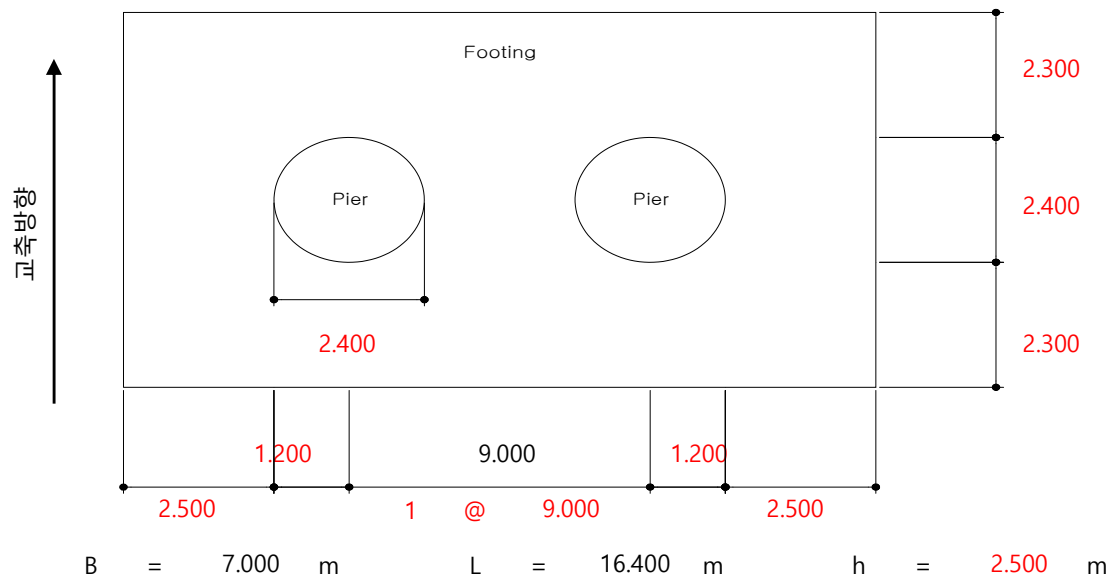
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	15,910	1,874	22,465	
교축직각방향	15,910	6,766	37,638	

11. 기초부 평가

11.2 교각 8

11.2.1 검토조건



11.2.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.487	< 1.000	강제취급
β	$= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))}$	= 0.148	m^{-1}
k	$= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	= 63885	kN/m^3
K_{V0}	$= 1/0.3 \times \alpha \times E_0$	= 933333	kN/m^3
E_0	$= 2800 \times N$	= 140000	kN/m^2
E	$= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$	= 25811	Mpa
λ	$= \text{Max}[l, b]$	= 3.300	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
교축	$e_L = M_L / V =$	0.959 ≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V =$	1.927 ≤ 6.560	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. ($e < B \times 0.4$)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 5.082 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 12.546 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 5.100 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	6.543 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	10.254 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.128 \quad \beta = 0.457$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	7.405 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	17.706 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.299$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.149$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 2.822$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 1.911$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.386$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.193$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.156$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.078$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	12.358 MPa

여기서는 경사계수 미고려

N_c	=	46.1	N_q	=	33.3	N_r	=	37.2
교축방향 형상계수,		$s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$		=	1.293			
		$s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$		=	0.838			
		$s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$		=	1.284			
교축직각방향 형상계수,		$s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$		=	2.783			
		$s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$		=	0.600			
		$s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$		=	2.729			
교축방향 깊이계수,		$(D_f > B_f')$						
d_c	=	$1 + 0.4 \times \cot(D_f / B_f')$		=	#NAME?			
d_r	=	1		=	1.000			
d_q	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times \cot(D_f / B_f')$		=	#NAME?			
교축직각방향 깊이계수,		$(D_f \leq L_f')$						
d_c	=	$1 + 0.4 \times D_f / L_f'$		=	1.163			
d_r	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$		=	1.104			
d_q	=	1		=	1.000			
지반계수(수평지반),								
g_c	=	$1 - \psi^\circ / 147^\circ$		=	1.000			
g_r	=	$g_q = (1 - 0.5 \tan \psi^\circ)^5$		=	1.000			
기초계수(수평지반),								
g_c	=	$1 - \eta^\circ / 147^\circ$		=	1.000			
b_r	=	$\exp(-2.7 \times \eta \times \tan \Phi)$		=	1.000			
b_q	=	$\exp(-2 \times \eta \times \tan \Phi)$		=	1.000			

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교축	6.543 MPa	7.405 MPa	#NAME?	#NAME?
교축직각	10.254 MPa	17.706 MPa	12.358 MPa	10.254 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 7.623 > 7.000$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/L/B) \pm (6 \times ML/L/B^2)$	$q_{\max} = 0.449 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.044 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 18.819 > 16.400$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{\max} = 0.420 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.073 \text{ MPa}$

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u / q_a = \#NAME? \#NAME? 2.000$	$\#NAME?$
교 축 직 각	$q_u / q_a = 24.389 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 9.062 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 2.510 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

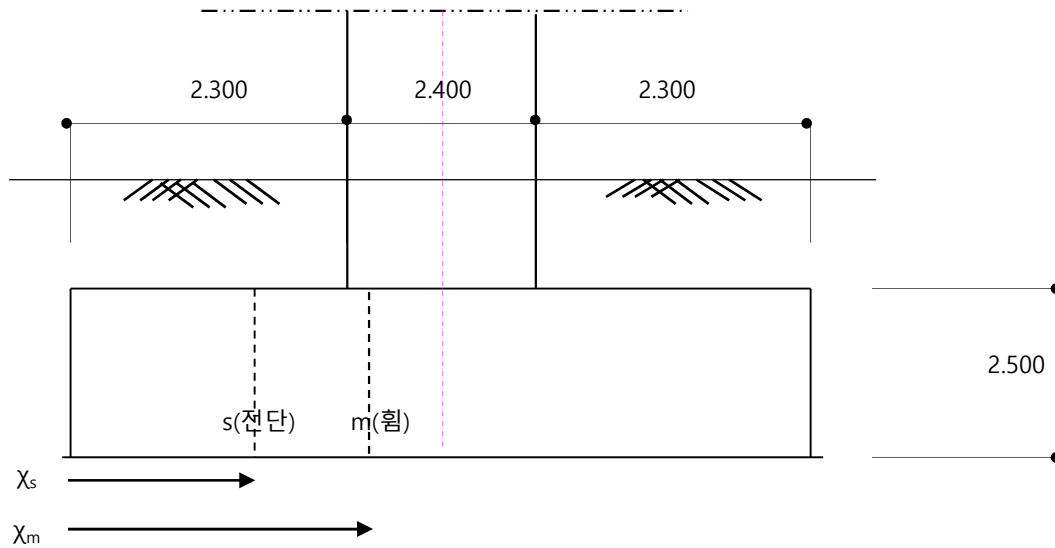
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2$	2.437 m
전단	$\chi_s = 2.437 - 2.400/2$	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.320 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.384 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3043 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1267 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	2405 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1002 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	19770 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	8445 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	14322 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	6175 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 47199 \geq 14322$	O.K
전단	$\Phi V_n = 32137 \geq 6175$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 16400 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 131 ea

$$A_s = 66378 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 59.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 32137 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

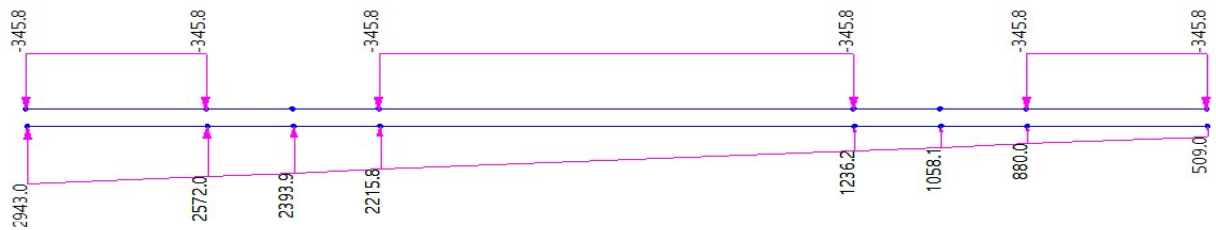
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{\max,\min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	2943 kN/m
Qmin			509 kN/m

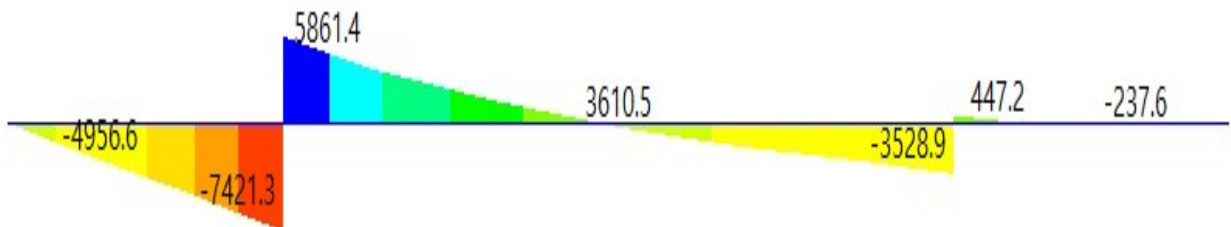
② 구조해석 모델링



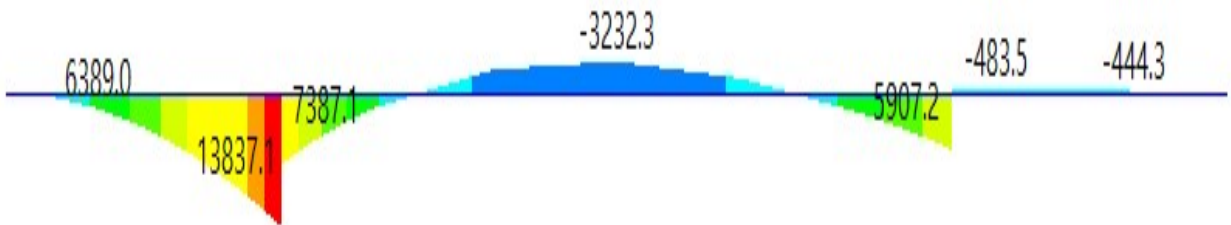
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과		비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu	= 13837	kN·m
최대 발생 전단력	Vu	= 5861	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 19465 \geq 13837$	O.K
전단	$\Phi V_n = 13717 \geq 5861$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 7000 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 54 ea

$$A_s = 27362 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 57.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 13717 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	0.959	2.919	O.K
		교축직각	6.560	1.927	3.404	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	24.389	2.000	12.195	O.K
	활동	교축	9.062	1.200	7.552	O.K
		교축직각	2.510	1.200	2.092	O.K
단면 검토	힘	교축	47199	14322	3.296	O.K
		교축직각	19465	13837	1.407	O.K
	전단	교축	32137	6175	5.204	O.K
		교축직각	13717	5861	2.340	O.K

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P9

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [29,864, 33,541] \\ &= 29,864 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [2,353, 2,723] \\ &= 2,353 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [29,863, 13,083] \\ &= 13,083 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [6,122, 2,680] \\ &= 2,680 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 9,237 \times 2 = 18,473 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 2,353 \times 2 = 4,707 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 29,864 \times 2 = 59,728 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 9,237 \times 2 = 18,473 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 2,680 \times 2 = 5,359 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 13,083 \times 2 = 26,165 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

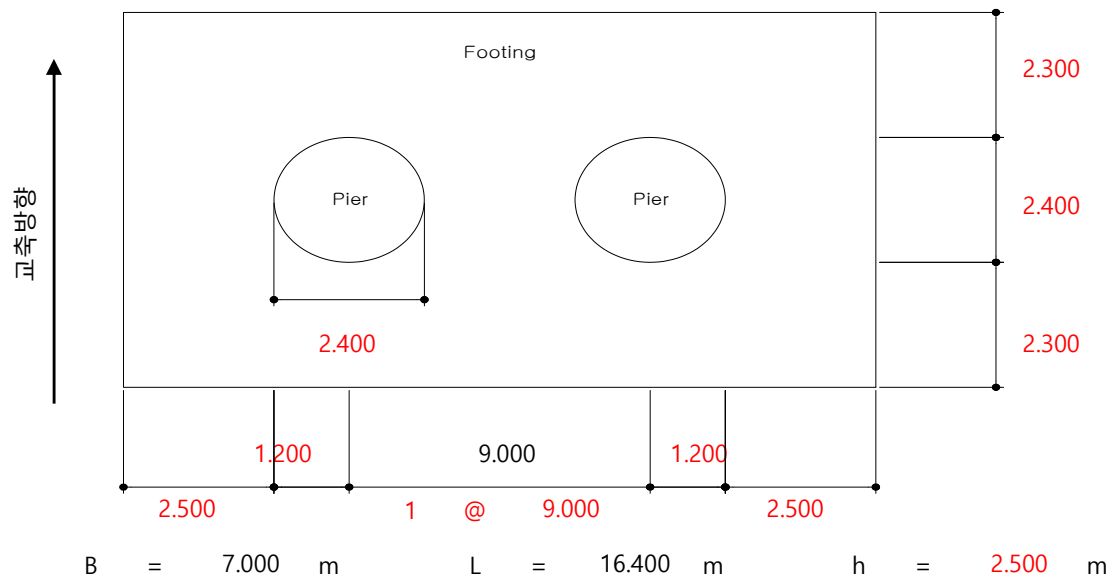
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	18,473	4,707	59,728	
교축직각방향	18,473	5,359	26,165	

11. 기초부 평가

11.3 교각 9

11.3.1 검토조건



11.3.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.487	< 1.000	강제취급
β	$= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))}$	= 0.148	m^{-1}
k	$= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	= 63885	kN/m^3
K_{V0}	$= 1/0.3 \times \alpha \times E_0$	= 933333	kN/m^3
E_0	$= 2800 \times N$	= 140000	kN/m^2
E	$= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$	= 25811	Mpa
λ	$= \text{Max}[l, b]$	= 3.300	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정		결 과
교축	$e_L = M_L / V =$	2.229 ≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V =$	1.233 ≤ 6.560	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심

으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. ($e < B \times 0.4$)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 2.542 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 13.933 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 5.700 \text{ m}$$

- 근입지반의 단위중량,

$$\gamma_1 = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 단위중량,

$$\gamma_2 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

- 지지지반의 점착력,

$$c = 0$$

- 지지지반의 내부마찰각,

$$\Phi = 35^\circ$$

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	5.752 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	11.417 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.128 \quad \beta = 0.457$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	7.168 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	31.187 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.135$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.067$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 5.045$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 3.022$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.861$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.431$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.157$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.079$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교 축 직 각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	21.395 MPa

여기서는 경사계수 미고려

N_c	=	46.1	N_q	=	33.3	N_r	=	37.2
교 축 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$		=	1.132		
			$s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$		=	0.927		
			$s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$		=	1.128		
교 축 직 각 방 향 형 상 계 수,			$s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$		=	4.959		
			$s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$		=	0.600		
			$s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$		=	4.837		
교 축 방 향 깊 이 계 수,			(Df > Bf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times \cot(D_f / B_f')$			=	#NAME?		
d_r	=	1			=	1.000		
d_q	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times \cot(D_f / B_f')$			=	#NAME?		
교 축 직 각 방 향 깊 이 계 수,			(Df ≤ Lf')					
d_c	=	$1 + 0.4 \times D_f / L_f'$			=	1.164		
d_r	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$			=	1.104		
d_q	=	1			=	1.000		
지 반 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \psi^\circ / 147^\circ$			=	1.000		
g_r	=	$g_q = (1 - 0.5 \tan \psi^\circ)^5$			=	1.000		
기 초 계 수 (수 평 지 반),								
g_c	=	$1 - \eta^\circ / 147^\circ$			=	1.000		
b_r	=	$\exp(-2.7 \times \eta \times \tan \Phi)$			=	1.000		
b_q	=	$\exp(-2 \times \eta \times \tan \Phi)$			=	1.000		

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교 축	5.752 MPa	7.168 MPa	#NAME?	#NAME?
교 축 직 각	11.417 MPa	31.187 MPa	21.395 MPa	11.417 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 3.814 \leq 7.000$	삼각형 분포
	지반반력	$q_{\max} = (2 \times V)/(L \times x_L)$	$q_{\max} = 1.026 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.000 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 20.900 > 16.400$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{\max} = 0.406 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.153 \text{ MPa}$

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$q_u / q_a = \text{\#NAME?} \times \text{\#NAME?} = 2.000$	$\text{\#NAME?}$
교 축 직 각	$q_u / q_a = 28.154 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 4.089 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 3.591 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

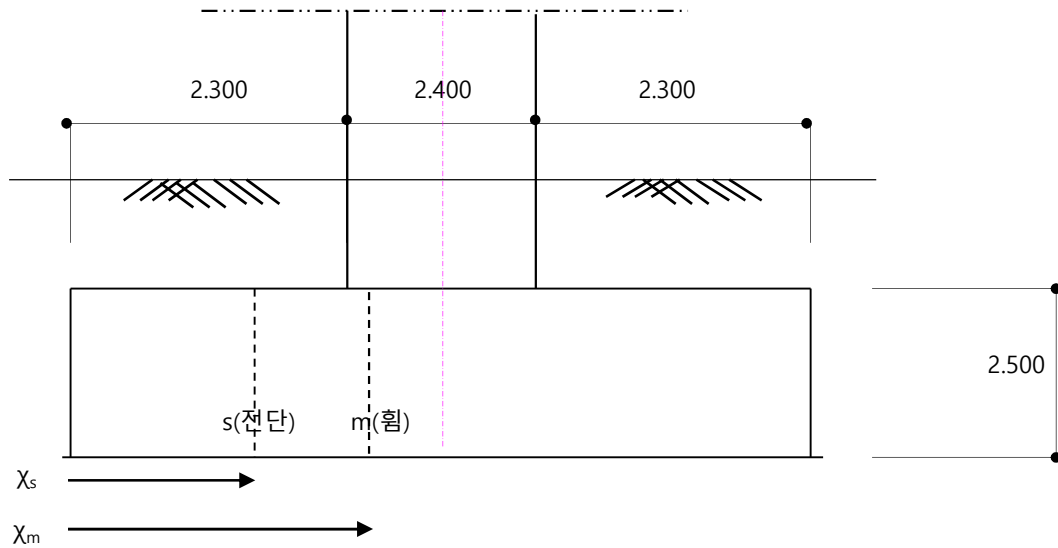
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2$	2.437 m
전단	$\chi_s = 2.437 - 2.400/2$	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.370 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.693 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3043 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1267 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	2960 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1233 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	39301 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	17430 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	33299 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	14929 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 47199 \geq 33299$	O.K
전단	$\Phi V_n = 32137 \geq 14929$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 16400 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 131 ea

$$A_s = 66378 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 59.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 32137 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

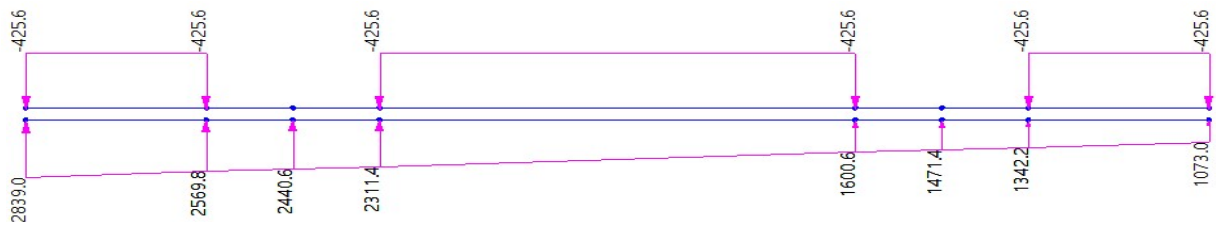
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{max,min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	2839 kN/m
Qmin			1073 kN/m

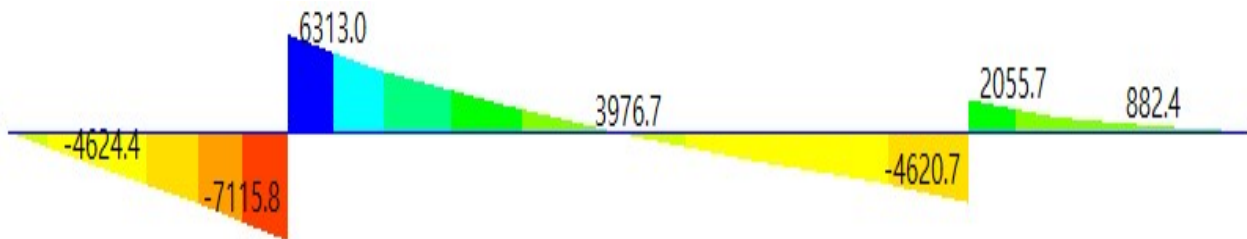
② 구조해석 모델링



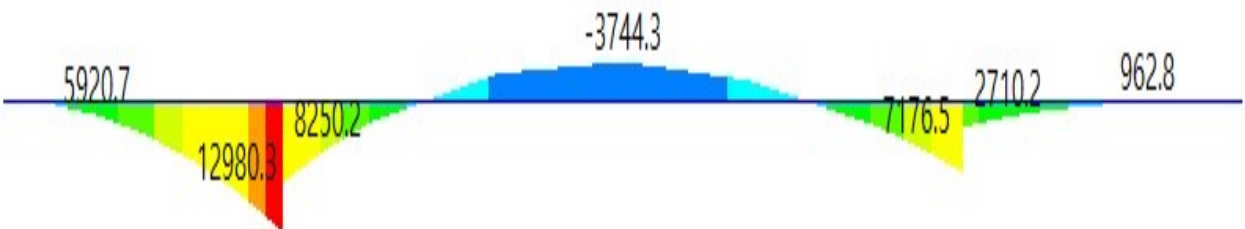
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과		비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu	= 12980	kN-m
최대 발생 전단력	Vu	= 6313	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 19465 \geq 12980$	O.K
전단	$\Phi V_n = 13717 \geq 6313$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 7000 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 25 - 54 ea

$$A_s = 27362 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 57.5 \text{ mm}$$

- 전단 검토

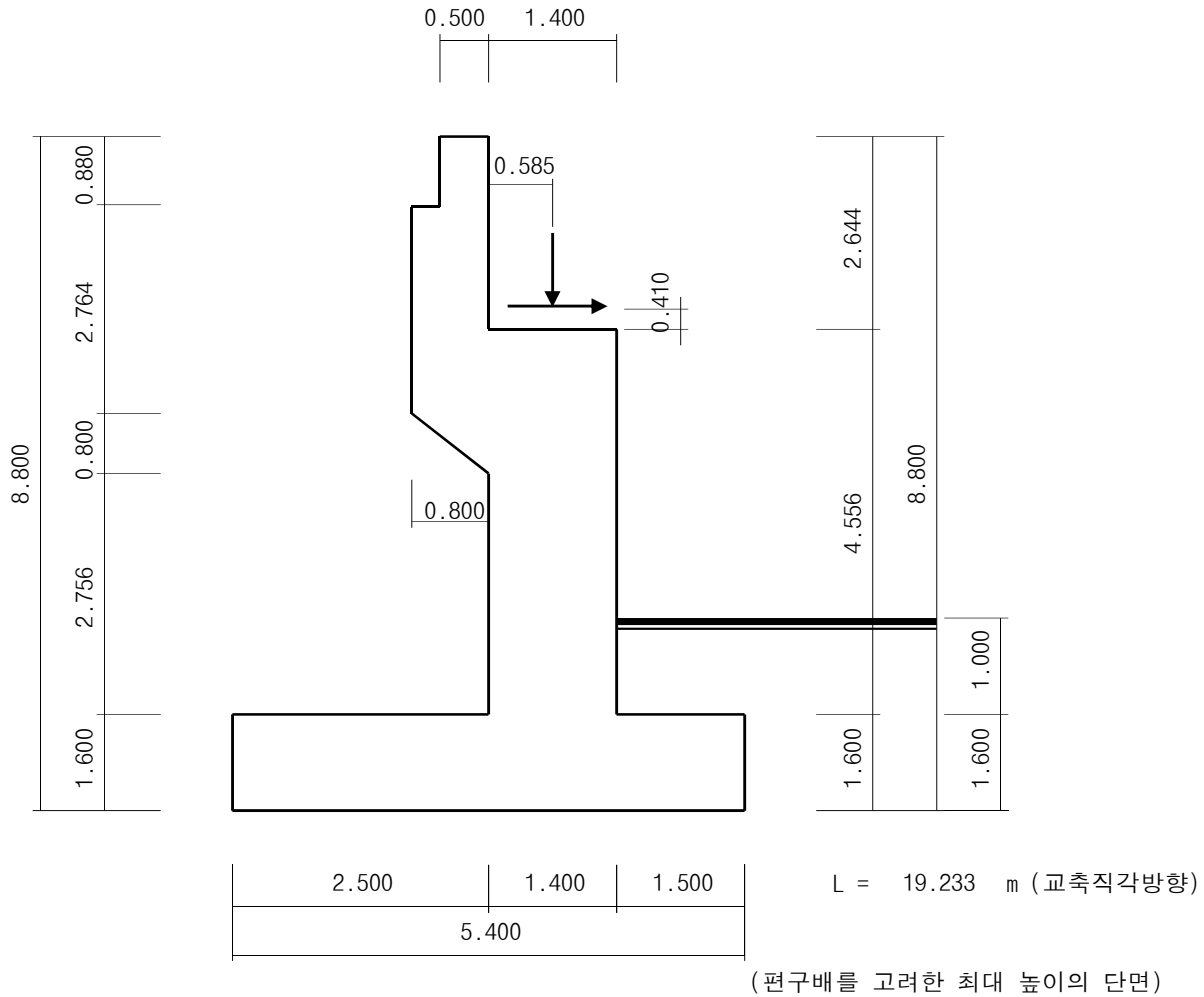
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 13717 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	2.229	1.256	O.K
		교축직각	6.560	1.233	5.319	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	28.154	2.000	14.077	O.K
	활동	교축	4.089	1.200	3.408	O.K
		교축직각	3.591	1.200	2.993	O.K
단면 검토	힘	교축	47199	33299	1.417	O.K
		교축직각	19465	12980	1.500	O.K
	전단	교축	32137	14929	2.153	O.K
		교축직각	13717	6313	2.173	O.K

11.6 교대

11.6.1 단면 제원



11.6.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (Dc)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 151.004 kN/m

2) 2차 고정하중 반력 (Dw)

- 포장, 방호벽 등 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 27.600 kN/m

3) 상부 지진하중 (EQ)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 수평력 = 8.930 kN/m

11.6.3 구체 지진하중 산출 조건

- 1) 지진구역계수 : 0.11
- 2) 위험도 계수 : 1.40
- 3) 수평지진계수 : 0.077 (A/2 적용)
- 4) 지반계수(S) : 내진설계에 의해 수평력 산출

11.7 교대

11.7.1 하중조합

① 하중수정 계수 η 집계표

하중조합	연성 η_D	여용성 η_R	중요도 η_I	하중수정계수 η_i		
				최대	표준	최소
극단상황한계상태 I	1.00	1.00	1.00	1.000	1.000	1.000

② 하중조합

구분	DC	DW	EH	EV	EQ	비 고
case1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	지지력 확인
case2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	전도, 활동 확인

11.7.2 하중산정

- 지진시 배면에 작용하는 수평토압 (EH)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\phi : \text{뒷채움흙의 내부마찰각} = 35.00^\circ$$

$$\beta : \text{벽배면과 연직면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\delta : \text{벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각} = 0.00^\circ$$

$$i : \text{지표면과 수평면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\theta : \tan^{-1} [K_h / (1 - K_v)] = 4.403^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{(\sin 35.0 \times \sin 30.6) / (\cos 4.4 \times \cos 0.0)}]^2}$$

$$= 0.3138$$

$$K_{EH} = K_E \times \cos \delta = 0.3138 \times \cos 0.00 = 0.3138$$

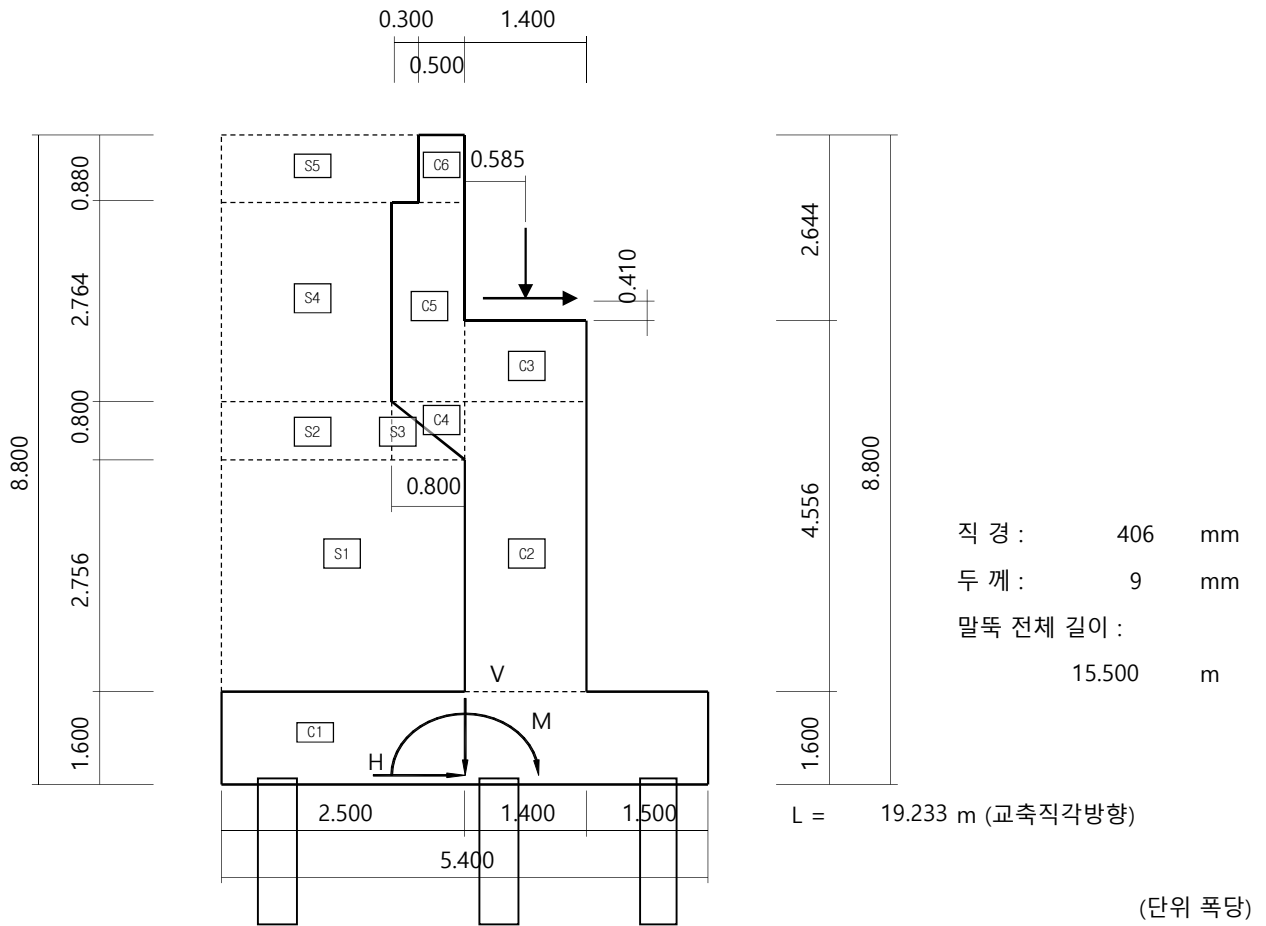
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 8.800 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 8.800 = 55.229 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 55.229) / 2 \times 8.800 = 243.008 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 243.008 \times 8.800 / 2 = 1069.235 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	8.640	25.00	216.000	0.077	16.632	2.700	583.200	13.306
	C2	4.978	25.00	124.460	0.077	9.583	2.200	273.812	32.373
	C3	1.400	25.00	35.000	0.077	2.695	2.200	77.000	15.243
	C4	0.320	25.00	8.000	0.077	0.616	3.167	25.333	3.012
	C5	2.211	25.00	55.280	0.077	4.257	3.300	182.424	27.829
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	3.150	34.650	7.081
	소계	17.990		449.740		34.630		1176.419	98.843
뒷채움	S1	6.890	20.00	137.800	0.077	10.611	4.150	571.870	31.598
	S2	1.360	20.00	27.200	0.077	2.094	4.550	123.760	9.961
	S3	0.320	20.00	6.400	0.077	0.493	3.433	21.973	2.278
	S4	4.699	20.00	93.976	0.077	7.236	4.550	427.591	47.310
	S5	1.760	20.00	35.200	0.077	2.710	4.400	154.880	22.659
	소계	15.029		300.576		23.144		1300.074	113.806
총 계			750.316		57.774			2476.493	212.649

11.7.3 안정검토

- 단면력 계산 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

$$\begin{aligned}
 H &= 1.0 \times 34.630 + 1.0 \times 243.008 + 1.0 \times 23.144 + 1.0 \times 8.930 &= & 309.712 & \text{kN} \\
 V &= 1.0 \times (151.004 + 449.740) + 1.0 \times 27.600 + 1.0 \times 300.576 &= & 928.920 & \text{kN} \\
 Mr &= 1.0 \times (151.004 \times 2.315 + 1,176.419) + 1.0 \times (27.600 \times 2.315) \\
 &\quad + 1.0 \times 1,300.074 &= & 2889.962 & \text{kN.m} \\
 M &= 1.0 \times 98.843 + 1.0 \times 1,069.235 + 1.0 \times 113.806 \\
 &\quad + 1.0 \times 8.930 \times 6.566 &= & 1340.520 & \text{kN.m}
 \end{aligned}$$

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝	말뚝 배치			
말뚝 직경	406.40 mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	9.00 mm	1	15	10.000	2.100
말뚝 길이	15.50 m	2	15	0.000	1.000
돌출 길이	0.00 m	3	15	0.000	-0.300
1/β부근의 N값	9.0	4	15	0.000	-1.900
평균 N값	32.0	5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝의 면적} & A_p = 8695.300 \text{ mm}^2 \\
 - \text{선단폐쇄면적} & A = 127176.195 \text{ mm}^2 \\
 - \text{단면2차모멘트} & I = 169982000.000 \text{ mm}^4 \\
 - \text{탄성계수} & E = 40000.0 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

② 수직허용지지력

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝선단의 N치} &= 50 \\
 - \text{최대주면마찰력}(f) &= 2N = 2 \times 32.000 = 640.0 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2 \\
 V_a &= 1/3 \times [30 \times N \times A + U \times \Sigma(l \times f)] \quad (\text{항타 말뚝이라 가정}) \\
 &= 1/3 \times (30 \times 50 \times 10 \times 127,176.195 / 1000000 + \pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.000) \\
 &= 972.99 \text{ kN/본} \\
 V_a &= 972.990 \text{ kN/본} \quad (\text{상시 허용지지력})
 \end{aligned}$$

③ 수평허용지지력

$$- \text{말뚝두부의 허용수평변위 } \delta_a = 15 \text{ mm}$$

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

$$\begin{aligned}
 (\text{상 시}) \quad \beta I &= 0.00068 \times 15400 = 10.47 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝} \\
 (\text{지진시}) \quad \beta I &= 0.00083 \times 15400 = 12.78 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝}
 \end{aligned}$$

구 분	상 시			지 진 시		
	고 정	힌 지	보정계수	고 정	힌 지	보정계수
K1	8551.6	4275.8	1.0	15551.0	7775.5	1.0
K2	6287.9	0.0	1.0	9368.1	0.0	1.0
K3	6287.9	0.0	1.0	9368.1	0.0	1.0
K4	9247.0	0.0	1.0	11286.8	0.0	1.0
Kv	29717.3	29717.3	-	29717.3	29717.3	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	575232060	54293	1773465	-261825	4578056	397458
	한지	287616030	65261	1771531	137049	4010122	377018
지진시	고정	1046053810	36339	1776631	-483640	4716652	412129
	한지	523026905	56284	1773114	118196	4017102	380342

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	5956.695	kN
수직력	17865.928	kN
모멘트	18437.577	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	한 지
	$\delta x(mm)$	0.00680	0.00955
	$\delta y(mm)$	9.33826	9.27971
	$a(rad.)$	3.09378	3.71088

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	한 지
구 분	$\delta x1$	-2.74306	-2.95521
	$\delta x2$	0.00680	0.00955
	$\delta x3$	0.00680	0.00955
	$\delta y1$	15.59581	16.81485
	$\delta y2$	12.43204	12.99059
	$\delta y3$	8.41013	8.16645
	$a(rad.)$	3.09378	3.71088

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

구 분		고 정	한 지
구 분	Pn1	463.465	499.692
	Pn2	369.447	386.045
	Pn3	249.926	242.685
	Ph1	-71.640	-22.978
	Ph2	-28.877	0.074
	Ph3	-28.877	0.074
	Mt1	60.616	0.000
	Mt2	34.855	0.000
	Mt3	34.855	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	한 지
	수직력	말뚝반력	17865.920	17865.920
		전달하중	17865.928	17865.928
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	-1150.540	965.460
		전달하중	5956.695	5956.695
		오 차(%)	-119.315%	-83.792%
	모멘트	말뚝반력	18563.420	18551.020
		전달하중	18437.577	18437.577
		오 차(%)	0.683%	0.615%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	한지
수직력	463.465	499.692
수평력	-28.877	0.074
모멘트	60.616	10.894

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

(상 시) $R_a = 972.990 \text{ kN}$
 (지진시) $R_v = 499.692 \text{ kN} < R_a = 1459.485 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

② 인발력 검토

- 최대주면마찰력(f)= $2N=2 \times 32.000 = 640 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2$
 $F_a = 1/2 \times [U_x \Sigma(l_x f)] = 1/2 \times (\pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.0) = -505.7 \text{ kN}$
 (지진시) $F_v = 0.000 \text{ kN} < F_a = 0.000 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

(지진시) $R_h = 28.877 \text{ kN} < R_a = 233.260 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

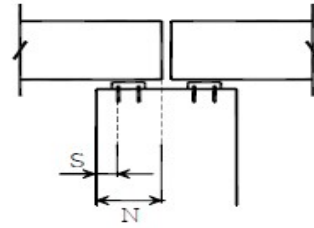
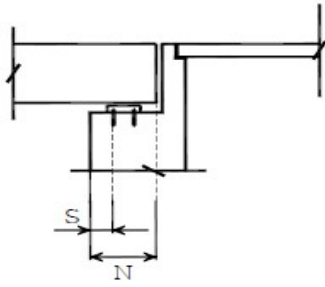
③ 말뚝머리부 수평변위 검토 ($\delta a = 15.00 \text{ mm}$)

(지진시) 말뚝머리 고정 : $\delta = H / (4EI\beta^3) = 1.860 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$
 말뚝머리 한지 : $\delta = H / (2EI\beta^3) = 0.010 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

④ 응력검토 ($f_a = 140 \times 1.5 = 210 \text{ Mpa}$)

(지진시) $f = V/A + M \cdot y/I = 125 \text{ Mpa} \therefore \text{O.K}$

12. 지지길이평가



12.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1300.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX} [95.81 , 379.72]$
 $= 379.72 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 379.72 \text{ mm}$

$L = 30.00 \text{ m}$ (연속경간장)

$H = 19.462 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

$\theta = 0^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1300}{380} = 3.420 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$

6. 시설물관리대장 사본

6.1 범안대교

시설물관리대장(교량)

시 설 물 번 호	BR2003-0000510
관 리 번 호	동부교량-3
시 설 물 명	범안대교
내 용	
1. 기본현황	
2. 상세제원	
3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력	
4. 보수·보강 이력	
5. 첨부: 1) 전경사진 2) 정·측면, 기타사진 3) 기타 관리주체에서 유지관리에 필요한 자료	

관리주체 : 대구동부순환도로(주)

소유자 : 대구광역시

보관자 :

전화번호 : 053-791-6080



7. 현황조사 및 외관조사 사진첩

7.1 범안대교

범안대교

< 사진목록 >

1. 교량전경

2. 부재별전경

3. 현장 조사사진 및 손상사진

- 1) 조사사진
- 2) 상부구조[범물방향]
- 3) 하부구조[범물방향]
- 4) 기타시설[범물방향]
- 5) 상부구조[안심방향]
- 6) 하부구조[안심방향]
- 7) 기타시설[안심방향]

1. 교량전경



위 치

측 면



위 치

상 면



위 치

거더 외부 현황



위 치

하부 현황

2. 부재별 전경

			
위 치	바닥판	위 치	거더
			
위 치	가로보	위 치	교대
			
위 치	교각 P3	위 치	교각 P6

			
위 치	반침(고정단)	위 치	반침(이동단)
			
위 치	EXP.J1 (A1)	위 치	EXP.J2 (P4)
			
위 치	포장(범물방향)	위 치	포장(안심방향)

			
위 치	배수구	위 치	배수관
			
위 치	중앙분리대	위 치	방호벽
			
위 치	점검사다리	위 치	점검통로

3. 현장 조사사진 및 손상사진

1) 조사사진



- 부 재 : 거더 및 바닥판하면
- 손 상 : 고소차를 이용한 외관조사



- 부 재 : 거더 및 바닥판하면
- 손 상 : 굴절차를 이용한 외관조사



- 부 재 : 바닥판
- 손 상 : 유간 측정



- 부 재 : 거더
- 손 상 : 하부 유간 측정



- 부 재 : 교대
- 손 상 : 연단거리 측정



- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 반발경도 시험부위 면정리



- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 반발경도 시험



- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 철근탐사



- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 탄산화 깊이 측정



- 부 재 : 하부구조
- 손 상 : 탄산화 깊이 측정



- 부 재 : 교각
- 손 상 : 초음파전달 속도시험



- 부 재 : 거더내부
- 손 상 : 도막 두께 측정

2) 상부구조(범물방향)



- 부 재 : S1-G1
- 손 상 : 북부 도장박리



- 부 재 : S4-G1
- 손 상 : 북부 도장손상(균형)



- 부 재 : S2-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S4-G2
- 손 상 : 하부플랜지 도장부식



- 부 재 : S8-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S8-G2
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G1
- 손 상 : 복부 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G3
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S2
- 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : S4
- 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2mm)

	
■ 부 재 : S4	■ 부 재 : S6
■ 손 상 : 캔틸레버 백테	■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.1mm)
	-
■ 부 재 : S6	■ 부 재 :
■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.1mm)	■ 손 상 :

3) 하부구조(범물방향)



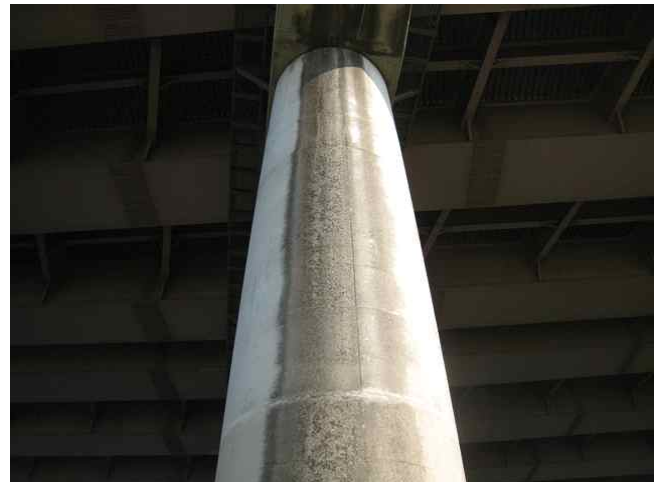
- 부 재 : P1
- 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P3
- 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : P4
- 손 상 : 코핑부 누수오염



- 부 재 : P5
- 손 상 : 코핑부 및 기둥부 누수오염



- 부 재 : P6
- 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : P6
- 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P7
- 손 상 : 코핑부 및 기둥부 누수오염



- 부 재 : P7
- 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P8
- 손 상 : 코핑부 이물질퇴적(조류서식)



- 부 재 : P8
- 손 상 : 기둥부 콘크리트 균열



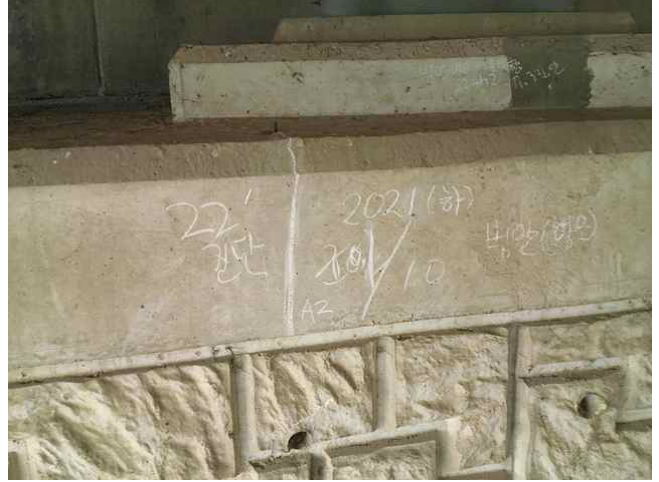
- 부 재 : P9
- 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P9
- 손 상 : 코핑부 이물질퇴적(조류서식)



- 부 재 : A1
- 손 상 : 법면 침하



- 부 재 : A1
- 손 상 : 구체 균열(폭 0.1mm)



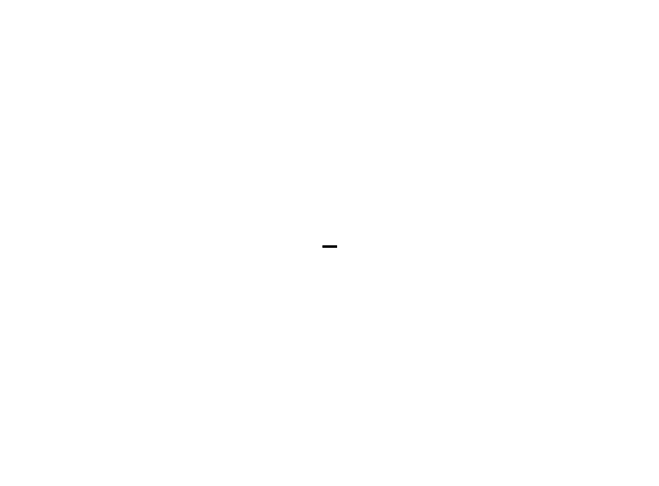
- 부 재 : P3-SH6
- 손 상 : 반침콘크리트 균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P1
- 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2mm)

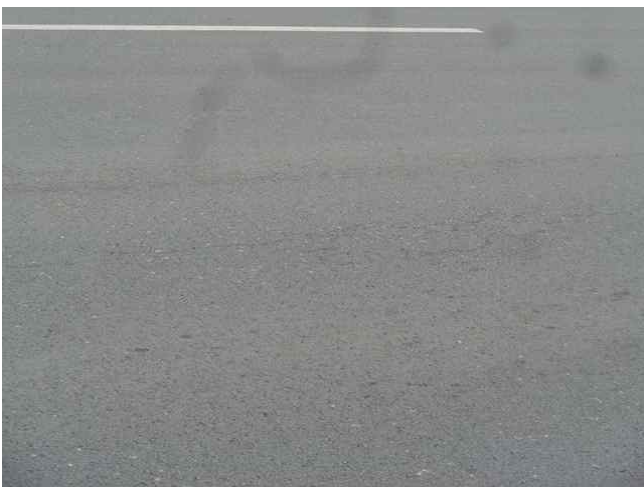
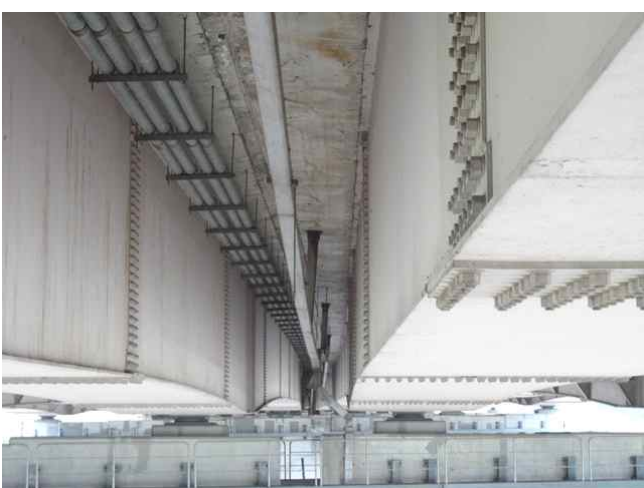


- 부 재 : P8
- 손 상 : 본체 이물질퇴적



- 부 재 :
- 손 상 :

4) 기타시설(범물방향)

	
■ 부 재 : S2	■ 부 재 : S4
■ 손 상 : 아스콘 균열	■ 손 상 : 아스콘 균열
	
■ 부 재 : S4	■ 부 재 : S8
■ 손 상 : 아스콘 균열	■ 손 상 : 아스콘 균열
	
■ 부 재 : S10	■ 부 재 : S4
■ 손 상 : 배수구 막힘	■ 손 상 : 배수관 연결핀 탈락



■ 부 재 : P6
 ■ 손 상 : 배수관 위치불량



■ 부 재 : P7
 ■ 손 상 : 배수관 위치불량



■ 부 재 : S6
 ■ 손 상 : 방호벽 망상균열



■ 부 재 : S6
 ■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2mm)



■ 부 재 : S9
 ■ 손 상 : 방호벽 망상균열



■ 부 재 : S8
 ■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : S9
- 손 상 : 방호벽 망상균열



- 부 재 : S10
- 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : S10
- 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : S10
- 손 상 : 중앙분리대 굽힘

5) 상부구조[안심방향]



- 부 재 : S2-G3
- 손 상 : 복부 도장박리



- 부 재 : S3-G1
- 손 상 : 볼트 부식



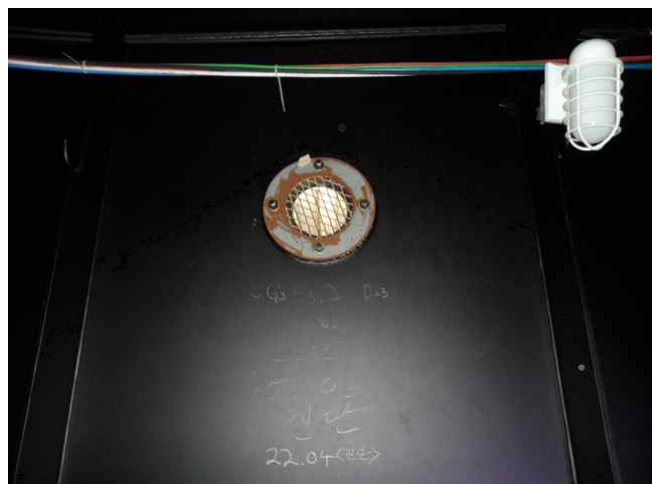
- 부 재 : S7-G4
- 손 상 : 복부 도장박리, 박락



- 부 재 : S2-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S2-G3
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S3-G1
- 손 상 : 복부 환풍구 도장미흡



- 부 재 : S5-G3
- 손 상 : 복부 이물질퇴적(조류)



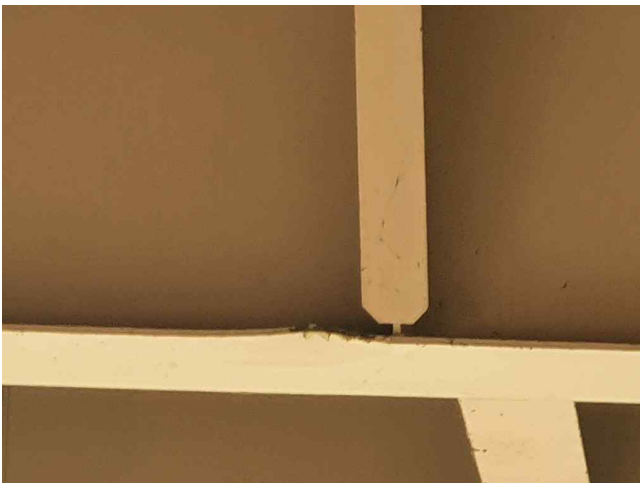
- 부 재 : S8-G3
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G1
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S9-G3
- 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



- 부 재 : S10
- 손 상 : 가로보 부식 및 변형



- 부 재 : S2
- 손 상 : 캔틸레버 백태

	
■ 부 재 : S3 ■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.1mm)	■ 부 재 : S5 ■ 손 상 : 캔틸레버 백태

6) 하부구조[안심방향]

	
■ 부 재 : P1 ■ 손 상 : 코핑부 이물질퇴적(조류)	■ 부 재 : P4 ■ 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)
	
■ 부 재 : P4 ■ 손 상 : 코핑부 누수오염	■ 부 재 : P4 ■ 손 상 : 코핑부 표면열화



■ 부 재 : P6
 ■ 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



■ 부 재 : P7
 ■ 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



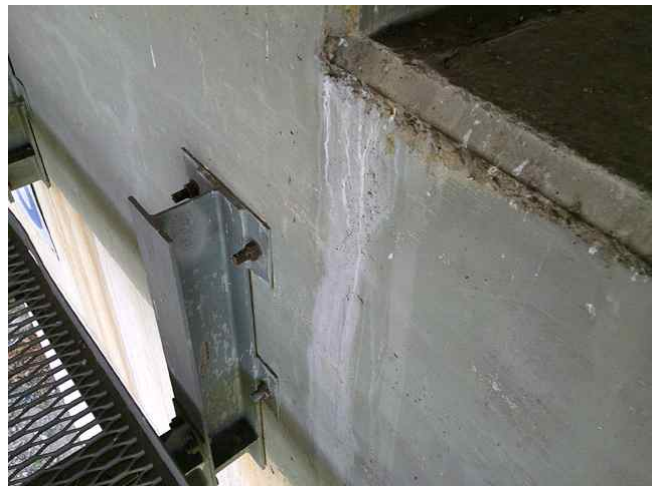
■ 부 재 : P7
 ■ 손 상 : 코핑부 철근노출



■ 부 재 : P7
 ■ 손 상 : 코핑부 표면열화



■ 부 재 : P7
 ■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2mm)



■ 부 재 : P8
 ■ 손 상 : 코핑부 백태



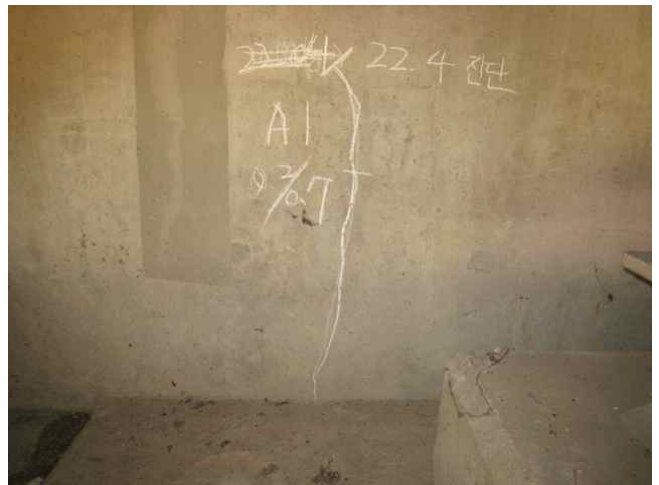
- 부 재 : P10
- 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : A1
- 손 상 : 구체 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : A1
- 손 상 : 법면침하



- 부 재 : A1
- 손 상 : 흥벽 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : A2
- 손 상 : 흥벽 누수흔적



- 부 재 : A2
- 손 상 : 흥벽 파손 및 철근노출



- 부 재 : A1-SH1
- 손 상 : 본체 실링재 탈락



- 부 재 : P9-SH3
- 손 상 : 무수축물탈 균열(폭 0.1mm)



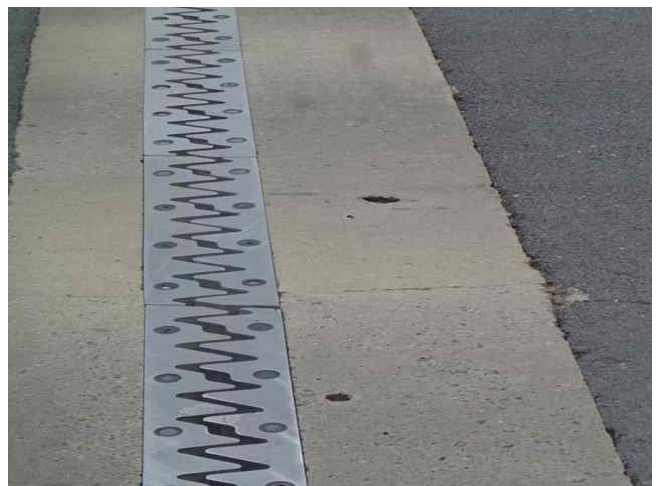
- 부 재 : A1
- 손 상 : 후타재 균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : P4
- 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : P8
- 손 상 : P8 후타재 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : A2
- 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2mm) 및 파손

7) 기타시설(안심방향)



- 부 재 : S2
- 손 상 : 갓길측 아스콘 균열



- 부 재 : S6
- 손 상 : 갓길측 아스콘 균열



- 부 재 : S8
- 손 상 : 갓길측 아스콘 파손



- 부 재 : S1
- 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2mm)



- 부 재 : S1
- 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1mm)



- 부 재 : S8
- 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2mm)



8. 사용장비 및 기기의 사진

사용장비 및 기기의 사진

구분	기기명	측정항목	사진
휴대 장비	줄자	손상부위 및 부재단면 측정	
	균열 게이지	균열폭 측정	
	망치	부재 들뜸 및 공동 확인	
	디지털 카메라 / 비디오 카메라	손상 및 각종 현황 촬영	
	버니어 캘리퍼스	부재단면 및 탄산화 깊이 측정	
비파괴 시험 장비	반발경도측정기 (Schmidt Hammer-NR)	콘크리트 강도 추정	
	초음파 탐사기 (Pundit)	콘크리트 강도 추정 및 균열 깊이 측정	
	철근 탐사기 (RC Radar NJJ-95A)	철근 배근상태 및 피복두께 측정	
	탄산화 시험 용액 (1% 페놀프탈레인 용액)	탄산화 깊이 측정	
	도막두께 측정기 (Elcometer)	강재 도막 측정	
	초음파 탐상기 (D-20, USM 35)	강재 용접부 결함 조사	
접근장비	고소작업차	교각 및 바닥판 근접조사	

9. 사전조사 자료

9.1 과업수행계획서, 사전검토보고서

범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가
기술용역
과업수행계획서

2022. 03.



대구 동부 순환도로
(주)명성엔지니어링

목 차

I . 과업의 개요	1
1. 과업의 목적	2
2. 과업명	2
3. 과업범위	2
4. 과업수행 투입장비	5
5. 참여기술자	6
 II . 과업수행방법	 7
1. 과업수행 흐름도	8
2. 계획수립	10
3. 현장조사 및 시험	10
4. 재하시험	12
5. 내진성능평가	15
6. 조사결과 검토 및 분석	16
7. 상태평가	16
8. 안전성평가	16
9. 종합평가 및 안전등급 산정	17
10. 보수·보강 및 유지관리방안	17
11. 종합결론 및 건의	18
12. 성능평가	18
13. 보고서작성	20

Ⅲ. 안전관리 계획 22

- 1. 일반사항 23
- 2. 안전관리 조직 24
- 3. 안전관리 운영계획 24
- 4. 교통처리 계획 26

Ⅳ. 사전검토보고서 28

- 1. 과업명 29
- 2. 배경 및 목적 29
- 3. 과업의 범위 29
- 4. 사전검토 내용 30
- 5. 결론 34

I . 과업의 개요

1. 과업의 목적
2. 과업명
3. 과업범위
4. 과업수행 투입장비
5. 참여기술자

I. 과업의 개요

1. 과업의 목적

본 용역은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 따른 정밀안전진단(내진성능평가 포함)으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 조사하고, 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여 재난을 예방하고 시설물의 안전성 및 기능성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

2. 과업명 : 범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역 [정밀안전진단 및 내진성능평가]

3. 과업의 범위

1) 대상시설물의 개요

구 분	구조형식	연 장(m)	폭(m)	설계하중	준공년도	비 고
범안대교	STB	545	28.9~52.0	DB-24/ DL-24	2002년 8월	정밀안전진단 내진성능평가 성능평가

2) 과업의 범위

- ① 자료수집 및 분석
- ② 현장조사 및 시험
- ③ 상태평가, 안전성평가 및 종합평가
- ④ 내진성능평가
- ⑤ 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- ⑥ 보고서 작성
- ⑦ 기타 발주기관이 필요하다고 요구하는 사항
- ⑧ 성능평가

3) 과업기간 : 2022년 03월 11일 ~ 2022년 06월 30일(FMS등재 : 6월 9일)

(정밀안전진단, 내진성능평가)

2022년 03월 11일 ~ 2022년 12월 30일(1종 성능평가)

□ 예정공정표(정밀안전진단 및 내진성능평가)

공 종		2022년 03월 11일 ~ 2022년 06월 09일			비 고
		30	60	90	
1. 착수 및 현장답사					- 03/15 착수
2. 자료수집 및 분석 · 관계도서 수집 및 분석 · 점검계획 수립		 			
3. 현장조사 및 시험 · 외관조사 및 재료시험 · 재하시험		 			-현장조사 -필요시 추가조사
4. 현장자료 분석 및 정리 · 외관손상 및 비파괴시험			 		
6. 내진성능평가 · 내진성능평가			 		
7. 보고서 작성 · 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품			  		- 06/09 준공예정
공정율 (%)	진행	35.0	35.0	30.0	
	합계	35.0	70.0	100.0	

□ 예정공정표(성능평가)

공 중		2022년 05월 1일 ~ 2022년 12월 30일								비 고
		5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
1. 착수 및 현장답사										- 03/15 착수
2. 자료수집 및 분석										
· 관계도서 수집 및 분석										
· 점검계획 수립										
3. 현장조사 및 시험										- 현장조사 - 필요시 추가조사
· 외관조사 및 재료시험										
· 재하시험										
4. 현장자료 분석 및 정리										
· 외관손상 및 비파괴시험										
· 재하시험										
6. 성능평가										
· 성능평가										
7. 보고서 작성										- 12/30 준공예정
· 보고서 작성										
· 보고서 수정 및 납품										
공정율 (%)	진행	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
	합계	12.5	25	37.5	50.0	67.5	75.0	87.5	100.0	

4. 과업수행 투입장비

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	슈미트해머	콘크리트 압축강도조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	PUNDIT	초음파측정	
	Rc-Radar	철근배근측정	
접근 장비	점검차	외관조사시 근접조사	
재하시험	NETPOD 4003	응답 증폭용	 
	LVDT	부재 처짐 측정	
	Strain Gauge	변형률 측정용	
	노트북	DATA 입·출력용	
	덤프트럭	하중 재하용	

5. 참여기술자

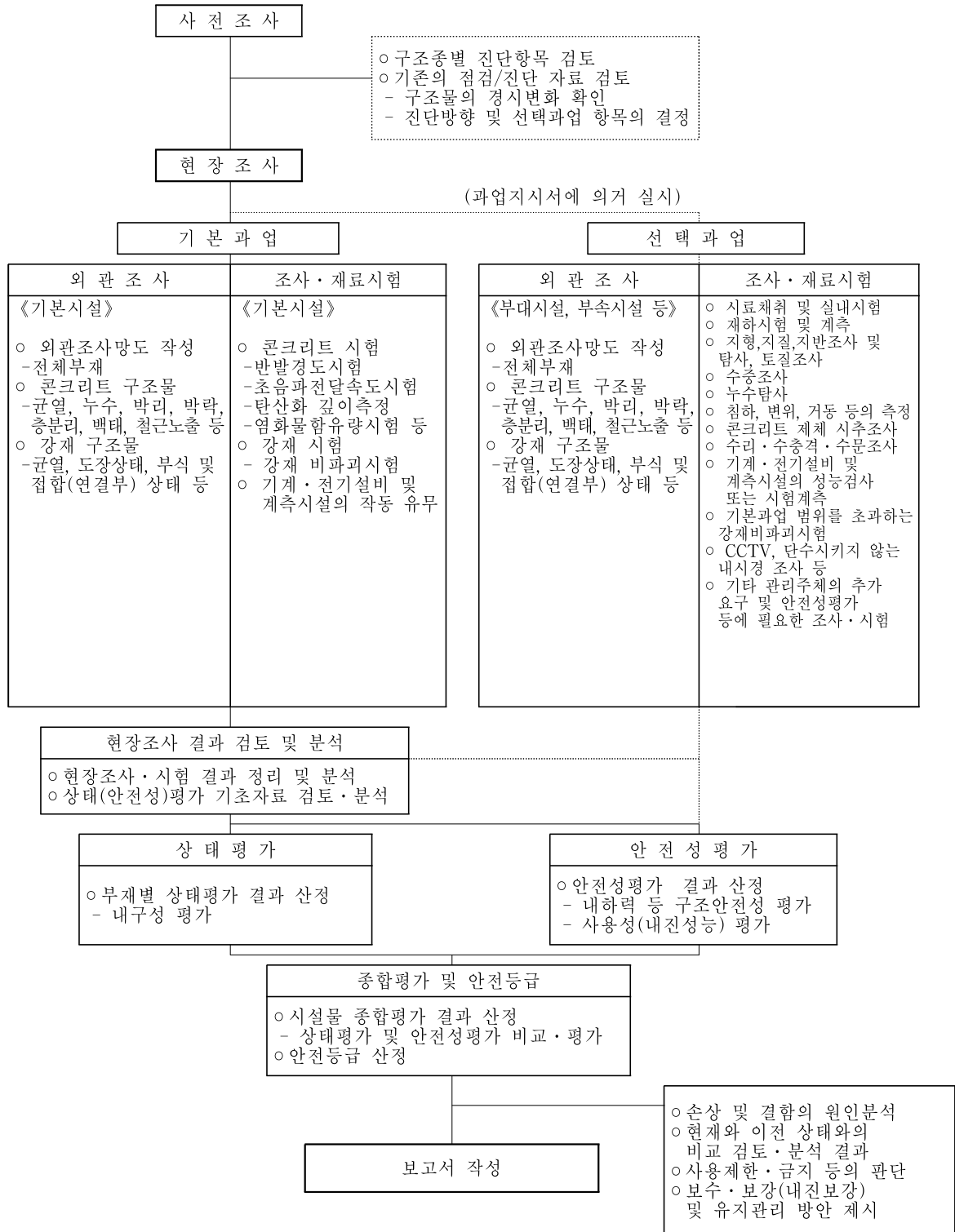
참여업무	참 여 기 술 자			비 고 (참여기간)
	참여업무내용	성 명	자 격 사 항	
과업총괄(PM)	사업책임기술자	정 지 운	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
참여 기술자	분야책임기술자	이 상 훈	콘크리트기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
	현장조사 및 보고서 작성	장 진 원	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		서 동 진	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		황 상 윤	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		양 주 윤	초급기술자	(2022.03~2022.12)
		손 기 영	초급기술자	(2022.03~2022.12)
		전 희 균	초급기술자	(2022.03~2022.12)
		박 성 언	초급기술자	(2022.04~2022.12) 안전진단교육 수료 후 참여예정

II. 과업수행방법

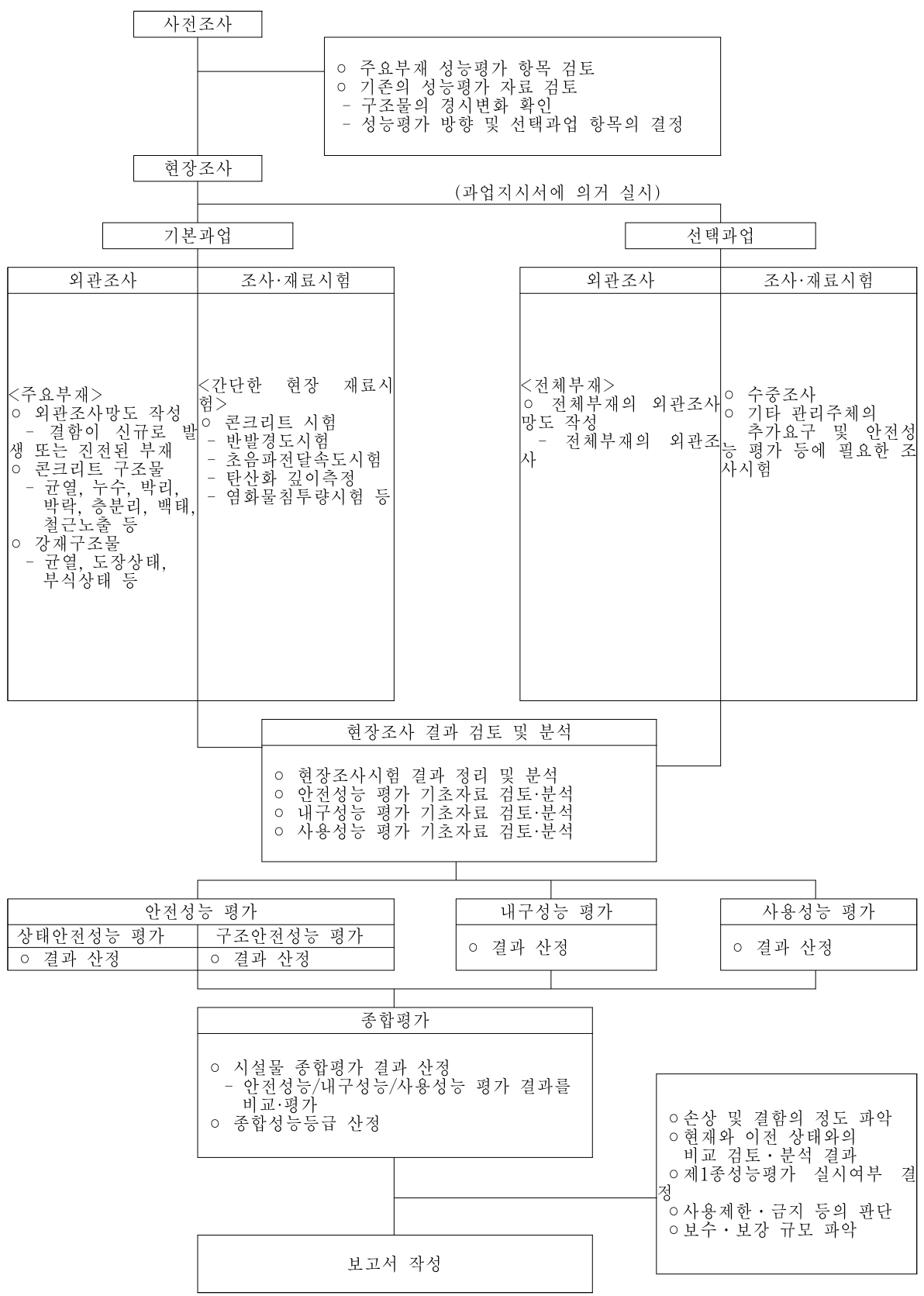
1. 과업수행 흐름도
2. 계획수립
3. 현장조사 및 시험
4. 재하시험
5. 내진성능평가
6. 조사결과 검토 및 분석
7. 상태평가
8. 안전성평가
9. 종합평가 및 안전등급 산정
10. 보수·보강 및 유지관리방안
11. 종합결론 및 건의
12. 보고서작성

II. 과업수행방법

1. 과업수행 흐름도(정밀안전진단)



과업수행 흐름도(성능평가)



2. 계획 수립

1) 자료수집 및 분석

- 시설물의 설계도서 및 도면, 구조계산서, 시공자료
- 기존 안전점검 및 정밀안전점검보고서, 보수·보강 이력
- 기타 시설물관리대장 작성에 필요한 자료 등 도면

2) 현장조사계획 수립

- 사전답사 결과를 활용하여 조사 계획 수립 및 검토
- 각종 조사 및 시험 양식 작성
- 현장조사 일정계획 수립(인원 및 장비)

3. 현장조사 및 시험

정밀한 육안검사와 측정기구를 통해 시설물의 현 상태를 정확히 파악하고 이전에 기록된 상태의 변화를 확인한다.

1) 점검 방법

부재구분		점검부위		점검방법
상 부 구 조	상 판 부	교면포장(아스팔트, 콘크리트)		육안
		배수시설(배수구, 배수관)		육안
		방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석		육안
		바닥판 (철근콘크리트)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육안
		신축이음 (고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재)	간단한 공기구, 육안 유간측정
			후타재(콘크리트)	간단한 공기구, 육안
	교량받침 (강재, 고무재)		기능, 손상, 열화 간단한 공기구, 육안	
	거 더	강재	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	계측장비, 육안
			열화(부식, 오염)	육안
			브레이싱, 가로보	육안
하부구조		교대, 교각		비파괴장비 및 육안
		기초(노출되어 있는 경우)		육안, 설계·시공자료

2) 시험항목 및 수량

[정밀안전진단시 세부지침 기준 수량]

시험항목	부재 및 수량		비고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 시험	5경간 이내: 4~6개소(상부구조에서 최소2개소 이상) 5경간 이상: 6~9개소(상부구조에서 최소3개소 이상)		
철근 탐사	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
염화물 조사	3개소 이상 (상부구조에서 최소 1개소 이상)		
균열깊이 조사	부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		Cw=0.3mm 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	박스거더교: 2개소/경간별 거더		맞대기용접부

[금회 시험 수량]

구조물명		기본과업의 종류 및 수량								비고
		반발 경도 시험	초음파 속도 시험	탄산화 깊이	철근 탐사	염화물 함유량	균열 깊이	강재초음파 탐상		
범안대교 (행선별) 545m	상부	11개소	11개소	6~9개소	11개소	3개소 이상	-	1개소 (S1)	20개소 (S2~11)	S1 = S.T.G
	하부	12개소	12개소		12개소			-	-	

4. 재하시험(필요시)

1) 개요

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서, 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정 부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다. 재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

2) 재하시험의 구분

① 정적재하시험

교량의 설계시 예측한 초기거동은 공용기간이 장기화됨에 따라 재료의 내구성 감소 및 구조적 노후로 점차 건전성이 저하되어 간다. 따라서 교량 각 부재의 정적하중에 의한 처짐 및 변형률을 실측하여 대상교량의 실제거동을 분석하고 실측값과 이론에 의한 해석값을 비교하여 교량의 실제 내하력을 구할 수 있다. 교량의 정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 측정위치, 재하위치 등을 결정하여 정적처짐과 정적변형률을 측정한다.

- 하중의 횡분배
- 부재의 강성
- 응력 및 처짐의 영향선
- 계산응력과 측정응력의 비교

② 동적재하시험

동적재하시험은 시험차의 주행에 따른 동적응답으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

- 충격계수 산정
- 고유진동수 및 진동 모드 산정

3) 재하시험 수행방법

① 개요

교량의 설계단계에서 예측한 역학적 거동은 여러환경에 따른 오차로 인하여 실제 완성된 교량의 실제 거동과는 다른 거동을 나타낼 수 있으며, 또한 교량을 구성하는 각 구조부재들의 역학적 특성도 공용년수 증가에 따른 열화, 손상 및 노후화에 의해 다소 변하게 된다. 따라서 공용하중에 대하여 교량 구조물의 구조안전성을 정확히 평가하기 위해서는 주요부재에 각종 센서(Sensor)를 설치하여 시험하중 또는 실제통과 차량에 의한 실제 거동의 측정이 중요하다.

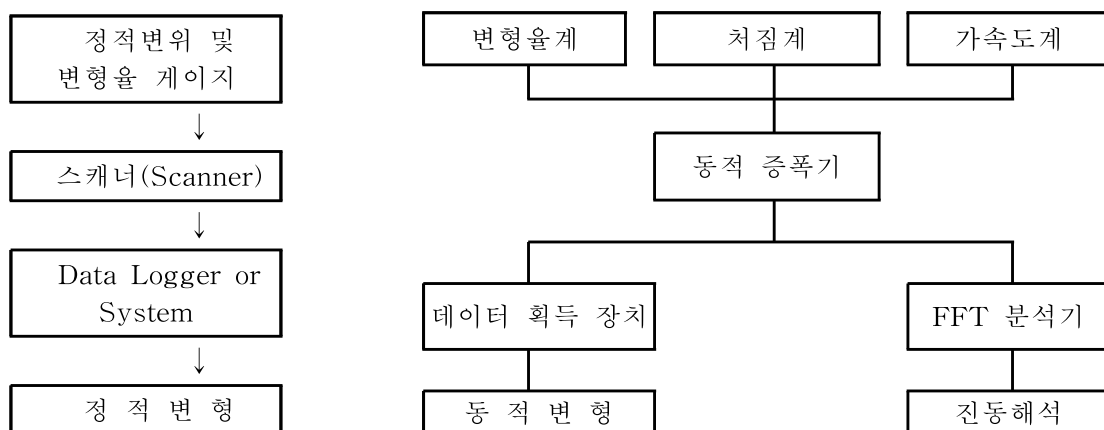
② 재하시험 흐름도

현장재하시험은 정적재하시험과 동적재하시험으로 대별된다.

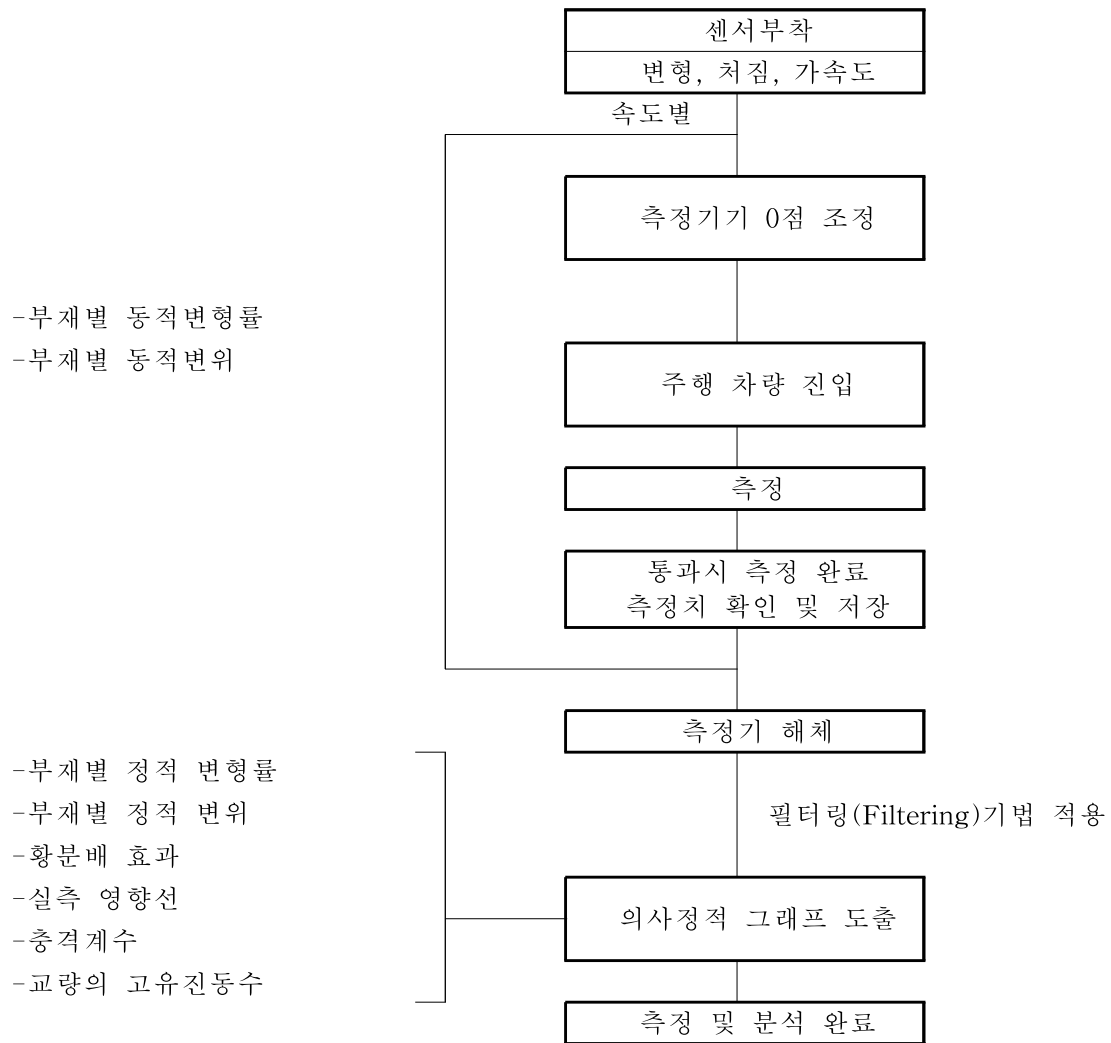
정적재하시험은 교량에 사하중만이 작용하는 상태에서 재하차량만으로 구조물의 거동을 평가하여 이론치와 비교평가하며, 동적재하시험 역시 사하중만 작용하는 상태에서 구조물의 고유진동수 및 구성재료의 역학적 특성 등에 따른 차량 속도별 거동을 측정하여 구조물의 내하력 및 안전성을 판단하는 기초자료로 활용한다.

재하시험의 흐름은 다음과 같다.

■ 정 · 동적 데이터 측정과정



■ 의사정적 재하시험 흐름도



③ 재하시험 측정장비

NO	장비명	모델명	규격	제조원	용도
1	재하시험장비	NETPOD4003	-	영국	재하시험(정,동적)
2	NOTE BOOK 컴퓨터	LG IBM	Pentium4	LG	재하시험 센서값 Capture 및 분석
3	변위 변환기	CDP-50	LVDT	Tokyo Sokki	교량의 정적, 동적 변위 측정
4	가속도 변환기	AC310-002	2축	Tokyo Sokki	구조물의 진동측정
5	변형률 게이지	FLA-5	접착식	Tokyo Sokki	구조물의 변형률 측정
6	리드와이어	-	50m	한국	센서와 재하시험장비 연결

④ 정적재하시험

정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동상태를 파악하고 내하력평가를 위한 변위 및 변형률의 응답비등을 구하기 위하여 실시한다. 이때 각종 센서의 부착위치 및 시험차량의 재하위치는 전문기술자의 지식 및 경험에 의해 선정되며 대개는 최대응답발생부위가 된다.

⑤ 동적재하시험

동적주행시험은 시험차량의 주행에 의해 유발되는 교량의 동적효과 및 제반 동특성을 추정하여 대상교량의 안전성 및 사용성평가를 위한 기초자료를 도출하고자 실시한다. 일반적으로 5km/h의 서행에 의한 의사정적시험을 실시한 후 10km/h의 속도에서부터 현장여건이 허락하는 최대속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시켜가며 실시한다.

5. 내진성능평가

과업항목	기본과업	금회 과업내용
예비평가	·설기존교량의 지진도, 취약도, 영향도를 고려하여 내진 그룹화하여 평가 ·“내진보강 핵심교량”, “내진보강 중요교량” ·“내진보강 관찰교량” 및 “내진보강 유보교량” ·4개 그룹으로 분류하고 동 순서대로 우선순위를 부여 ·우선순위가 높은 내진그룹에 속하는 교량에 대하여 우선적으로 내진성능 평가를 수행	◦ 좌동
상세평가	·일반사항 ·지진하중 및 조합탄성지진력 ·구성요소의 내진성능 평가	◦ 좌동
내진보강대책	·설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교·검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물(즉, 내진성능 상세평가 결과 내진성능이 부족할 경우)에 대해서는 내진보강 대책을 제시 ·내진 보강 대책 수립 시 구조물 부위별로 보강공사비를 산정 ·내진 보강 후 대상시설에 대한 내진성능을 재평가하여 내진성능이 확보되었음을 확인	◦ 좌동

6. 조사결과 검토 및 분석

과업내용에 의거 실시한 조사결과를 정리·기록 및 분석하고 외형상 나타나는 손상 및 결함은 외관조사망도 및 사진첩을 작성하여 기록한다.

7. 상태평가

과업내용에 의거 실시한 조사, 시험 및 측정의 결과분석과 시설물의 상태평가 결과를 작성한다.

- 1) 외관조사 결과분석
- 2) 비파괴 현장시험결과 분석
- 3) 문제부위 부재에 대한 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가등급에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

상태평가는 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량)」에 따라 점검대상 시설물에 대한 상태를 평가하고 점검대상 시설물에 대한 정밀외관조사 및 간단한 현장실험 결과에 의한 상태평가를 포함한다.

각 부재별, 시설물별로 손상 및 결함에 대한 조사망도를 작성하고 상태평가기준에 의해 상태평가등급을 매기며 이를 기초로 시설물 전체에 대한 상태평가를 실시하고 상태평가등급을 부여한다.

상태평가는 손상의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5단계로 등급을 구분하였으며, 부재별 상태평가등급과 전체에 대한 상태평가등급을 사용하는데 혼란을 방지하기 위하여 부재별 상태평가등급은 소문자(a-e)를 사용하였으며, 전체 상태평가등급은 대문자(A-E)를 사용하여 나타낸다.

8. 안전성평가

책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

9. 종합평가 및 안전등급 산정

종합평가는 상태평가 및 안전성 평가결과를 종합하여 비교 분석함으로써 이루어지며 세 부지침에 제시된 종합평가기준 및 절차에 따라 진단대상 시설물의 전체에 대한 종합평가와 안전등급을 부여한다.

10. 보수·보강 및 유지관리 방안

정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

1) 보수·보강 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- ① 현상유지단계(진행억제)
- ② 실제 사용상 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준 이상으로 개선
- ④ 개축 및 신설

2) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적, 안전성, 경제성 등을 고려하여 결정하며, 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석을 통하여 가장 적절한 보수공법과 보수재료를 선정하여야 한다.

3) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대하여, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 순위를 정한다. 또한 시설물에서 우선 순위결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토 후 결정한다.

4) 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

시설물의 기능을 유지할 수 있도록 시설물별 특성에 맞는 효율적인 유지관리방안 제시.

11. 종합결론 및 건의

1) 정밀안전진단 결과의 종합결론

- 전반적인 구조물에 대한 정밀안전진단 결과 정리
- 시설물 이상징후(균열, 누수, 열화, 박리, 박락등)에 대하여 정확한 원인 규명(시설물에 영향을 미칠 수 있는 주변여건 포함)에 따른 최적의 보수·보강방안 제시

2) 시설물의 사용제한의 필요성 여부

3) 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 보수·보강 후 지하차도 및 교량의 유지관리 지침기준 작성
- 효율적인 유지관리를 위한 일상 및 정기 점검표 작성
- 시설물의 기능을 유지할 수 있도록 본 교량의 특성에 맞는 관리대장(시설물 총괄현황 관련도면, 보수이력, 진단결과, 보수대상 등 포함) 및 점검표 작성 등 효율적인 유지관리 방안을 제시 하여야 한다.

4) 기타 필요한 사항

12. 성능평가(별도과업)

1) 안전성능평가 방법

- 시설물의 안전성능 평가 등급 산정 방법은 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가 결과를 비교하여 최저등급으로 결정한다.

Min(상태안전성능, 구조안전성능)

구 분		안전성능 평가등급 산정													
수행 방법	상태	• 외관조사 결과분석													
	안전	• 현장시험 및 재료시험 결과 분석													
	성능	• 대상 시설물(부재)에 대한 상태안전성능 평가													
	구조	• 기존의 안전성평가 또는 구조안전성능 평가 자료 분석													
수행 흐름도	안전	• 내하력 및 구조안전성능 평가													
	성능	• 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우는 세굴을 포함한 기초안전성을 평가													
	<table><tr><th>등급</th><th>시설물의 안전성능</th></tr><tr><td>A(우수)</td><td>외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준</td></tr><tr><td>B(양호)</td><td>일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준</td></tr><tr><td>C(보통)</td><td>광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능 수준</td></tr><tr><td>D(미흡)</td><td>심각한 결함에 대한 긴급한 보수, 보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준</td></tr><tr><td>E(불량)</td><td>심각한 결함으로 이하하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준</td></tr></table>			등급	시설물의 안전성능	A(우수)	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준	B(양호)	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준	C(보통)	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능 수준	D(미흡)	심각한 결함에 대한 긴급한 보수, 보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준	E(불량)	심각한 결함으로 이하하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준
	등급	시설물의 안전성능													
A(우수)	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준														
B(양호)	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준														
C(보통)	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능 수준														
D(미흡)	심각한 결함에 대한 긴급한 보수, 보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준														
E(불량)	심각한 결함으로 이하하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준														

2) 내구성능 평가방법

구 분	내구성능 평가등급 산정												
수행방법	- 외관조사 결과분석 - 현장시험 및 재료시험 결과 분석, 내구성능 관련자료 수집 - 시설물의 재료적 내구성능 및 외부환경에 대한 내구성능 저하인자 검토 - 사용재료(콘크리트 및 강재 등)에 대한 내구성능 평가												
내구성능 등급	<table> <tr> <th>등급</th><th>시설물의 내구성능</th></tr> <tr> <td>A(우수)</td><td>외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준</td></tr> <tr> <td>B(양호)</td><td>일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>C(보통)</td><td>광범위한 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으나 주의를 요하는 수준으로 진행되어 간단한 보수가 필요한 성능 수준</td></tr> <tr> <td>D(미흡)</td><td>광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요구되는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>E(불량)</td><td>광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 심각하게 진행되어 안전성능에 영향을 미칠수 있어서 즉각적인 보수 또는 교체가 필요한 성능 수준</td></tr> </table>	등급	시설물의 내구성능	A(우수)	외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준	B(양호)	일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준	C(보통)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으나 주의를 요하는 수준으로 진행되어 간단한 보수가 필요한 성능 수준	D(미흡)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요구되는 성능 수준	E(불량)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 심각하게 진행되어 안전성능에 영향을 미칠수 있어서 즉각적인 보수 또는 교체가 필요한 성능 수준
등급	시설물의 내구성능												
A(우수)	외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준												
B(양호)	일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준												
C(보통)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으나 주의를 요하는 수준으로 진행되어 간단한 보수가 필요한 성능 수준												
D(미흡)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요구되는 성능 수준												
E(불량)	광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 심각하게 진행되어 안전성능에 영향을 미칠수 있어서 즉각적인 보수 또는 교체가 필요한 성능 수준												

3) 사용성능 평가방법

구 분	사용성능 평가등급 산정												
수행방법	- 사용성능 관련 수집자료 검토 - 시설물의 설계 당시와 준공 이후 사용자·관리자의 사용상 편의성, 수요, 용량 등 - 사용 환경 및 기능 등에 대한 사용성능 평가												
사용성능 등급	<table> <tr> <th>등급</th><th>시설물의 사용성능</th></tr> <tr> <td>A(우수)</td><td>현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>B(양호)</td><td>현재 수요 등을 만족하나, 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준</td></tr> <tr> <td>C(보통)</td><td>장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준</td></tr> <tr> <td>D(미흡)</td><td>대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준</td></tr> <tr> <td>E(불량)</td><td>기능발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준</td></tr> </table>	등급	시설물의 사용성능	A(우수)	현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준	B(양호)	현재 수요 등을 만족하나, 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준	C(보통)	장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준	D(미흡)	대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준	E(불량)	기능발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준
등급	시설물의 사용성능												
A(우수)	현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준												
B(양호)	현재 수요 등을 만족하나, 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준												
C(보통)	장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준												
D(미흡)	대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준												
E(불량)	기능발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준												

4) 종합성능 평가방법 및 등급

구 분	종합성능 평가등급 산정												
수행방법	교량 안전성능평가, 내구성능평가, 사용성능평가 점수에 대해 성능간 가중치를 곱한 값을 합산하여 종합성능 등급을 결정. 단, 안전성능 평가 결과가 최솟값인 경우 안전성능평가 결과를 채택함												
사용성능 등급	<table> <tr> <th>등급</th><th>시설물의 사용성능</th></tr> <tr> <td>A(우수)</td><td>외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고, 내구성능 저하 가능성이 낮으며, 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>B(양호)</td><td>일부부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>C(보통)</td><td>광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고, 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능수준</td></tr> <tr> <td>D(미흡)</td><td>성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사요잉 어려운 수준으로 긴급한 보수, 보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준</td></tr> <tr> <td>E(불량)</td><td>심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 해야 하는 성능 수준</td></tr> </table>	등급	시설물의 사용성능	A(우수)	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고, 내구성능 저하 가능성이 낮으며, 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준	B(양호)	일부부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준	C(보통)	광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고, 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능수준	D(미흡)	성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사요잉 어려운 수준으로 긴급한 보수, 보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준	E(불량)	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 해야 하는 성능 수준
등급	시설물의 사용성능												
A(우수)	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고, 내구성능 저하 가능성이 낮으며, 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준												
B(양호)	일부부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준												
C(보통)	광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고, 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능수준												
D(미흡)	성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사요잉 어려운 수준으로 긴급한 보수, 보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준												
E(불량)	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 해야 하는 성능 수준												

13. 보고서작성

- 1) 보고서는 용역 수행에 따른 모든 자료가 포함된 종합보고서 이어야 하며 "세부지침"에 의거하여 작성한다.
- 2) 보고서는 본 보고서와 부록으로 구분하여 작성하여야 하며, 본 보고서에는 본 과업에서 수행한 사항만을 작성하며 일반적인 점검 원칙, 분석방법, 이론, 구조해석 데이터 등 공통으로 적용되는 사항들은 부록에 수록한다.
- 3) 본 과업의 성과는 과업시행부분에서 제시한 기준 및 절차에 따라 작성되어야 한다.
- 4) 기술분야별 성과는 상호연관성을 표시하여 색인, 판독, 검색 등이 용이하도록 작성하여야 하며, 부록 작성시 관련자료는 산출근거를 명시하고 색인(Index)등을 작성하여 삽입시켜야 한다.
- 5) 성과품 작성은 한글 사용을 원칙으로 하되 필요한 경우 영어를 사용할 수 있으며 이 경우 한글을 병용하여야 하고 단위는 SI단위계를 사용한다.
- 6) 과업 수행에 사용한 공식 자료와 통계는 그 근거와 발행년도를 제시하여야 한다.

- 7) 설계 실명화를 위해 각 시행과정에 참여한 담당자에 대하여 과업 참여기술자별 인적사항, 업무내용, 참여기간 등을 기록하되 참여기술자 주민등록번호는 "공공기관의 개인정보에 관한 법률 제9조"의 규정에 의거 개인정보 누출방지를 위하여 뒷자리를 암호화 처리한다.
- 8) e-보고서는 효율적이고 체계적인 보관 및 활용을 위해 한글, PDF, CAD 등 전산파일로 별도 작성하여 제출하여야 한다.
- 9) 이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약 금액으로 한다.
- 1) 정밀안전진단보고서(부록포함) : 각3부
 - 2) 사진첩 : 5부
 - 3) 내진성능평가보고서 : 3부
 - 4) 성능평가보고서 : 3부
 - 5) CD보고서 : 3부

III. 안전관리 계획

1. 일반 사항
2. 안전관리 조직
3. 안전관리 운영계획
4. 교통처리계획

Ⅲ. 안전관리계획

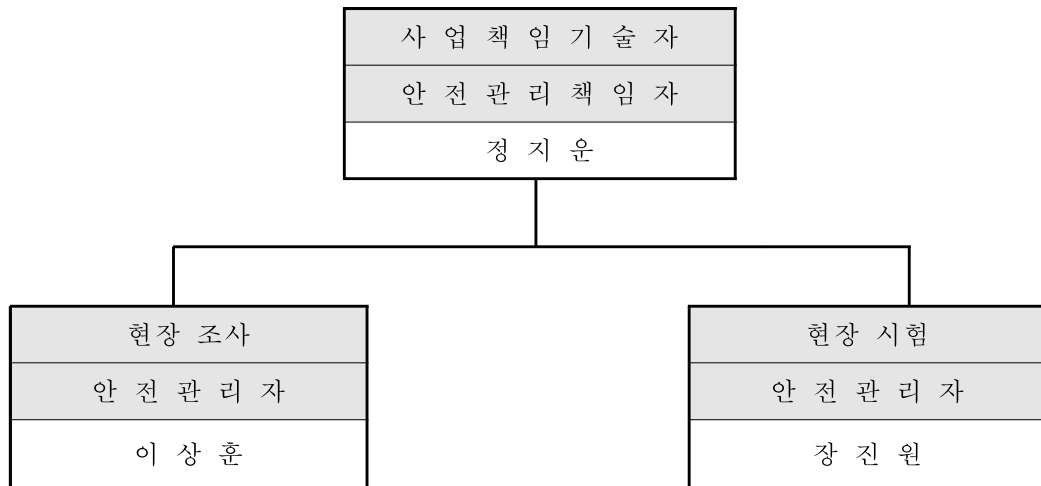
1. 일반 사항

구 분	본 과업에서의 중점 고려사항 및 대책
안전관리	- 현장조사시 차량 통제 필요성 · 관계기관과의 차량통제 협조의뢰 · 차량유도계획 철저 수립 · 안전교육 철저(수시) · 안전표지판 및 교통정리원 배치 철저 · 안전사고 방지 철저 · 개인보호구 착용철저(안전모, 안전화, 안전조끼 등)
보안대책	- 대외비밀 누설 및 유출을 방지하고자 보안대책 수립 · 보안교육실시 · 관계인외 출입금지 · 일과 후 불필요한 외출방지 및 관계서류의 소각 및 확인 · 보안각서 작성 - 시행방법 · 설계도서 유출을 방지하고자 캐비넷, 도면함 등의 시건장치 및 열쇠는 책임기술자 등이 보관 · 관계인 외 도서열람 및 사본제작 불허 · 외부인사의 열람요구 시 관리주체가 허가 후 열람실시
긴급대책	과업대상 시설물이 안전상 심각한 이상이 발견되어 긴급 보수·보강이 필요할 경우 즉시 관리주체에 보고하며, 긴급조치가 가능하도록 결함의 정도 보수·보강 방안 및 시공사례, 시방서, 기본도면 등을 포함한 긴급보고서를 제출한다.
유관부서 협 조	- 교통통제 신고 : 가평경찰서 - 관리주체 : 의정부국토관리사무소

2. 안전관리 조직

1) 조직도

본 과업수행에 필요한 적정인력을 전담 배치하여 안전관리에 차질이 없도록 하여 진 단업무가 원활히 수행될 수 있도록 한다.



3. 안전관리 운영계획

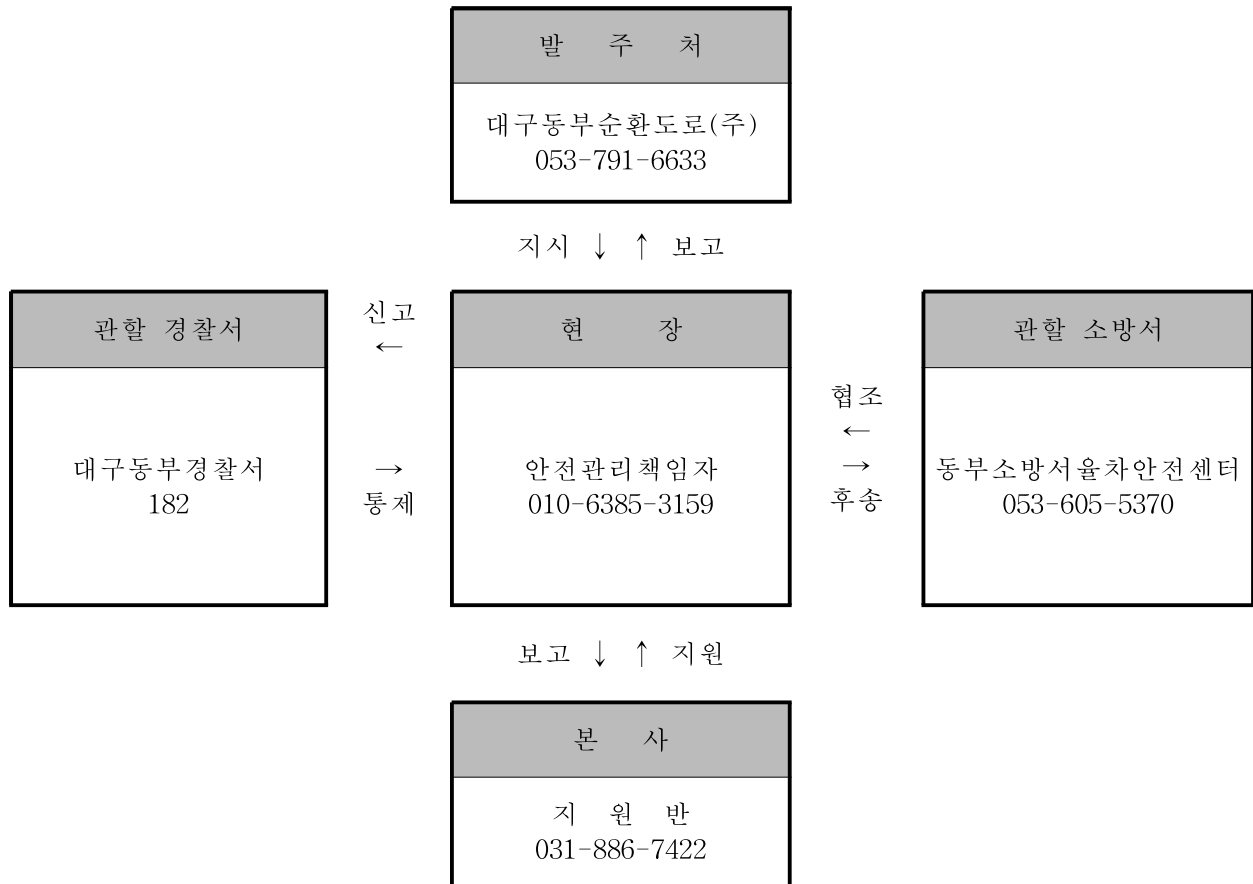
1) 보호구

점검참여자 모두는 노동부장관 검정합격품으로써 보호구(안전모, 안전화, 안전조끼)를 착용하고 적합한 안전시설을 설치 사용한다.

2) 안전사고의 처리

안전관리자는 안전사고 발생시 응급조치를 취할 수 있도록 하고 신속하게 인근 병원으로 후송하며 관리법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간내에 산업재해조사표에 의하여 노동부 관할 지방사무소에 보고한다. 이를 위해 사전에 관리주체와 인근병원 등의 비상연락체계를 구성하여 신속하게 대처하도록 한다.

비 상 연 락 망



3) 안전수칙

- ① 재하시험 및 현장조사시는 사전에 관할경찰서와 협의한 후 교통신호수 및 안전시설 물 등을 설치하여 안전조치를 취한 후 점검을 실시한다.
- ② 현장조사시 안전관리자가 입회하도록 하며, 특별교육을 실시한다.
- ③ 점검자는 반드시 보호구(안전모, 안전화, 안전조끼)를 착용한다.
- ④ 일기조건으로 작업수행이 곤란한 경우에는 현장조사를 하지 않는다.
- ⑤ 공공의 안전과 관계가 있는 경우에는 적절한 조치 (출입금지, 접근금지, 등의 표지 판설치, 감시인 배치 등)를 한다.
- ⑥ 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전 협의를 하며, 관리주체가 위험 장소의 사용자에게 작업사실을 공지할 수 있도록 사전 협조를 한다.

- ⑦ 야간 또는 어두운 곳에서의 진단시에는 충분한 밝기의 조명시설을 갖추고 식별이 용이하도록 조치를 하며 수시로 진단자 상호간에 연락을 취한다.
- ⑧ 유해가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀 측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업한다.
- ⑨ 전기를 사용할 경우에는 감전사고 예방조치를 취한다.
- ⑩ 각종 측정장비의 사용할 때 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.

4. 교통처리 계획

본 과업의 대상시설물의 현장조사(점검차 사용)시 안전사고 등이 우려되므로 주간작업을 원칙으로 하고, 안전사고 방지 및 교통소통을 원활하게 하기 위하여 다음과 같이 교통처리 계획을 수립하여 실시한다.

1) 통제 방법

구 분	통제방법	점용기간	점용시간
현장조사 (점검차 사용시)	시설물 1개 차로 부분통제	약 5일	(09:00~17:00)

2) 교통 소통 방법

- 교통량이 많은 출,퇴근 시간대는 피하여 교통통제를 실시하며, 현장조사 중 교통량에 따라 탄력적으로 통제 시행
- 우기 및 안개 발생시는 작업을 중단한다.

3) 통제 계획

- ① 교통사고 방지대책
 - 교통유도원을 상시 배치한다.
 - 차량 유도를 위한 현수막, 안전간판 및 라바콘을 설치한다.
 - 안전관리자에 의한 안전교육을 실시한다.

② 교통 유도원 배치

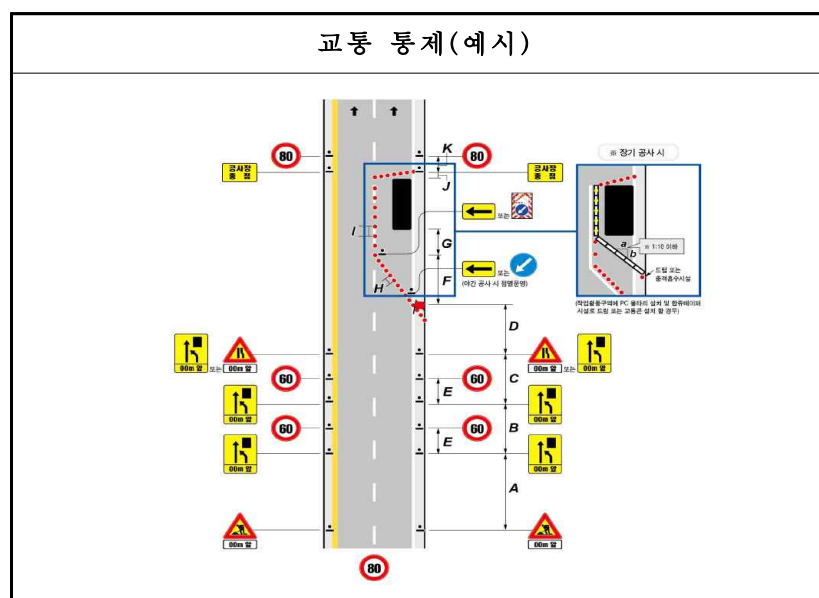
- 유도원은 안전장구 및 안전조끼를 착용하고 전자신호봉으로 차량을 유도한다.
- 점검자는 도로를 무단 횡단하여서는 안되며, 안전조끼를 착용한다.
- 안전요원은 정위치를 무단이탈 하여서는 안된다.
- 전 작업자는 안전장구를 착용한다.

③ 안전표지판 설치

- 안전표지판은 점검구간 원거리로부터 설치하여 철거는 역순으로 한다.
- 라바콘 설치간격은 5m 간격으로 설치한다.
- 안전시설물은 교통통제계획도에 의거 기준에 맞게 설치한다.

4) 교통통제 투입 장비 및 예시

항 목	용 도	비 고
무전기	통제작업 지휘 및 연락	· 신호수 1인당 1개 · 사업총괄책임자 1개 · 안전관리자 1인당 1개
싸인보드	차량유도 및 통제	통제 차량 부착
신호봉	차량유도 및 통제	진 신호수(통제요원)
라바콘	차량유도 및 통제	진입부 및 진단구간
교통 통제 안내판, 현수막	차량 통제 홍보	시·종점부
안전모, 안전조끼	신호수 및 점검자의 안전보호	진 신호수 및 점검자
호루라기	차량유도 및 통제신호	진 신호수 및 안전관리자



IV. 사전검토보고서

1. 과업명
2. 배경 및 목적
3. 과업의 범위
4. 사전검토 내용
5. 결론

Ⅳ. 사전검토보고서

1. 과업명 : 범안대교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역 [정밀안전진단, 내진성능평가, 성능평가]

2. 배경 및 목적

시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부고시 제2018-45호, '18.01.18)의 제8조5항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서의 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 사전검토보고서에 수록하고자 함.

3. 과업의 범위

1) 대상시설물의 개요

구 분	구조형식	연 장(m)	폭(m)	설계하중	준공년도	비 고
범안대교	STB	545	21	DB-24/ DL-24	2002년 8월	정밀안전진단 내진성능평가

2) 과업의 범위(정밀안전진단)

구 분	시설물명		점점 및 진단 실시범위			금회실시범위
			정기점검	정밀안전점검	정밀안전진단	정밀안전진단
주요 부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	●
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 기초	○	○	○	●
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	●
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간·연석, 교면포장	○	○	○	●
보조부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보	○		○	●

3) 과업의 범위(내진성능평가)

과업항목	기본과업	비고
예비평가	·설기존교량의 지진도, 취약도, 영향도를 고려하여 내진 그룹화하여 평가 ·“내진보강 핵심교량”, “내진보강 중요교량” ·“내진보강 관찰교량” 및 “내진보강 유보교량” ·4개 그룹으로 분류하고 동 순서대로 우선순위를 부여 ·우선순위가 높은 내진그룹에 속하는 교량에 대하여 우선적으로 내진성능 평가를 수행	
상세평가	·일반사항 ·지진하중 및 조합탄성지진력 ·구성요소의 내진성능 평가	
내진보강대책	·설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교·검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물(즉, 내진성능 상세평가 결과 내진성능이 부족할 경우)에 대해서는 내진보강 대책을 제시 ·내진 보강 대책 수립 시 구조물 부위별로 보강공사비를 산정 ·내진 보강 후 대상시설에 대한 내진성능을 재평가하여 내진성능이 확보되었음을 확인	

4. 사전검토 내용

1) 유지관리자료 보유 현황 검토

구 분	보존 대상 목록	관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡) - 상부·하부 구조물도, 빔상세도 - 신축이음, 교량받침 상세도	보유	
시설물 관리대장	◦ 기본현황, 상세제원 ◦ 유지관리 이력	보유	
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고이력	일부보유	
안전점검 자료		보유	
보수·보강 자료		보유	

2) 과업의 범위(정밀안전진단)

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	- 설계도서 - 시설물관리대장 - 시공관련자료 - 안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 - 보수·보강이력 검토·분석	○ 좌동	
현장조사 및 시험	- 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파진달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험	○ 좌동	
상태평가	- 외관조사 결과분석 - 현장시험 및 재료시험 결과분석 - 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 - 부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	○ 좌동	
안전성평가	- 조사, 시험, 측정결과의 분석 - 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 - 내하력 및 구조 안전성평가 - 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	○ 과업지시서에 따라 재진단인 경우는 전차진단보고서의 안전성평가 결과를 활용	
종합평가	- 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 - 안전등급 지정	○ 좌동	
보수·보강 방법	보수·보강 방법 제시	○ 좌동	
보고서작성	CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○ 좌동	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	- 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) - 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	- 시료채취 및 실내시험 - 지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 - 수중조사 - 조사용 접근장비 운용 - 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 - 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험	○ 재하시험(선택과업) ○ 수중조사(선택과업) ○ 코어채취(선택과업)	× × ×
안전성평가	- 구조해석 - 구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 - 내진성능 평가 및 사용성 평가 - 임시 고정하중에 대한 안전성평가	○ 구조해석 ○ 내진성능평가	× ○
보수·보강 방법	- 내진보강 방안 제시 - 시설물 유지관리 방안 제시	○ 내진보강 방안 제시 ○ 시설물 유지관리 방안 제시	○ ○

3) 시험항목 및 수량(정밀안전진단)

시험항목	부재 및 수량		비고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 시험	5경간 이내: 4~6개소(상부구조에서 최소2개소 이상) 5경간 이상: 6~9개소(상부구조에서 최소3개소 이상)		
철근 탐사	- 철근콘크리트: 2개소/50m - 강합성교: 1개소/50m	1개소/50m - 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
염화물 조사	3개소 이상 (상부구조에서 최소 1개소 이상)		
균열깊이 조사	부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		Cw=0.3mm 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	박스거더교: 2개소/경간별 거더		맞대기용접부

[금회 시험 수량]

항 목	기 준 수 량		수 량(개소)				비 고
	상부구조 (Steel Box)	하부구조	기 준		실시		
			상부 (상/하)	하부 (상/하)	상부 (상/하)	하부 (상/하)	
반발경도 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9/9	10/10	9/9	11/11	조정비 500m이상 교량
초음파 전달속도시험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9/9	10/10	9/9	11/11	
철근탐사 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9/9	10/10	9/9	11/11	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이상: 6~9개소 ¹⁾				5/4	4/6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ²⁾				1/1	2/2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수 량 결정				1/1	1/1	
강재용접부 초음파탐상시험	• 박스거더교 : 2개소/경간별 거더				57/57	-	맞대기 용접부
강재거더 도막두께측정	• 박스거더교				30/30	-	
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시							
주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시							

4) 과업의 범위(내진성능평가)

과업항목	기본과업	금회 과업내용
예비평가	·설기존교량의 지진도, 취약도, 영향도를 고려하여 내진 그룹화하여 평가 ·“내진보강 핵심교량”, “내진보강 중요교량” “내진보강 관찰교량” 및 “내진보강 유보교량” 4개 그룹으로 분류하고 동 순서대로 우선순위를 부여 ·우선순위가 높은 내진그룹에 속하는 교량에 대하여 우선적으로 내진성능 평가를 수행	◦ 좌동
상세평가	·일반사항 ·지진하중 및 조합탄성지진력 ·구성요소의 내진성능 평가	◦ 좌동
내진보강대책	·설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교·검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물(즉, 내진성능 상세평가 결과 내진성능이 부족할 경우)에 대해서는 내진보강 대책을 제시 ·내진 보강 대책 수립 시 구조물 부위별로 보강공사비를 산정 ·내진 보강 후 대상시설에 대한 내진성능을 재평가하여 내진성능이 확보되었음을 확인	◦ 좌동

5) 과업의 범위(성능평가)

과업항목	기본과업	금회 과업내용
자료수집 및 분석	◦ 준공도면, 구조계산서, 공사기록, 사용제한사항, 부대시설물, 기타 환경조건 등 ◦ 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면, 안전점검, 기술자문 자료 등 ◦ 시설물관리대장 ◦ 보수·보강 자료 등 기타 정밀점검에 필요하다고 판단되는 자료	◦ 좌동
현장조사 및 제반관련 시험 실시	◦ 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종 손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다. ◦ 현장조사는 “시설물의 안전점검 및 성능평가 지침”과 “세부지침”에 의해 실시하며, 점검대상 시설물에 대한 상세외관조사 및 필요시 현장시험을 실시하여 상태평가 및 성능평가에 활용한다. ◦ 상세 외관조사 시 주요결함이 발견되거나 안정성 검토가 필요한 경우 즉시 감독원의 지시에 따라 적절한 조치를 취한다.	◦ 좌동
안전성능평가	◦ 시설물의 부재별 외관조사 및 결과 분석 ◦ 현장 재료시험 결과 분석, 구조해석 ◦ 대상 시설물(부재)에 대한 상태 안전 및 구조안전, 내구 성능평가 수행 ◦ 시설물 전체의 성능평가 결과에 대한 책임기술자의 소견 ◦ 책임기술자는 성능평가를 통해 실시 결과에 따라 결정된 안전성능, 내구성능 등급을 종합하여 종합성능등급을 결정하여야 한다.	◦ 좌동
보수·보강 방법 및 유지관리 전략 제안	◦ 보수·보강 방안(공법, 우선순위 및 시기)제시, 유지관리 전략 제안 등	

5. 결론

1) 정밀안전진단

- 과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재료시험수량은 지침과 부합됨.
- 금회 재하시험 및 수중조사는 비용이 반영되지 않음.
 - 재하시험의 경우 상태평가 결과가 양호하고, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하며, 평가자가 판단할 때 내하력 평가에서 재하시험이 불필요한 경우로 재하시험은 진행하지 않음.
 - 수중조사의 경우 하천 구간의 경우 최초 정밀안전진단 시 실시 하였고, 조사당시 교각부는 수중구간이 없는 상태로 확인되어 제외함.
- 구조해석의 경우 비용이 반영되지 않은 것으로 확인되었고, 과업지시서에 따라 재진단인 경우는 전차진단보고서의 안전성평가 결과를 활용함(전차보고서의 오류, 구조물의 강도저하나 단면손실, 고정 하중의 변화 등 안전성 재평가가 필요한 경우는 담당자에게 보고하여 승인을 받아 실시할 예정임)

2) 내진성능평가

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 내진성능평가 비용은 반영 되었으므로, 지침과 부합됨.

3) 성능평가

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 성능평가 비용은 반영 되었으므로, 지침과 부합됨.