

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

연호고가교 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 : 연호고가교 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	연호고가교	대구광역시 수성구 연호동	S.T.B GIR.	410m	28.9m	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.

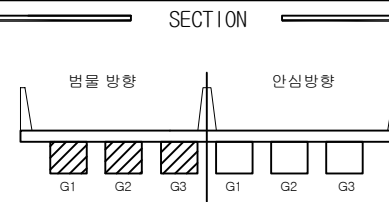
VII. 성과품 납품목록

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

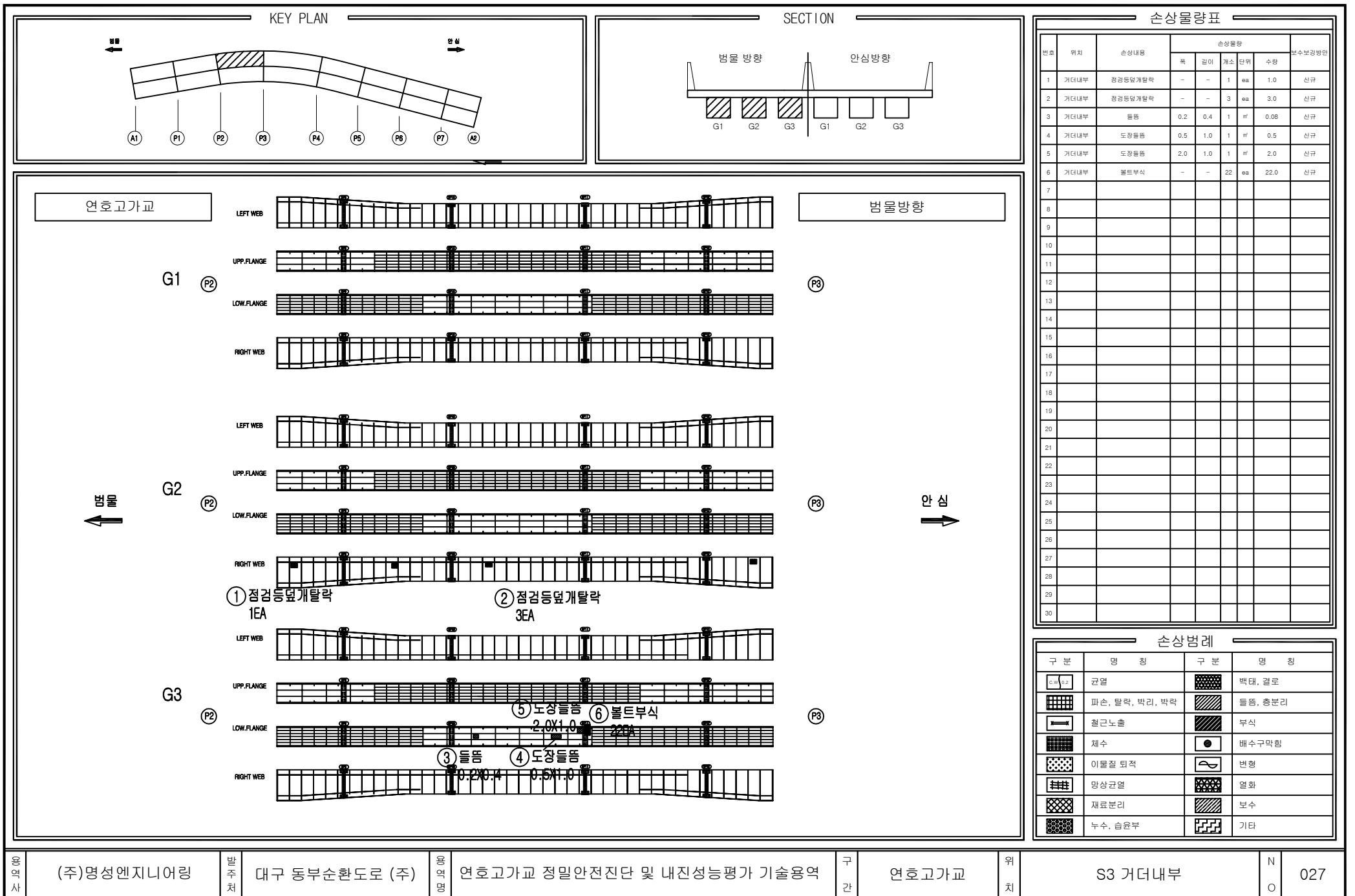
2. 외관조사망도

2.1 연호고가교



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거터외부	도장박리	0.3	0.2	1	㎡	0.06	재도장
2	거터외부	도장박리	0.1	1.0	2	㎡	0.2	신규
3	거터외부	도장박리	0.1	0.1	2	㎡	0.02	신규
4	거터외부	도장박리	0.3	0.2	1	㎡	0.06	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		백래, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		불응, 총분리
	절근노출		부식
	채수		배수구멍침
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

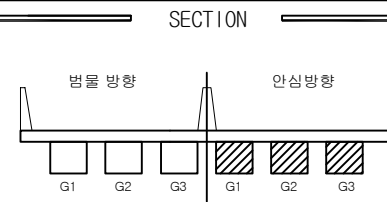
연호고가교

위치

S3 거더내부

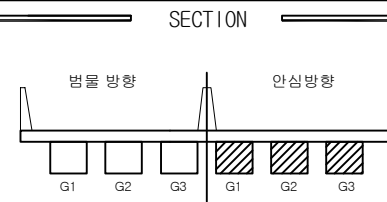
N

027



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강명안
			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
	군열		백대, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		둘줄, 충분리
	절근노출		부식
	채수		배수구막침
	이물질 퇴적		변형
	망상군열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타



번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거터내부	살랑저리미습	-	-	2	ea	2.0	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								

구분	명칭	구분	명칭
	균열		백래, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		불응, 총분리
	절근노출		부식
	채수		배수구멍침
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

SECTION

A technical drawing of a rectangular section. The rectangle is divided horizontally by a dashed line, indicating a break or continuation. The word "SECTION" is centered above the rectangle. The drawing is enclosed in a rectangular frame with a double-line border on the left and top sides.

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교대	누수흔적	0.2	1.0	1	㎡	0.2	주의관찰
2	교대	균열	0.2	0.8	1	m	0.8	주의관찰
3	교대	균열	0.1	0.6	1	m	0.6	주의관찰
4	교대	균열	0.1	2.0	1	m	2.0	주의관찰
5	교대	파손	12.0	0.1	1	㎡	1.2	단면보수
6	교대	누수흔적	0.2	1.0	1	㎡	0.2	주의관찰
7	교대	누수흔적	1.0	4.0	1	㎡	4.0	손상증가
8	신축이음	충음재 탈락	-	2.0	1	m	2.0	주의관찰
9	방침장치	방침콘크리트균열	0.1	0.2	4	m	0.8	주의관찰
10	교대	누수흔적	5.0	2.0	1	㎡	10.0	신규
11	교대	균열	0.1	1.5	1	m	1.5	신규
12	교대	누수흔적	7.0	2.0	1	㎡	14.0	신규
18	교대	벽태	0.2	0.2	1	㎡	0.04	신규
14	교대	파손	0.3	0.3	1	㎡	0.09	신규
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

안심방향 **A1** **범물방향**

SH 12 SH 1

① 누수흔적 (0.2X1.0)@2ea
② 0.2/0.8
③ 0.1/0.6
④ 0.1/2.0
⑤ 파손 12.0X0.1
⑥ 누수흔적 0.2X1.0
⑩ 누수흔적 5.0X2.0
⑪ 0.1/1.5
⑫ 누수흔적 7.0X2.0

범물방향 **A2** **안심방향**

SH 1 SH 12

⑨ 방침콘크리트 균열 (0.1/0.2)@4ea
⑬ 백태 0.2X0.2
⑭ 파손 0.3X0.3
⑧ 흡유재 탈락 L=2.0m
⑦ 누수흔적 1.0X4.0

067

A cross-sectional view of the bridge deck, labeled "SECTION". It shows three box girders supported by two central piers. The top of the bridge deck is shown with a dashed line, indicating a break or continuation. The piers are shown in cross-section, with vertical reinforcement visible. The bridge deck is shown with a top flange and a bottom flange, with vertical stiffeners connecting them.

손상물량표								
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	깊이	개소	단위	수량	
1	교각	균열	0.2	0.8	1	m	0.8	주의관찰
2	교각	균열	0.1	1.5	1	m	1.5	주의관찰
3	교각	양상균열	2.0	2.0	1	㎡	4.0	주의관찰
4	교각	균열	0.1	1.5	1	m	1.5	신규
5	교각	양상균열	1.0	1.0	1	㎡	1.0	신규
6	교각	양상균열	1.0	1.0	1	㎡	1.0	신규
7	교각	양상균열	1.0	2.0	1	㎡	2.0	신규
8	교각	양상균열	2.0	2.0	1	㎡	4.0	신규
9	교각	양상균열	1.0	2.0	1	㎡	2.0	신규
10	교각	도랑박리	0.1	0.5	2	㎡	0.1	신규
11	교각	도랑박리	0.1	0.5	2	㎡	0.1	신규
12	교각	도랑박리	0.1	0.5	1	㎡	0.05	신규
13	교각	도랑박리	0.1	0.5	1	㎡	0.05	신규
14	교각	도랑박리	0.1	0.3	1	㎡	0.03	신규
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례			
구분	명칭	구분	명칭
	근열		벽대, 결로
	파손, 틈락, 막리, 막락		틀통, 층분리
	철근노출		부식
	채수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상근열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

연호고가교

The diagram illustrates the structural layout of the Yeonho Goggyo bridge. The plan view at the top shows the bridge deck with various components labeled with circled numbers and dimensions. The cross-sections A1 and A2 provide detailed views of the bridge's vertical structure and support systems.

Plan View Components:

- ⑩ 도장박리 0.1X0.5 X2EA
- ⑪ 도장박리 0.1X0.5 X2EA
- ⑫ 도장박리 0.1X0.5
- ⑬ 도장박리 0.1X0.5
- ⑭ 도장박리 0.1X0.3

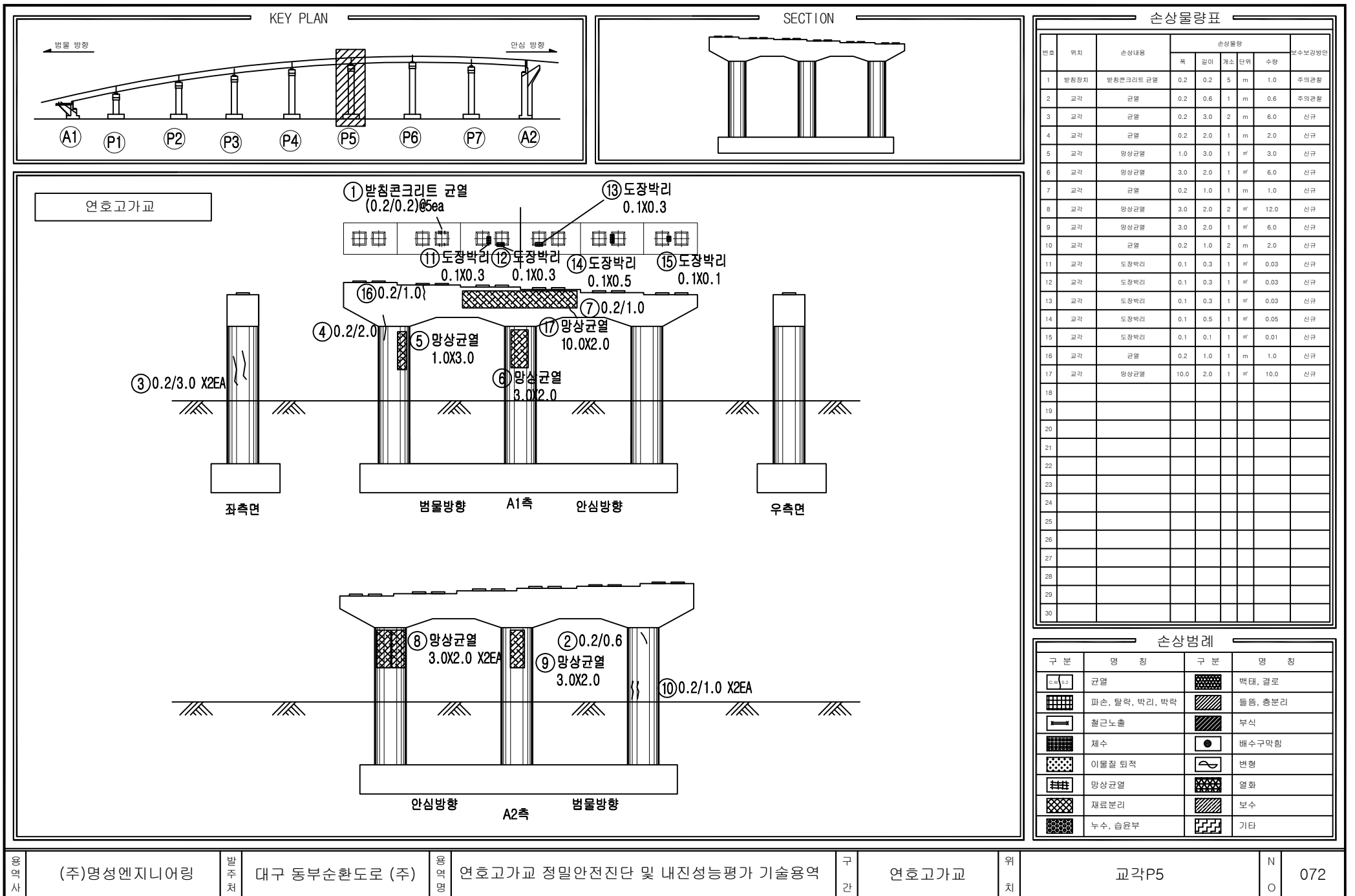
Cross-Section A1 (범물방향):

- ④ 0.1/1.5 (Left side)
- ② 0.1/1.5 (Left side)
- ⑤ 망상균열 1.0X1.0
- ⑥ 망상균열 1.0X1.0
- ⑦ 망상균열 1.0X2.0
- ① 0.2/0.8

Cross-Section A2 (안심방향):

- ③ 망상균열 2.0X2.0
- ⑧ 망상균열 2.0X2.0
- ⑨ 망상균열 1.0X2.0

069



용역사

(주)명성엔지니어링

발주처

대구 동부순환도로 (주)

용역명

연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간

연호고가교

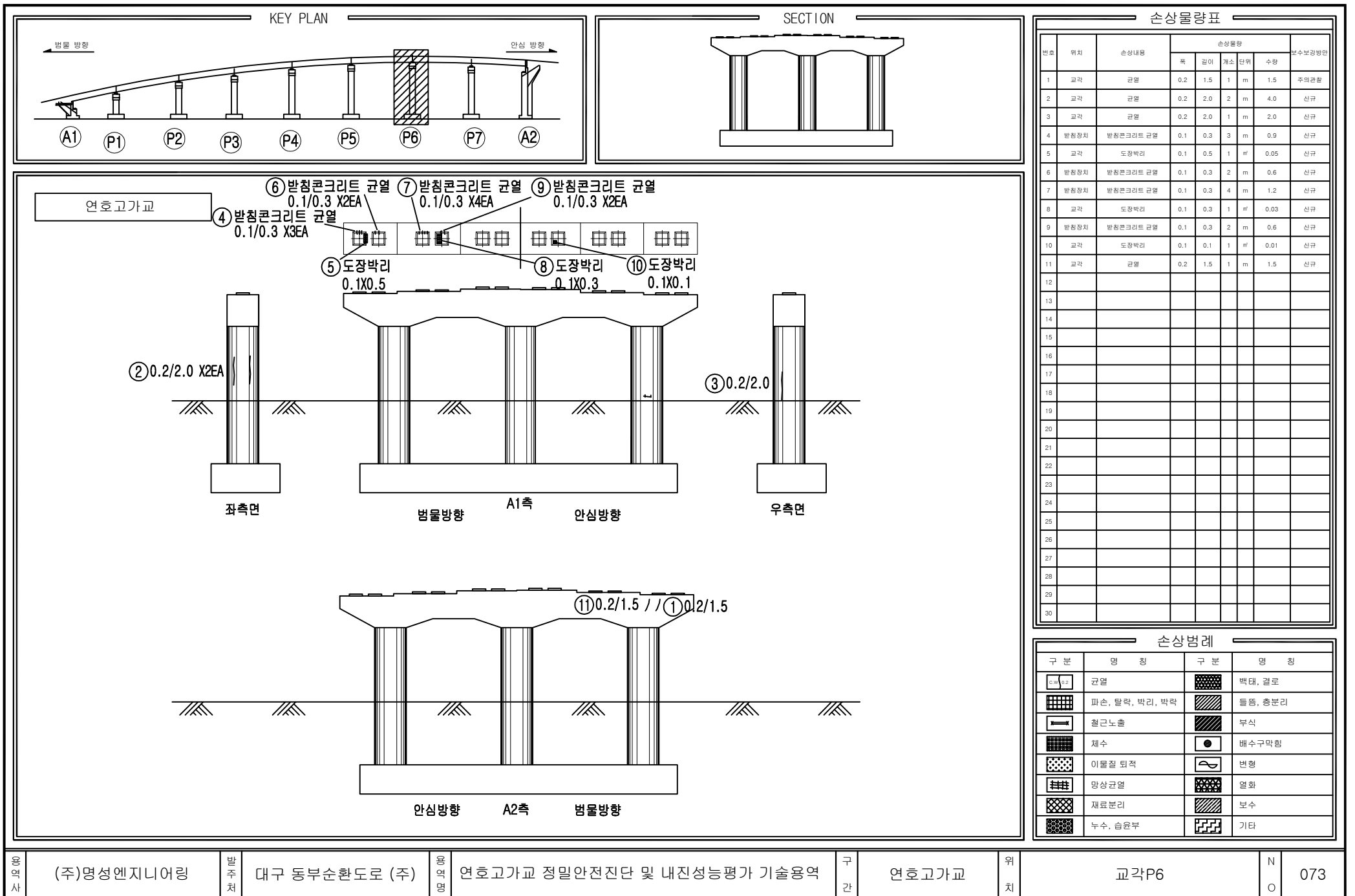
위치

교각P5

N

072

O



용역사 (주)명성엔지니어링

발주처 대구 동부순환도로 (주)

용역명 연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

구간 연호고가교

위치 교각P6

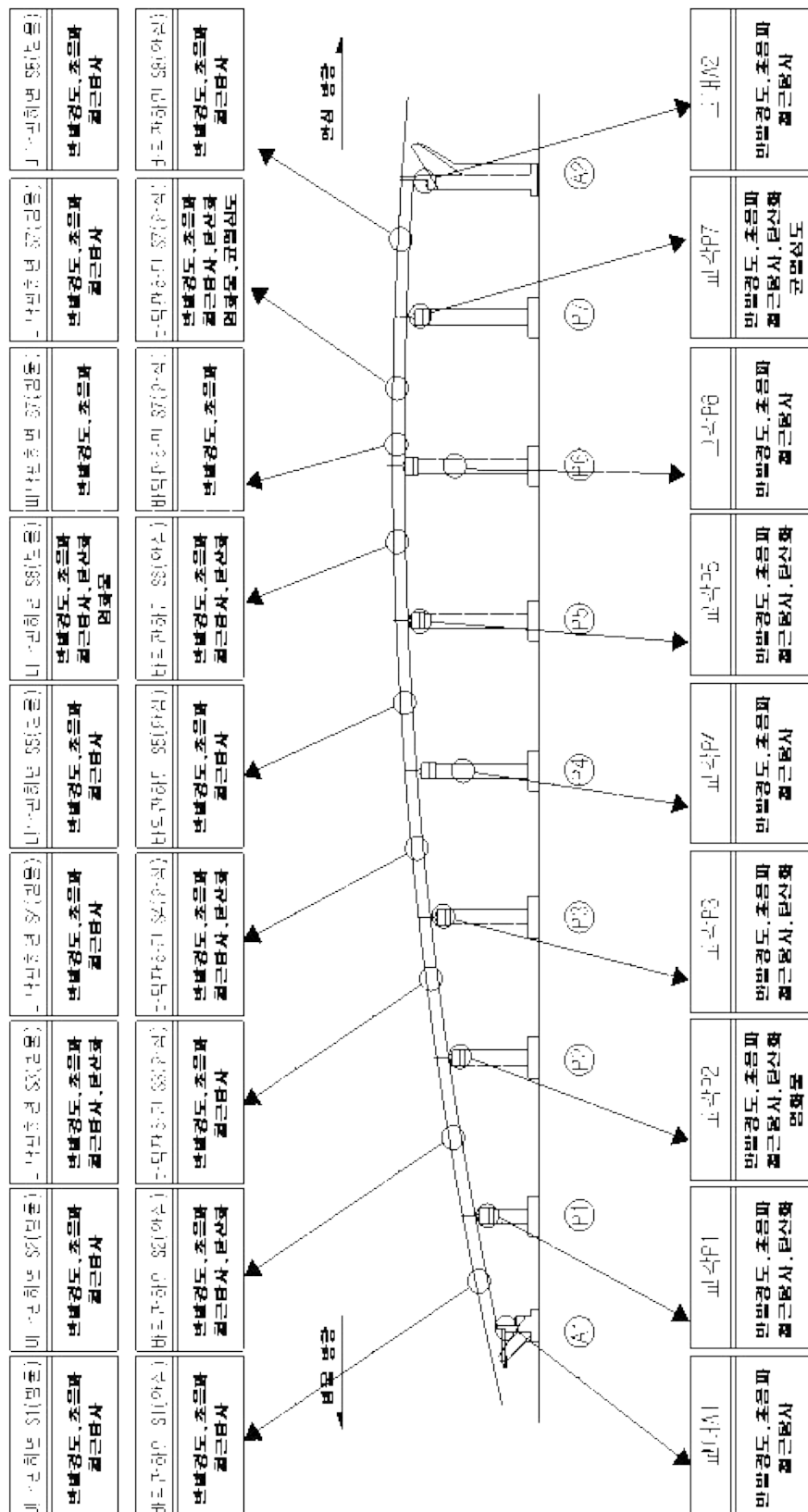
N 073

3. 측정, 시험 성과표

3.1 연호고가교

연호고가교 시험 보고서

재료시험 위치도



연호고가교 시험 보고서

시험현황 사진



반발경도 시험부위 면정리



반발경도시험



초음파속도 시험



탄산화 시험(드릴링)



탄산화 시험(버니어캘리퍼스)



철근탐사 시험 - 피복깊이 측정

연호고가교 반발경도시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 14. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=410.0m(3@50m+60m+4@50m), B=28.9m
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	10.9 ~ 13.2℃, 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

연호고가교 초음파전달속도 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 14. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=410.0m(3@50m+60m+4@50m), B=28.9m
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	10.9 ~ 13.2℃, 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

연호고가교 탄산화 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
구조물 명칭	연호고가교
구조물 경과 년수	준공 후 20년 경과
시험 일자	일자 : 2022. 4. 14. 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

연호고가교 철근탐사 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 14. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험시의 온도	10.9 ~ 13.2℃
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=410.0m(3@50m+60m+4@50m), B=28.9m
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			연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역												
측정년월일			2022년 04월 14일												
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 Fca n
			측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R			Fc	Fc αn			
S1	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	52	53	57	56	56	54.7	-2.73	51.9	공식1	47.9	3000 일 이상	0.63	30.2
			54	55	51	51	54				공식2	46.9			29.6
			55	56	53	55	56								
			55	56	54	54	60								
S2	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	54	53	60	52	56	55.1	-2.70	52.4	공식1	48.5	3000 일 이상	0.63	30.5
			54	53	53	54	54				공식2	47.3			29.8
			60	57	56	56	54								
			57	54	57	52	55								
S3	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	56	56	57	54	52	55.0	-2.70	52.3	공식1	48.4	3000 일 이상	0.63	30.5
			57	56	54	55	65				공식2	47.2			29.7
			60	53	52	52	54								
			54	54	50	57	52								
S4	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	50	50	50	49	52	51.2	-3.01	48.1	공식1	43.1	3000 일 이상	0.63	27.2
			50	47	49	52	54				공식2	44.2			27.9
			55	53	50	54	52								
			50	52	52	50	52								
S5	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	54	54	67	56	52	53.2	-2.84	50.4	공식1	46.0	3000 일 이상	0.63	29.0
			53	56	59	52	54				공식2	45.8			28.9
			53	53	52	56	49								
			50	52	54	50	52								
S6	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	52	54	50	52	48	51.4	-3.00	48.4	공식1	43.4	3000 일 이상	0.63	27.3
			54	52	50	50	55				공식2	44.4			28.0
			54	52	53	50	50								
			54	53	49	49	46								
S7 (단부)	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	59	51	50	52	52	52.3	-2.92	49.4	공식1	44.7	3000 일 이상	0.63	28.2
			49	52	52	52	51				공식2	45.1			28.4
			52	53	55	54	51								
			45	52	54	55	55								
S7 (중앙부)	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	55	50	58	50	60	54.2	-2.77	51.4	공식1	47.3	3000 일 이상	0.63	29.8
			54	59	50	52	59				공식2	46.6			29.3
			60	56	51	52	54								
			54	54	51	54	50								
S8	바닥판하면 캔틸레버 범몰방향	90	53	51	52	51	57	52.8	-2.88	49.9	공식1	45.4	3000 일 이상	0.63	28.6
			52	53	58	52	55				공식2	45.5			28.7
			52	52	52	51	54								
			52	52	54	52	51								

(단위 : MPa)

과업명			연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역													
측정년월일			2022년 04월 14일													
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 αn	재령보정 추정강도 Fca n		
			측정치 (평균치의±20% 제외)												평균치 R	
S1	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	57	50	49	56	48	52.2	-2.92	49.3	공식1	44.6	3000 일 이상	0.63	28.1	
			51	52	58	50	55				공식2	45.1			28.4	
			51	55	58	49	55									
			49	58	47	48	48									
S2	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	44	55	57	56	58	54.1	-2.77	51.3	공식1	47.2	3000 일 이상	0.63	29.7	
			52	56	54	54	55				공식2	46.5			29.3	
			52	54	55	48	54									
			55	56	55	54	58									
S3	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	45	54	46	57	50	52.1	-2.94	49.1	공식1	44.4	3000 일 이상	0.63	28.0	
			53	53	56	54	54				공식2	44.9			28.3	
			52	50	53	54	51									
			51	49	56	50	53									
S4	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	52	50	55	53	56	51.8	-2.96	48.8	공식1	44.0	3000 일 이상	0.63	27.7	
			52	54	52	52	50				공식2	44.7			28.2	
			53	54	52	52	53									
			54	50	47	44	50									
S5	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	52	50	54	49	48	51.3	-3.00	48.2	공식1	43.3	3000 일 이상	0.63	27.3	
			53	53	49	49	55				공식2	44.3			27.9	
			48	46	51	58	51									
			52	54	50	53	50									
S6	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	54	58	56	54	53	54.4	-2.75	51.7	공식1	47.6	3000 일 이상	0.63	30.0	
			57	54	52	52	55				공식2	46.8			29.5	
			53	51	56	52	57									
			60	55	52	52	55									
S7 (단부)	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	58	52	50	52	52	53.2	-2.84	50.4	공식1	46.0	3000 일 이상	0.63	28.9	
			57	51	52	52	51				공식2	45.8			28.9	
			52	53	55	54	51									
			56	52	54	55	55									
S7 (중앙부)	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	52	58	56	56	47	53.9	-2.80	51.1	공식1	46.8	3000 일 이상	0.63	29.5	
			48	56	56	56	57				공식2	46.3			29.2	
			56	57	58	50	54									
			56	47	53	54	50									
S8	바닥판하면 캔틸레버 안심방향	90	52	48	56	56	56	53.4	-2.84	50.5	공식1	46.2	3000 일 이상	0.63	29.1	
			48	56	56	48	57				공식2	45.9			28.9	
			56	57	58	48	54									
			56	48	53	54	50									

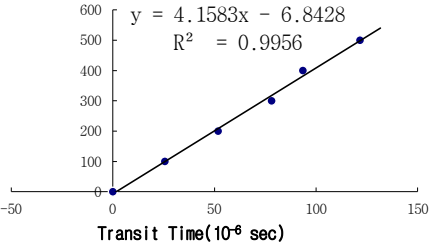
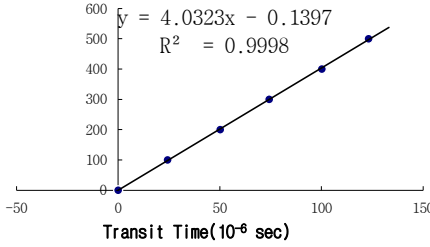
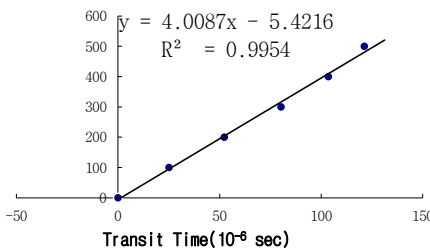
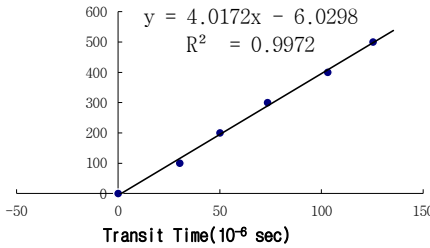
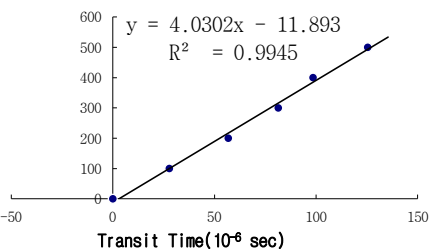
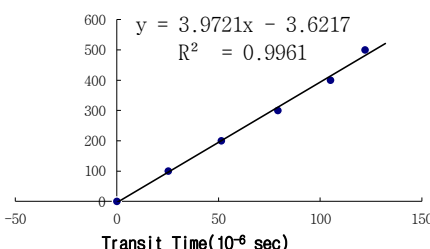
(단위 : MPa)

과업명			연호고가고 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역												
측정년월일			2022년 04월 14일												
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 Fca n	
			측정치 (평균치의±20% 제외)							평균치 R	Fc				
A1	교대	0	46	52	48	48	46	47.1	0.00	47.1	공식1	41.8	3000 일 이상	0.63	26.3
			50	45	46	48	47				공식2	43.5			27.4
			44	44	50	44	41								
			45	46	46	55	51								
A2	교대	0	44	45	51	51	50	48.1	0.00	48.1	공식1	43.1	3000 일 이상	0.63	27.1
			47	51	51	48	50				공식2	44.2			27.9
			48	47	47	44	49								
			50	46	47	46	50								
P1	교각 코핑부	0	50	46	47	46	45	47.3	0.00	47.3	공식1	42.1	3000 일 이상	0.63	26.5
			47	47	48	52	48				공식2	43.6			27.5
			46	46	48	46	49								
			46	46	50	47	46								
P2	교각 코핑부	0	50	47	48	47	45	47.4	0.00	47.4	공식1	42.2	3000 일 이상	0.63	26.6
			47	47	48	52	48				공식2	43.7			27.5
			46	46	48	46	49								
			46	46	50	46	46								
P3	교각 코핑부	0	47	48	50	48	47	48.0	0.00	48.0	공식1	42.9	3000 일 이상	0.63	27.0
			50	54	46	48	48				공식2	44.1			27.8
			48	48	52	48	46								
			47	46	45	46	47								
P4	교각 기둥부	0	47	45	50	50	48	46.9	0.00	46.9	공식1	41.6	3000 일 이상	0.63	26.2
			49	53	43	49	47				공식2	43.4			27.3
			45	43	46	51	44								
			45	46	46	46	45								
P5	교각 코핑부	0	51	42	48	50	46	47.8	0.00	47.8	공식1	42.7	3000 일 이상	0.63	26.9
			48	52	47	54	43				공식2	44.0			27.7
			48	50	51	50	48								
			44	43	45	48	48								
P6	교각 기둥부	0	46	50	50	48	45	47.9	0.00	47.9	공식1	42.8	3000 일 이상	0.63	26.9
			48	46	48	49	48				공식2	44.0			27.7
			48	48	50	47	45								
			47	47	48	46	53								
P7	교각 코핑부	0	58	55	48	50	46	49.0	0.00	49.0	공식1	44.2	3000 일 이상	0.63	27.9
			45	44	48	48	53				공식2	44.9			28.3
			50	50	50	47	49								
			46	45	46	52	50								

연호고가고

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
25.6	100	24.3	100
51.8	200	50.2	200
78.1	300	74.3	300
93.5	400	100.2	400
121.6	500	123.2	500
$V_i=$	4.158	$V_i=$	4.032
$V_d=$	4.366	$V_d=$	4.234
추정 압축강도 (s_{ck})	31.2(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	28.4(식1)
	32.2(식2)		30.9(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
25.1	100	30.3	100
52.3	200	50.1	200
80.2	300	73.5	300
103.5	400	103.1	400
121.2	500	125.4	500
$V_i=$	4.009	$V_i=$	4.017
$V_d=$	4.209	$V_d=$	4.218
추정 압축강도 (s_{ck})	27.9(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	28.1(식1)
	30.6(식2)		30.7(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
27.8	100	25.3	100
56.8	200	51.4	200
81.4	300	79.2	300
98.5	400	105.1	400
125.4	500	122.1	500
$V_i=$	4.030	$V_i=$	3.972
$V_d=$	4.232	$V_d=$	4.171
추정 압축강도 (s_{ck})	28.4(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.1(식1)
	30.8(식2)		30.2(식2)
			

연호고가고

Pulse Velocity Data Sheet

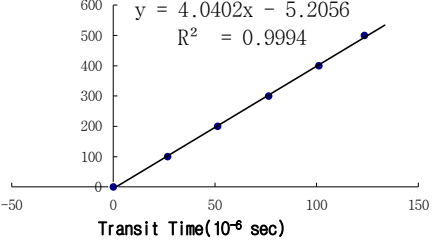
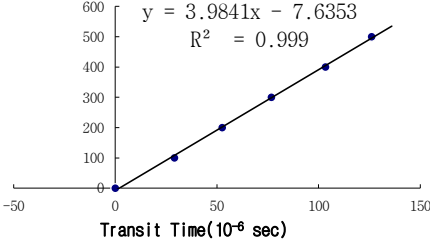
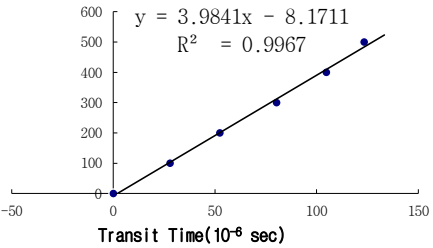
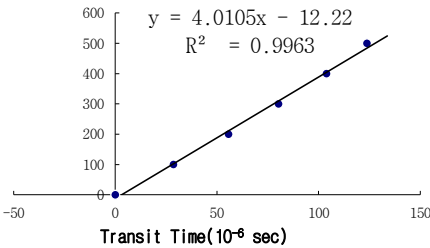
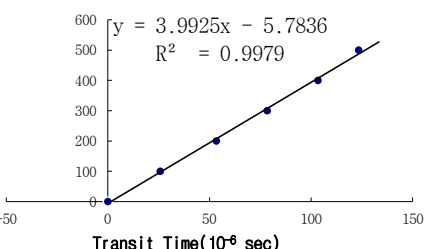
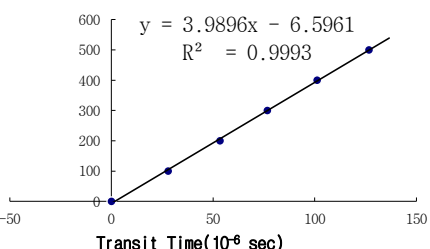
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	바닥판하면 S7(단부,범물)	시험위치	바닥판하면 S7(중앙,범물)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
23.5	100	24.6	100
50.1	200	47.3	200
76.8	300	75.1	300
101.5	400	93.4	400
123.9	500	120.1	500
$V_i=$	3.973	$V_i=$	4.186
$V_d=$	4.172	$V_d=$	4.395
추정 압축강도 (s_{ck})	27.1(식1) 30.2(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	31.8(식1) 32.5(식2)
시험위치	바닥판하면 S8(범물)	시험위치	바닥판하면 S1(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.1	100	25.7	100
49.6	200	51.3	200
73.2	300	80.2	300
102.3	400	104.1	400
123.5	500	122.9	500
$V_i=$	3.993	$V_i=$	3.971
$V_d=$	4.193	$V_d=$	4.170
추정 압축강도 (s_{ck})	27.6(식1) 30.4(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.1(식1) 30.2(식2)
시험위치	바닥판하면 S2(안심)	시험위치	바닥판하면 S3(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.8	100	27.3	100
53.4	200	50.4	200
73.5	300	82.1	300
98.4	400	102.4	400
124.5	500	122.9	500
$V_i=$	4.09	$V_i=$	3.998
$V_d=$	4.295	$V_d=$	4.198
추정 압축강도 (s_{ck})	29.7(식1) 31.5(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.7(식1) 30.5(식2)

연호고가고

Pulse Velocity Data Sheet

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

시험위치	바닥판하면 S4(안심)	시험위치	바닥판하면 S5(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
26.7	100	29.1	100
51.3	200	52.6	200
76.4	300	76.8	300
101.1	400	103.4	400
123.5	500	126.1	500
$V_i =$	4.04	$V_i =$	3.984
$V_d =$	4.242	$V_d =$	4.183
추정 압축강도 (s_{ck})	28.6(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.4(식1)
	30.9(식2)		30.3(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S6(안심)	시험위치	바닥판하면 S7(단부,안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.9	100	28.6	100
52.4	200	55.7	200
80.3	300	80.3	300
104.8	400	103.9	400
123.4	500	123.8	500
$V_i =$	3.984	$V_i =$	4.011
$V_d =$	4.183	$V_d =$	4.212
추정 압축강도 (s_{ck})	27.4(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	28(식1)
	30.3(식2)		30.6(식2)
			
시험위치	바닥판하면 S7(중앙,안심)	시험위치	바닥판하면 S8(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
25.8	100	27.9	100
53.4	200	53.4	200
78.4	300	76.7	300
103.4	400	101.2	400
123.4	500	126.7	500
$V_i =$	3.993	$V_i =$	3.99
$V_d =$	4.193	$V_d =$	4.190
추정 압축강도 (s_{ck})	27.6(식1)	추정 압축강도 (s_{ck})	27.5(식1)
	30.4(식2)		30.4(식2)
			

연호고가고

Pulse Velocity Data Sheet

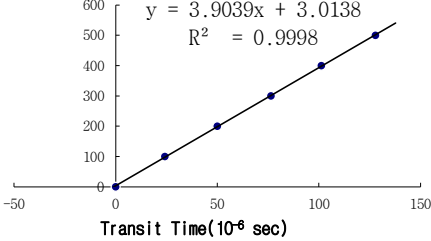
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

시험위치	교대 A1	시험위치	교대 A2
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
30.7	100	29.2	100
58.7	200	61.3	200
80.6	300	86.4	300
106.5	400	100.5	400
130.7	500	130.1	500
$V_i =$	3.867	$V_i =$	3.893
$V_d =$	4.060	$V_d =$	4.088
추정 압축강도 (s_{ck})	24.8(식1) 29.1(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	25.4(식1) 29.4(식2)
시험위치	교각 P1	시험위치	교각 P2
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
26.8	100	30.1	100
50.1	200	57.8	200
73.6	300	84.5	300
99.7	400	111.2	400
130.4	500	125.7	500
$V_i =$	3.906	$V_i =$	3.862
$V_d =$	4.101	$V_d =$	4.055
추정 압축강도 (s_{ck})	25.7(식1) 29.5(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	24.7(식1) 29.1(식2)
시험위치	교각 P3	시험위치	교각 P4
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
29.6	100	25.7	100
55.8	200	51.4	200
82.5	300	75.6	300
112.5	400	104.8	400
121.7	500	129.8	500
$V_i =$	3.901	$V_i =$	3.842
$V_d =$	4.096	$V_d =$	4.03
추정 압축강도 (s_{ck})	25.5(식1) 29.5(식2)	추정 압축강도 (s_{ck})	24.2(식1) 28.9(식2)

연호고가고

Pulse Velocity Data Sheet

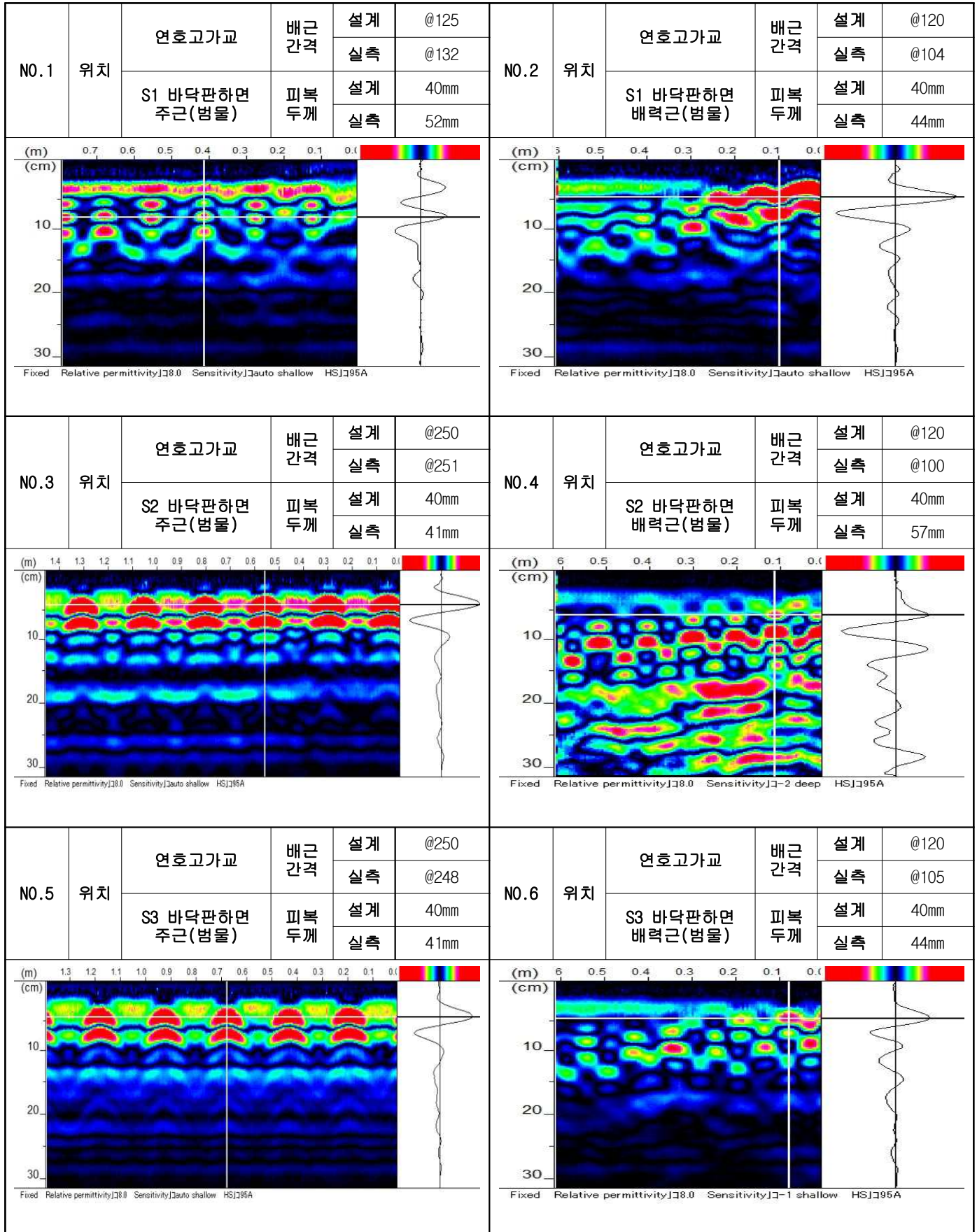
(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

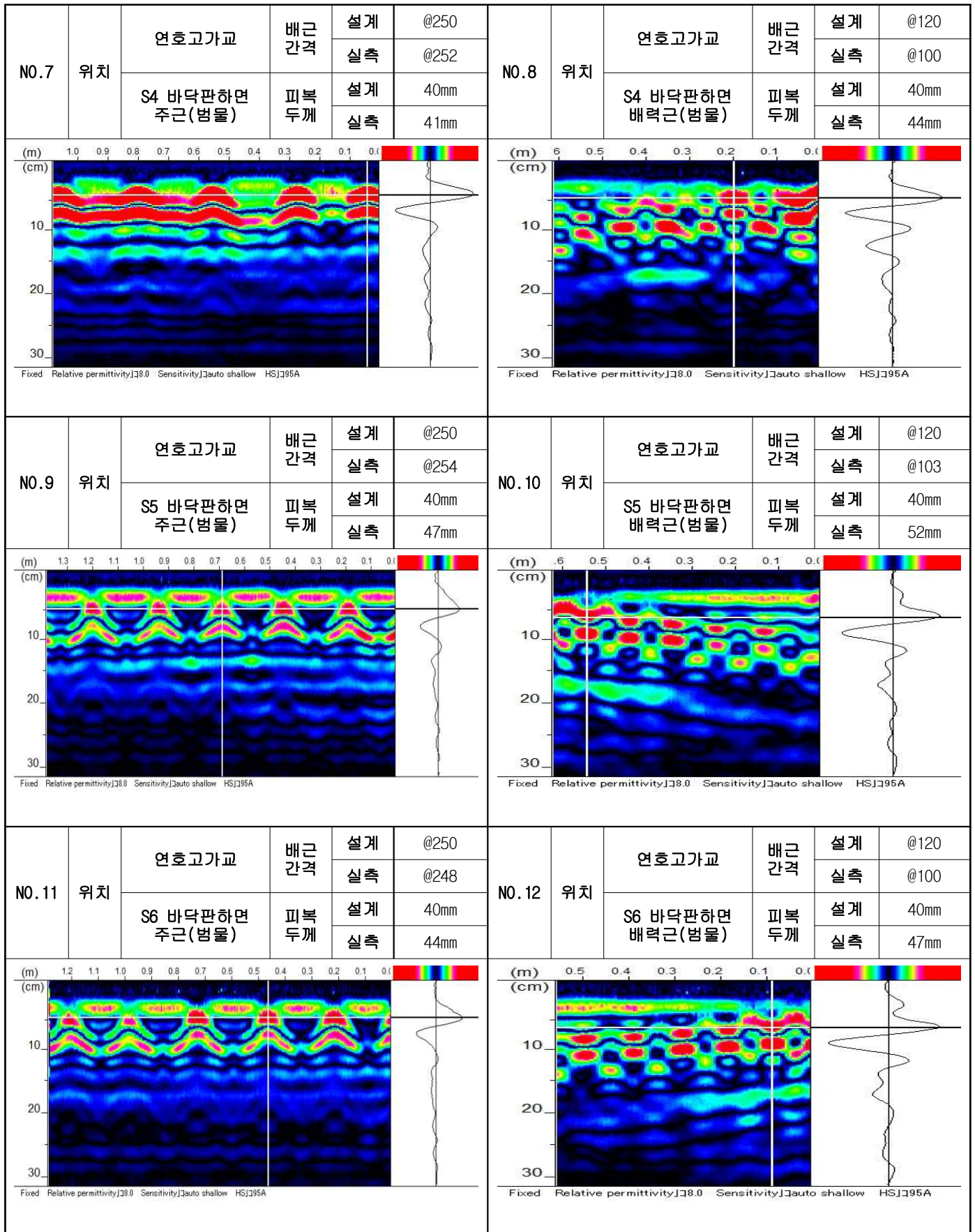
시험위치	교각 P5	시험위치	교각 P6
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.2	100	29.8	100
50.0	200	58.9	200
76.4	300	79.2	300
101.2	400	104.4	400
127.8	500	128.6	500
Vi=	3.904	Vi=	3.932
Vd=	4.099	Vd=	4.129
추정 압축강도 (s _{ck})	25.6(식1)	추정 압축강도 (s _{ck})	26.2(식1)
	29.5(식2)		29.8(식2)
			
시험위치	교각 P7	시험위치	—
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	—	0
25.2	100	—	100
51.3	200	—	200
77.5	300	—	300
100.8	400	—	400
130.5	500	—	500
Vi=	3.863	Vi=	—
Vd=	4.056	Vd=	—
추정 압축강도 (s _{ck})	24.7(식1)	추정 압축강도 (s _{ck})	—
	29.1(식2)		—
시험위치	—	시험위치	—
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
—	0	0	0
—	100	31.3	100
—	200	60.1	200
—	300	80.1	300
—	400	99.7	400
—	500	130.5	500
Vi=	—	Vi=	—
Vd=	—	Vd=	—
추정 압축강도 (s _{ck})	—	추정 압축강도 (s _{ck})	—
	—		—

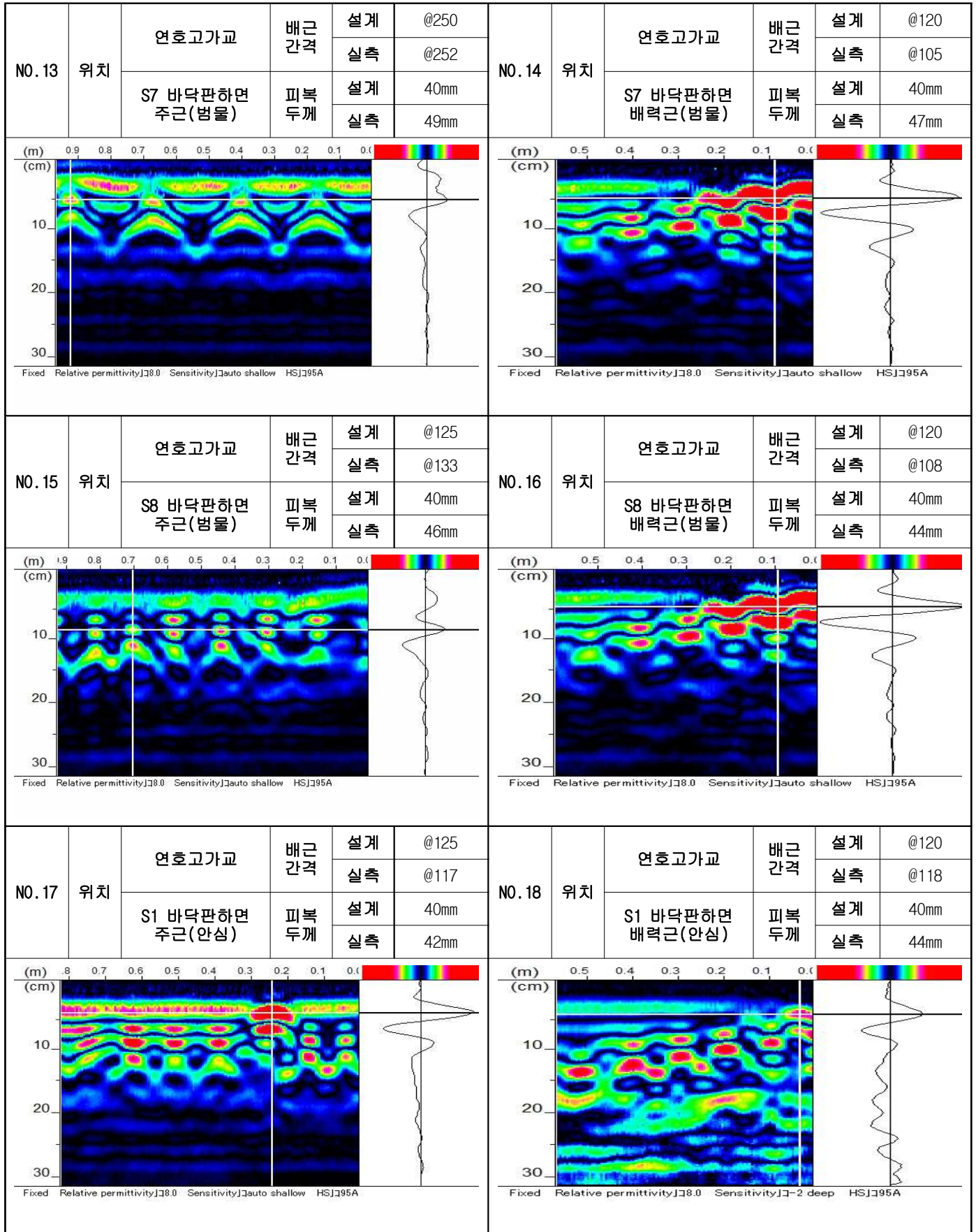
탄 산 화 시 험

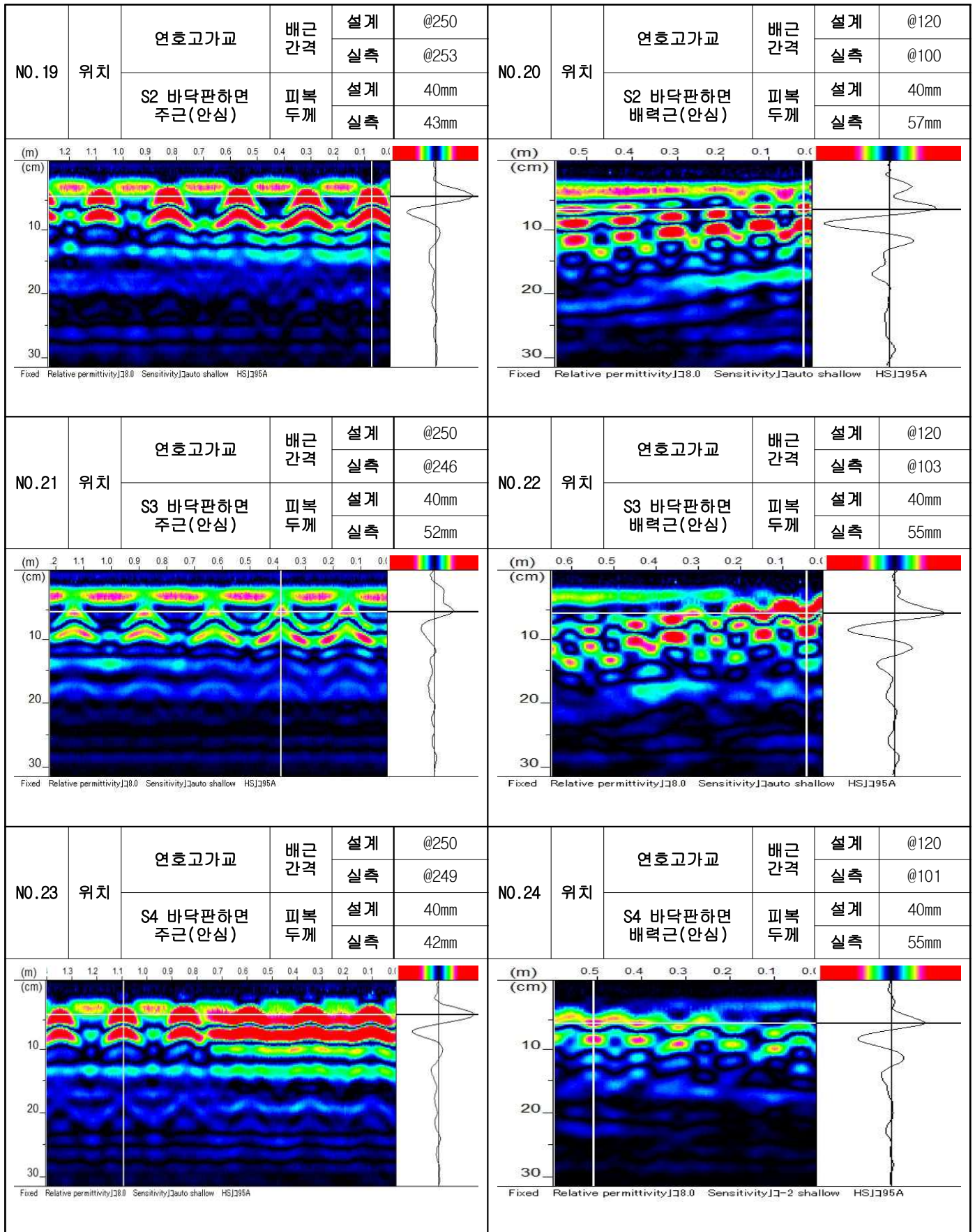
구분	부재		연번	위치	측정피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태 등급	수명 예측 (년)	잔존 수명예측 (년)	경과 년수	탄산화 계수
연호고가교	상부 구조	범물 방향	1	바닥판 S3	41.0	10.0	31.0	a	336	316	20	2.236
			2	바닥판 S6	44.0	11.0	33.0	a	320	300	20	2.460
		안심 방향	3	바닥판 S2	43.0	11.0	32.0	a	306	286	20	2.460
			4	바닥판 S4	42.0	9.0	33.0	a	436	416	20	2.012
			5	바닥판 S6	44.0	12.0	32.0	a	269	249	20	2.683
			6	바닥판 S7	41.0	11.0	30.0	a	278	258	20	2.460
			최대값		44.0	12.0	33.0					
			최소값		41.0	9.0	30.0					
			평균(부재별)		42.5	10.7	31.8					
	하부구조		1	교각 P1 코핑	89.0	10.0	79.0	a	1584	1564	20	2.236
			2	교각 P2 코핑	86.0	11.0	75.0	a	1222	1202	20	2.460
			3	교각 P3 코핑	96.0	11.5	84.5	a	1394	1374	20	2.571
			4	교각 P5 코핑	93.0	11.0	82.0	a	1430	1410	20	2.460
			5	교각 P7 코핑	94.0	12.0	82.0	a	1227	1207	20	2.683
			최대값		96.0	12.0	84.5					
			최소값		86.0	10.0	75.0					
			평균(부재별)		91.6	11.1	80.5					

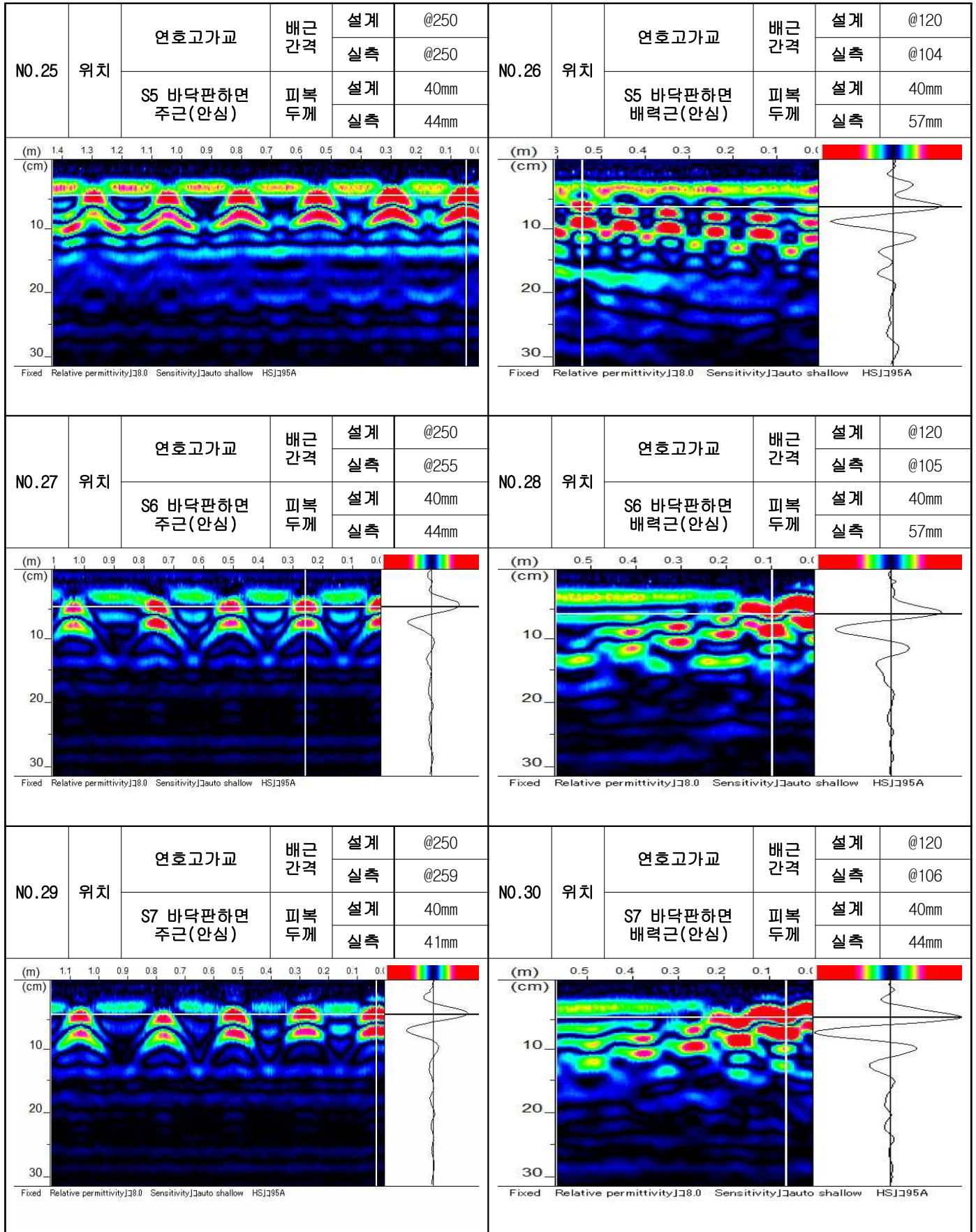
연호고가교 철근탐사 Data

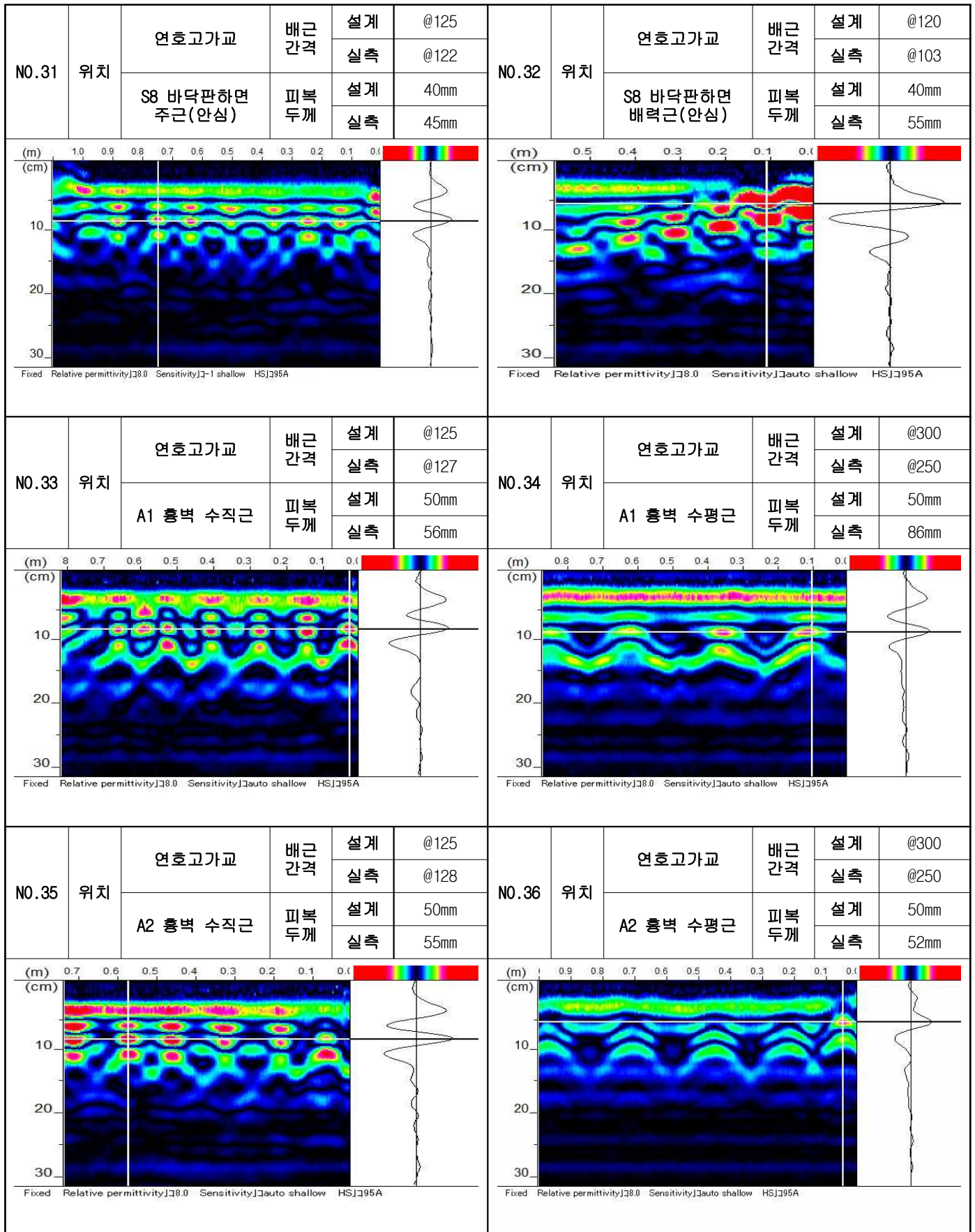


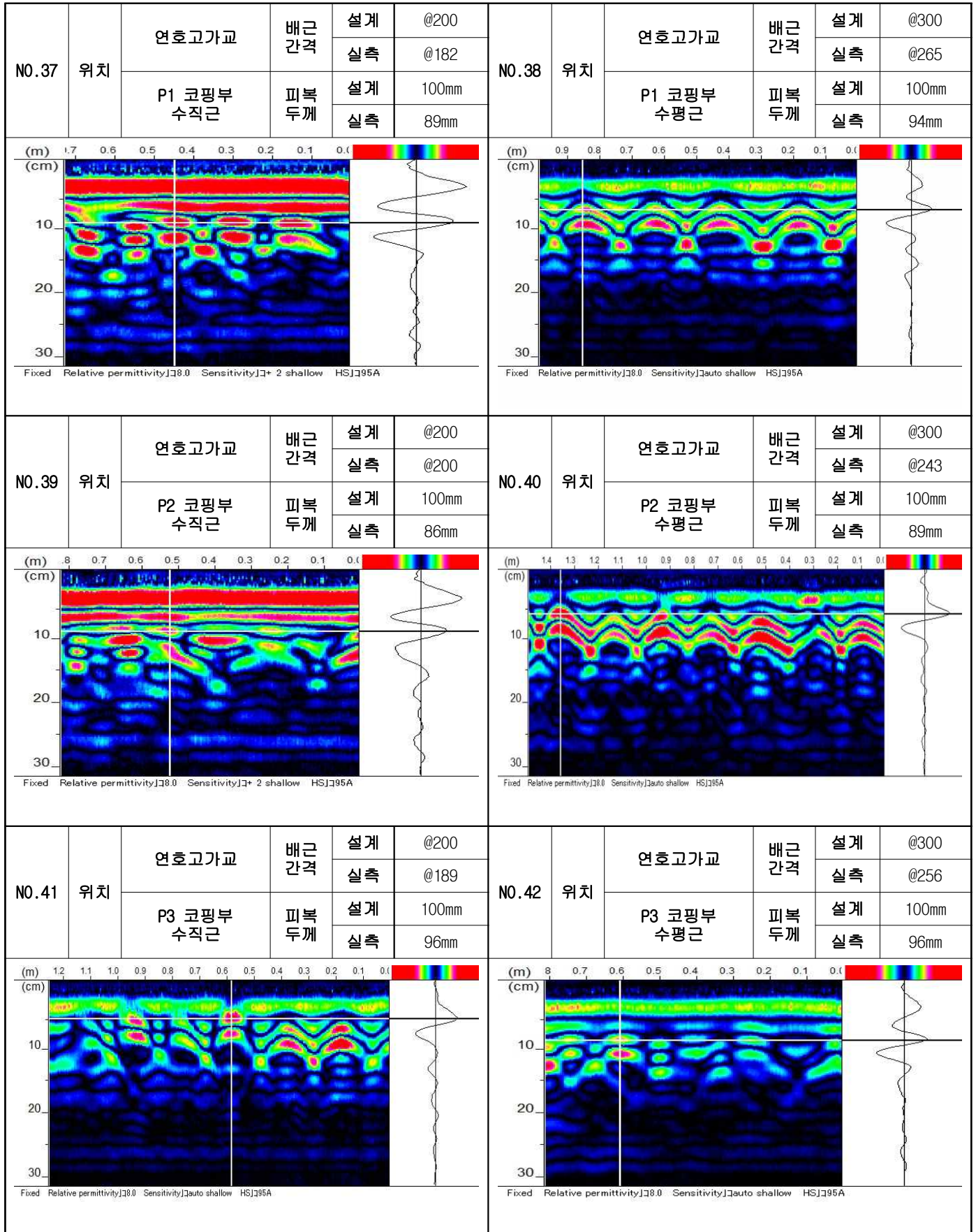


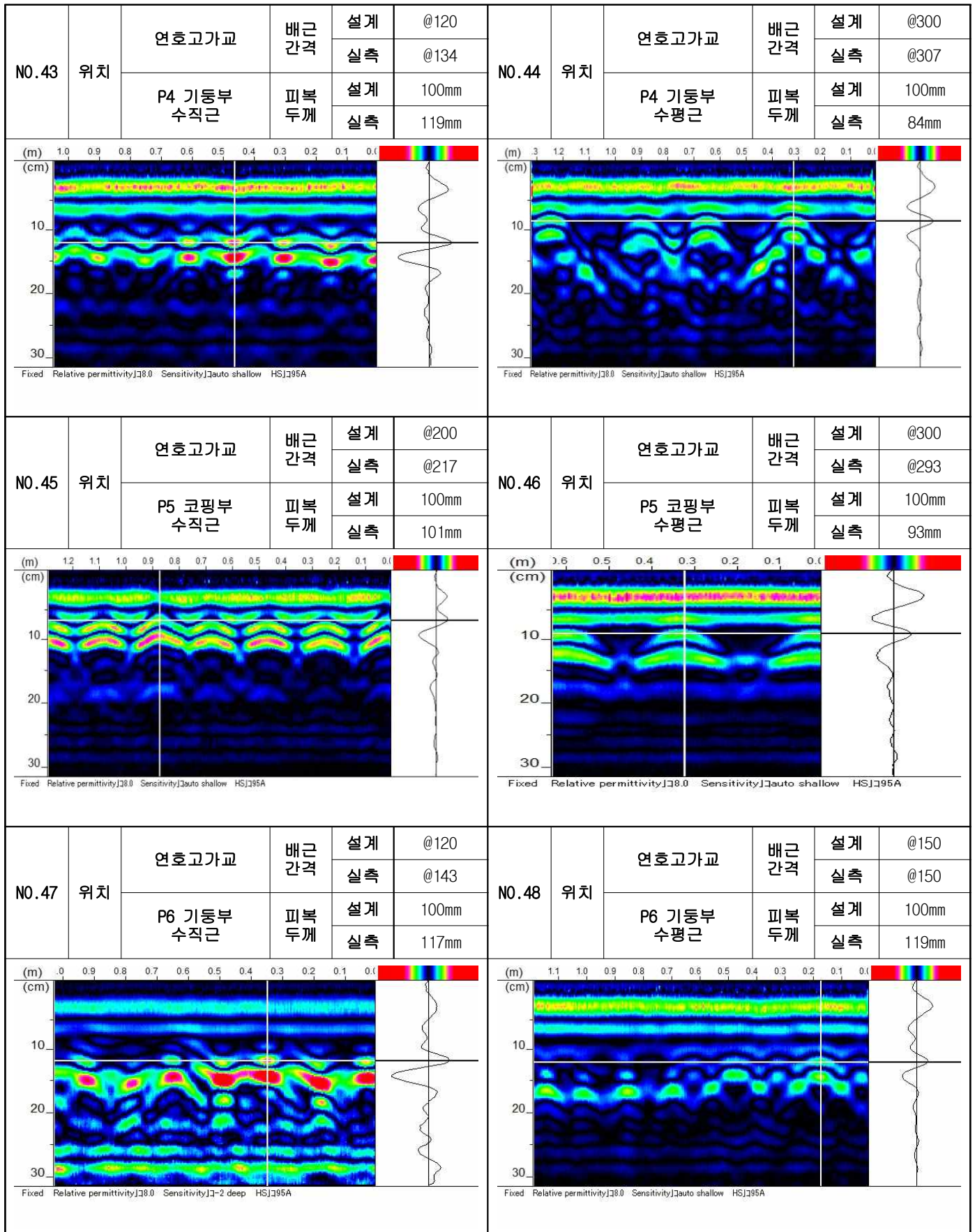


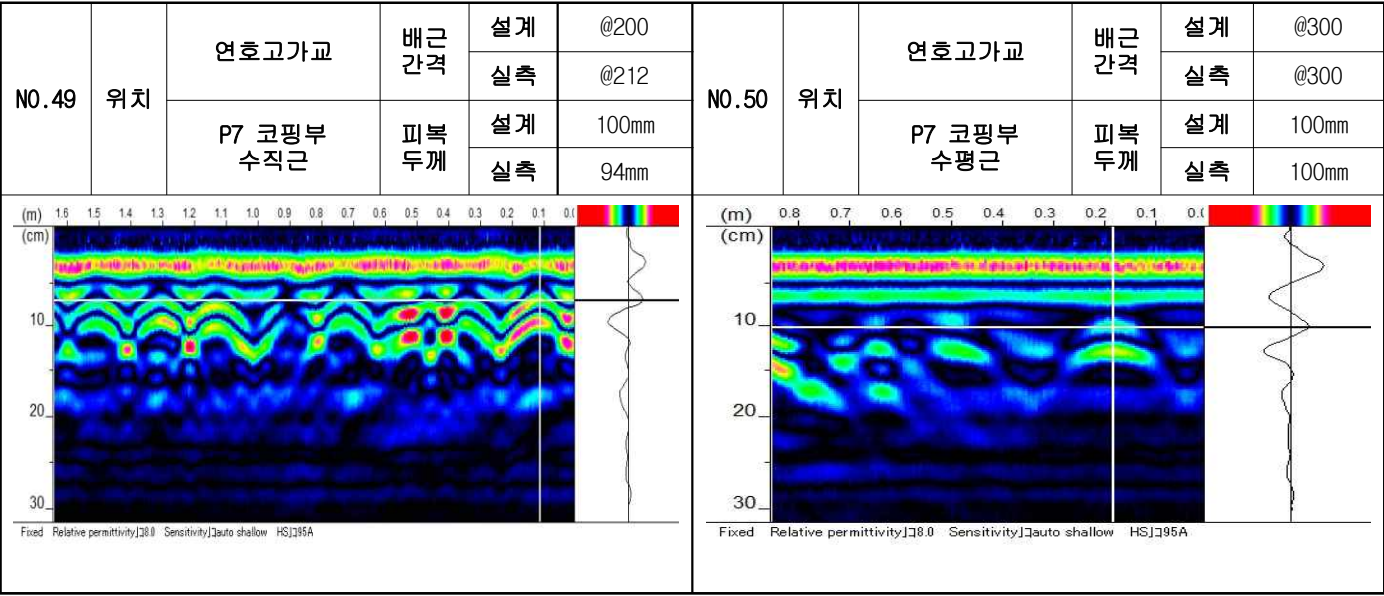












연호고가교 균열심도 DATA

시험 결과(상부구조)						
균열 심도				철근탐사		
결과값				위치	바닥판 S7(안심방향)	주근
측정번호	건전부			평균	피복두께	41mm
1	32.7	32.5	33.8	33.0		
측정위치	균열부(cw=0.1mm)			평균		
S3-G3 (하부)	48.2	43.9	43.6	45.2		
	균열 깊이			품질		
	14.1			4.55		
시험 결과(하부구조)						
균열 심도				철근탐사		
결과값				위치	교각 P7 코핑	수직철근
측정번호	건전부			평균	피복두께	94mm
2	34.5	33.8	34.9	34.4		
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균		
P2 (코핑)	52.2	51.4	53.5	52.4		
	균열 깊이			품질		
	17.2			4.36		



시험 성적서

시료명(생산국) : 굳은 콘크리트 분말(대한민국)

시료채취장소 : 대구광역시 수성구 연호동

성과이용목적 : 보고서 작성용

용역명 : 연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역

발주자 : 대구동부순환도로㈜

업체명 : (주)명성엔지니어링

의뢰인 : 손기영

접수일자 : 2022년 04월 28일

시료채취일 : 2022년 04월 14일

성적서발급번호 : CSTC NO.202204-47

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	연호 고가교	S6 바닥판 하면 켄틸레버	0~10mm	염화물 이온농도	KS F 2713	0.0043 %	건설재료시험기사 05204140608Y	반용현		송장수	
				환산 염화물 함량		0.0973 kg/m'					
2			10~20mm	염화물 이온농도		0.0024 %					
				환산 염화물 함량		0.0543 kg/m'					
3		S7 바닥판 하면 켄틸레버	20~30mm	염화물 이온농도		0.0010 %					
				환산 염화물 함량		0.0226 kg/m'					
4			0~10mm	염화물 이온농도		0.0044 %					
				환산 염화물 함량		0.0996 kg/m'					
5		P2 교각 코핑부	10~20mm	염화물 이온농도		0.0030 %					
				환산 염화물 함량		0.0679 kg/m'					
6			20~30mm	염화물 이온농도		0.0015 %					
				환산 염화물 함량		0.0339 kg/m'					
7			0~20mm	염화물 이온농도		0.0037 %					
				환산 염화물 함량		0.0837 kg/m'					
8			20~40mm	염화물 이온농도		0.0034 %					
				환산 염화물 함량		0.0769 kg/m'					
9			40~60mm	염화물 이온농도		0.0015 %					
				환산 염화물 함량		0.0339 kg/m'					

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



2022년 05월 13일

(주)건설표준시험원 (건설기술용역업자) 대표 **노선마**

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

1페이지중 1페이지



**2022년도 연호고가교외 2개소
정밀안전진단용역
(연호고가교)**

2022년 4월 18일



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO., LTD

*** 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

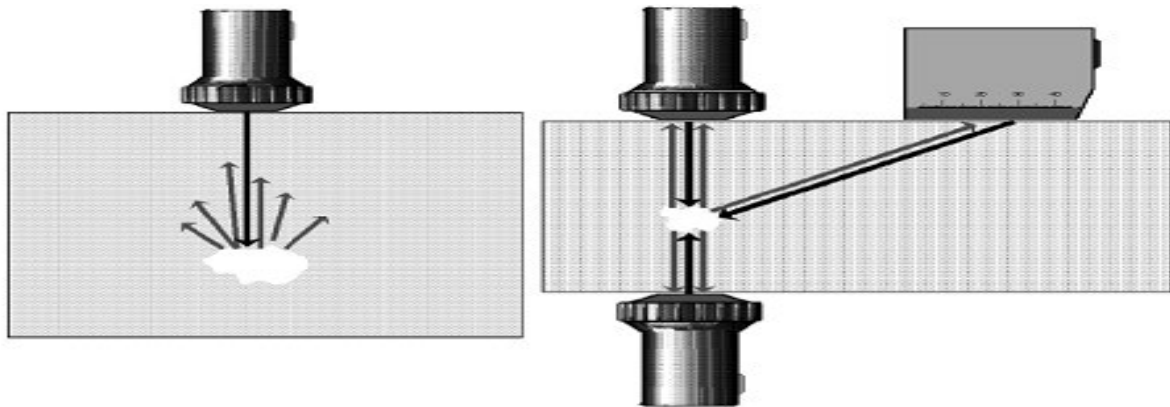
2.1 초음파 탐상 검사의 원리

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 결함부로 부터 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)



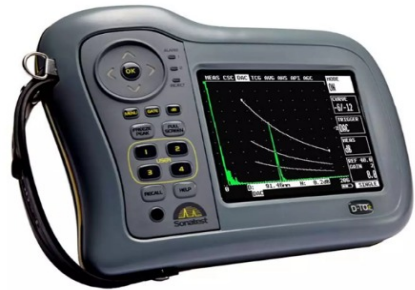
검사장비(횡파 탐촉자)



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	
연 호 고 가 교	G1-S1-P1		O	ND		G4-S1-P1		O	ND	
	G1-S1-P2		O	ND		G4-S1-P2		O	ND	
	G1-S2-P3		O	ND		G4-S2-P3		O	ND	
	G1-S2-P4		O	ND		G4-S2-P4		O	ND	
	G1-S3-P5		O	ND		G4-S3-P5		O	ND	
	G1-S3-P6		O	ND		G4-S3-P6		O	ND	
	G1-S4-P7		O	ND		G4-S4-P7		O	ND	
	G1-S4-P8		O	ND		G4-S4-P8		O	ND	
	G1-S5-P9		O	ND		G4-S5-P9		O	ND	
	G1-S5-P10		O	ND		G4-S5-P10		O	ND	
	G1-S6-P11		O	ND		G4-S6-P11		O	ND	
	G1-S6-P12		O	ND		G4-S6-P12		O	ND	
	G1-S7-P13		O	ND		G4-S7-P13		O	ND	
	G1-S7-P14		O	ND		G4-S7-P14		O	ND	
	G1-S8-P15		O	ND		G4-S8-P15		O	ND	
	G1-S8-P16		O	ND		G4-S8-P16		O	ND	
	G2-S1-P1		O	ND		G5-S1-P1		O	ND	
	G2-S1-P2		O	ND		G5-S1-P2		O	ND	
	G2-S2-P3		O	ND		G5-S2-P3		O	ND	
	G2-S2-P4		O	ND		G5-S2-P4		O	ND	
	G2-S3-P5		O	ND		G5-S3-P5		O	ND	
	G2-S3-P6		O	ND		G5-S3-P6		O	ND	
	G2-S4-P7		O	ND		G5-S4-P7		O	ND	
	G2-S4-P8		O	ND		G5-S4-P8		O	ND	
	G2-S5-P9		O	ND		G5-S5-P9		O	ND	
	G2-S5-P10		O	ND		G5-S5-P10		O	ND	
	G2-S6-P11		O	ND		G5-S6-P11		O	ND	
	G2-S6-P12		O	ND		G5-S6-P12		O	ND	
	G2-S7-P13		O	ND		G5-S7-P13		O	ND	
	G2-S7-P14		O	ND		G5-S7-P14		O	ND	
	G2-S8-P15		O	ND		G5-S8-P15		O	ND	
	G2-S8-P16		O	ND		G5-S8-P16		O	ND	
	G3-S1-P1		O	ND		G6-S1-P1		O	ND	
	G3-S1-P2		O	ND		G6-S1-P2		O	ND	
	G3-S2-P3		O	ND		G6-S2-P3		O	ND	
	G3-S2-P4		O	ND		G6-S2-P4		O	ND	
	G3-S3-P5		O	ND		G6-S3-P5		O	ND	
	G3-S3-P6		O	ND		G6-S3-P6		O	ND	
	G3-S4-P7		O	ND		G6-S4-P7		O	ND	
	G3-S4-P8		O	ND		G6-S4-P8		O	ND	
	G3-S5-P9		O	ND		G6-S5-P9		O	ND	
	G3-S5-P10		O	ND		G6-S5-P10		O	ND	
	G3-S6-P11		O	ND		G6-S6-P11		O	ND	
	G3-S6-P12		O	ND		G6-S6-P12		O	ND	

품 명	검사 NO.	UT 검사결과			비 고	검사 NO.	UT 검사결과			비 고
		결함 유	결함 무	결함종류			결함 유	결함 무	결함종류	
연 호 고 가 교	G3-S7-P13		O	ND		G6-S7-P13		O	ND	
	G3-S7-P14		O	ND		G6-S7-P14		O	ND	
	G3-S8-P15		O	ND		G6-S8-P15		O	ND	
	G3-S8-P16		O	ND		G6-S8-P16		O	ND	

*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



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO-U220418-01

PAGE : 1 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.

CUSTOMER 주 문 주 (주)명성엔지니어링				PROJECT NAME 공사명 연호고가교외 2개소 정밀안전진단용역				
CLIENT 발 주 처 동부순환도로주식회사				CODE/PROCEDURE KS D 0896 규정/절차서 KIE - TP - U390				
ITEM NAME 품 명 연호고가교 (Box형 강교)				DRAWING NO. 도면번호 N / A		REV. NO. 개정번호		
HEAT NO. 인식번호/제작번호 N / A				JOB/CONTRACT NO. 계약번호 N / A				
MATERIAL 재 질 C / S				THICKNESS 두께 12 ~ 24 mm				
EQUIPMENT: 장 비 TYPE 종류 D-20, USM35DAC				I.D. NO. 식별번호 KIE-UF-0059.0055		MAKER 제작처 SONATEST, GE		
TRANSDUCER:		ANGLE 각도	TYPE 종류	FREQ 주파수	SIZE	S/N 일련번호	CABLE TYPE/LENGTH	
탐촉자 1		0°	MB4S	4MHz	Ø 10mm	57749-52978	MKLL-II / 1.5M	
탐촉자 2		0°	MB4S	4MHz	Ø 10mm	57749-53371	MKLL-II / 1.5M	
탐촉자 3		70°	MWB70-4	4MHz	8*9 mm	86929-59643	MKLL-II / 1.5M	
탐촉자 4		70°	MEGA	4MHz	10*10mm	MAT0608008	MKLL-II / 1.5M	
TECHNIQUE:				☒ STRAIGHT BEAM ☒ ANGLE BEAM ☒ CONTACT ☐ IMMERSION 탐상법 수직법 사각법 접촉법 수침법				
CALIBRATION BLOCK TYPE/Sr No. STB-A1, STB-A2 R.B-4 NO.1				SPECIAL SEARCH UNIT: (탐촉자 보호물) ☒ WEDGES(뿔기) ☒ SHOES(슈우)				
LINEARITY: AMP-CONTROL dB-CONTROL 증폭성(데시벨조정) 직진성 within ± 1% within ± 3%				SURFACE CONDITION 표면상태 ☐ ROLLING ☐ FORGED ☒ WELDED ☐ GROUND				
COUPLANT TYPE 접촉매질 ☐ GLYCERIN ☒ CMC ☐ OIL ☐				EXAMINATION DATE/TIME 시험일자/시간 2022.04.11 ~ 2022.04.15				
IDENT. NO. 식별 번호	Ac 합격	Rj 불 합격	LOCATION 위 치 FROM	LENGTH 길이	WIDTH 폭	DEEP 깊 이	DAC MAX 보상곡선 최대	REMARKS 비고
G1-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
EXAMINED BY: 시 험 자 김 규 타				EXAMINATION AMOUNTS		☐ CUSTOMER 주문주 ☐ CLIENT 발주처		
APPROVED BY: 승 인 자 장 동 환				기 사 LEVEL 등급 기 사 LEVEL 등급		AUTHORIZED (NUCLEAR) INSPECTOR 공인 (원자력) 감사원		



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 2 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.

IDENT. NO. 식별 번호	Ac 합격	Rj 불합격	LOCATION 위 치 FROM	LENGTH 길이	WIDTH 폭	DEEP 깊 이	DAC MAX 보상곡선 최대	REMARKS 비고
G1-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S8-P15	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G1-S8-P16	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S8-P15	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G2-S8-P16	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 3 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.

IDENT. NO. 식별 번호	Ac 합격	Rj 불합격	LOCATION 위 치 FROM	LENGTH 길이	WIDTH 폭	DEEP 깊 이	DAC MAX 보상곡선 최대	REMARKS 비고
G3-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S8-P15	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G3-S8-P16	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S8-P15	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G4-S8-P16	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 4 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.

IDENT. NO. 식별 번호	Ac 합격	Rj 불합격	LOCATION 위 치 FROM	LENGTH 길이	WIDTH 폭	DEEP 깊 이	DAC MAX 보상곡선 최대	REMARKS 비고
G5-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S8-P15	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G5-S8-P16	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S1-P1	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S1-P2	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S2-P3	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S2-P4	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S3-P5	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S3-P6	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S4-P7	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S4-P8	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S5-P9	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S5-P10	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S6-P11	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S6-P12	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S7-P13	V		NO RECORDABLE INDICATION					
G6-S7-P14	V		NO RECORDABLE INDICATION					



REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 5 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

[illegible]



大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

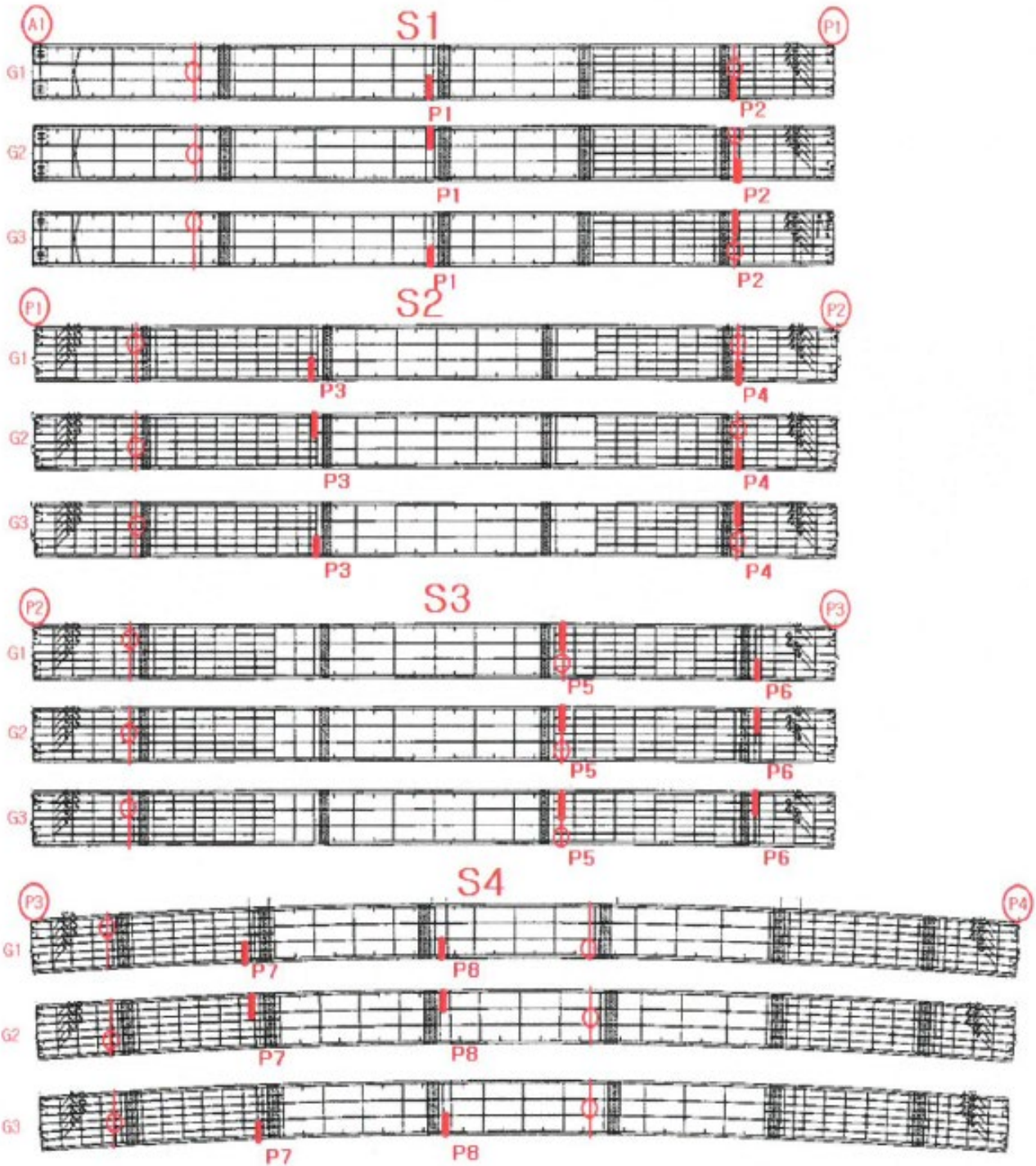
ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 6 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.





大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

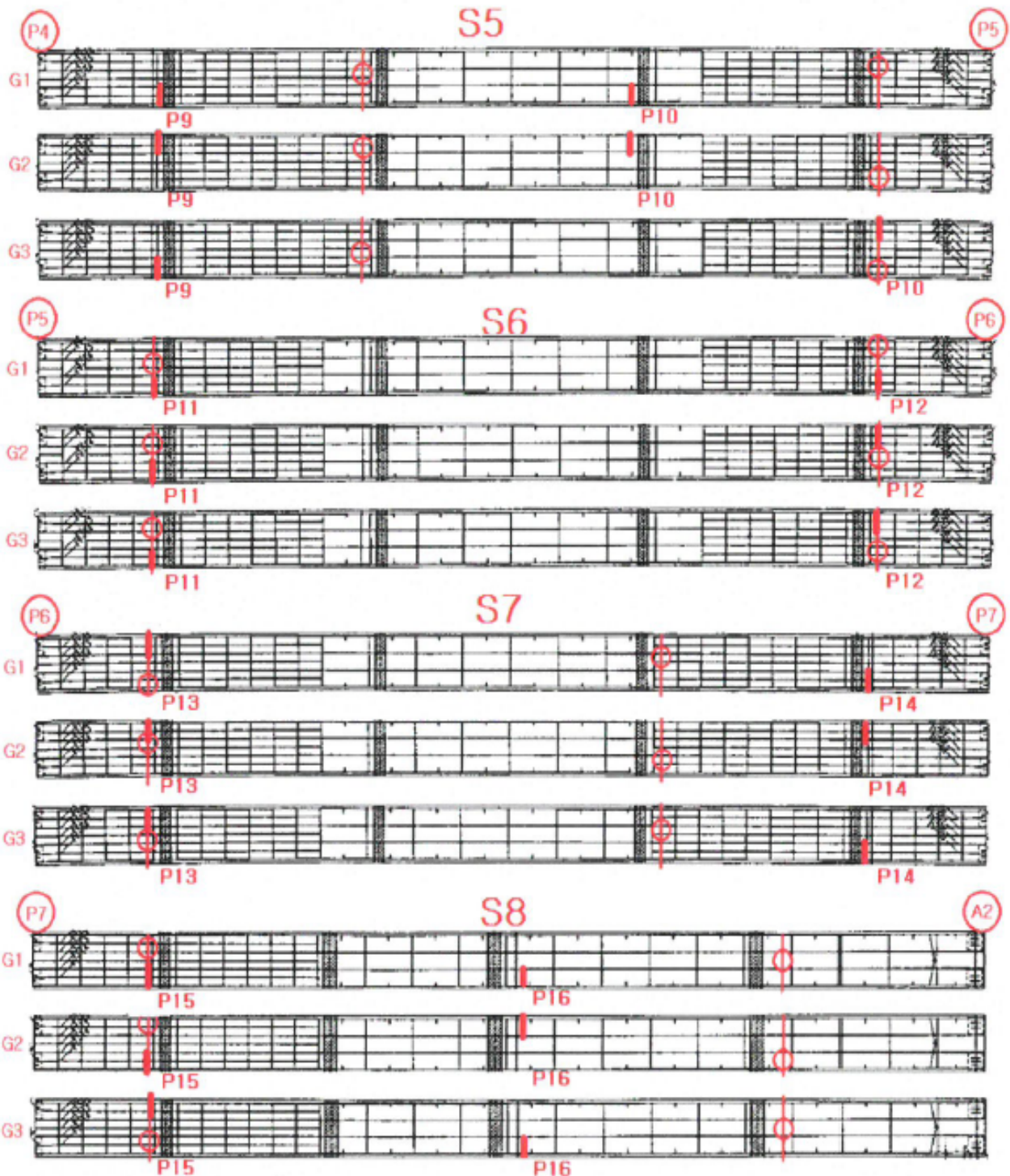
ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 7 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.





大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

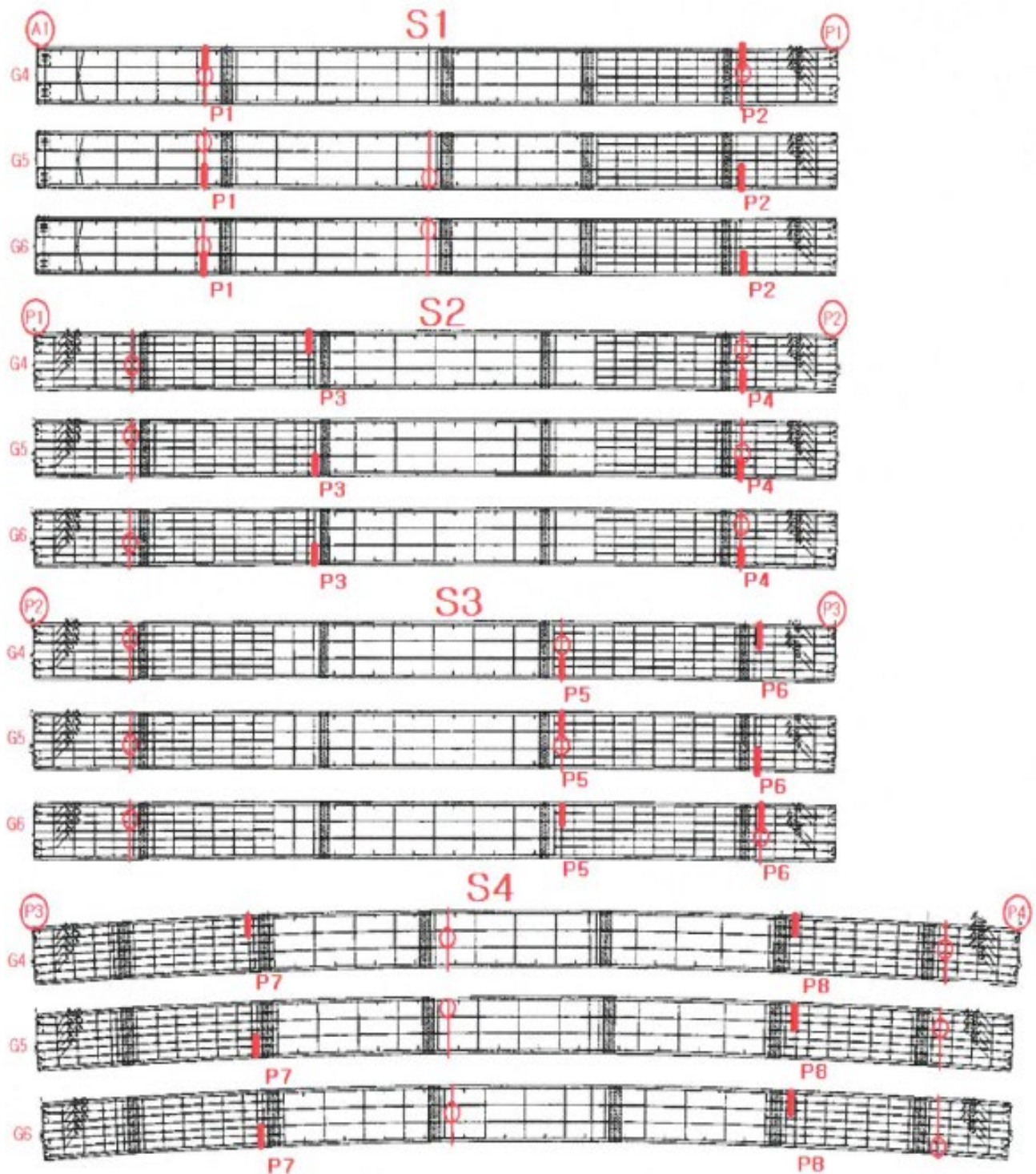
ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CWO - U220418-01

PAGE : 8 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.





大韓檢査技術株式會社

KOREA INSPECTION & ENGINEERING CO.,LTD

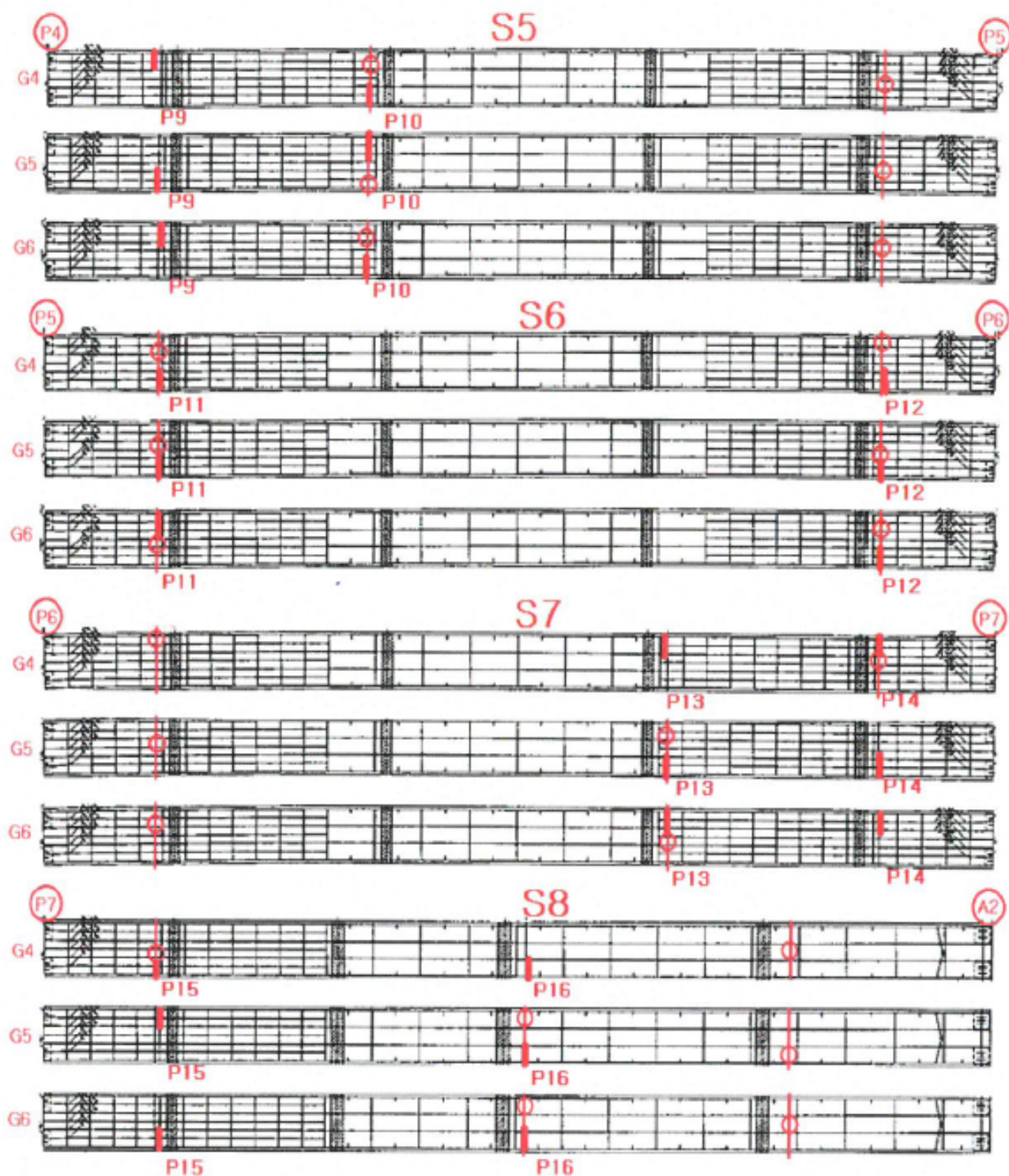
ULTRASONIC EXAMINATION REPORT

초 음 파 탐 상 검 사 보 고 서

REPORT NO : CW0 - U220418-01

PAGE : 9 OF 9

DATE : 2022. 04. 18.



3.3 초음파 탐상 검사 사진 대장

사 진 대 장 (연호고가교)



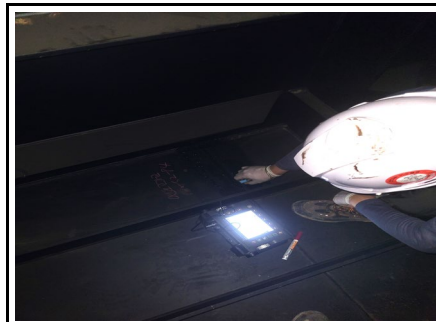
G1-S1-P1



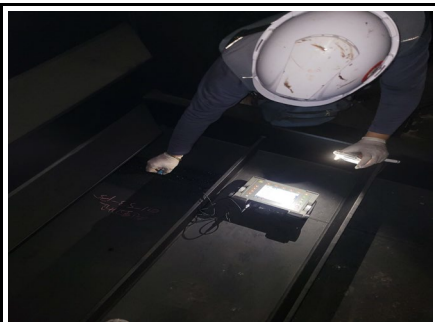
G1-S1-P2



G1-S2-P3



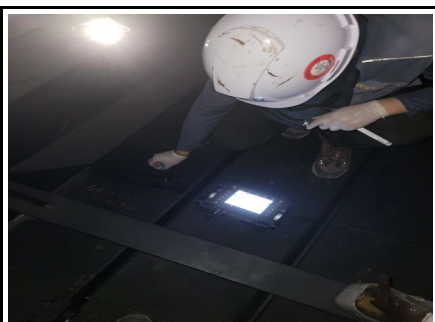
G1-S2-P4



G1-S3-P5



G1-S3-P6

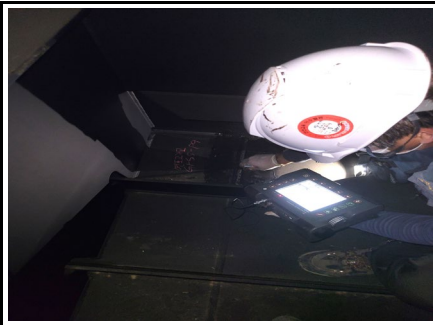


G1-S4-P7



G1-S4-P8

사 진 대 장 (연호고가교)



G1-S5-P9



G1-S5-P10



G1-S6-P11



G1-S6-P12



G1-S7-P13



G1-S7-P14



G1-S8-P15



G1-S8-P16

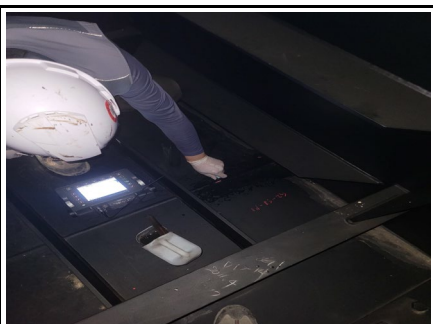
사 진 대 장 (연호고가교)



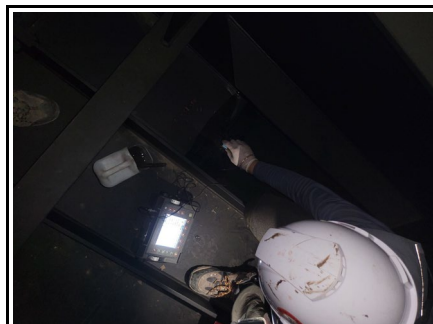
G2-S1-P1



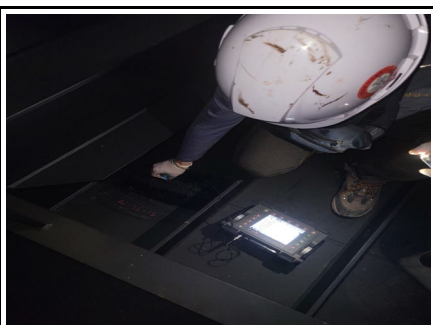
G2-S1-P2



G2-S2-P3



G2-S2-P4



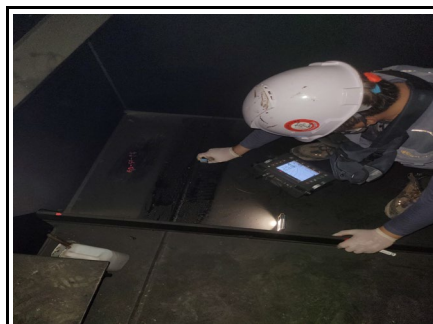
G2-S3-P5



G2-S3-P6



G2-S4-P7



G2-S4-P8

사 진 대 장 (연호고가교)



G2-S5-P9



G2-S5-P10



G2-S6-P11



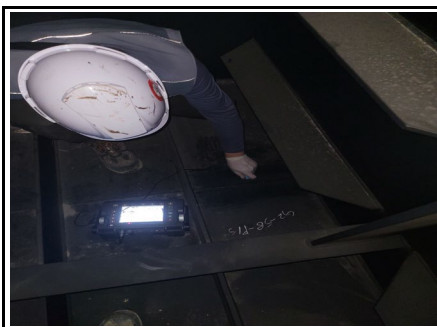
G2-S6-P12



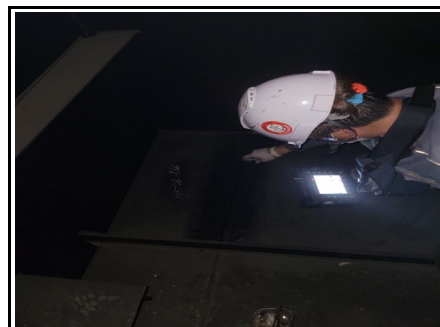
G2-S7-P13



G2-S7-P14



G2-S8-P15



G2-S8-P16

사 진 대 장 (연호고가교)



G3-S1-P1



G3-S1-P2



G3-S2-P3



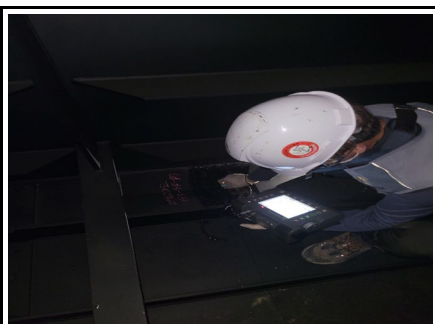
G3-S2-P4



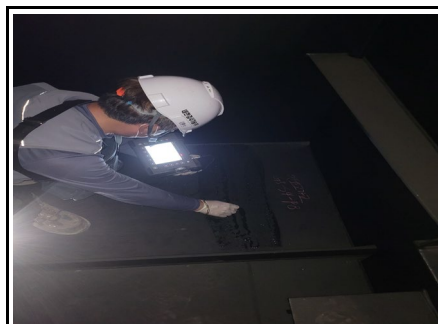
G3-S3-P5



G3-S3-P6

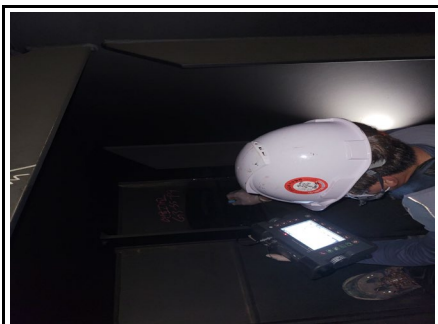


G3-S4-P7



G3-S4-P8

사 진 대 장 (연호고가교)



G3-S5-P9



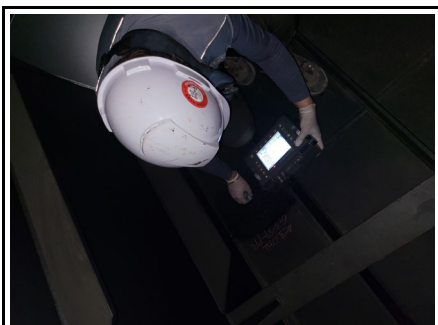
G3-S5-P10



G3-S6-P11



G3-S6-P12



G3-S7-P13



G3-S7-P14



G3-S8-P15



G3-S8-P16

사 진 대 장 (연호고가교)



G4-S1-P1



G4-S1-P2



G4-S2-P3



G4-S2-P4



G4-S3-P5



G4-S3-P6



G4-S4-P7



G4-S4-P8

사 진 대 장 (연호고가교)



G4-S5-P9



G4-S5-P10



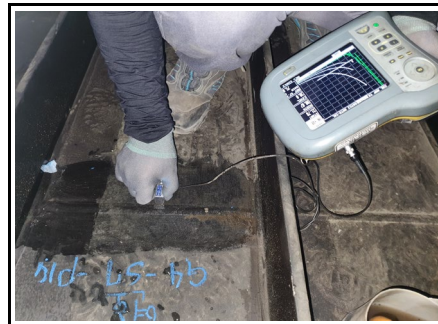
G4-S6-P11



G4-S6-P12



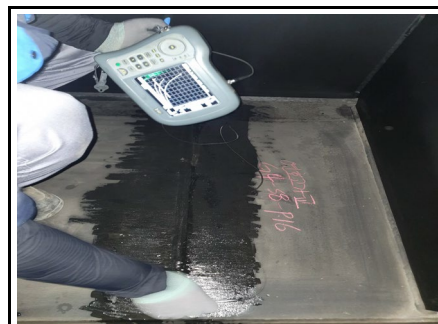
G4-S7-P13



G4-S7-P14



G4-S8-P15

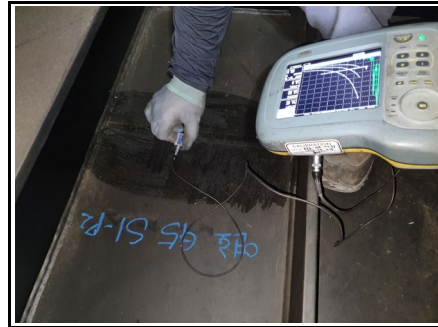


G4-S8-P16

사 진 대 장 (연호고가교)



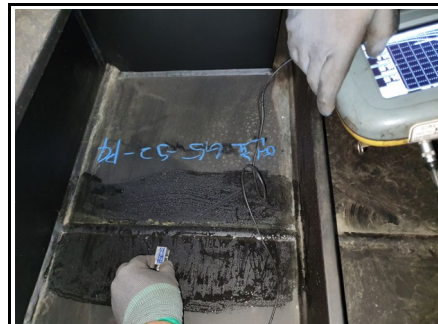
G5-S1-P1



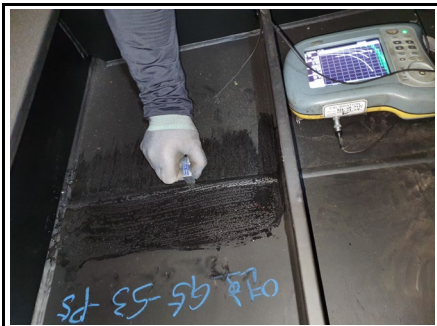
G5-S1-P2



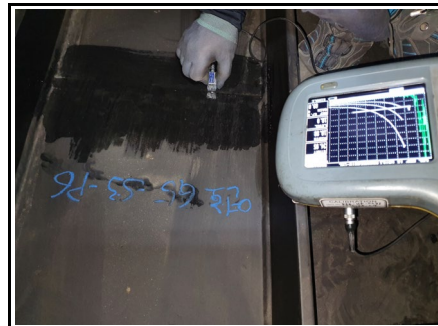
G5-S2-P3



G5-S2-P4



G5-S3-P5



G5-S3-P6

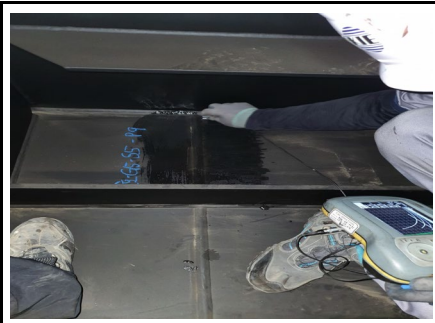


G5-S4-P7



G5-S4-P8

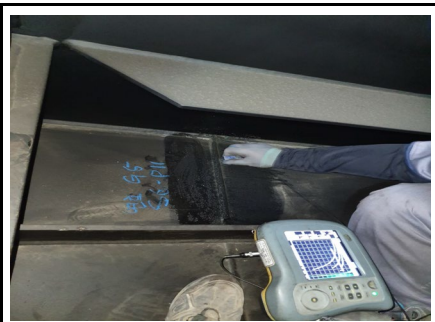
사 진 대 장 (연호고가교)



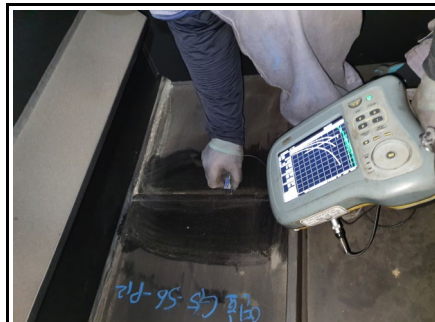
G5-S5-P9



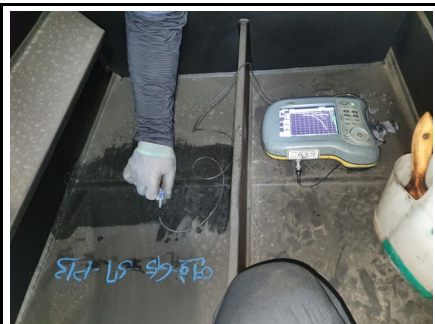
G5-S5-P10



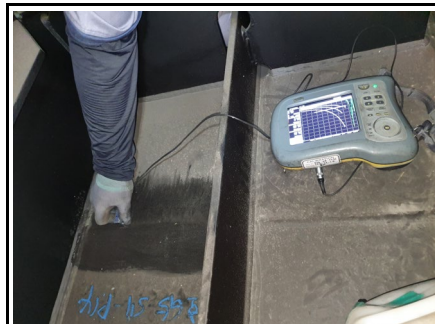
G5-S6-P11



G5-S6-P12



G5-S7-P13



G5-S7-P14



G5-S8-P15



G5-S8-P16

사 진 대 장 (연호고가교)



G6-S1-P1



G6-S1-P2



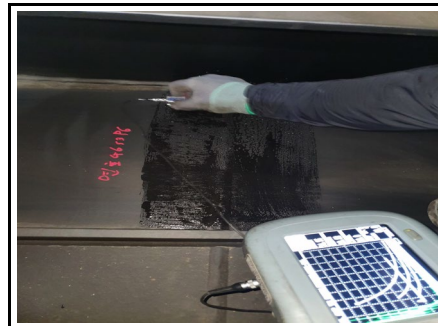
G6-S2-P3



G6-S2-P4



G6-S3-P5



G6-S3-P6

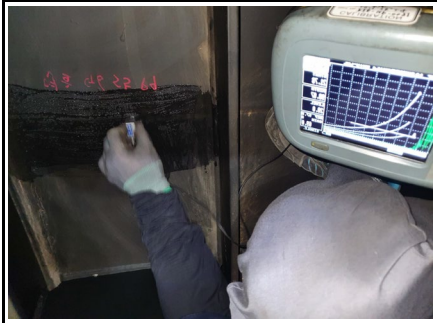


G6-S4-P7



G6-S4-P8

사 진 대 장 (연호고가교)



G6-S5-P9



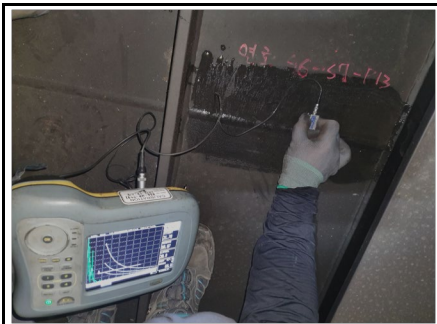
G6-S5-P10



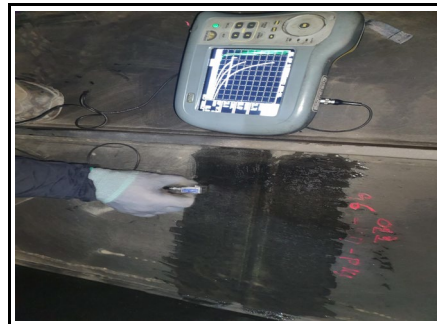
G6-S6-P11



G6-S6-P12



G6-S7-P13



G6-S7-P14



G6-S8-P15



G6-S8-P16

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

제조회사 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	제조회사 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

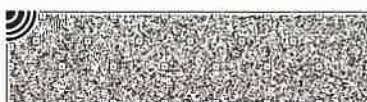
눈금값 (mm)	보정값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)
0	0.00	0.01
20	0.03	
50	0.03	
100	0.03	
150	0.03	

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		

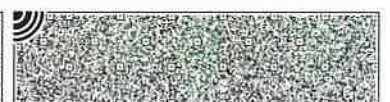
* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, $k = 2$)

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 %, $k = 2$)

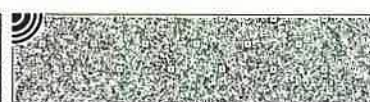
3) Test Anvil (PROCEQ)을 이용한 비교시험결과

* 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 연호고가교

연호고가교 상태등급표

구분	형식	상부구조			기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성 요소			
		바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산 화상	탄산 화하	염화 물상	염화 물하
S1	STB	a	b	a	a	a	b	b	A1	a	b	q	x	x	x	x
S2	STB	b	b	a	a	a	b	x	P1	b	b	q	a	a	x	x
S3	STB	b	b	a	a	a	b	x	P2	b	b	q	a	a	x	a
S4	STB	b	b	a	a	a	b	x	P3	b	b	q	a	a	x	x
S5	STB	b	b	a	a	a	b	x	P4	b	b	q	x	x	x	x
S6	STB	a	a	a	a	a	b	x	P5	b	b	q	a	a	a	x
S7	STB	b	b	a	a	a	b	x	P6	b	b	q	a	x	a	x
S8	STB	b	b	a	a	a	b	x	P7	a	b	q	x	a	x	x
								c	A2	b	b	q	x	x	x	x

결과산정표

구분	형식	상부구조			기타부재				지점 번호	받침	하부구조		내구성 요소			
		바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하부	기초	탄산 화상	탄산 화하	염화 물상	염화 물하
S1	STB	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	A1	0.1	0.2	-	-	-	-	-
S2	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P1	0.2	0.2	-	0.1	0.1	-	-
S3	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P2	0.2	0.2	-	0.1	0.1	-	0.1
S4	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P3	0.2	0.2	-	0.1	0.1	-	-
S5	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P4	0.2	0.2	-	-	-	-	-
S6	STB	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P5	0.2	0.2	-	0.1	0.1	0.1	-
S7	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P6	0.2	0.2	-	0.1	-	0.1	-
S8	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P7	0.1	0.2	-	-	0.1	-	-
								0.4	A2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
평 균		0.18	0.19	0.10	0.10	0.10	0.20	0.30		0.18	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
가중치 합		0.032	0.038	0.005	0.007	0.003	0.004	0.027		0.016	0.040	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
													상태점수		0.178	
													상태등급		B	

교량의 상태평가에 대하여 문의드립니다.

분류	민원 > 국가주요시설의 안전 및 성능관리 사업 > 국가주요시설물 정밀안전진단 및 성능평가 > 교량 등의 안전점검, 정밀안전진단, 성능평가, 유지관리 관련 문의
성명	황**
공개여부	공개
첨부파일	

교량에 대한 정밀안전진단을 실시하는 중입니다.

교량은 상부구조 분리형, 하부구조 일체형(구주식)인 1종 교량입니다.

Q1. 상태평가시 상부구조에 맞게 분리형으로 각각 평가를 해야하는지,

아니면 하부구조에 맞게 일체형인 하나로 평가를 해야하는지 문의드립니다.

Q2. 만약, 상부구조에 맞게 분리형으로 각각 평가를 실시해야 한다면,

하부구조에 대한 평가시 어떻게 나눠서 평가를 실시해야 하는지 문의드립니다.

문의드린 내용에 대한 답을 기다리겠습니다. 감사합니다.

↳ 답변

답변일자	2022-05-02
답변자	교량실 권혁록
첨부파일	

1. 안녕하십니까? 평소 우리 국토안전관리원에 관심과 애정을 가져 주신 점 깊이 감사드리며, 귀하께서 질의하신 내용에 대한 검토 결과를 다음과 같이 답변 드립니다.

2. 귀하의 질의내용은 "교량의 상태평가"에 관한 것으로 이해(또는 판단) 됩니다.

3. 귀하의 질의사항에 대한 검토 의견은 다음과 같습니다.

가. 질의하신 '상부구조 분리형, 하부구조 일체형(구주식)'인 경우 구조적인 측면에서 한개의 시설물 관리대장을 한개의 시설물로 작성하고 하나의 등급으로 관리되는게 맞으나, 상부구조에 대하여 손상상태, 보수보강 비용 등을 방향별로 요청하는 경우가 있으며,

나. 그러므로, 우선상으로 말씀드린 것과 같이 상부는 방향별로 하부는 양방향 동일하게 입력, 평가하여 전체 또는 방향별로 등급을 산정 하실수 있겠으며, 책임기술자께서는 상태평가장에 그 내용을 기술하시기 바랍니다.

4. 귀하의 질문에 대한 만족스러운 답변이 되었기를 바라며, 답변내용에 대한 추가 설명이 필요한 경우에는 우리 국토안전관리원 교량실 (업무담당 권혁록 ☎ 055-771-1688)으로 문의하여 주시면 친절히 답변 드리겠습니다.

끝으로 질의에 대한 답변에 만족도 평가를 부탁드립니다. 귀하의 소중한 의견은 민원서비스 개선을 위한 자료가 됨을 안내드립니다.

감사 합니다.



5. 안전성평가 및 내진성능평가 자료

5.1 안전성평가

5.2 내진성능평가

5.1 안전성평가

연호고가교 구조계산서

목 차

1. 설계조건
2. 바닥판 설계
3. G1 외측 - S1경간 최대정모멘트
4. G1 외측 - P3 최대부모멘트
5. G2 내측 - S1경간 최대정모멘트
6. G2 내측 - P3 최대부모멘트

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

- (1) 교 량 명 : 연호고가교
 (2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)
 (3) 교 량 형 식 : 강상형교
 (4) 교 량 연 장 : 3@50.0+60.0+4@50.0=410.0M
 (5) 교 량 폭 원 : B = 14.450 m
 (6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 1.900~2.700 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

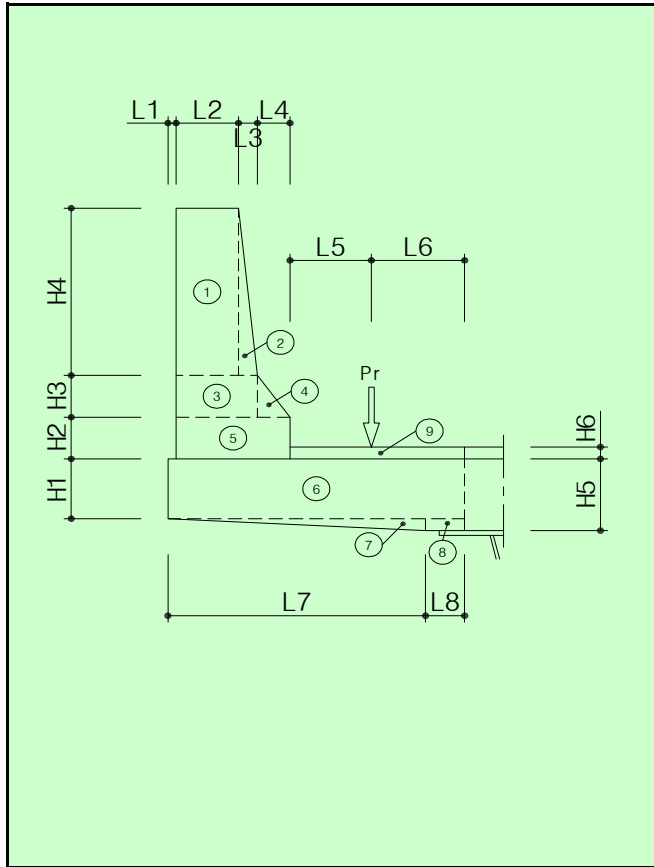
- (1) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

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	0.390 m
H7	0.000 m	L7	1.000 m
R	∞	L8	0.140 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	0.995	4.005
2	$\frac{1}{2} \times 0.070 \times 0.700 \times 25.000$	0.613	0.857	0.525
3	$0.300 \times 0.175 \times 25.000$	1.313	0.960	1.260
4	$\frac{1}{2} \times 0.120 \times 0.175 \times 25.000$	0.263	0.770	0.202
5	$0.420 \times 0.205 \times 25.000$	2.153	0.900	1.937
6	$1.140 \times 0.250 \times 25.000$	7.125	0.570	4.061
7	$\frac{1}{2} \times 1.000 \times 0.050 \times 25.000$	0.625	0.473	0.296
8	$0.140 \times 0.050 \times 25.000$	0.175	0.070	0.012
9	$0.690 \times 0.080 \times 23.000$	1.270	0.345	0.438
TOTAL		17.560		12.736

(2) 활 하중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 유효하중 분포폭

(도.설 3.6.1.4)

$$E = 0.8 \cdot X + 1.14 = 0.8 \times 0.390 + 1.14 = 1.452 \text{ m} \quad \text{여기서, } X = 0.390 \text{ m}$$

▪ 충격 계수

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.390) = 0.371 > 0.300 \quad i = 0.300$$

▪ 작용 모멘트

$$Ml+i = (96.00 / 1.452) \times 0.390 \times (1 + 0.30) = 33.521 \text{ kN·m/m}$$

(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	12.736	33.521	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	16.557	72.069			0.000	88.627
CASE 2	"	16.557	43.577	15.990		0.000	76.124
CASE 3	"	16.557	43.577		1.424	0.000	61.558
CASE 4	"	15.284		14.760	2.628		32.672
CASE 5	"	16.557			2.847		19.404
최대 계수 모멘트							88.627
CASE 6	"	12.736	33.521		0.657	0.000	46.914
CASE 7	"	12.736	33.521	0.000		0.000	46.257
최대 사용 모멘트							46.914

(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 ($X = 0.39 > 0.25$ 인 경우)

(도.설.해 3.6.1.5)

$$h_{\min} = (80 \cdot L + 230) = (80 \times 0.390 + 230) = 261.2 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{\text{req}} = 261.2 \text{ mm}$$

$$h_{\text{use}} = 300.0 \text{ mm} > h_{\text{req}} = 261.2 \text{ mm} \quad \cdots \cdots \text{O.K !!}$$

(10) 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	$M_u = 88.627$ kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	$\phi_f = 0.85$
부 재 높 이	$h = 300$ mm	부 재 폭	$b = 1,000$ mm
인 장 피 복	$d' = 60$ mm	유효 높 이	$d = 240$ mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b}$$

(1)

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

(2)

$$(1), (2) \text{에 의해 요구철근량} \quad \text{Req. } A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2f_y}{1.7f_{ck} b}} = 1,133 \text{ mm}^2$$

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

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

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

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

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

(두값중 큰값 적용)

----- (도.기 4.3.6.1)

$$\text{해석요구량} \quad \text{Req. } A_s = 1,133 \text{ mm}^2 > \text{최소철근량} \quad A_{s \min} = 840 \text{ mm}^2$$

$$\text{그러므로 요구되는 철근량} \quad \text{Req. } A_s = 1,133 \text{ mm}^2$$

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

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

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

$$\text{그러므로,} \quad \phi M_n = 122.08 \text{ kN-m} > M_u = 88.63 \text{ kN-m} \quad \therefore \text{O.K}$$

2.2 중 앙 부

슬래브 두께 :	T	=	250.0	mm
포장 두께 :	t_3	=	80.0	mm
지간 :	B	=	2,600.0	mm

(1) 바닥판 두께의 검토

$$h_{min} = (40 \cdot L + 130) = (40 \times 2.600 + 130) = 234.0 \text{ mm} > 220.0 \text{ mm} \quad \therefore h_{req} = 234.0 \text{ mm}$$

$$h_{use} = 250.0 \text{ mm} > h_{req} = 234.0 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

(2) 설계하중에 의한 단면력

- 고정 하 중

철근콘크리트	: 0.250 m	×	25.000 kN/m ³	=	6.250 kN/m ³
포장콘크리트	: 0.080 m	×	23.000 kN/m ³	=	1.840 kN/m ³
			Σ	=	8.090 kN/m ³

계산지간 L : 2.6 m 바닥판 지점의 수 n : 6

$$M_d = (1/10) \cdot Wd \cdot L^2 = (1/10) \times 8.090 \times 2.600^2 = 5.469 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{☞ 도.설 4.7.5.4})$$

- **활 하 중** (DB-24 : Pr = 96 kN)

- 총 격 계 수 (도.설.해 2.1.4)

$$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.600) = 0.352 > 0.300 \quad i = 0.300$$

- 작용 모멘트

$$M_{l+i} = (2.60+0.6) \times 96.0/9.6 \times (1+0.300) = 41.600 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad (\text{도.설.해 3.6.1.4})$$

- 바닥판이 3개 이상의 지점인 경우 계산된 값에 0.8 배를 취한다. (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

$$M_{l+i} = 41.600 \times 0.8 = 33.280 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	5.469	33.280					0.000

(5) 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	활하중 재하시
CASE 3	"	1.30			1.30		
CASE 4	"	1.00	1.00		0.00	0.00	사용모멘트

(6) 계산 적용 모멘트 산정

[illegible]

(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	$M_u = 78.661$ 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 $Req. A_s = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{2 f_y} = 1,157 \text{ mm}^2$

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

해석요구량 $Req. A_s = 1,157 \text{ mm}^2 >$ 최소철근량 $A_{s_{min}} = 735 \text{ mm}^2$

그러므로 요구되는 철근량 $Req. A_s = 1,157 \text{ mm}^2$

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

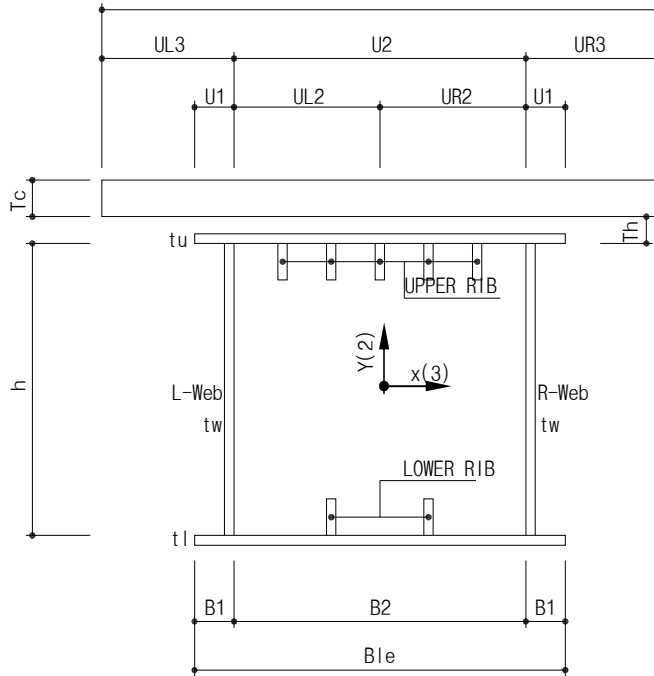
사용철근비 Use $P = 1,589 / (1000 \times 210) = 0.00757$, $a = 28 \text{ mm}$

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

그러므로, $\phi M_n = 105.88 \text{ kN-m} > M_u = 78.66 \text{ kN-m} \therefore$ O.K

3. G1 외측 - S1경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,269.310
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,048.010
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,538.460
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	182.760
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	113.890
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	172.250
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	167.320

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

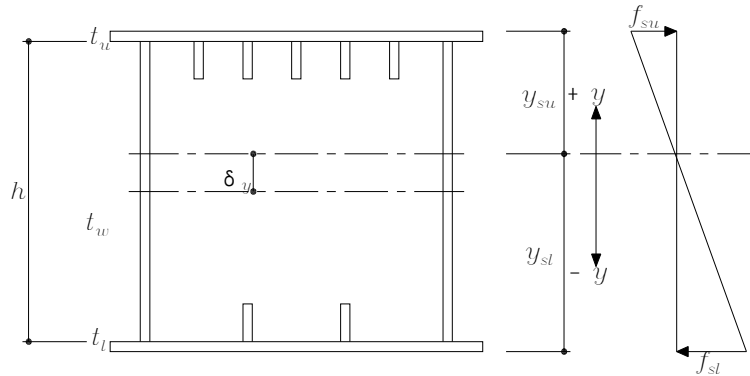
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 × 14.0	36,400.0	957.0	3.483E+07	3.334E+10	5.945E+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 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
R - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-875.0	-3.150E+06	2.756E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	-960.0	-4.992E+07	4.792E+10	1.733E+06
강재 단면 합계		148,100.0	-	-6.948E+06	9.615E+10	1.375E+10
RC. SLAB	1 - 4,740.0 × 240.0	1,137,600.0	1,120.0	1.274E+09	1.427E+12	5.460E+09

SLAB 단면 합계	1,137,600.0	-	1.274E+09	1.427E+12	5.460E+09
※ $A_s = 148,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,137,600.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -6,947,700.0 / 148,100.0 = -46.912 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,900.0 / 2 + 14.0 - -46.912 = 1,010.912 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,900.0 / 2 + 20.0 + -46.912 \} = -923.088 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 13,746,765,366.7 + 96,150,416,100.0 - 148,100.0 \times -46.912^2 = 1.096E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,269.310 \times 1,010.9 / 109,571,249,425.5 = 67.067 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,269.310 \times -923.1 / 109,571,249,425.5 = -61.241 \text{ MPa}$$

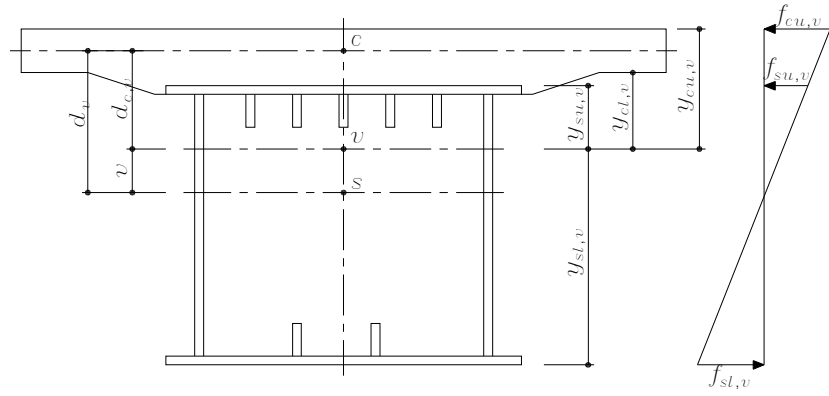
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 182.760 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 4.008 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 148,100.0 + 0.0 = 148,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,166.9 - 0.0 = 1,166.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 109,571,249,425.5 + 148,100.0 \times 0.0^2 + 682,560,000.0 + 0.0 \times 1,166.9^2 = 1.103\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,010.9 - 0.0 = 1,010.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -923.1 - 0.0 = -923.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 2,048.010 \times 1,010.9 / 110,253,809,425.5 = 18.778 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 2,048.010 \times -923.1 / 110,253,809,425.5 = -17.147 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 2,048.010 \times 1,286.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 2.988 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 2,048.010 \times 1,046.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 2.431 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

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

$$= 113.890 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 2.498 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,538.460 \times 1,010.9 / 110,253,809,425.5 = 41.613 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,538.460 \times -923.1 / 110,253,809,425.5 = -37.998 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,538.460 \times 1,286.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 6.622 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,538.460 \times 1,046.9 / (110,253,809,425.5 \times 8.0) = 5.387 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 172.250 / 45,600.0 + 167.320 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 4.961 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 468.900 / 45,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 167.320 / 141,340,909.7 = 11.467 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 11.5 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(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)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 14 \text{ mm}$$

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

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b/(t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 155.8 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 269.5 \text{ MPa}$$

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

$$\therefore f_{ca} = 155.8 \text{ MPa}$$

- 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	-	-	-	-	67.067	-61.241	155.829	190.000
1+2	-	-	-	-	85.845	-78.387	155.829	190.000
3	-	-	-	-	41.613	-37.998	155.829	190.000
1+2+3	-	-	-	-	127.458	-116.385	155.829	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	0.185	0.104	0.011	0.011	0.196	0.115	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.669	0.375	0.011	0.011	0.680	0.386	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)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 127.458 / 210000 = 6.069E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 116.385 / 210000 = 5.542E-04$$

(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	-	-	-	-	87.187	-79.613	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	201.067	-183.599	320.000	0.K !!

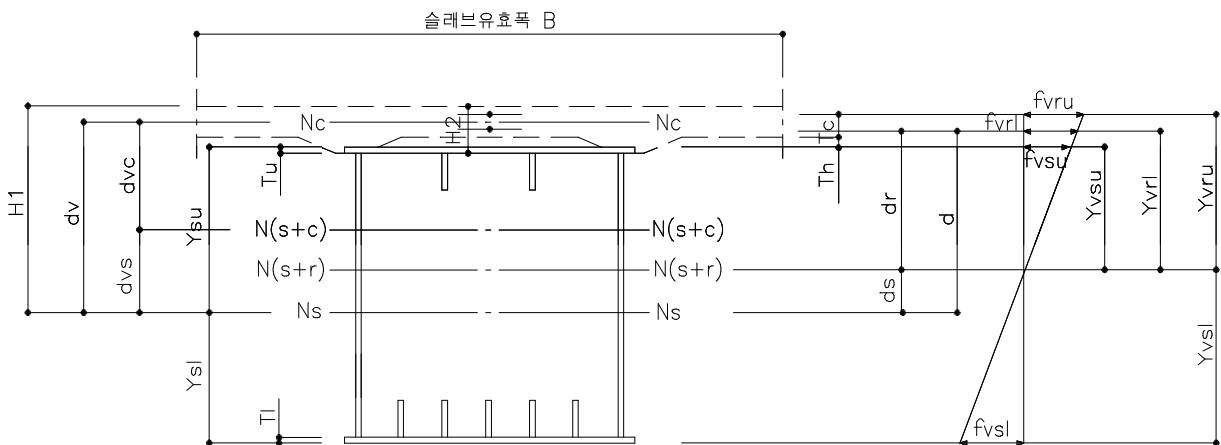
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	28.0	65016	1364.0	88681824	120962007936	4247712
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	28.0	65016	-1364.0	-88681824	120962007936	4247712
강단면 합계			207432		-6885000	262406890872	39398120424
UPPER RE-BAR	-	-	10825.9	1570.0	16996658	26684752694	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1450.0	4489925	6510391250	-
RE-BAR 합계			13922		21486583	262406890872	-
1 - RC SLAB	4195.0	240.0	1006800	1520.0	1530336000	2326110720000	4832640000

$$* A_s = 207432 \text{ mm}^2, A_c = 1006800 \text{ mm}^2, A_r = 13922 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s|^1 = A_s \cdot \gamma^2 + \sum |s| = 262406890872 + 39398120424 = 301805011296 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-6885000}{207432} = -33.192 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 301805011296 - 207432 \times -33.192^2 = 301576487129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2700.0 / 2 + 28.0 - -33.192 = 1411.192 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1411.192 - 2756.000 = -1344.808 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6579936 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -64.004 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_{sl} \cdot Y_{sl} / I_{sl} = 60.994 \text{ MPa}$$

$$u = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 24.198 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 221354 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1576.502 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1477.346 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 99.156 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1504.035 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1384.035 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1312.035 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1443.965 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 334002293427 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6616116.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -20.279 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -18.661 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -17.690 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 19.469 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 8.244 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -36.350 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -33.450 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -31.710 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 34.898 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 17.315 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_{c/n} = 333282 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1553.192 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 966.694 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 586.498 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_{c/n_1} = 270357 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n_1} + A_s) = 1191.690 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 361.502 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 491139393184 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot dvc \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -1115511 \text{ N}$$

$$P\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -1115511 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -1329343495 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$f_{vru1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -3.447 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -3.574 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -3.650 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -6.568 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 249382 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1291.920 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 261.271 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2265300 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 2926586799 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 6.728 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 7.008 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.176 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 13.599 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3020400 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot dvc = 2919801926 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.852 \text{ MPa}$$

$$f_{rllt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.573 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 10.594 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 17.003 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v Tw)) = 47.755 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v Tw)) = 30.440 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w / 2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 47.755 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(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)

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

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

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 227.886$$

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1078.000 \text{ MPa}$$

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

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

* 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	-64.004	60.994	190.000	190.000
1+2	-20.279	-18.661	160.000	-81.695	80.463	190.000	190.000
1+2+3	-56.629	-52.111	160.000	-113.404	115.361	190.000	190.000
1+2+3+5	-60.076	-55.685	160.000	-117.055	108.793	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-53.348	-48.677	160.000	-109.879	122.392	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-67.200	-62.250	184.000	-99.285	139.395	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-39.496	-35.104	184.000	-120.473	105.389	218.500	218.500
1+2+4	-20.279	-18.661	200.000	-81.695	80.463	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-56.629	-52.111	200.000	-113.404	115.361	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-60.076	-55.685	200.000	-117.055	108.793	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-53.348	-48.677	200.000	-109.879	122.392	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-67.200	-62.250	216.000	-99.285	139.395	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-39.496	-35.104	216.000	-120.473	105.389	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-117.055}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.755}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.380 + 0.188 = 0.568 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{122.392}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{47.755}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.415 + 0.188 = 0.603 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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

$$\Sigma f = 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + (-3.447) + (6.728) + (13.852)$$

$$= -115.086 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + (13.852) \\ &= -118.368 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 1.3 \times 0 + (-3.447) + (6.728) + (13.852) \\ &= -36.934 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -20.279 + 2.15 \times -36.35 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.447) + (6.728) + (13.852) \\ &= -115.086 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -181.448 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + (10.594) \\ &= -184.973 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 1.3 \times 0 + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -113.272 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-64.004 + -17.69) + 2.15 \times -31.71 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-3.65) + (7.176) + (10.594) \\ &= -181.448 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 203.667 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + (-17.003) \\ &= 196.636 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

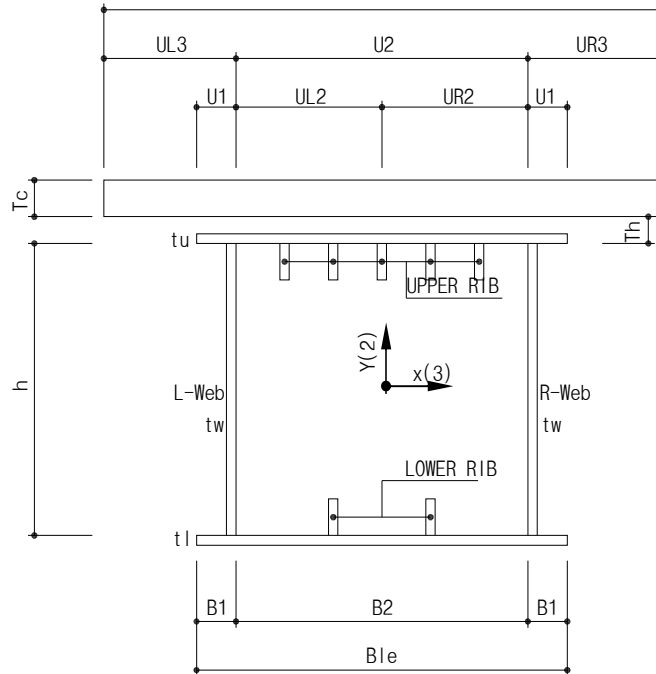
- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 1.3 \times 0 + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 128.635 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (60.994 + 19.469) + 2.15 \times 34.898 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-6.568) + (13.599) + (-17.003) \\ &= 203.667 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad 0.K. \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

5. G2 내측 - S1경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	7,318.750
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	1,892.880
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	4,687.320
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	219.100
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	112.570
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	185.670
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	168.570

< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

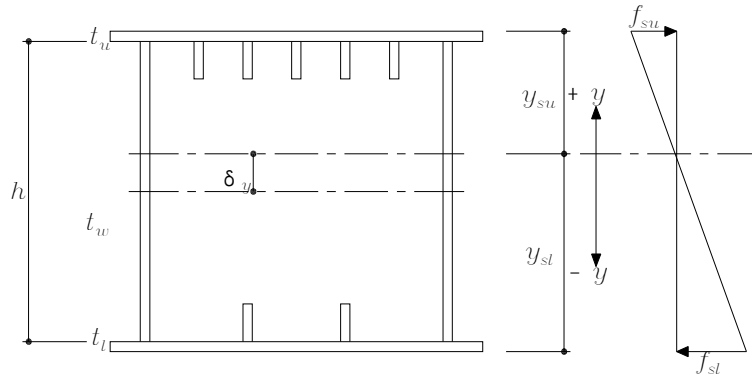
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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 × 14.0	36,400.0	957.0	3.483E+07	3.334E+10	5.945E+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 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
R - WEB	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-875.0	-3.150E+06	2.756E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	-960.0	-4.992E+07	4.792E+10	1.733E+06
강재 단면 합계		148,100.0	-	-6.948E+06	9.615E+10	1.375E+10
RC. SLAB	1 - 5,000.0 × 240.0	1,200,000.0	1,120.0	1.344E+09	1.505E+12	5.760E+09

SLAB 단면 합계	1,200,000.0	-	1.344E+09	1.505E+12	5.760E+09
※ $A_s = 148,100.0 \text{ mm}^2$ $A_{c1} = 1,200,000.0 \text{ mm}^2$					

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s = -6,947,700.0 / 148,100.0 = -46.912 \text{ mm}$$

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y = 1,900.0 / 2 + 14.0 - -46.912 = 1,010.912 \text{ mm}$$

$$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \} = -\{ 1,900.0 / 2 + 20.0 + -46.912 \} = -923.088 \text{ mm}$$

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2 = 13,746,765,366.7 + 96,150,416,100.0 - 148,100.0 \times -46.912^2 = 1.096E+11 \text{ mm}^4$$

▪ 플랜지 응력 검토

(도.설.해 3.8.2.1)

$$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s = 7,318.750 \times 1,010.9 / 109,571,249,425.5 = 67.523 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s = 7,318.750 \times -923.1 / 109,571,249,425.5 = -61.657 \text{ MPa}$$

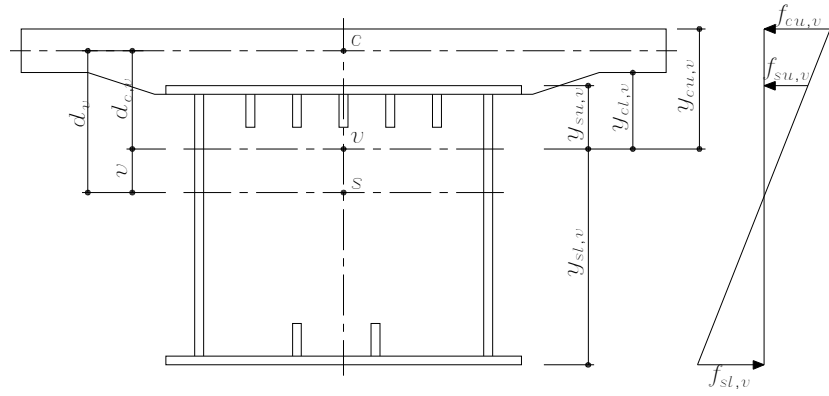
▪ 부재의 전단응력 검토

(도.설.해 3.8.2.2, 도.설.해 3.8.2.3)

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

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

$$= 219.100 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,810,256.0 \times 12.0) = 4.805 \text{ MPa}$$



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$$A_v = A_s + A_{cn1} = 148,100.0 + 0.0 = 148,100.0 \text{ mm}^2$$

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$$d_{c,v} = d_v - v = 1,166.9 - 0.0 = 1,166.9 \text{ mm}$$

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2 = 109,571,249,425.5 + 148,100.0 \times 0.0^2 + 720,000,000.0 + 0.0 \times 1,166.9^2 = 1.103\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$$y_{su,v} = y_{su} - v = 1,010.9 - 0.0 = 1,010.9 \text{ mm}$$

$$y_{sl,v} = y_{sl} - v = -923.1 - 0.0 = -923.1 \text{ mm}$$

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v = 1,892.880 \times 1,010.9 / 110,291,249,425.5 = 17.350 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v = 1,892.880 \times -923.1 / 110,291,249,425.5 = -15.843 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 1,892.880 \times 1,286.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 2.761 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 1,892.880 \times 1,046.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 2.246 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

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

$$= 112.570 / 45,600.0 + 0.000 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 2.469 \text{ MPa}$$

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v = 4,687.320 \times 1,010.9 / 110,291,249,425.5 = 42.963 \text{ MPa}$$

$$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v = 4,687.320 \times -923.1 / 110,291,249,425.5 = -39.231 \text{ MPa}$$

$$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n) = 4,687.320 \times 1,286.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 6.837 \text{ MPa}$$

$$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n) = 4,687.320 \times 1,046.9 / (110,291,249,425.5 \times 8.0) = 5.562 \text{ MPa}$$

▪ 전단응력 검토

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

$$= 185.670 / 45,600.0 + 168.570 / (2 \times 5,889,204.6 \times 12.0) = 5.264 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$$= 517.340 / 45,600.0 + 0.000 / 141,340,909.7 + 168.570 / 141,340,909.7 = 12.538 \text{ MPa}$$

$$\ast u = 12.5 \text{ MPa} \leq u_a = 110.0 \text{ MPa} \dots\dots \text{O.K !!}$$

(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)

$$b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm} > t_u = 14 \text{ mm}$$

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

$$b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} < b / 22.0 \cdot i \cdot n = 18.2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 190.0 - 5.2 \{b/(t_u \cdot i \cdot n) - 22.0\} = 155.8 \text{ MPa}$$

$$b / 80.0 \cdot i \cdot n = 5.0 \text{ mm} \leq t_u = 14 \text{ mm} \geq b / 44.0 \cdot i \cdot n = 9.1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f_{ca} = 220,000 \{(t_u \cdot i \cdot n)/b\}^2 = 269.5 \text{ MPa}$$

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

$$\therefore f_{ca} = 155.8 \text{ MPa}$$

- 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	-	-	-	-	67.523	-61.657	155.829	190.000
1+2	-	-	-	-	84.873	-77.500	155.829	190.000
3	-	-	-	-	42.963	-39.231	155.829	190.000
1+2+3	-	-	-	-	127.836	-116.730	155.829	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	0.188	0.105	0.013	0.013	0.201	0.118	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.673	0.377	0.013	0.013	0.686	0.390	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)

$$\epsilon_u = f_u / E_s = 127.836 / 210000 = 6.087E-04$$

$$\epsilon_l = f_l / E_s = 116.730 / 210000 = 5.559E-04$$

(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	-	-	-	-	87.780	-80.154	320.000	0.K !!
1+2+3	-	-	-	-	202.706	-185.096	320.000	0.K !!

1) 단면가정 및 설계조건

H = 2.700 m
Bc = 4.386 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 = 0.028 m
Tl = 0.028 m
Tw = 0.012 m
U1 = 0.100 m
B1 = 0.100 m

Technical drawing of a column cross-section showing dimensions and reinforcement details. The drawing includes the following labels and dimensions:

- Top Labels:**
 - 슬래브 유효폭 Bc (Effective slab width Bc)
 - 상부 플랜지 총폭 But (Total width of upper flange But)
- Reinforcement Labels:**
 - U1 (Upper reinforcement bars)
 - UL2 (Upper longitudinal reinforcement bars)
 - UR2 (Upper reinforcement bars)
- Dimensions:**
 - Tu (Total width of upper flange)
 - Tw (Total width of web)
 - Tl (Total width of lower flange)
 - B1 (Width of lower flange)
 - B2 (Width of web)
 - H (Total height of column)
 - Tc (Thickness of concrete)
 - Th (Thickness of reinforcement)
- Reinforcement Details:**
 - 2 - 150 x 12 (Two longitudinal reinforcement bars, 150mm diameter, 12mm length)
 - 5 - 150 x 12 (Five longitudinal reinforcement bars, 150mm diameter, 12mm length)
- Angles:**
 - $\theta_L = 0.00$ (Left angle)
 - $\theta_R = 0.00$ (Right angle)
- Bottom Label:**
 - 하부 플랜지 총폭 Blt (Total width of lower flange Blt)

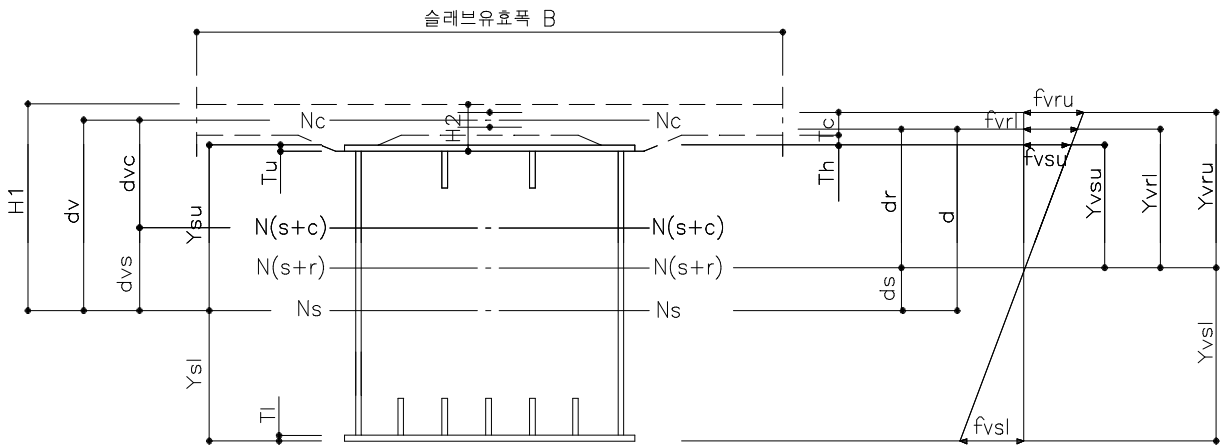
< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

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	28.0	65016	1364.0	88681824	120962007936	4247712
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	28.0	65016	-1364.0	-88681824	120962007936	4247712
강단면 합계			207432		-6885000	262406890872	39398120424
UPPER RE-BAR	-	-	3096.5	1570.0	4861505	7632562850	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1450.0	4489925	6510391250	-
RE-BAR 합계			6193		9351430	262406890872	-
1 - RC SLAB	4386.0	240.0	1052640	1520.0	1600012800	2432019456000	5052672000

$$* A_s = 207432 \text{ mm}^2, A_c = 1052640 \text{ mm}^2, A_r = 6193 \text{ mm}^2$$

2) 응력 검토



(1) 합 성 전

$$|s|^1 = A_s \cdot Y^2 + \sum |s| = 262406890872 + 39398120424 = 301805011296 \text{ mm}^4$$

$$\delta s = \sum (A \cdot Y) / A_s = \frac{-6885000}{207432} = -33.192 \text{ mm}$$

$$I_s = I_{s'} - A_s \cdot \delta s^2 = 301805011296 - 207432 \times -33.192^2 = 301576487129 \text{ mm}^4$$

$$Y_{su} = H/2 + T_u - \delta_s = 2700.0 / 2 + 28.0 - -33.192 = 1411.192 \text{ mm}$$

$$Y_{sl} = Y_{su} - (H + T_u + T_l) = 1411.192 - 2756.000 = -1344.808 \text{ mm}$$

$$F = b \cdot h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) \cdot (H + Tu/2 + Tl/2) = 6579936 \text{ mm}^2$$

$$f_{su} = M_s \cdot Y_{su} / I_s = -65.632 \text{ MPa}$$

$$f_{sl} = M_s \cdot Y_{sl} / I_s = 62.544 \text{ MPa}$$

$$\sigma = S_s / A(\text{Web}) + M_{st} / (2 \cdot F \cdot T_w) = 21.229 \text{ MPa}$$

(2) 합 성 후

$$\begin{aligned}A_v &= A_s + A_r = 213625 \text{ mm}^2 \\d &= Y_{su} - T_u + T_h + t_{cl} + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1543.192 \text{ mm} \\d_r &= d \cdot A_s / (A_s + A_r) = 1498.454 \text{ mm} \\d_s &= d - d_r = 44.737 \text{ mm} \\Y_{vru} &= d_r + (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{rl}/A_r = 1558.454 \text{ mm} \\Y_{vrl} &= d_r - (T_c - t_{cu} - t_{cl}) \cdot A_{ru}/A_r = 1438.454 \text{ mm} \\Y_{vsu} &= Y_{vrl} - t_{cl} - T_h + T_u = 1366.454 \text{ mm} \\Y_{vsl} &= Y_{vsu} - (H + T_u + T_l) = -1389.546 \text{ mm} \\I_{rv} &= I_s + A_s \cdot d_s^2 + A_r \cdot d_r^2 = 315897194168 \text{ mm}^4 \\F_v &= b \cdot h_v = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + T_w) \cdot (H + (T_u + T_c/n)/2 + T_l/2) = 6616116.0 \text{ mm}^2 \\f_{vru} &= M_{sc} \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -17.630 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_{sc} \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -16.273 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_{sc} \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -15.458 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_{sc} \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 15.720 \text{ MPa} \\u &= S_{sc} / A(\text{Web}) + M_{sct} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 5.284 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(3) 활 하 중

$$\begin{aligned}f_{vru} &= M_v \cdot Y_{vru}/I_{rv} = -41.140 \text{ MPa} \\f_{vrl} &= M_v \cdot Y_{vrl}/I_{rv} = -37.972 \text{ MPa} \\f_{vsu} &= M_v \cdot Y_{vsu}/I_{rv} = -36.071 \text{ MPa} \\f_{vsl} &= M_v \cdot Y_{vsl}/I_{rv} = 36.681 \text{ MPa} \\u &= S_v / A(\text{Web}) + M_{vt} / (2 \cdot F_v \cdot T_w) = 18.806 \text{ MPa}\end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned}A_{vc} &= A_s + A_{c/n} = 339012 \text{ mm}^2 \\d_v &= Y_{su} - T_u + T_h + T_c/2 = 1553.192 \text{ mm} \\d_{vc} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n} + A_s) = 950.355 \text{ mm} \\d_{vs} &= d_v - d_{vc} = 602.837 \text{ mm} \\n_1 &= n \cdot (1 + \phi_1 / 2) = 8 \times (1 + 2.0 / 2) = 16 \\A_{v1} &= A_s + A_{c/n_1} = 273222 \text{ mm}^2 \\d_{c1} &= d_v \cdot A_s / (A_{c/n_1} + A_s) = 1179.194 \text{ mm}\end{aligned}$$

2차 부정정력으로 인한 영향 고려
K = #####

$$ds1 = dv - dc1 = 373.998 \text{ mm}$$

$$I_{cv} = I_s + I_c/n + A_s \cdot dvs^2 + A_c/n \cdot dvc^2 = 496431059450 \text{ mm}^4$$

$$N_c = M_{sc} \cdot dvc \cdot A_c / (n \cdot I_{cv}) = -900181 \text{ N}$$

$$P\phi = N_c \cdot 2 \cdot \phi 1 / (2 + \phi 1) = -900181 \text{ N}$$

$$M\phi = P\phi \cdot dc1 = -1061487798 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Ec1 = Ec / (1 + \phi 1 / 2) = 13351 \text{ MPa}$$

$$f_{vru1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vru} / I_{rv} = -2.821 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = -2.928 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = -2.992 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl1} = P\phi / A_v + k \cdot M\phi \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = -5.456 \text{ MPa}$$

(6) 건조수축

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

$$A_{v2} = A_s + A_c/n2 = 251292 \text{ mm}^2$$

$$dc2 = dv \cdot A_s / (A_c/n2 + A_s) = 1282.101 \text{ mm}$$

$$ds2 = dv - dc2 = 271.091 \text{ mm}$$

$$P2 = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_c/n2 = 2368440 \text{ N}$$

$$M_{v2} = P2 \cdot dc2 = 3036578496 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$f_{vru2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vru} / I_{rv} = 7.102 \text{ MPa}$$

$$f_{vrl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} = 7.409 \text{ MPa}$$

$$f_{vsu2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 7.593 \text{ MPa}$$

$$f_{vsl2} = P2/A_v + K \cdot M_{v2} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 14.640 \text{ MPa}$$

(7) 온도차

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

$$P1 = E_s \cdot \epsilon_t \cdot A_c/n = 3157920 \text{ N}$$

$$M_{vt} = P1 \cdot dvc = 3001144044 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

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

$$f_{rut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vru} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -13.156 \text{ MPa}$$

$$f_{rlt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vrl} / I_{rv} - E_s \cdot \epsilon_t = -12.853 \text{ MPa}$$

$$f_{sut} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsu} / I_{rv} = 11.329 \text{ MPa}$$

$$f_{slt} = P1/A_v + K \cdot M_{vt} \cdot Y_{vsl} / I_{rv} = 18.294 \text{ MPa}$$

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

$$u = (S_s + S_{sc} + S_v) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{vt}) / (2 F_v Tw)) = 45.319 \text{ MPa} < u_a = 110 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w) / A_w + (M_{st} / (2 F Tw) + (M_{sct} + M_{wt}) / (2 F_v Tw)) = 26.513 \text{ MPa} < 1.2 u_a = 132 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

· 활하중 재하시

$$u = (S_s + S_{sc} + S_w / 2 + S_v) / A_w + (M_{st} / (2F \cdot T_w) + (M_{sc} + M_w / 2 + M_v) / (2F_v T_w)) = 45.319 \text{ MPa} < 1.25 u_a = 137.5 \text{ MPa} \quad 0.K.$$

(5) 조합응력의 검토 (도.설 3.4.2.1)

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

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

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

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)

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

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

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 190 - 3.9 (b / (t_l \cdot i \cdot n) - 24) = 227.886$$

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

$$\text{인 경우 : } f_{ca} = 220000 \times \{ (t_l \cdot i \cdot n) / b \} = 1078.000 \text{ MPa}$$

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

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

* 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	-65.632	62.544	190.000	190.000
1+2	-17.630	-16.273	160.000	-81.090	78.264	190.000	190.000
1+2+3	-58.770	-54.245	160.000	-117.162	114.945	190.000	190.000
1+2+3+5	-61.591	-57.173	160.000	-120.154	109.489	190.000	190.000

1+2+3+5+6	-54.489	-49.764	160.000	-112.561	124.129	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-67.645	-62.617	184.000	-101.232	142.423	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-41.333	-36.912	184.000	-123.890	105.835	218.500	218.500
1+2+4	-17.630	-16.273	200.000	-81.090	78.264	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-58.770	-54.245	200.000	-117.162	114.945	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-61.591	-57.173	200.000	-120.154	109.489	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-54.489	-49.764	200.000	-112.561	124.129	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-67.645	-62.617	216.000	-101.232	142.423	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-41.333	-36.912	216.000	-123.890	105.835	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)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{-120.154}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.319}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.400 + 0.170 = 0.570 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{f_a} + \frac{u}{u_a} \right)^2 = \left(\frac{124.129}{190.000} \right)^2 + \left(\frac{45.319}{110.000} \right)^2$$

$$= 0.427 + 0.170 = 0.597 < 1.2 \quad \text{O.K.}$$

(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

$$\Sigma f = 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + (-2.821) + (7.102) + (13.156)$$

$$= -120.245 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + (13.156) \\ &= -124.526 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 1.3 \times 0 + (-2.821) + (7.102) + (13.156) \\ &= -31.794 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times -17.63 + 2.15 \times -41.14 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.821) + (7.102) + (13.156) \\ &= -120.245 \text{ MPa} < f_y = 400.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -189.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + (11.329) \\ &= -194.300 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 1.3 \times 0 + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -112.146 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (-65.632 + -15.458) + 2.15 \times -36.071 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-2.992) + (7.593) + (11.329) \\ &= -189.700 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 208.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 포함시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + (-18.294) \\ &= 198.901 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{크리프, 건조수축 제외시})\end{aligned}$$

- 풍하중 재하시

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 1.3 \times 0 + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 129.221 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 비재하시})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma f &= 1.3 \times (62.544 + 15.72) + 2.15 \times 36.681 + 1.3 (1/2 \times 0) + (-5.456) + (14.64) + (-18.294) \\ &= 208.085 \text{ MPa} < f_y = 320.0 \text{ MPa} \quad \text{O.K.} \quad (\text{활하중 재하시})\end{aligned}$$

5.2 내진성능평가

교 량 내 진 성 능 평 가

연호고가교

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 1

P 1	구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	3.526	1.000	3.526	O.K
			교직(하단)	1.000	1.000	1.000	O.K
			교직(상단)	1.000	1.000	1.000	O.K
	말뚝기초 안정성	수평변위	교축	15.000	0.545	27.536	O.K
			교직	15.000	0.174	86.428	O.K
		연직압축지지력	교축	4,344.9	815.2	5.330	O.K
			교직	4,344.9	520.6	8.346	O.K
		연직인발지지력	교축	592.8	0.0	0.000	O.K
			교직	592.8	0.0	0.000	O.K
	말뚝응력 검토	휨인장응력	교축	210.0	52.6	3.989	O.K
			교직	210.0	22.2	9.478	O.K
		휨압축응력	교축	210.0	78.1	2.687	O.K
			교직	210.0	61.4	3.422	O.K
		휨전단응력	교축	120.0	4.4	27.060	O.K
			교직	120.0	3.2	37.203	O.K
	기초 단면검토	휨	교축	66,552	18,169	3.663	O.K
			교직	23,168	6,611	3.505	O.K
		전단	교축	46,385	12,328	3.763	O.K
			교직	12,207	3,612	3.379	O.K
받침부	본체 (kN)	교축	5,400	5,151	1.048	O.K	
		교직	5,400	4,339	1.244	O.K	
	앵커볼트 (kN)	교축	3,501	429	8.158	O.K	
		교직	3,501	362	9.683	O.K	
	콘크리트 (kN)	교축	13,083	5,151	2.540	O.K	
		교직	1,135	362	3.138	O.K	
	프라이아웃 (kN)	교축	1,386	429	3.228	O.K	
		교직	1,386	362	3.832	O.K	

- 교각 4

P 4	구분			보유성능	소요성능	평가	
	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.897	1.000	2.897	O.K
			교직(하단)	3.403	1.000	3.403	O.K
			교직(상단)	3.518	1.000	3.518	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.600	1.375	1.890	O.K
			교직	9.880	0.809	12.217	O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#####
			교직	46.179	2.000	23.089	O.K
		활동	교축	5.406	1.200	4.505	O.K
			교직	4.385	1.200	3.654	O.K
	기초 단면검토	힘	교축	69,482	27,246	2.550	O.K
			교직	24,193	11,164	2.167	O.K
		전단	교축	48,402	11,897	4.069	O.K
			교직	12,737	7,257	1.755	O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	5,400	4,509	1.198	O.K
			교직	5,400	4,792	1.127	O.K
		앵커볼트 (kN)	교축	3,501	376	9.318	O.K
			교직	3,501	399	8.768	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	13,083	4,509	2.901	O.K
			교직	1,135	399	2.842	O.K
프라이아웃 (kN)		교축	1,386	376	3.687	O.K	
		교직	1,386	399	3.470	O.K	

- 교대 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가	
	받침부	본체 (kN)	교축	3,084	2,494	1.237	O.K
			교직	3,084	2,057	1.499	O.K
		앵커볼트 (kN)	교축	1,556	208	7.488	O.K
			교직	1,556	171	9.080	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	12,073	2,494	4.841	O.K
			교직	1,063	171	6.203	O.K
		프라이아웃 (kN)	교축	1,001	208	4.817	O.K
			교직	1,001	171	5.841	O.K
	지지길이(mm)			교축	1,485	315	4.715

- 교대기초 1

A 1	구분			보유성능	소요성능	평가		
	기초부 (교축)	반력 (kN)	수직	2,130	594	3.588	O.K	
			수평	920	21	42.907	O.K	
		인발 지지력 (kN)			0	0	∞	O.K
		수평변위 (mm)	고정	15.000	0.350	42.857	O.K	
			힌지	15.000	0	∞	O.K	
		응력 검토 (Mpa)			210	99	2.121	O.K

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	연호고가교	준공년도	- 년
본부/지사	-	받침종류	LRB
상부구조		하부구조	
형식	STB	교각형식	다주식교각
교량폭원	28.9m	기초형식	강관파일기초
콘크리트	27Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	3@50.0+60.0+4@50.0=410.0m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S2 , 교직 : S2
해석방법	시간이력해석법
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

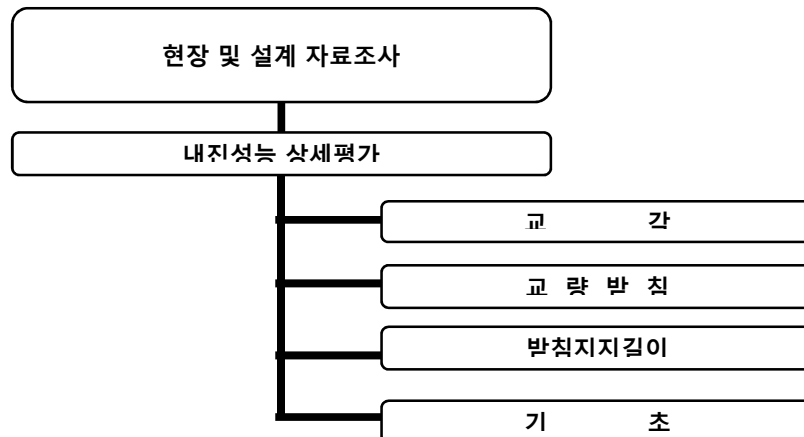
1) 내진성능상세평가 방법

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)

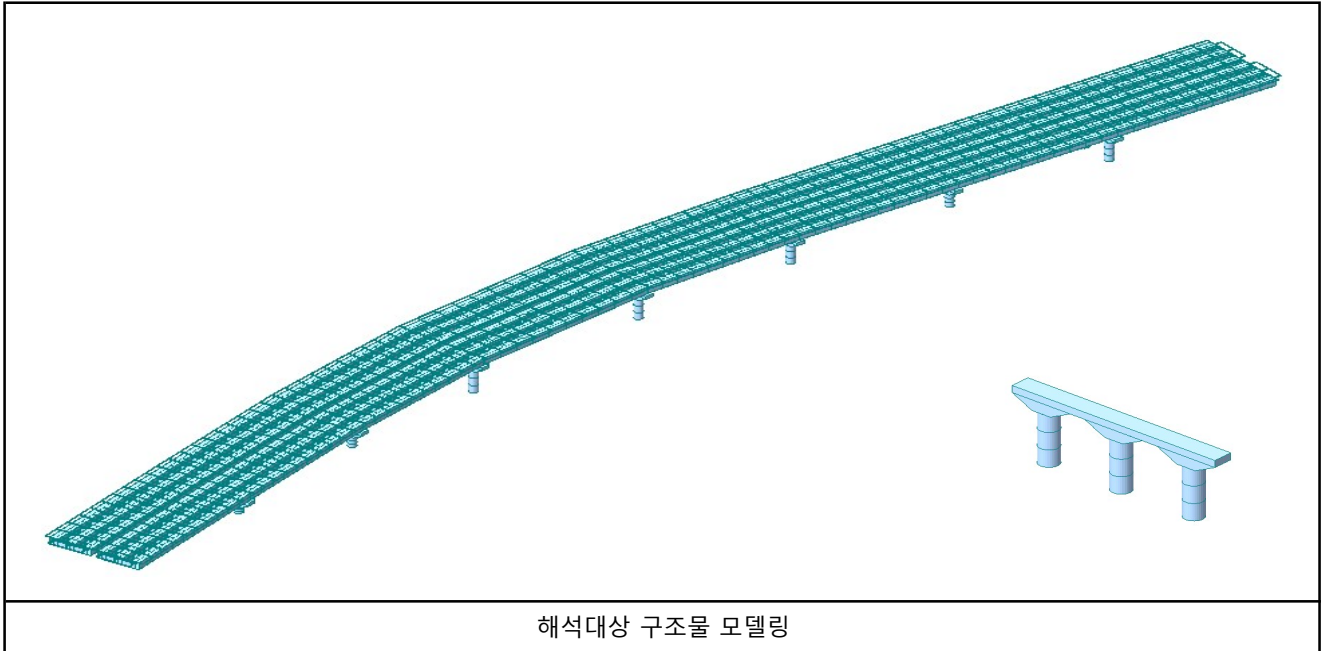
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

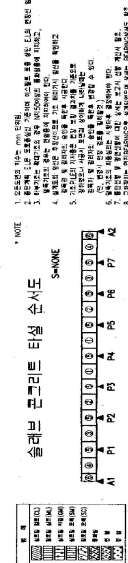
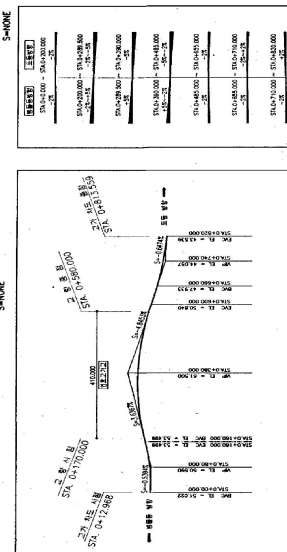
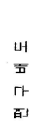
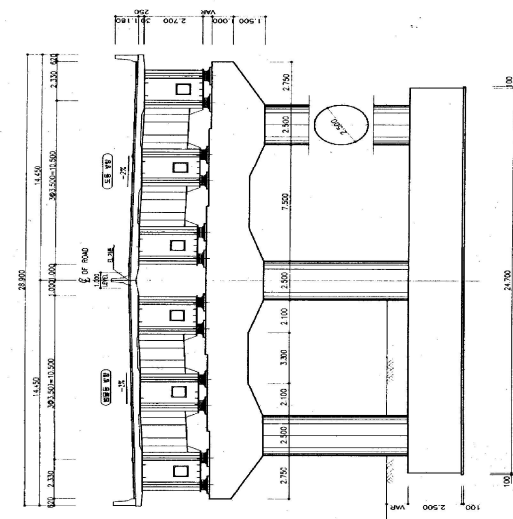
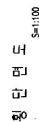
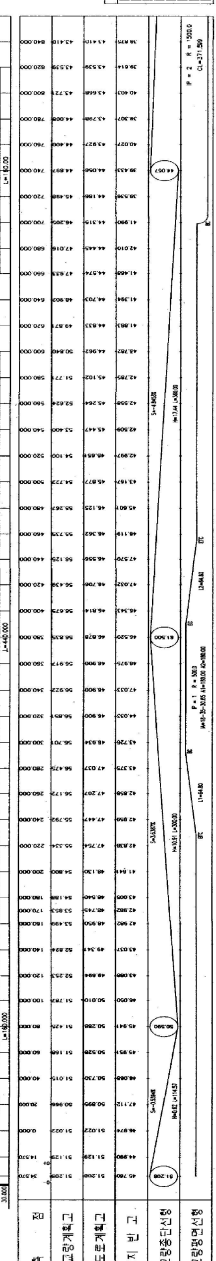
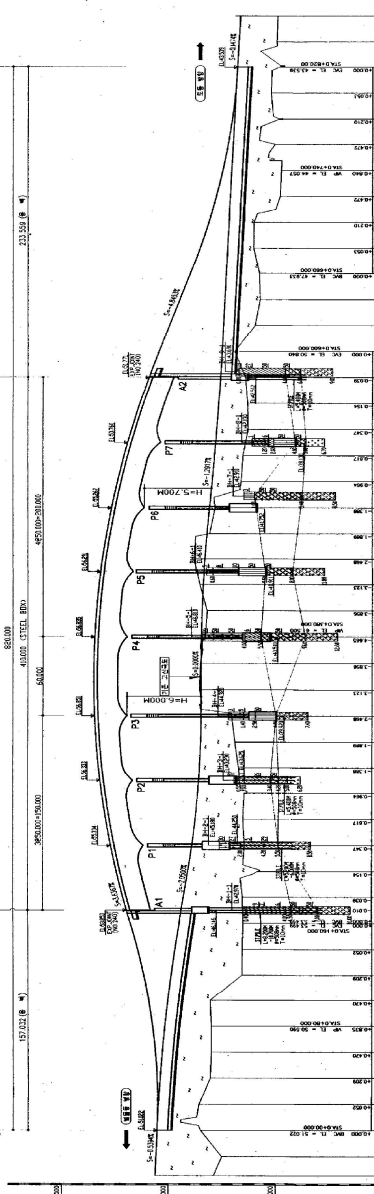
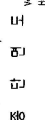
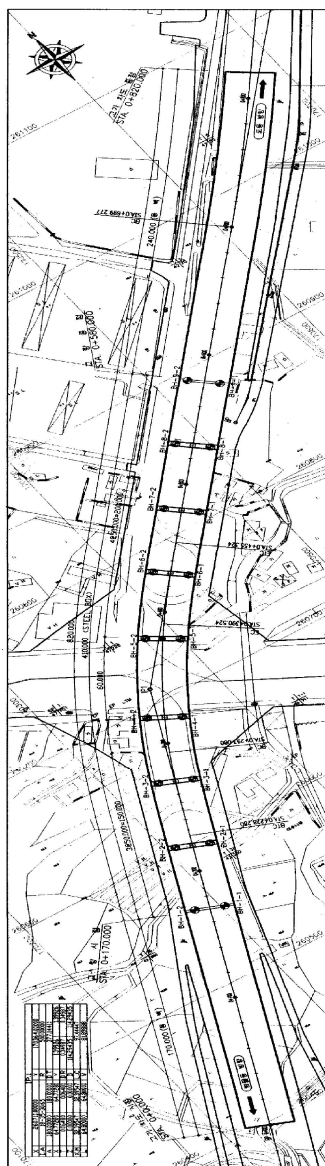
- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : LRB



2.2 하중산정 조건

-구조계산서 반력집계

L = 410.0m		
구분	사하중	B/L
B1	26,700	65.12
B2	25,410	61.97
B3	26,700	65.12
B4	26,700	65.12
B5	25,410	61.97
B6	26,700	65.12

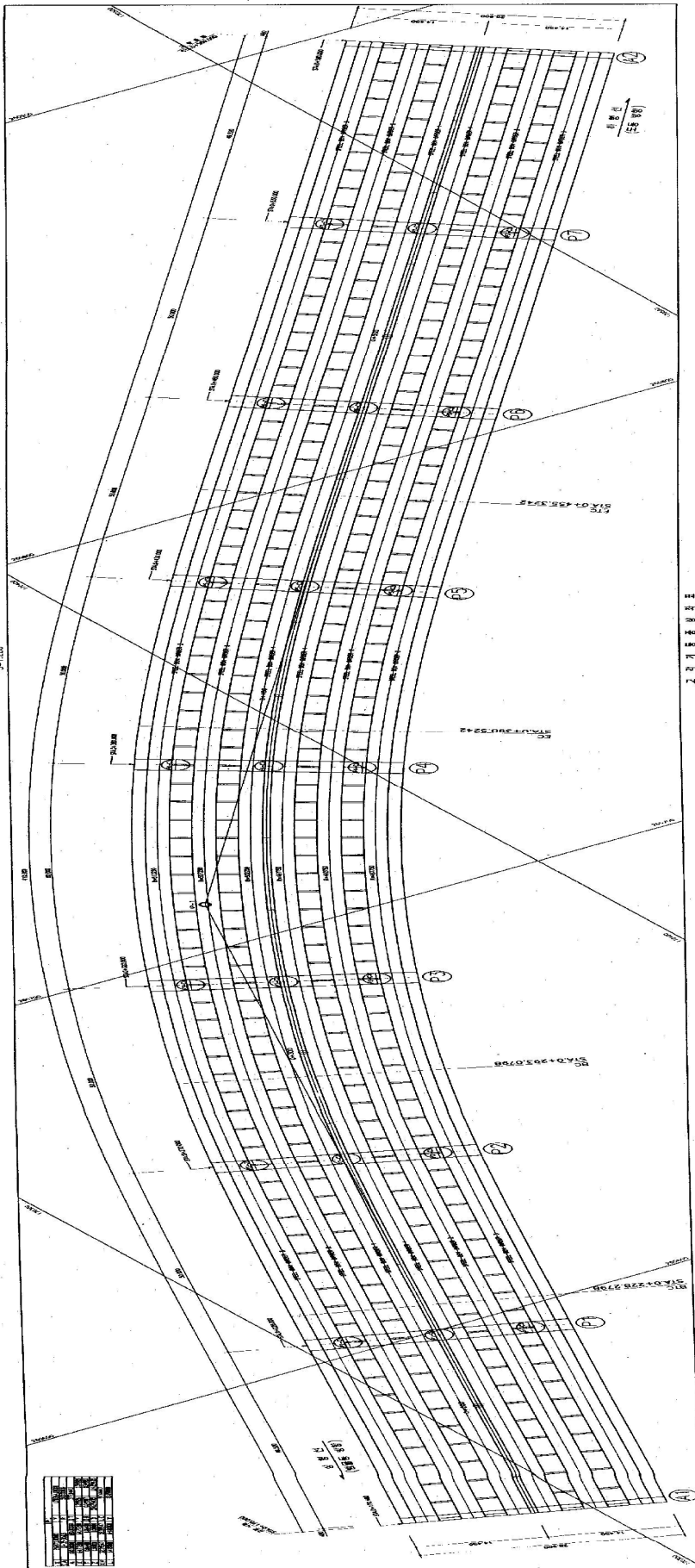
[illegible]

너
가
가
가
가
가
가
가

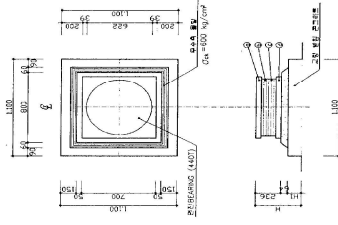
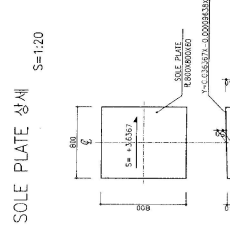
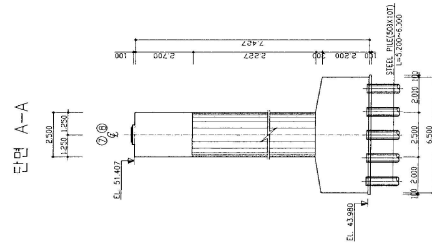
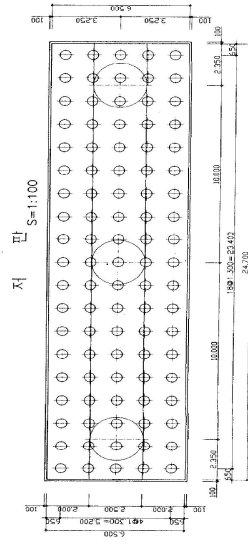
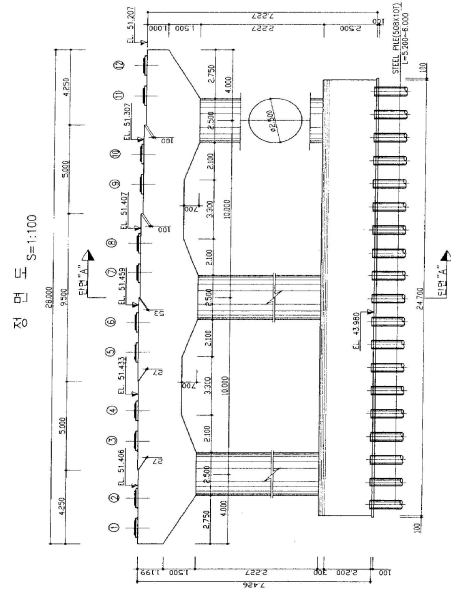
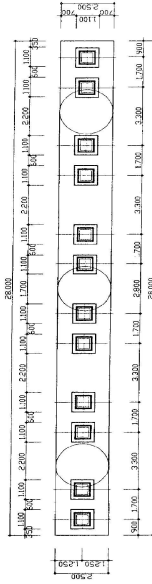
No.	Date	Description	Debit		Credit		Balance
			Dr.	Cr.	Dr.	Cr.	
1	1907	Balance					
2	1907	Balance					
3	1907	Balance					
4	1907	Balance					
5	1907	Balance					
6	1907	Balance					
7	1907	Balance					
8	1907	Balance					
9	1907	Balance					
10	1907	Balance					
11	1907	Balance					
12	1907	Balance					
13	1907	Balance					
14	1907	Balance					
15	1907	Balance					
16	1907	Balance					
17	1907	Balance					
18	1907	Balance					
19	1907	Balance					
20	1907	Balance					
21	1907	Balance					
22	1907	Balance					
23	1907	Balance					
24	1907	Balance					
25	1907	Balance					
26	1907	Balance					
27	1907	Balance					
28	1907	Balance					
29	1907	Balance					
30	1907	Balance					
31	1907	Balance					
32	1907	Balance					
33	1907	Balance					
34	1907	Balance					
35	1907	Balance					
36	1907	Balance					
37	1907	Balance					
38	1907	Balance					
39	1907	Balance					
40	1907	Balance					
41	1907	Balance					
42	1907	Balance					
43	1907	Balance					
44	1907	Balance					
45	1907	Balance					
46	1907	Balance					
47	1907	Balance					
48	1907	Balance					
49	1907	Balance					
50	1907	Balance					
51	1907	Balance					
52	1907	Balance					
53	1907	Balance					
54	1907	Balance					
55	1907	Balance					
56	1907	Balance					
57	1907	Balance					
58	1907	Balance					
59	1907	Balance					
60	1907	Balance					
61	1907	Balance					
62	1907	Balance					
63	1907	Balance					
64	1907	Balance					
65	1907	Balance					
66	1907	Balance					
67	1907	Balance					
68	1907	Balance					
69	1907	Balance					
70	1907	Balance					

CARDINALS										BISHOPS									
		1993-1					1993-2					1993-3							
	#	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6	8-7	8-8	8-9	8-10	8-11	8-12	8-13	8-14	8-15	8-16		
1	1	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
2	2	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
3	3	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
4	4	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
5	5	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
6	6	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
7	7	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
8	8	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
9	9	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
10	10	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
11	11	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
12	12	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
13	13	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
14	14	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
15	15	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
16	16	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
17	17	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
18	18	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
19	19	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
20	20	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
21	21	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
22	22	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
23	23	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
24	24	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
25	25	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
26	26	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
27	27	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
28	28	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
29	29	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
30	30	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
31	31	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
32	32	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
33	33	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
34	34	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
35	35	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
36	36	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
37	37	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
38	38	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
39	39	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
40	40	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
41	41	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
42	42	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
43	43	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
44	44	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
45	45	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
46	46	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
47	47	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
48	48	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
49	49	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
50	50	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
51	51	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
52	52	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
53	53	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
54	54	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
55	55	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
56	56	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
57	57	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
58	58	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
59	59	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
60	60	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8	1993-9	1993-10	1993-11	1993-12	1993-13	1993-14	1993-15	1993-16		
61	61	1993-1	1993-2	1993-3	1993-4	1993-5	1993-6	1993-7	1993-8										

NOTE 1. 31은 정해진 샘플이다.
2. 31은 정해진 샘플이다.
3. 25. 5170은 도출되어 25. 51700000.
4. 25. 5170은 25. 51700000.
5. 25. 5170은 25. 51700000.
6. 25. 5170은 25. 51700000.



0H
1H
5H
S=1:100



El	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H			431						438			
HI			121						136			

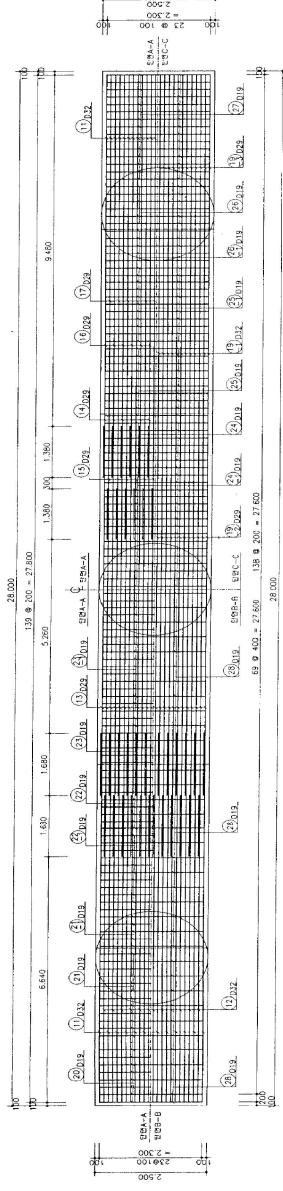
NO	DESCRIPTION	MATERIAL
a	TOP PLATE	MS D 3115 SWS 430 B
b	RUBBER	NATURAL RUBBER
c	REINFORCING PLATE	MS D 3301 or MS D 3503
d	BOTTOM PLATE	MS D 3115 SWS 430 B

* NOTE :

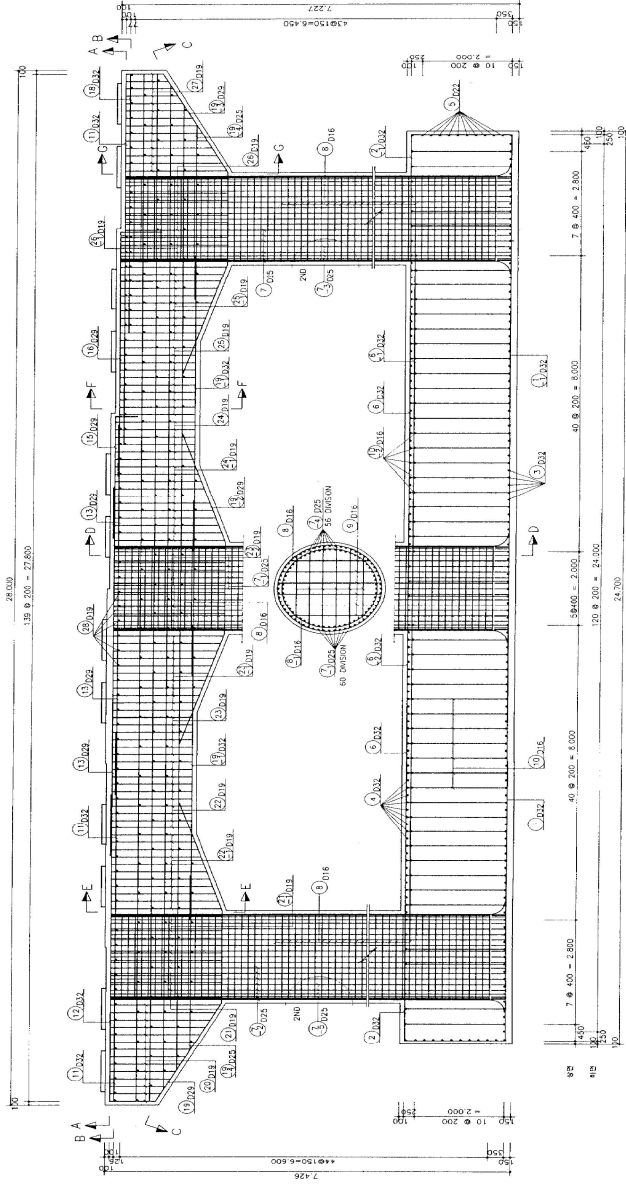
1. 구제 근사치의 $\epsilon_0 = 240 \text{ kg/cm}^2$
2. 기소 근사치의 $\epsilon_0 = 135 \text{ kg/cm}^2$
3. 변형 (5030) $\cdot \sigma = 3.00 \text{ cm/cm}$
4. 원관 설계 압력과 체변의 상응치는 그제 근사치의 또는 무한 근사치의 범위 내에 포함하여야 한다.
5. 변형은 다른 BEARING으로 설계되어야, 부동식 강관으로의 순환을 통한 수생하여야 한다.
6. 기소 근사치의 지지력이 지반수가 없는 상태에서 터짐이 있다.
7. MOSTER BLOCK은 그제 근사치의 정도와 이상 20%를 초과하여야 한다.

[illegible]

H_2O H_2 H_2
 $S = 1 : 50$



H_2O H_2O H_2O
 $S = 1:50$

[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	625.4	2300	O.K	237.0	-
	2	622.2	2300	O.K	237.0	-
	3	618.3	2300	O.K	237.0	-
	4	618.5	2300	O.K	237.0	-
	5	622.1	2300	O.K	237.0	-
	6	625.9	2300	O.K	237.0	-
	7	625.8	2300	O.K	237.0	-
	8	622.6	2300	O.K	237.0	-
	9	618.7	2300	O.K	237.0	-
	10	618.9	2300	O.K	237.0	-
	11	622.6	2300	O.K	237.0	-
	12	626.3	2300	O.K	237.0	-
P1	1	1796.7	4400	O.K	450.0	-
	2	1833.5	4400	O.K	450.0	-
	3	1792.5	4400	O.K	450.0	-
	4	1825.1	4400	O.K	450.0	-
	5	1814.3	4400	O.K	450.0	-
	6	1865.9	4400	O.K	450.0	-
	7	1795.4	4400	O.K	450.0	-
	8	1830.1	4400	O.K	450.0	-
	9	1789.9	4400	O.K	450.0	-
	10	1822.1	4400	O.K	450.0	-
	11	1810.8	4400	O.K	450.0	-
	12	1864.8	4400	O.K	450.0	-

P2	1	1311.8	4400	O.K	450.0	-
	2	1556.1	4400	O.K	450.0	-
	3	1391.0	4400	O.K	450.0	-
	4	1581.9	4400	O.K	450.0	-
	5	1444.1	4400	O.K	450.0	-
	6	1711.7	4400	O.K	450.0	-
	7	1292.6	4400	O.K	450.0	-
	8	1526.5	4400	O.K	450.0	-
	9	1368.0	4400	O.K	450.0	-
	10	1550.8	4400	O.K	450.0	-
	11	1419.4	4400	O.K	450.0	-
	12	1676.4	4400	O.K	450.0	-
P3	1	1333.9	4400	O.K	450.0	-
	2	2002.9	4400	O.K	450.0	-
	3	1576.4	4400	O.K	450.0	-
	4	2096.6	4400	O.K	450.0	-
	5	1687.8	4400	O.K	450.0	-
	6	2410.0	4400	O.K	450.0	-
	7	1312.4	4400	O.K	450.0	-
	8	1938.1	4400	O.K	450.0	-
	9	1539.6	4400	O.K	450.0	-
	10	2026.0	4400	O.K	450.0	-
	11	1646.1	4400	O.K	450.0	-
	12	2320.9	4400	O.K	450.0	-
P4	1	1346.0	4400	O.K	450.0	-
	2	1972.5	4400	O.K	450.0	-
	3	1572.2	4400	O.K	450.0	-
	4	2058.9	4400	O.K	450.0	-
	5	1677.7	4400	O.K	450.0	-
	6	2353.6	4400	O.K	450.0	-
	7	1323.9	4400	O.K	450.0	-
	8	1911.3	4400	O.K	450.0	-
	9	1536.0	4400	O.K	450.0	-
	10	1992.6	4400	O.K	450.0	-
	11	1637.0	4400	O.K	450.0	-
	12	2270.8	4400	O.K	450.0	-

P5	1	1430.4	4400	O.K	450.0	-
	2	1602.0	4400	O.K	450.0	-
	3	1481.0	4400	O.K	450.0	-
	4	1616.4	4400	O.K	450.0	-
	5	1524.1	4400	O.K	450.0	-
	6	1715.3	4400	O.K	450.0	-
	7	1418.1	4400	O.K	450.0	-
	8	1584.8	4400	O.K	450.0	-
	9	1467.0	4400	O.K	450.0	-
	10	1598.6	4400	O.K	450.0	-
	11	1509.4	4400	O.K	450.0	-
	12	1695.4	4400	O.K	450.0	-
P6	1	1570.0	4400	O.K	450.0	-
	2	1569.0	4400	O.K	450.0	-
	3	1549.9	4400	O.K	450.0	-
	4	1555.4	4400	O.K	450.0	-
	5	1566.0	4400	O.K	450.0	-
	6	1581.5	4400	O.K	450.0	-
	7	1570.1	4400	O.K	450.0	-
	8	1569.2	4400	O.K	450.0	-
	9	1550.2	4400	O.K	450.0	-
	10	1555.4	4400	O.K	450.0	-
	11	1566.1	4400	O.K	450.0	-
	12	1581.7	4400	O.K	450.0	-
P7	1	1810.5	4400	O.K	450.0	-
	2	1802.2	4400	O.K	450.0	-
	3	1787.5	4400	O.K	450.0	-
	4	1787.2	4400	O.K	450.0	-
	5	1802.3	4400	O.K	450.0	-
	6	1810.1	4400	O.K	450.0	-
	7	1808.7	4400	O.K	450.0	-
	8	1803.5	4400	O.K	450.0	-
	9	1788.5	4400	O.K	450.0	-
	10	1786.4	4400	O.K	450.0	-
	11	1801.3	4400	O.K	450.0	-
	12	1811.2	4400	O.K	450.0	-

A2	1	628.9	2300	O.K	237.0	-
	2	626.1	2300	O.K	237.0	-
	3	622.1	2300	O.K	237.0	-
	4	622.2	2300	O.K	237.0	-
	5	626.0	2300	O.K	237.0	-
	6	629.2	2300	O.K	237.0	-
	7	628.2	2300	O.K	237.0	-
	8	626.7	2300	O.K	237.0	-
	9	622.8	2300	O.K	237.0	-
	10	621.8	2300	O.K	237.0	-
	11	625.7	2300	O.K	237.0	-
	12	629.3	2300	O.K	237.0	-

3.2 교각(기둥당) 반력

교각(개소당)		고정하중(kN)		비고
		기둥상단	기둥하단	
P1	1	8365.36	8633.37	
P2	1	7137.75	7551.74	
P3	1	8755.53	9645.85	
P4	1	8649.31	9466.69	
P5	1	7377.64	8125.59	
P6	1	7322.51	7852.51	
P7	1	8254.95	9037.56	

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 시간이력해석

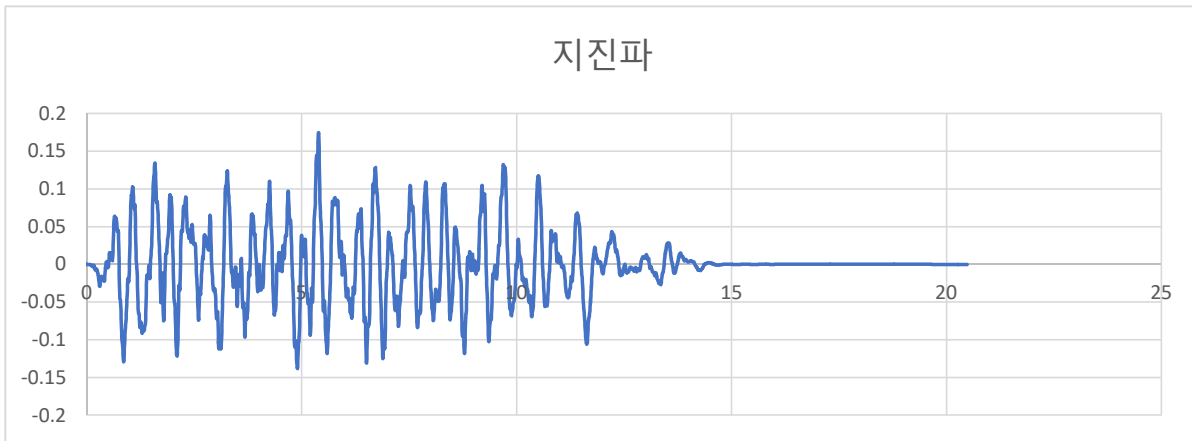
* 인공지진파의 결정

- 시간이력의 응답스펙트럼 값이 설계지반 응답스펙트럼값보다 낮은 주기의 수는 5개 이하이고 낮은 정도는 10% 이내이어야 한다.
- 시간이력의 응답스펙트럼을 계산하는 주기의 간격은 스펙트럼 값의 변화가 10% 이상 되지 않을 정도로 충분히 작아야 한다.

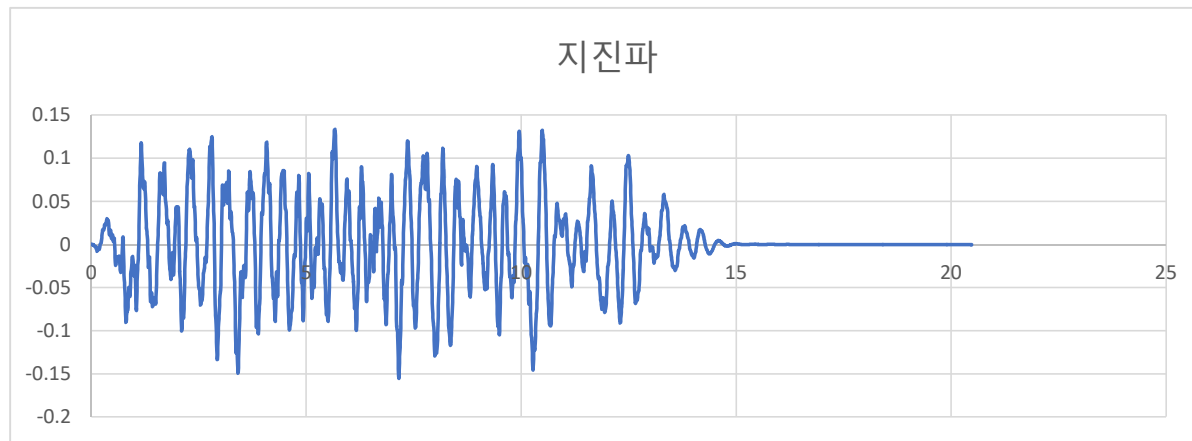
* 지진거리교량에 따른 인공지진파

- Proshake 프로그램을 이용하여 설계스펙트럼에 부합하는 S2지반에서의 인공지진파를 해당 교량 지반특성을 반영하여 부지응답해석을 통해 수정된 인공지진파를 적용하였다.

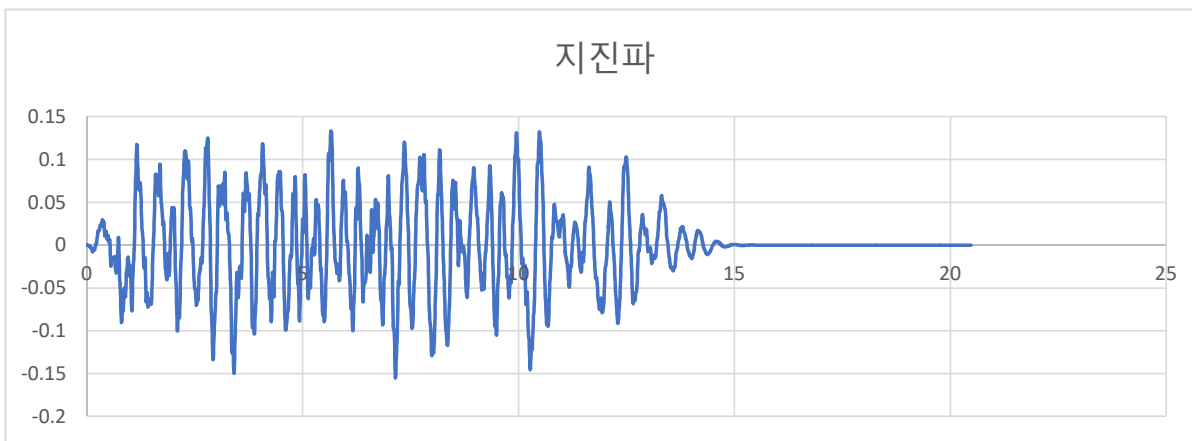
Case1



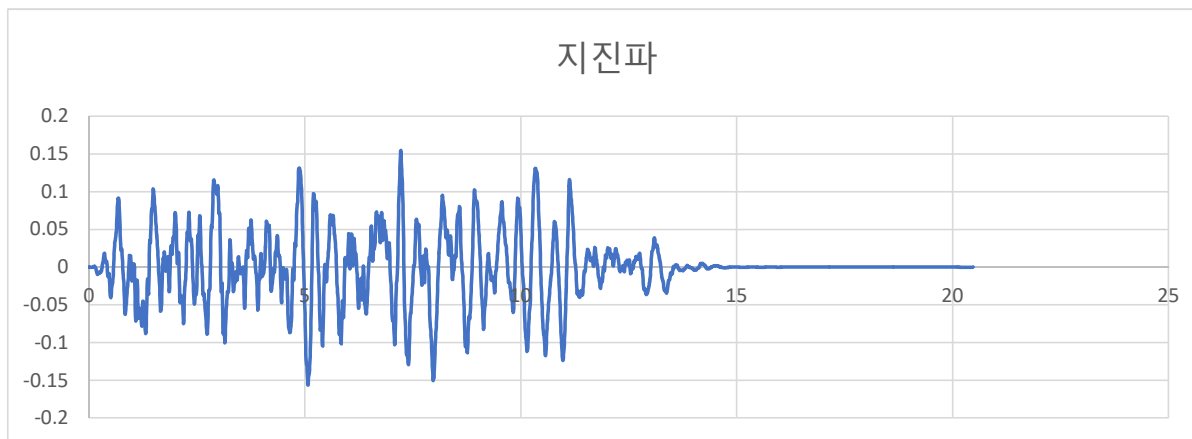
Case2



Case3



Case4



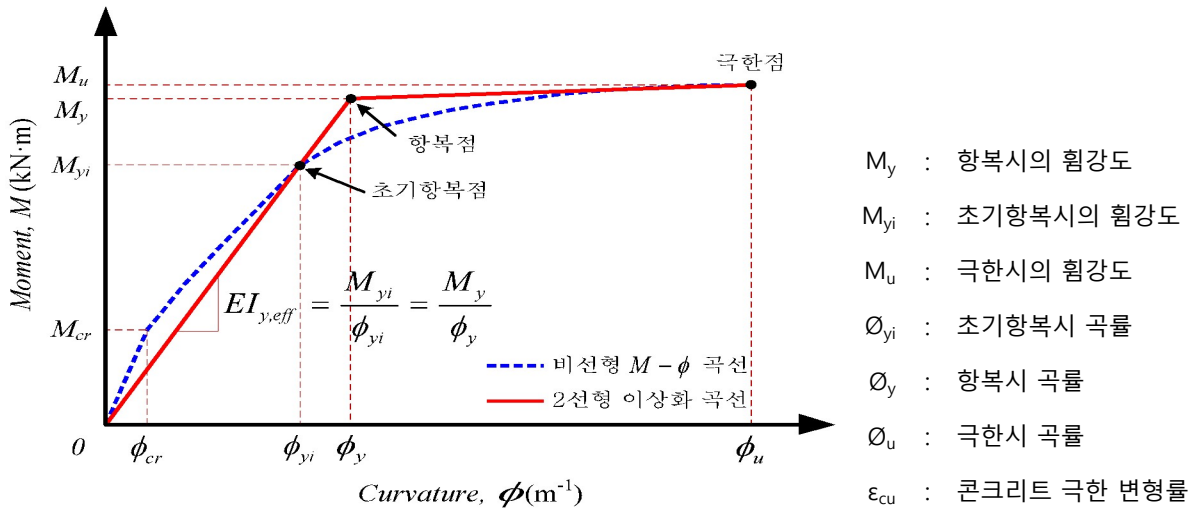
5. 유효강성 산정

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	D25	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	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	

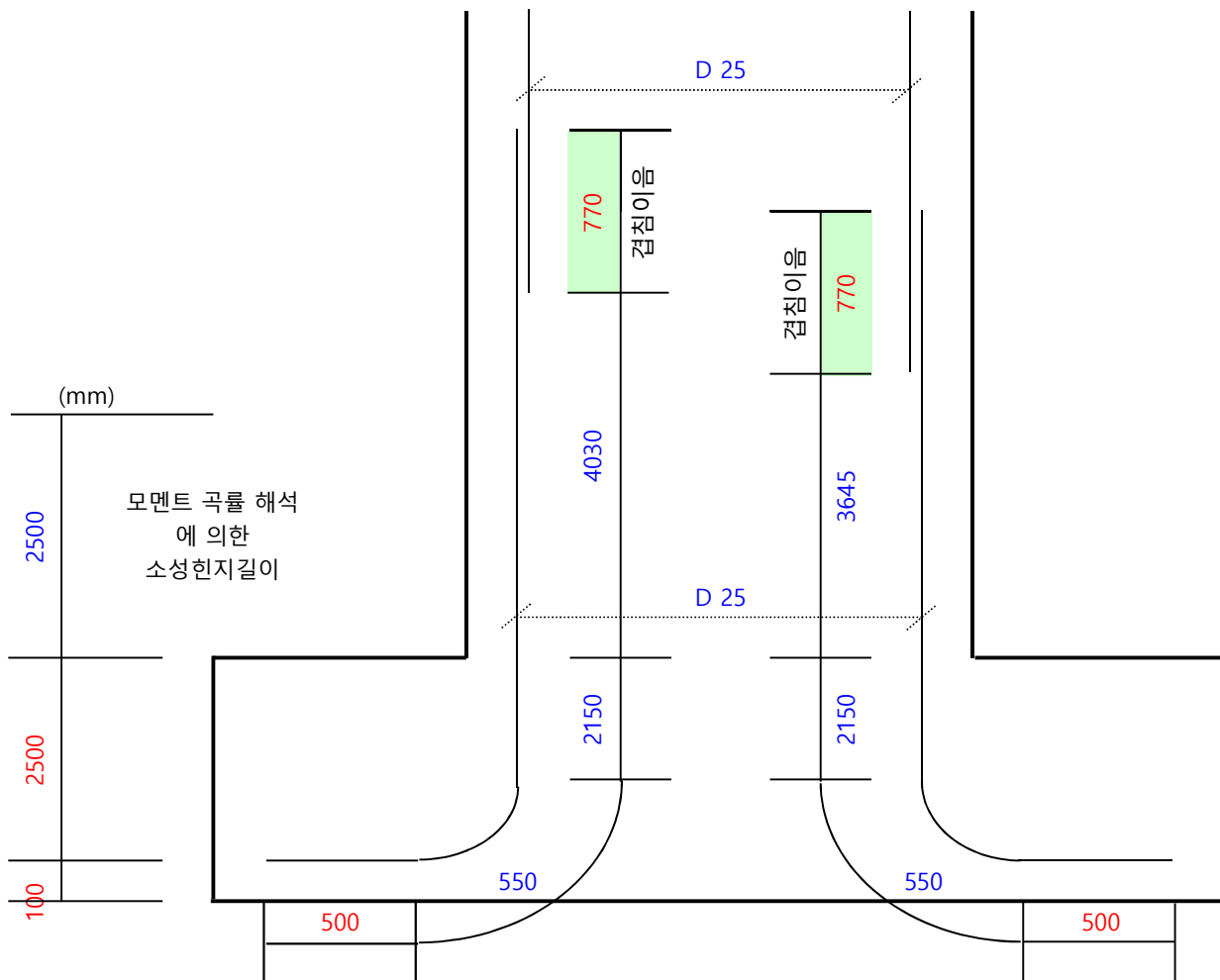
5.5 교각의 겹침이음 판단

- 교축방향

Lp	①	$0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl}$	=	0.543	주철근으로 산정
	②	$0.044 f_y d_{bl}$	=	0.330	
	③	D	=	2.500	기둥 직경으로 산정
	④	$H / 6$	=	0.371	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성한지길이 산정		=	2.500	

- 교축직각방향

Lp	①	$0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl}$	=	0.254	주철근으로 산정
	②	$0.044 f_y d_{bl}$	=	0.330	
	③	D	=	2.500	기둥 직경으로 산정
	④	$H / 6$	=	0.371	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성한지길이 산정		=	2.500	



∴ 교각 기둥의 소성구역내 겹침이음이 없으므로 0% 적용.

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.1 교각1

1) 교축방향

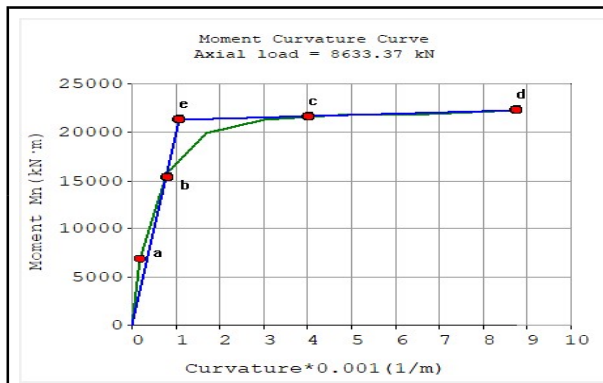
초기항복시	모멘트(M_y^L)	15,376	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.000807	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	21,303	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001085	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	22,314	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.008736	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

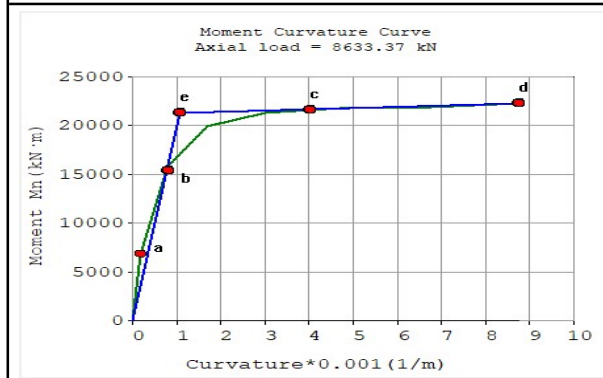
초기항복시	모멘트(M_y^T)	15,376	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.000807	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	21,303	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001085	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	22,314	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.008736	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

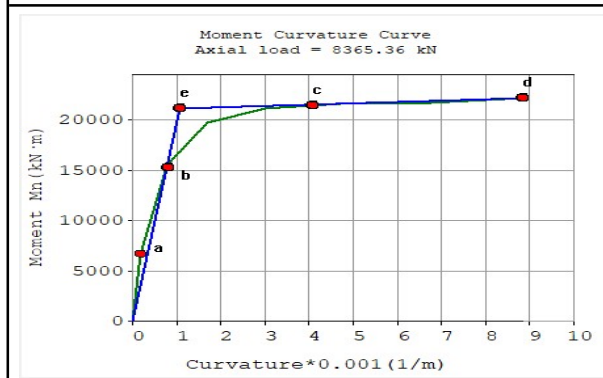
초기항복시	모멘트(M_y^T)	15,218	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.000803	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	21,115	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001084	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	22,132	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.008843	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.1.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.761 / 1.917 = 0.397$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{21,303}{0.00108478 \times 25,811,006} = 0.761$$

$$E_c = 8,500^3 \sqrt{f_{cu}} = 8,500^3 \sqrt{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.917 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.761 / 1.917 = 0.397$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{21,303}{0.00108478 \times 25,811,006} = 0.761$$

$$E_c = 8,500^3 \sqrt{f_{cu}} = 8,500^3 \sqrt{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 1.917 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.397 \times 1.917 = 0.761 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.397 \times 1.917 = 0.761 \text{ m}^4$$

- 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 교각4

1) 교축방향

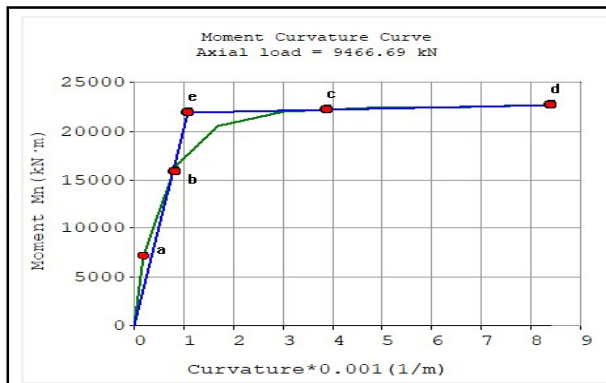
초기항복시	모멘트(M_y^L)	15,872	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.000816	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	21,861	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001089	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	22,696	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.008399	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

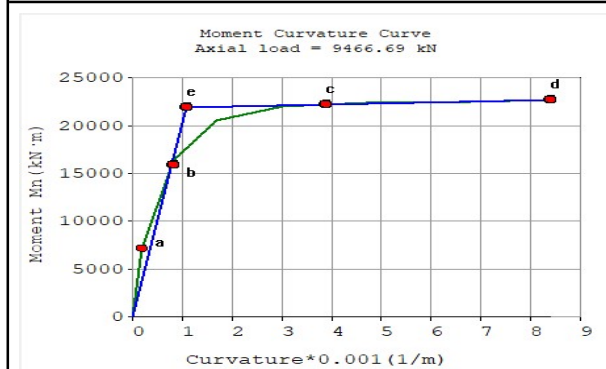
초기항복시	모멘트(M_y^T)	15,872	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.000816	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	21,861	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001089	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	22,696	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.008399	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

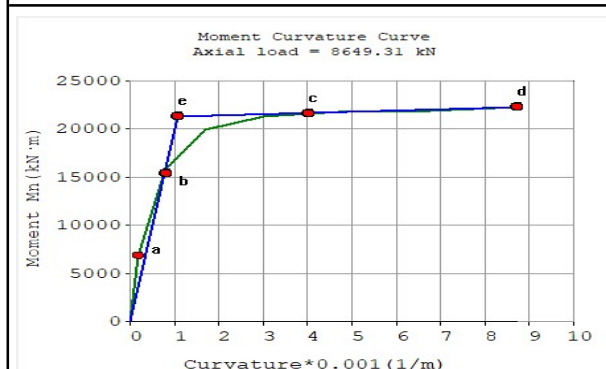
초기항복시	모멘트(M_y^T)	15,386	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.000807	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	21,314	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001085	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	22,324	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.008729	m^{-1}



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >
(교축직각상단방향)

5.6.2.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$$k^L = I_{eff} / I_g = 0.778 / 1.917 = 0.406$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{21,861}{0.00108874 \times 25,811,006} = 0.778$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = \quad \quad \quad = 1.917 \text{ m}^4$$

2) 교직방향

$$k^T = I_{eff} / I_g = 0.778 / 1.917 = 0.406$$

$$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{21,861}{0.00108874 \times 25,811,006} = 0.778$$

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 8,500 \sqrt[3]{(24 + 4)} = 25,811 \text{ Mpa}$$

$$I_g = \quad \quad \quad = 1.917 \text{ m}^4$$

3) 유효강성 산정

$$\therefore \text{교축방향} \quad I_{eff} = k^L \times I_g = 0.406 \times I_g = 0.778 \text{ m}^4$$

$$\therefore \text{교직방향} \quad I_{eff} = k^T \times I_g = 0.406 \times I_g = 0.778 \text{ m}^4$$

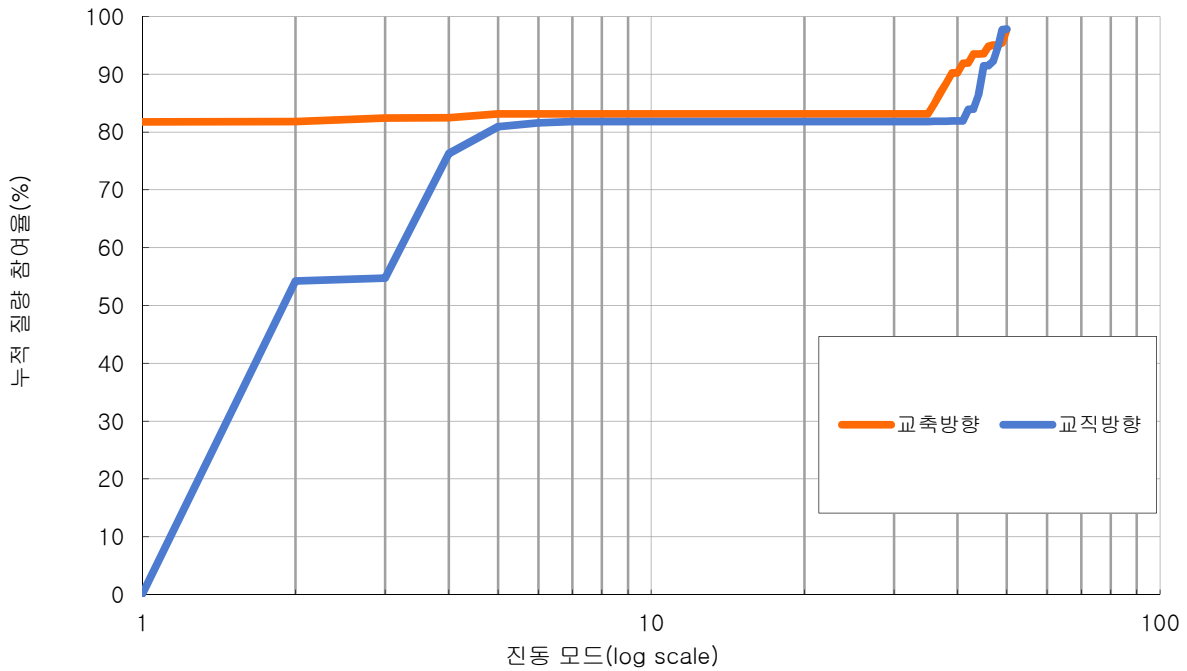
- M-φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,
이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

6. 고유치 해석

6.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	1.83	81.79	0.13	0.00	81.79	0.13	0.00	
2	1.79	0.01	54.09	0.00	81.80	54.22	0.00	
3	1.78	0.63	0.53	0.00	82.43	54.75	0.00	
4	1.78	0.08	21.56	0.00	82.51	76.31	0.00	
5	1.77	0.62	4.64	0.00	83.13	80.95	0.00	
6	1.77	0.00	0.68	0.00	83.13	81.63	0.00	
7	1.61	0.00	0.20	0.00	83.13	81.84	0.00	
8	1.59	0.00	0.01	0.00	83.13	81.84	0.00	
9	1.08	0.00	0.01	0.00	83.13	81.85	0.00	
10	1.06	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	0.00	
11	0.69	0.00	0.00	0.47	83.13	81.85	0.47	
12	0.67	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	0.47	
13	0.66	0.00	0.00	0.42	83.13	81.85	0.89	
14	0.66	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	0.89	
15	0.58	0.00	0.00	0.64	83.13	81.85	1.53	
16	0.58	0.00	0.00	0.60	83.13	81.85	2.13	
17	0.55	0.00	0.00	0.45	83.13	81.85	2.58	
18	0.55	0.00	0.00	0.54	83.13	81.85	3.12	
19	0.47	0.00	0.00	1.90	83.13	81.85	5.02	
20	0.46	0.00	0.00	1.79	83.13	81.85	6.81	
21	0.44	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	6.81	
22	0.43	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	6.81	
23	0.41	0.00	0.00	0.07	83.13	81.85	6.88	
24	0.40	0.00	0.00	0.00	83.13	81.85	6.89	
25	0.36	0.00	0.00	0.27	83.13	81.85	7.15	
26	0.35	0.00	0.00	0.59	83.13	81.85	7.75	
27	0.32	0.00	0.00	2.02	83.13	81.85	9.77	
28	0.31	0.00	0.00	2.29	83.13	81.85	12.06	
29	0.31	0.00	0.00	1.69	83.13	81.85	13.76	
30	0.30	0.00	0.00	0.69	83.13	81.85	14.45	
31	0.29	0.00	0.00	3.07	83.13	81.85	17.52	
32	0.28	0.00	0.00	1.96	83.13	81.85	19.48	
33	0.27	0.00	0.00	0.05	83.13	81.85	19.52	
34	0.26	0.00	0.00	0.03	83.13	81.85	19.55	
35	0.23	0.00	0.00	0.04	83.13	81.85	19.59	
36	0.22	1.81	0.01	0.00	84.94	81.86	19.59	
37	0.20	1.80	0.00	0.00	86.74	81.87	19.59	
38	0.19	1.75	0.03	0.00	88.49	81.90	19.59	
39	0.19	1.77	0.03	0.00	90.26	81.93	19.59	
40	0.16	0.00	0.00	0.06	90.26	81.93	19.65	
41	0.13	1.67	0.03	0.00	91.93	81.96	19.65	
42	0.10	0.01	1.98	0.00	91.94	83.94	19.65	
43	0.10	1.56	0.01	0.00	93.50	83.96	19.66	
44	0.09	0.01	2.52	0.02	93.51	86.47	19.67	
45	0.08	0.07	5.00	0.01	93.58	91.47	19.68	
46	0.07	1.27	0.04	0.02	94.85	91.51	19.70	
47	0.05	0.20	0.76	0.17	95.05	92.28	19.87	
48	0.04	0.02	2.41	0.15	95.06	94.69	20.02	
49	0.02	0.41	3.03	0.06	95.47	97.71	20.08	
50	0.02	2.28	0.14	0.00	97.75	97.85	20.09	

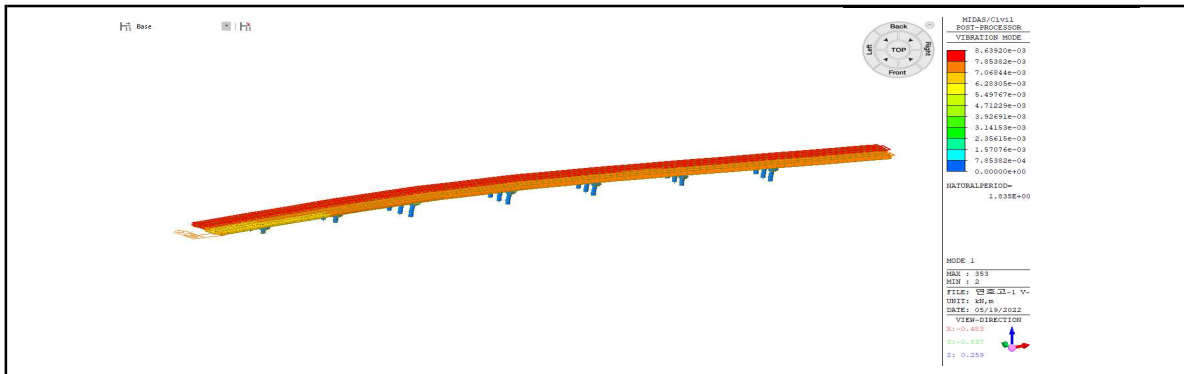
6.2 모드별 질량 참여율 그래프



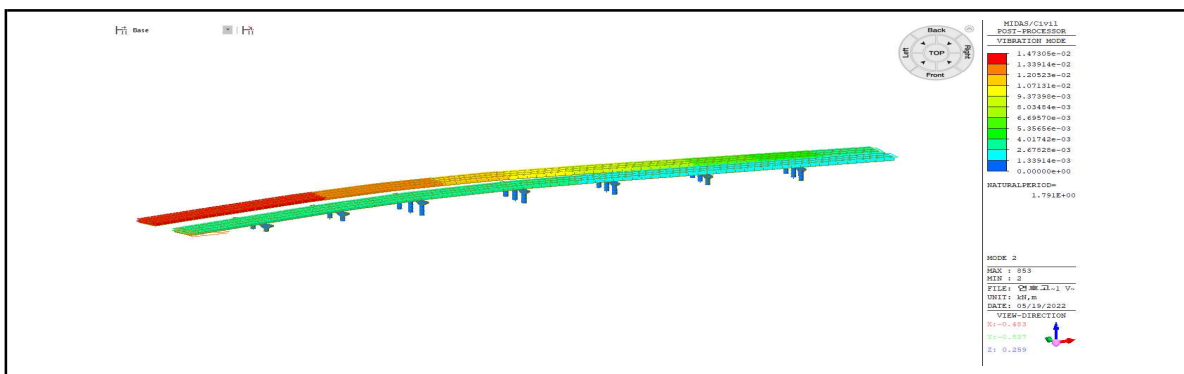
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

6.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 1.8346 sec) - 1 Mode (A = 0.1214 g)



○ 교축직각방향 (T = 1.7905 sec) - 2 Mode (A = 0.1244 g)



7. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

7.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각상단	상부변위	교각하단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	123.47	0	0	103.33	0	0
P1	123.43	1736	9723	108.56	1273	1689
P2	123.50	1925	12146	112.81	1774	3447
P3	123.68	1820	20004	115.50	2078	7883
P4	123.73	1794	17753	114.77	2231	7614
P5	123.60	1719	16709	112.07	2172	7066
P6	123.15	1690	14053	110.86	1995	4847
P7	122.93	1642	16919	109.06	2281	7463
A2	122.74	0	0	105.20	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	3.29	1739	5164	0.66	1183	1301
P2	7.03	2005	4874	1.30	1660	2876
P3	31.25	1990	4075	4.57	1680	6634
P4	24.88	1927	3976	3.02	1865	6690
P5	21.32	1771	4126	2.93	1793	5891
P6	11.10	1764	4545	1.32	1771	4006
P7	22.60	1757	4095	3.31	1902	6530
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	123.47	0	0	103.33	0	0
P1	123.43	1736	9723	108.56	1273	1689
P2	123.50	1925	12146	112.81	1774	3447
P3	123.68	1820	20004	115.50	2078	7883
P4	123.73	1794	17753	114.77	2231	7614
P5	123.60	1719	16709	112.07	2172	7066
P6	123.15	1690	14053	110.86	1995	4847
P7	122.93	1642	16919	109.06	2281	7463
A2	122.74	0	0	105.20	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	3.29	1739	5164	0.66	1183	1301
P2	7.03	2005	4874	1.30	1660	2876
P3	31.25	1990	4075	4.57	1680	6634
P4	24.88	1927	3976	3.02	1865	6690
P5	21.32	1771	4126	2.93	1793	5891
P6	11.10	1764	4545	1.32	1771	4006
P7	22.60	1757	4095	3.31	1902	6530
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	8,365	14	66	8,633	0	1
P2	7,138	1	8	7,552	1	2
P3	8,756	17	158	9,646	2	2
P4	8,649	17	165	9,467	2	1
P5	7,378	6	53	8,126	0	1
P6	7,323	5	35	7,853	0	1
P7	8,255	15	135	9,038	0	0
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	0.02	14	35	0.00	0	0
P2	0.01	1	6	0.00	1	3
P3	0.25	17	41	0.03	2	16
P4	0.24	17	51	0.02	2	14
P5	0.07	6	18	0.01	0	3
P6	0.03	5	13	0.00	0	0
P7	0.18	15	37	0.03	0	0
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

8. 하중조합에 따른 단면력

8.1 하부구조별 하중조합

P1 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,365.4	
하단축력(kN)	8,633.4	
상단변위(mm)	3.3	0.7
상단전단력(kN)	1,738.9	1,182.6
하단전단력(kN)	1,736.4	1,273.1
상단모멘트(kN·m)	5,163.9	1,301.3
하단모멘트(kN·m)	9,723.3	1,689.2

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,365.4	
하단축력(kN)	8,633.4	
상단변위(mm)	0.0	0.0
상단전단력(kN)	14.2	0.2
하단전단력(kN)	14.2	0.2
상단모멘트(kN·m)	34.6	0.4
하단모멘트(kN·m)	66.0	0.8

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,365.4	8,365.4	P
하단축력(kN)	8,633.4	8,633.4	Pbot
상단변위(mm)	3.3	0.7	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,753.1	1,182.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,750.6	1,273.3	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	5,198.6	1,301.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	9,789.2	1,690.0	[ME]comb

P2 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,137.8	
하단축력(kN)	7,551.7	
상단변위(mm)	7.0	1.3
상단전단력(kN)	2,004.5	1,659.9
하단전단력(kN)	1,925.5	1,774.0
상단모멘트(kN·m)	4,874.0	2,875.6
하단모멘트(kN·m)	12,146.2	3,447.2

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,137.8	
하단축력(kN)	7,551.7	
상단변위(mm)	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.8	0.5
하단전단력(kN)	0.8	0.5
상단모멘트(kN·m)	6.3	3.4
하단모멘트(kN·m)	7.9	1.5

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	7,137.8	7,137.8	P
하단축력(kN)	7,551.7	7,551.7	Pbot
상단변위(mm)	7.0	1.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	2,005.3	1,660.5	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,926.3	1,774.5	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,880.4	2,879.0	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	12,154.2	3,448.7	[ME]comb

P3 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,755.5	
하단축력(kN)	9,645.9	
상단변위(mm)	31.2	4.6
상단전단력(kN)	1,989.6	1,679.6
하단전단력(kN)	1,819.6	2,078.5
상단모멘트(kN·m)	4,075.3	6,633.7
하단모멘트(kN·m)	20,004.5	7,883.1

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,755.5	
하단축력(kN)	9,645.9	
상단변위(mm)	0.3	0.0
상단전단력(kN)	16.5	2.4
하단전단력(kN)	16.5	2.4
상단모멘트(kN·m)	40.5	15.8
하단모멘트(kN·m)	157.8	1.9

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,755.5	8,755.5	P
하단축력(kN)	9,645.9	9,645.9	Pbot
상단변위(mm)	31.5	4.6	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	2,006.1	1,682.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,836.1	2,080.9	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,115.8	6,649.5	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	20,162.3	7,885.1	[ME]comb

P4 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,649.3	
하단축력(kN)	9,466.7	
상단변위(mm)	24.9	3.0
상단전단력(kN)	1,927.3	1,865.5
하단전단력(kN)	1,794.1	2,231.1
상단모멘트(kN·m)	3,975.6	6,690.5
하단모멘트(kN·m)	17,752.9	7,614.0

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,649.3	
하단축력(kN)	9,466.7	
상단변위(mm)	0.2	0.0
상단전단력(kN)	17.4	2.3
하단전단력(kN)	17.4	2.3
상단모멘트(kN·m)	51.2	14.2
하단모멘트(kN·m)	164.5	1.3

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,649.3	8,649.3	P
하단축력(kN)	9,466.7	9,466.7	Pbot
상단변위(mm)	25.1	3.0	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,944.7	1,867.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,811.6	2,233.3	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,026.9	6,704.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,917.4	7,615.2	[ME]comb

P5 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,377.6	
하단축력(kN)	8,125.6	
상단변위(mm)	21.3	2.9
상단전단력(kN)	1,770.8	1,792.7
하단전단력(kN)	1,718.5	2,171.7
상단모멘트(kN·m)	4,125.9	5,890.7
하단모멘트(kN·m)	16,709.2	7,066.4

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,377.6	
하단축력(kN)	8,125.6	
상단변위(mm)	0.1	0.0
상단전단력(kN)	5.9	0.3
하단전단력(kN)	5.9	0.3
상단모멘트(kN·m)	17.6	2.7
하단모멘트(kN·m)	52.6	0.9

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	7,377.6	7,377.6	P
하단축력(kN)	8,125.6	8,125.6	Pbot
상단변위(mm)	21.4	2.9	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,776.7	1,793.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,724.4	2,171.9	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,143.5	5,893.4	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	16,761.8	7,067.3	[ME]comb

P6 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,322.5	
하단축력(kN)	7,852.5	
상단변위(mm)	11.1	1.3
상단전단력(kN)	1,763.6	1,770.7
하단전단력(kN)	1,690.3	1,995.0
상단모멘트(kN·m)	4,545.4	4,006.2
하단모멘트(kN·m)	14,053.2	4,847.3

2) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	7,322.5	
하단축력(kN)	7,852.5	
상단변위(mm)	0.0	0.0
상단전단력(kN)	5.1	0.2
하단전단력(kN)	5.1	0.2
상단모멘트(kN·m)	12.6	0.4
하단모멘트(kN·m)	34.8	0.6

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	7,322.5	7,322.5	P
하단축력(kN)	7,852.5	7,852.5	Pbot
상단변위(mm)	11.1	1.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,768.7	1,770.9	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,695.4	1,995.3	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,558.0	4,006.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	14,088.0	4,848.0	[ME]comb

P7 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	지진시	
	교축력	교직력
상단축력(kN)	8,255.0	
하단축력(kN)	9,037.6	
상단변위(mm)	22.6	3.3
상단전단력(kN)	1,756.7	1,901.9
하단전단력(kN)	1,641.8	2,281.1
상단모멘트(kN·m)	4,095.3	6,529.7
하단모멘트(kN·m)	16,919.0	7,462.9

3) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	8,255.0	8,255.0	P
하단축력(kN)	9,037.6	9,037.6	Pbot
상단변위(mm)	22.8	3.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,771.7	1,902.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,656.8	2,281.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,132.7	6,530.0	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,053.8	7,463.2	[ME]comb

8.2 기둥당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

교각		하단축력(kN)	하단전단력(kN)	하단모멘트(kN·m)
P1	교축	8633.4	1750.6	9789.2
	교직	8633.4	1273.3	1690.0
P2	교축	7551.7	1926.3	12154.2
	교직	7551.7	1774.5	3448.7
P3	교축	9645.9	1836.1	20162.3
	교직	9645.9	2080.9	7885.1
P4	교축	9466.7	1811.6	17917.4
	교직	9466.7	2233.3	7615.2
P5	교축	8125.6	1724.4	16761.8
	교직	8125.6	2171.9	7067.3
P6	교축	7852.5	1695.4	14088.0
	교직	7852.5	1995.3	4848.0
P7	교축	9037.6	1656.8	17053.8
	교직	9037.6	2281.2	7463.2

8.3 받침부 개당 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	208	172
P1	430	362
P2	423	370
P3	389	392
P4	377	401
P5	369	399
P6	382	398
P7	366	401
A2	191	185

8.4 받침부 전체 부재력 집계

(30% 규정 적용)

(단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	2494	2057
P1	5151	4339
P2	5068	4424
P3	4653	4690
P4	4509	4792
P5	4409	4778
P6	4567	4762
P7	4367	4792
A2	2279	2208

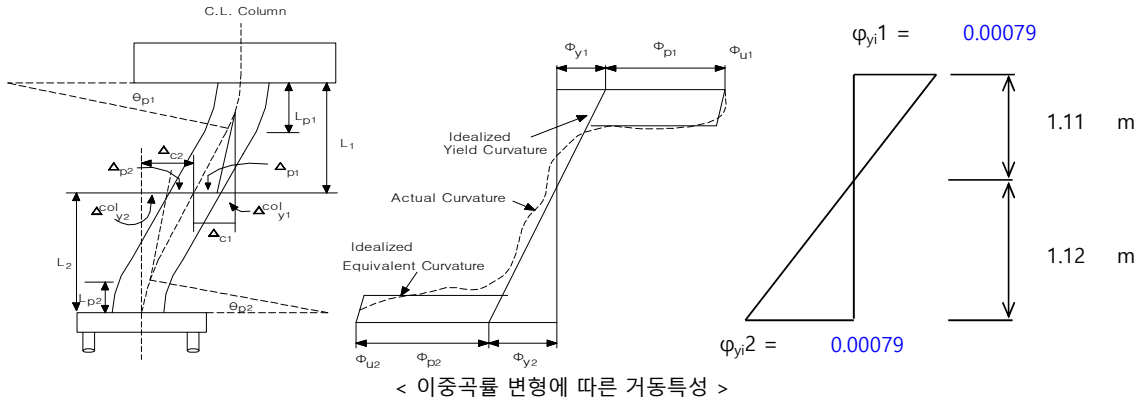
9. 교각부 평가

9.1 교각 1

9.1.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (캔틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 캔틸레버식 2 : 라멘식
겉이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	2.227	2.227	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	4.727	1.114	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.835	1.791	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi1} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 2.227 \times 0.00079 / (0.00079 + 0.00079) = 1.11 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{yi2} / (\phi_{yi1} + \phi_{yi2}) \\
 &= 2.227 \times 0.00079 / (0.00079 + 0.00079) = 1.12 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.1.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 F_y^L &= M_y^L / H_e = 20,553 / 4.727 = 4,348.043 \text{ kN} \\
 F_u^L &= M_u^L / H_e = 21,640 / 4.727 = 4,577.872 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 20,553 / 1.117 = 18,400.358 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 21,640 / 1.117 = 19,372.963 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 20,254 / 1.110 = 18,247.027 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 21,366 / 1.110 = 19,249.009 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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)

$$\bullet \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00108}{3} \times \frac{4.727^2}{3} = 0.0081 \quad \text{m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 4.727 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.546 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \quad \text{m} \\ \bullet \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00925 - 0.00108) \times 0.546 = 0.0045 \\ \bullet \Delta_p^L &= (M_U^L / m_Y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{21,640}{20,553} - 1 \right) \times 0.00806 + 0.00446 \times \left(4.727 - \frac{0.546}{2} \right) \\ &= 0.0203 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.00810 + 0.02030 = 0.0284 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.0284}{0.0081} = 3.526 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 3.526 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **3.526** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00108}{3} \times \frac{1.117^2}{3} = 0.0004 \quad \text{m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 1.117 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.257 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \quad \text{m} \\ \bullet \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00925 - 0.00108) \times 0.330 \\ &= 0.00270 \\ \bullet \Delta_p^T &= (M_U^T / m_Y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{21,640}{20,553} - 1 \right) \times 0.00045 + 0.00270 \times \left(1.117 - \frac{0.330}{2} \right) \\ &= 0.0026 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0004 + 0.0026 = 0.0030 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.00300}{0.00045} = 6.670 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 6.670 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **1.000** 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)	4348	4578	18400	19373	18247	19249	

변위 Δ (m)	0.0081	0.0284	0.0004	0.0030	0.0004	0.0030	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

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)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.147 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00806 = 0.01611 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00806 = 0.04028 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.300 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00045 = 0.00090 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00045 = 0.00225 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.300 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00044 = 0.00089 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00044 = 0.00222 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$\bullet V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,341.3}{150} = 2,922 \text{ kN}$$

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)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

$$= 2,341.3 \text{ mm} \text{ (횡철근 중심간 거리)}$$

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$\bullet V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,341.3}{150} = 2,921.6 \text{ kN}$$

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)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

$$= 2,341.3 \text{ mm} \text{ (횡철근 중심간 거리)}$$

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet \quad V_s = \frac{\pi \quad A_v \quad f_y \quad D'}{2 \quad s}$$

$$= \frac{\pi \quad 397.2 \quad \times \quad 300 \quad \times \quad 2,341.3}{2 \quad \times \quad 150} = 2,921.6 \quad \text{kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \quad \text{mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)
 $\Rightarrow$ (D16 - 2 EA) 2 단 배근
 $f_y = 300 \quad \text{Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)
 $D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$
 $= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$
 $= 2341.3 \quad \text{mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P_{\text{TOP}} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,365 \times 2.500}{4.727} = 664 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,365 \quad \text{kN}$ (기둥당 상단고정하중)
 $t_s^L = 2.500 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)
 $L_s^L = 4.727 \quad \text{m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P_{\text{TOP}} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,365 \times 2.500}{1.117} = 2,808 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,365 \quad \text{kN}$ (기둥당 상단고정하중)
 $t_s = 2.500 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)
 $L_s = 1.117 \quad \text{m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet \quad V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,365 \times 2.500}{1.110} = 2,826 \quad \text{kN}$$

여기서, $P_{\text{TOP}} = 8,365 \quad \text{kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)
 $t_s = 2.500 \quad \text{m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)
 $L_s = 1.110 \quad \text{m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+ 2,922 + 664
			=	9,357	kN
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.01611	m

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	0	+ 2,922 + 664
			=	3,585	kN
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.04028	m

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+ 2,922 + 2,808
			=	11,501	kN
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.00090	m

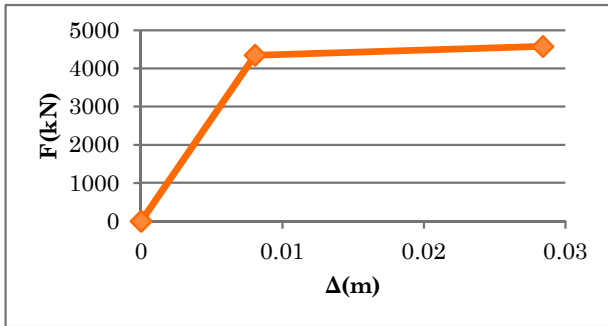
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	0	+ 2,922 + 2,808
			=	5,730	kN
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.00225	m

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

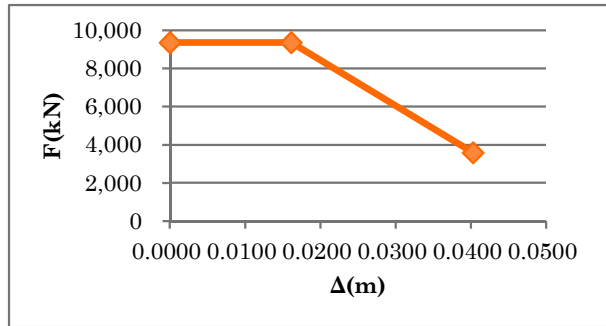
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+ 2,922 + 2,826
			=	11,519	kN
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.00089	m

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	=	$V_c + V_s + V_p$	=	0	+ 2,922 + 2,826
			=	5,748	kN
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		=	0.00222	m

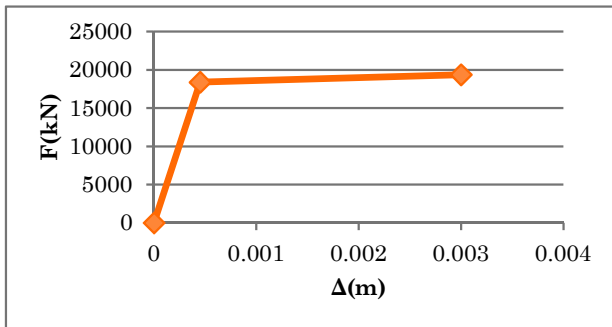
※ 힘·전단성능 곡선



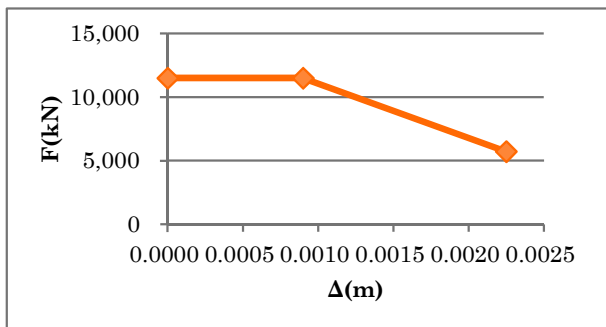
교축방향 휨성능 곡선



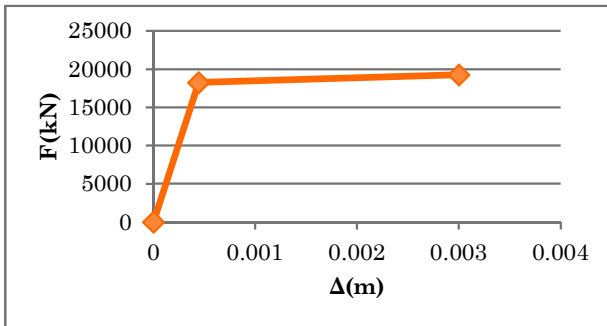
교축방향 전단성능 곡선



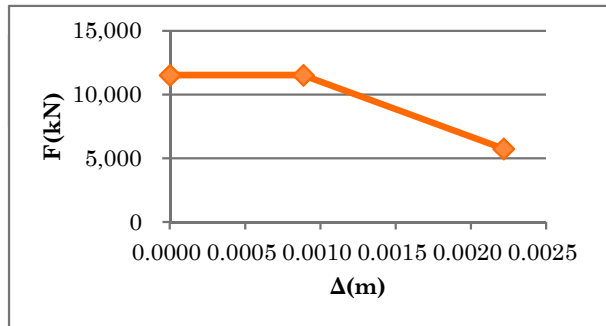
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



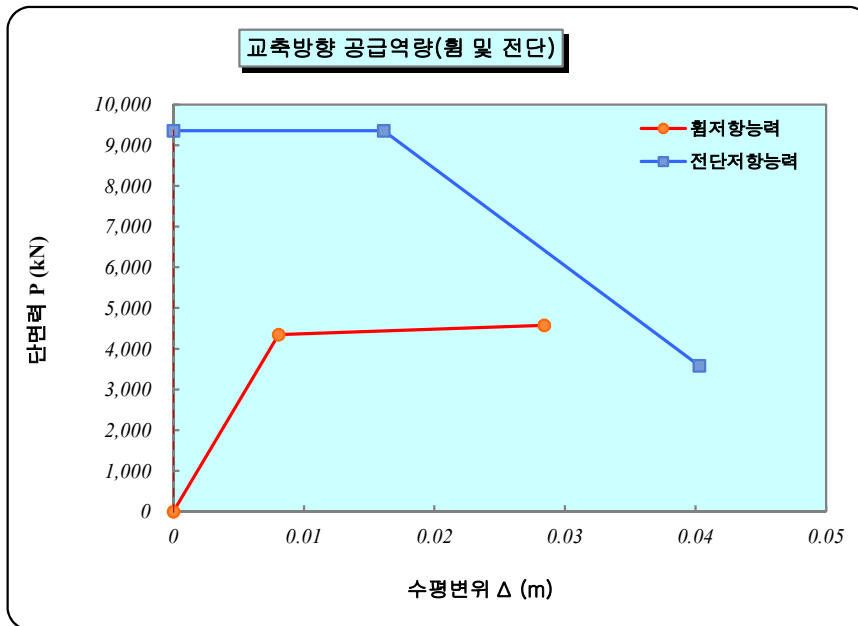
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

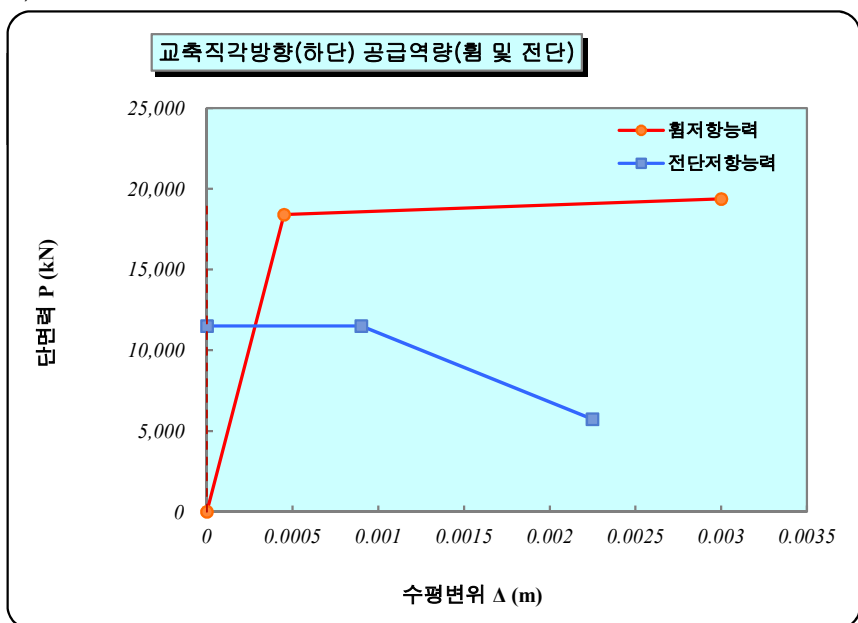
9.1.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



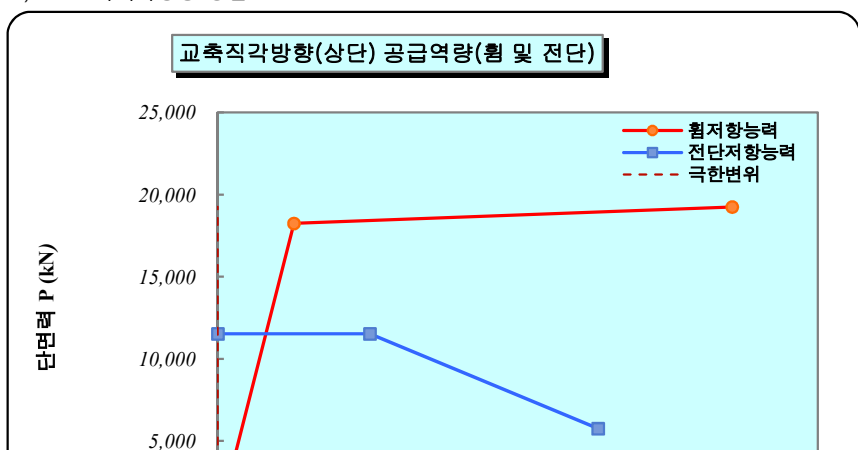
휨강도(P_f)
4,578
(kN)
전단강도(V_n)
9,357
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0081
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0284
(m)
변위연성도(μ)
3.526

2) 교축직각방향-하단

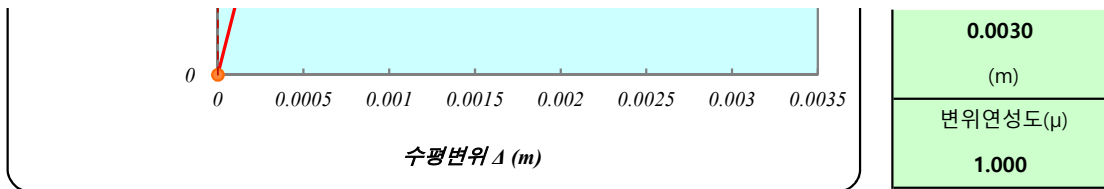


휨강도(P_f)
19,373
(kN)
전단강도(V_n)
11,501
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0004
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0030
(m)
변위연성도(μ)
1.000

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
19,249
(kN)
전단강도(V_n)
11,519
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0004
(m)
극한변위 (Δ_u)



9.1.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 9,789 + 8,365 \times 1.5 \times 0.00331 \\
 &= 9,831 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{9,831}{20,553} = 0.478 \rightarrow RS \ 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.8346** 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

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 1,690 + 8,365 \times 1.5 \times 0.001$
 $= 1,698 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{1,698}{20,553} = 0.083 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.7905** 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

- $M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 1,302 + 8,365 \times 1.5 \times 0.001$
 $= 1,310 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 단면강도비 R_s

- $R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{1,310}{20,254} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.7905** 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) $\mu_{\Delta C}^L = 3.526$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 1.000$

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

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} = \frac{3.526}{1.000} = 3.526 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad & \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

!!!
!!!

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!!
!!!

∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{9,357}{1,751} = 5.345 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

∴ 교축직각방향(하단)

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{11,501}{1,273} = 9.032 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

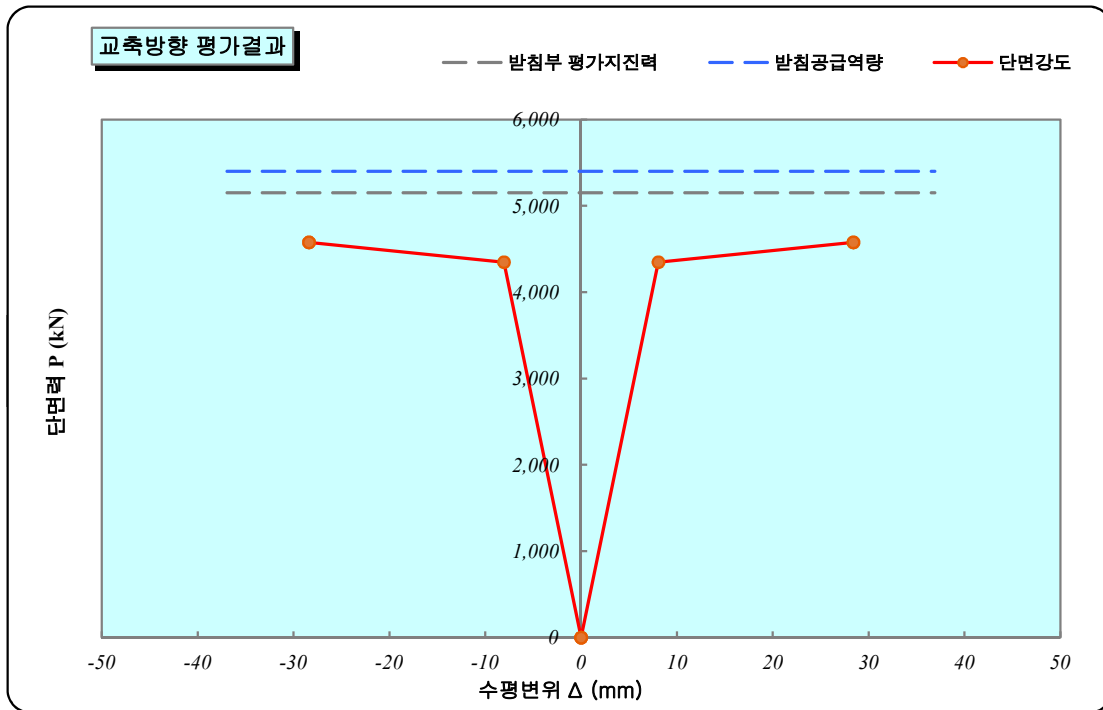
∴ 교축직각방향(상단)

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{11,519}{1,183} = 9.739 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

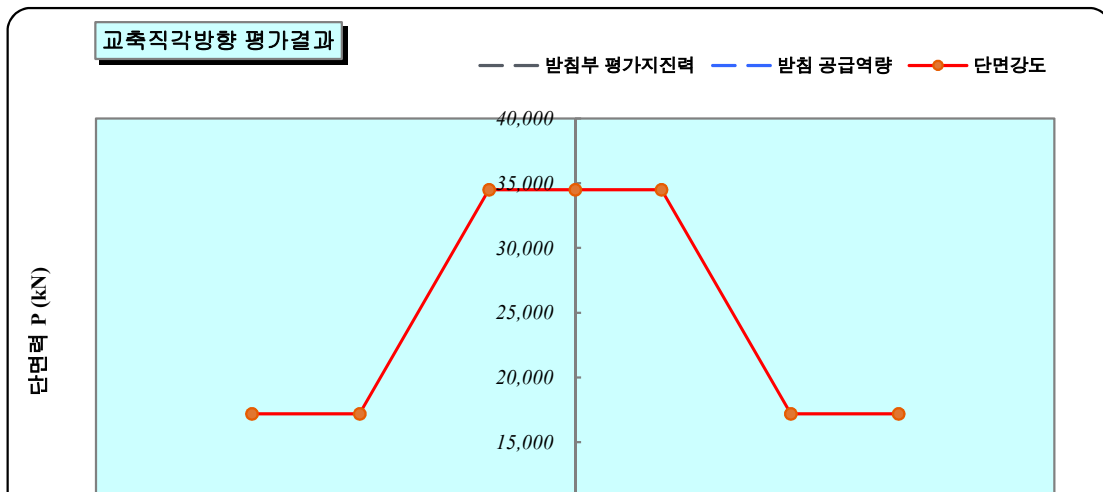
!!!

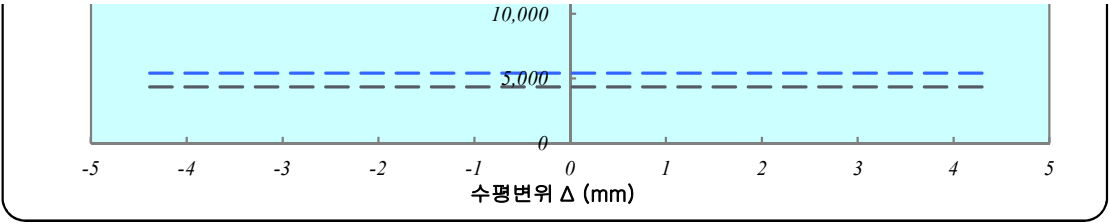
9.1.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





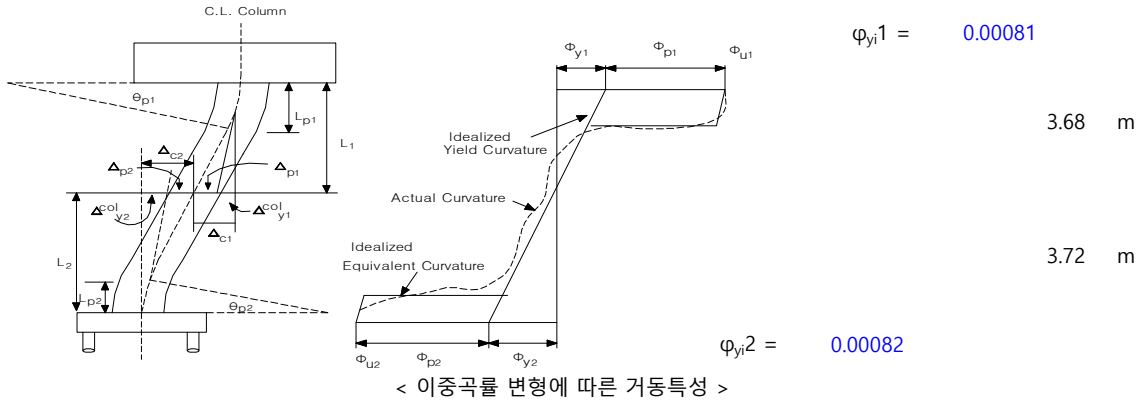
9. 교각부 평가

9.2 교각 4

9.2.1 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)	7.398	7.398	교각높이
교각유효높이 H _e (m)	9.898	3.699	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.835	1.791	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(H_e) 산정



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{교축직각방향 상단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y1} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 7.398 \times 0.00081 / (0.00081 + 0.00082) = 3.68 \text{ m} \\
 \therefore \text{교축직각방향 하단 } H_e &= \text{기둥길이}(L) \times \phi_{y2} / (\phi_{y1} + \phi_{y2}) \\
 &= 7.398 \times 0.00082 / (0.00081 + 0.00082) = 3.72 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9.2.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

$$\begin{aligned}
 F_y^L &= M_y^L / H_e = 21,861 / 9.898 = 2,208.618 \text{ kN} \\
 F_u^L &= M_u^L / H_e = 22,696 / 9.898 = 2,293.009 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 교축직각방향

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 21,861 / 3.721 = 5,875.007 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 22,696 / 3.721 = 6,099.489 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 기둥상단

$$\begin{aligned}
 F_y^T &= M_y^T / H_e = 21,314 / 3.677 = 5,796.682 \text{ kN} \\
 F_u^T &= M_u^T / H_e = 22,324 / 3.677 = 6,071.308 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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)

$$\bullet \quad \Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00109}{3} \times \frac{9.898^2}{3} = 0.0356 \quad \text{m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet \quad L_p^L &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 9.898 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.959 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \quad \text{m} \\ \bullet \quad \theta_p^L &= (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00840 - 0.00109) \times 0.959 = 0.0070 \\ \bullet \quad \Delta_p^L &= (M_U^L / m_y^L - 1) \Delta_y^L + \theta_p^L (H_e^L - L_p^L / 2) \\ &= \left(\frac{22,696}{21,861} - 1 \right) \times 0.03555 + 0.00701 \times \left(9.898 - \frac{0.959}{2} \right) \\ &= 0.0674 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

$$\bullet \quad \Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.03560 + 0.06740 = 0.1030 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \quad \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c}^L &= \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1030}{0.0356} = 2.897 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 2.897 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.897** 로 제한
(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

$$\bullet \quad \Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00109}{3} \times \frac{3.721^2}{3} = 0.0050 \quad \text{m}$$

② 소성변위(Δ_p)

$$\begin{aligned} \bullet \quad L_p^T &= 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08 \times 3.721 + 0.022 \times 300 \times 0.025 = 0.465 \quad \text{m} \\ &\geq 0.044 f_y d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.025 = 0.330 \quad \text{m} \\ \bullet \quad \theta_p^T &= (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00840 - 0.00109) \times 0.465 \\ &= 0.00340 \\ \bullet \quad \Delta_p^T &= (M_U^T / m_y^T - 1) \Delta_y^T + \theta_p^T (H_e^T - L_p^T / 2) \\ &= \left(\frac{22,696}{21,861} - 1 \right) \times 0.00502 + 0.00340 \times \left(3.721 - \frac{0.465}{2} \right) \\ &= 0.0121 \quad \text{m} \end{aligned}$$

③ 극한변위(Δ_u^T)

$$\bullet \quad \Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0050 + 0.0121 = 0.0171 \quad \text{m}$$

④ 공급연성도

$$\begin{aligned} \bullet \quad \text{공급변위연성도} \quad \mu_{\Delta c} &= \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.01710}{0.00502} = 3.403 \quad (\text{제한없음}) \\ &= 3.403 \end{aligned}$$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **3.403** 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)	2209	2293	5875	6099	5797	6071	

변위 Δ (m)	0.0356	0.1030	0.0050	0.0171	0.0049	0.0172	
-----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

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)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.210 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.03555 = 0.07111 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.03555 = 0.17777 \text{ m}$$

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.160 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{\text{gross}} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ $\mu_\Delta = 2.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00502 = 0.01005 \text{ m}$

▶ $\mu_\Delta = 5.0$ 인 경우 $\Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00502 = 0.02512 \text{ m}$

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도 $\mu_\Delta \leq 2.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0.300 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 5,771 \text{ kN}$$

$$k = 0.148 \quad (k=0.3-0.1(\mu_\Delta-2), \text{ 단 } \mu_\Delta \leq 2.0 \text{ 이면 } k=0.3)$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

- 변위연성도 $\mu_\Delta \geq 5.0$ 인 경우 V_c)

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e = 0 \times \sqrt{24} \times 3.9270 = 0 \text{ kN}$$

$$k = 0.000$$

$$A_e = 0.8 \times A_{gross} = 0.8 \times 4.909 = 3.9270 \text{ m}^2 \text{ (유효 단면적)}$$

여기서,

A_e : 유효 단면적

A_{gross} : 4.909 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 2.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 2.0 \times 0.00489 = 0.00978 \text{ m}$$

$$\blacktriangleright \mu_\Delta = 5.0 \text{ 인 경우 } \Delta^L = \mu_\Delta \times \Delta_y^L = 5.0 \times 0.00489 = 0.02445 \text{ m}$$

3) 교축방향 (V_s)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,341.3}{150} = 2,922 \text{ kN}$$

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)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2,341.3 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_s)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_v f_y D'}{s} = \frac{\pi}{2} \frac{397.2 \times 300 \times 2,341.3}{150} = 2,921.6 \text{ kN}$$

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)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$$= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$$

= 2341.3 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

$$\bullet V_s = \frac{\pi A_v f_y D'}{2 s}$$

$$= \frac{\pi \times 397.2 \times 300 \times 2,341.3}{2 \times 150} = 2,921.6 \text{ kN}$$

여기서, $A_v = 397.2 \text{ mm}^2$ (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

$\Rightarrow (D16 - 2 EA) \quad 2 \text{ 단 배근}$

$f_y = 300 \text{ Mpa}$ (횡방향 철근의 항복강도)

$D' = D(\text{기둥폭}) - 2c(\text{피복})$

$= 2500 - 2 \times 100.0 + 25.4 + 15.9$

$= 2341.3 \text{ mm}$ (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,649 \times 2.500}{9.898} = 328 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,649 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s^L = 2.500 \text{ m}$ ($=D$) (교축방향 기둥 폭)

$L_s^L = 9.898 \text{ m}$ ($=H_e^L$) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,649 \times 2.500}{3.721} = 872 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,649 \text{ kN}$ (기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2.500 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 3.721 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

$$\bullet V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{8,649 \times 2.500}{3.677} = 882 \text{ kN}$$

여기서, $P_{TOP} = 8,649 \text{ kN}$ (교각 1기둥당 상단고정하중)

$t_s = 2.500 \text{ m}$ ($=D$) (교축직각방향 기둥 폭)

$L_s = 3.677 \text{ m}$ ($=H_e$) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+	2,922 + 328
		=	9,021	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.07111	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,922 + 328
		=	3,249	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.17777	m	

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+	2,922 + 872
		=	9,565	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.01005	m	

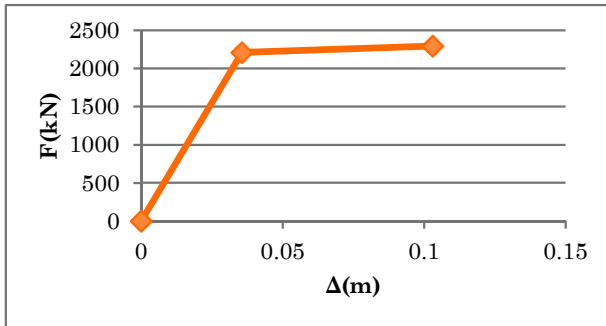
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,922 + 872
		=	3,793	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02512	m	

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

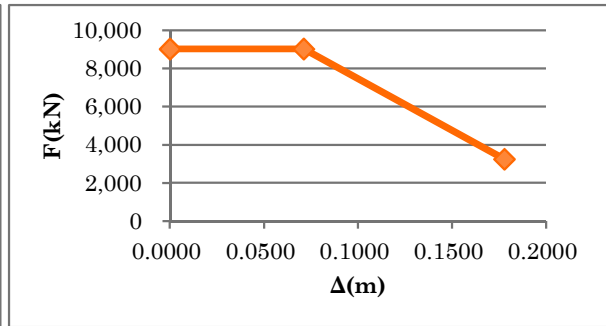
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	5,771	+	2,922 + 882
		=	9,575	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=2.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.00978	m	

▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우					
• V_n	$= V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,922 + 882
		=	3,804	kN	
▶ $\mu_{\Delta}=5.0$ 인 경우 Δ^L	=		0.02445	m	

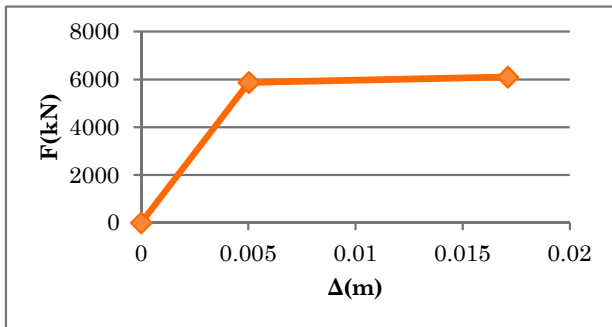
※ 힘·전단성능 곡선



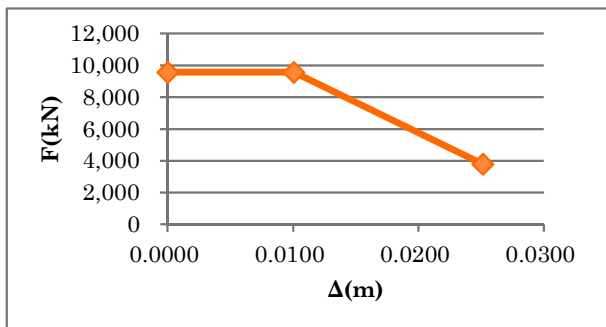
교축방향 휨성능 곡선



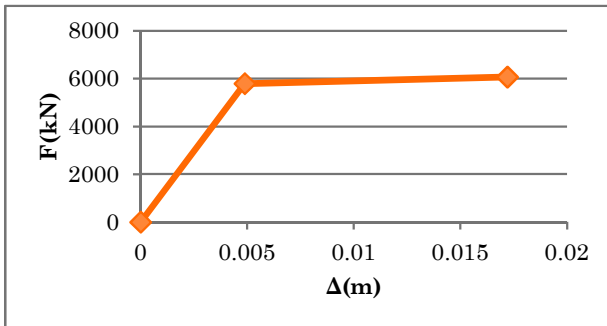
교축방향 전단성능 곡선



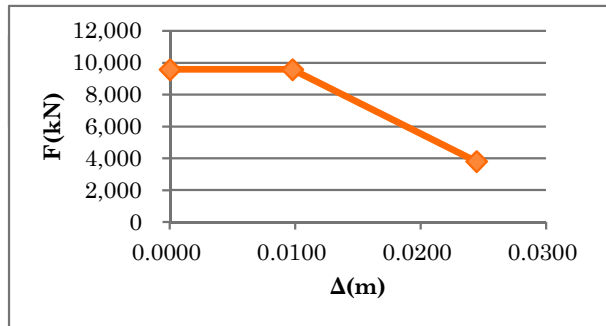
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



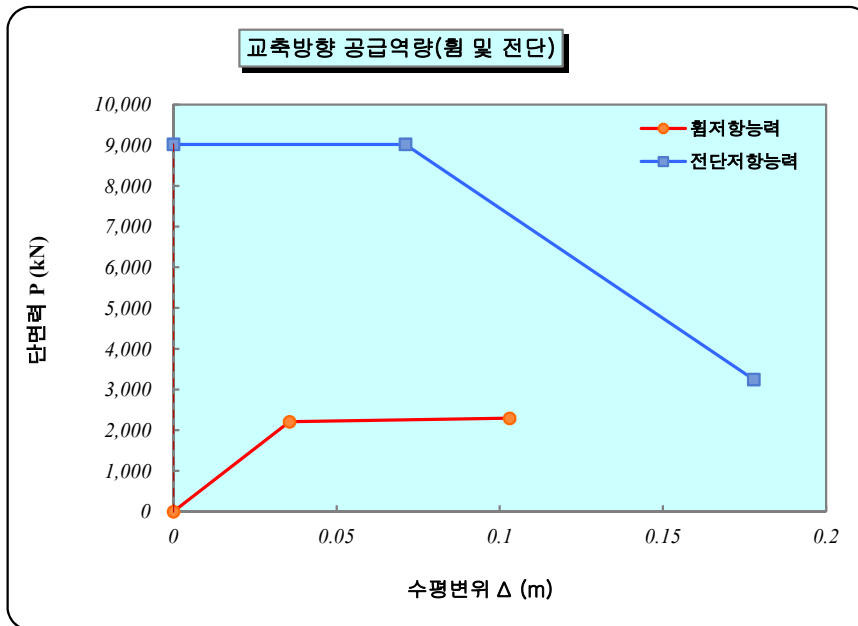
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

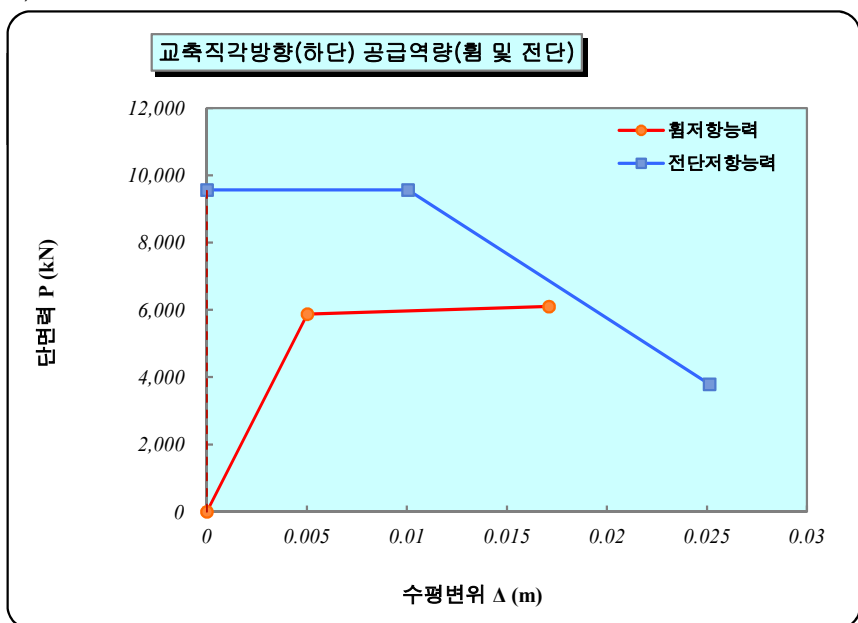
9.2.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



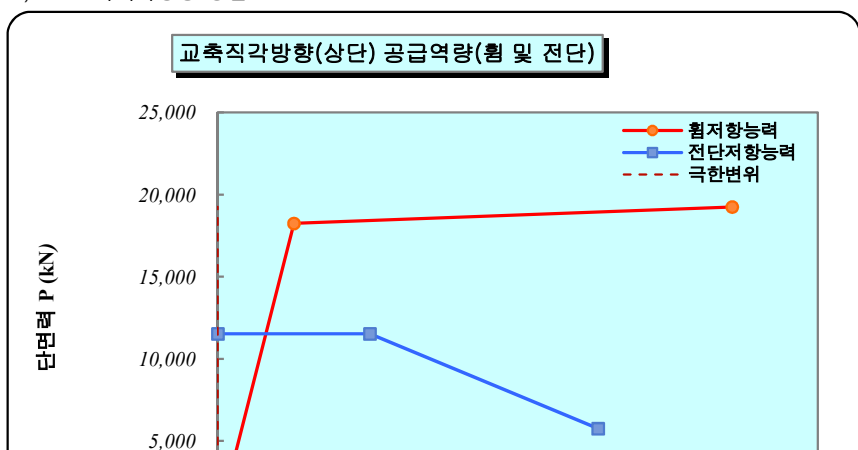
휨강도(P_f)
2,293
(kN)
전단강도(V_n)
9,021
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0356
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.1030
(m)
변위연성도(μ)
2.897

2) 교축직각방향-하단

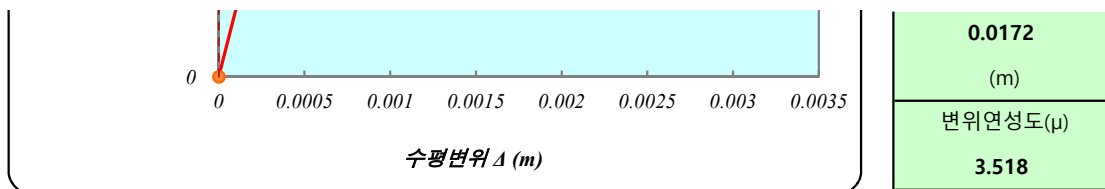


휨강도(P_f)
6,099
(kN)
전단강도(V_n)
9,565
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0050
(m)
극한변위 (Δ_u)
0.0171
(m)
변위연성도(μ)
3.403

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)
6,071
(kN)
전단강도(V_n)
9,575
(kN)
항복변위 (Δ_y)
0.0049
(m)
극한변위 (Δ_u)
-



9.2.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{E, pd}^L &= M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta_E^L = 17,917 + 8,649 \times 1.5 \times 0.02512 \\
 &= 18,243 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

② 단면강도비 RS

$$\bullet \quad R_s^L = \frac{M_{E, pd}}{M_y} = \frac{18,243}{21,861} = 0.835 \rightarrow RS \text{ 1.000 적용 } \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.8346** 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

$$M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 7,615 + 8,649 \times 1.5 \times 0.003 = 7,655 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

② 단면강도비 R_s

$$R_s^T = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{7,655}{21,861} = 0.350 \rightarrow R_s 1.000 \text{ 적용} \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.7905** 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

$$M_{E, pd}^T = M_E^L + P \cdot 1.5 \Delta E^L = 6,705 + 8,649 \times 1.5 \times 0.003 = 6,744 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

② 단면강도비 R_s

$$R_s = \frac{M_{E, pd}^T}{M_y} = \frac{6,744}{21,314} = 1.000 \therefore \text{탄성영역상에서 거동}$$

- $T \geq 1.25 T_s$ 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 **1.7905** 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) $\mu_{\Delta C}^L = 2.897$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 3.403$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu_{\Delta C}^T = 3.518$

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

$$\begin{aligned} \therefore \text{교축방향(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^L}{\mu_{\Delta d}^L} &= \frac{2.897}{1.000} = 2.897 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \\ \therefore \text{교축직각방향 하단(변위연성도)} \quad \frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} &= \frac{3.403}{1.000} = 3.403 \geq 1.0 \quad \therefore \mathbf{O.K} \end{aligned}$$

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도)

$$\frac{\mu_{\Delta C}^T}{\mu_{\Delta d}^T} = \frac{3.518}{1.000} = 3.518 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향

$$\frac{V_n}{VE} = \frac{9,021}{1,812} = 4.980 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(하단)

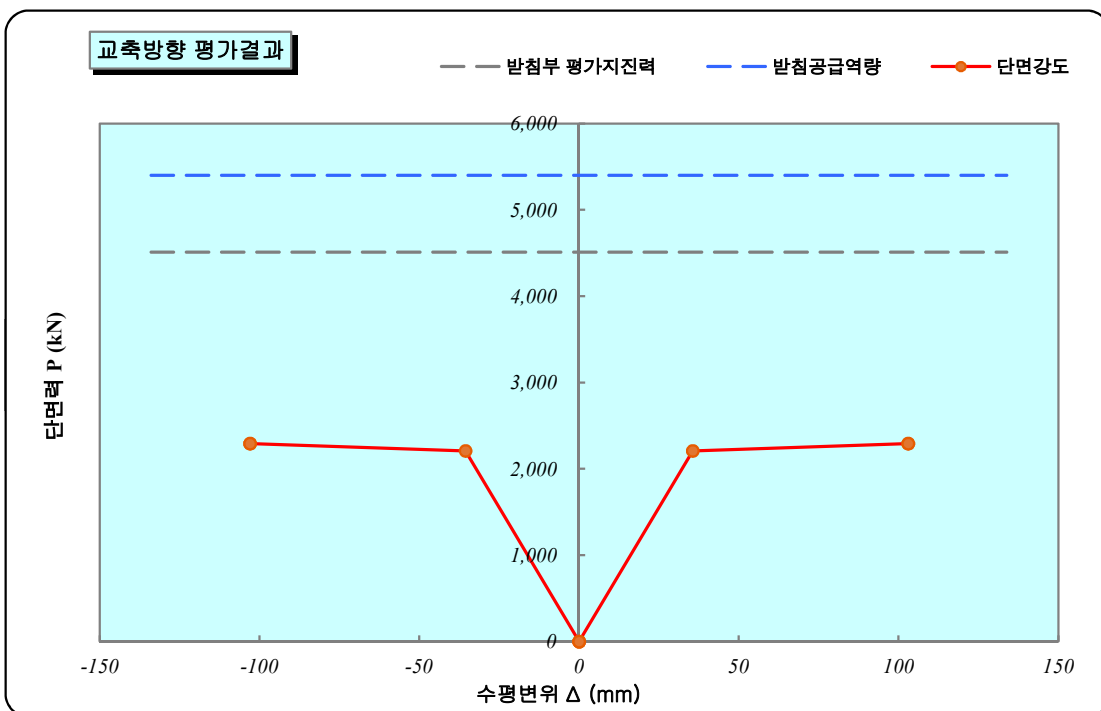
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{9,565}{2,233} = 4.283 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

!!! ∴ 교축직각방향(상단)

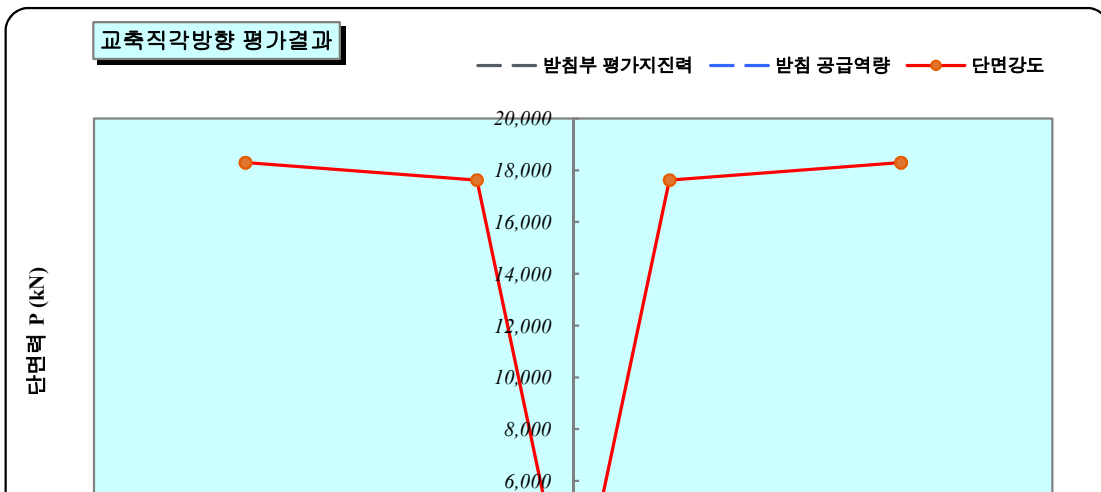
$$\frac{V_n}{VE} = \frac{9,575}{1,868} = 5.126 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$$

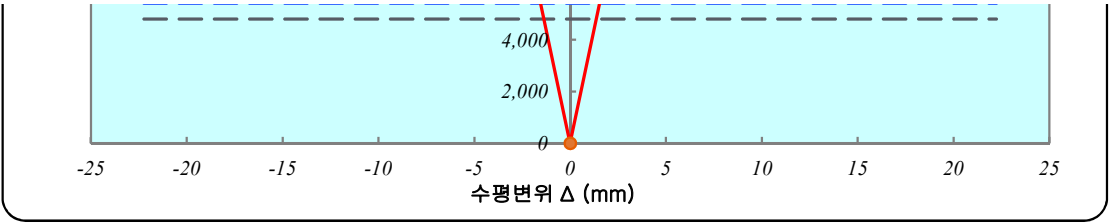
9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향





10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.1 교각 P1

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

$$f_B = 450.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 450.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$F_{BC} = 450.00 \times 12 = 5,400.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 450.00 \times 12 = 5,400.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[13,734, 5,151] = 5,150.65 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[34,503, 4,339] = 4,339.27 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{5,400.00}{5,150.65} = 1.048 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{5,400.00}{4,339.27} = 1.244 > 1.0 \quad \text{OK}$$

10.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	700	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	700	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	90	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	36	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	200	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	600	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	600	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	=	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck}	=	24	MPa
앵커의 유효단면적	A _{se}	=	1018	mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta}	=	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef}	=	200	mm
코핑부 깊이	h _{cop}	=	2500	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

n : 앵커 개수

교축방향:	V _{saL}	=	4	X	1	X	1,018	X	860	=	3,501	kN
교직방향:	V _{saT}	=	4	X	1	X	1,018	X	860	=	3,501	kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL}	/	n ^L	=	5150.65	/	12	=	429	kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT}	/	n ^T	=	4339.27	/	12	=	362	kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{3,501}{429}$	=	8.158	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{3,501}{362}$	=	9.683	>	1.0	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 (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

$$C_{a1} = 1,550 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,550 \quad mm$$

$$C_{a2} = 600 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 600 \quad mm$$

$$\sum S_i = 25600 \quad mm$$

$$S_L = 600 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,325 \quad mm$$

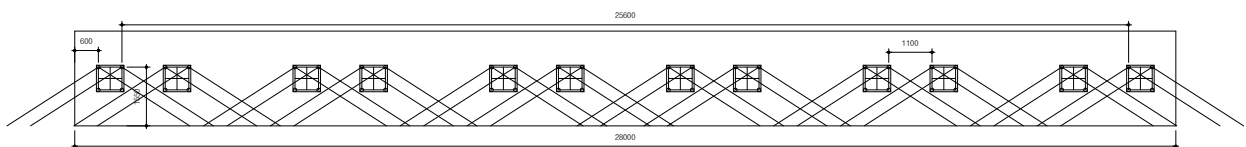
$$S_T = 600 \quad mm$$

$$S_{ax} = 1100 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,500 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,325 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 28,000 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 65,100,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1550^2 = 10,811,250 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 65,100,000 < 24 \times 10,811,250 = 259,470,000 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{200^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 1550^{1.5}$$

$$= 1,996.33 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.777$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 200 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{65,100,000}{10,811,250} \times 0.777 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,996 = 13,083 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,200 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,200 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 950 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 950 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 600 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 1,800 \text{ mm}$$

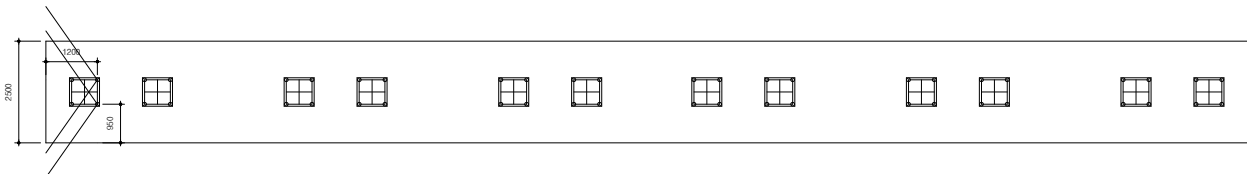
$$S_T = 600 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 2,500 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,800 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,500 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll} 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,200 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \\ 2\text{면} & C_{a2}' & = & 950 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \\ 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 2,500 & \text{mm} > & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{aligned} C_{a1}' &= \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 1,200 & \text{mm} \\ & 1.5C_{a1}' & = & 1,800 & \text{mm} \\ \therefore C_{a1} &= 1,200 & \text{mm} & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vc} &= 4,500,000 & \text{mm}^2 \\ A_{vco} &= 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 \times 1,200^2 & = & 6,480,000 & \text{mm}^2 \\ \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} & = & 4,500,000 < 2 \times 6,480,000 & = & 12,960,000 & \text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\ &= 0.6 \frac{200^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 1,200^{1.5} \\ &= 1,359.90 & \text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{ed,v} &= 0.858 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\ l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] & = & 200 & \text{mm} \\ V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\ &= \frac{4,500,000}{6,480,000} \times 0.858 \times 1.400 \times 1.000 \times 1360 & = & 1,135 & \text{kN} \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll} \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 429 & \times & 12 & = & 5,151 & \text{kN} \\ \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 362 & \times & 1 & = & 362 & \text{kN} \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll} \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{13,083}{5,151} & = & 2.540 & > & 1.0 & \text{OK} \\ \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{1,135}{362} & = & 3.138 & > & 1.0 & \text{OK} \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} \quad : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} \quad : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} \quad : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} \quad : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} \quad : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b \quad : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

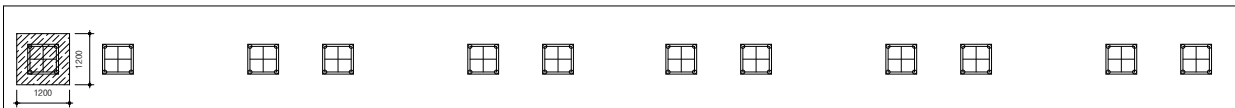
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} \quad : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커} : \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커} : \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,550	mm	S_L	=	600	mm
C_{a1}'	=	1,550	mm	S_T	=	600	mm
C_{a2}	=	600	mm	S_{ax}	=	1,100	mm
C_{a2}'	=	600	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	200	mm	h_{ef}'	=	200	mm (유효문힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	300.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	600.0	mm



$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,440,000 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삼도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,440,000 > 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,440,000}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 693 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 693 = 1,386 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 1,386 / 1 = 1,386 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,200 \text{ mm}$$

$$S_L = 600 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,200 \text{ mm}$$

$$S_T = 600 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 950 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 1,100 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 950 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

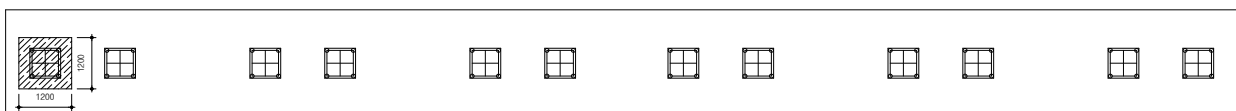
$$h_{ef}' = 200 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 300.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 600.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 600.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,200	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
2면	C_{a2}	=	950	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
3면	C_{a2}'	=	950	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	1,700	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1200, 950, 950\}}{1.5}, \frac{\max\{(600+1100), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,200}{1.5}, \frac{1,700}{3} \right] \\
 &= 800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,440,000 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,440,000 > 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} \cdot \phi_{ed,N} \cdot \phi_{c,N} \cdot N_b$$

$$= \frac{1,440,000}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 693 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} = 2 \times 693 = 1,386 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 1,386 / 1 = 1,386 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 429 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 362 \text{ kN}$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} &= \frac{1,386}{429} = 3.228 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} &= \frac{1,386}{362} = 3.832 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	5,400	5,151	1.048	OK
		교직	5,400	4,339	1.244	OK
	앵커볼트	교축	3,501	429	8.158	OK
		교직	3,501	362	9.683	OK
	콘크리트	교축	13,083	5,151	2.540	OK
		교직	1,135	362	3.138	OK
	프라이아웃	교축	1,386	429	3.228	OK
		교직	1,386	362	3.832	OK

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.2 교각 P4

10.2.1 받침본체 검토

교각 받침부 평가시 지진하중은 교각의 단면강도와
받침부 발생지진력 중 작은 값으로 한다

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 450.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 450.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$F_{BC} = 450.00 \times 12 = 5,400.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 450.00 \times 12 = 5,400.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[6,879, 4,509] = 4,509.26 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$\begin{aligned} F_{BD} &= \text{MIN}[F_n, [V]_{\text{comb,Top}}] \\ &= \text{MIN}[18,298, 4,792] = 4,792.09 \text{ kN} \end{aligned}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{5,400.00}{4,509.26} = 1.198 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{5,400.00}{4,792.09} = 1.127 > 1.0 \quad \text{OK}$$

10.2.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	700	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	700	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	90	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	36	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	200	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	600	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	600	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	=	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck}	=	24	MPa
앵커의 유효단면적	A _{se}	=	1018	mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta}	=	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef}	=	200	mm
코핑부 깊이	h _{cop}	=	2500	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

n : 앵커 개수

$$\text{교축방향: } V_{saL} = 4 \times 1 \times 1,018 \times 860 = 3,501 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } V_{saT} = 4 \times 1 \times 1,018 \times 860 = 3,501 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

$$\text{교축방향: } F_{ASDL} = F_{BDL} / n^L = 4509.26 / 12 = 376 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 4792.09 / 12 = 399 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교축방향} \quad \frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{3,501}{376} = 9.318 > 1.0 \quad \text{OK}$$

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{3,501}{399} = 8.768 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(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 (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

$$C_{a1} = 1,550 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,550 \quad mm$$

$$C_{a2} = 600 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 600 \quad mm$$

$$\sum S_i = 25600 \quad mm$$

$$S_L = 600 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 2,325 \quad mm$$

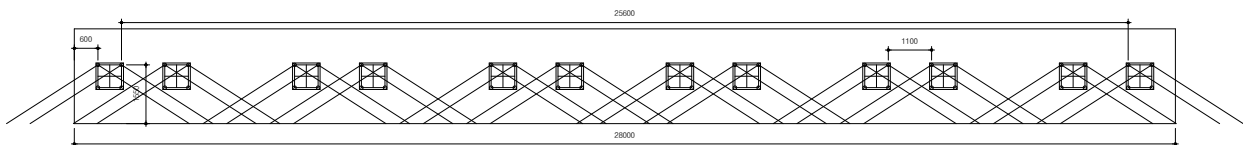
$$S_T = 600 \quad mm$$

$$S_{ax} = 1100 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,500 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,325 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 28,000 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$\begin{aligned}
 A_{vc} &= 65,100,000 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} &= 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1550^2 = 10,811,250 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} &< n A_{vco} = 65,100,000 < 24 \times 10,811,250 = 259,470,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

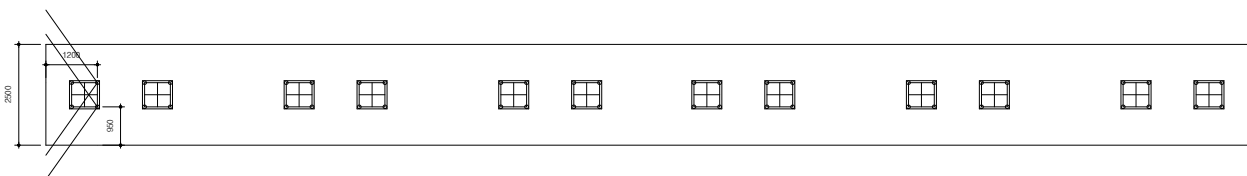
$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{200^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 1550^{1.5} \\
 &= 1,996.33 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.777 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{cbg}^L &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{65,100,000}{10,811,250} \times 0.777 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,996 = 13,083 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

② 교직방향

$$\begin{aligned}
 C_{a1} &= 1,200 \text{ mm} \\
 C_{a1}' &= 1,200 \text{ mm} \\
 C_{a2} &= 950 \text{ mm} \\
 C_{a2}' &= 950 \text{ mm} & \sum S_i &= 857 \text{ mm} \\
 S_L &= 600 \text{ mm} & 1.5C_{a1} &= 1,800 \text{ mm} \\
 S_T &= 600 \text{ mm} & S_{ay} &= 857 \text{ mm} \\
 h_{cop} &= 2,500 \text{ mm} & h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] &= 1,800 \text{ mm} \\
 \text{투영길이} &= 2,500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
1\text{면} & C_{a1} & = & 1,200 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \\
2\text{면} & C_{a2}' & = & 950 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm} \\
3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 2,500 & \text{mm} > & 1.5C_{a1} & = & 1,800 & \text{mm}
\end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{llllll}
C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3] & = & 1,200 & \text{mm} \\
1.5C_{a1}' & = & 1,800 & \text{mm} \\
\therefore C_{a1} = 1,200 \text{ mm} & 1.5C_{a1} & = & 1,800 \text{ mm}
\end{array}$$

$$\begin{array}{llllllll}
A_{vc} & = & 4,500,000 & \text{mm}^2 \\
A_{vco} & = & 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 & \times & 1,200^2 & = & 6,480,000 & \text{mm}^2 \\
\text{check } A_{vc} < n A_{vco} & = & 4,500,000 & < & 2 & \times & 6,480,000 & = & 12,960,000 & \text{mm}^2
\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
= 0.6 \frac{200^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 1,200^{1.5} \\
= 1,359.90 \text{ kN}
\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
\Phi_{ed,v} = 0.858 & \Phi_{h,v} = 1.000 \\
l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 200 \text{ mm} \\
V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
= \frac{4,500,000}{6,480,000} \times 0.858 \times 1.400 \times 1.000 \times 1360 = 1,135 \text{ kN}
\end{array}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll}
\text{교축방향: } F_{AC,DL} & = & 376 & \times & 12 & = & 4,509 \text{ kN} \\
\text{교직방향: } F_{AC,DT} & = & 399 & \times & 1 & = & 399 \text{ kN}
\end{array}$$

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{13,083}{4,509} = 2.901 > 1.0$	OK
교직방향	$\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1,135}{399} = 2.842 > 1.0$	OK

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

k_{cp}	: 콘크리트 프라이아웃 강도계수	$h_{ef} < 65\text{mm}$ 인 경우	$k_{cp} = 1$
		$h_{ef} \geq 65\text{mm}$ 인 경우	$k_{cp} = 2$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

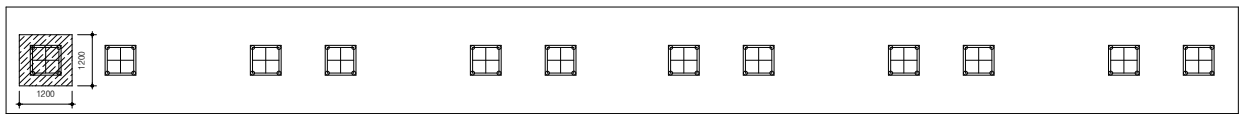
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,550	mm	S_L	=	600	mm
C_{a1}'	=	1,550	mm	S_T	=	600	mm
C_{a2}	=	600	mm	S_{ax}	=	1,100	mm
C_{a2}'	=	600	mm	S_{ay}	=	857	mm
h_{ef}	=	200	mm	h_{ef}'	=	200	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	300.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	600.0	mm



$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,440,000 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삼도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,440,000 > 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,440,000}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 693 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 693 = 1,386 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 1,386 / 1 = 1,386 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,200 \text{ mm}$$

$$S_L = 600 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,200 \text{ mm}$$

$$S_T = 600 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 950 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 1,100 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 950 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 857 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

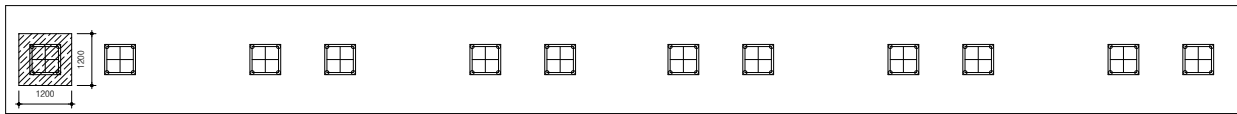
$$h_{ef}' = 200 \text{ mm} \quad (\text{유효물침깊이})$$

$$1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 300.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 600.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 600.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{aligned}
 1\text{면} \quad C_{a1} &= 1,200 \text{ mm} > 1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm} \\
 2\text{면} \quad C_{a2} &= 950 \text{ mm} > 1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm} \\
 3\text{면} \quad C_{a2}' &= 950 \text{ mm} > 1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm} \\
 4\text{면} \quad S_T + S_{ax} &= 1,700 \text{ mm} > 2 \times 1.5h_{ef} = 600.0 \text{ mm} \\
 S_{ay} &= 857 \text{ mm} > 2 \times 1.5h_{ef} = 600.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T + S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1200, 950, 950\}}{1.5}, \frac{\max\{(600+1100), 857\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,200}{1.5}, \frac{1,700}{3} \right] \\
 &= 800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,440,000 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,440,000 > 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{1,440,000}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 693 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 693 = 1,386 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 1,386 / 1 = 1,386 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

$$\text{교축방향: } F_{ASDL} = 376 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } F_{ASDT} = 399 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교축방향 } \frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} = \frac{1,386}{376} = 3.687 > 1.0 \quad \text{OK}$$

$$\text{교직방향 } \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,386}{399} = 3.470 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	5,400	4,509	1.198	OK
		교직	5,400	4,792	1.127	OK
	앵커볼트	교축	3,501	376	9.318	OK
		교직	3,501	399	8.768	OK
	콘크리트	교축	13,083	4,509	2.901	OK
		교직	1,135	399	2.842	OK
	프라이아웃	교축	1,386	376	3.687	OK
		교직	1,386	399	3.470	OK

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.4 교대 A1

10.4.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 257.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_B = 257.00 \text{ kN}$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$F_{BC} = 257.00 \times 12 = 3,084.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 257.00 \times 12 = 3,084.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{comb,Top} = 2,493.97 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{comb,Top} = 2,056.75 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,084.00}{2,493.97} = 1.237 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,084.00}{2,056.75} = 1.499 > 1.0 \quad \text{OK}$$

10.4.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	520	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	520	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a	=	60	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b	=	24	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef}	=	200	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L	=	420	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T	=	420	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	=	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck}	=	24	MPa
앵커의 유효단면적	A _{se}	=	452	mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta}	=	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef}	=	200	mm
교대부 깊이	h _{cop}	=	3135	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

V_{sa}

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

n : 앵커갯수

교축방향:	V _{saL}	=	4	X	1	X	452	X	860	=	1,556	kN
교직방향:	V _{saT}	=	4	X	1	X	452	X	860	=	1,556	kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL}	/	n ^L	=	2493.97	/	12	=	208	kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT}	/	n ^T	=	2056.75	/	12	=	171	kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{1,556}{208}$	=	7.488	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{1,556}{171}$	=	9.080	>	1.0	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 (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

$$C_{a1} = 1,210 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,210 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,140 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,140 \quad mm$$

$$\sum S_i = 25780 \quad mm$$

$$S_L = 420 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 1,815 \quad mm$$

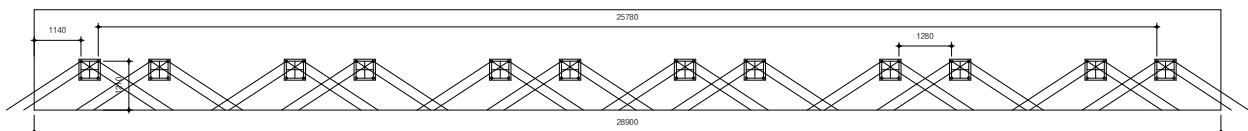
$$S_T = 420 \quad mm$$

$$S_{ax} = 1280 \quad mm$$

$$h_{cop} = 3,135 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,815 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 28,900 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 52,453,500 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1210^2 = 6,588,450 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 52,453,500 < 24 \times 6,588,450 = 158,122,800 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{200^{0.2}}{60} \times \sqrt{60} \times \sqrt{24} \times 1210^{1.5}$$

$$= 1,219.23 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.888$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 200 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{52,453,500}{6,588,450} \times 0.888 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,219 = 12,073 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,560 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,560 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 790 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 790 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 420 \text{ mm}$$

$$1.5 C_{a1} = 2,340 \text{ mm}$$

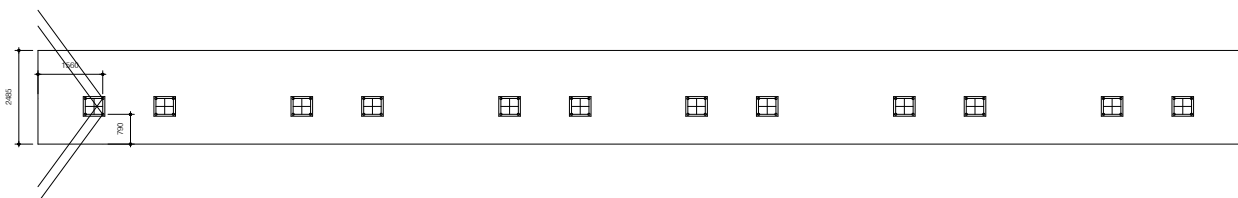
$$S_T = 420 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 3,135 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5 C_{a1}] = 2,340 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,485 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll} 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,560 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,340 & \text{mm} \\ 2\text{면} & C_{a2}' & = & 790 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,340 & \text{mm} \\ 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 3,135 & \text{mm} > & 1.5C_{a1} & = & 2,340 & \text{mm} \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{llll} C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3) & = & 1,560 & \text{mm} \\ & 1.5C_{a1}' & = & 2,340 & \text{mm} \\ \therefore C_{a1} = 1,560 & \text{mm} & 1.5C_{a1} & = & 2,340 & \text{mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} A_{vc} = 5,814,900 & \text{mm}^2 \\ A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,560^2 & = & 10,951,200 & \text{mm}^2 \\ \text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 5,814,900 < 2 \times 10,951,200 & = & 21,902,400 & \text{mm}^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\ = 0.6 \frac{200^{0.2}}{60} \times \sqrt{60} \times \sqrt{24} \times 1,560^{1.5} \\ = 1,784.82 & \text{kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \Phi_{ed,v} = 0.801 & \Phi_{h,v} = 1.000 \\ l_e = \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 200 & \text{mm} \\ V_{cbg}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\ = \frac{5,814,900}{10,951,200} \times 0.801 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,785 = 1,063 & \text{kN} \end{array}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llll} \text{교축방향: } F_{AC,DL} = 208 \times 12 = 2,494 & \text{kN} \\ \text{교직방향: } F_{AC,DT} = 171 \times 1 = 171 & \text{kN} \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llll} \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{12,073}{2,494} = 4.841 > 1.0 & \text{OK} \\ \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1,063}{171} = 6.203 > 1.0 & \text{OK} \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

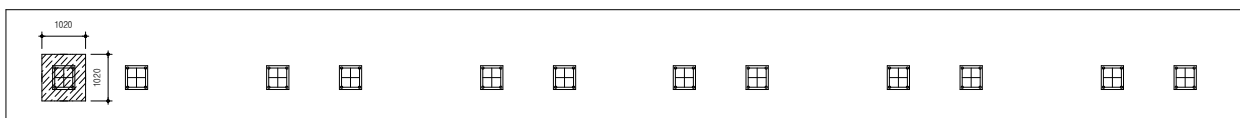
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,210	mm	S_L	=	420	mm
C_{a1}'	=	1,210	mm	S_T	=	420	mm
C_{a2}	=	1,140	mm	S_{ax}	=	1,280	mm
C_{a2}'	=	1,140	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	200	mm	h_{ef}'	=	200	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	300.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	600.0	mm



$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,040,400 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삼도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,040,400 < 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,040,400}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 501 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 501 = 1,001 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 1,001 / 1 = 1,001 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,560 \text{ mm}$$

$$S_L = 420 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,560 \text{ mm}$$

$$S_T = 420 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 790 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 1,280 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 790 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

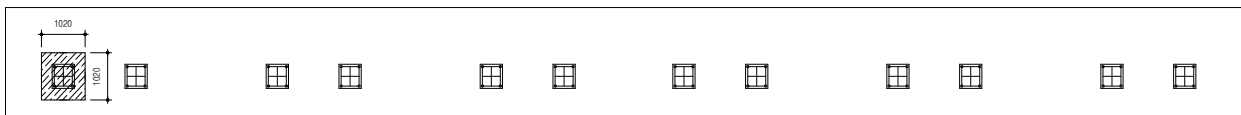
$$h_{ef}' = 200 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 300.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 300.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 600.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 600.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,560	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
2면	C_{a2}	=	790	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
3면	C_{a2}'	=	790	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	300.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	1,700	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	600.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\begin{aligned}
 h_{ef}' &= \max \left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{\max\{1560, 790, 790\}}{1.5}, \frac{\max\{(420+1280), 0\}}{3} \right] \\
 &= \max \left[\frac{1,560}{1.5}, \frac{1,700}{3} \right] \\
 &= 1,040 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,040,400 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 삽도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 360,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,040,400 < 4 \times 360,000 = 1,440,000 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 138.56 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,040,400}{360,000} \times 1.000 \times 1.250 \times 138.6 = 501 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 501 = 1,001 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 1,001 / 1 = 1,001 \text{ kN}$$

2) 소요 성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교직방향: $F_{ASDT} = 171 \text{ kN}$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,001}{171} = 5.841 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유 성능	소요 성능	평가	
받침부	본체	교축	3,084	2,494	1.237	OK
		교직	3,084	2,057	1.499	OK
	앵커볼트	교축	1,556	208	7.488	OK
		교직	1,556	171	9.080	OK
	콘크리트	교축	12,073	2,494	4.841	OK
		교직	1,063	171	6.203	OK
	프라이아웃	교축	1,001	208	4.817	OK
		교직	1,001	171	5.841	OK

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

- ▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) P1

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [21,640, 9,789] \\ &= 9,789 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [4,578, 1,751] \\ &= 1,751 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [21,640, 1,690] \\ &= 1,690 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [11,501, 1,273] \\ &= 1,273 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 8,633 \times 3 = 25,900 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 1,751 \times 3 = 5,252 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 9,789 \times 3 = 29,368 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 8,633 \times 3 = 25,900 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 1,273 \times 3 = 3,820 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 1,690 \times 3 = 5,070 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

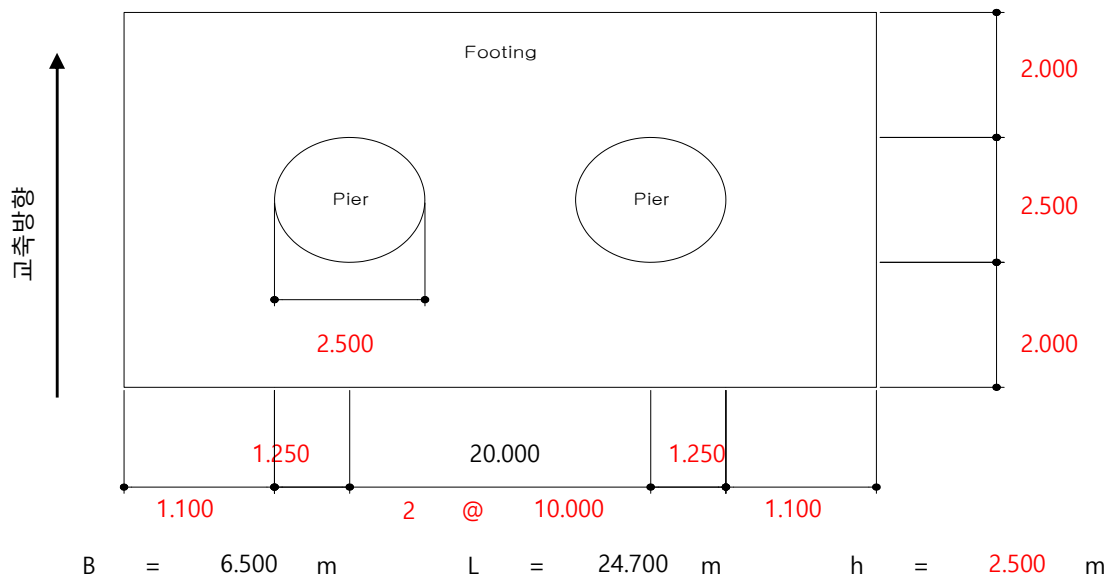
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	25,900	5,252	29,368	
교축직각방향	25,900	3,820	5,070	

11. 기초부 평가

11.1 교각 1

11.1.1 검토조건



11.1.2 내진성능평가

1) 안정성 검토

(a) 말뚝의 허용연직지지력 산정

① 말뚝의 허용연직압축지지력(R_a)

구 분	계 산 과 정	결 과
R_a	$\gamma/n \times R_u$	4345 kN

R_a : 말뚝의 허용연직압축지지력

γ : 극한지지력 추정법의 상위에 의한 안전율의 보정계수 ($\gamma = 1.0$)

n : 안전율 (지지말뚝의 경우 지진시 ; $n = 2$)

R_u : 지반조건에 따라 결정되는 말뚝의 극한지지력

$$R_u = q_d + U \times \sum (l_i \cdot f_i) = 8690 \text{ kN}$$

q_d : 말뚝 선단 지반의 극한지지력

$$q_d = \alpha \times q_u \times A = 7094 \text{ kN}$$

α : 감소계수는 0.2~0.5의 값을 가지며 평균값 0.35의 값을 적용

q_u : 말뚝 선단 지반의 일축압축강도 = 100000 kN/m²

A : 말뚝의 선단면적

$$A = \pi \times D^2 = 0.203 \text{ m}^2$$

U : 말뚝의 둘레길이 = 1.596 m

l_i : 주변마찰력을 고려하는 층의 두께

f_i : 주변마찰력을 고려하는 층의 최대 주변마찰력

지 층	li (m)	N	fi (kN/m ²)	li·fi (kN/m)
사질토	3.500	50	100	350.00
자갈층	6.500	50	100	650.00
연암			0	0.00
$\sum(li \cdot fi) =$				1000.00

㉓ 말뚝의 허용연직인발지력(Pa)

구 분	계 산 과 정	결 과
Pa	$1/n \times P_u + W$	593 kN

Pa : 말뚝의 허용연직인발지력

n : 안전율 (지진시 ; n = 3)

Pu : 말뚝의 극한인발력

$$P_u = U \times \sum(li \cdot fi) = 1596 \text{ kN}$$

W : 말뚝의 유효중량

$$= 61 \text{ kN}$$

(b) 말뚝의 스프링정수 산정

① 말뚝의 축방향 스프링정수(Kv)

구 분	계 산 과 정	결 과
Kv	$a \times A_p \times E_p / L$	218845 kN/m

$$a = 0.014 \times (L/D) + 0.72 = 1.053$$

$$d_o : \text{부식을 고려한 지름} = 504 \text{ mm}$$

$$A_p : \text{말뚝의 순단면적} = 12466 \text{ mm}^2$$

$$E_p : \text{말뚝의 탄성계수} = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$L : \text{말뚝 길이} = 12000 \text{ mm}$$

② 말뚝의 축직각방향 스프링정수(KH : K1, K2, K3, K4)

구 분	계 산 과 정	결 과
K1	$4EI\beta^3$	243601 kN/m
K2	$2EI\beta^2$	131529 kN/rad
K3	$2EI\beta^2$	131529 kN·m/m
K4	$2EI\beta$	142035 kN·m/rad

$$\begin{aligned}
\beta &= \sqrt[4]{[(kh \times D)/(4 \times E_p \times I_p)]} = 0.9260 \text{ m}^{-1} \\
kh &= kh_0 \times (BH/0.3)^{-3/4} = 444061 \text{ kN/m}^3 \\
kh_0 &= 1/0.3 \times \alpha \times E_o \quad (\text{지진시 } \alpha=2) = 933333 \text{ kN/m}^3 \\
E_o &= 2800 \times N \quad (1/\beta \text{ 깊이에서의 } N \text{치}) = 140000 \text{ kN/m}^2 \\
BH &= \sqrt{(D/\beta)} \quad (\beta_{\text{상시}} \text{ 적용}) = 0.8077 \text{ m} \\
\beta_{\text{상시}} &= \sqrt[29]{[(\alpha \times E_o)^8 \times D^5]/(0.3^2 \times 2^{16} \times (E_p \times I_p)^8)} = 0.7787 \text{ m}^{-1} \\
E_p &: \text{말뚝의 탄성계수} = 200000 \text{ N/mm}^2 \\
I_p &: \text{말뚝의 단면 2차 모멘트} = 0.000383 \text{ m}^4
\end{aligned}$$

(c) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.352 < 1.000	강제취급

$$\begin{aligned}
\beta &= \sqrt[4]{((3 \times k)/(E \times h^3))} = 0.176 \text{ m}^{-1} \\
k &= K_p = K_v \times (m \times n)/(B \times L) = 129494 \text{ kN/m}^3 \\
E &= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 25811 \text{ Mpa} \\
\lambda &= \text{Max}[l, b] = 2.000 \text{ m} \\
h &= \text{직접기초의 두께} = 2.500 \text{ m}
\end{aligned}$$

(d) 말뚝머리의 안정성 검토

① 무리말뚝 원점의 변위량(δ_x , δ_y , α) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$	$\delta_x = 0.000545 \text{ m}$
	$A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축}}$	$\delta_y = 0.002195 \text{ m}$
	$A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축}}$	$\alpha = 0.000589 \text{ rad}$
교축 직각	$A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$	$\delta_x = 0.000174 \text{ m}$
	$A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축직각}}$	$\delta_y = 0.002195 \text{ m}$
	$A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축직각}}$	$\alpha = 0.000016 \text{ rad}$
일반식	$ \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} & A_{xa} \\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya} \\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} H_o \\ V_o \\ M_o \end{bmatrix} $	

※ 3원 연립방정식의 각 계수는 아래의 식을 따른다.(교축, 교축직각방향)

i) 교축방향

구 분	계 산 과 정	결 과
A_{xx}	$\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$	23142095
A_{xy}, A_{yx}	$\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$	0
$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	$\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$	-12495269
A_{yy}	$\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$	20790250
$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$	83764357

구 분	n	xi	A_{xx}	A_{xy}, A_{yx}	$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	A_{yy}	$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$A_{\alpha\alpha}$
1열	19	2.600	4628419	0	-2499054	4158050	0	30807081
2열	19	1.300	4628419	0	-2499054	4158050	0	9725767
3열	19	0.000	4628419	0	-2499054	4158050	0	2698662
4열	19	-1.300	4628419	0	-2499054	4158050	0	9725767
5열	19	-2.600	4628419	0	-2499054	4158050	0	30807081

ii) 교축직각방향

구 분	계 산 과 정	결 과
A_{xx}	$\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$	23142095
A_{xy}, A_{yx}	$\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$	0
$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	$\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$	-12495269
A_{yy}	$\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$	20790250
$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$	1067559004

구 분	n	xi	A_{xx}	A_{xy}, A_{yx}	$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	A_{yy}	$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$A_{\alpha\alpha}$
1열	5	11.700	1218005	0	-657646	1094224	0	150498457
2열	5	10.400	1218005	0	-657646	1094224	0	119061410
3열	5	9.100	1218005	0	-657646	1094224	0	91322839
4열	5	7.800	1218005	0	-657646	1094224	0	67282744
5열	5	6.500	1218005	0	-657646	1094224	0	46941126
6열	5	5.200	1218005	0	-657646	1094224	0	30297983
7열	5	3.900	1218005	0	-657646	1094224	0	17353317
8열	5	2.600	1218005	0	-657646	1094224	0	8107126
9열	5	1.300	1218005	0	-657646	1094224	0	2559412
10열	5	0.000	1218005	0	-657646	1094224	0	710174
11열	5	-1.300	1218005	0	-657646	1094224	0	2559412
12열	5	-2.600	1218005	0	-657646	1094224	0	8107126
13열	5	-3.900	1218005	0	-657646	1094224	0	17353317
14열	5	-5.200	1218005	0	-657646	1094224	0	30297983
15열	5	-6.500	1218005	0	-657646	1094224	0	46941126
16열	5	-7.800	1218005	0	-657646	1094224	0	67282744
17열	5	-9.100	1218005	0	-657646	1094224	0	91322839
18열	5	-10.400	1218005	0	-657646	1094224	0	119061410
19열	5	-11.700	1218005	0	-657646	1094224	0	150498457

② 말뚝머리의 변위량 및 반력 산정

i) 교축방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000545	0.003725	815.246	55.281	11.952

2열	0.000545	0.002960	647.790	55.281	11.952
3열	0.000545	0.002195	480.334	55.281	11.952
4열	0.000545	0.001430	312.879	55.281	11.952
5열	0.000545	0.000665	145.423	55.281	11.952

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$$

$$P_{Ni} = K_v \times \delta_{yi}$$

$$P_{Hi} = K_1 \times \delta_{xi} - K_2 \times \alpha$$

$$M_{ti} = -K_3 \times \delta_{xi} + K_4 \times \alpha$$

ii) 교축직각방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000174	0.002379	520.600	40.209	-20.594
2열	0.000174	0.002358	516.126	40.209	-20.594
3열	0.000174	0.002338	511.652	40.209	-20.594
4열	0.000174	0.002318	507.178	40.209	-20.594
5열	0.000174	0.002297	502.704	40.209	-20.594
6열	0.000174	0.002277	498.230	40.209	-20.594
7열	0.000174	0.002256	493.756	40.209	-20.594
8열	0.000174	0.002236	489.282	40.209	-20.594
9열	0.000174	0.002215	484.808	40.209	-20.594
10열	0.000174	0.002195	480.334	40.209	-20.594
11열	0.000174	0.002174	475.860	40.209	-20.594
12열	0.000174	0.002154	471.386	40.209	-20.594
13열	0.000174	0.002134	466.912	40.209	-20.594
14열	0.000174	0.002113	462.438	40.209	-20.594
15열	0.000174	0.002093	457.964	40.209	-20.594
16열	0.000174	0.002072	453.490	40.209	-20.594
17열	0.000174	0.002052	449.016	40.209	-20.594
18열	0.000174	0.002031	444.542	40.209	-20.594
19열	0.000174	0.002011	440.068	40.209	-20.594

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$$

$$P_{Ni} = K_v \times \delta_{yi}$$

$$P_{Hi} = K_1 \times \delta_{xi} - K_2 \times \alpha$$

$$M_{ti} = -K_3 \times \delta_{xi} + K_4 \times \alpha$$

③ 말뚝머리의 변위량과 지지력에 대한 안정성 검토

구 분		보유성능	소요성능	S.F	판정
교 축	수평변위(mm)	15.000	0.545	27.536	O.K
	연직압축지지력(kN)	4345	815	5.330	O.K
	연직인발지지력(kN)	593	0	-	O.K
교 축 직 각	수평변위(mm)	15.000	0.174	86.428	O.K
	연직압축지지력(kN)	4345	521	8.346	O.K
	연직인발지지력(kN)	593	0	-	O.K

※ 말뚝의 허용 변위량은 0.01D로 산정하지만 말뚝의 직경이 1,500mm 이하인

경우에는 $\delta a = 15\text{mm}$ 를 사용한다.

(e) 말뚝본체의 안정성 검토

i) 교축방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

구 분	깊이 x(m)	변위 y(mm)	모멘트, M(kN·m)		전단력 S(kN)
			말뚝머리 고정	말뚝머리 힌지	
1	0.000	0.362997	11.952	0.000	-55.281
2	1.200	0.079803	-12.340	-17.611	1.707
3	2.400	-0.016025	-4.898	-5.142	6.488
4	3.600	-0.013325	-0.093	0.406	1.709
5	4.800	-0.002155	0.503	0.676	-0.204
6	6.000	0.000815	0.157	0.153	-0.245
7	7.200	0.000471	-0.009	-0.028	-0.049
8	8.400	0.000049	-0.020	-0.025	0.012
9	9.600	-0.000037	-0.005	-0.004	0.009
10	10.800	-0.000016	0.001	0.001	0.001
11	12.000	-0.000001	0.001	0.001	-0.001

$$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3) \times e^{-\beta x} \times [(1+\beta \times ho) \times \cos(\beta x) - \beta \times ho \times \sin(\beta x)]$$

$$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times [\beta \times ho \times \cos(\beta x) + (1+\beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

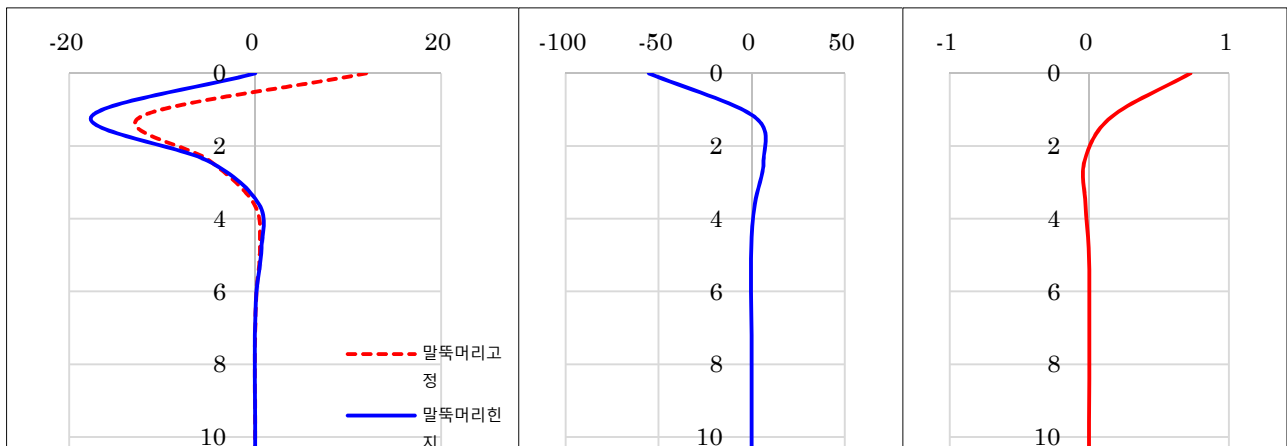
$$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

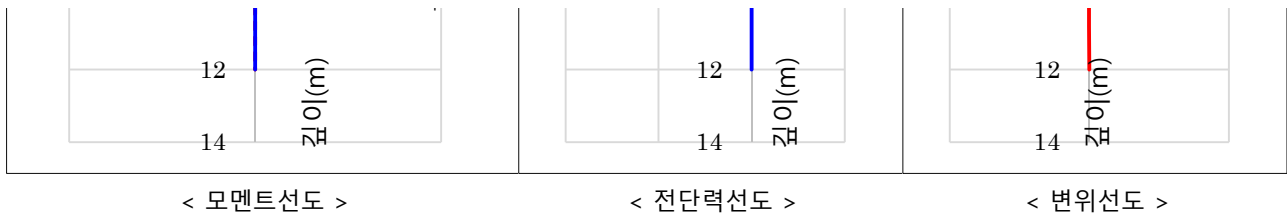
$$S = -P_{Hi} \times e^{-\beta x} \times [\cos(\beta x) - (1+2 \times \beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

$$P_{Hi} = 55.281 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.926 \quad \text{m}^{-1}$$

$$ho = M_{ti} / P_{Hi} = -216.210 \quad \text{mm}$$





② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2\beta \times h_o)]$	1113 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2\beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$	-12.416 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$	848 mm
	$M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$	-19.246 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = \max[M_{고정} , M_{힌지} , M_{mf} , M_{mh}]$	19.246 kN·m
	$S_{max} = S $	55.281 kN
말뚝 응력 검토	$f_t = 52.649 \leq 210.000$	O.K
	$f_c = 78.147 \leq 210.000$	O.K
	$f_s = 4.435 \leq 120.000$	O.K

여기서, l_{mf} , l_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 작용 깊이

M_{mf} , M_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 크기

f_t : 말뚝의 최대 인장응력

$$f_t = P_{Ni}/A_p - M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$$f_c = P_{Ni}/A_p + M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨압축응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$$f_s = S_{max}/A_p$$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$$\mu_1 = 0.05 \times \text{이음개수} = 0.000$$

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$$\mu_2 = \text{MAX} (L/d-n, 0) = 0.000$$

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 = 0.000$$

ii) 교축직각방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

구 분	깊이 x(m)	변위 y(mm)	모멘트, M(kN·m)		전단력 S(kN)
			말뚝머리 고정	말뚝머리 힌지	
1	0.000	0.486698	-20.594	0.000	-40.209
2	1.200	0.024866	-21.891	-12.809	17.243
3	2.400	-0.045468	-4.161	-3.740	9.391
4	3.600	-0.015970	1.157	0.296	0.874
5	4.800	0.000263	0.789	0.492	-0.762
6	6.000	0.001807	0.105	0.111	-0.317
7	7.200	0.000499	-0.055	-0.021	-0.010
8	8.400	-0.000050	-0.027	-0.018	0.031
9	9.600	-0.000069	-0.002	-0.003	0.010
10	10.800	-0.000015	0.002	0.001	0.000
11	12.000	0.000003	0.001	0.001	-0.001

$$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3) \times e^{-\beta x} \times [(1+\beta \times ho) \times \cos(\beta x) - \beta \times ho \times \sin(\beta x)]$$

$$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times [\beta \times ho \times \cos(\beta x) + (1+\beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

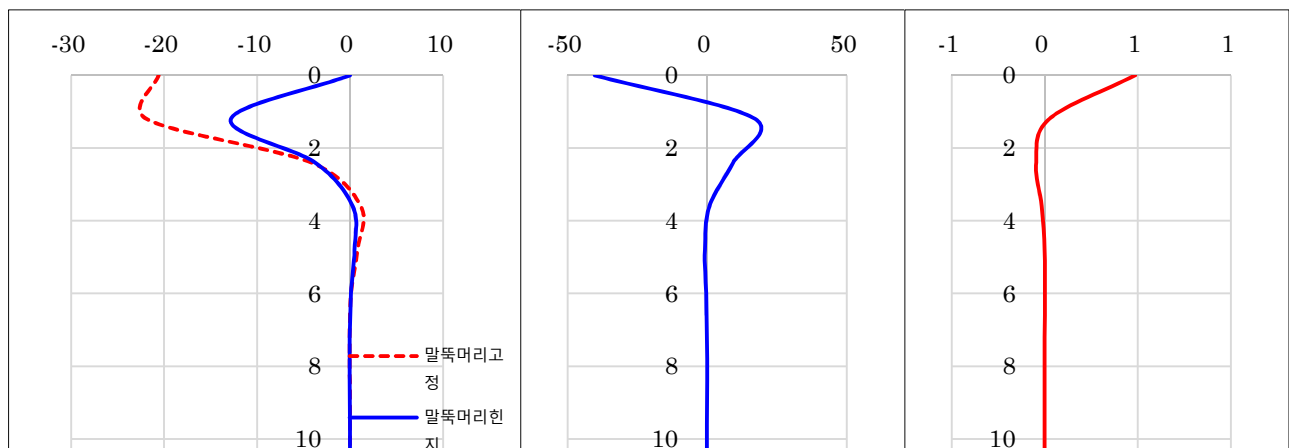
$$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

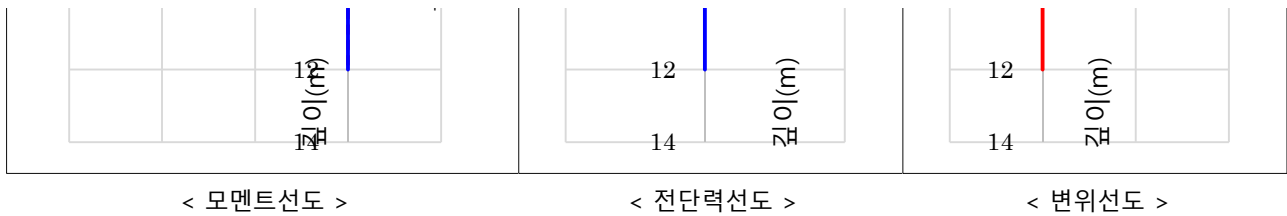
$$S = -P_{Hi} \times e^{-\beta x} \times [\cos(\beta x) - (1+2 \times \beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

$$P_{Hi} = 40.209 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.926 \quad \text{m}^{-1}$$

$$ho = M_{ti} / P_{Hi} = 512.162 \quad \text{mm}$$





② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2 \times \beta \times h_o)]$	512 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2 \times \beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$	-29.596 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$	848 mm
	$M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$	-13.999 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = \max[M_{고정} , M_{힌지} , M_{mf} , M_{mh}]$	29.596 kN·m
	$S_{max} = S $	40.209 kN
말뚝 응력 검토	$f_t = 22.158 \leq 210.000$	O.K
	$f_c = 61.367 \leq 210.000$	O.K
	$f_s = 3.226 \leq 120.000$	O.K

여기서, l_{mf} , l_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 작용 깊이

M_{mf} , M_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 크기

f_t : 말뚝의 최대 인장응력

$$f_t = P_{Ni}/A_p - M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$$f_c = P_{Ni}/A_p + M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$$f_s = S_{max}/A_p$$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$$\mu_1 = 0.05 \times \text{이음개수} = 0.000$$

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$$\mu_2 = \text{MAX} (L/d-n, 0) = 0.000$$

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 = 0.000$$

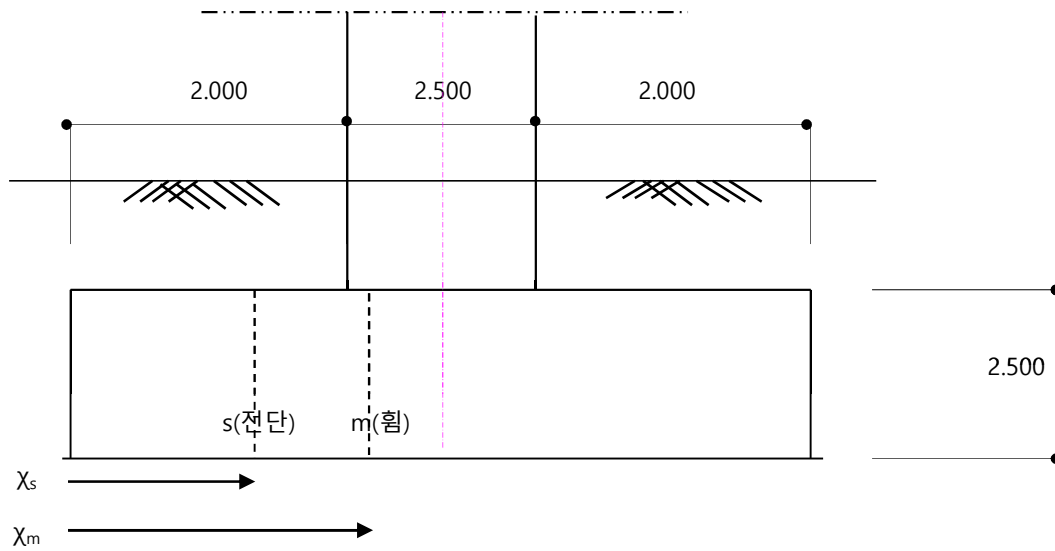
2) 단면 평가

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.000 + (2.500 - 2.216)/2$	2.142 m
전단	$\chi_s = 2.142 - 2.300/2$	0.992 m

② 교축방향 위험단면



③ 말뚝의 반력

구 분	계 산 과 정			결 과
	P_{Ni}	×	n	
R1	815.246	×	19	15490 kN
R2	647.790	×	19	12308 kN
R3		×		
R4		×		
R5		×		

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{\text{기초}} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3542 kN·m
	$V_{\text{기초}} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1532 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{\text{상재}} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	3769 kN·m
	$V_{\text{상재}} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1630 kN
말뚝반력에 의한 단면력	$M_{\text{말뚝}} = R_1 \times 1.492 + R_2 \times 0.192$	25480 kN·m
	$V_{\text{말뚝}} = R_1$	15490 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{\text{말뚝}} - M_{\text{기초}} - M_{\text{상재}}$	18169 kN·m
	$V_u = V_{\text{말뚝}} - V_{\text{기초}} - V_{\text{상재}}$	12328 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\Phi M_n = 66552 \geq 18169$	O.K
전단	$\Phi V_n = 46385 \geq 12328$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 24700 \text{ mm} \quad d = 2300 \text{ mm}$$

$$\phi_f = 1.000 \quad \phi_v = 1.000$$

- 휨 검토 1단 : D 32 - 123 ea

$$A_s = 97687 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 58.2 \text{ mm}$$

- 전단 검토

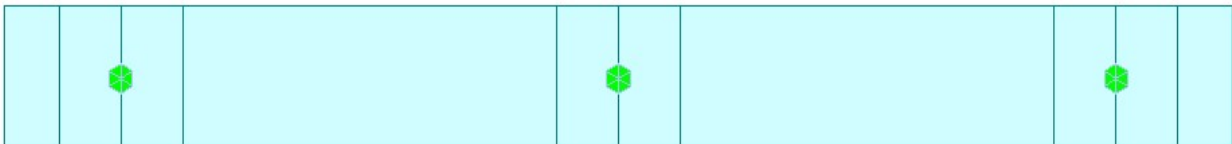
$$\Phi V_c = \phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 46385 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

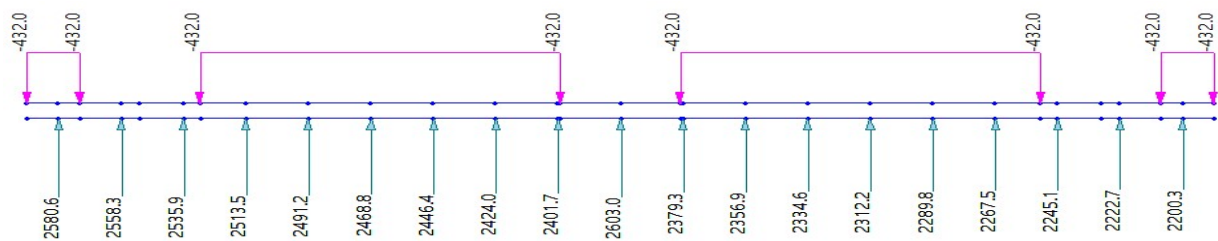
① 작용 말뚝반력

구 분	1열	2열	3열	4열	5열
반력(kN)	2603.002	2580.632	2558.262	2535.892	2513.522
구 분	6열	7열	8열	9열	10열
반력(kN)	2491.152	2468.782	2446.412	2424.042	2401.672
구 분	11열	12열	13열	14열	15열
반력(kN)	2379.302	2356.932	2334.562	2312.192	2289.822
구 분	16열	17열	18열	19열	20열
반력(kN)	2267.452	2245.082	2222.712	2200.342	
구 분	21열	22열	23열	24열	25열
반력(kN)					

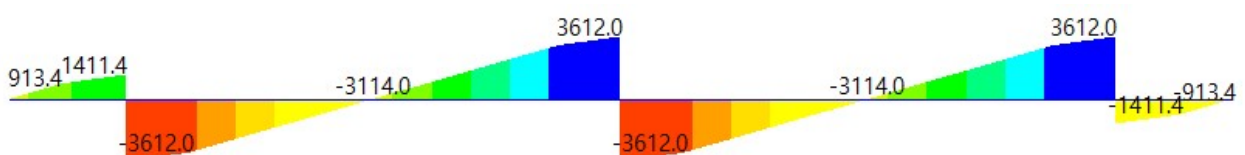
② 구조해석 모델링



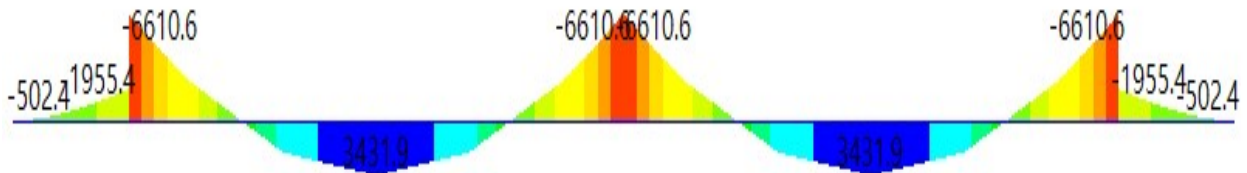
③ 하중재하도



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 = 6611	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 3612	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\Phi M_n = 23168 \geq 6611$	O.K
전단	$\Phi V_n = 12207 \geq 3612$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 6500 \text{ mm} \quad d = 2300 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 휨 검토 1단 : D 32 - 43 ea

$$A_s = 34151 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 77.3 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 12207 \text{ kN}$$

3) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	수평변위	교축	15.000	0.545	27.536	O.K
		교축직각	15.000	0.174	86.428	O.K
	연직 압축지지력	교축	4345	815	5.330	O.K
		교축직각	4345	521	8.346	O.K
	연직 인발지지력	교축	593	0	-	O.K
		교축직각	593	0	-	O.K
말뚝 응력 검토	힘인장응력	교축	210.000	52.649	3.989	O.K
		교축직각	210.000	22.158	9.478	O.K
	힘압축응력	교축	210.000	78.147	2.687	O.K
		교축직각	210.000	61.367	3.422	O.K
	힘전단응력	교축	120.000	4.435	27.060	O.K
		교축직각	120.000	3.226	37.203	O.K
단면 검토	힘	교축	66552	18169	3.663	O.K
		교축직각	23168	6611	3.505	O.K
	전단	교축	46385	12328	3.763	O.K
		교축직각	12207	3612	3.379	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) P4

• 기초부 교축방향

$$\begin{aligned} - M_E^L &= \text{Min} [M_n^L, M_{E,comb}^L] &= \text{Min} [22,696, 17,917] \\ &= 17,917 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^L &= \text{Min} [V_n^L, V_{E,comb}^L] &= \text{Min} [2,293, 1,812] \\ &= 1,812 \text{ kN} \end{aligned}$$

• 기초부 교직방향

$$\begin{aligned} - M_E^T &= \text{Min} [M_n^T, M_{E,comb}^T] &= \text{Min} [22,696, 7,615] \\ &= 7,615 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_E^T &= \text{Min} [V_n^T, V_{E,comb}^T] &= \text{Min} [6,099, 2,233] \\ &= 2,233 \text{ kN} \end{aligned}$$

1) 교축방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 9,467 \times 3 = 28,400 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 1,812 \times 3 = 5,435 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 17,917 \times 3 = 53,752 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

2) 교축직각방향 지진력

• 교각하단의 작용력

$$\begin{aligned} - \text{연직력} &: N = 9,467 \times 3 = 28,400 \text{ kN} \\ - \text{수평력} &: H = 2,233 \times 3 = 6,700 \text{ kN} \\ - \text{모멘트} &: M = 7,615 \times 3 = 22,846 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

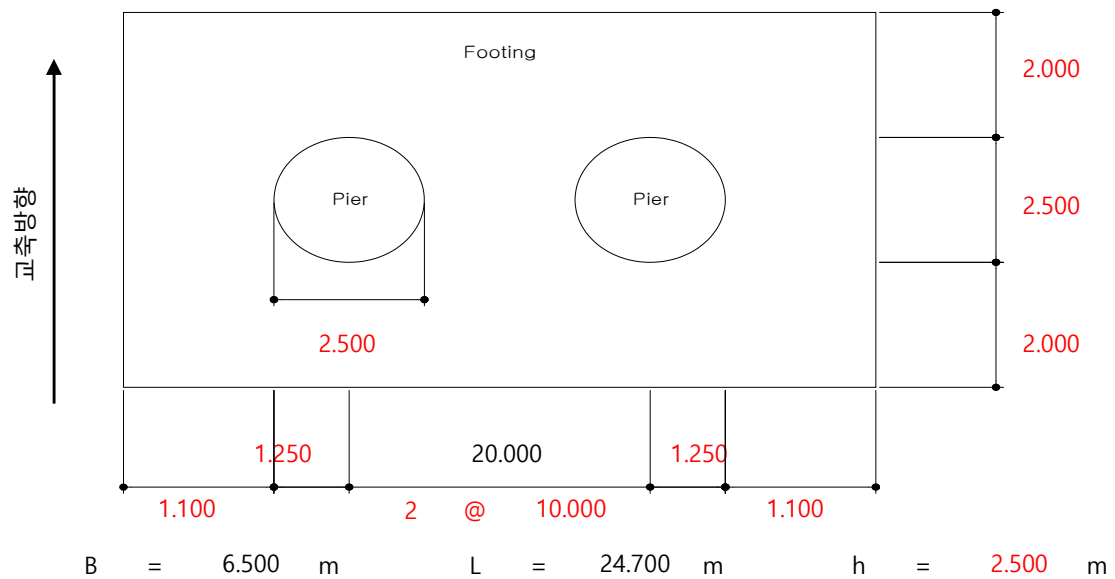
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	28,400	5,435	53,752	
교축직각방향	28,400	6,700	22,846	

11. 기초부 평가

11.2 교각 4

11.2.1 검토조건



11.2.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.537 < 1.000	강제취급
β	$= \sqrt[4]{((3 \times k) / (E \times h^3))} = 0.143$	m^{-1}
k	$= K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4} = 56334$	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	$= \text{Max}[l, b] = 3.750$	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$e_L = M_L / V = 1.375 \leq 2.600$	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V = 0.809 \leq 9.880$	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,

$$B_f' = B_f - 2 \times e_L = 3.749 \text{ m}$$

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$$L_f' = L_f - 2 \times e_T = 23.083 \text{ m}$$

- 기초의 근입깊이,

$$D_f = 6.300 \text{ m}$$

- 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	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times B_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	6.892 MPa
교축직각	$q_u = \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_2 \times L_f' \times N_r + \gamma_1 \times D_f \times N_q$	16.850 MPa

$$\text{형상계수, } \alpha = 1.079 \quad \beta = 0.474$$

$$N_c = 57.8 \quad N_q = 41.4 \quad N_r = 47.3$$

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(q_u) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot B_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	7.838 MPa
교축직각	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$	47.727 MPa

$$\text{여기서, } K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = 3.690$$

$$\text{교축방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.120$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times B_f' / L_f' = 1.060$$

$$\text{교축직각방향 형상계수, } s_c = 1 + 0.2 \times K_p \times L_f' / B_f' = 5.544$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \times K_p \times L_f' / B_f' = 3.272$$

$$\text{교축방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.646$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / B_f' \times \sqrt{K_p} = 1.323$$

$$\text{교축직각방향 깊이계수, } d_c = 1 + 0.2 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.105$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \times D_f' / L_f' \times \sqrt{K_p} = 1.052$$

$$\text{경사계수, } i_c = i_q = (1 - \beta/90)^2 = 1.000$$

$$i_r = (1 - \beta/\Phi)^2 = 1.000$$

$$N_c = 46.1 \quad N_q = 33.3 \quad N_r = 37.2$$

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	$q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot L_f' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	27.505 MPa

여기서는 경사계수 미고려

N_c	=	46.1	N_q	=	33.3	N_r	=	37.2
교 축 방 향 형 상 계 수,		$s_c = 1 + B_f' / L_f' \times N_q / N_c$		=	1.117			
		$s_r = 1 - 0.4 \times B_f' / L_f' \geq 0.6$		=	0.935			
		$s_q = 1 + B_f' / L_f' \times \tan \Phi$		=	1.114			
교 축 직 각 방 향 형 상 계 수,		$s_c = 1 + L_f' / B_f' \times N_q / N_c$		=	5.447			
		$s_r = 1 - 0.4 \times L_f' / B_f' \geq 0.6$		=	0.600			
		$s_q = 1 + L_f' / B_f' \times \tan \Phi$		=	5.311			
교 축 방 향 깊 이 계 수,		($D_f > B_f'$)						
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?			
교 축 직 각 방 향 깊 이 계 수,		($D_f \leq L_f'$)						
d_c	=	$1 + 0.4 \times D_f / L_f'$		=	1.109			
d_r	=	$1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi)^2 \times D_f / L_f'$		=	1.070			
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	6.892 MPa	7.838 MPa	#NAME?	#NAME?
교 축 직 각	16.850 MPa	47.727 MPa	27.505 MPa	16.850 MPa

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	작용폭	$x_L = 3 \times (B/2 - e_L) = 5.624 \leq 6.500$	삼각형 분포
	지반반력	$q_{\max} = (2 \times V)/(L \times x_L)$	$q_{\max} = 0.705 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.000 \text{ MPa}$
교 축 직 각	작용폭	$x_T = 3 \times (L/2 - e_T) = 34.624 > 24.700$	사다리꼴 분포
	지반반력	$q_{\max, \min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	$q_{\max} = 0.365 \text{ MPa}$
			$q_{\min} = 0.245 \text{ MPa}$

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	$q_u / q_a = 46.179 \geq 2.000$	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$H_c / H_L = 5.406 \geq 1.200$	O.K
교 축 직 각	$H_c / H_T = 4.385 \geq 1.200$	O.K

여기서,

전단저항력, $H_c = c_B \times A' + V \times \tan \Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력,

$$c_B = 0$$

기초저면과 지반과의 마찰계수,

$$\tan \Phi_B = 0.6$$

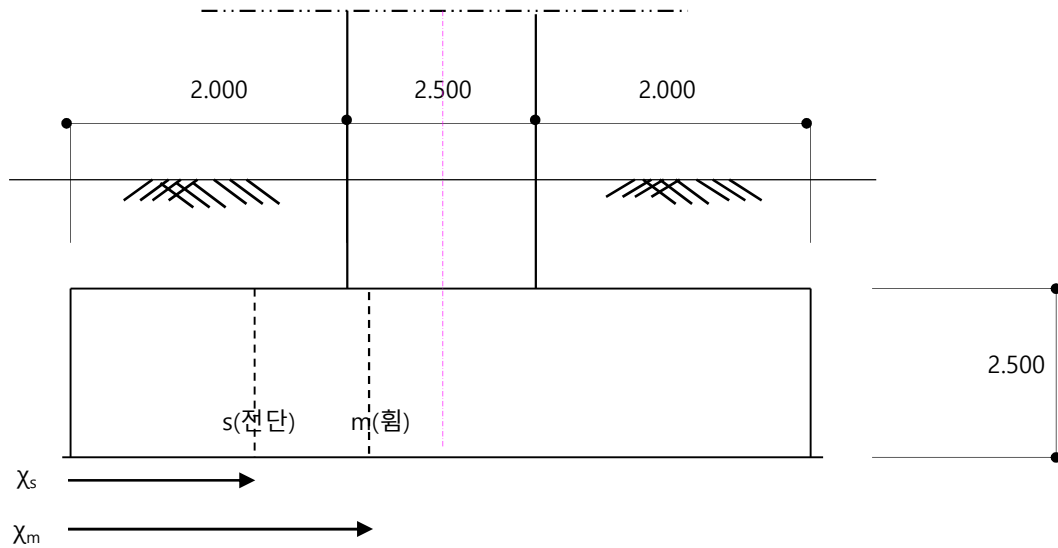
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.000 + (2.500 - 2.216)/2$	2.142 m
전단	$\chi_s = 2.142 - 2.400/2$	0.942 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$q_m = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_m) / \chi_L) + q_{min}$	0.436 MPa
전단	$q_s = ((q_{max} - q_{min}) \times (\chi_L - \chi_s) / \chi_L) + q_{min}$	0.587 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3542 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1455 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	4092 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1680 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [q_m \times \chi_m^2 / 2 + (q_{max} - q_m) / 2 \times 2 \times \chi_m^2 / 3] \times L$	34880 kN·m
	$V_{지반} = (q_s \times \chi_s + (q_{max} - q_s) / 2 \times \chi_s) \times L$	15031 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{지반} - M_{기초} - M_{상재}$	27246 kN·m
	$V_u = V_{지반} - V_{기초} - V_{상재}$	11897 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
힘	$\Phi M_n = 69482 \geq 27246$	O.K
전단	$\Phi V_n = 48402 \geq 11897$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 24700 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 32 - 123 ea

$$A_s = 97687 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 58.2 \text{ mm}$$

- 전단 검토

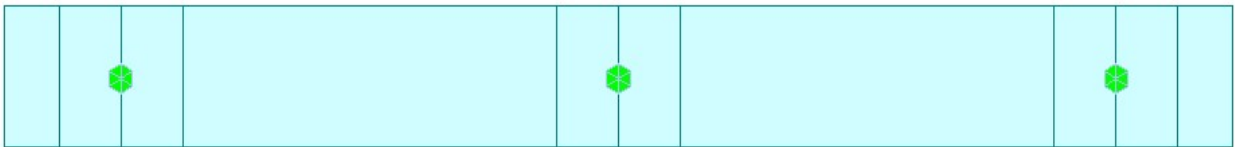
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 48402 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

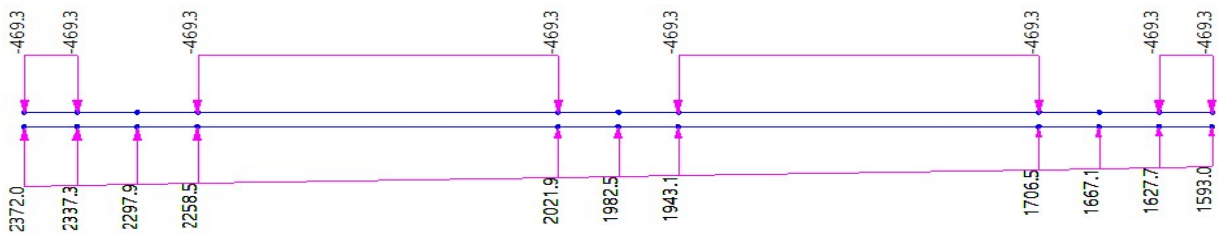
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	$q_{\max,\min} = (V/B/L) \pm (6 \times MT/B/L^2)$	사다리꼴 분포	2372 kN/m
Qmin			1593 kN/m

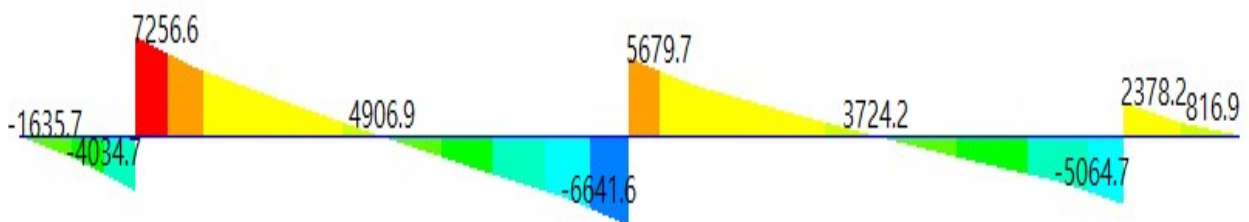
② 구조해석 모델링



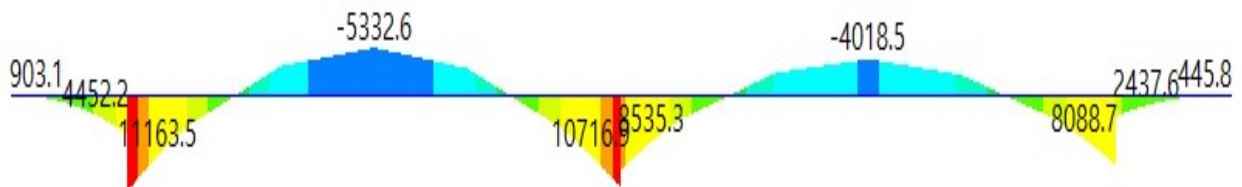
③ 하중재하도



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	= 11164	kN·m
최대 발생 전단력	Vu	= 7257	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦM_n	=	24193	$\geq$	11164	O.K
전단	ΦV_n	=	12737	$\geq$	7257	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 6500 \text{ mm} \quad d = 2400 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

- 힘 검토 1단 : D 32 - 43 ea

$$A_s = 34151 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 77.3 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 12737 \text{ kN}$$

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.600	1.375	1.890	O.K
		교축직각	9.880	0.809	12.217	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	46.179	2.000	23.089	O.K
	활동	교축	5.406	1.200	4.505	O.K
		교축직각	4.385	1.200	3.654	O.K
단면 검토	힘	교축	69482	27246	2.550	O.K
		교축직각	24193	11164	2.167	O.K
	전단	교축	48402	11897	4.069	O.K
		교축직각	12737	7257	1.755	O.K

- | | |
|--------------|-----------------|
| 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)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\phi : \text{뒷채움흙의 내부마찰각} = 35.00^\circ$$

$$\beta : \text{벽배면과 연직면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\delta : \text{벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각} = 0.00^\circ$$

$$i : \text{지표면과 수평면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\theta : \tan^{-1} [K_h / (1 - K_v)] = 4.403^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{\{(\sin 35.0 \times \sin 30.6) / (\cos 4.4 \times \cos 0.0)\}}]^2}$$

$$= 0.3138$$

$$K_{EH} = K_E \times \cos \delta = 0.3138 \times \cos 0.00 = 0.3138$$

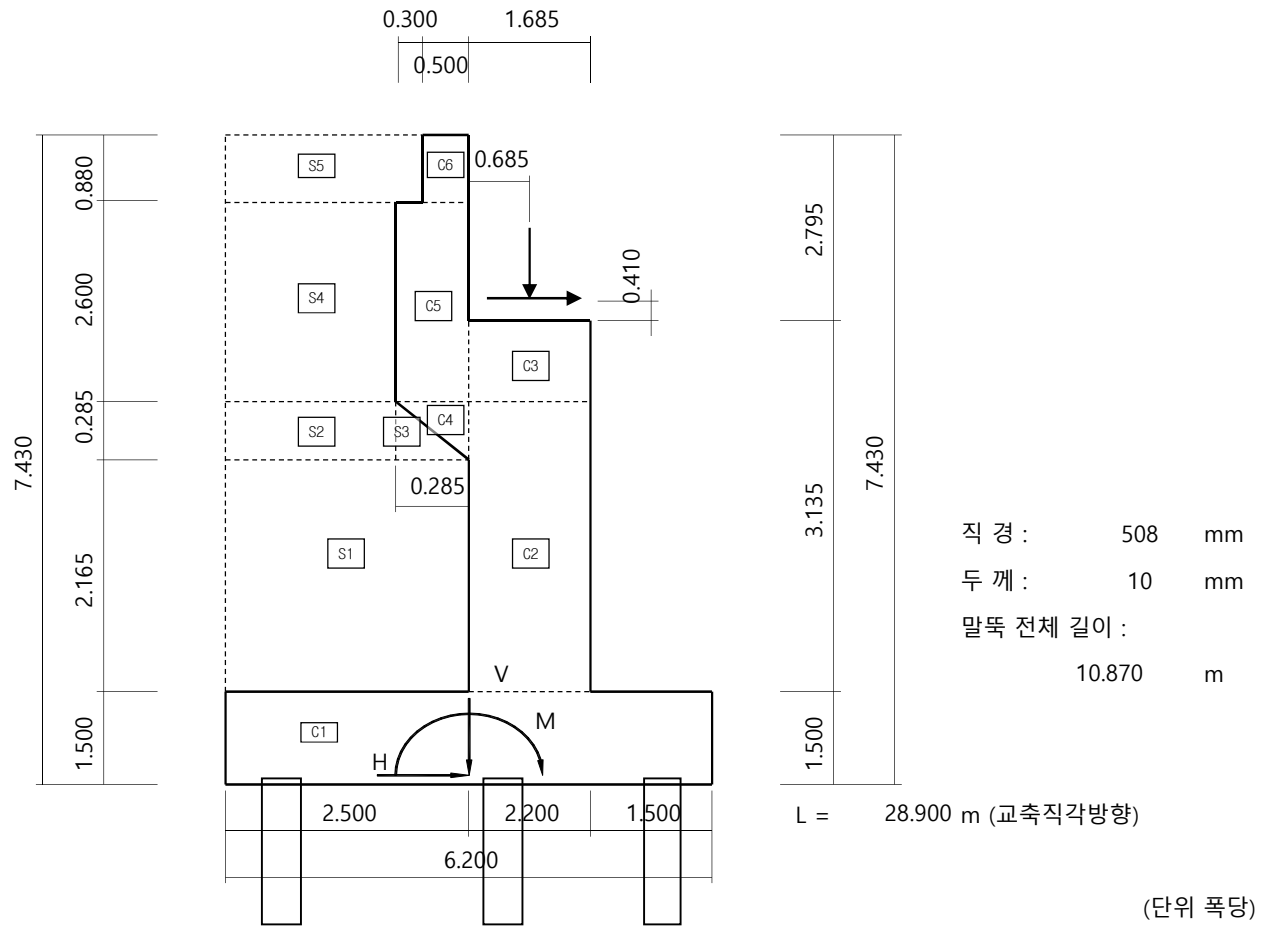
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 7.430 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 7.430 = 46.631 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 46.631) / 2 \times 7.430 = 173.234 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 173.234 \times 7.430 / 2 = 643.564 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	9.300	25.00	232.500	0.077	17.903	3.100	720.750	13.427
	C2	5.390	25.00	134.750	0.077	10.376	2.600	350.350	28.274
	C3	1.154	25.00	28.856	0.077	2.222	2.343	67.594	9.537
	C4	0.041	25.00	1.015	0.077	0.078	3.795	3.853	0.301
	C5	2.080	25.00	52.000	0.077	4.004	3.585	186.420	21.021
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	3.435	37.785	5.921
	소계	18.405		460.121		35.429		1366.752	78.481
뒷채움	S1	5.413	20.00	108.250	0.077	8.335	4.950	535.838	21.526
	S2	0.631	20.00	12.626	0.077	0.972	5.093	64.295	3.702
	S3	0.041	20.00	0.812	0.077	0.063	3.890	3.160	0.235
	S4	5.759	20.00	115.180	0.077	8.869	5.093	586.554	46.562
	S5	2.213	20.00	44.264	0.077	3.408	4.943	218.775	23.824
	소계	14.057		281.132		21.647		1408.621	95.848
총 계			741.253		57.076			2775.373	174.329

11.7.3 안정검토

- 단면력 계산 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

$$\begin{aligned}
 H &= 1.0 \times 35.429 + 1.0 \times 173.234 + 1.0 \times 21.647 + 1.0 \times 6.021 &= & 236.331 & \text{kN} \\
 V &= 1.0 \times (212.363 + 460.121) + 1.0 \times 46.000 + 1.0 \times 281.132 &= & 999.616 & \text{kN} \\
 Mr &= 1.0 \times (212.363 \times 2.500 + 1,366.752) + 1.0 \times (46.000 \times 2.500) \\
 &\quad + 1.0 \times 1,408.621 &= & 3421.281 & \text{kN.m} \\
 M &= 1.0 \times 78.481 + 1.0 \times 643.564 + 1.0 \times 95.848 \\
 &\quad + 1.0 \times 6.021 \times 5.045 &= & 848.268 & \text{kN.m}
 \end{aligned}$$

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝	말뚝 배치			
말뚝 직경	508.00 mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	10.00 mm	1	19	10.000	2.100
말뚝 길이	10.87 m	2	19	0.000	0.700
돌출 길이	0.00 m	3	19	0.000	-2.100
1/β부근의 N값	35.0	4	0	0.000	0.000
평균 N값	43.0	5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝의 면적} & A_p = 12465.840 \text{ mm}^2 \\
 - \text{선단폐쇄면적} & A = 199503.700 \text{ mm}^2 \\
 - \text{단면2차모멘트} & I = 383449000.000 \text{ mm}^4 \\
 - \text{탄성계수} & E = 40000.0 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

② 수직허용지지력

$$\begin{aligned}
 - \text{말뚝선단의 N치} &= 50 \\
 - \text{최대주면마찰력}(f) &= 2N = 2 \times 43.000 = 860.0 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2 \\
 V_a &= 1/3 \times [30 \times N \times A + U \times \Sigma(l \times f)] \quad (\text{항타 말뚝이라 가정}) \\
 &= 1/3 \times (30 \times 50 \times 10 \times 199,503.700 / 1000000 + \pi \times 504.00 / 1000 \times 8.000 \times 100.000) \\
 &= 1419.75 \text{ kN/본} \\
 V_a &= 1419.750 \text{ kN/본} \quad (\text{상시 허용지지력})
 \end{aligned}$$

③ 수평허용지지력

$$- \text{말뚝두부의 허용수평변위 } \delta_a = 15 \text{ mm}$$

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

$$\begin{aligned}
 (\text{상 시}) \quad \beta I &= 0.00083 \times 10770 = 8.94 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝} \\
 (\text{지진시}) \quad \beta I &= 0.00100 \times 10770 = 10.77 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝}
 \end{aligned}$$

구 분	상 시			지 진 시		
	고 정	힌 지	보정계수	고 정	힌 지	보정계수
K1	35080.2	17540.1	1.0	61351.8	30675.9	1.0
K2	21132.7	0.0	1.0	30675.9	0.0	1.0
K3	21132.7	0.0	1.0	30675.9	0.0	1.0
K4	25461.0	0.0	1.0	30675.9	0.0	1.0
Kv	49963.7	49963.7	-	49963.7	49963.7	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	5022869604	48359	2839404	-1096909	10267164	716334
	한지	2511434802	105350	2829355	221236	8756158	625507
지진시	고정	8784502123	-37002	2854455	-1817376	10637751	779428
	한지	4392251061	62670	2836881	131606	8789347	641311

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	6829.959	kN
수직력	28888.912	kN
모멘트	15195.534	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	한 지
	$\delta x(\text{mm})$	0.00096	0.00138
	$\delta y(\text{mm})$	9.92921	9.95671
	$a(\text{rad.})$	0.70111	1.00235

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	한 지
구 분	$\delta x1$	-1.97891	-2.09312
	$\delta x2$	0.00096	0.00138
	$\delta x3$	0.00096	0.00138
	$\delta y1$	11.22848	11.87864
	$\delta y2$	10.41998	10.65836
	$\delta y3$	8.45689	7.85178
	$a(\text{rad.})$	0.70111	1.00235

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

구 분		고 정	한 지
구 분	Pn1	561.017	593.501
	Pn2	520.621	532.531
	Pn3	422.538	392.304
	Ph1	-142.916	-64.208
	Ph2	-21.448	0.042
	Ph3	-21.448	0.042
	Mt1	82.212	0.000
	Mt2	21.477	0.000
	Mt3	21.477	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	한 지
	수직력	말뚝반력	28888.930	28888.910
		전달하중	28888.912	28888.912
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	-1638.200	758.320
		전달하중	6829.959	6829.959
		오 차(%)	-123.986%	-88.897%
	모멘트	말뚝반력	14827.730	15110.420
		전달하중	15195.534	15195.534
		오 차(%)	-2.420%	-0.560%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	한지
수직력	561.017	593.501
수평력	-21.448	0.042
모멘트	82.212	24.940

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

(상 시) $R_a = 1419.750 \text{ kN}$
 (지진시) $R_v = 593.501 \text{ kN} < R_a = 2129.625 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

② 인발력 검토

- 최대주면마찰력(f)= $2N=2 \times 43.000 = 860 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2$
 $F_a = 1/2 \times [U_x \Sigma(l_x f)] = 1/2 \times (\pi \times 504.00 / 1000 \times 8.000 \times 100.0) = -633.4 \text{ kN}$
 (지진시) $F_v = 0.000 \text{ kN} < F_a = 0.000 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

(지진시) $R_h = 21.448 \text{ kN} < R_a = 920.280 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$

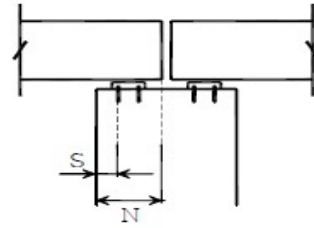
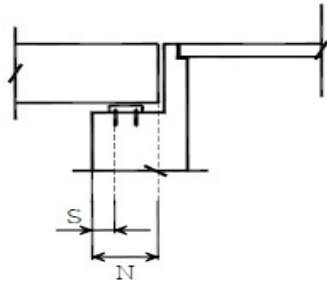
③ 말뚝머리부 수평변위 검토 ($\delta a = 15.00 \text{ mm}$)

(지진시) 말뚝머리 고정 : $\delta = H / (4EI\beta^3) = 0.350 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$
 말뚝머리 한지 : $\delta = H / (2EI\beta^3) = 0.000 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

④ 응력검토 ($f_a = 140 \times 1.5 = 210 \text{ Mpa}$)

(지진시) $f = V/A + M^*y/I = 99 \text{ Mpa} \therefore \text{O.K}$

12. 지지길이평가



12.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1485.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX} [123.47 , 314.98]$
 $= 314.98 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 314.98 \text{ mm}$

$L = 50.00 \text{ m}$ (연속경간장)

$H = 4.727 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

$\theta = 0^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1485}{315} = 4.710 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$

6. 시설물관리대장 사본

6.1 연호고가교

시설물관리대장(교량)

시 설 물 번 호	BR2003-0000494
관 리 번 호	동부교량-1
시 설 물 명	연호고가교
내 용	
1. 기본현황	
2. 상세제원	
3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력	
4. 보수·보강 이력	
5. 첨부: 1) 전경사진 2) 설계도서 목록 3) 기타 관리주체에서 유지관리에 필요한 자료	

관리주체 : 대구동부순환도로(주)

소유자 : 대구광역시 전화번호 : 053-791-6080

보관자 : _____

1. 기본현황

시설물번호		관리번호	시설물명		노선		시설물분류			
					구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상
BR2003-0000494		동부교량-1	연호고가교		특별, 광역 시도	(범안로)	최대경간장 50M이 상의 교량(한 경 간 교량 제외)	1종	교량	무
주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체	관리주체구분			소유자	소유자구분	
대구광역시	수성구	연호동	대구동부순환도로 (주)	공공		민간	대구광역시	공공		민간
				중앙부처	지자체	(국가/지방) 공기업		중앙부처	지자체	(국가/지방) 공기업
사업계획 승인일		준공 (사용승인)일	하자담보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력	4. 보수·보강 이력	환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)		5. 첨부자료 목록	
		2002년 08월 24일	2012년 08월 24일	유	유	유			정면(연호).jpg 측면(연호).jpg	
설계기간			설계자		공사기간		시공자		총공사비(백만원)	
1997-11-01 ~ 1998-09-19			(주)도화종합기술공사		1997-10-22 ~ 2002-08-24		코오롱건설(주)		16,521	
내진정보	내진설계 대상 유무		내진설계 적용 유무		적용내진설계기준		내진성능평가 실시 유무		내진보강 유무	
	불명		적용				불명		불명	
영21조대상	감리기간		감리자(책임감리원)		사업주체(발주자)		공사명		공사감독·공사관리관	
아니오	1997-10-22 ~ 2002-08-24		(주)도화종합기술공사(이노 발)		대구동부순환도로(주)		4차순환도로(범물~안심간)건설공 사		이종언, 구본용	
기타 기본현황										
작성일		작성자			최종 수정일			최종 수정자		
2003년 02월 11일		대구동부순환도로(주) (인)			2003년 03월 15일			김병욱		
비고										

2. 상세제원

시설물명		교량 시점위치(읍면동리까지 기입)			교량 종점위치(읍면동리까지 기입)			설계활하중	허용통행하중
연호고가교		대구광역시 수성구 연호동			대구광역시 수성구 연호동			DB-24/DL-24	43.2 ton
연장			폭(m)			차로수			내진 설계적용여부
길이(m)	경간수	최대	보도	차도	계	상행	하행	계	
410	8	60	0	28.9	28.9	3	3	6	적용
상부구조	경간구성		3@50 + 60 + 4@50 = 410						
	구분	경간형식		받침종류		신축이음종류		하부통과 제한높이(m)	
	대표	강박스거더교(STB)		납면진받침(L.R.B)		A1:Finger Joing, A2:저소음굴절형 Joint		6	
	기타								
하부구조	구분	교각			교대		교차노선 (또는 교차하천)	교차하천 최고수심(m)	
		형식	기초형식		형식	기초형식			
	대표	다주식 라멘형		역T형		말뚝기초	(달구벌대로)		
	기타								
하천해상교량 해당여부		비해당		부착시설내용					
기타 상세제원									

전경사진



정·측면,기타사진





7. 현황조사 및 외관조사 사진첩

7.1 연호고가교

연호고가교

< 사진목록 >

1. 교량전경

2. 부재별전경

3. 현장 조사사진 및 손상사진

- 1) 조사사진
- 2) 바닥판
- 3) 거더 및 가로보
- 4) 교대 및 교각
- 5) 받침장치
- 6) 신축이음
- 7) 포장
- 8) 배수시설
- 9) 방호벽 및 중앙분리대
- 10) 램프구간 포장
- 11) 햄프구간 난간 및 연석

1. 교량전경



위 치

교량 설명판 전경



위 치

상 면



위 치

측 면



위 치

하부 현황

2. 부재별 전경

			
위 치	바닥판	위 치	거더
			
위 치	가로보	위 치	교각
			
위 치	교대A1	위 치	교대A2

			
위 치	받침(이동단)	위 치	받침(이동단)
			
위 치	EXP.J1 (A1)	위 치	EXP.J2(A2)
			
위 치	포장(안심방향)	위 치	포장(범물방향)

			
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 : 고소차를 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



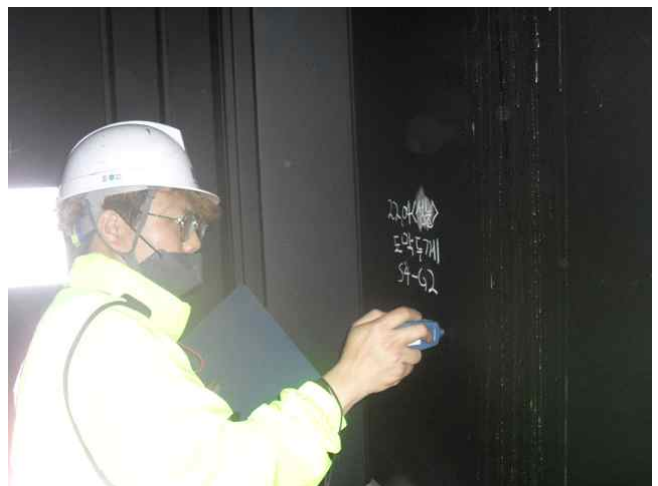
- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 탄산화 깊이 측정



- 부 재 : 바닥판하면
- 손 상 : 탄산화 깊이 측정



- 부 재 : 교각
- 손 상 : 초음파전달 속도시험



- 부 재 : 거더내부
- 손 상 : 도막 두께 측정

2) 바닥판



- 부 재 : S3
- 손 상 : 종조인트부 누수



- 부 재 : S3(범물방향)
- 손 상 : 백태



- 부 재 : S4(범물방향)
- 손 상 : 백태



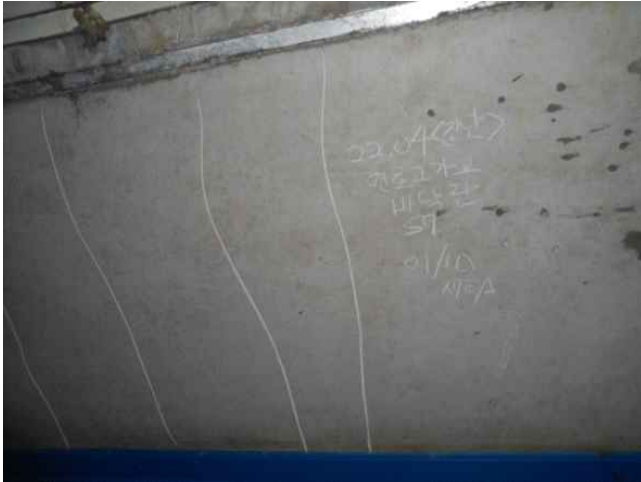
- 부 재 : S7(범물방향)
- 손 상 : 균열(Cw=0.1mm)



- 부 재 : S2(안심방향)
- 손 상 : 백태



- 부 재 : S2(안심방향)
- 손 상 : 백태



■ 부 재 : S7(안심방향)

■ 손 상 : 균열(Cw=0.1mm)

■ 부 재 : 바닥판하면

■ 손 상 : 데크플레이트부 상태양호

3) 거더 및 가로보



■ 부 재 : 거더외부 S4-G1(안심방향)

■ 손 상 : 도장박리



■ 부 재 : 거더외부 S5-G3(안심방향)

■ 손 상 : 도장박리



■ 부 재 : 거더외부 S4-G1(안심방향)

■ 손 상 : 도장박리



■ 부 재 : 거더외부 S8-G1(안심방향)

■ 손 상 : 도장박리

‘21년 정밀



금회 진단



■ 부 재 : 거더외부 S2-G3(안심방향)

■ 손 상 : 도장박리 보수실시



■ 부 재 : 거더내부 S1-G2(범물방향)

■ 손 상 : 도장박락



■ 부 재 : 거더내부 S3-G3(범물방향)

■ 손 상 : SP 볼트부식



■ 부 재 : 거더내부 S3-G3(범물방향)

■ 손 상 : 도장들뜸



■ 부 재 : 거더내부 S5-G3(범물방향)

■ 손 상 : 표면오염



■ 부 재 : 거더내부 S4-G2(범물방향)

■ 손 상 : 기공(PIN홀)



■ 부 재 : 거더내부 S1-G2(범물방향)

■ 손 상 : 점검등 덮개탈락



■ 부 재 : 거더내부 S7-G1(안심방향)

■ 손 상 : 기보수부 상태양호



■ 부 재 : 거더내부 S3-G3(안심방향)

■ 손 상 : 실링부 상태양호



■ 부 재 : 가로보 S4-G2~3

■ 손 상 : 이물질퇴적(조류서식)



■ 부 재 : 가로보

■ 손 상 : 상태양호

4) 교대 및 교각

'21년 정밀 	금회 진단 
■ 부 재 : A1 ■ 손 상 : 홍벽 파손	
	
■ 부 재 : A1 ■ 손 상 : 홍벽 균열(Cw=0.2mm)	■ 부 재 : A2 ■ 손 상 : 홍벽 백태
	
■ 부 재 : A2 ■ 손 상 : 홍벽 파손	■ 부 재 : P1 ■ 손 상 : 코핑 균열(Cw=0.2mm)



- 부 재 : P1
- 손 상 : 코핑 표면오염(녹물)



- 부 재 : P1
- 손 상 : 코핑 백태



- 부 재 : P3
- 손 상 : 기둥 망상균열



- 부 재 : P6
- 손 상 : 코핑 균열($C_w=0.2\text{mm}$)



- 부 재 : P6
- 손 상 : 기둥 파손 보수실시



5) 받침장치



- 부 재 : A2-Sh10
- 손 상 : 받침콘크리트 균열($Cw=0.1mm$)



- 부 재 : P2-Sh5
- 손 상 : 상부플레이트 도장박리



- 부 재 : P2-Sh9
- 손 상 : 하부플레이트 도장박리



- 부 재 : P5-Sh4
- 손 상 : 받침콘크리트 균열($Cw=0.2mm$)



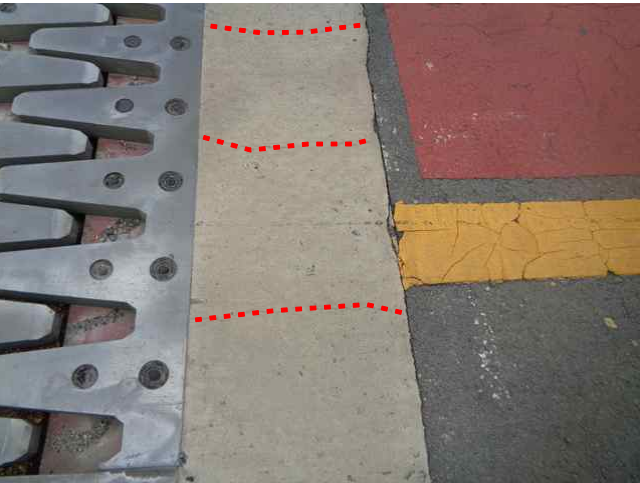
- 부 재 : A2-Sh8
- 손 상 : 받침콘크리트 균열 보수 실시



- 부 재 : P5-Sh2
- 손 상 : 받침콘크리트 균열 보수 실시

'21년 정밀 	금회 진단 
■ 부 재 : P3-Sh8 ■ 손 상 : 받침콘크리트 균열(Cw=0.2mm)	

6) 신축이음

	
■ 부 재 : A1(범물방향) ■ 손 상 : 후타재 균열(Cw=0.2mm)	■ 부 재 : A2(범물방향) ■ 손 상 : 접속부 포장균열, 이격
	
■ 부 재 : A2(안심방향) ■ 손 상 : 하부 흡음재 탈락	■ 부 재 : A2(안심방향) ■ 손 상 : 후타재 파손



- 부 재 : A1(안심방향)
- 손 상 : 차수판 보수 실시



- 부 재 : A2(범물방향)
- 손 상 : 차수판 보수 실시

7) 포장



- 부 재 : (안심방향)
- 손 상 : 상태양호



- 부 재 : (범물방향)
- 손 상 : 상태양호

8) 배수시설

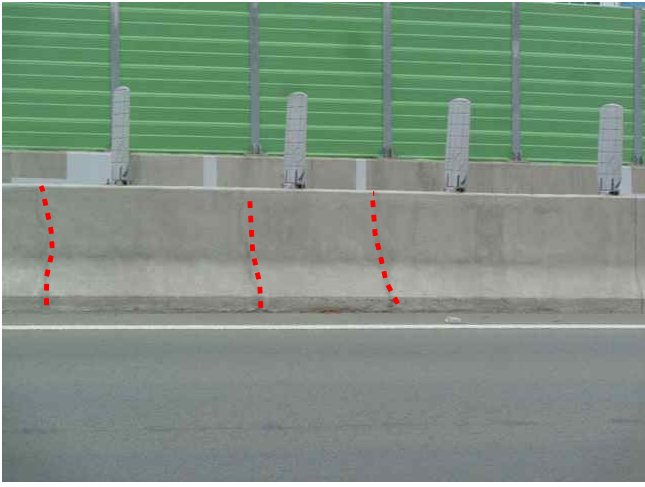


- 부 재 : (범물방향)
- 손 상 : 배수구 상태양호



- 부 재 : (안심방향)
- 손 상 : 배수구 상태양호

9) 방호벽 및 중앙분리대

	
■ 부 재 : S5 방호벽(범물방향)	■ 부 재 : S7 방호벽(범물방향)
■ 손 상 : 균열(Cw=0.2mm)	■ 손 상 : 균열(Cw=0.2mm)
	
■ 부 재 : S3 방호벽(안심방향)	■ 부 재 : S8 중분대(안심방향)
■ 손 상 : 균열(Cw=0.2mm)	■ 손 상 : 균열(Cw=0.2mm)
	
■ 부 재 : S8 방호벽(범물방향)	■ 부 재 : S1 중분대(범물방향)
■ 손 상 : 균열 보수 실시	■ 손 상 : 파손 보수 실시

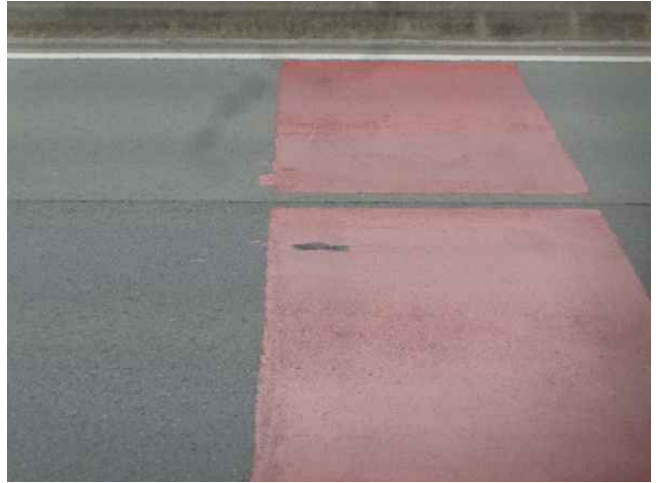


- 부 재 : S8 방호벽(안심방향)
- 손 상 : 델리네이터 보수 실시

10) 램프구간 포장



- 부 재 : 시점부(안심방향)
- 손 상 : 아스콘 균열



- 부 재 : 시점부(범물방향)
- 손 상 : 아스콘 파손



- 부 재 : 시점부(범물방향)
- 손 상 : 포트홀



- 부 재 : 종점부(범물방향)
- 손 상 : 아스콘 균열

11) 램프구간 난간 및 연석



- 부 재 : 종점부(안심방향)
- 손 상 : 균열($Cw=0.2mm$)



- 부 재 : 시점부(범물방향)
- 손 상 : 망상균열



- 부 재 : 종점부(범물방향)
- 손 상 : 균열($Cw=0.3mm$)



- 부 재 : 종점부(범물방향)
- 손 상 : 균열 보수 실시



- 부 재 : 시점부(안심방향)
- 손 상 : 기 보수부 상태양호



- 부 재 : 시점부(범물방향)
- 손 상 : 단차



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

연호고가교 정밀안전진단 및 내진성능평가
기술용역

과업수행계획서

2022. 03.



대구통부순환도로

(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 : 연호고가교 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
연호고가교	STB	410	21	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

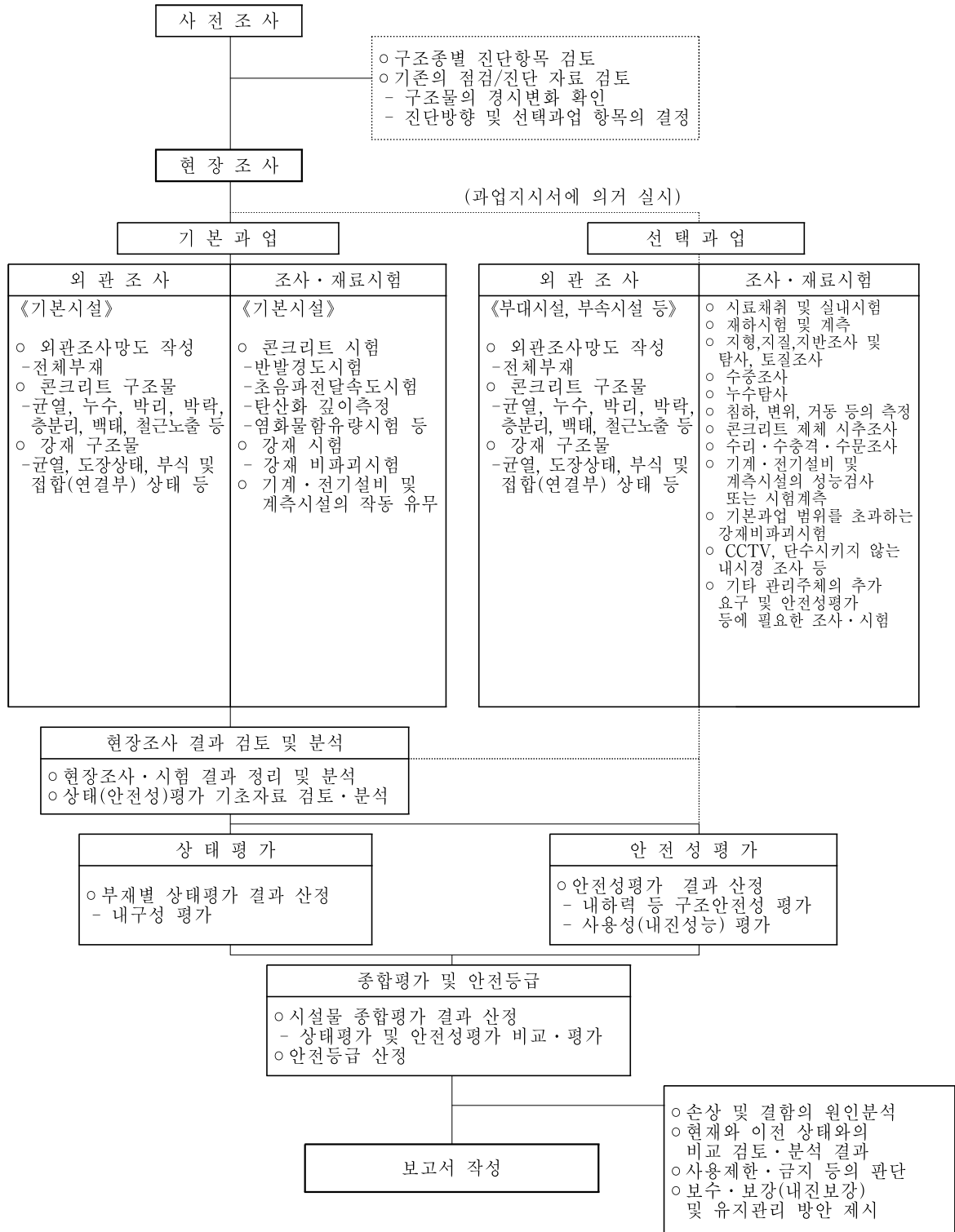
참여업무	참 여 기 술 자			비 고 (참여기간)
	참여업무내용	성 명	자 격 사 항	
과업총괄(PM)	사업책임기술자	정 지 운	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
참여 기술자	분야책임기술자	이 상 훈	콘크리트기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
	현장조사 및 보고서 작성	장 진 원	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		서 동 진	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		황 상 윤	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		양 주 윤	초급기술자	(2022.03~2022.12)
		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

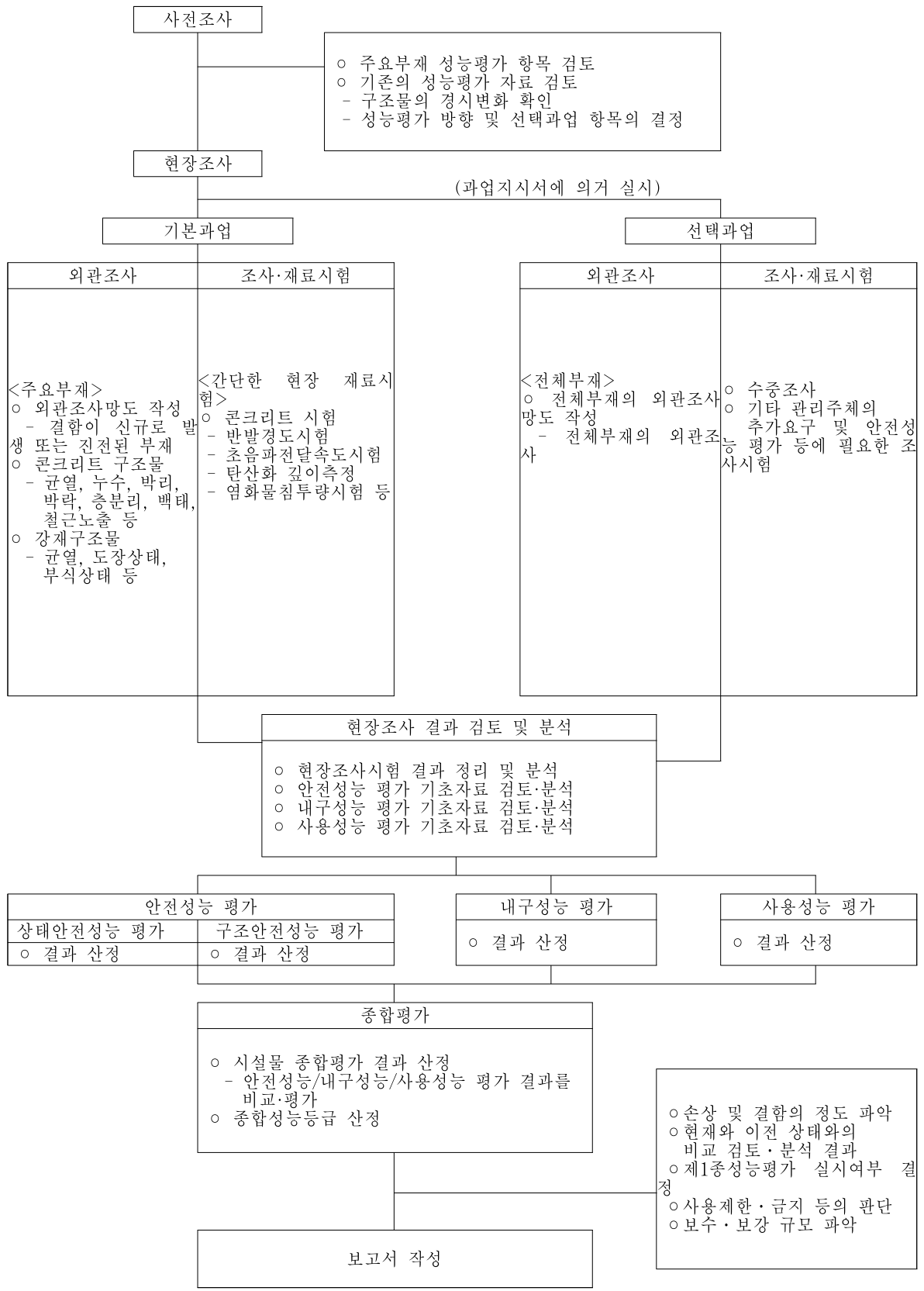
1. 과업수행 흐름도
2. 계획수립
3. 현장조사 및 시험
4. 재하시험
5. 내진성능평가
6. 조사결과 검토 및 분석
7. 상태평가
8. 안전성평가
9. 종합평가 및 안전등급 산정
10. 보수·보강 및 유지관리방안
11. 종합결론 및 건의
12. 보고서작성

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 관 부	교면포장(아스팔트, 콘크리트)		육 안
		배수시설(배수구, 배수관)		육 안
		방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석		육 안
		바닥판 (철근콘크리트)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육 안
		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)	육 안
			브레이싱, 가로보	육 안
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		
연호고가교 (행선별) 410m	상부	9개소	9개소	6~9개소	9개소	3개소 이상	-	16개 소		S1 = S.T.G
	하부	9개소	9개소		9개소			-		

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.

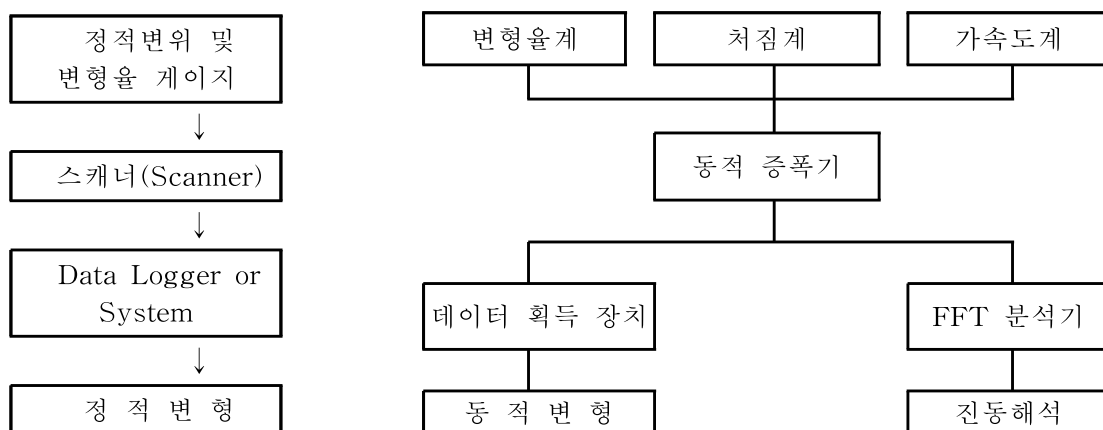
② 재하시험 흐름도

현장재하시험은 정적재하시험과 동적재하시험으로 대별된다.

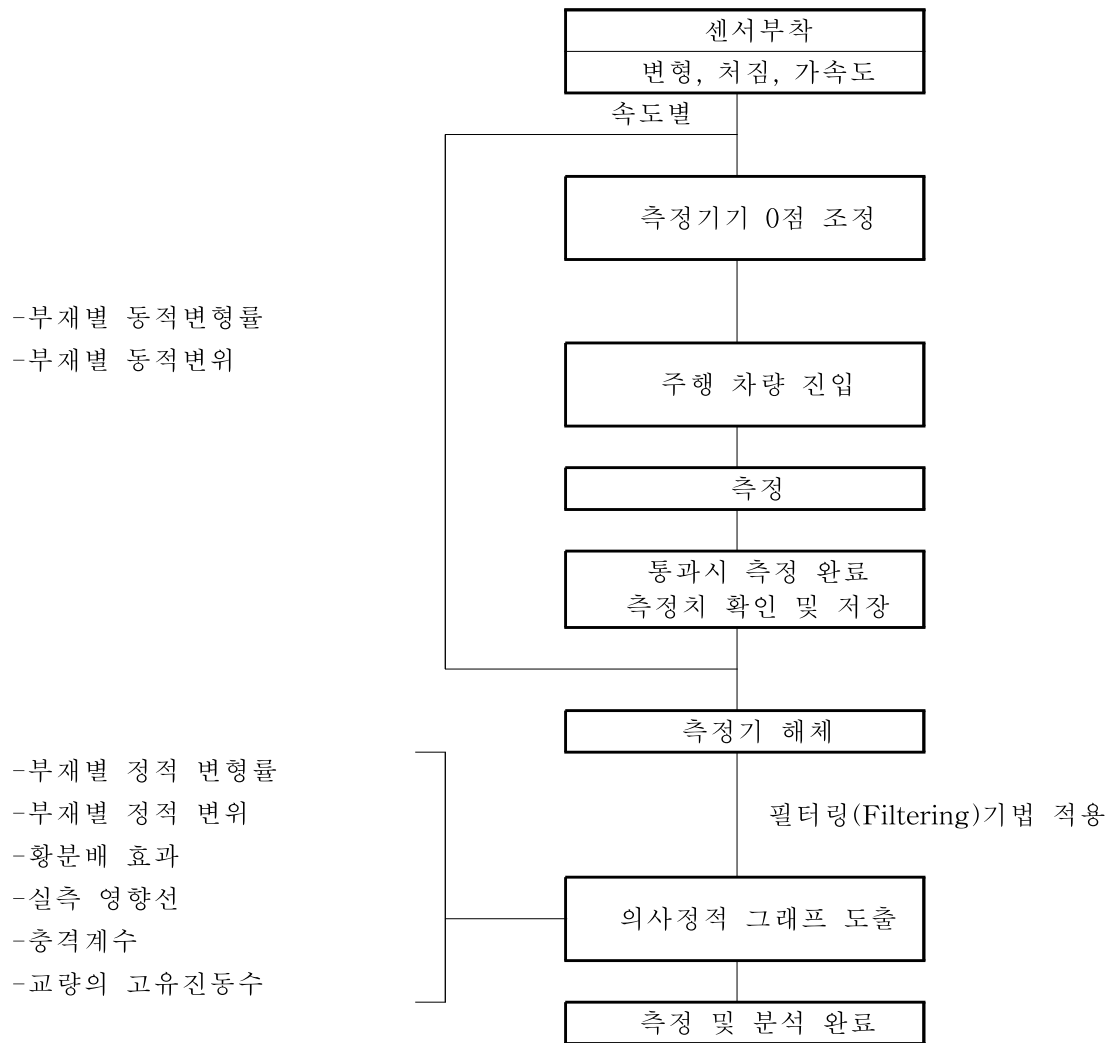
정적재하시험은 교량에 사하중만이 작용하는 상태에서 재하차량만으로 구조물의 거동을 평가하여 이론치와 비교평가하며, 동적재하시험 역시 사하중만 작용하는 상태에서 구조물의 고유진동수 및 구성재료의 역학적 특성 등에 따른 차량 속도별 거동을 측정하여 구조물의 내하력 및 안전성을 판단하는 기초자료로 활용한다.

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	
	안전	• 내하력 및 구조안전성능 평가	
	성능	• 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우는 세굴을 포함한 기초안전성을 평가	
수행 흐름도		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

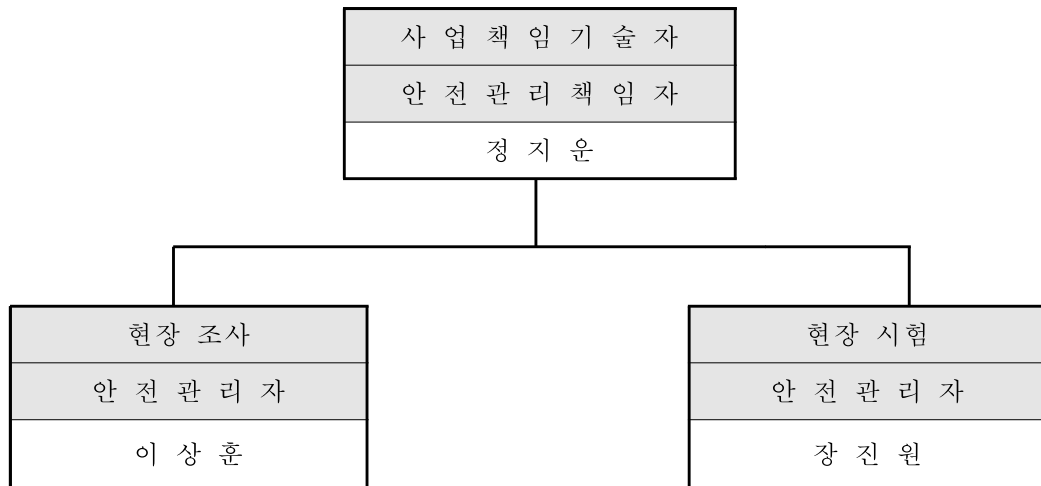
1. 일반 사항

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

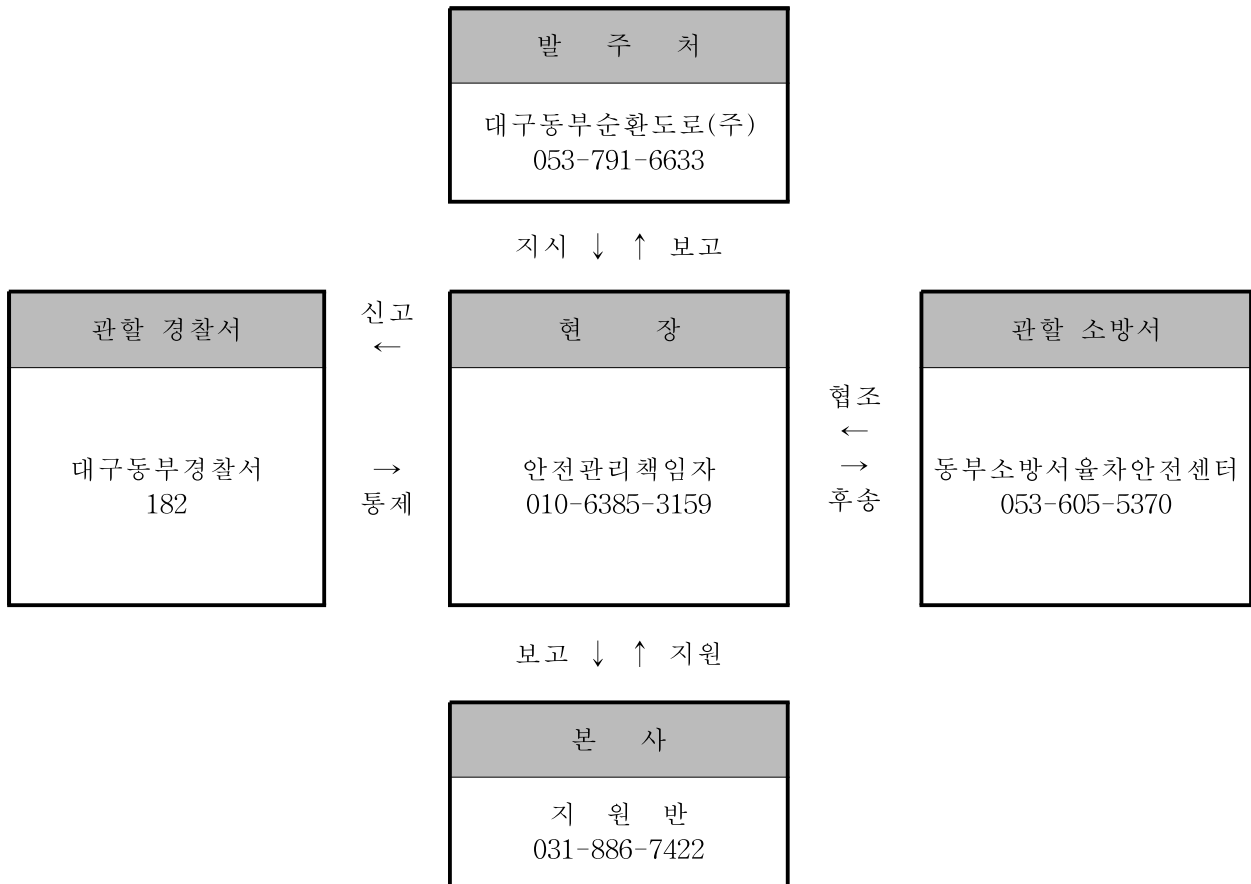
1) 보호구

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

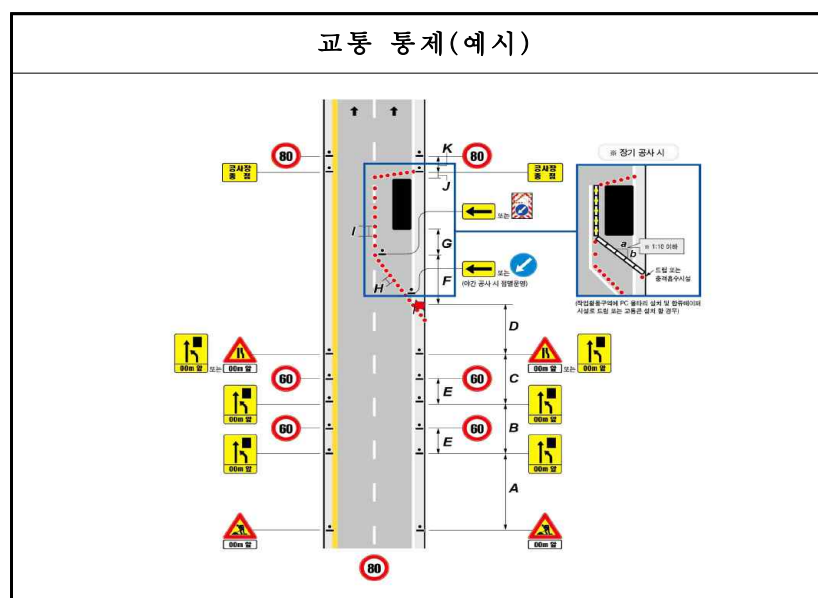
- 유도원은 안전장구 및 안전조끼를 착용하고 전자신호봉으로 차량을 유도한다.
- 점검자는 도로를 무단 횡단하여서는 안되며, 안전조끼를 착용한다.
- 안전요원은 정위치를 무단이탈 하여서는 안된다.
- 전 작업자는 안전장구를 착용한다.

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 : 연호고가교 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)	설 계하중	준공년도	비 고
연호고가교	STB	410	21	DB-24/ DL-24	2002년 8월	정밀안전진단 내진성능평가 성능평가

2) 과업의 범위(정밀안전진단)

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위
			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	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조 (Steel Box)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9	9	18	9	
초음파 전달속도시험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9	9	18	9	
철근탐사 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	9	9	18	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이상: 6~9개소 ¹⁾				6	5	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ²⁾				2	1	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수 량 결정				1	1	
강재용접부 초음파탐상시험	• 박스거더교 : 2개소/경간별 거더				96	-	맞대기 용접부
강재거더 도막두께측정	• 박스거더교				36	-	
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.