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

가천교 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 : 가천교 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	가천교	대구광역시 수성구 가천동	S.T.B GIR.	290m	28.9-52.0m	2002년 8월	1종

2) 정밀안전진단 대상시설물의 범위

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

2022. 03 . 11 ~ 2022. 12. 30 (성능평가)

3) 정밀안전진단 대상시설물의 범위

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

4) 과업기간

가. 본 용역의 과업기간은 **계약서에 명시된 기간**으로 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 항시 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 발생되는 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)		육 안
		(2)배수시설(배수구, 배수관)		육 안
		(3)방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석		육 안
		(4)바닥판 (철근콘크리트, 강바닥판)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육 안
		(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	중앙부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
			받침부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
		(8)프리스트레스트	중앙부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
			받침부 손상, 결함, 열화	해당사항 없음
		(9)강재	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	육 안
			열화(부식, 오염)	육 안
			브레이싱, 가로보	육 안
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, 발생된 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 발생된 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 내진성능평가

(2) 평가항목 및 절차 작성

(3) 철근콘크리트 구조 내진성능평가

(4) 철골구조 내진성능평가

(5) 비보강 조적조 내진성능평가 예비평가 공통항목 중 피어, 벽체 전단강도, 스팬드럴 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 발생된 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, 발생된 결함의 종류 및 정도, 시설물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의하여 필요한 보수, 보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

③ 보수의 필요성은 발생된 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

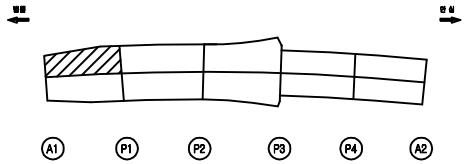
이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다.

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

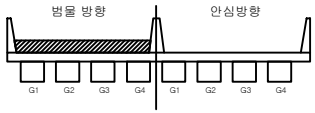
2. 외관조사망도

2.1 가천교

KEY PLAN



SECTION

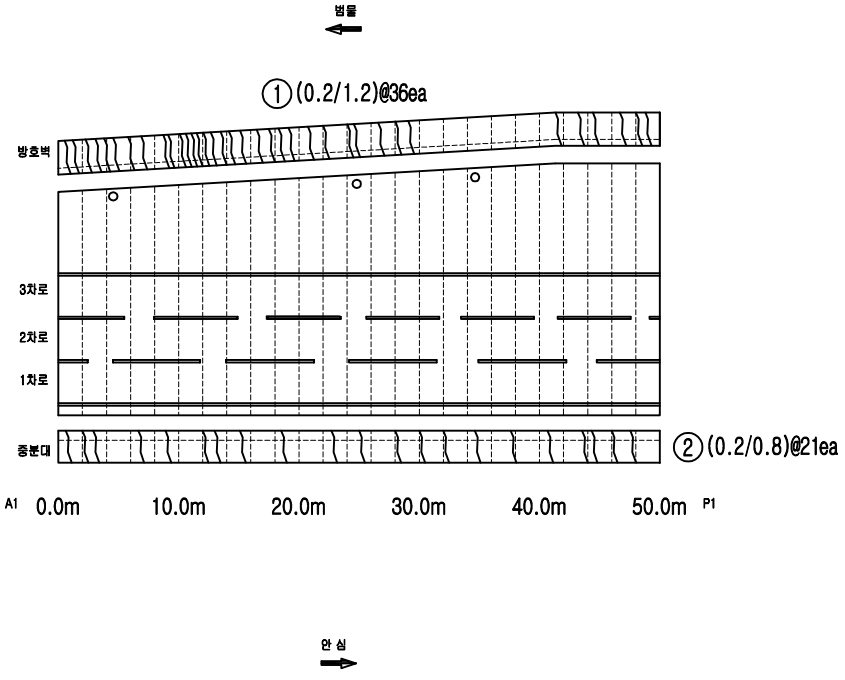


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	36	m	43.2	주의관찰
2	중분대	균열	0.2	0.8	21	m	16.8	주의관찰
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

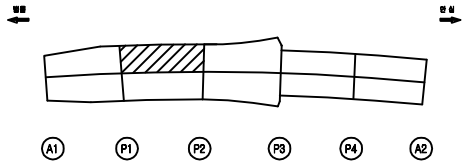


손상범례

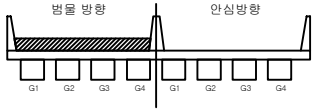
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 교면포장	NO	001

KEY PLAN



SECTION

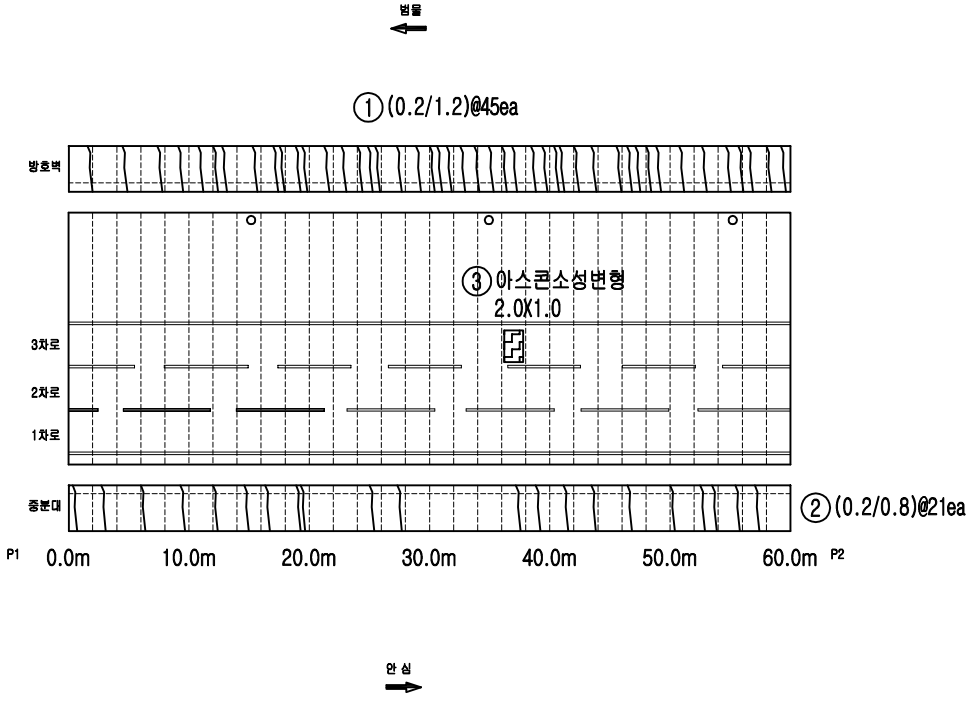


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	45	m	54.0	주의관찰
2	중분대	균열	0.2	0.8	21	m	16.8	주의관찰
3	포장부	아스콘소성변형	2.0	1.0	1	㎡	2.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

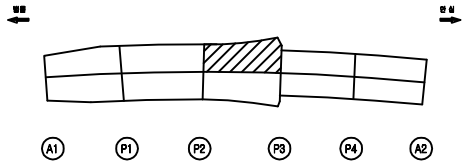


손상범례

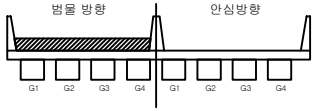
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 교면포장	NO	002

KEY PLAN



SECTION

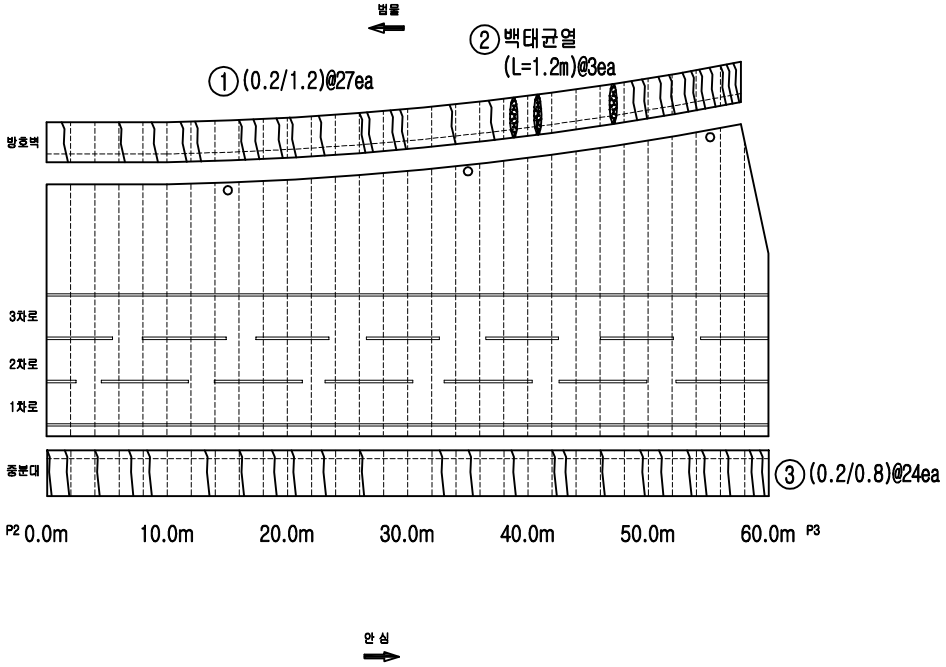


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	27	m	32.4	주의관찰
2	방호벽	백태균열	-	1.2	3	m	3.6	표면처리
3	중분대	균열	0.2	0.8	24	m	19.2	주의관찰
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								

가천교

범물방향

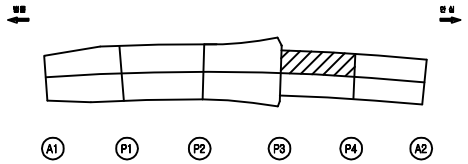


손상범례

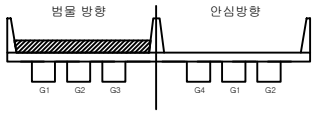
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 교면포장	NO	003

KEY PLAN



SECTION

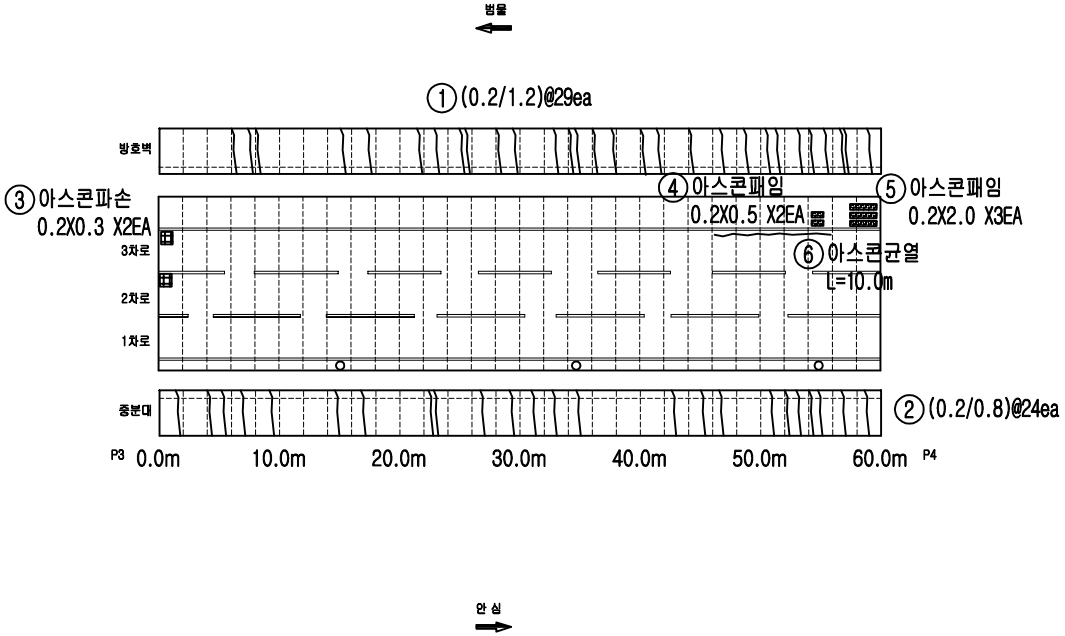


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	29	m	34.8	주의관찰
2	중분대	균열	0.2	0.8	24	m	19.2	주의관찰
3	포장부	아스콘파손	0.2	0.3	2	㎡	0.12	신규
4	포장부	아스콘패임	0.2	0.5	2	㎡	0.2	신규
5	포장부	아스콘패임	0.2	2.0	3	㎡	1.2	신규
6	포장부	아스콘균열	-	10.0	1	m	10.0	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

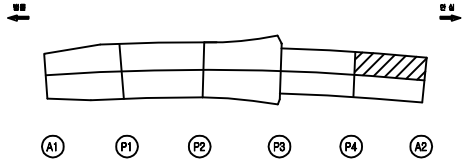


손상범례

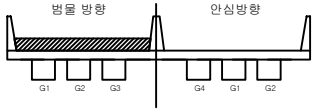
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 교면포장	NO	004

KEY PLAN



SECTION

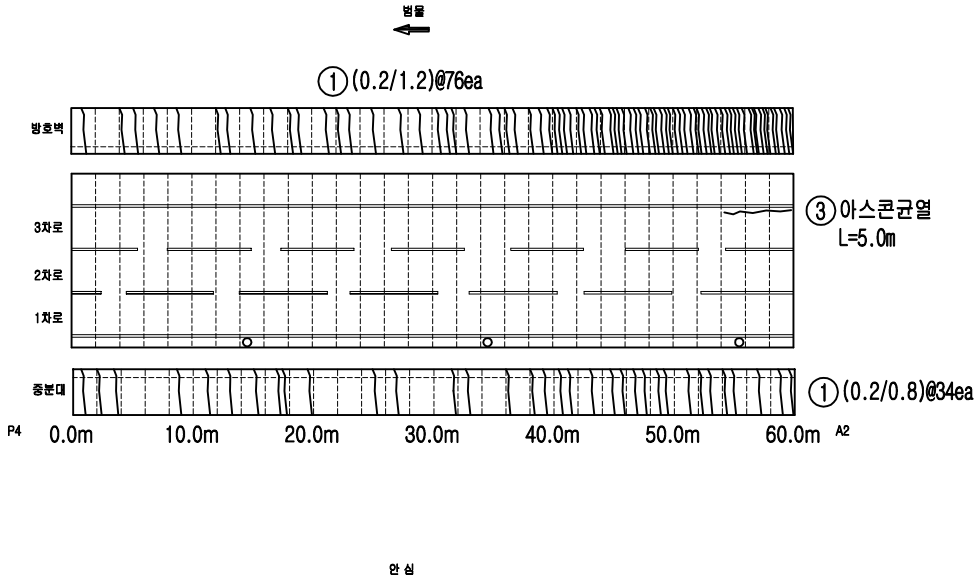


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	방호벽	균열	0.2	1.2	76	m	91.2	주의관찰
2	중분대	균열	0.2	0.8	34	m	27.2	주의관찰
3	포장부	아스콘균열	-	5.0	1	m	5.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

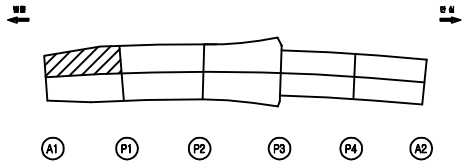


손상범례

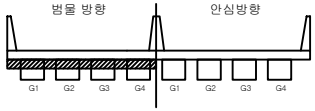
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 교면포장	NO	005

KEY PLAN



SECTION

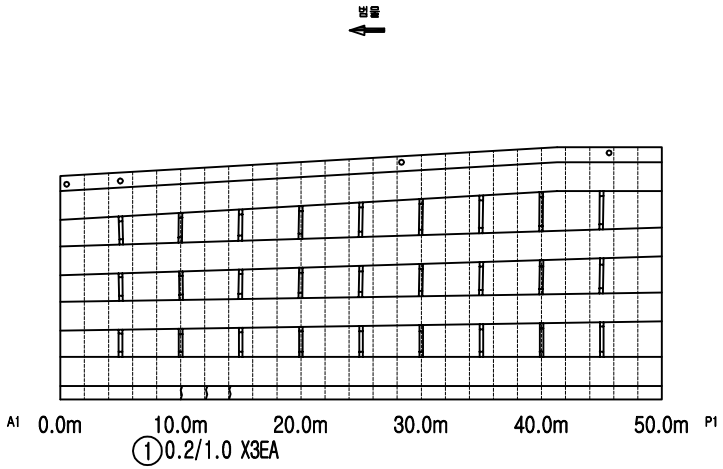


손상물량표

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

가천교

범물방향

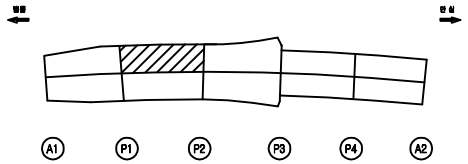


손상범례

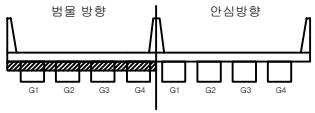
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 바닥판하면	NO	006

KEY PLAN



SECTION

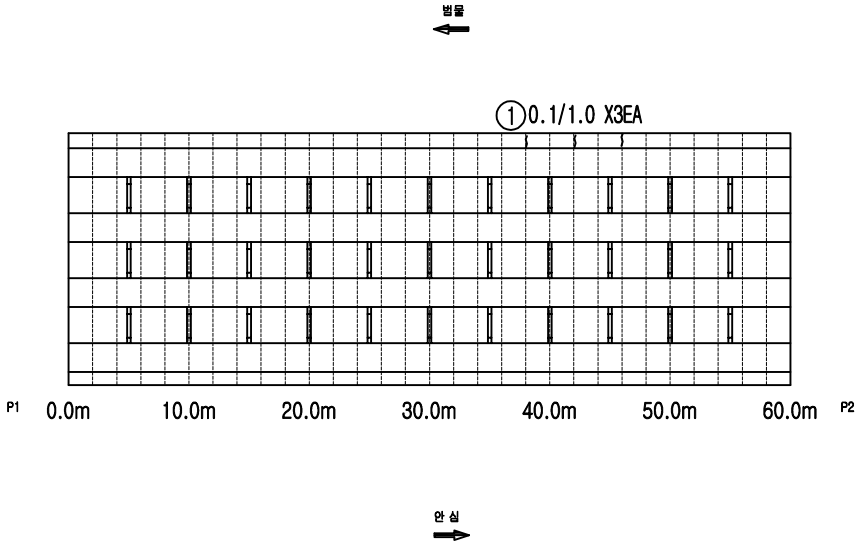


손상물량표

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

가천교

범물방향

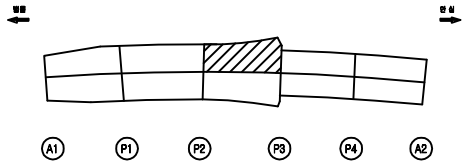


손상범례

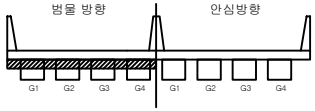
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 바닥판하면	NO	007

KEY PLAN



SECTION

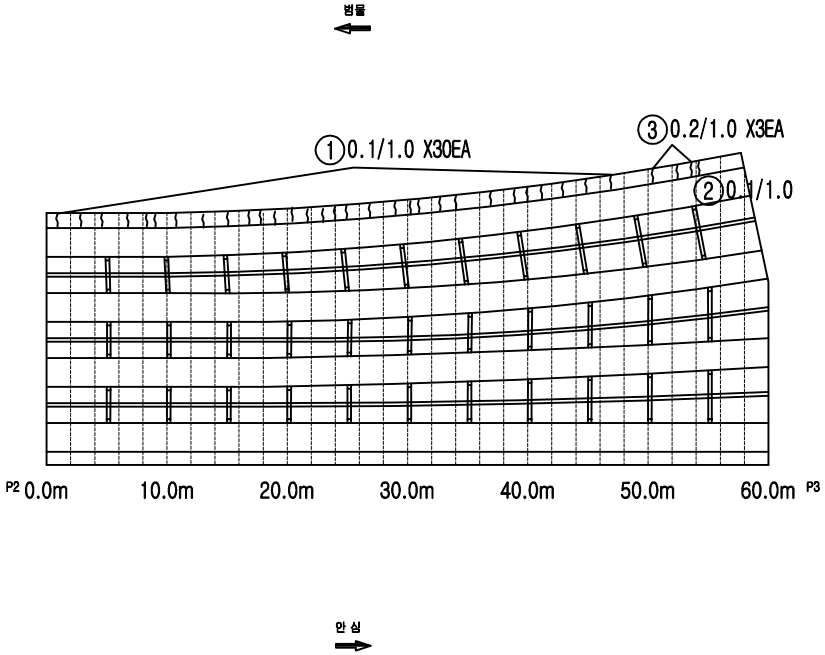


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판하면	균열	0.1	1.0	30	m	30.0	신규
2	바닥판하면	균열	0.1	1.0	1	m	1.0	신규
3	바닥판하면	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

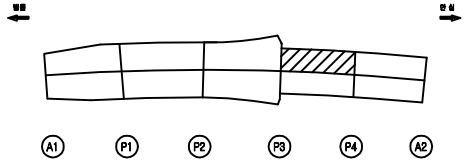


손상범례

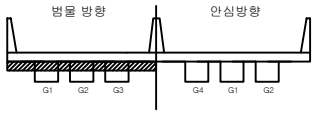
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 바닥판하면	NO	008

KEY PLAN



SECTION

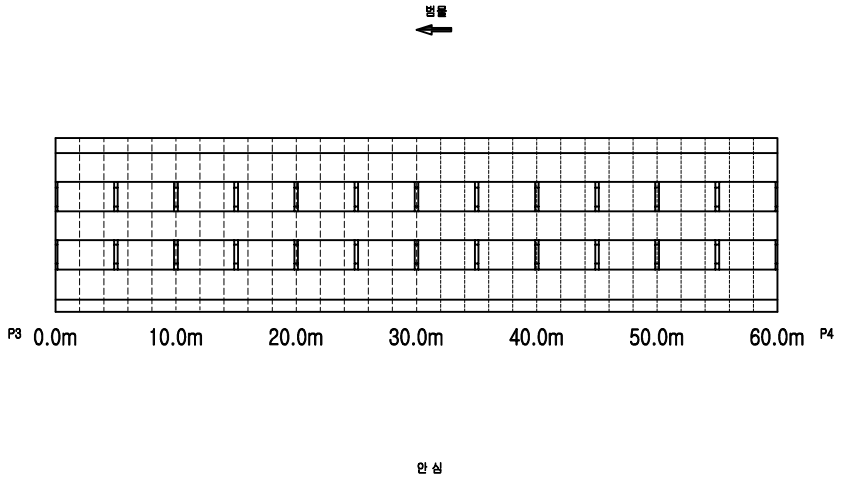


손상물량표

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

가천교

범물방향

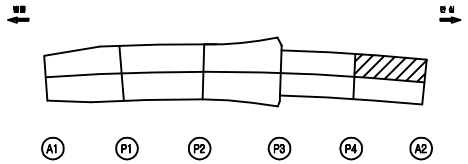


손상범례

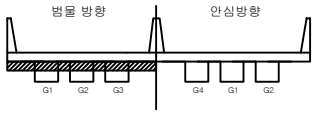
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 걸로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 바닥판하면	NO	009

KEY PLAN



SECTION

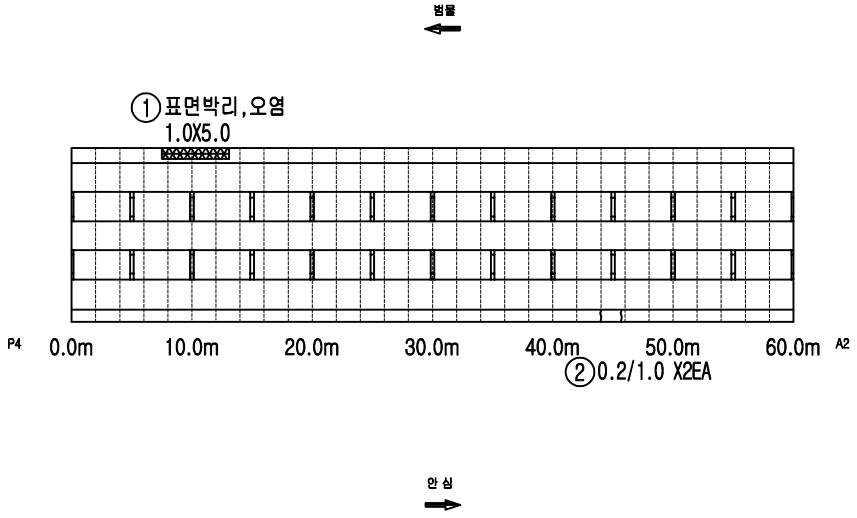


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판하면	표면박리,오염	1.0	5.0	1	㎡	5.0	주의관찰
2	바닥판하면	균열	0.2	1.0	2	m	2.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

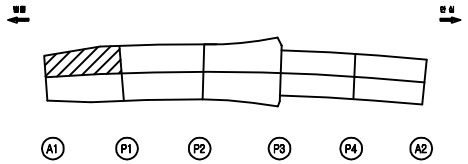


손상범례

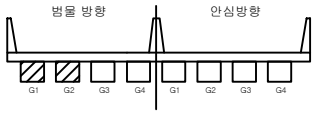
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 바닥판하면	NO	010

KEY PLAN



SECTION

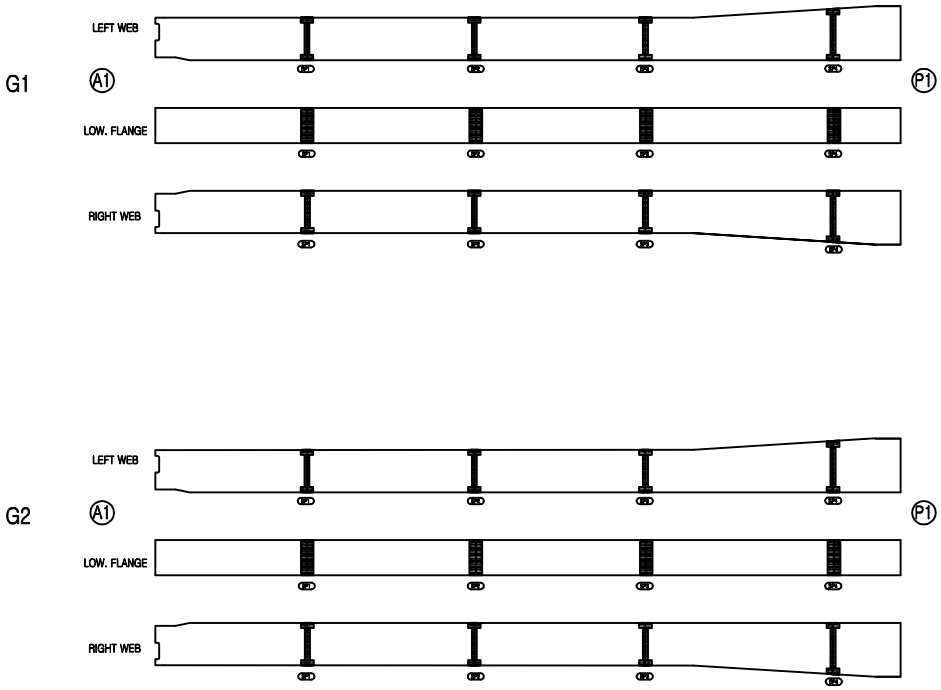


손상물량표

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

가천교

범물방향

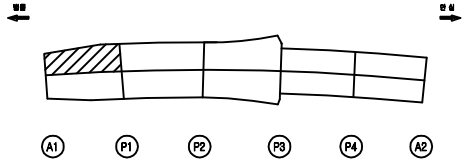


손상범례

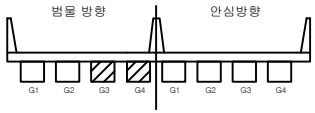
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형외부(G1,G2)	NO	011

KEY PLAN



SECTION

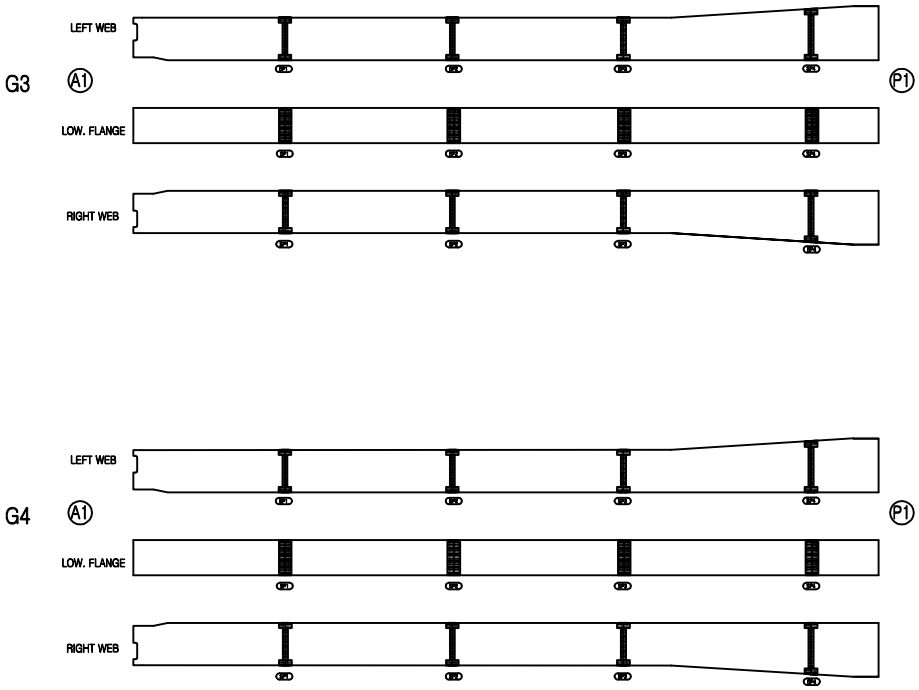


손상물량표

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

가천교

범물방향

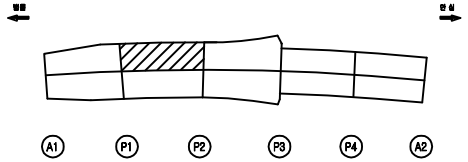


손상범례

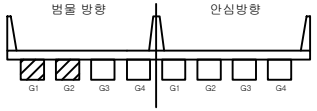
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형외부(G3,G4)	NO	012

KEY PLAN



SECTION

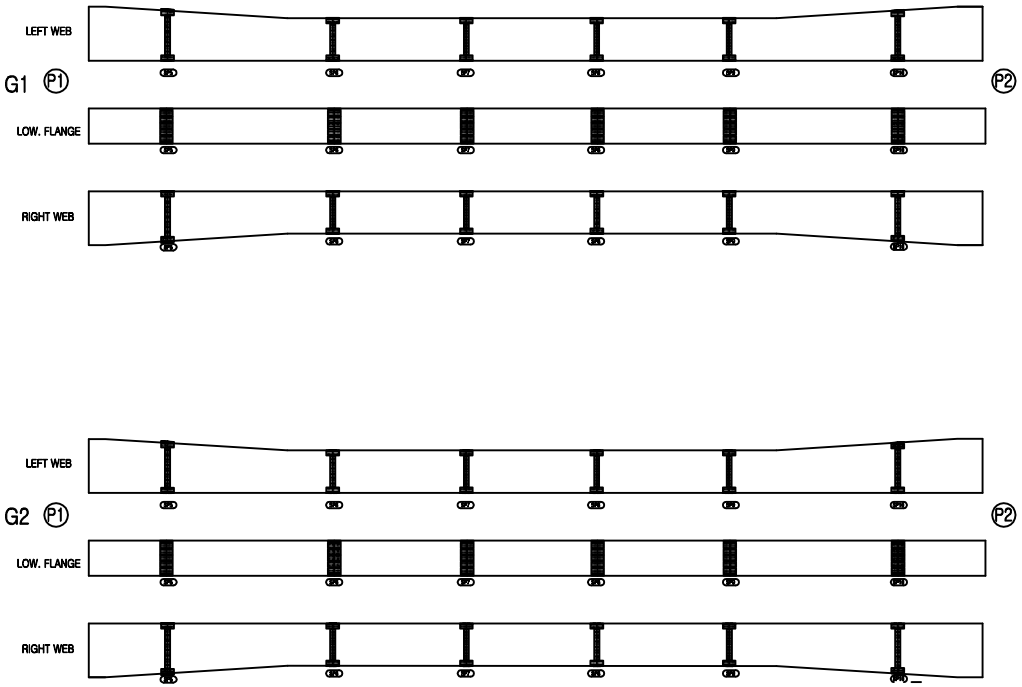


손상물량표

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

가천교

범물방향

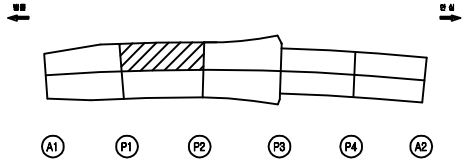


손상범례

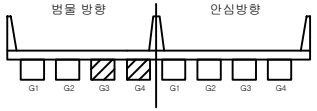
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형외부(G1,G2)	NO	013

KEY PLAN



SECTION

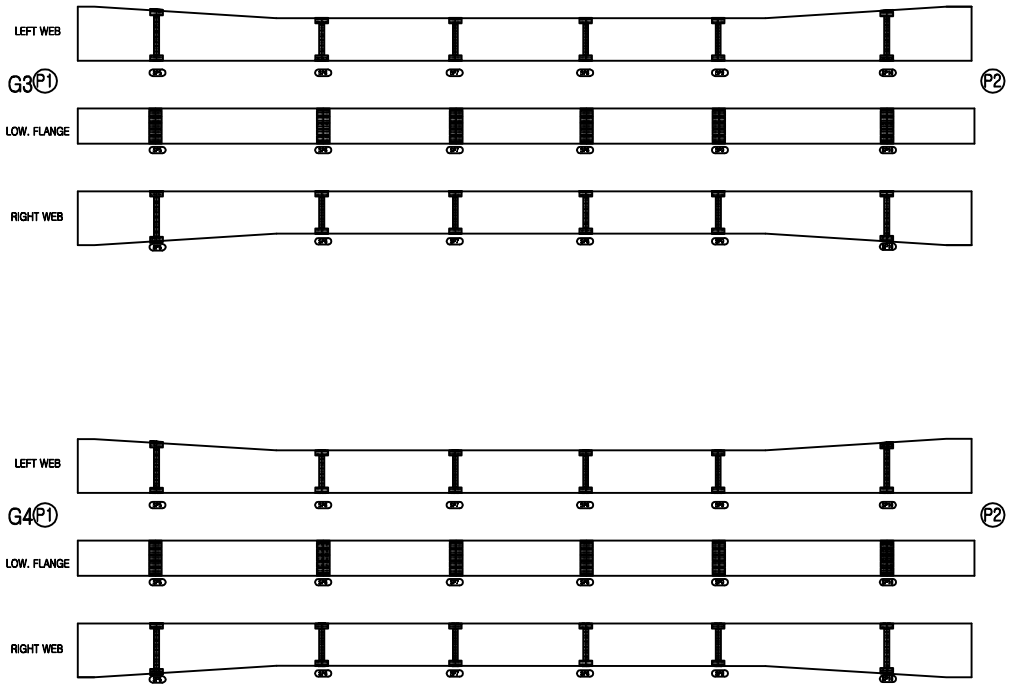


손상물량표

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

가천교

범물방향

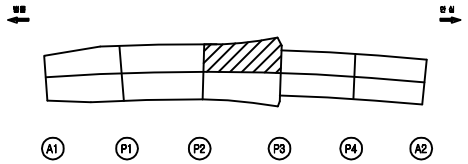


손상범례

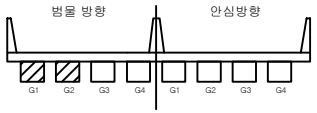
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형외부(G3,G4)	NO	014

KEY PLAN



SECTION

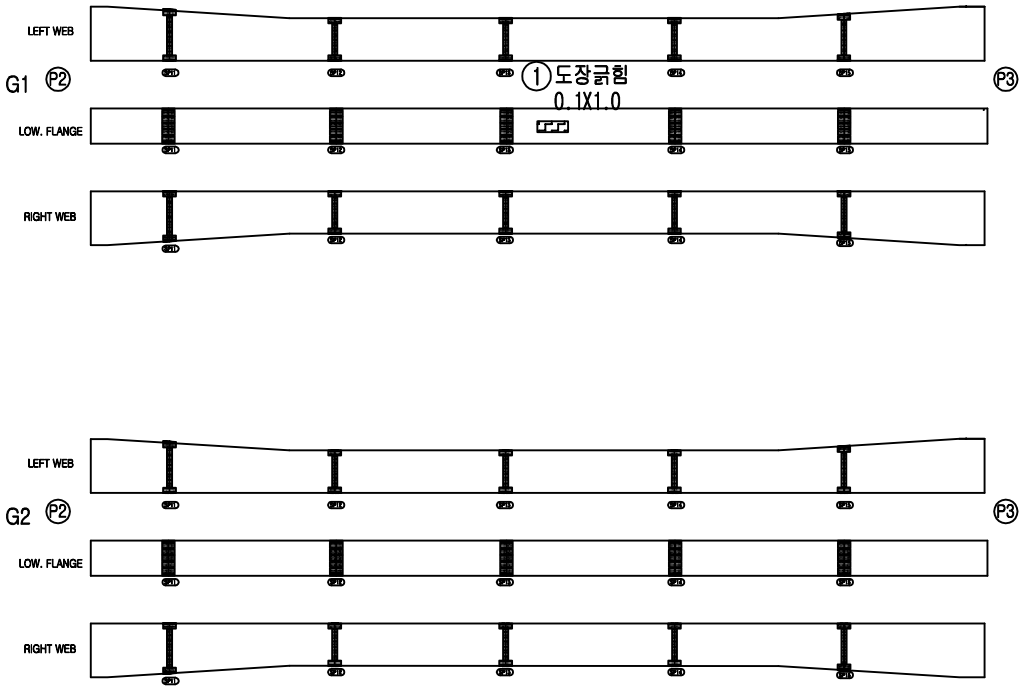


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더외부	도장균열	0.1	1.0	1	㎡	0.1	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								

가천교

범물방향

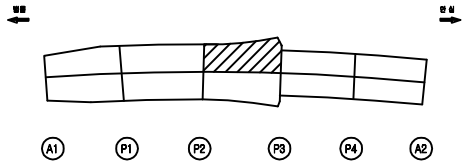


손상범례

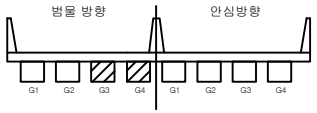
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형외부(G1,G2)	NO	015

KEY PLAN



SECTION

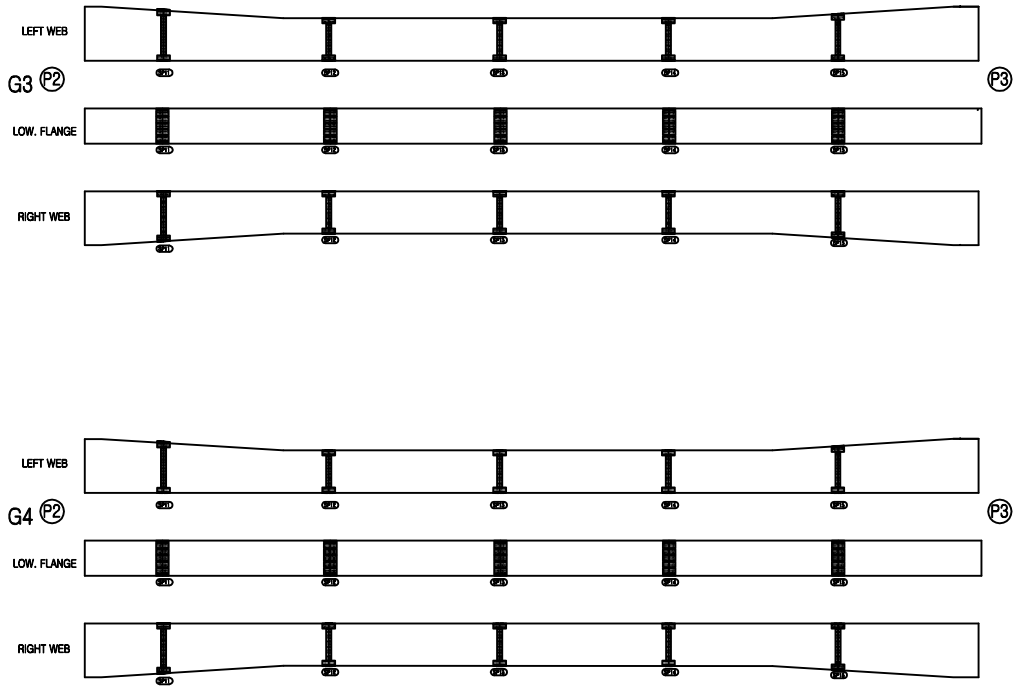


손상물량표

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

가천교

범물방향

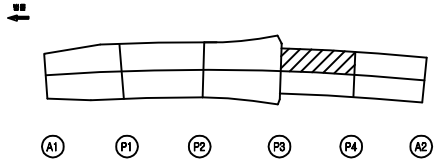


손상범례

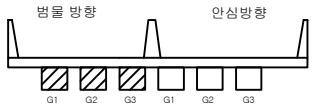
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형외부(G3,G4)	NO	016

KEY PLAN



SECTION

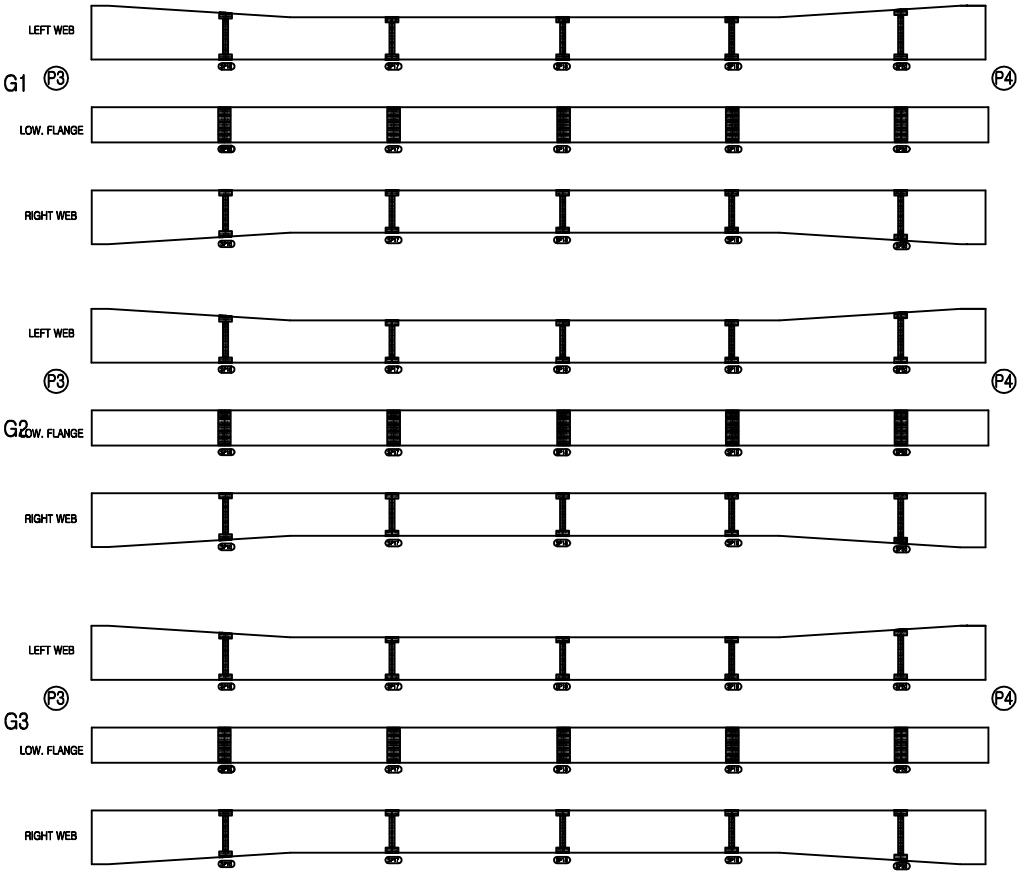


손상물량표

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

가천교

범물방향

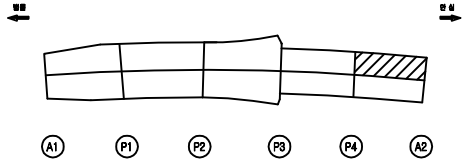


손상범례

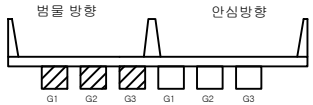
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 주형외부(G1~G3)	NO	017

KEY PLAN



SECTION

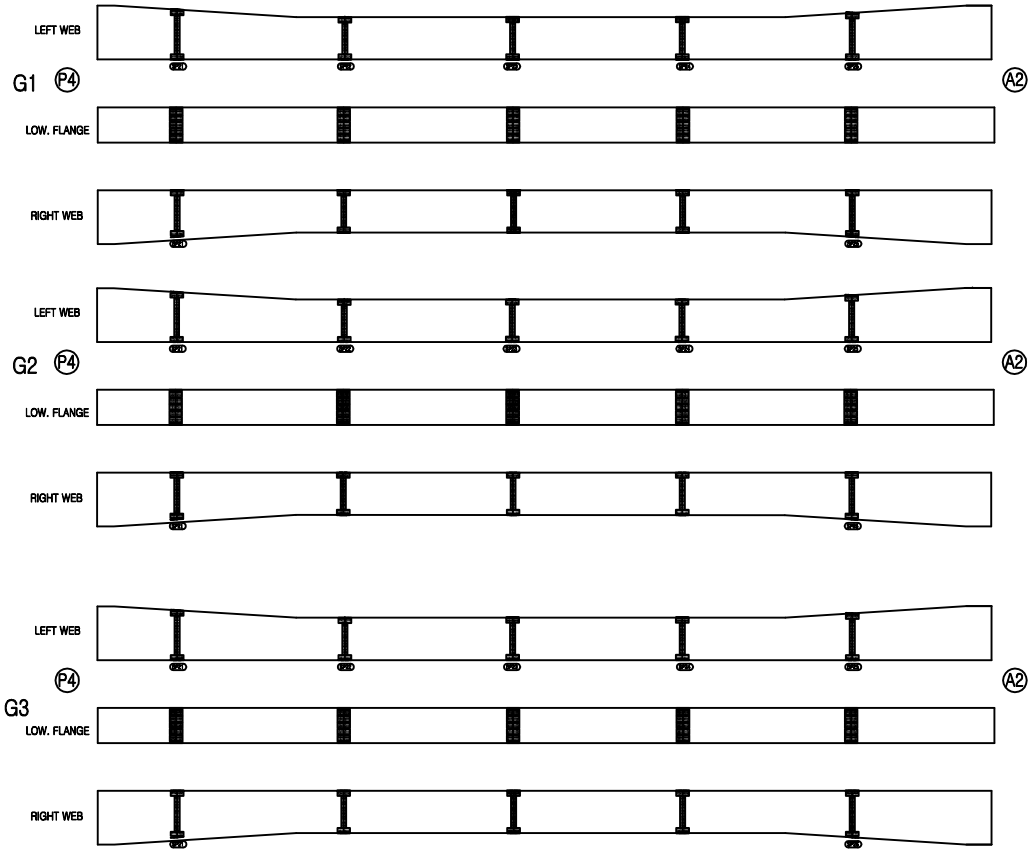


손상물량표

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

가천교

범물방향

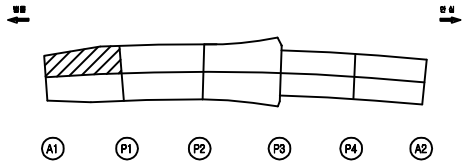


손상범례

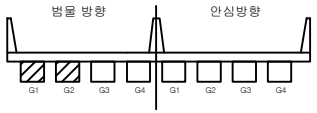
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 주형외부(G1~G3)	NO	018

KEY PLAN



SECTION

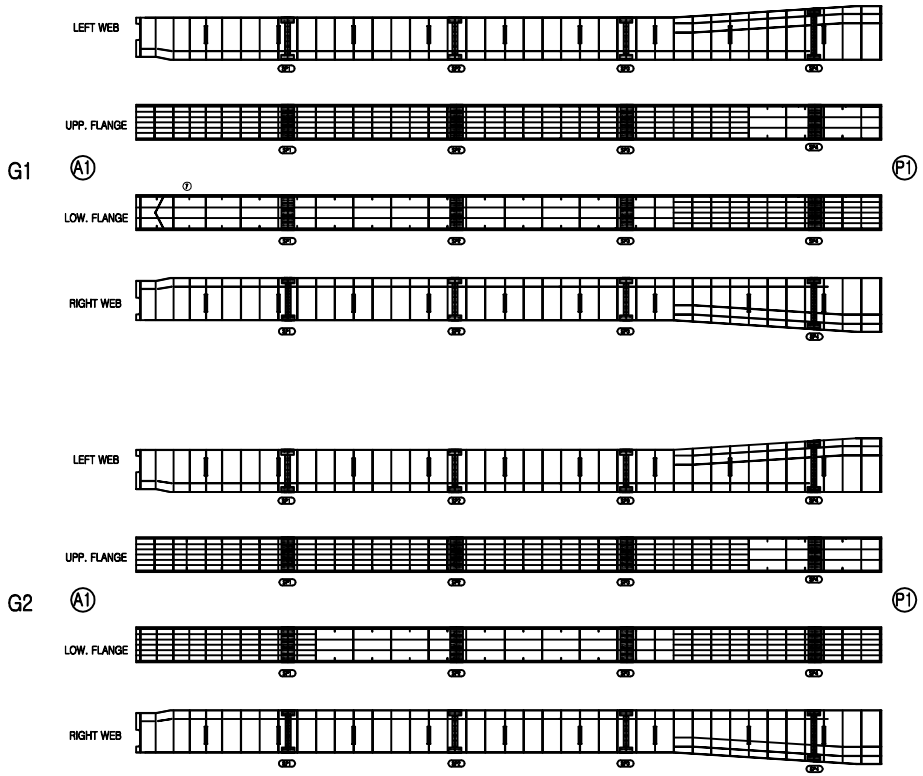


손상물량표

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

가천교

범물방향

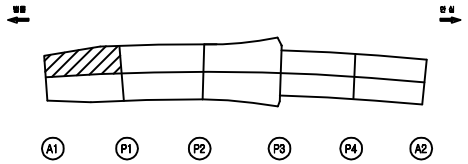


손상범례

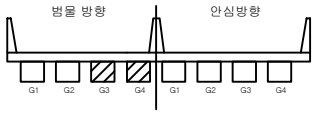
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형내부(G1,G2)	NO	019

KEY PLAN



SECTION

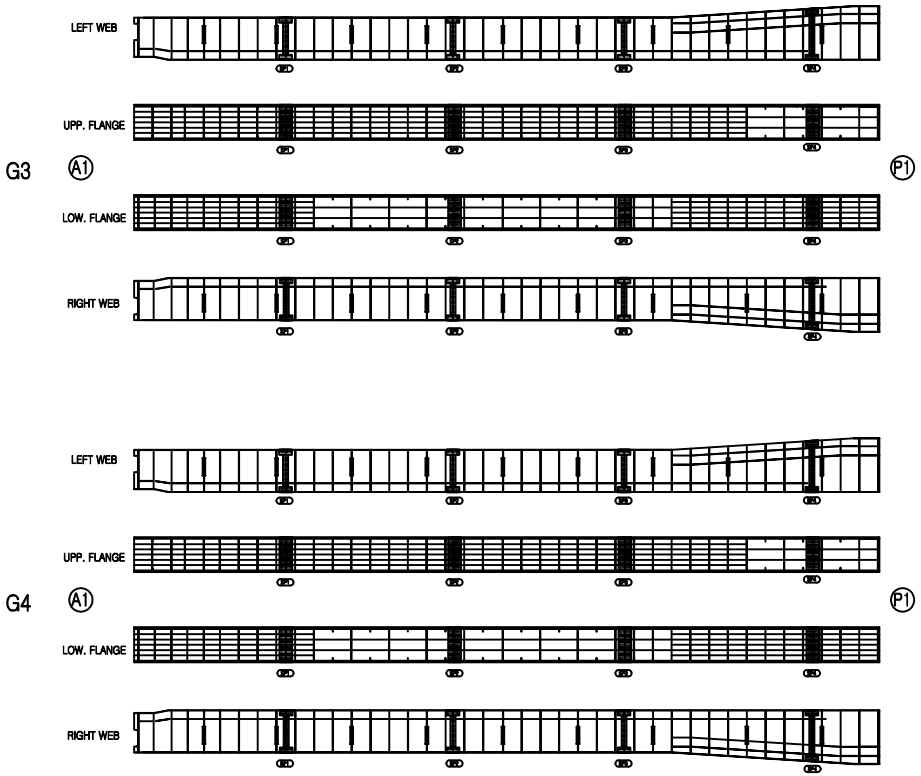


손상물량표

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

가천교

범물방향

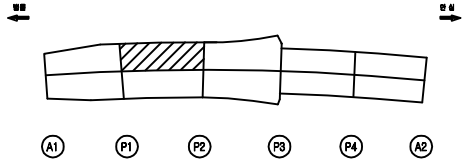


손상범례

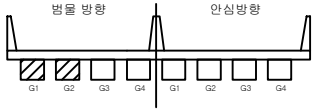
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형내부(G3,G4)	NO	020

KEY PLAN



SECTION

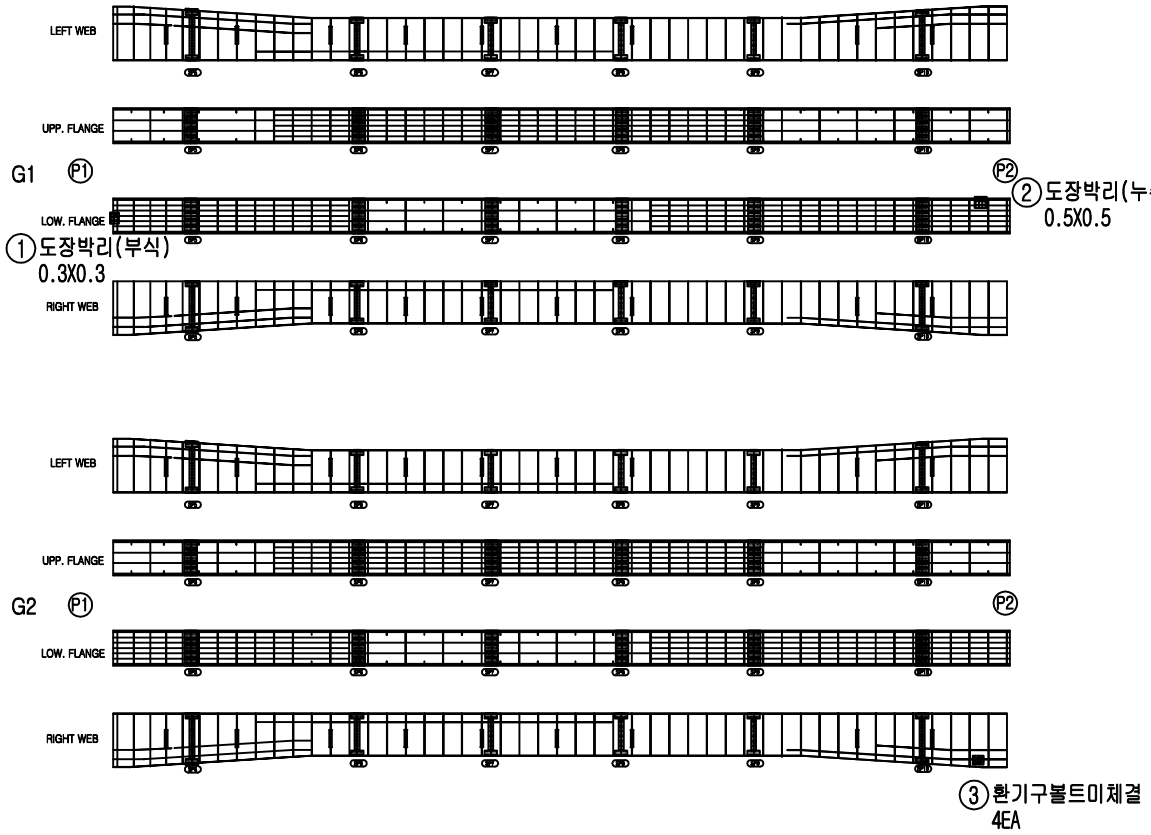


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더내부	도장박리(부식)	0.3	0.3	1	㎡	0.09	신규
2	거더내부	도장박리(누수흔적)	0.5	0.5	1	㎡	0.25	신규
3	거더내부	환기구볼트미체결	-	-	4	ea	4.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

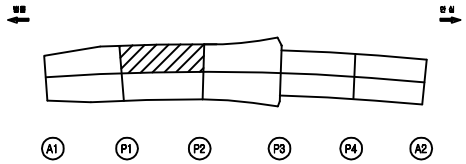


손상범례

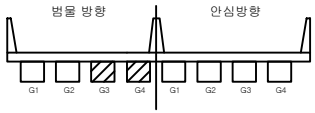
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형내부(G1,G2)	NO	021

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

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

가천교

범물방향

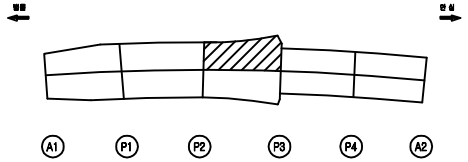


손상범례

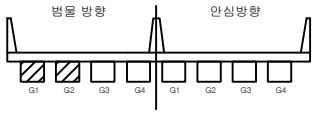
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형내부(G3,G4)	NO	022

KEY PLAN



SECTION

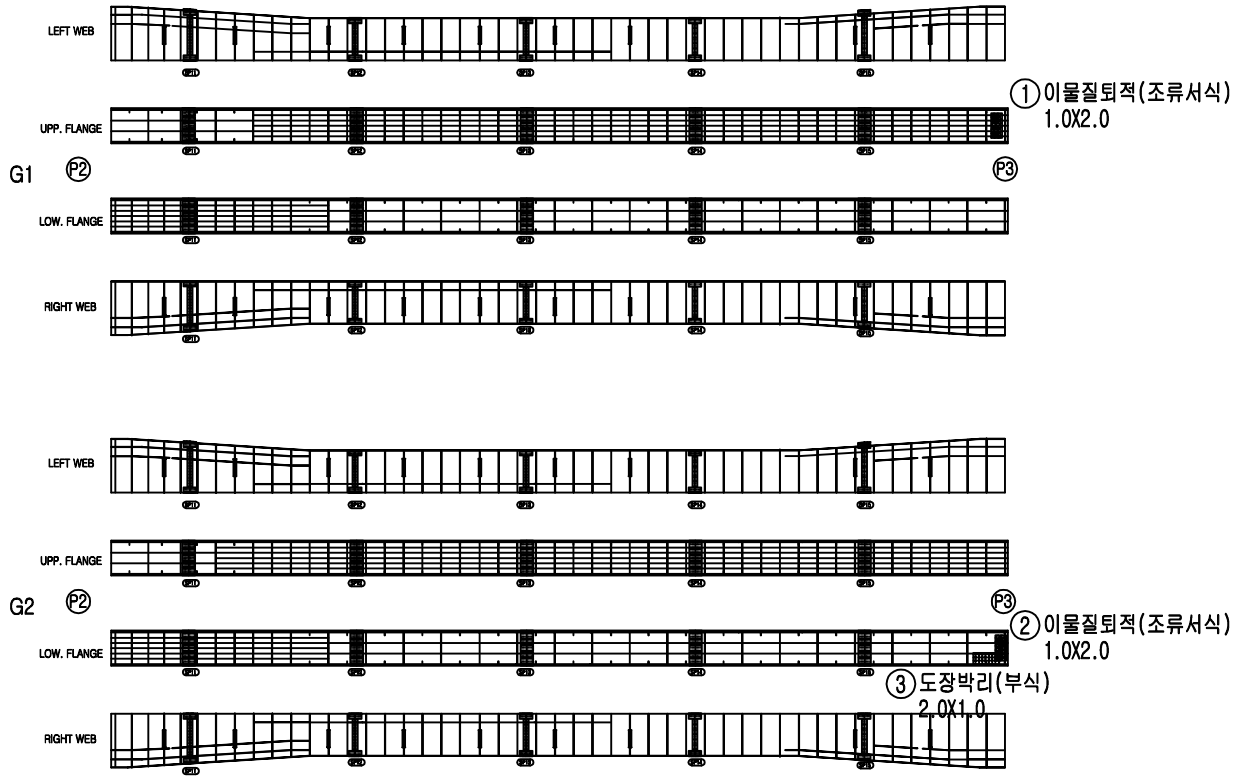


손상물량표

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

가천교

범물방향

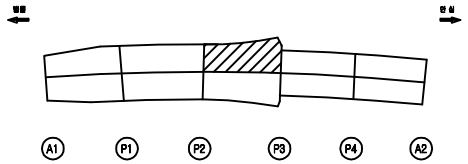


손상범례

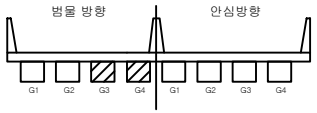
구 분	명 칭	구 분	명 칭
	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형내부(G1,G2)	NO	023

KEY PLAN



SECTION

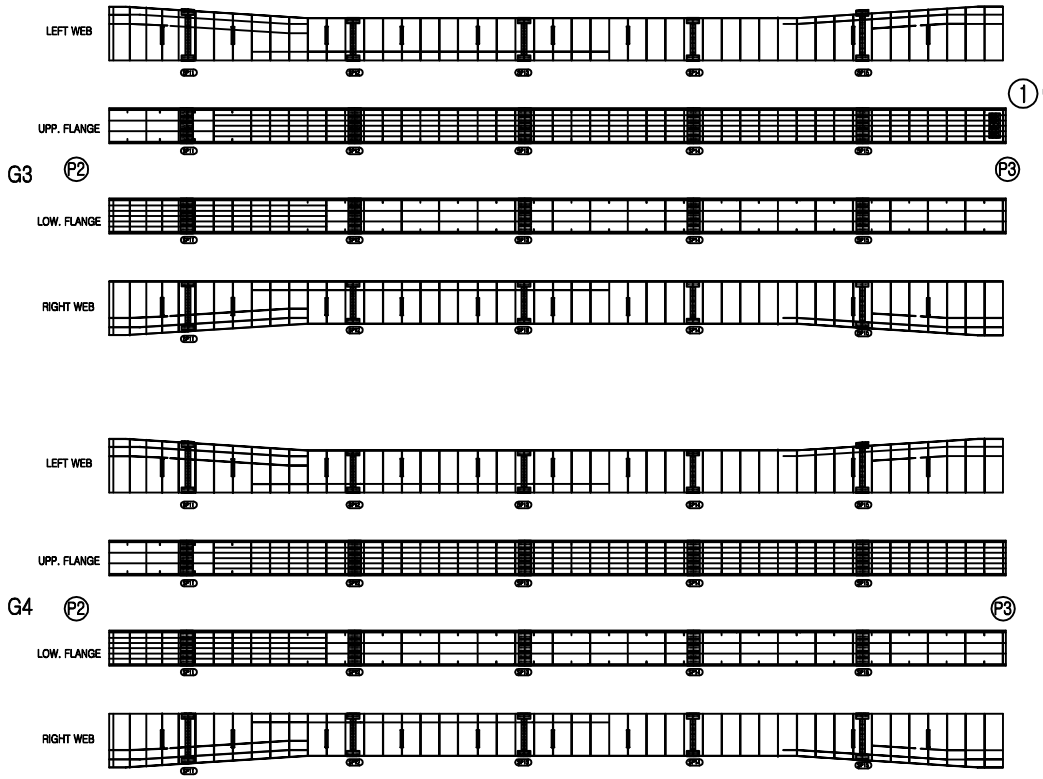


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더내부	이물질퇴적(조류서식)	1.0	2.0	1	㎡	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								

가천교

범물방향



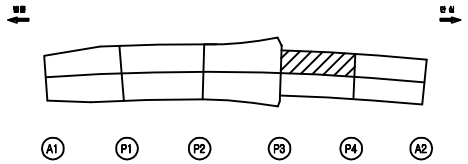
① 이물질퇴적(조류서식)
1.0X2.0

손상범례

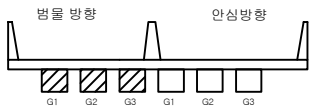
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형내부(G3,G4)	NO	024

KEY PLAN



SECTION

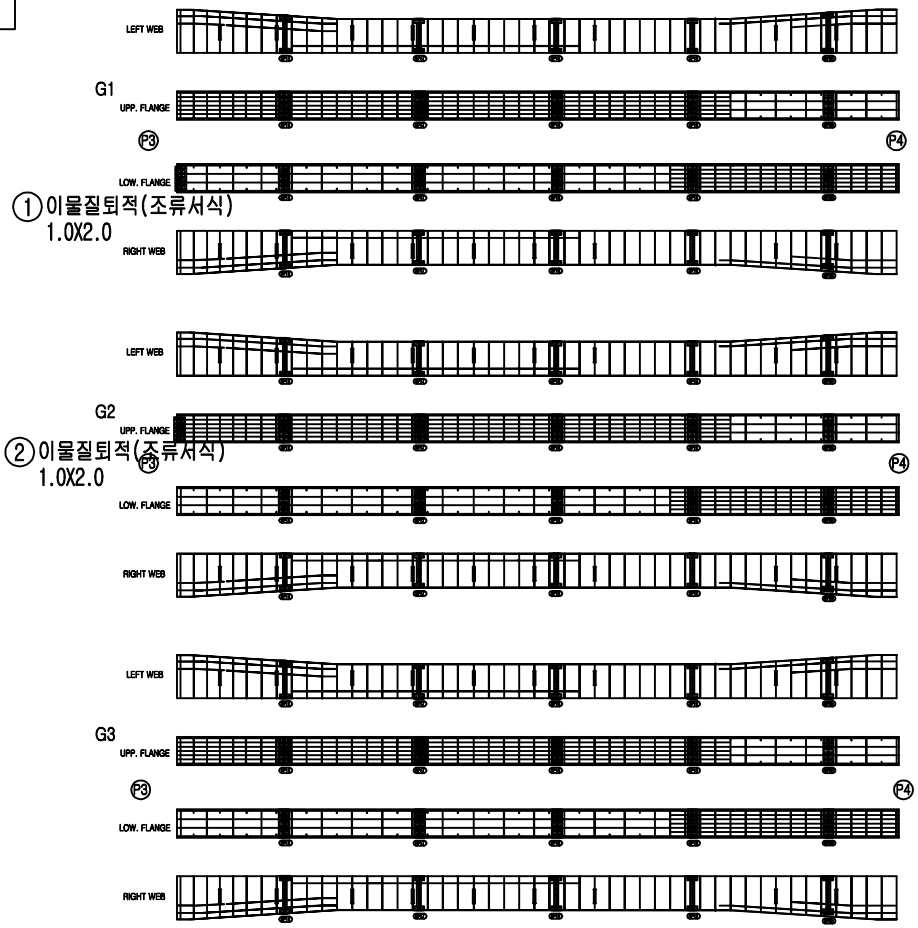


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더내부	이물질퇴적(조류서식)	1.0	2.0	1	㎡	2.0	신규
2	거더내부	이물질퇴적(조류서식)	1.0	2.0	1	㎡	2.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

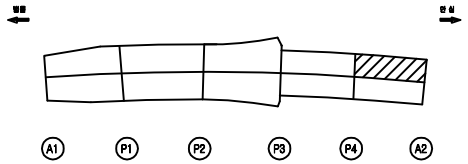


손상범례

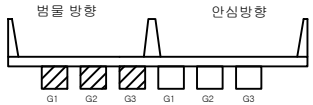
구 분	명 칭	구 분	명 칭
	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 주형내부(G1~G3)	NO	025

KEY PLAN



SECTION

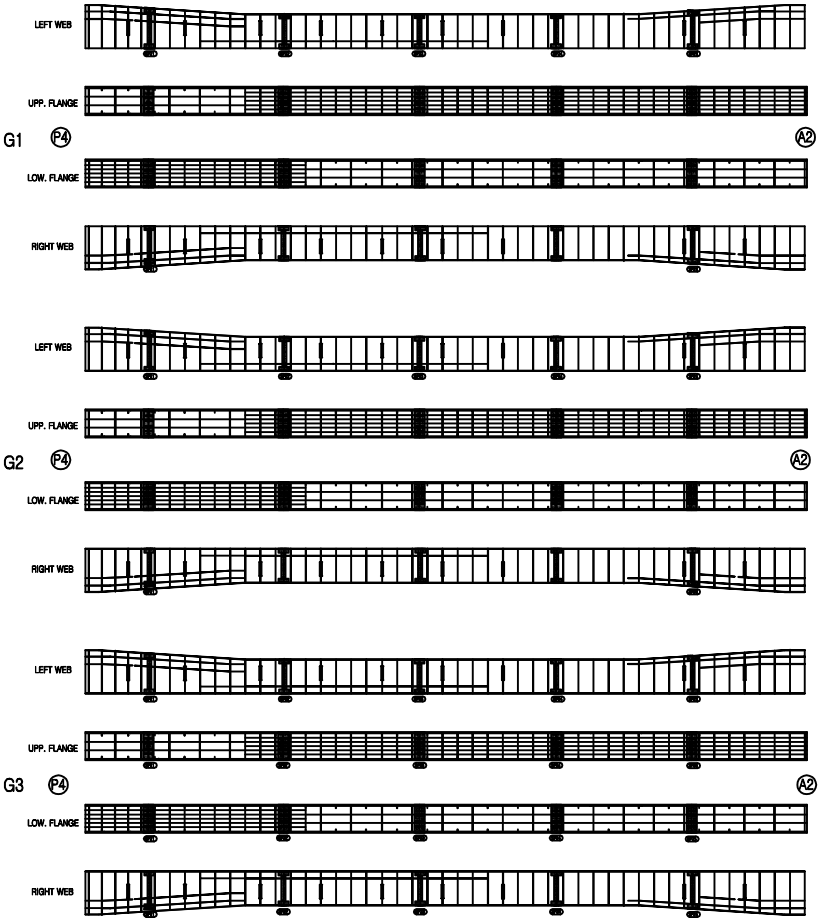


손상물량표

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

가천교

범물방향

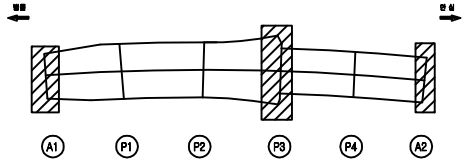


손상범례

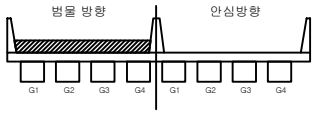
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 주형내부(G1~G3)	NO	026

KEY PLAN



SECTION



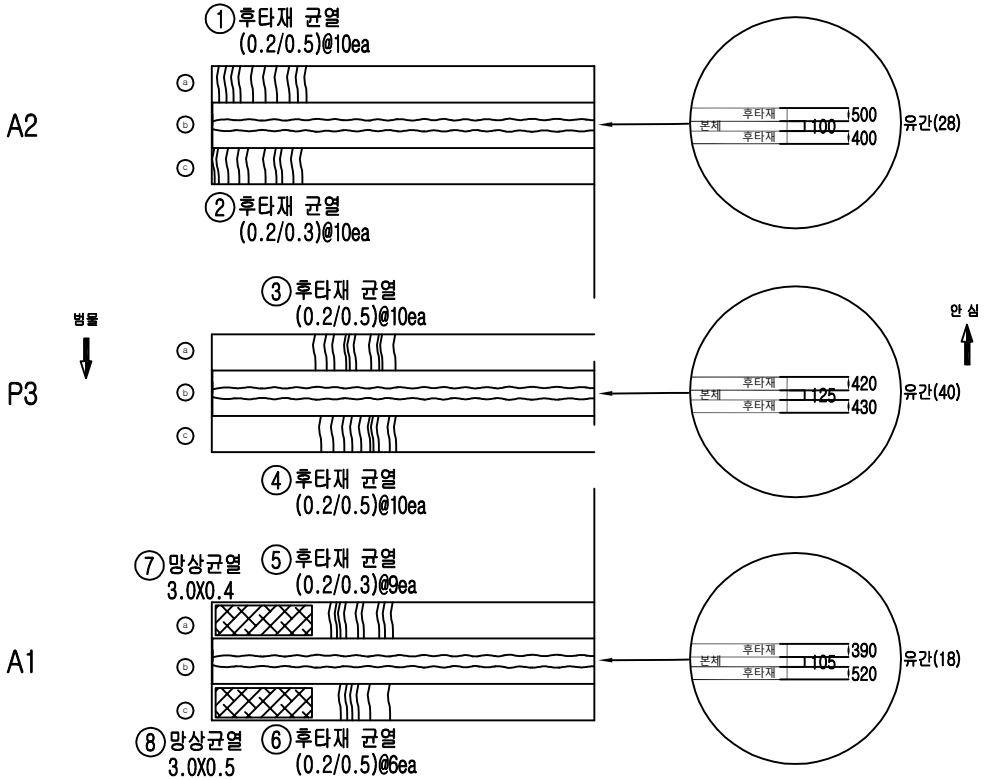
손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.5	10	m	5.0	주의관찰
2	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.3	10	m	3.0	주의관찰
3	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.5	10	m	5.0	주의관찰
4	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.5	10	m	5.0	주의관찰
5	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.3	9	m	2.7	주의관찰
6	신축이음부	후타재 균열	0.2	0.5	6	m	3.0	주의관찰
7	신축이음부	망상균열	3.0	0.4	1	㎡	1.2	신규
8	신축이음부	망상균열	3.0	0.5	1	㎡	1.5	신규
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

신축이음장치

범물방향

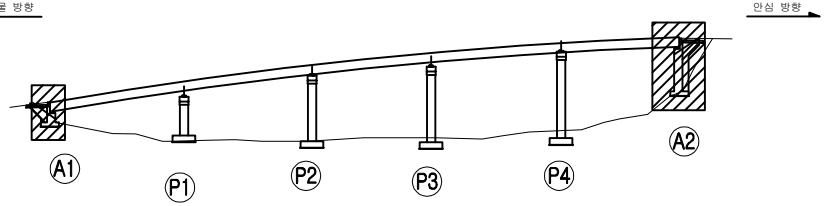


손상범례

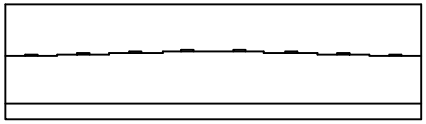
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	신축이음장치(A1,A2,P3)	NO	027

KEY PLAN



SECTION

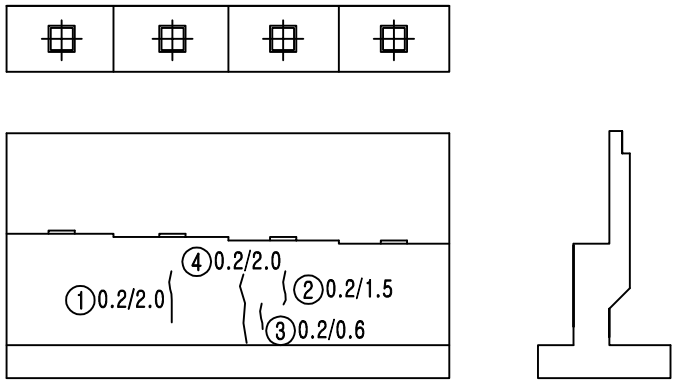


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교대	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
2	교대	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	주의관찰
3	교대	균열	0.2	0.6	1	m	0.6	주의관찰
4	교대	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	신규
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

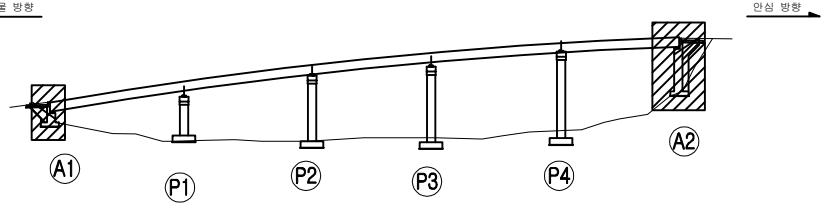


손상범례

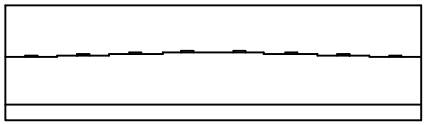
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교대 A1	NO	028

KEY PLAN



SECTION

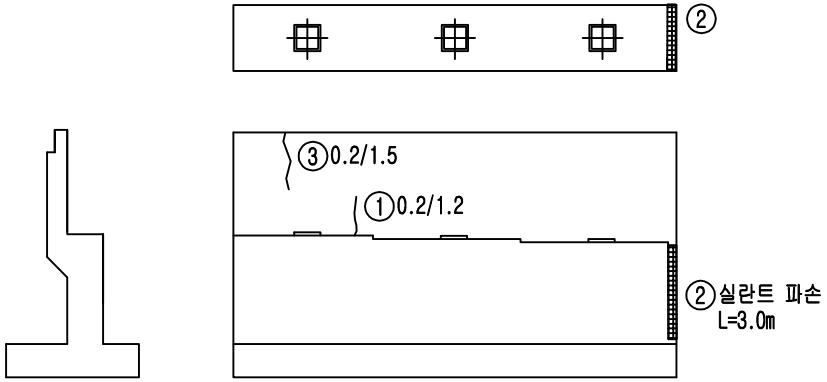


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교대	균열	0.2	1.2	1	m	1.2	주의관찰
2	교대	실란트 파손	-	3.0	1	m	3.0	신규
3	교대	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향

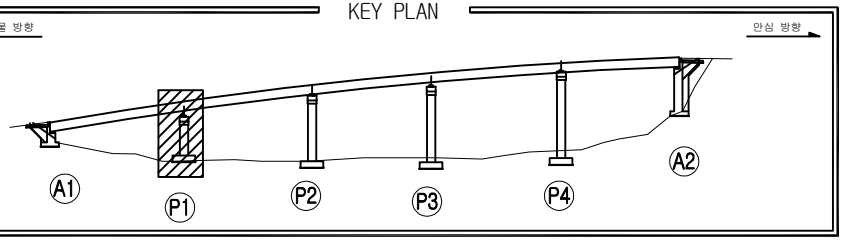


손상범례

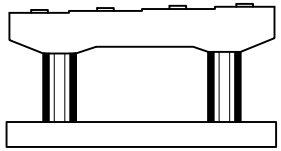
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교대 A2	NO	029

KEY PLAN



SECTION

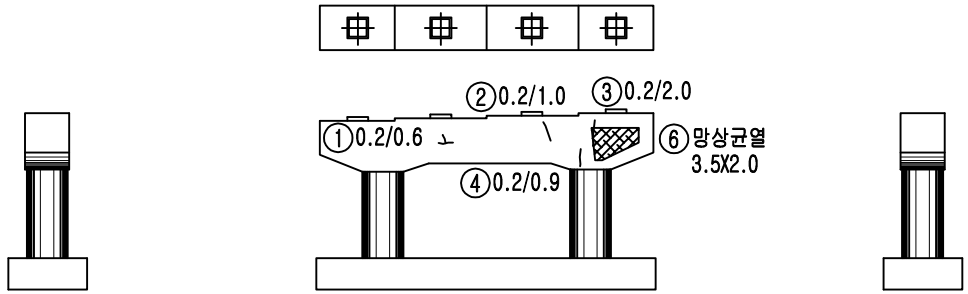


손상물량표

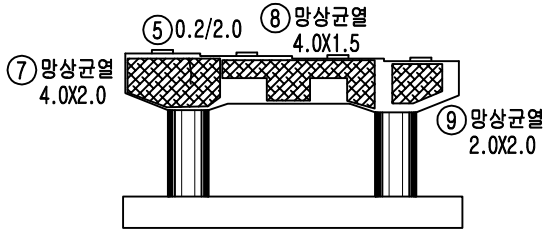
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	균열	0.2	0.6	1	m	0.6	주의관찰
2	교각	균열	0.2	1.0	1	m	1.0	주의관찰
3	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
4	교각	균열	0.2	0.9	1	m	0.9	주의관찰
5	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
6	교각	망상균열	3.5	2.0	1	㎡	7.0	신규
7	교각	망상균열	4.0	2.0	1	㎡	8.0	신규
8	교각	망상균열	4.0	1.5	1	㎡	6.0	신규
9	교각	망상균열	2.0	2.0	1	㎡	4.0	신규
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향



A1측



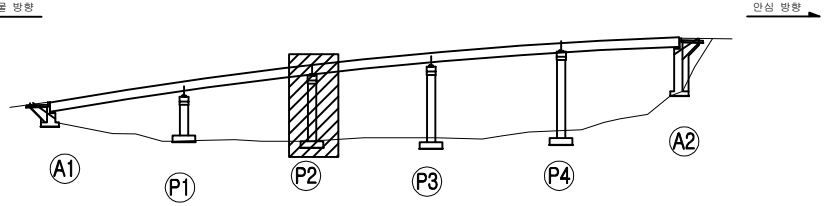
A2측

손상범례

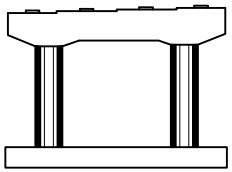
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P1	NO	030

KEY PLAN



SECTION

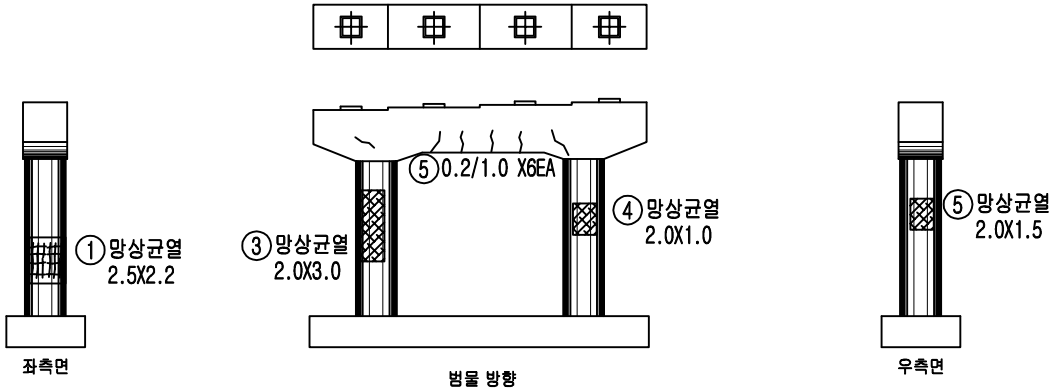


손상물량표

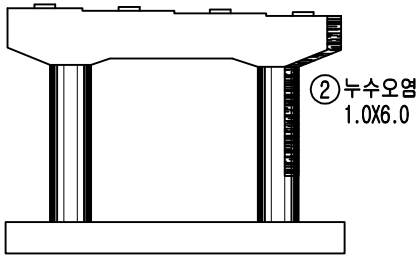
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	망상균열	2.5	2.2	1	㎡	5.5	주의관찰
2	교각	누수오염	1.0	6.0	1	㎡	6.0	주의관찰
3	교각	망상균열	2.0	3.0	1	㎡	6.0	손상증가
4	교각	망상균열	2.0	1.0	1	㎡	2.0	신규
5	교각	망상균열	2.0	1.5	1	㎡	3.0	신규
6	교각	균열	0.2	1.0	6	m	6.0	신규
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

범물방향



A1측



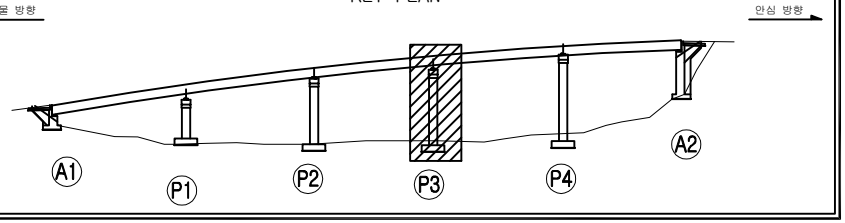
A2측

손상범례

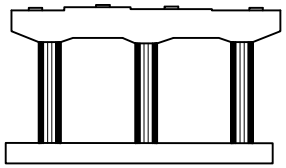
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P2	NO	031

KEY PLAN



SECTION

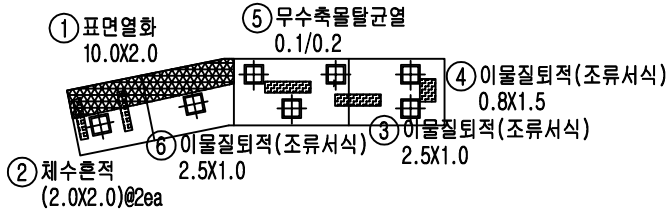


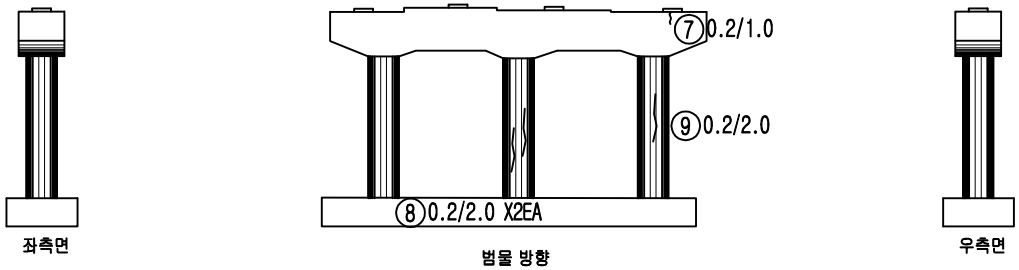
손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	표면열화	10.0	2.0	1	㎡	20.0	주의관찰
2	교각	체수흔적	2.0	2.0	2	㎡	8.0	주의관찰
3	교각	이물질퇴적(조류서식)	2.5	1.0	1	㎡	2.5	정기적청소
4	교각	이물질퇴적(조류서식)	0.8	1.5	1	㎡	1.2	정기적청소
5	받침장치	무수축몰탈균열	0.1	0.2	1	m	0.2	신규
6	교각	이물질퇴적(조류서식)	2.5	1.0	1	㎡	2.5	신규
7	교각	균열	0.2	1.0	1	m	1.0	신규
8	교각	균열	0.2	2.0	2	m	4.0	신규
9	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	신규
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

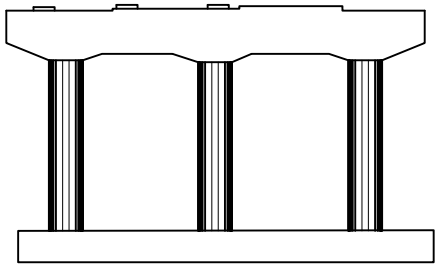
가천교

범물방향





A1측



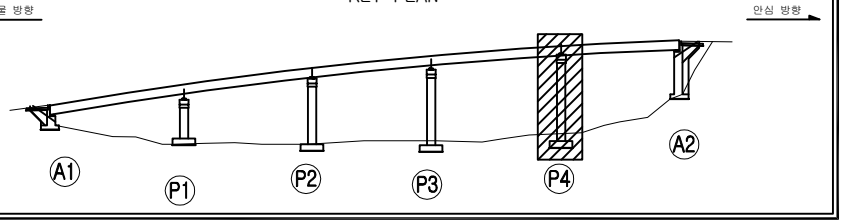
A2측

손상범례

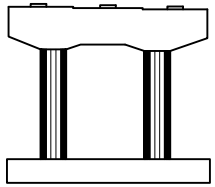
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P3	NO	032

KEY PLAN



SECTION

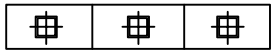


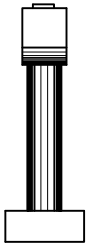
손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교대	망상균열	1.0	1.0	1	㎡	1.0	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								

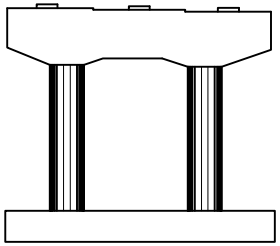
가천교

범물방향

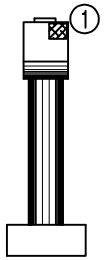




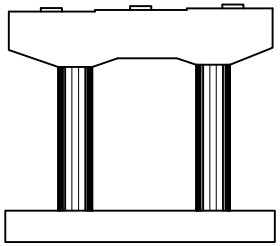
좌측면



범물 방향
A1측



우측면



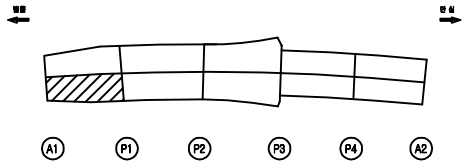
범물 방향
A2측

손상범례

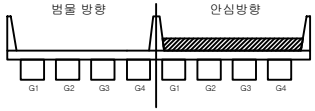
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P4	NO	033

KEY PLAN



SECTION

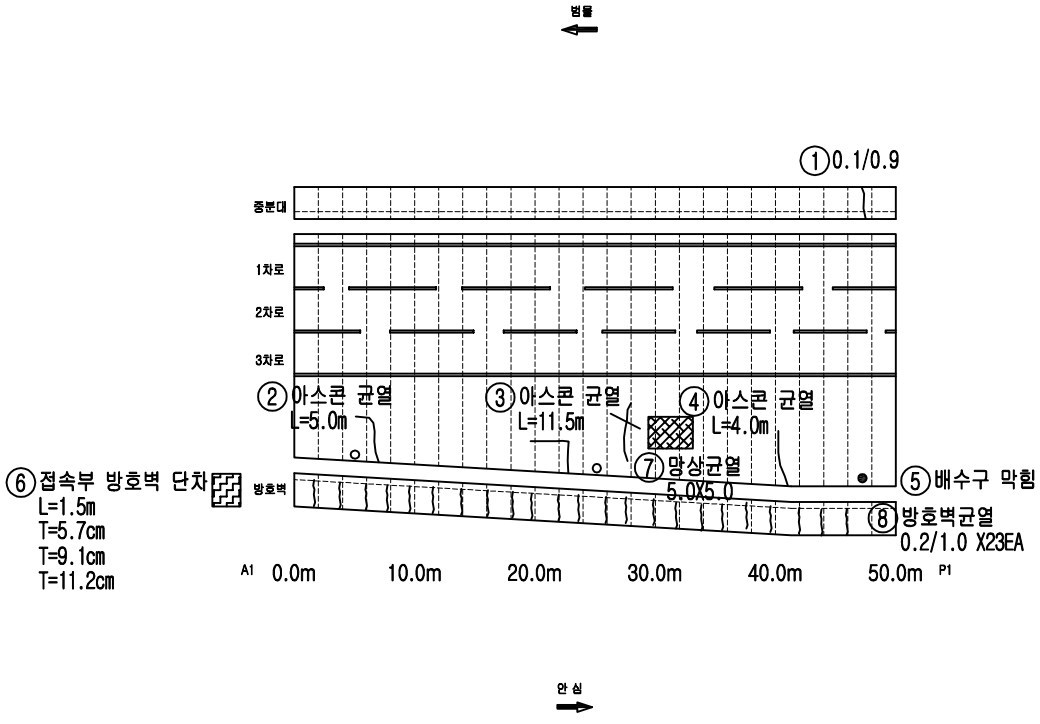


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	중분대	균열	0.1	0.9	1	m	0.9	주의관찰
2	포장부	아스콘 균열	-	5.0	1	m	5.0	아스팔트실링
3	포장부	아스콘 균열	-	11.5	1	m	11.5	아스팔트실링
4	포장부	아스콘 균열	-	4.0	1	m	4.0	아스팔트실링
5	배수시설	배수구막힘	-	-	1	ea	1.0	정기적청소
6	방호벽	단차	-	1.5	1	m	1.5	주의관찰
7	포장부	망상균열	5.0	5.0	1	㎡	25.0	신규
8	방호벽	방호벽 균열	0.2	1.0	23	m	23.0	신규
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

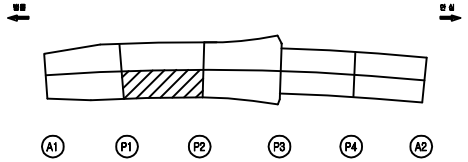


손상범례

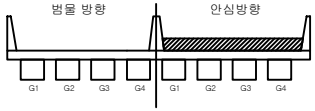
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 교면포장	NO	001

KEY PLAN



SECTION

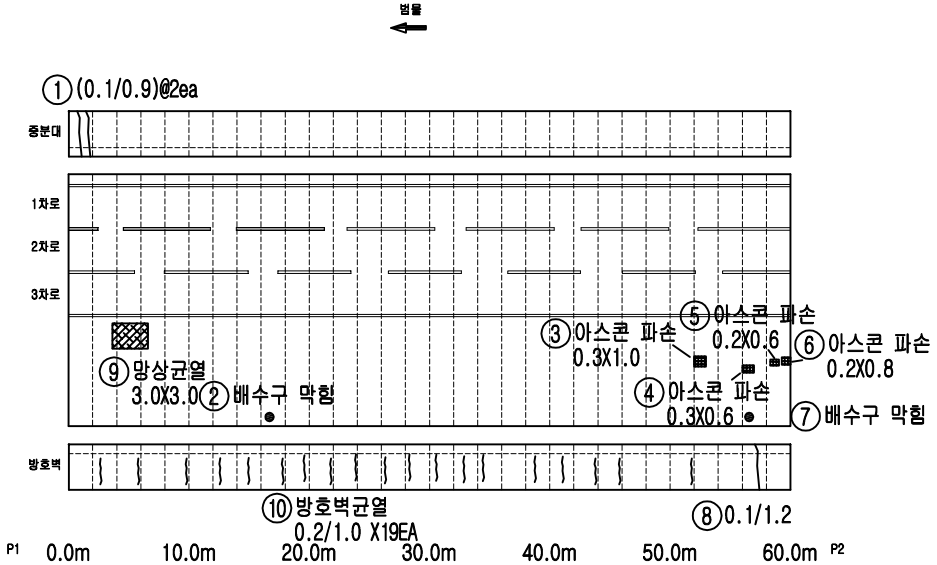


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	중분대	균열	0.1	0.9	2	m	1.8	주의관찰
2	배수시설	배수구 막힘	-	-	1	ea	1.0	정기적청소
3	포장부	아스콘 파손	0.3	1.0	1	㎡	0.3	아스팔트팻칭
4	포장부	아스콘 파손	0.3	0.6	1	㎡	0.18	아스팔트팻칭
5	포장부	아스콘 파손	0.2	0.6	1	㎡	0.12	아스팔트팻칭
6	포장부	아스콘 파손	0.2	0.8	1	㎡	0.16	아스팔트팻칭
7	배수시설	배수구 막힘	-	-	1	ea	1.0	정기적청소
8	방호벽	균열	0.1	1.2	1	m	1.2	주의관찰
9	포장부	망상균열	3.0	3.0	1	㎡	9.0	신규
10	방호벽	방호벽 균열	0.2	1.0	19	m	19.0	신규
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

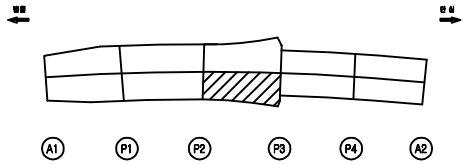


손상범례

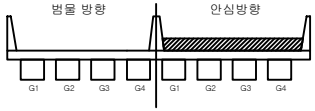
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 교면포장	NO	002

KEY PLAN



SECTION

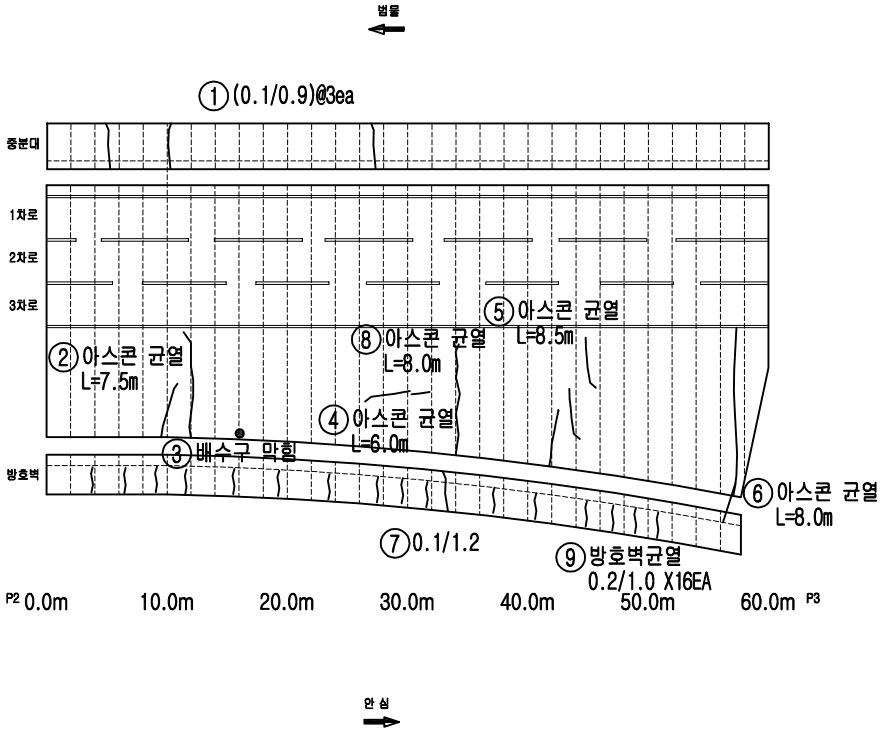


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	중분대	균열	0.1	0.9	3	m	2.7	주의관찰
2	포장부	아스콘 균열	-	7.5	1	m	7.5	아스팔트실링
3	배수시설	배수구 막힘	-	-	1	ea	1.0	주의관찰
4	포장부	아스콘 균열	-	6.0	1	m	6.0	아스팔트실링
5	포장부	아스콘 균열	-	8.5	1	m	8.5	아스팔트실링
6	포장부	아스콘 균열	-	8.0	1	m	8.0	아스팔트실링
7	방호벽	균열	0.1	1.2	1	m	1.2	주의관찰
8	포장부	아스콘 균열	-	8.0	1	m	8.0	신규
9	방호벽	방호벽 균열	0.2	1.0	16	m	16.0	신규
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

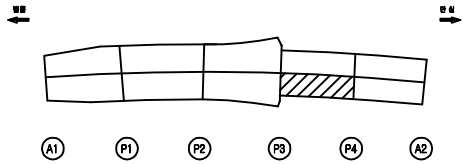


손상범례

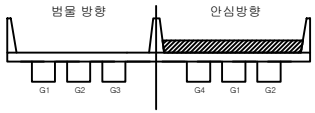
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 교면포장	NO	003

KEY PLAN



SECTION

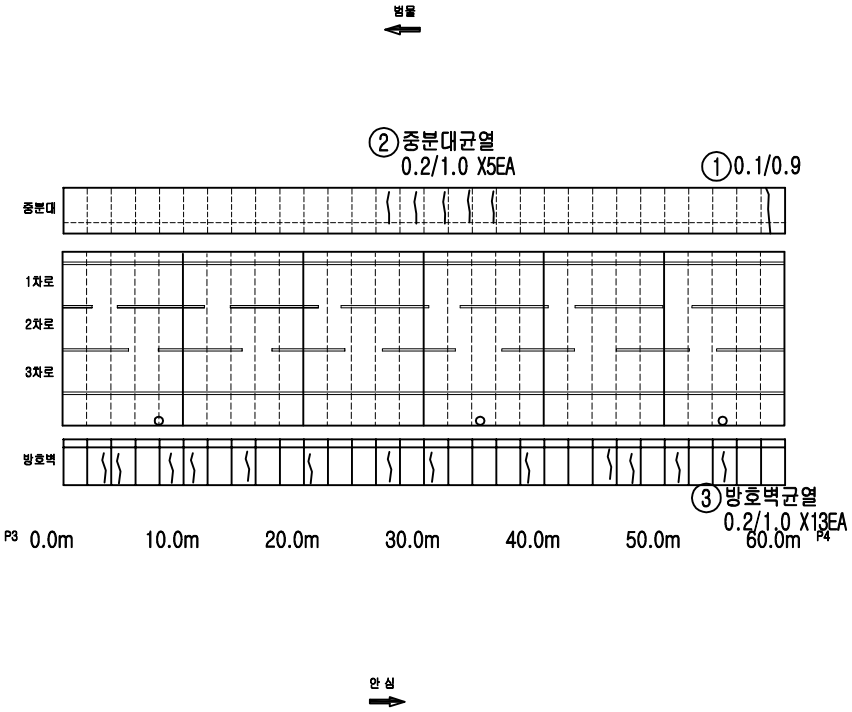


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	중분대	균열	0.1	0.9	1	m	0.9	주의관찰
2	중분대	중분대 균열	0.2	1.0	5	m	5.0	신규
3	방호벽	방호벽 균열	0.2	1.0	13	m	13.0	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

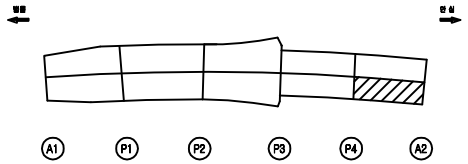


손상범례

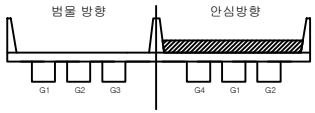
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C W 0.2	균열		백태, 걸로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 교면포장	NO	004

KEY PLAN



SECTION

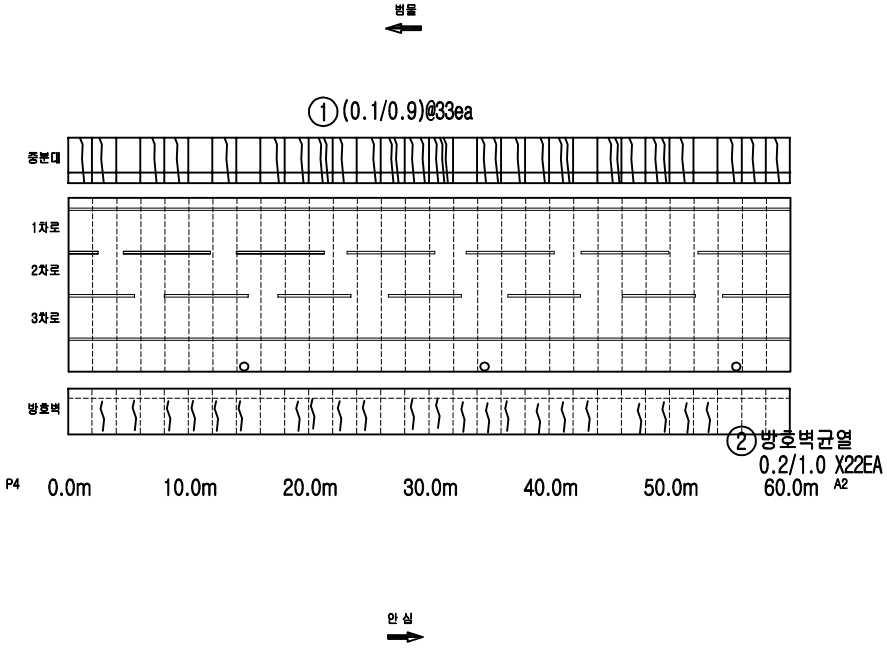


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	중분대	균열	0.1	0.9	33	m	29.7	주의관찰
2	방호벽	방호벽 균열	0.2	1.0	22	m	22.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

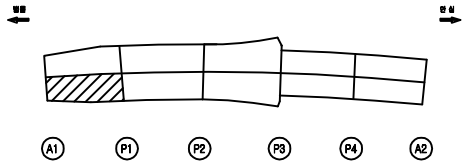


손상범례

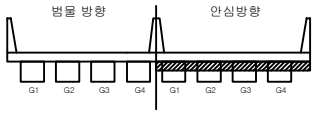
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 교면포장	NO	005

KEY PLAN



SECTION

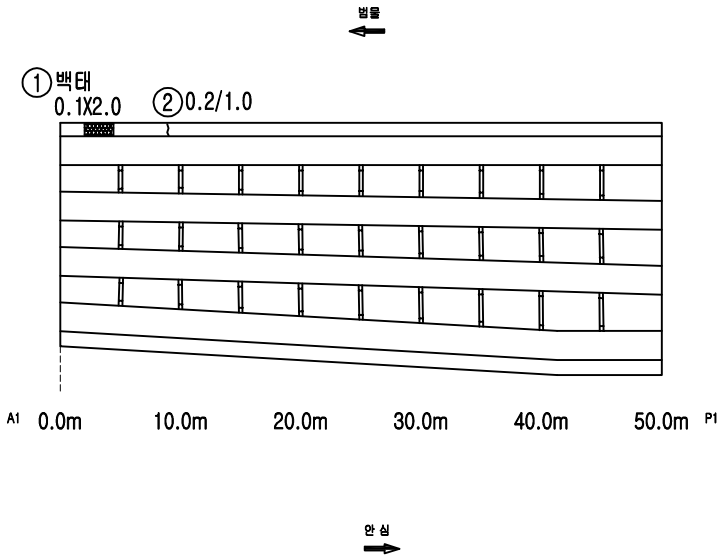


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판하면	백태	0.1	2.0	1	㎡	0.2	신규
2	바닥판하면	균열	0.2	1.0	1	m	1.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13 18								
14 19								
15 20								
16 21								
17 22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

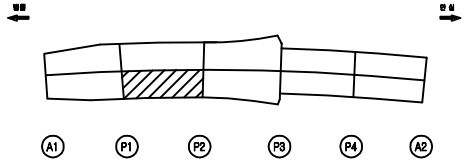


손상범례

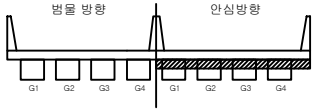
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 걸로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 바닥판하면	NO	006

KEY PLAN



SECTION

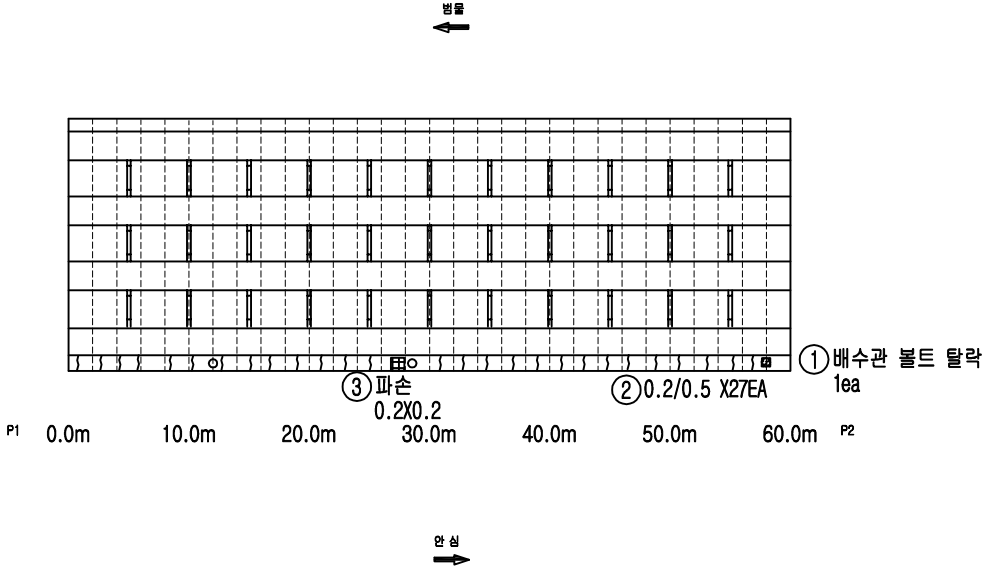


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	배수시설	배수관 볼트 탈락	-	-	1	ea	1.0	볼트재설치
2	바닥판하면	균열	0.2	0.5	27	m	13.5	신규
3	바닥판하면	파손	0.2	0.2	1	㎡	0.04	신규
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향

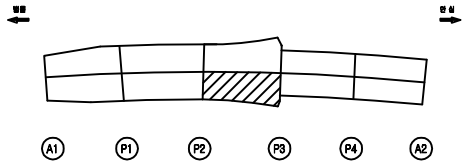


손상범례

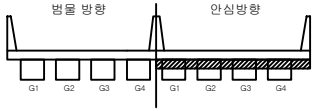
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 바닥판하면	NO	007

KEY PLAN



SECTION

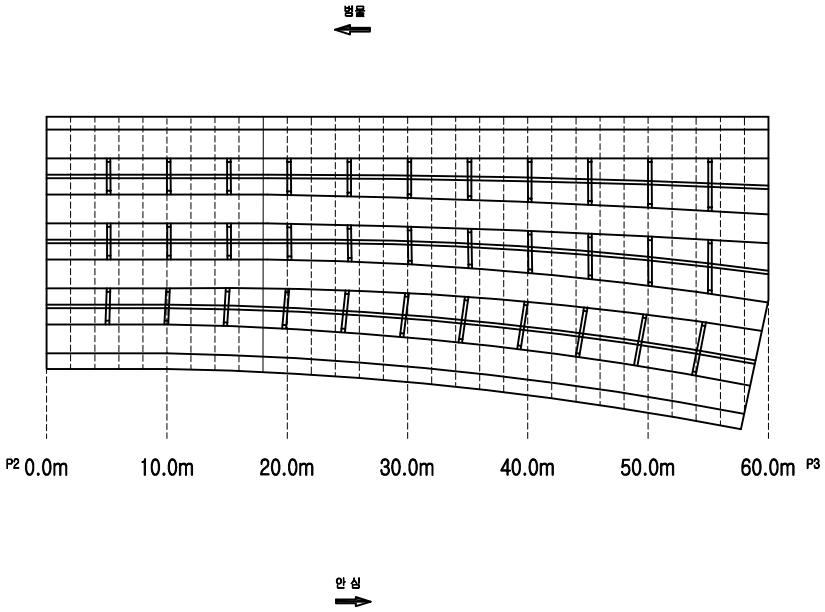


손상물량표

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

가천교

안심방향

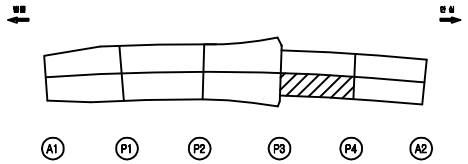


손상범례

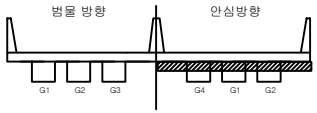
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 바닥판하면	NO	008

KEY PLAN



SECTION



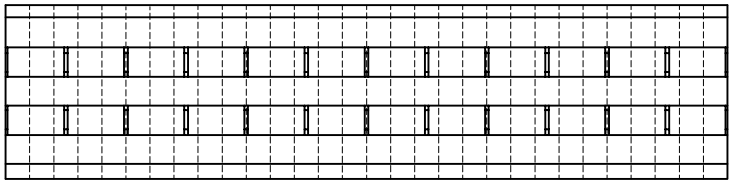
손상물량표

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

가천교

안심방향

범물



P3 0.0m 10.0m 20.0m 30.0m 40.0m 50.0m 60.0m P4

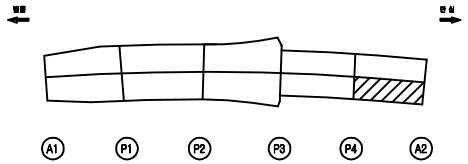
안심

손상범례

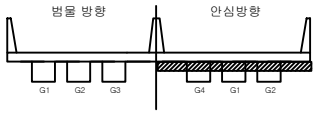
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 바닥판하면	NO	009

KEY PLAN

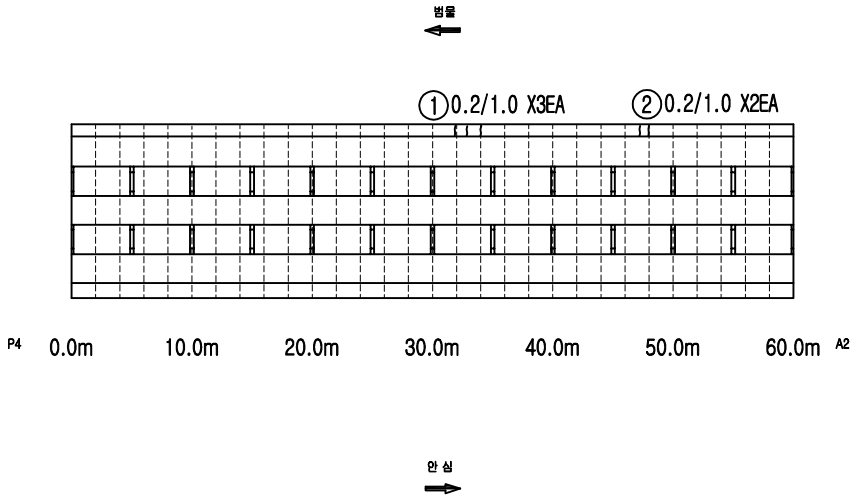


SECTION



가천교

안심방향



손상물량표

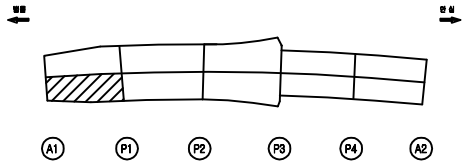
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	바닥판하면	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
2	바닥판하면	균열	0.2	1.0	3	m	3.0	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21		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

손상범례

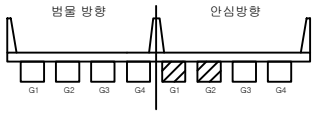
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 바닥판하면	NO	010

KEY PLAN



SECTION

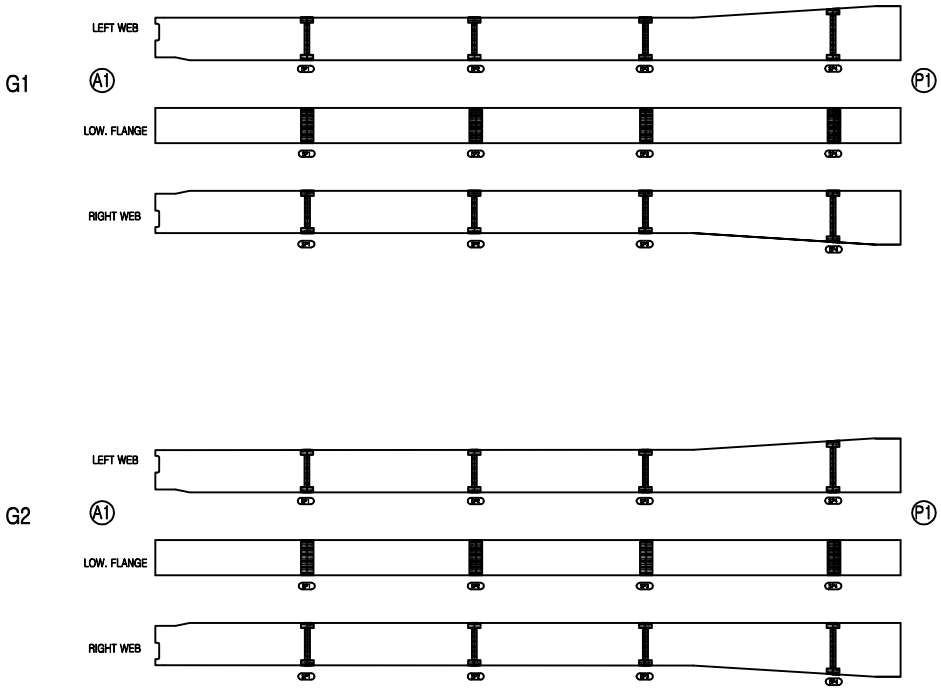


손상물량표

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

가천교

안심방향

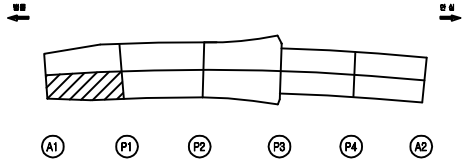


손상범례

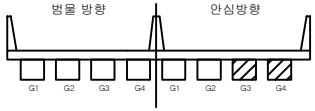
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형외부(G1,G2)	NO	011

KEY PLAN



SECTION

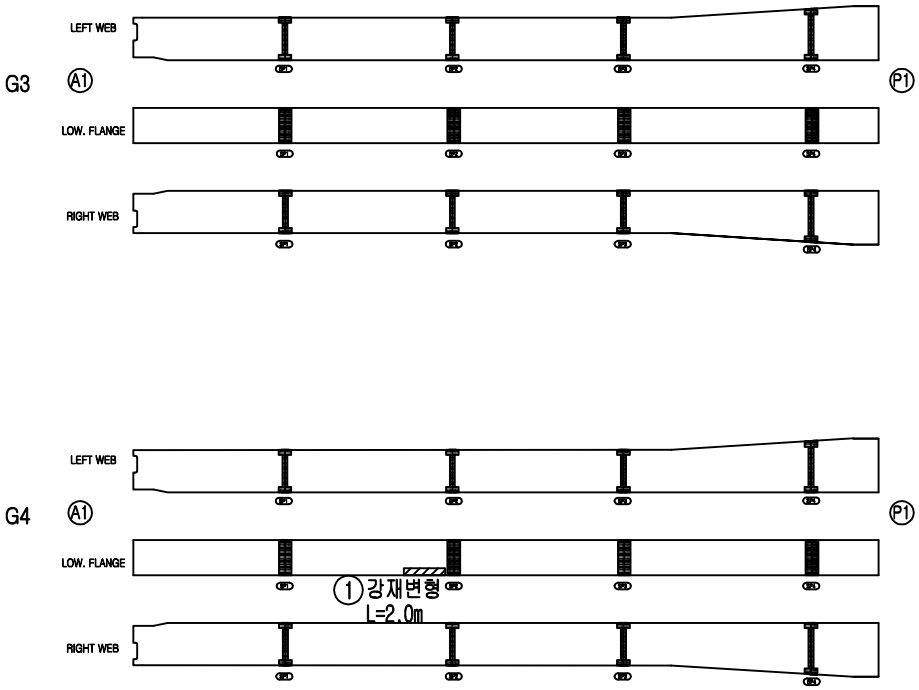


손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	거더 외부	강재변형	-	2.0	1	m	2.0	주의관찰
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								

가천교

안심방향

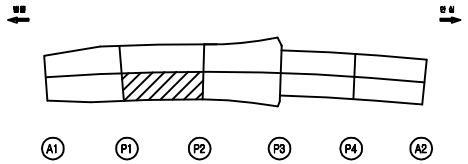


손상범례

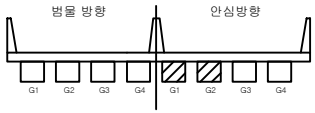
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형외부(G3,G4)	NO	012

KEY PLAN



SECTION

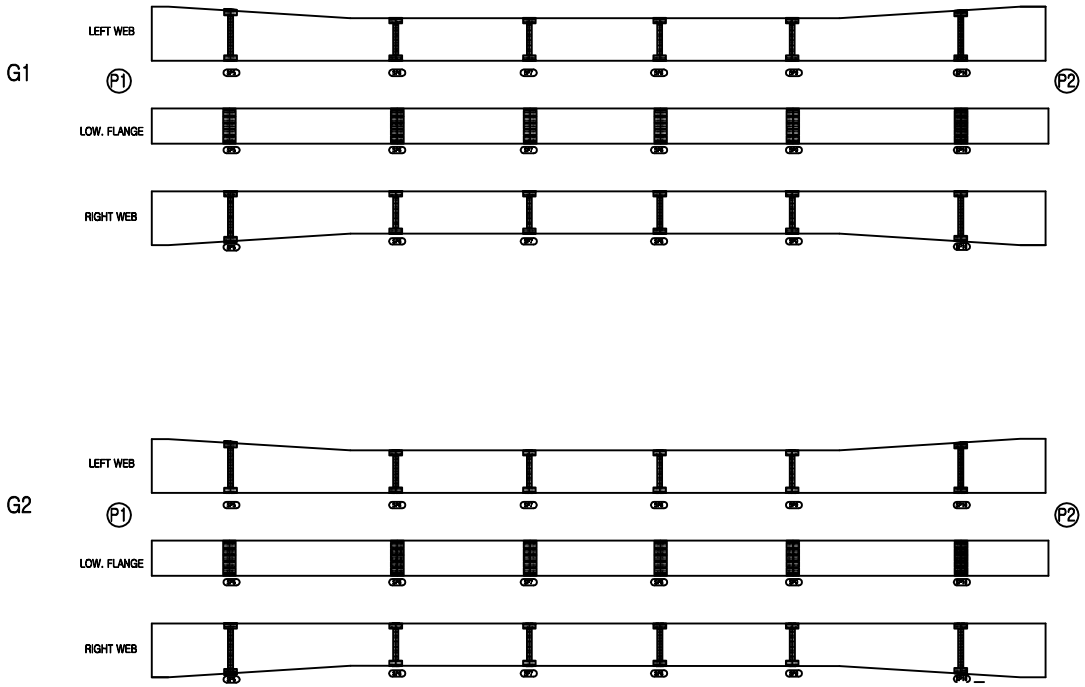


손상물량표

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

가천교

안심방향

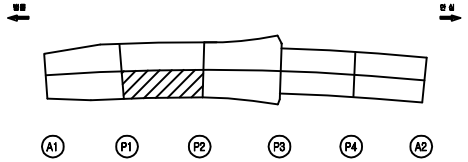


손상범례

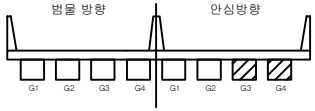
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형외부(G1,G2)	NO	013

KEY PLAN



SECTION

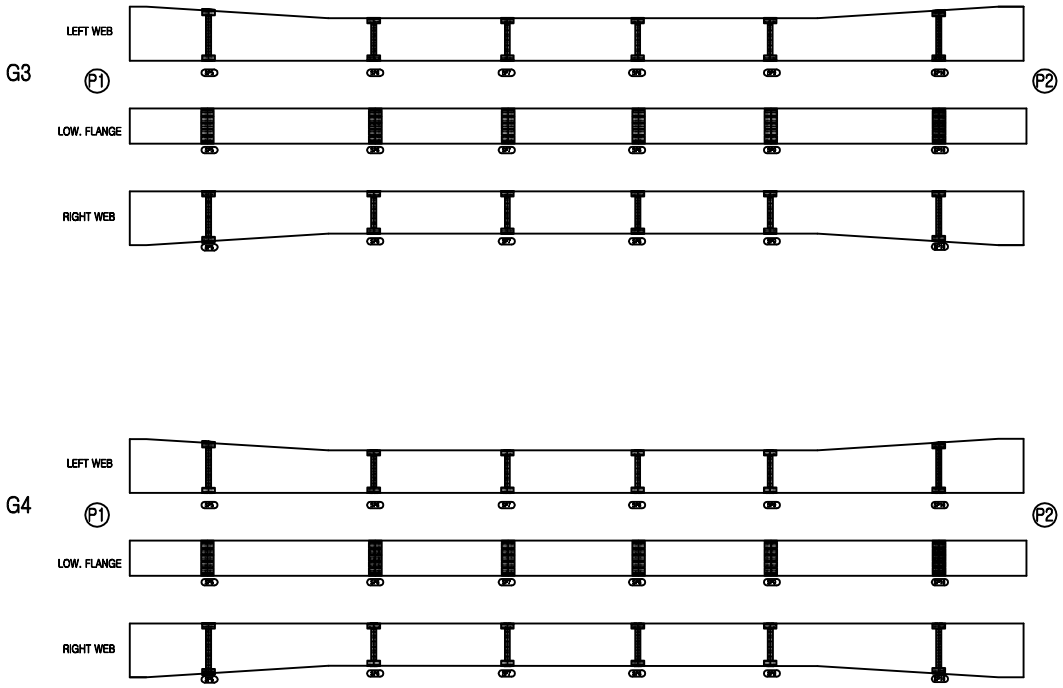


손상물량표

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

가천교

안심방향

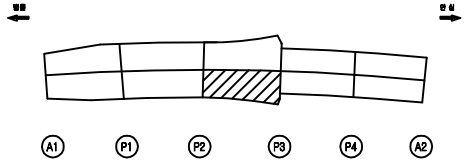


손상범례

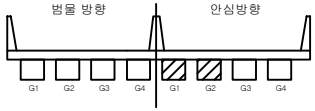
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형외부(G3,G4)	NO	014

KEY PLAN



SECTION

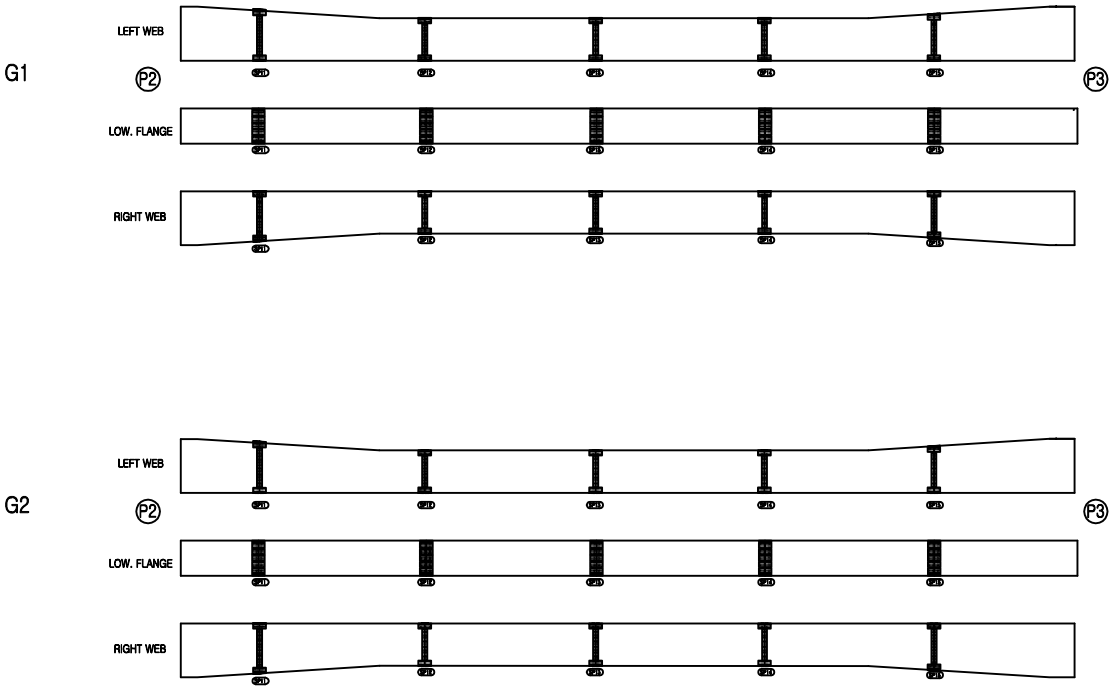


손상물량표

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

가천교

안심방향

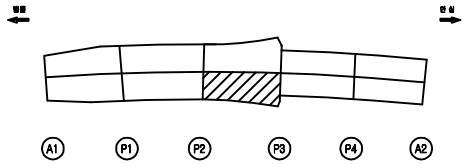


손상범례

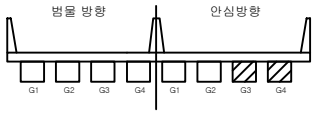
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형외부(G1,G2)	NO	015

KEY PLAN



SECTION

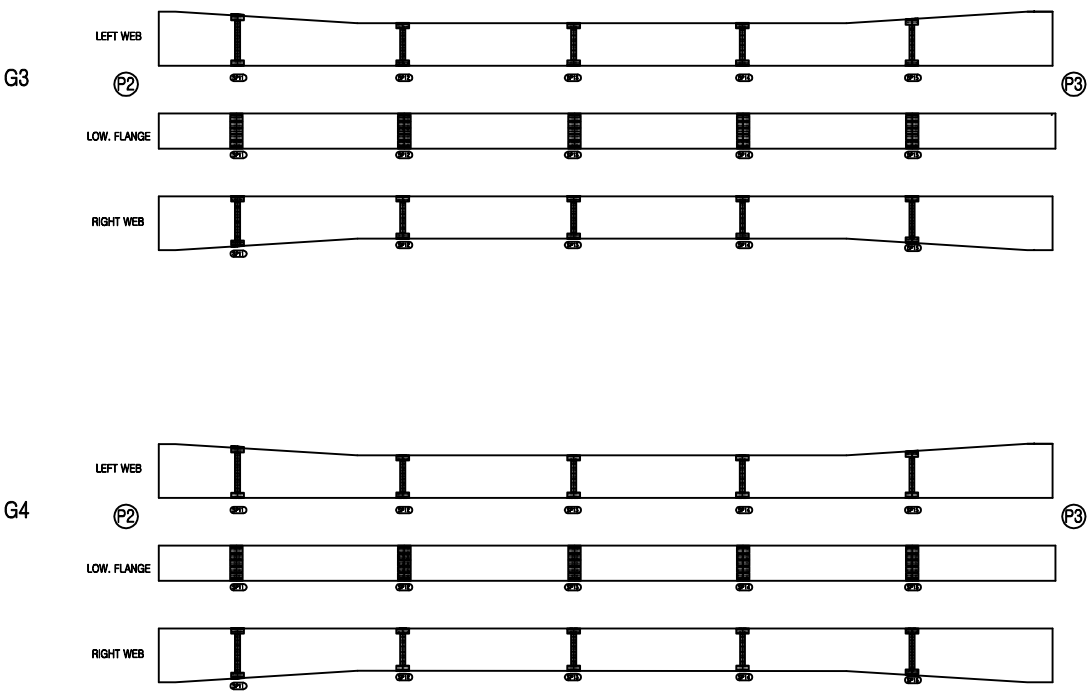


손상물량표

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

가천교

안심방향

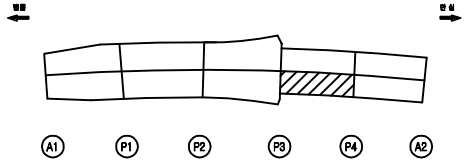


손상범례

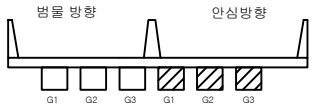
구 분	명 칭	구 분	명 칭
	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형외부(G3,G4)	NO	016

KEY PLAN



SECTION

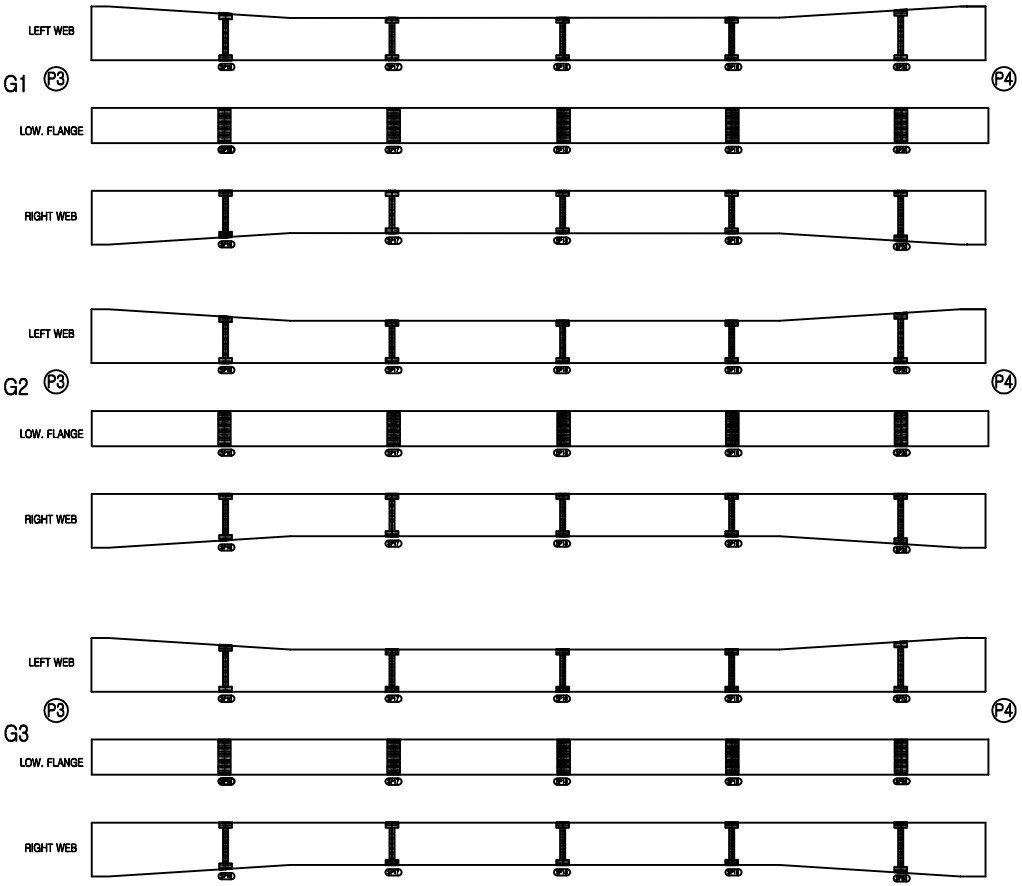


손상물량표

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

가천교

안심방향

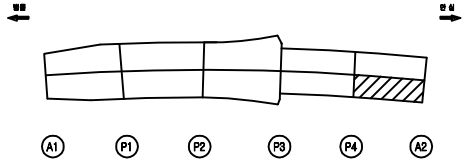


손상범례

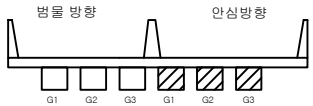
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 주형외부(G1~G3)	NO	017

KEY PLAN



SECTION

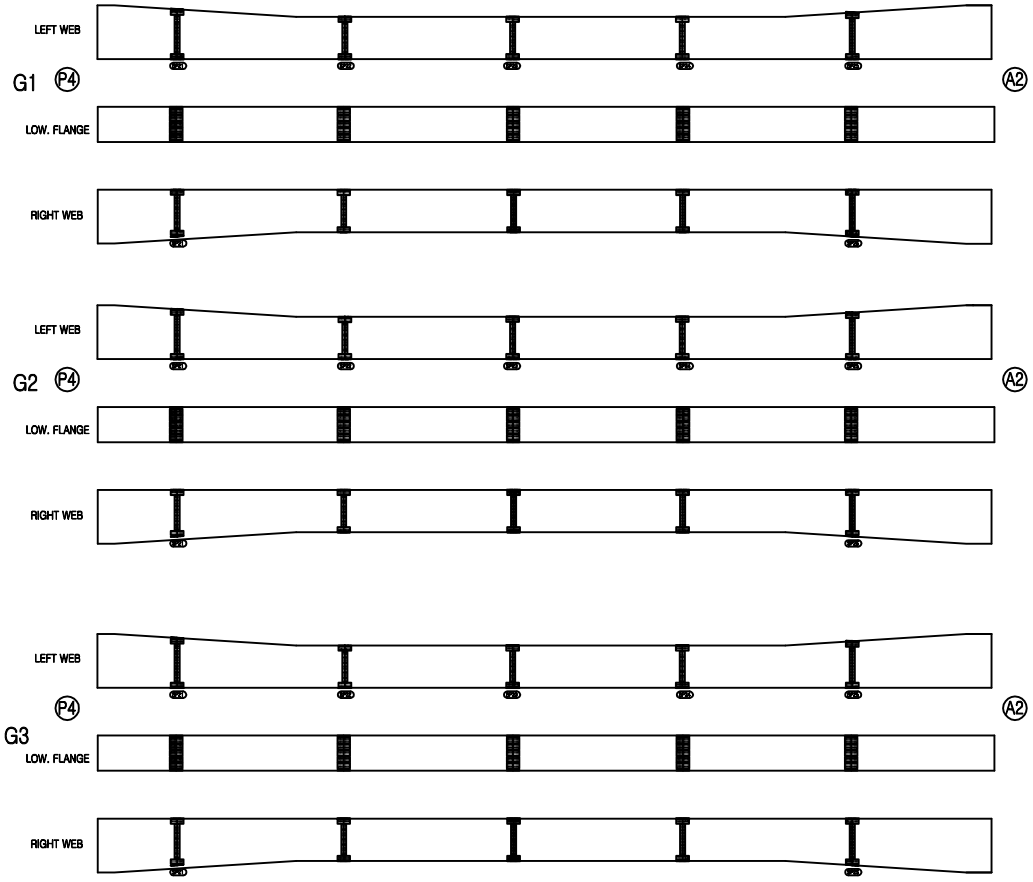


손상물량표

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

가천교

안심방향

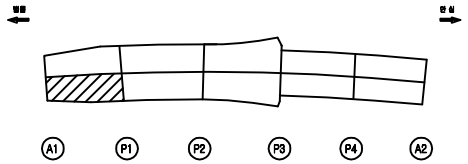


손상범례

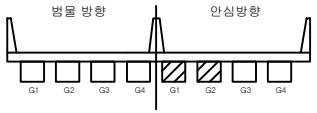
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 주형외부(G1~G3)	NO	018

KEY PLAN



SECTION

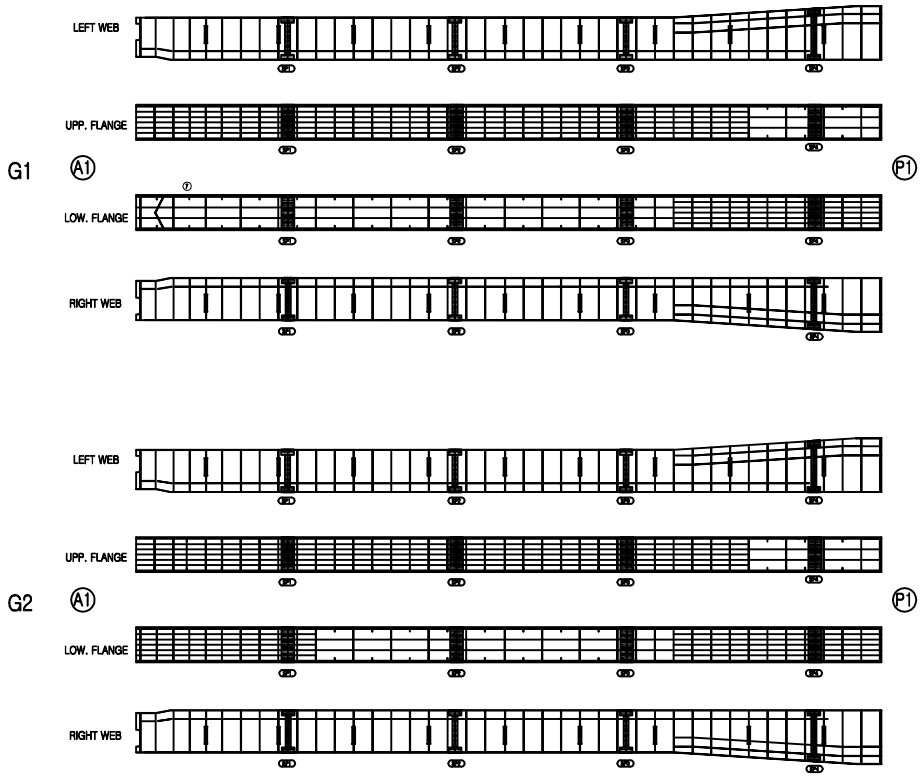


손상물량표

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

가천교

안심방향

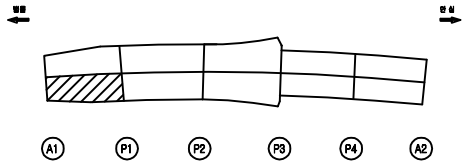


손상범례

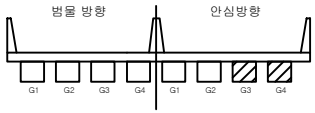
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형내부(G1,G2)	NO	019

KEY PLAN



SECTION

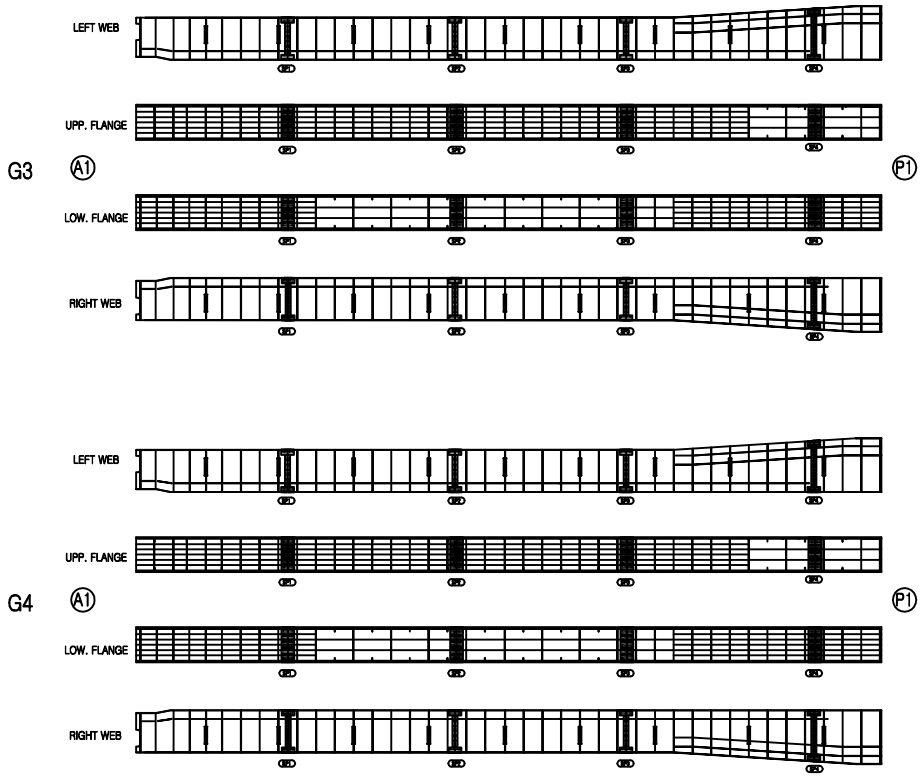


손상물량표

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

가천교

안심방향

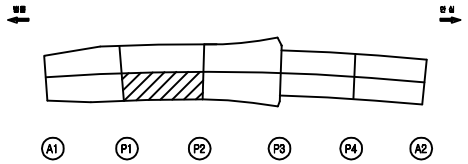


손상범례

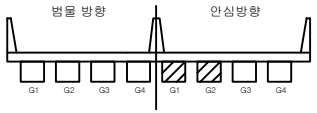
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S1 주형내부(G3,G4)	NO	020

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

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

가천교

안심방향

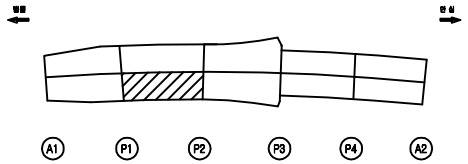


손상범례

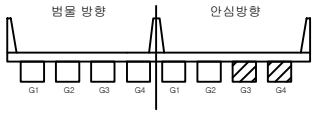
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형내부(G1,G2)	NO	021

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

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

가천교

안심방향

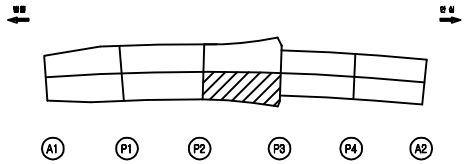


손상범례

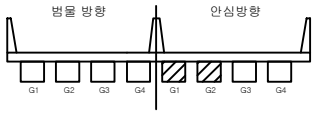
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S2 주형내부(G3,G4)	NO	022

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

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

가천교

안심방향

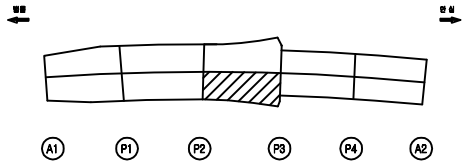


손상범례

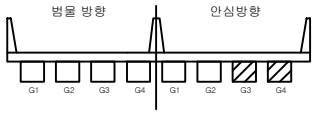
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형내부(G1,G2)	NO	023

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

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

가천교

안심방향

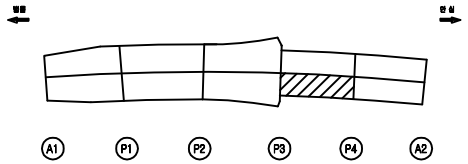


손상범례

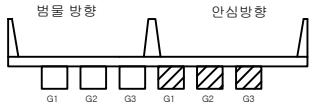
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S3 주형내부(G3,G4)	NO	024

KEY PLAN



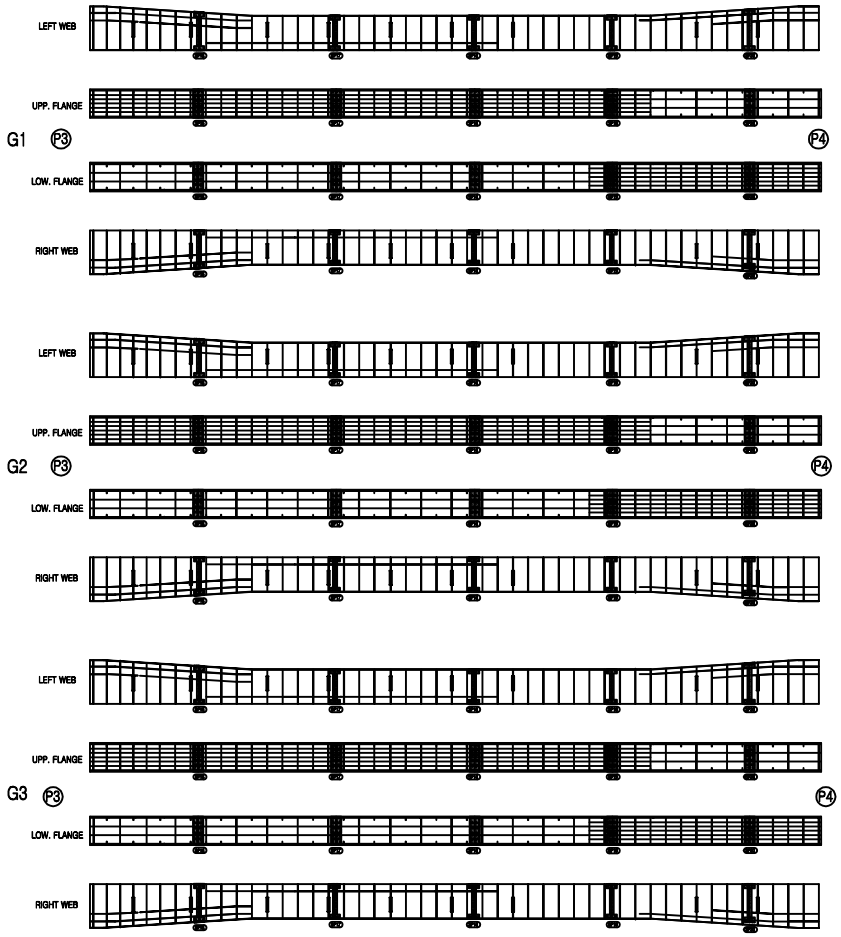
SECTION



손상물량표

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

가천교



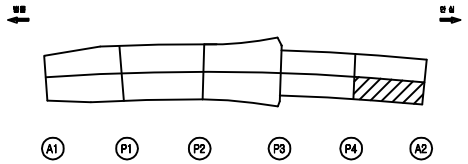
안심방향

손상범례

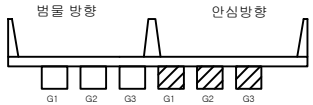
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S4 주형내부(G1~G3)	NO	025

KEY PLAN



SECTION

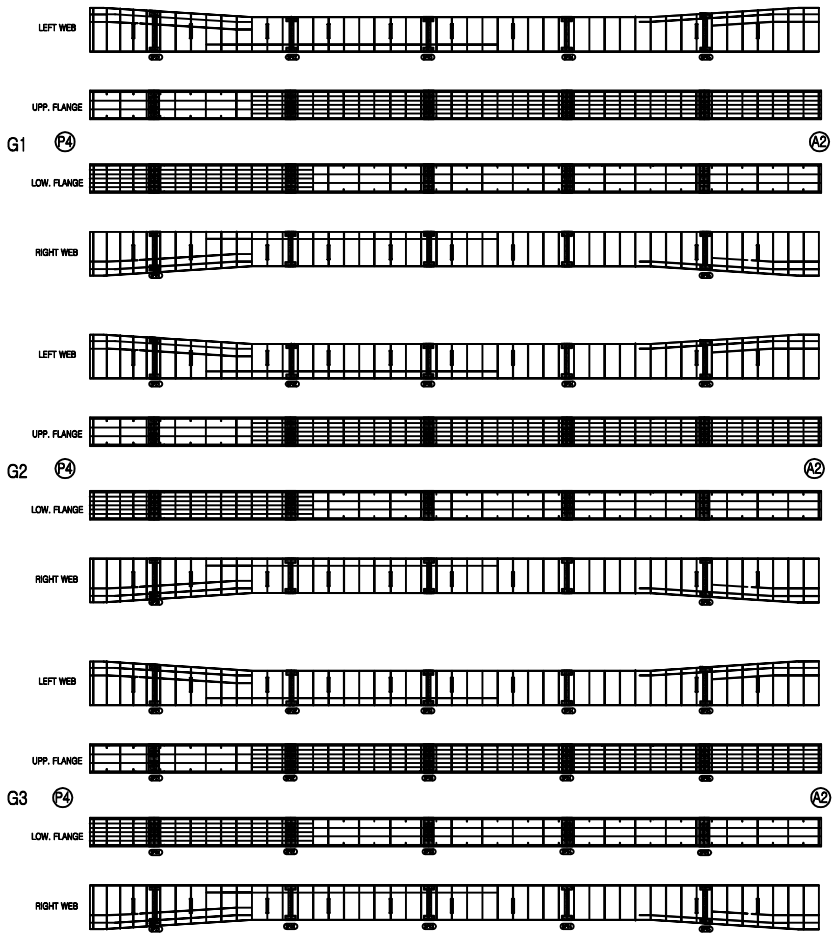


손상물량표

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

가천교

안심방향

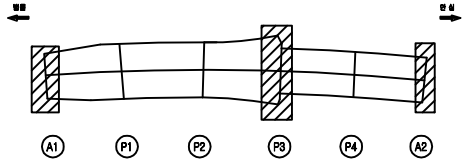


손상범례

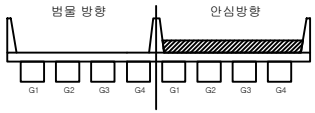
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	S5 주형내부(G1~G3)	NO	026

KEY PLAN



SECTION



손상물량표

번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	신축이음부	차수커버 볼트탈락	-	-	2	ea	2.0	볼트재체결
2	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.4	13	m	5.2	주의관찰
3	신축이음부	차수커버 볼트탈락	-	-	1	ea	1.0	볼트재체결
4	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.5	15	m	7.5	주의관찰
5	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.4	3	m	1.2	주의관찰
6	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.5	3	m	1.5	주의관찰
7	신축이음부	후타재 균열	0.1	0.4	3	m	1.2	신규
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

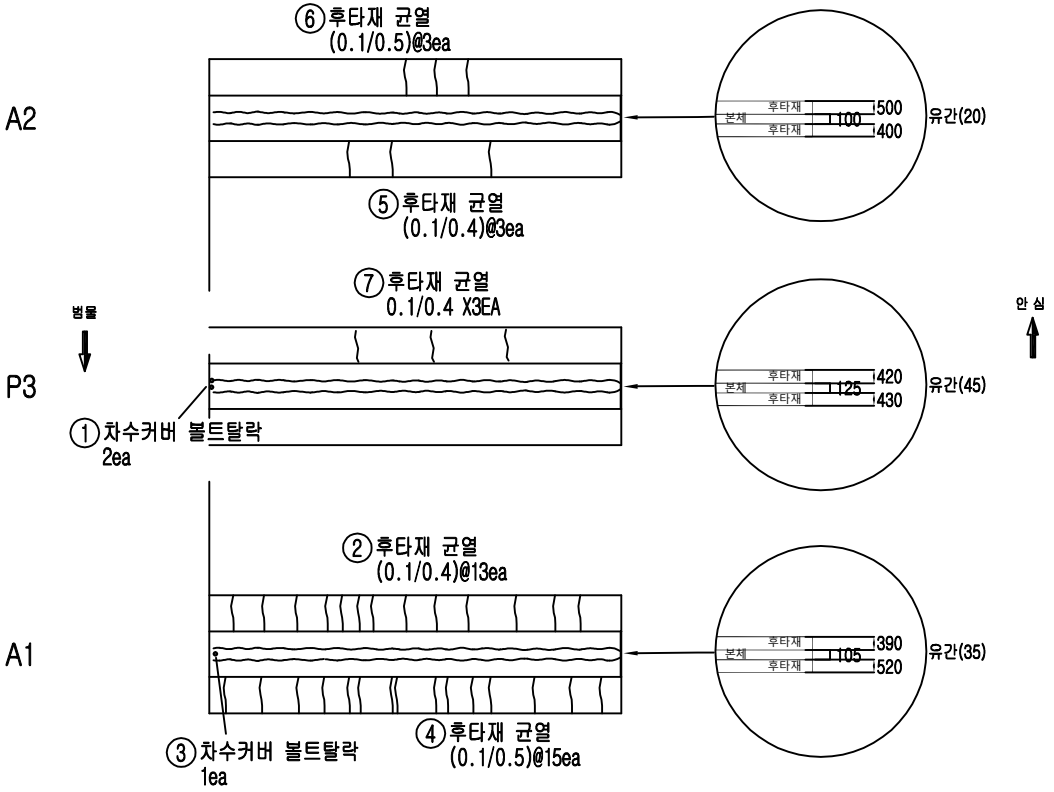
손상범례

구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

가천교

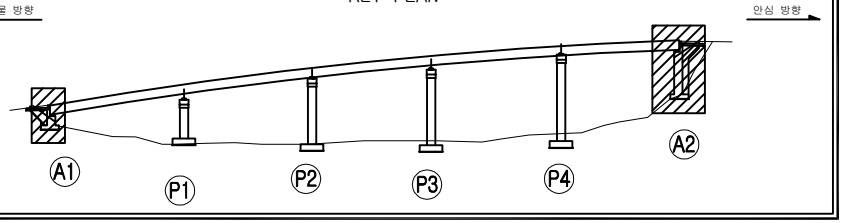
신축이음장치

안심방향

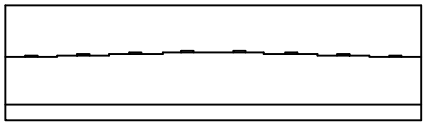


용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	신축이음장치(A1,A2,P3)	NO	027

KEY PLAN



SECTION

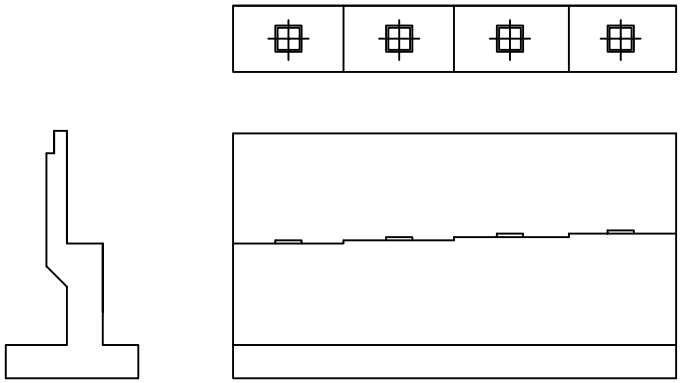


손상물량표

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

가천교

안심방향

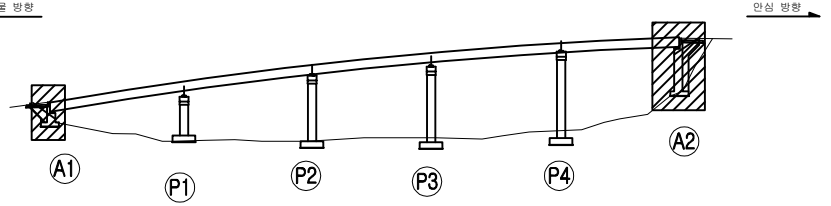


손상범례

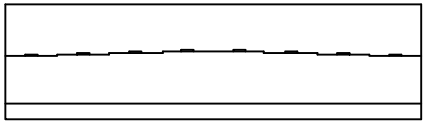
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교대 A1	NO	028

KEY PLAN



SECTION

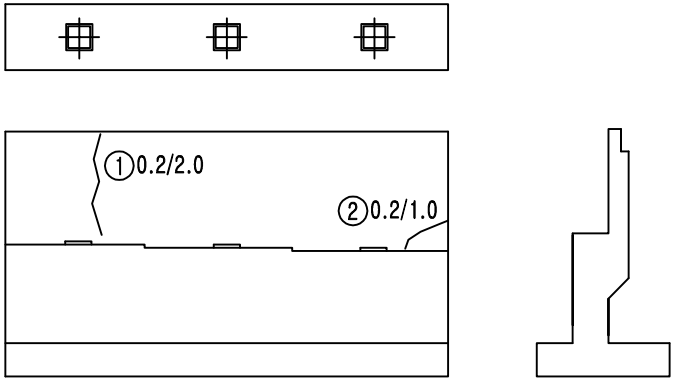


손상물량표

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

가천교

안심방향

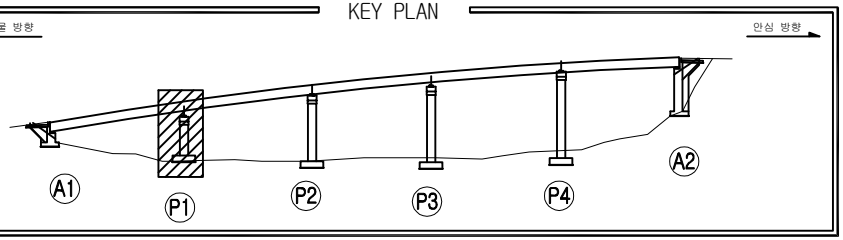


손상범례

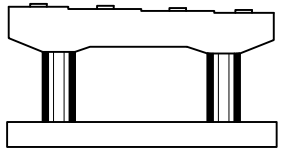
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교대 A2	NO	029

KEY PLAN



SECTION

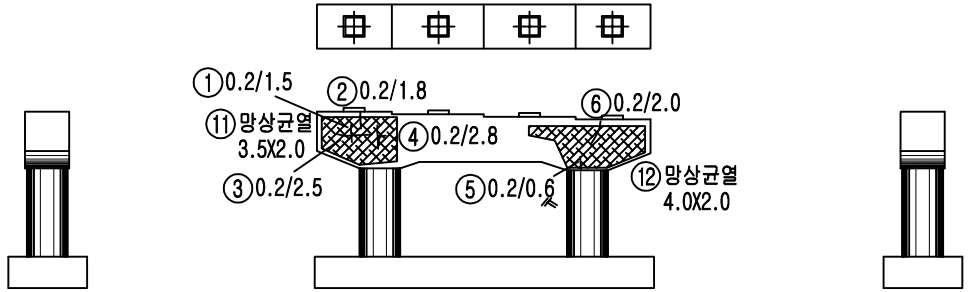


손상물량표

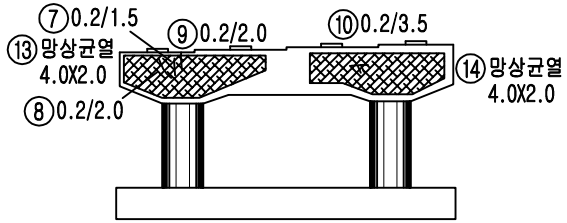
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	주의관찰
2	교각	균열	0.2	1.8	1	m	1.8	주의관찰
3	교각	균열	0.2	2.5	1	m	2.5	주의관찰
4	교각	균열	0.2	2.8	1	m	2.8	주의관찰
5	교각	균열	0.2	0.6	1	m	0.6	주의관찰
6	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
7	교각	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	주의관찰
8	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
9	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	주의관찰
10	교각	균열	0.2	3.5	1	m	3.5	주의관찰
11	교각	망상균열	3.5	2.0	1	㎡	7.0	신규
12	교각	망상균열	4.0	2.0	1	㎡	8.0	신규
13	교각	망상균열	4.0	2.0	1	㎡	8.0	신규
14	교각	망상균열	4.0	2.0	1	㎡	8.0	신규
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

안심방향



A1측



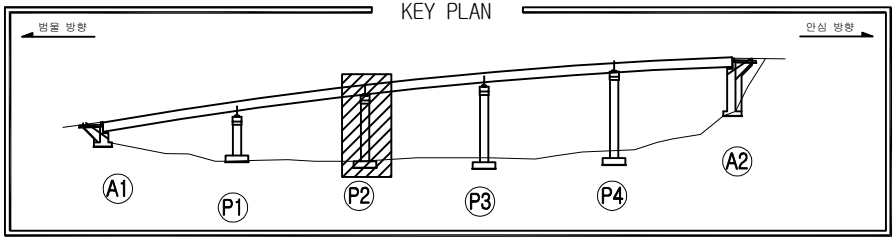
A2측

손상범례

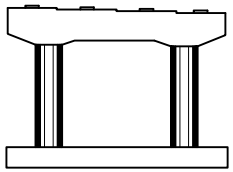
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P1	NO	030

KEY PLAN



SECTION

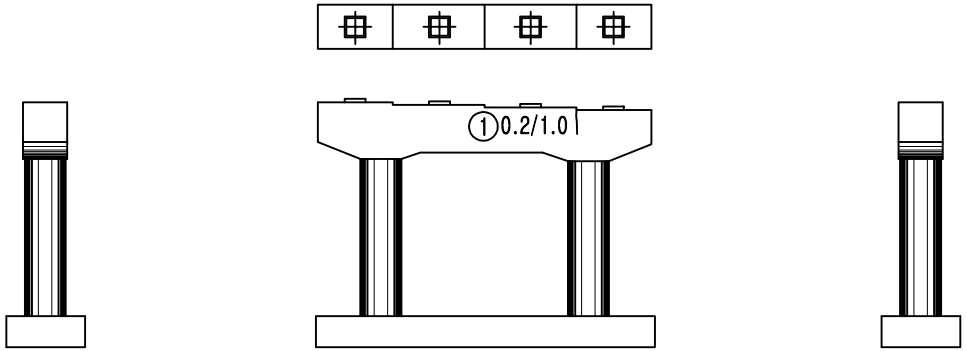


손상물량표

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

가천교

안심방향

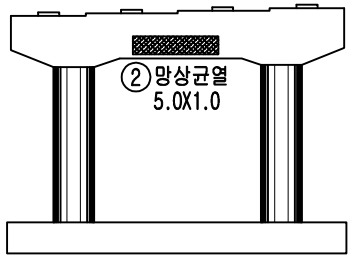


좌측면

안심 방향

A1측

우측면



안심 방향

A2측

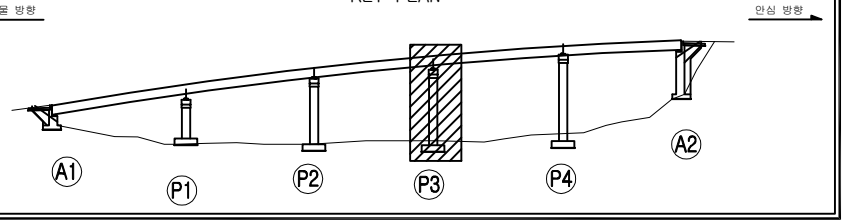
*기둥부,코핑부 망상균열(CW=0.1mm)이 전반적 발생

손상범례

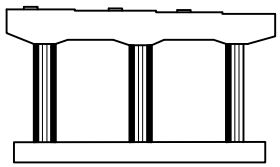
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P2	NO	031

KEY PLAN

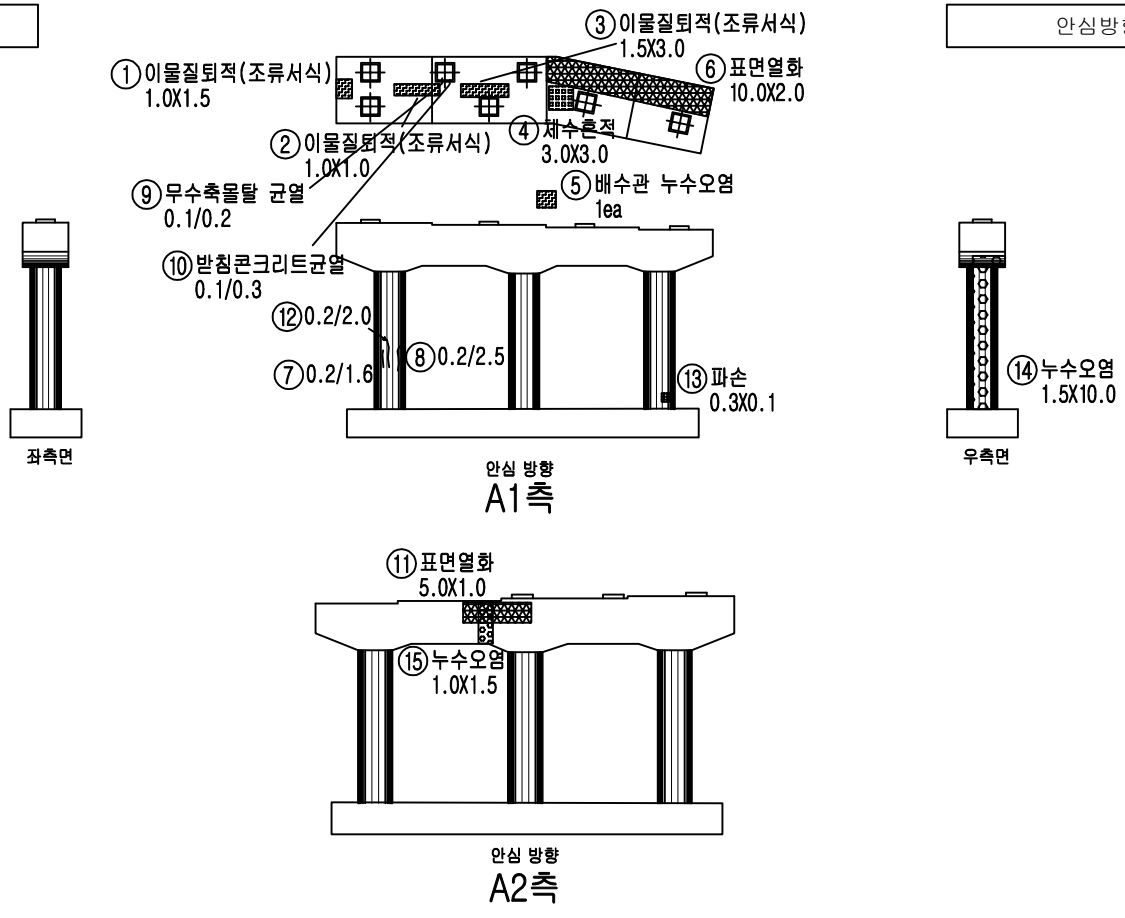


SECTION



가천교

안심방향



손상물량표

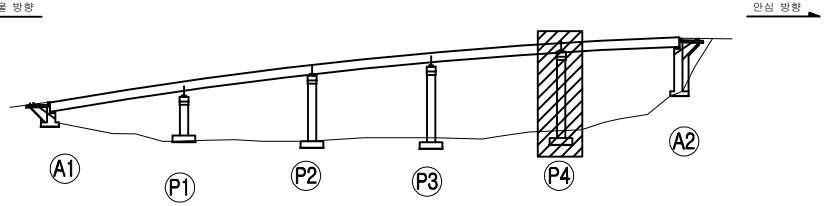
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	교각	이물질퇴적(조류서식)	1.0	1.5	1	㎡	1.5	정기적청소
2	교각	이물질퇴적(조류서식)	1.0	1.0	1	㎡	1.0	정기적청소
3	교각	이물질퇴적(조류서식)	1.5	3.0	1	㎡	4.5	정기적청소
4	교각	체수흔적	3.0	3.0	1	㎡	9.0	주의관찰
5	배수시설	배수관 누수오염	-	-	1	ea	1.0	주의관찰
6	교각	표면열화	10.0	2.0	1	㎡	20.0	주의관찰
7	교각	균열	0.2	1.6	1	m	1.6	주의관찰
8	교각	균열	0.2	2.5	1	m	2.5	주의관찰
9	받침장치	무수축몰탈균열	0.1	0.2	1	m	0.2	신규
10	받침장치	받침콘크리트 균열	0.1	0.3	1	m	0.3	신규
11	교각	표면열화	5.0	1.0	1	㎡	5.0	신규
12	교각	균열	0.2	2.0	1	m	2.0	신규
13	교각	파손	0.3	0.1	1	㎡	0.03	신규
14	교각	누수오염	1.5	10.0	1	㎡	15.0	신규
15	교각	누수오염	1.0	1.5	1	㎡	1.5	신규
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

손상범례

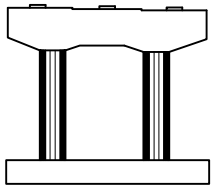
구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 결로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P3	NO	032

KEY PLAN



SECTION

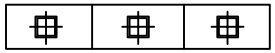


손상물량표

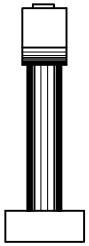
번호	위치	손상내용	손상물량					보수보강방안
			폭	길이	개소	단위	수량	
1	받침장치	받침콘크리트균열	0.1	0.3	1	m	0.3	주의관찰
2	교각	균열	0.2	1.5	1	m	1.5	신규
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

가천교

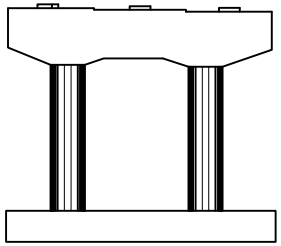
안심방향



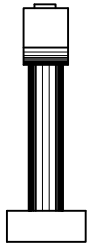
①받침콘크리트균열
0.1/0.3



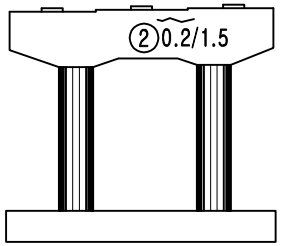
좌측면



안심 방향
A1측



우측면



안심 방향
A2측

손상범례

구 분	명 칭	구 분	명 칭
C.W 0.2	균열		백태, 겔로
	파손, 탈락, 박리, 박락		들뜸, 층분리
	철근노출		부식
	체수		배수구막힘
	이물질 퇴적		변형
	망상균열		열화
	재료분리		보수
	누수, 습윤부		기타

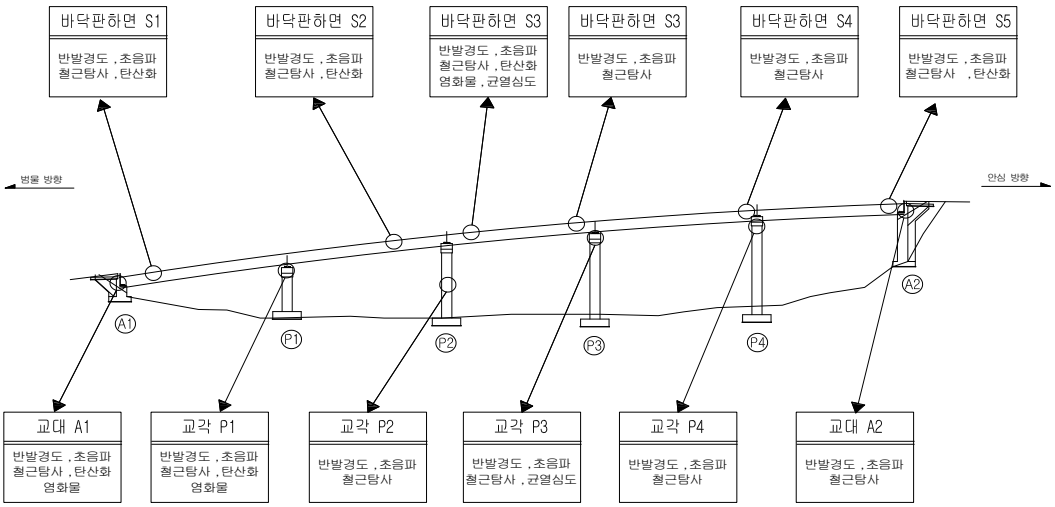
용역사	(주)명성엔지니어링	발주처	대구 동부순환도로 (주)	용역명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역	구간	가천교	위치	교각 P4	NO	033

3. 측정, 시험 성과표

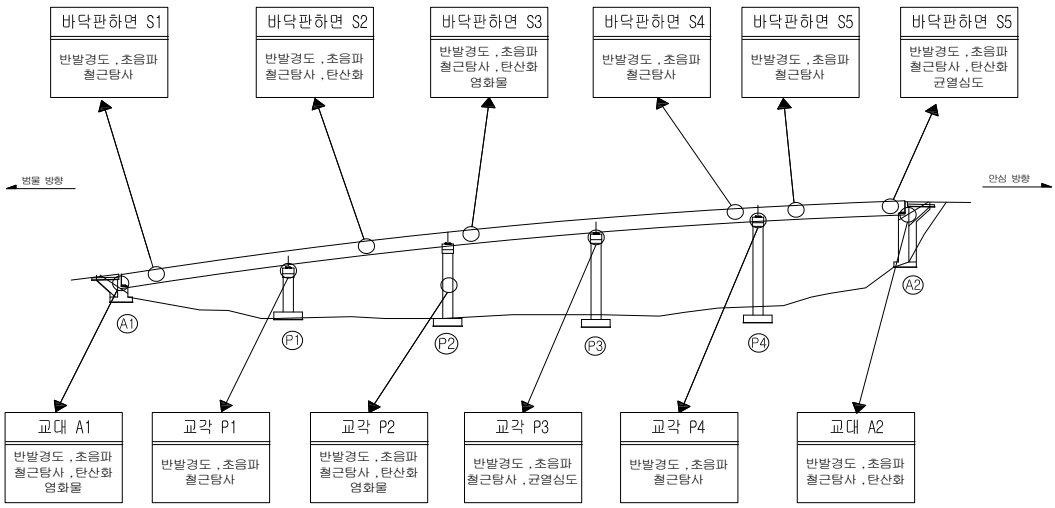
3.1 가천교

가천교 시험 보고서

재료시험 위치도



범물방향



안심방향

가천교 시험 보고서

시험현황 사진



반발경도 시험부위 면정리



반발경도시험



초음파속도 시험



탄산화 시험(드릴링)



탄산화 시험(버니어캘리퍼스)



철근탐사 시험 – 피복깊이 측정

가천교 반발경도시험 보고서

1. 시험조건	
구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 13. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=290.0m(50m+2@60m+2@60m), B=28.9~51.9m
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	12.2 ~ 21.3℃, 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	

가천교 초음파전달속도 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 13. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=290.0m(50m+2@60m+2@60m), B=28.9~51.9m
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	12.2 ~ 21.3℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태

2. 시험기기

구분	내용
측정기의 종류	Pundit
초음파전달시간 측정범위	0.1μs ~ 1999.9μs
투과거리	약 15m
정확도	±0.1μs

3. 시험 방법

①콘크리트 표면 요철 정리 등을 위한 글라인더를 이용하여 표면연마

②Matker 등에 의한 측정점의 표시(10cm간격, 총50cm)

③진동자와 측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착

④진동자 배치방법에 따른 전달속도 측정

4. 시험결과

시험 성과표 참조

가천교 탄산화 시험 보고서

1. 시험조건	
구분	내용
구조물 명칭	가천교
구조물 경과 년수	준공 후 20년 경과
시험 일자	일자 : 2022. 4. 13. 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(㎜)를 측정, 평균값 산정

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

가천교 철근탐사 시험 보고서

1. 시험조건

구분	내용
시험 일자 및 시간	일자 : 2022. 4. 13. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험시의 온도	12.2 ~ 21.3℃
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	교량(STB) L=290.0m(50m+2@60m+2@60m), B=28.9~51.9m
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)

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

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

반발경도 시험 성과표

(단위 : MPa)

과 업 명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역			
측정년월일	2022년 4월			
강도추정식	기존의 추정식	공식 1	F_{28} = 1.27*Ro - 18.0	일본재료학회식
		공식 2	F_{28} = (7.3*Ro + 100)*0.098	일본건축학회식

위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R 측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R	타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도 Fc		재령 보정 일	재령 보정 αn	재령보정 추정강도 Fcαn
S1	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	55	55	56	52	50	54.2	-2.77	51.4	공식1	47.3	3000 일 이상	0.63	29.8
			55	55	58	56	56				공식2	46.6			29.3
			53	55	52	54	54								
			55	52	52	58	50								
S2	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	55	54	56	55	58	54.5	-2.75	51.7	공식1	47.7	3000 일 이상	0.63	30.0
			58	58	58	54	53				공식2	46.8			29.5
			54	54	56	58	56								
			50	48	50	50	54								
S3	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	50	54	58	56	56	54.2	-2.76	51.4	공식1	47.3	3000 일 이상	0.63	29.8
			51	53	55	52	55				공식2	46.6			29.4
			50	52	55	54	54								
			53	55	58	58	55								
S3	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	53	54	56	56	56	54.4	-2.76	51.6	공식1	47.5	3000 일 이상	0.63	29.9
			50	58	51	58	56				공식2	46.7			29.4
			54	52	55	51	55								
			51	53	58	58	52								
S4	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	52	54	58	55	54	54.3	-2.76	51.5	공식1	47.4	3000 일 이상	0.63	29.9
			54	50	55	55	55				공식2	46.6			29.4
			50	56	54	54	53								
			58	54	54	55	55								
S5	바닥판하면 캔틸레버 범물방향	90	58	53	51	55	51	54.4	-2.76	51.6	공식1	47.5	3000 일 이상	0.63	29.9
			56	51	58	56	55				공식2	46.7			29.4
			58	58	60	50	50								
			55	51	54	52	55								

반발경도 시험 성과표

(단위 : MPa)

과 업 명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역			
측정년월일	2022년 4월			
강도추정식	기존의 추정식	공식 1	F_{28} = 1.27*Ro - 18.0	일본재료학회식
		공식 2	F_{28} = (7.3*Ro + 100)*0.098	일본건축학회식

위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R 측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R	타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도 Fc		재령 보정 일	재령 보정 αn	재령보정 추정강도 Fcαn
A1	교대 범물방향	0	47	46	46	48	48	49.2	0.00	49.2	공식1	44.4	3000 일 이상	0.63	28.0
			51	48	51	57	50				공식2	45.0			28.3
			46	44	48	48	48								
			50	50	51	53	53								
A2	교대 범물방향	0	46	46	49	44	50	48.5	0.00	48.5	공식1	43.6	3000 일 이상	0.63	27.5
			50	49	52	48	48				공식2	44.5			28.0
			49	50	56	47	49								
			48	47	42	48	52								
P1	교각 코핑부 범물방향	0	47	50	50	50	43	47.4	0.00	47.4	공식1	42.1	3000 일 이상	0.63	26.5
			50	49	48	48	48				공식2	43.7			27.5
			25	40	40	40	40								
			52	58	56	57	54								
P2	교각 기둥부 범물방향	0	52	52	46	48	48	47.0	0.00	47.0	공식1	41.7	3000 일 이상	0.63	26.3
			48	40	48	48	44				공식2	43.4			27.4
			44	42	52	46	40								
			52	52	50	44	44								
P3	교각 기둥부 범물방향	0	52	52	48	48	48	47.1	0.00	47.1	공식1	41.8	3000 일 이상	0.63	26.3
			48	48	46	44	42				공식2	43.5			27.4
			46	48	48	50	42								
			48	48	46	42	48								
P4	교각 코핑부 범물방향	0	49	48	50	51	48	50.4	0.00	50.4	공식1	45.9	3000 일 이상	0.63	28.9
			53	50	50	53	47				공식2	45.8			28.9
			50	53	51	53	48								
			47	54	53	49	50								

반발경도 시험 성과표

(단위 : MPa)

과 업 명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역			
측정년월일	2022년 4월			
강도추정식	기존의 추정식	공식 1	F_{28} = 1.27*Ro - 18.0	일본재료학회식
		공식 2	F_{28} = (7.3*Ro + 100)*0.098	일본건축학회식

위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R 측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R	타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도 Fc		재령 보정 일	재령 보정 αn	재령보정 추정강도 Fcαn
S1	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	56	54	54	54	52	54.6	-2.73	51.9	공식1	47.9	3000 일 이상	0.63	30.2
			58	58	58	52	54				공식2	46.9			29.6
			52	52	52	52	58								
			55	56	56	56	53								
S2	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	58	50	53	55	58	54.3	-2.76	51.6	공식1	47.5	3000 일 이상	0.63	29.9
			50	48	40	58	52				공식2	46.7			29.4
			56	56	58	58	58								
			50	50	50	58	56								
S3	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	50	55	56	56	56	54.6	-2.74	51.8	공식1	47.8	3000 일 이상	0.63	30.1
			55	52	55	52	55				공식2	46.9			29.5
			50	50	56	58	51								
			58	56	56	56	58								
S4	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	53	58	54	54	54	54.4	-2.75	51.7	공식1	47.6	3000 일 이상	0.63	30.0
			58	58	54	54	54				공식2	46.8			29.5
			54	52	56	51	56								
			51	53	56	56	52								
S5	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	50	52	58	58	60	54.5	-2.74	51.8	공식1	47.7	3000 일 이상	0.63	30.1
			56	60	54	54	52				공식2	46.8			29.5
			52	52	52	52	52								
			56	52	56	56	56								
S5	바닥판하면 캔틸레버 인심방향	90	44	47	44	53	54	54.7	-2.72	52.0	공식1	48.0	3000 일 이상	0.63	30.2
			56	54	61	57	57				공식2	47.0			29.6
			58	54	60	58	55								
			56	57	59	55	55								

반발경도 시험 성과표

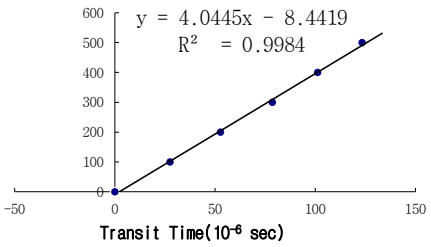
(단위 : MPa)

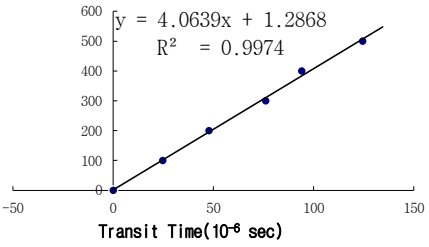
과 업 명	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역			
측정년월일	2022년 4월			
강도추정식	기존의 추정식	공식 1	F_{28} = 1.27*Ro - 18.0	일본재료학회식
		공식 2	F_{28} = (7.3*Ro + 100)*0.098	일본건축학회식

위 치	측정 부재	타격 방향 α	반발도 R 측정치 (평균치의±20% 제외)					평균치 R	타격 방향 보정 ΔR	기준 반발도 (R+ΔR) Ro	환산강도 Fc		재령 보정 일	재령 보정 αn	재령보정 추정강도 Fcαn
A1	교대 안심방향	0	48	37	39	55	59	47.9	0.00	47.9	공식1	42.9	3000 일 이상	0.63	27.0
			50	50	48	48	48				공식2	44.1			27.8
			48	48	49	44	44								
			47	50	52	49	46								
A2	교대 안심방향	0	43	52	49	48	49	49.2	0.00	49.2	공식1	44.4	3000 일 이상	0.63	28.0
			54	48	48	52	45				공식2	45.0			28.3
			52	49	49	49	45								
			48	47	52	52	52								
P1	교각 코핑부 안심방향	0	46	48	59	49	49	47.6	0.00	47.6	공식1	42.5	3000 일 이상	0.63	26.8
			48	48	48	46	46				공식2	43.9			27.6
			50	48	46	47	47								
			44	48	47	50	50								
P2	교각 기둥부 안심방향	0	50	50	50	46	43	47.6	0.00	47.6	공식1	42.4	3000 일 이상	0.63	26.7
			46	47	48	48	48				공식2	43.8			27.6
			46	46	48	48	48								
			48	48	48	48	47								
P3	교각 기둥부 안심방향	0	48	50	50	50	50	47.6	0.00	47.6	공식1	42.4	3000 일 이상	0.63	26.7
			50	45	49	48	50				공식2	43.8			27.6
			52	48	46	46	48								
			45	42	42	46	46								
P4	교각 코핑부 안심방향	0	46	49	46	50	48	48.0	0.00	48.0	공식1	42.9	3000 일 이상	0.63	27.0
			48	48	49	51	47				공식2	44.1			27.8
			47	49	47	50	48								
			49	47	45	49	46								

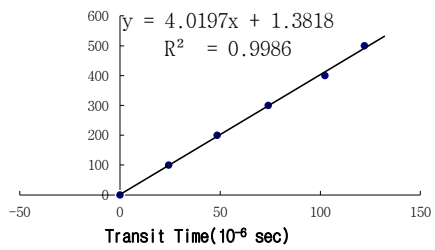
가천교Pulse Velocity Data Sheet(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

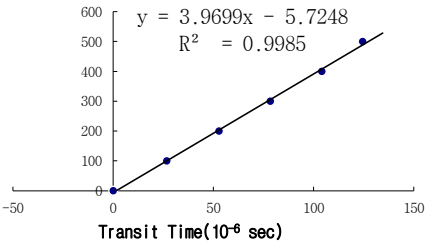
시험위치	바닥판하면 S1(안심)	시험위치	바닥판하면 S2(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
27.5	100	24.7	100
52.7	200	47.8	200
78.6	300	76.1	300
101.2	400	94.1	400
123.4	500	124.5	500
V_i=	4.044	V_i=	4.063
V_d=	4.246	V_d=	4.266
추정 압축강도(S_{ck})	28.7(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	29.1(식1)
	31(식2)		31.2(식2)



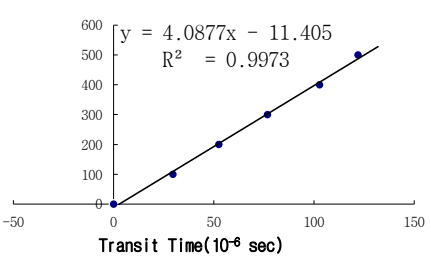


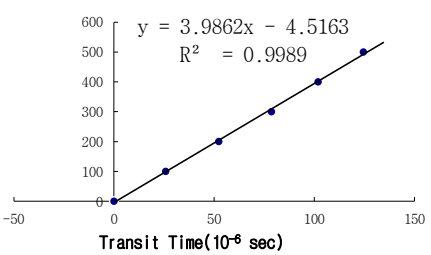
시험위치	바닥판하면 S3(안심)	시험위치	바닥판하면 S4(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
24.3	100	26.7	100
48.5	200	52.8	200
74.0	300	78.4	300
102.3	400	104.1	400
122.0	500	124.5	500
V_i=	4.019	V_i=	3.969
V_d=	4.220	V_d=	4.167
추정 압축강도(S_{ck})	28.2(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	27(식1)
	30.7(식2)		30.2(식2)





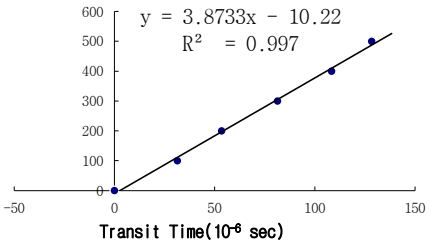
시험위치	바닥판하면 S5(안심)	시험위치	바닥판하면 S5(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
29.6	100	25.8	100
52.5	200	52.3	200
76.8	300	78.6	300
102.8	400	101.9	400
122.0	500	124.5	500
V_i=	4.087	V_i=	3.986
V_d=	4.291	V_d=	4.185
추정 압축강도(S_{ck})	29.7(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	27.4(식1)
	31.4(식2)		30.4(식2)

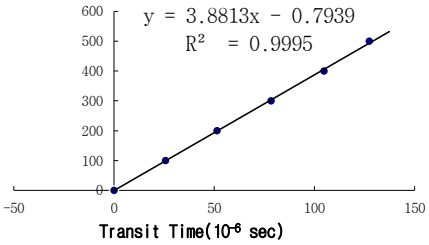




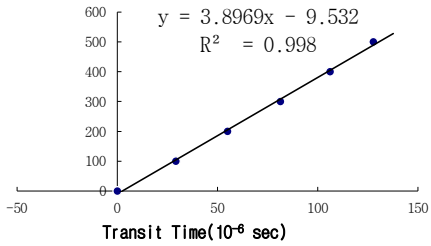
가천교Pulse Velocity Data Sheet(Vi : Indirect Pluse Velocity, Vd : Direct Pluse Velocity)

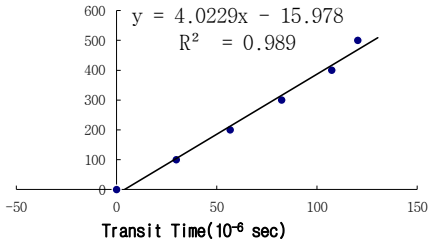
시험위치	교대 A1(안심)	시험위치	교대 A2(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
31.4	100	25.7	100
53.5	200	51.4	200
81.4	300	78.4	300
108.4	400	104.8	400
128.4	500	127.4	500
V_i=	3.873	V_i=	3.881
V_d=	4.067	V_d=	4.075
추정 압축강도(S_{ck})	24.9(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	25.1(식1)
	29.2(식2)		29.3(식2)



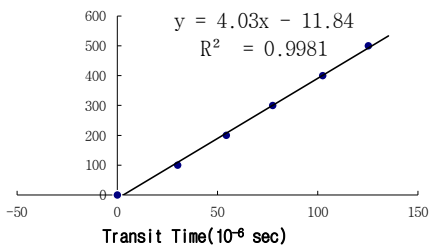


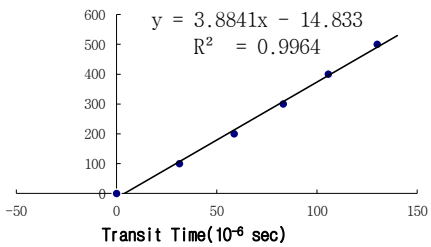
시험위치	교각 P1(안심)	시험위치	교각 P2(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
29.2	100	29.8	100
55.0	200	56.7	200
81.4	300	82.4	300
106.2	400	107.4	400
127.8	500	120.4	500
V_i=	3.896	V_i=	4.022
V_d=	4.091	V_d=	4.223
추정 압축강도(S_{ck})	25.4(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	28.2(식1)
	29.4(식2)		30.7(식2)





시험위치	교각 P3(안심)	시험위치	교각 P4(안심)
X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)	X : 전달시간 (msec)	Y : 전달거리 (mm)
0	0	0	0
30.1	100	31.4	100
54.4	200	58.7	200
77.5	300	83.2	300
102.5	400	105.7	400
125.3	500	130.1	500
V_i=	4.03	V_i=	3.884
V_d=	4.232	V_d=	4.078
추정 압축강도(S_{ck})	28.4(식1)	추정 압축강도(S_{ck})	25.2(식1)
	30.8(식2)		29.3(식2)





탄 산 화 시 험

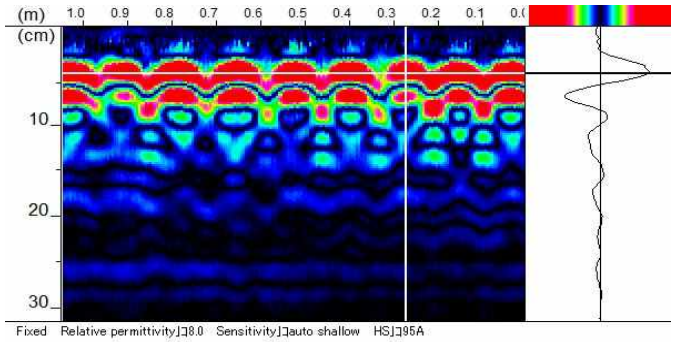
구분	부재	연번	위치	측정피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태 등급	수명 예측 (년)	잔존 수명예측 (년)	경과 년수	탄산화 계수
가천교 (범물방향)	상부구조	1	바닥판 S1	40.0	11.0	29.0	b	264	244	20	2.460
		2	바닥판 S2	40.0	10.0	30.0	a	320	300	20	2.236
		3	바닥판 S3	35.0	10.0	25.0	b	245	225	20	2.236
		4	바닥판 S5	35.0	13.0	22.0	b	145	125	20	2.907
		최대값		40.0	13.0	30.0					
		최소값		35.0	10.0	22.0					
		평균(부재별)		37.5	11.0	26.5					
	하부구조	1	교대 A1 구체	52.0	11.0	41.0	a	447	427	20	2.460
		2	교각 P1 코핑	100.0	9.0	91.0	a	2469	2449	20	2.012
		최대값		100.0	11.0	91.0					
		최소값		52.0	9.0	41.0					
		평균(부재별)		76.0	10.0	66.0					

탄 산 화 시 험

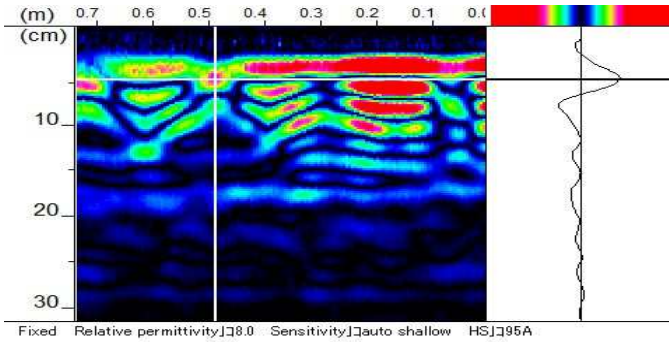
구분	부재	연번	위치	측정피복 (mm)	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태 등급	수명 예측 (년)	잔존 수명예측 (년)	경과 년수	탄산화 계수
가천교 (안심방향)	상부구조	1	바닥판 S2	40.0	12.0	28.0	b	222	202	20	2.683
		2	바닥판 S3	47.0	11.0	36.0	a	365	345	20	2.460
		3	바닥판 S5	45.0	13.0	32.0	a	240	220	20	2.907
		최대값		47.0	13.0	36.0					
		최소값		40.0	11.0	28.0					
		평균(부재별)		44.0	12.0	32.0					
	하부구조	1	교대 A1 흉벽	50.0	10.0	40.0	a	500	480	20	2.236
		2	교대 A2 흉벽	48.0	10.0	38.0	a	461	441	20	2.236
		3	교각 P2 기둥	80.0	7.0	73.0	a	2612	2592	20	1.565
		최대값		80.0	10.0	73.0					
		최소값		48.0	7.0	38.0					
		평균(부재별)		59.3	9.0	50.3					

가천교 철근탐사 Data

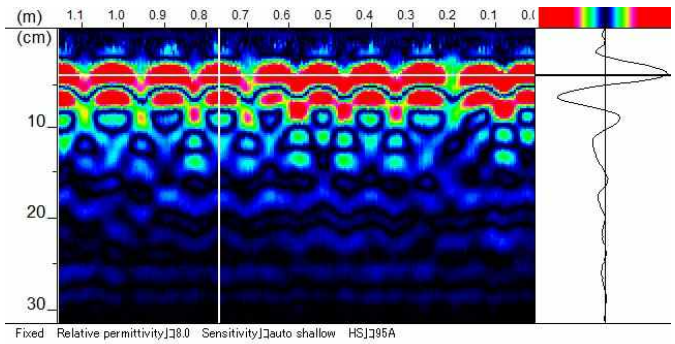
NO.1	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@124
		S1 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	40mm



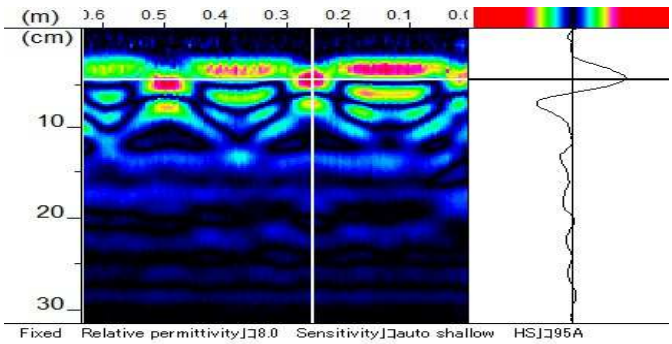
NO.2	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@210
		S1 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	45mm



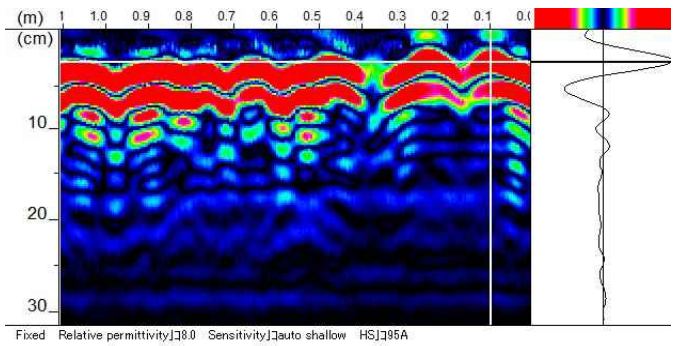
NO.3	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		S2 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	40mm



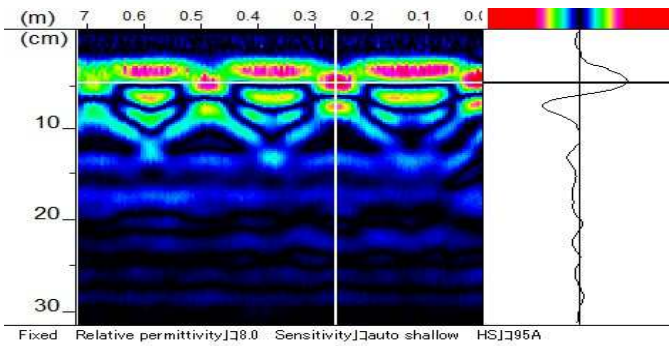
NO.4	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@235
		S2 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	45mm



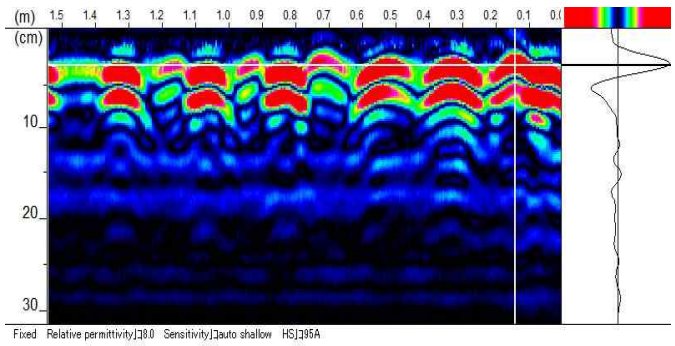
NO.5	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		S3 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	35mm



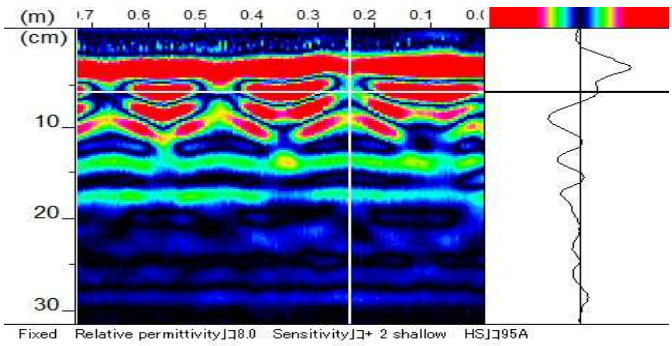
NO.6	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@223
		S3 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	47mm



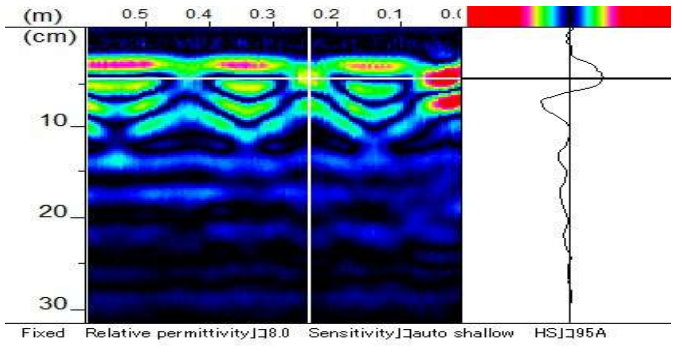
NO.7	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@240
		S3 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	35mm



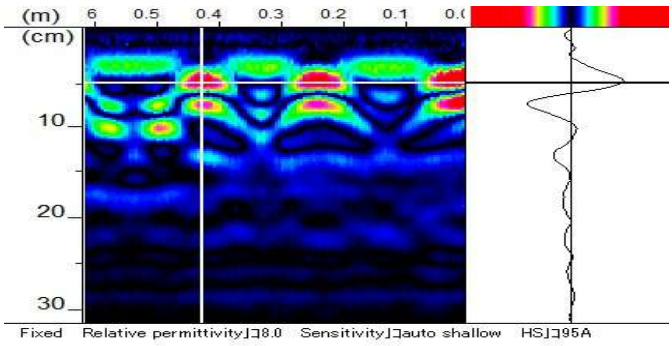
NO.8	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@210
		S3 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	55mm



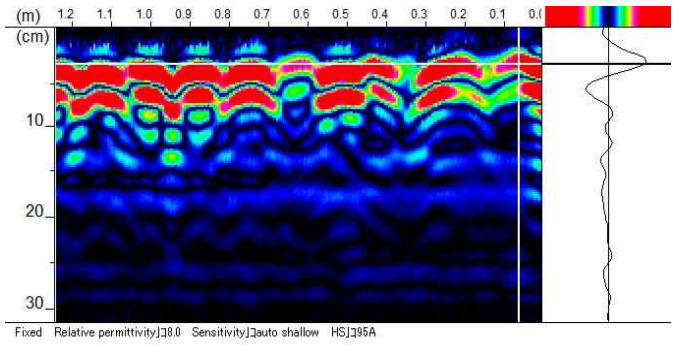
NO.9	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@200
		S4 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	45mm



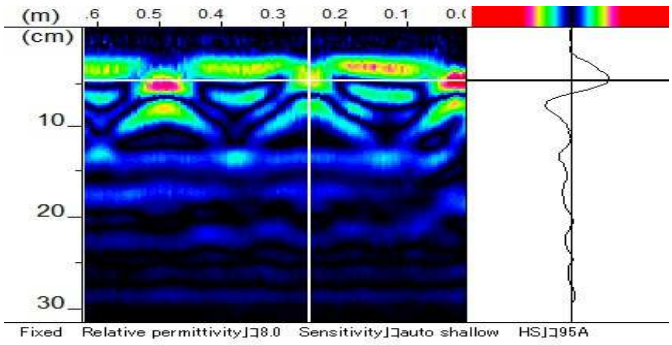
NO.10	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@205
		S4 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	50mm



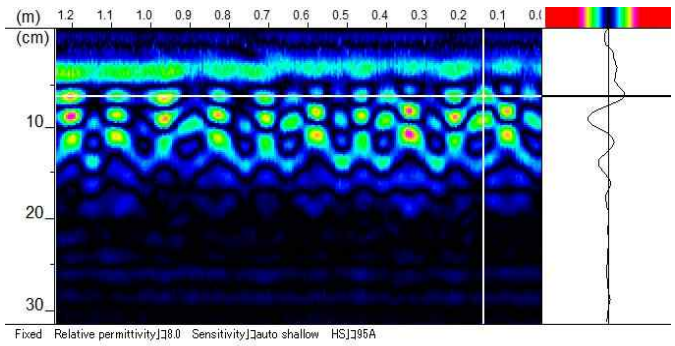
NO.11	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@130
		S5 바닥판하면 주근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	35mm



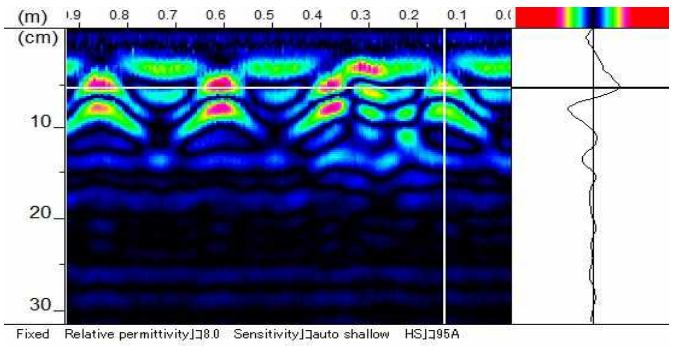
NO.12	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@238
		S5 바닥판하면 배력근(범물)	피복 두께	설계	40mm
				실측	44mm



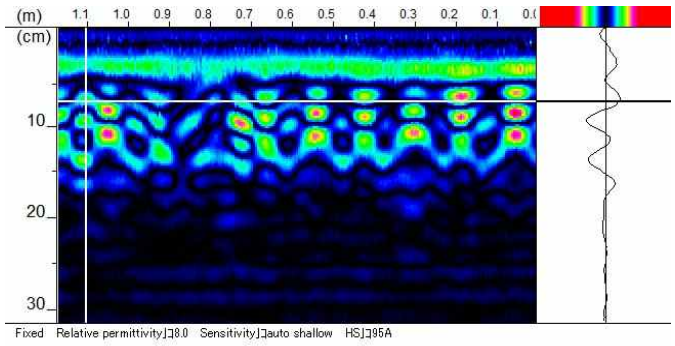
NO.13	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@124
		A1 교대 수직근(범물)	피복 두께	설계	50mm
				실측	62mm



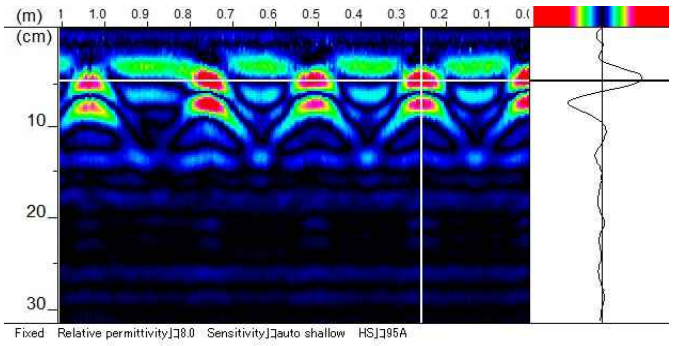
NO.14	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@238
		A1 교대 수평근(범물)	피복 두께	설계	50mm
				실측	52mm



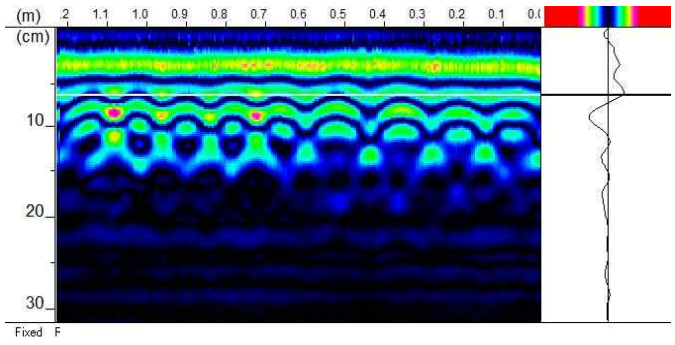
NO.15	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		A2 교대 수직근(범물)	피복 두께	설계	50mm
				실측	69mm



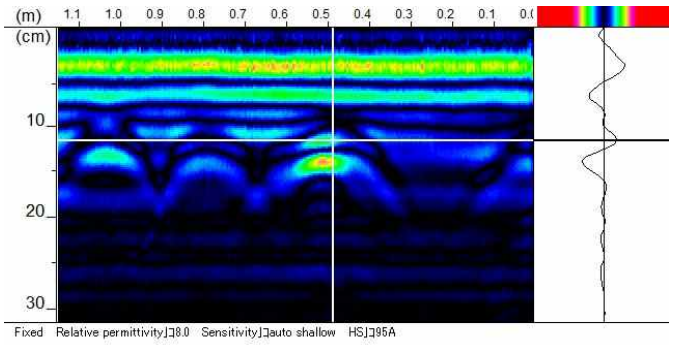
NO.16	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@250
		A2 교대 수평근(범물)	피복 두께	설계	50mm
				실측	50mm



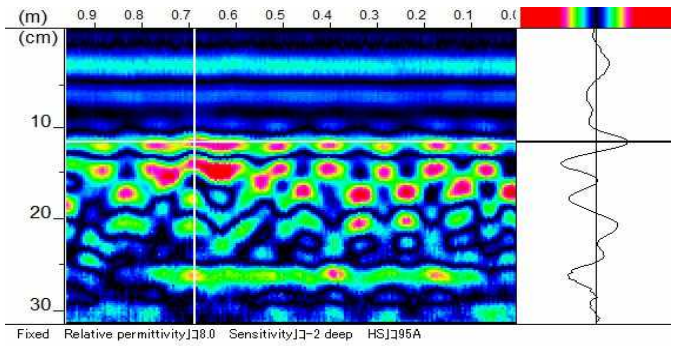
NO.17	위치	가천교	배근 간격	설계	@150
				실측	@130
		P1 코핑 수직근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	100mm



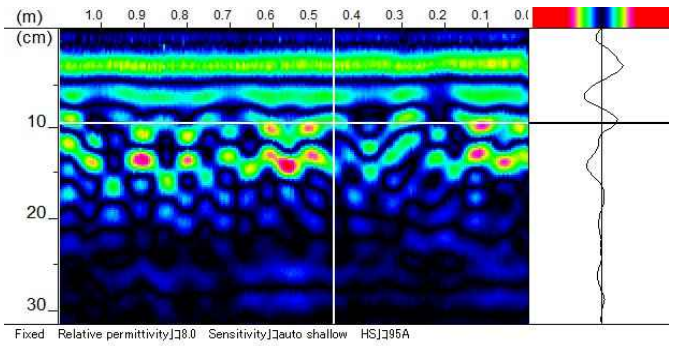
NO.18	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@250
		P1 코핑 수평근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	114mm



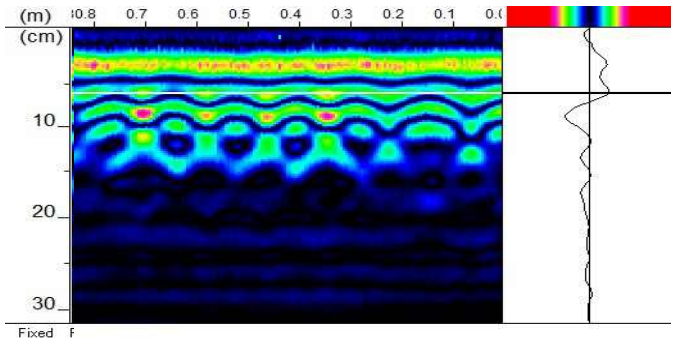
NO.19	위치	가천교	배근 간격	설계	@118
				실측	@117
		P2 기둥 수직근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	114mm



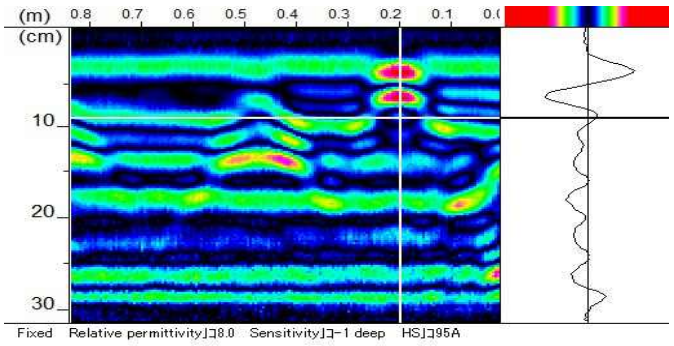
NO.20	위치	가천교	배근 간격	설계	@200
				실측	@150
		P2 기둥 수평근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	100mm



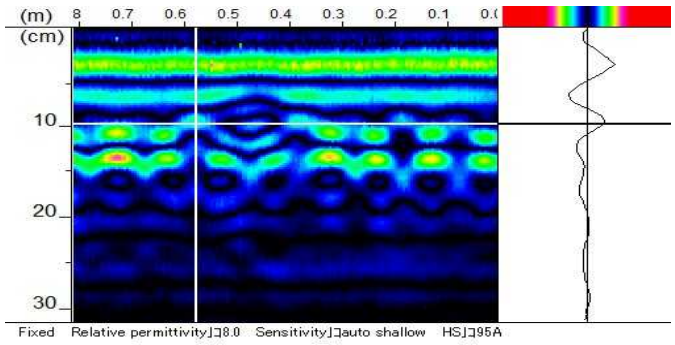
NO.21	위치	가천교	배근 간격	설계	@200
				실측	@180
		P3 코핑 수직근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



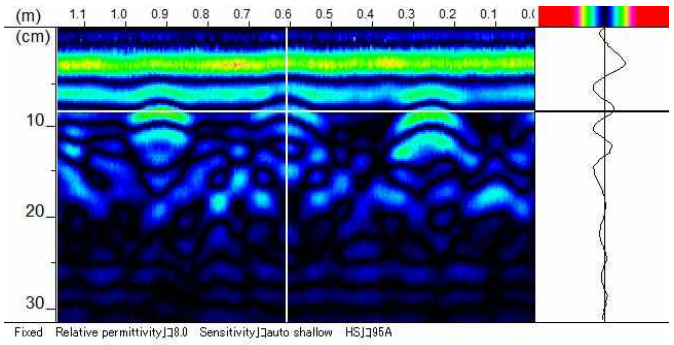
NO.22	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@250
		P3 코핑 수평근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



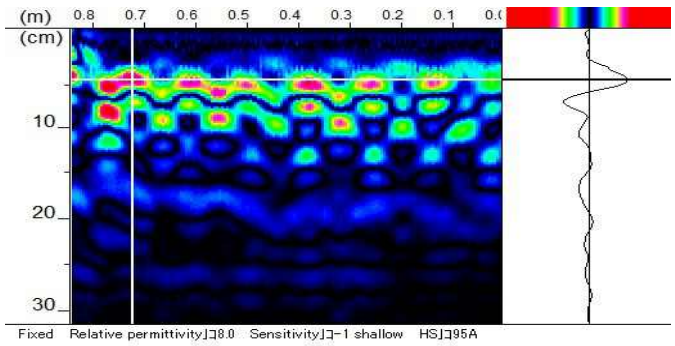
NO.23	위치	가천교	배근 간격	설계	@150
				실측	@110
		P4 코핑 수직근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	100mm



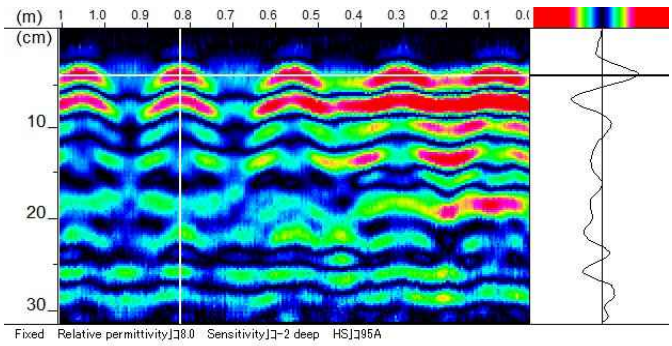
NO.24	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@300
		P4 코핑 수평근(범물)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



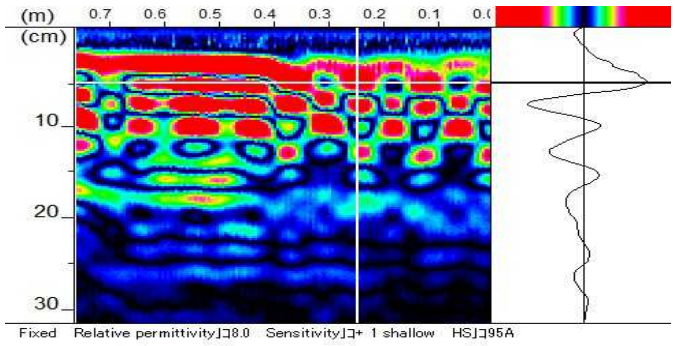
NO.1	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@117
		S1 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	41mm



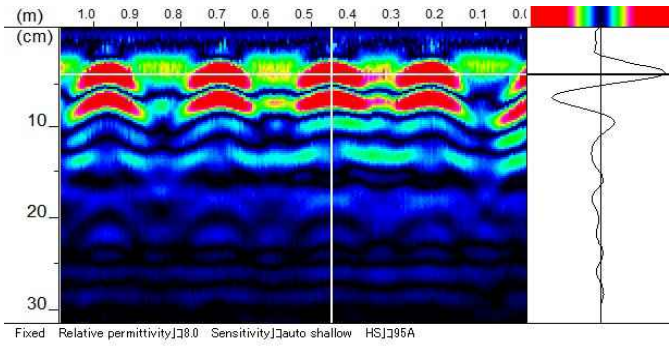
NO.2	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@240
		S1 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	40mm



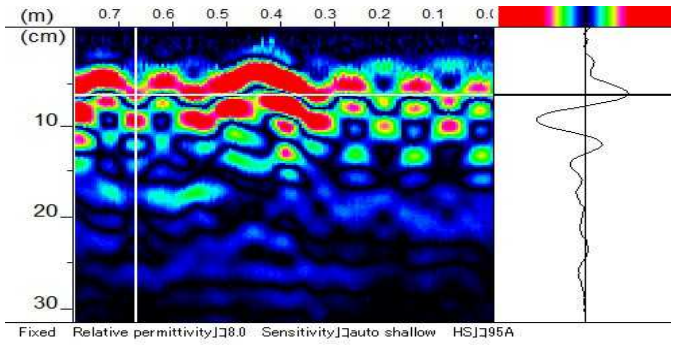
NO.3	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@117
		S2 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	47mm



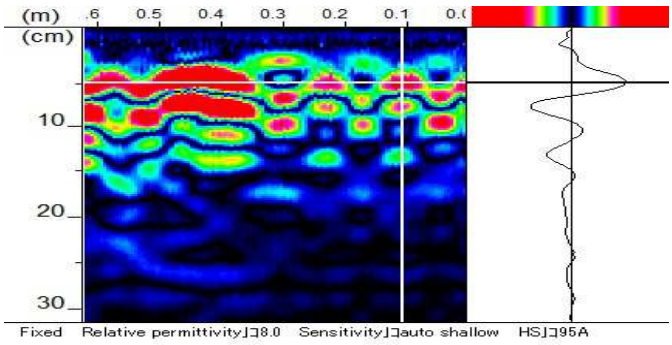
NO.4	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@240
		S2 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	40mm



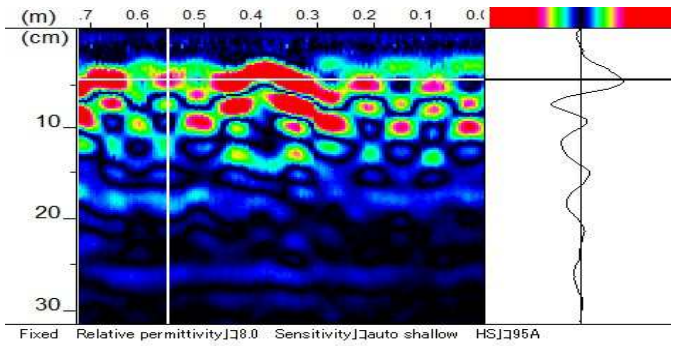
NO.5	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		S3 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	50mm



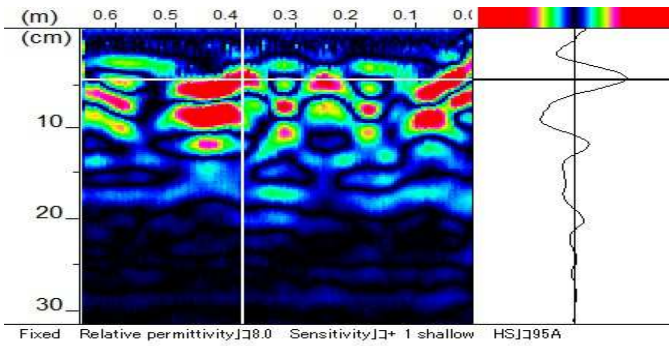
NO.6	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@180
		S3 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	47mm



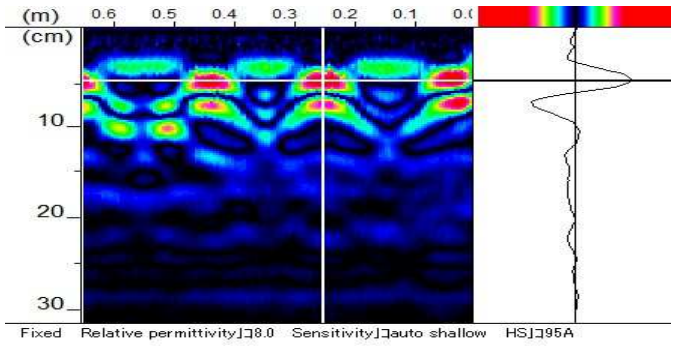
NO.7	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@115
		S4 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	49mm



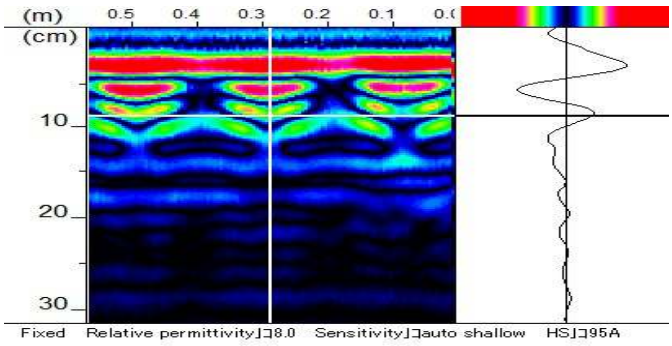
NO.8	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@183
		S4 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	48mm



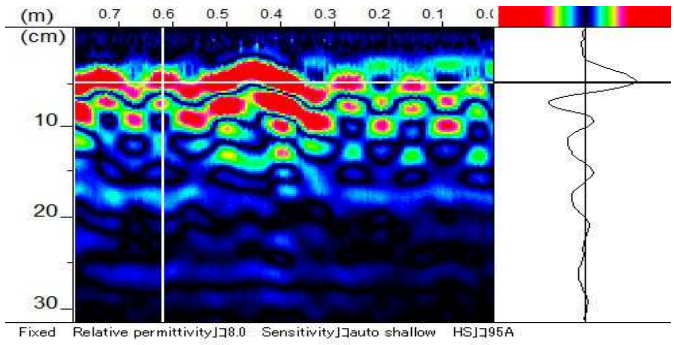
NO.9	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@200
		S5 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	44mm



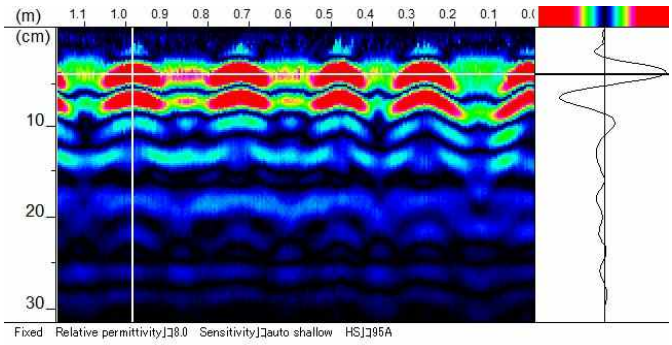
NO.10	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@203
		S5 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	50mm



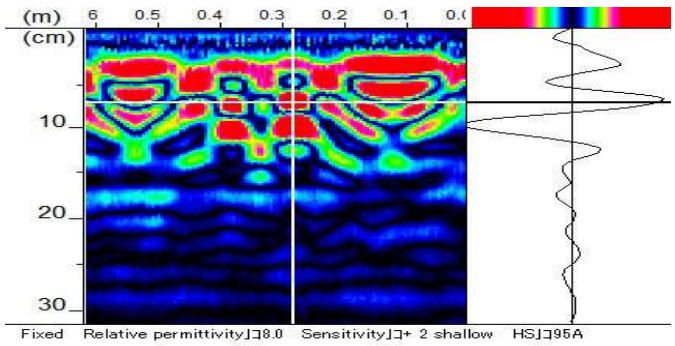
NO.11	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		S5 바닥판하면 주근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	47mm



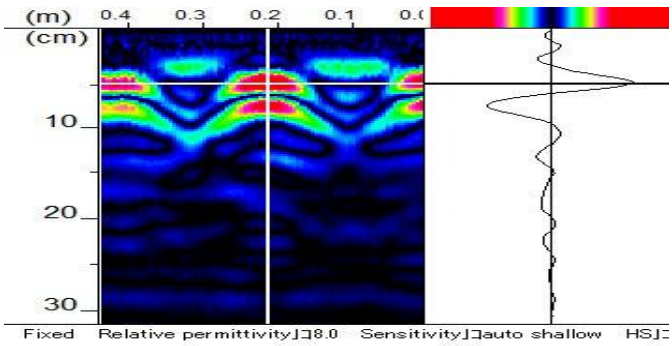
NO.12	위치	가천교	배근 간격	설계	@240
				실측	@238
		S5 바닥판하면 배력근(안심)	피복 두께	설계	40mm
				실측	45mm



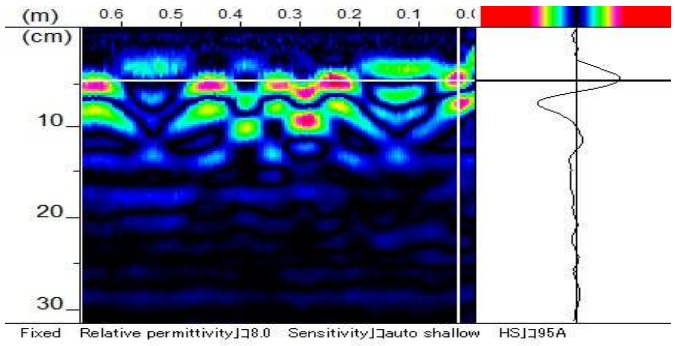
NO.13	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@125
		A1 교대 수직근(안심)	피복 두께	설계	50mm
				실측	60mm



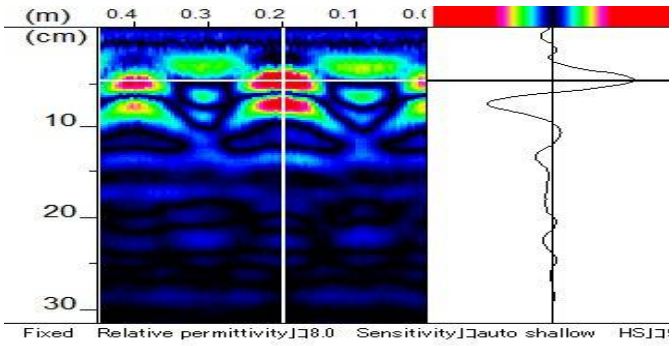
NO.14	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@205
		A1 교대 수평근(안심)	피복 두께	설계	50mm
				실측	60mm



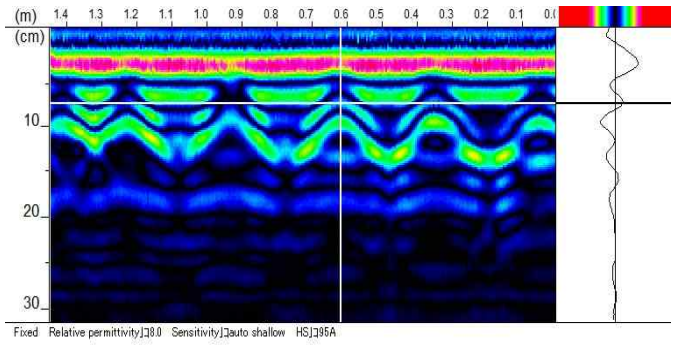
NO.15	위치	가천교	배근 간격	설계	@125
				실측	@150
		A2 교대 수직근(안심)	피복 두께	설계	50mm
				실측	50mm



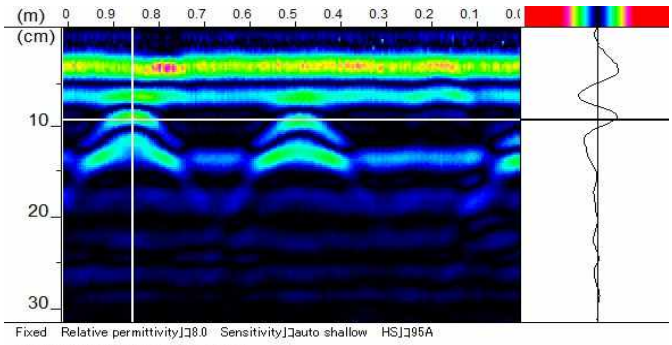
NO.16	위치	가천교	배근 간격	설계	@250
				실측	@200
		A2 교대 수평근(안심)	피복 두께	설계	50mm
				실측	48mm



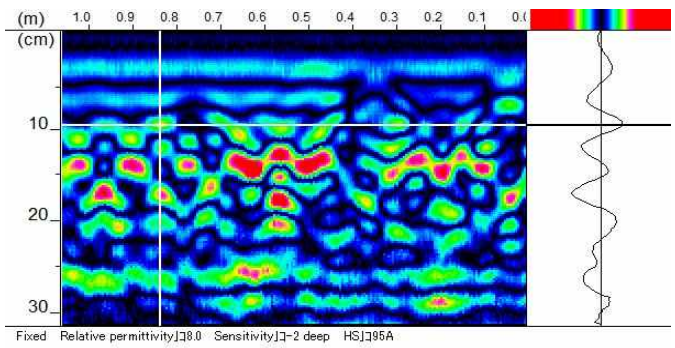
NO.17	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@272
		P1 코핑 수직근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	80mm



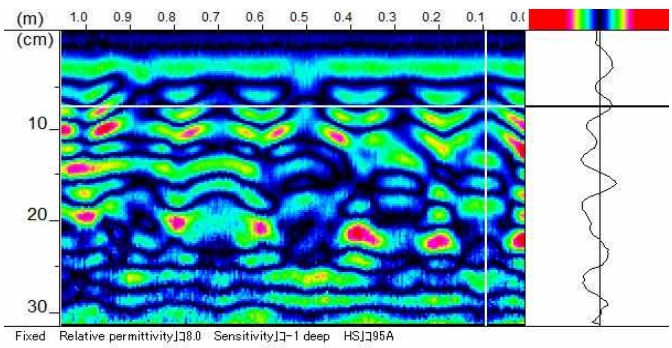
NO.18	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@350
		P1 코핑 수평근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



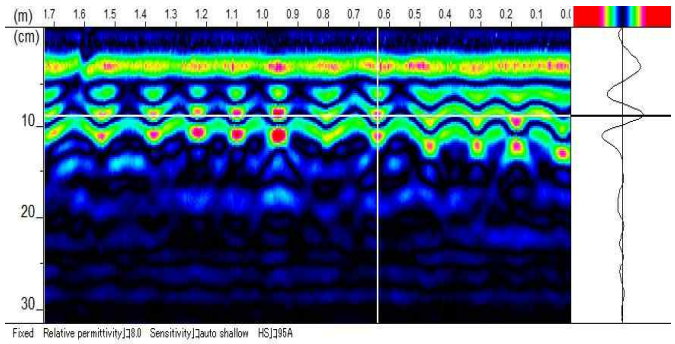
NO.19	위치	가천교	배근 간격	설계	@118
				실측	@120
		P2 기둥 수직근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



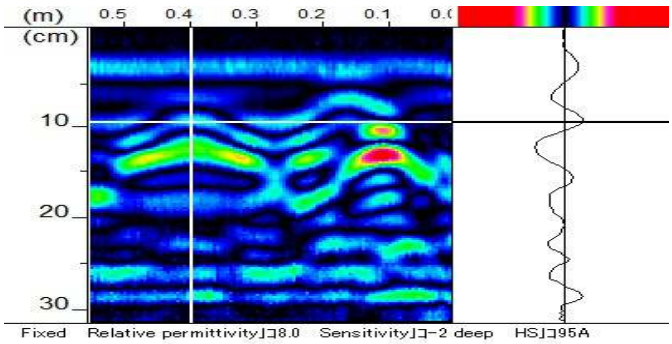
NO.20	위치	가천교	배근 간격	설계	@200
				실측	@190
		P2 기둥 수평근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	80mm



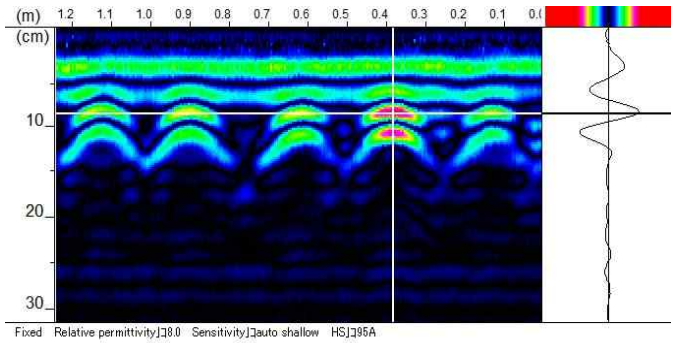
NO.21	위치	가천교	배근 간격	설계	@150
				실측	@144
		P3 코핑 수직근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	95mm



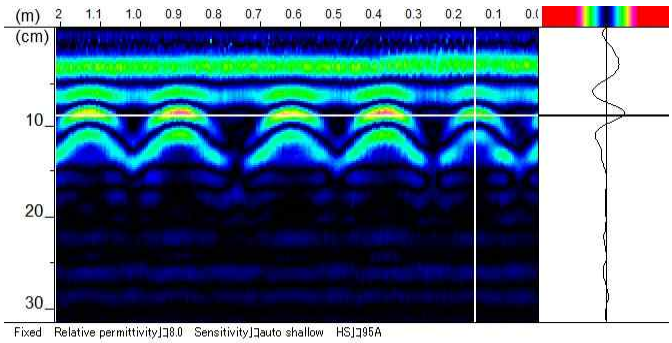
NO.22	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@285
		P3 코핑 수평근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	100mm



NO.23	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@258
		P4 코핑 수직근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	90mm



NO.24	위치	가천교	배근 간격	설계	@300
				실측	@248
		P4 코핑 수평근(안심)	피복 두께	설계	100mm
				실측	86mm



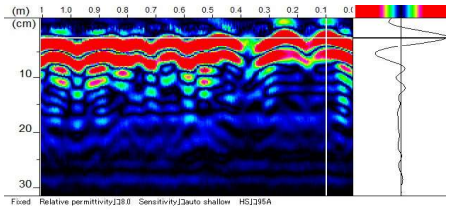
가천교(범물방향) 균열심도 DATA

PROJECT TITLE :	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역		
Company	㈜명성엔지니어링	Client	대구동부순환도로㈜

시험 결과(상부구조)

균열 심도				
결과값				
측정번호	건전부			평균
1	38.5	40.3	40	39.6
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균
S3	49.5	44.5	46.5	46.8
	균열 깊이			품질
	9.5			3.79

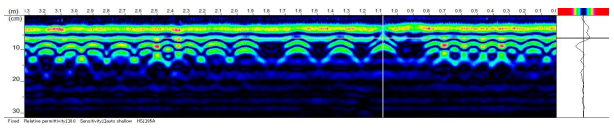
철근탐사		
위치	S3	주철근
피복두께	35mm	



시험 결과(하부구조)

균열 심도				
결과값				
측정번호	건전부			평균
2	55.5	50.3	52.4	52.7
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균
P3 (코핑)	68.3	67.5	66.5	67.4
	균열 깊이			품질
	12.0			2.84

철근탐사		
위치	P3 코핑부	수직철근
피복두께	95mm	



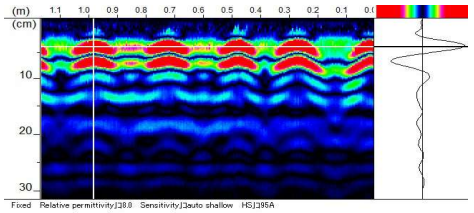
가천교(안심방향) 균열심도 DATA

PROJECT TITLE :	가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역		
Company	㈜명성엔지니어링	Client	대구동부순환도로㈜

시험 결과(상부구조)

균열 심도				
결과값				
측정번호	건전부			평균
1	38.8	40.2	39.8	39.6
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균
S5	46.2	44.4	43.6	44.7
	균열 깊이			품질
	7.9			3.79

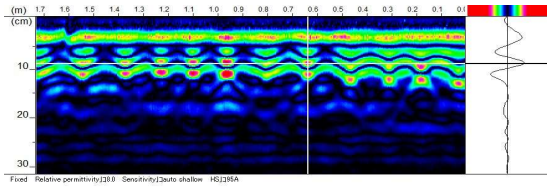
철근탐사		
위치	S5	배력철근
피복두께	45mm	



시험 결과(하부구조)

균열 심도				
결과값				
측정번호	건전부			평균
2	50.3	48.4	48.2	49.0
측정위치	균열부(cw=0.2mm)			평균
P3 (코핑)	65.7	66.1	61.5	64.4
	균열 깊이			품질
	12.8			3.06

철근탐사		
위치	P3 코핑부	수직철근
피복두께	95mm	



시험 성적서

CSTC 건설표준시험원 www.cstc.kr

시료명(생산국) : 굳은 콘크리트 분말(대한민국)
시료채취장소 : 대구광역시 수성구 가천동
성과이용목적 : 보고서 작성용
용 역 명 : 가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역
발 주 자 : 대구동부순환도로㈜
업 체 명 : ㈜명성엔지니어링
의 뢰 인 : 손기영

접 수 일 자 : 2022년 04월 28일
시 료 채 취 일 : 2022년 04월 13일
성적서발급번호 : CSTC NO.202204-48
시 료 채 취 자 : ㈜명성엔지니어링 진단 손기영
의 뢰 인 주 소 : 경기도 성남시 분당구 야탑로69번길 18, 동아프라자 301호

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

결 과

연번	시험·검사 종목				시험·검사 방법	시험·검사 결과	확인자			시험자	
							자격종목 및 자격증 번호	성명	서명	성명	서명
10	가천교 (범물 방향)	S3 바닥판 켄틸레버	0~10mm	염화물 이온농도	KS F 2713	0.0041 %	건설재료시험기사 05204140608Y	반용현		송장수	
				환산 염화물 함량		0.0928 kg/㎥					
11			10~20mm	염화물 이온농도		0.0023 %					
				환산 염화물 함량		0.0520 kg/㎥					
12			20~30mm	염화물 이온농도		0.0020 %					
				환산 염화물 함량		0.0453 kg/㎥					
13		A1 교대	0~20mm	염화물 이온농도		0.0042 %					
				환산 염화물 함량		0.0950 kg/㎥					
14			20~40mm	염화물 이온농도		0.0039 %					
				환산 염화물 함량		0.0883 kg/㎥					
15			40~60mm	염화물 이온농도		0.0017 %					
				환산 염화물 함량		0.0385 kg/㎥					
16		P1 교각 코핑부	0~20mm	염화물 이온농도		0.0034 %					
				환산 염화물 함량		0.0769 kg/㎥					
17			20~40mm	염화물 이온농도		0.0032 %					
				환산 염화물 함량		0.0724 kg/㎥					
18			40~60mm	염화물 이온농도		0.0018 %					
				환산 염화물 함량		0.0407 kg/㎥					

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

2022년 05월 13일

(주)건설표준시험원 (건설기술용역업자) 대표 노선미

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

13569 경기도 성남시 분당구 방아로 46 TEL : (031) 722 - 3316 FAX : (031) 722 - 3314 www.CSTC.kr

시험 성적서

CSTC 건설표준시험원 www.cstc.kr

시료명(생산국) : 굳은 콘크리트 분말(대한민국)
시료채취장소 : 대구광역시 수성구 가천동
성과이용목적 : 보고서 작성용
용 역 명 : 가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역
발 주 자 : 대구동부순환도로㈜
업 체 명 : ㈜명성엔지니어링
의 뢰 인 : 손기영

접 수 일 자 : 2022년 04월 28일
시 료 채 취 일 : 2022년 04월 13일
성적서발급번호 : CSTC NO.202204-48
시 료 채 취 자 : ㈜명성엔지니어링 진단 손기영
의 뢰 인 주 소 : 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	가천교 (안심 방향)	S3 바닥판 하면 켄틸레버	0~10mm	염화물 이온농도	KS F 2713	0.0036 %	건설재료시험기사 05204140608Y	반용현		송장수	
				환산 염화물 함량		0.0815 kg/㎥					
2			10~20mm	염화물 이온농도		0.0020 %					
				환산 염화물 함량		0.0453 kg/㎥					
3			20~30mm	염화물 이온농도		0.0017 %					
				환산 염화물 함량		0.0385 kg/㎥					
4		A1 교대	0~20mm	염화물 이온농도		0.0049 %					
				환산 염화물 함량		0.1109 kg/㎥					
5			20~40mm	염화물 이온농도		0.0044 %					
				환산 염화물 함량		0.0996 kg/㎥					
6			40~60mm	염화물 이온농도		0.0022 %					
				환산 염화물 함량		0.0498 kg/㎥					
7		P2 교각 기둥부	0~20mm	염화물 이온농도		0.0041 %					
				환산 염화물 함량		0.0928 kg/㎥					
8			20~40mm	염화물 이온농도		0.0030 %					
				환산 염화물 함량		0.0679 kg/㎥					
9			40~60mm	염화물 이온농도		0.0021 %					
				환산 염화물 함량		0.0475 kg/㎥					

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

CSTC

2022년 05월 13일

(주)건설표준시험원 (건설기술용역업자) 대표 노선미

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

13569 경기도 성남시 분당구 방아로 46 TEL : (031) 722 - 3316 FAX : (031) 722 - 3314 www.CSTC.kr

2022년도 연호고가교외 2개소 정밀안전진단용역 (가천교)

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	업무	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)

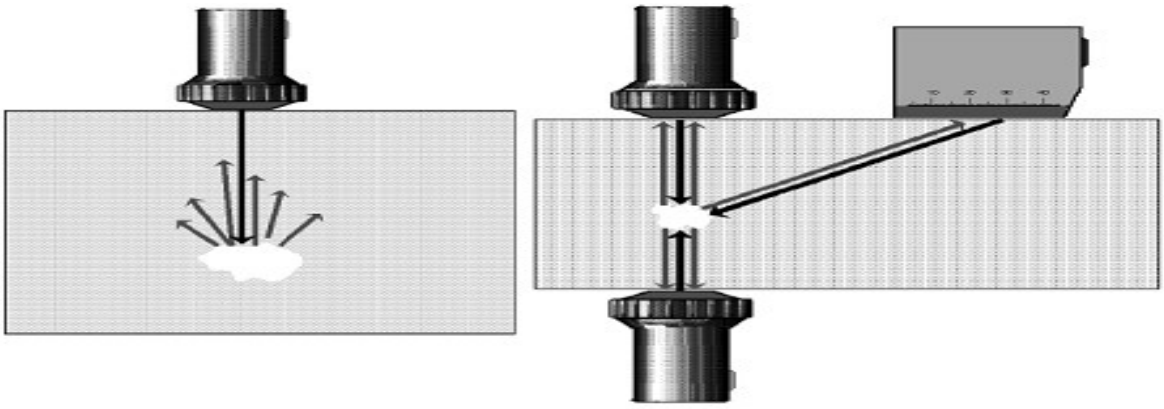
2.1 초음파 탐상 검사의 원리

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 확인함 으로써 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)**

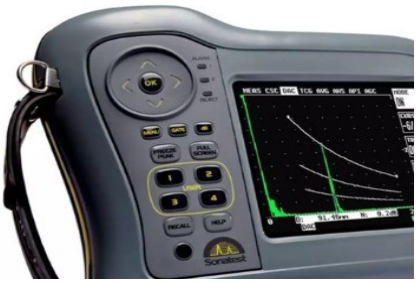
<결함에서 반사소실되는 초음파 빔 개요도 >



2.2 검 사 장 비



검사장비(USM-35)



검사장비(D-20)



검사장비(횡파 탐촉자)



STB-A1 표준 시험편



검사장비(종파 탐촉자)



STB-A2 표준 시험편



검사장비(CABLE)



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
		결함유	결함무	결함종류			결함유	결함무	결함종류	
가천교	G1-S1-P1		O	ND	범물동방향	G1-S1-P1		O	ND	안심방향
	G1-S1-P2		O	ND	범물동방향	G1-S1-P2		O	ND	안심방향
	G1-S2-P3		O	ND	범물동방향	G1-S2-P3		O	ND	안심방향
	G1-S2-P4		O	ND	범물동방향	G1-S2-P4		O	ND	안심방향
	G1-S3-P5		O	ND	범물동방향	G1-S3-P5		O	ND	안심방향
	G1-S3-P6		O	ND	범물동방향	G1-S3-P6		O	ND	안심방향
	G1-S4-P7		O	ND	범물동방향	G1-S4-P7		O	ND	안심방향
	G1-S4-P8		O	ND	범물동방향	G1-S4-P8		O	ND	안심방향
	G1-S5-P9		O	ND	범물동방향	G1-S5-P9		O	ND	안심방향
	G1-S5-P10		O	ND	범물동방향	G1-S5-P10		O	ND	안심방향
	G2-S1-P1		O	ND	범물동방향	G2-S1-P1		O	ND	안심방향
	G2-S1-P2		O	ND	범물동방향	G2-S1-P2		O	ND	안심방향
	G2-S2-P3		O	ND	범물동방향	G2-S2-P3		O	ND	안심방향
	G2-S2-P4		O	ND	범물동방향	G2-S2-P4		O	ND	안심방향
	G2-S3-P5		O	ND	범물동방향	G2-S3-P5		O	ND	안심방향
	G2-S3-P6		O	ND	범물동방향	G2-S3-P6		O	ND	안심방향
	G2-S4-P7		O	ND	범물동방향	G2-S4-P7		O	ND	안심방향
	G2-S4-P8		O	ND	범물동방향	G2-S4-P8		O	ND	안심방향
	G2-S5-P9		O	ND	범물동방향	G2-S5-P9		O	ND	안심방향
	G2-S5-P10		O	ND	범물동방향	G2-S5-P10		O	ND	안심방향
	G3-S1-P1		O	ND	범물동방향	G3-S1-P1		O	ND	안심방향
	G3-S1-P2		O	ND	범물동방향	G3-S1-P2		O	ND	안심방향
	G3-S2-P3		O	ND	범물동방향	G3-S2-P3		O	ND	안심방향
	G3-S2-P4		O	ND	범물동방향	G3-S2-P4		O	ND	안심방향
	G3-S3-P5		O	ND	범물동방향	G3-S3-P5		O	ND	안심방향
	G3-S3-P6		O	ND	범물동방향	G3-S3-P6		O	ND	안심방향
	G3-S4-P7		O	ND	범물동방향	G3-S4-P7		O	ND	안심방향
	G3-S4-P8		O	ND	범물동방향	G3-S4-P8		O	ND	안심방향
	G3-S5-P9		O	ND	범물동방향	G3-S5-P9		O	ND	안심방향
	G3-S5-P10		O	ND	범물동방향	G3-S5-P10		O	ND	안심방향
	G4-S1-P1		O	ND	범물동방향	G4-S1-P1		O	ND	안심방향
	G4-S1-P2		O	ND	범물동방향	G4-S1-P2		O	ND	안심방향
	G4-S2-P3		O	ND	범물동방향	G4-S2-P3		O	ND	안심방향
	G4-S2-P4		O	ND	범물동방향	G4-S2-P4		O	ND	안심방향
	G4-S3-P5		O	ND	범물동방향	G4-S3-P5		O	ND	안심방향
	G4-S3-P6		O	ND	범물동방향	G4-S3-P6		O	ND	안심방향

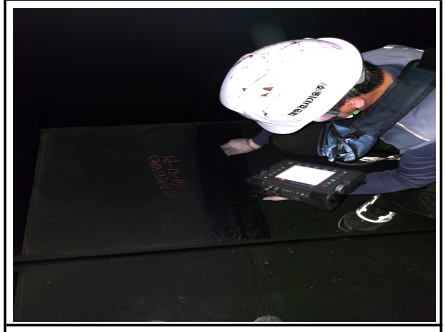
*가천교 총 72POINTS

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

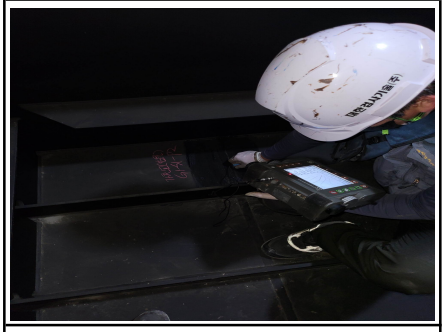
3.2 초음파 탐상 검사 성적서

3.3 초음파 탐상 검사 사진 대장

사 진 대 장 (가천교)



G1-S1-P1(범물동방향)



G1-S1-P2(범물동방향)



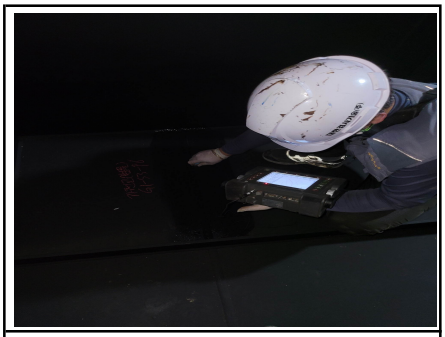
G1-S2-P3(범물동방향)



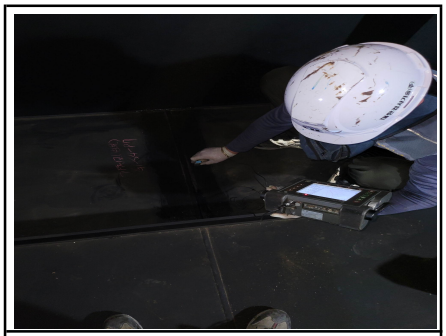
G1-S2-P4(범물동방향)



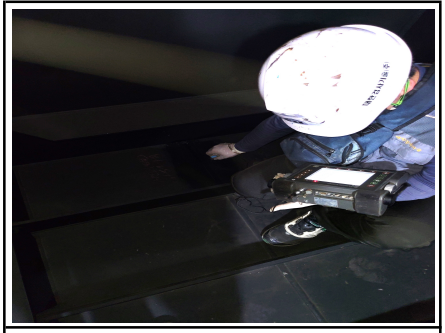
G1-S3-P5(범물동방향)



G1-S3-P6(범물동방향)



G1-S4-P7(범물동방향)



G1-S4-P8(범물동방향)

사 진 대 장 (가천교)

범물동방향



G1-S5-P9(범물동방향)



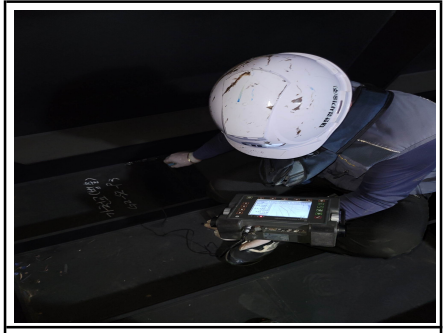
G1-S5-P10(범물동방향)



G2-S1-P1(범물동방향)



G2-S1-P2(범물동방향)



G2-S2-P3(범물동방향)



G2-S2-P4(범물동방향)



G2-S3-P5(범물동방향)



G2-S3-P6(범물동방향)

사 진 대 장 (가천교)



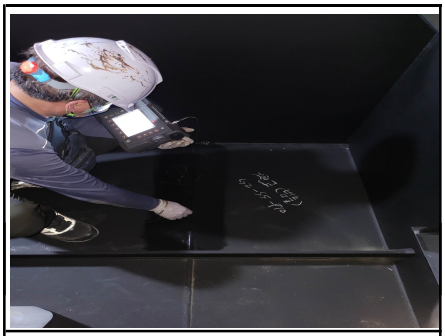
G2-S4-P7(범물동방향)



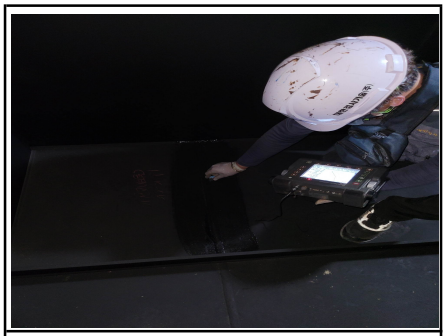
G2-S4-P8(범물동방향)



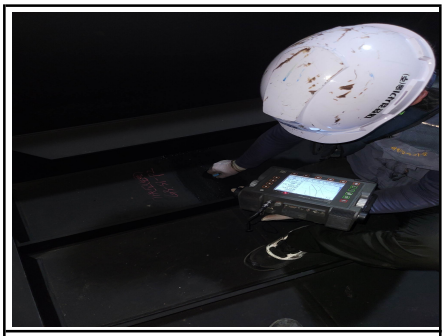
G2-S5-P9(범물동방향)



G2-S5-P10(범물동방향)



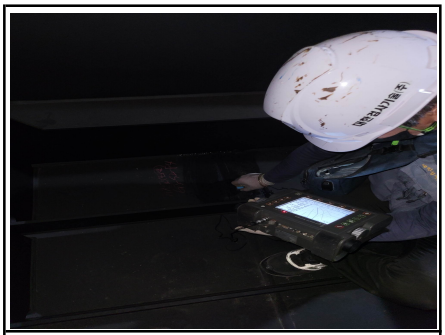
G3-S1-P1(범물동방향)



G3-S1-P2(범물동방향)



G3-S2-P3(범물동방향)



G3-S2-P4(범물동방향)

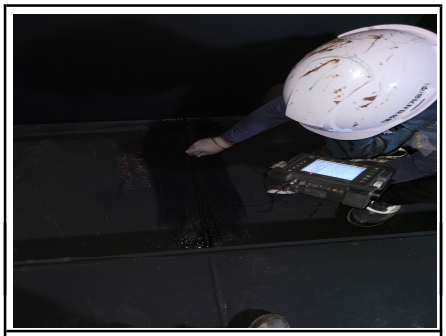
사 진 대 장 (가천교)



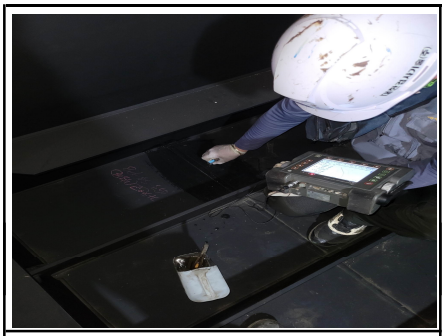
G3-S3-P5(범물동방향)



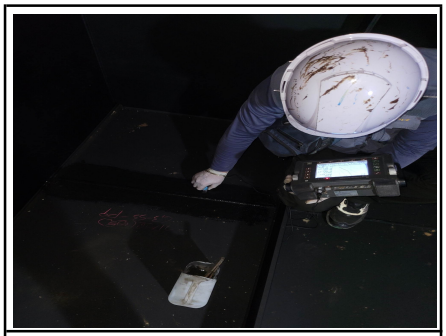
G3-S3-P6(범물동방향)



G3-S4-P7(범물동방향)



G3-S4-P8(범물동방향)



G3-S5-P9(범물동방향)



G3-S5-P10(범물동방향)



G4-S1-P1(범물동방향)



G4-S1-P2(범물동방향)

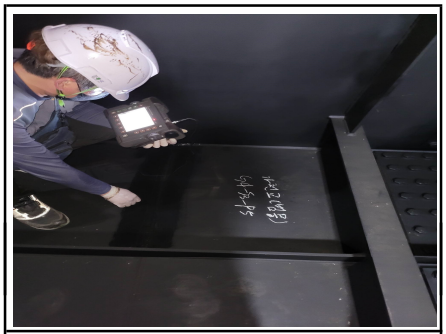
사 진 대 장 (가천교)



G4-S2-P3(범물동방향)



G4-S2-P4(범물동방향)



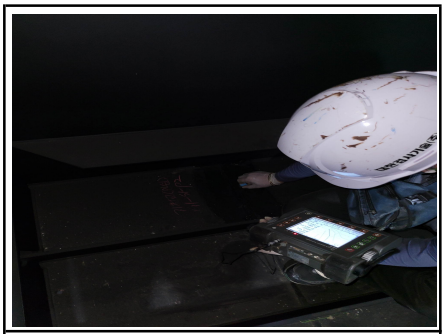
G4-S3-P5(범물동방향)



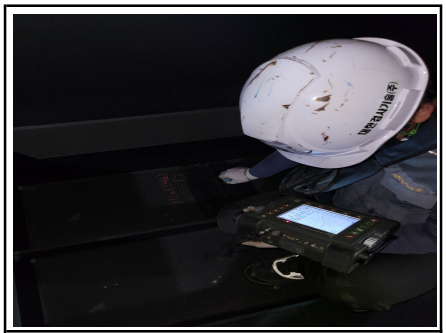
G4-S3-P6(범물동방향)



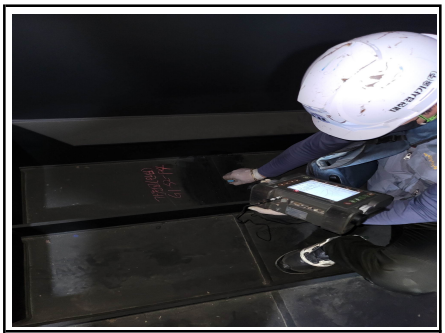
G1-S1-P1(안심방향)



G1-S1-P2(안심방향)

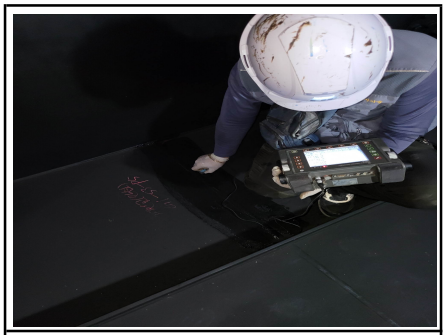


G1-S2-P3(안심방향)

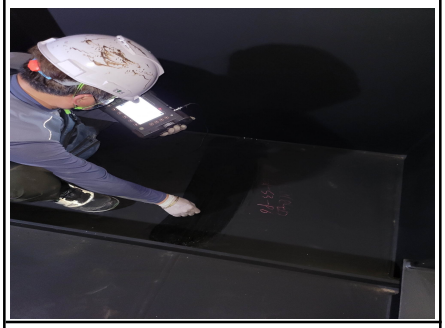


G1-S2-P4(안심방향)

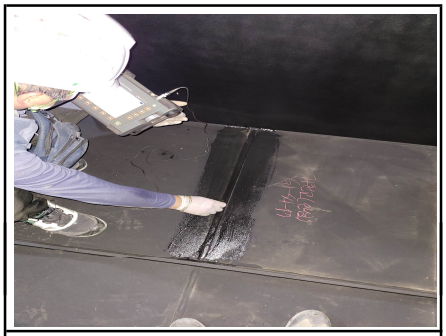
사 진 대 장 (가천교)



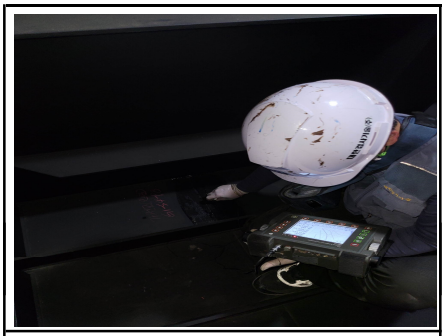
G1-S3-P5(안심방향)



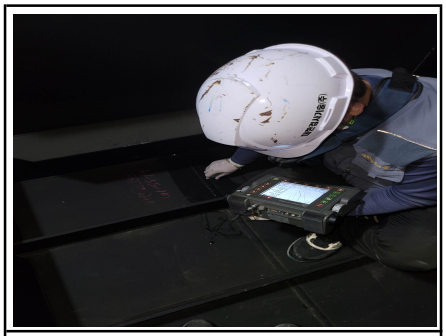
G1-S3-P6(안심방향)



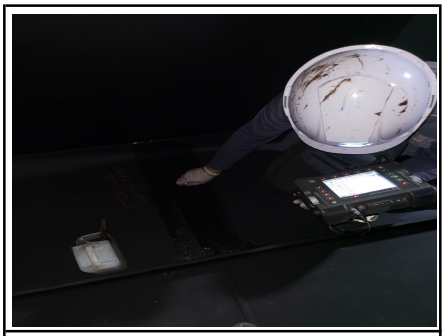
G1-S4-P7(안심방향)



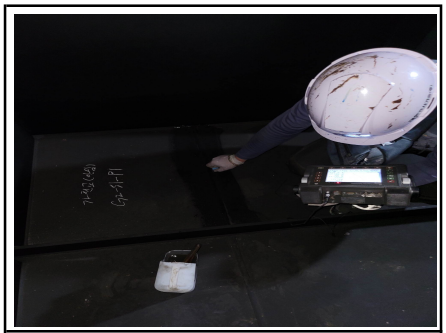
G1-S4-P8(안심방향)



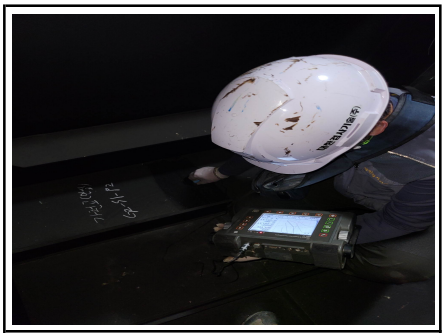
G1-S5-P9(안심방향)



G1-S5-P10(안심방향)



G2-S1-P1(안심방향)



G2-S1-P2(안심방향)

사 진 대 장 (가천교)



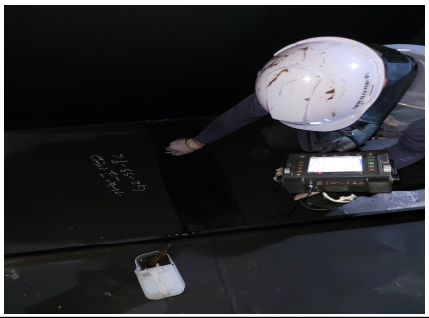
G2-S2-P3(안심방향)



G2-S2-P4(안심방향)



G2-S3-P5(안심방향)



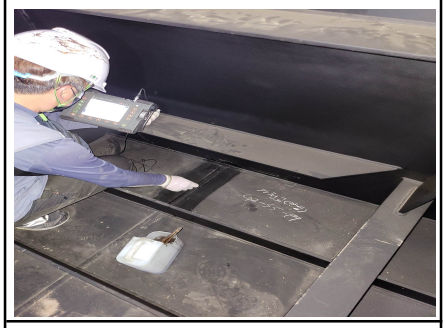
G2-S3-P6(안심방향)



G2-S4-P7(안심방향)



G2-S4-P8(안심방향)

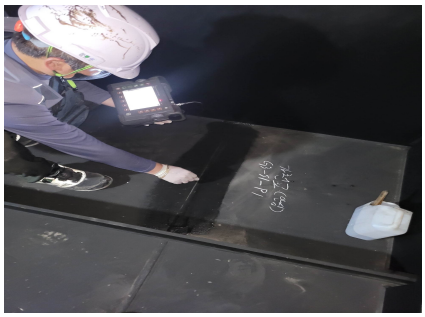


G2-S5-P9(안심방향)



G2-S5-P10(안심방향)

사 진 대 장 (가천교)



G3-S1-P1(안심방향)



G3-S1-P2(안심방향)



G3-S2-P3(안심방향)



G3-S2-P4(안심방향)



G3-S3-P5(안심방향)



G3-S3-P6(안심방향)



G3-S4-P7(안심방향)



G3-S4-P8(안심방향)

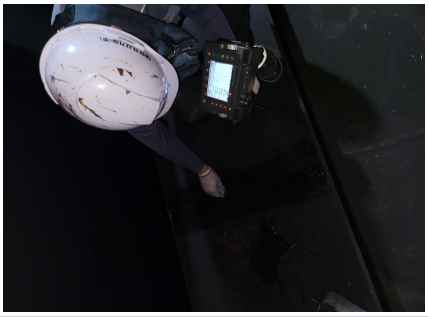
사 진 대 장 (가천교)



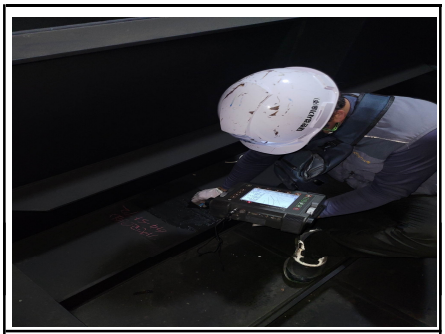
G3-S5-P9(안심방향)



G3-S5-P10(안심방향)



G4-S1-P1(안심방향)



G4-S1-P2(안심방향)



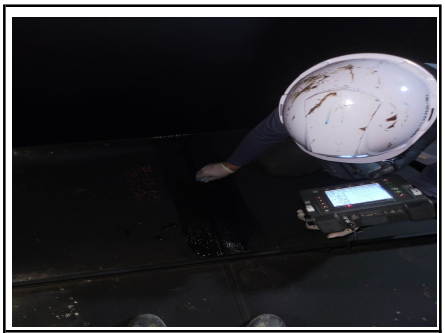
G4-S2-P3(안심방향)



G4-S2-P4(안심방향)



G4-S3-P5(안심방향)



G4-S3-P6(안심방향)

교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

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

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

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

2. 측 정 기 (Calibration Subject)

기 기 명 (Description) : 피막 두께 측정기

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

기기번호 (Serial Number) : 150102377

3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 27일

4. 교 정 환 경 (Environment)

온 도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (51 ± 1) % R.H.

교정장소 (Location) : ▣ 고정표준실 (KTL Lab.) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)

(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정표준의 소급성 (Traceability)

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

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

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

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

6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 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.
   ('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
3. 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 박한글	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (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@ktl.re.kr

성적서 번호 : 21-050160-01-1
Certificate No.

◇ 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.

KOREA TESTING LABORATORY / 한국산업기술시험원

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

교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

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

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

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

2. 측 정 기 (Calibration Subject)

기 기 명 (Description) : 염도계

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

기기번호 (Serial Number) : Q876248

3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 27일

4. 교 정 환 경 (Environment)

온 도 (Temperature) : (19.9 ± 0.2) ℃ 습 도 (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	제작회사 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. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 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.
   ('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
3. 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 박성미 박성미	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 이민수 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.

◇ 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 ℃ 끝.

KOREA TESTING LABORATORY 한국산업기술시험원 ktl

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

교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

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

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

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

2. 측 정 기 (Calibration Subject)

기 기 명 (Description) : 내/외측 캘리퍼

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

기기번호 (Serial Number) : A16019562

3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2021년 07월 28일

4. 교 정 환 경 (Environment)

온 도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) ℃ 습 도 (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	제작회사 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. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 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.
   ('원본'이란 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 포함시켜 제공하는 모든 성적서를 의미합니다.)
3. 고객전용홈페이지(customer.ktl.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 오제상 오제상	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (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.

◇ 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	
20	0.03	
50	0.03	0.01
100	0.03	
150	0.03	

2. 내측측정의 눈금정확도

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

끝.

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

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory	성적서 번호 : 21-050160-01-4 Report No. 페이지 (1)/(총 2) Page of Pages	KOREA TESTING LABORATORY ktl 한국산업기술시험원

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주 소 (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)

제 품 명 (Description) : 테스트 햄머

제작회사 (Manufacturer) : KAMEKURA

모 델 명 (Model Name) : 2013 / N Type

제조번호 (Serial Number) : 88335

기 타 (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 제 가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
('원본'이란 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) 성 명(Name): 김태영 (Signature)	기술책임자(Technical Manager) 성 명(Name): 문재택 (Signature)

2021. 08. 02.

한국산업기술시험원장

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

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

시 험 결 과 (Test Results)

1. 일반사항

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

2. 사용된 표준장비 명세

사용장비명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 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

표 준 값	지 시 값					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

표 준 값	지 시 값					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.

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

시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory	성적서 번호 : 21-050160-01-5 Report No. 페이지 (1)/(총 2) Page of Pages	KOREA TESTING LABORATORY ktl 한국산업기술시험원

1. 의 뢰 자 (Client)

기 관 명 (Name) : (주)명성엔지니어링

주 소 (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)

제 품 명 (Description) : 테스트 햄머

제작회사 (Manufacturer) : 제일계측기

모 델 명 (Model Name) : NJ-80 / N TYPE

제조번호 (Serial Number) : 008397

기 타 (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.
('원본'이란 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) 성 명(Name): 김태영 (Signature)	기술책임자(Technical Manager) 성 명(Name): 문재택 (Signature) 문재택

2021. 08. 02.

한국산업기술시험원장

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

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

시 험 결 과 (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

표 준 값	지 시 값					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

표 준 값	지 시 값					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

표 준 값	지 시 값					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.

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

4. 상태평가 결과자료

4.1 가천교

가천교(범물) 상태등급표

구분	형식	상부구조			기타부재				지점번호	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	b	a	a	a	a	b	b	A1	a	b	q	b	a	x	a
S2	STB	b	b	a	b	a	b	x	P1	a	b	q	a	a	x	a
S3	STB	b	b	a	a	a	b	x	P2	a	b	q	b	x	a	x
S4	STB	b	b	a	b	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	b	a	b	x	P4	a	b	q	b	x	x	x
								b	A2	a	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	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	A1	0.1	0.2	-	0.2	0.1	-	0.1
S2	STB	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	-	P1	0.1	0.2	-	0.1	0.1	-	0.1
S3	STB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P2	0.1	0.2	-	0.2	-	0.1	-
S4	STB	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	P3	0.2	0.4	-	-	-	-	-
S5	STB	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	-	P4	0.1	0.2	-	0.2	-	-	-
								0.2	A2	0.1	0.2	-	-	-	-	-
평 균		0.20	0.16	0.10	0.16	0.10	0.20	0.20		0.12	0.23	0.00	0.18	0.10	0.10	0.10
가중치		18	20	5	7	3	2	9		9	20	0	2	2	2	1
가중치 합		0.036	0.032	0.005	0.011	0.003	0.004	0.018		0.011	0.047	0.000	0.004	0.002	0.002	0.001
													상태점수		**0.175**	
													상태등급		**B**	

가천교(안심) 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	b	a	a	b	b	b	b	A1	a	a	q	x	a	x	a
S2	STB	b	a	a	b	b	b	x	P1	a	b	q	b	x	x	x
S3	STB	b	c	a	b	b	b	x	P2	a	b	q	a	a	a	a
S4	STB	a	a	a	a	a	b	b	P3	b	c	q	x	x	x	x
S5	STB	b	a	a	a	a	b	x	P4	b	b	q	a	x	x	x
								b	A2	a	b	q	x	a	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	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	A1	0.1	0.1	-	-	0.1	-	0.1
S2	STB	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	-	P1	0.1	0.2	-	0.2	-	-	-
S3	STB	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	-	P2	0.1	0.2	-	0.1	0.1	0.1	0.1
S4	STB	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	P3	0.2	0.4	-	-	-	-	-
S5	STB	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	-	P4	0.2	0.2	-	0.1	-	-	-
								0.2	A2	0.1	0.2	-	-	0.1	-	-
평 균		0.18	0.16	0.10	0.16	0.16	0.20	0.20		0.13	0.22	0.00	0.13	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	0.032	0.005	0.011	0.005	0.004	0.018		0.012	0.043	0.000	0.003	0.002	0.002	0.001
													상태점수		**0.170**	
													상태등급		**B**	

가천교 상태등급표

교 량 명 :	가천교						
구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (M)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
가천교(범물)	0.175	B	290	3	870	0.500	0.087
가천교(안심)	0.170	B	290	3	870	0.500	0.085
합계(∑)			580		1,740	1	0.173
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =							**0.173**
2. 상태평가 결과 =							**B**

5. 안전성평가 및 내진성능평가 자료

5.1 안전성평가

5.2 내진성능평가

5.1 안전성평가

가천교 구조계산서

목 차

1. 설계조건

2. 바닥판 설계

3. G1 외측 - S3경간 최대정모멘트

4. G1 외측 - P2 최대부모멘트

5. G2 내측 - S3경간 최대정모멘트

6. G2 내측 - P2 최대부모멘트

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

(1) 교 량 명 : 범안대교

(2) 교 량 등 급 : 1 등급 (DB-24 및 DL-24 적용)

(3) 교 량 형 식 : 강상형교

(4) 교 량 연 장 : 50.0+2@60.0 + 2@60.0 = 290.0M

(5) 교 량 폭 원 : B = 18.549~25.944 m

(6) Girder 제원 : B = 2.400 m H = 2.400 m

(7) 사용재료 및 물리적 특성치

① 강 재

▪ 사 용 재 료

주 부 재	SM490(상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
부 부 재	SM400B(지점부외 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 / 응력 종류, 판두께(mm)		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
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)			

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
ⓐ 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, π형 단면과 같이 횡자굴이 일어나기 어려운 경우 휨 압축응력 적용

▪ 항복 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.2.5)

응력 종류, 판두께(mm) \ 강 종		SS 400 SM 400 SMA400	SM 490	SM490Y SM 520 SMA490	SM 570 SMA570	HSB500	HSB600	HSB800
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.

▪ 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

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	$140 : \frac{l}{r} \le 18.6$ $140 - 0.82\,(\frac{l}{r} - 18.6) :$ $18.6 < \frac{l}{r} \le 92.8$ $\frac{1{,}200{,}000}{6{,}700 + (\frac{l}{r})^2} : 92.8 < \frac{l}{r}$	$190 : \frac{l}{r} \le 16.0$ $190 - 1.29\,(\frac{l}{r} - 16.0) :$ $16.0 < \frac{l}{r} \le 80.1$ $\frac{1{,}200{,}000}{5{,}000 + (\frac{l}{r})^2} : 80.1 < \frac{l}{r}$	$215 : \frac{l}{r} \le 15.1$ $215 - 1.55\,(\frac{l}{r} - 15.1) :$ $15.1 < \frac{l}{r} \le 75.5$ $\frac{1{,}200{,}000}{4{,}400 + (\frac{l}{r})^2} : 75.5 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1{,}200{,}000}{3{,}500 + (\frac{l}{r})^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$
40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{r} \le 19.4$ $130 - 0.73\,(\frac{l}{r} - 19.4) :$ $19.4 < \frac{l}{r} \le 97$ $\frac{1{,}200{,}000}{7{,}300 + (\frac{l}{r})^2} : 97 < \frac{l}{r}$	$175 : \frac{l}{r} \le 16.6$ $175 - 1.15\,(\frac{l}{r} - 16.6) :$ $16.6 < \frac{l}{r} \le 82.8$ $\frac{1{,}200{,}000}{5{,}300 + (\frac{l}{r})^2} : 82.8 < \frac{l}{r}$	$200 : \frac{l}{r} \le 15.5$ $200 - 1.4\,(\frac{l}{r} - 15.5) :$ $15.5 < \frac{l}{r} \le 77.7$ $\frac{1{,}200{,}000}{4{,}700 + (\frac{l}{r})^2} : 77.7 < \frac{l}{r}$	$260 : \frac{l}{r} \le 13.7$ $260 - 2.07\,(\frac{l}{r} - 13.7) :$ $13.7 < \frac{l}{r} \le 68.6$ $\frac{1{,}200{,}000}{3{,}600 + (\frac{l}{r})^2} : 68.6 < \frac{l}{r}$
75 초과 100 이하			$195 : \frac{l}{r} \le 15.8$ $195 - 1.35\,(\frac{l}{r} - 15.8) :$ $15.8 < \frac{l}{r} \le 78.9$ $\frac{1{,}200{,}000}{4{,}800 + (\frac{l}{r})^2} : 78.9 < \frac{l}{r}$	$250 : \frac{l}{r} \le 13.9$ $250 - 1.96\,(\frac{l}{r} - 13.9) :$ $13.9 < \frac{l}{r} \le 69.4$ $\frac{1{,}200{,}000}{3{,}700 + (\frac{l}{r})^2} : 69.4 < \frac{l}{r}$
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	$230 : \frac{l}{r} \le 14.6$ $230 - 1.72\,(\frac{l}{r} - 14.6) :$ $14.6 < \frac{l}{r} \le 73.0$ $\frac{1{,}200{,}000}{4{,}100 + (\frac{l}{r})^2} : 73.0 < \frac{l}{r}$	$270 : \frac{l}{r} \le 13.4$ $270 - 2.19\,(\frac{l}{r} - 13.4) :$ $13.4 < \frac{l}{r} \le 67.1$ $\frac{1{,}200{,}000}{3{,}500 + (\frac{l}{r})^2} : 67.1 < \frac{l}{r}$	$380 : \frac{l}{r} \le 18.0$ $380 - 4.18\,(\frac{l}{r} - 18.0) :$ $18.0 < \frac{l}{r} \le 54.2$ $\frac{1{,}200{,}000}{2{,}300 + (\frac{l}{r})^2} : 54.2 < \frac{l}{r}$	
80 초과 100 이하				
비고	l : 부재의 유효 좌굴길이 (mm) r : 부재 총단면의 단면 회전 반경 (mm)			

▪ ⓐ 이외의 허용 휨 압축 응력 (MPa) (☞ 도.설.해 3.3.2.1)

강 종	SS 400		SM490Y	SM 570

판두께(mm)		SM 400 SMA400	SM 490 [SM490C-TMC]	SM 520 SMA490 [SM520C-TMC]	SMA570 SM570C-TMC]
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le 4.6$ $140 - 2.49(\frac{l}{b} - 4.6) :$ $4.6 < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le 4.0$ $190 - 3.91(\frac{l}{b} - 4.0) :$ $4.0 < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le 3.8$ $215 - 4.69(\frac{l}{b} - 3.8) :$ $3.8 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le 4.9$	$175 : \frac{l}{b} \le 4.1$	$200 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $200 - 4.24(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $260 - 6.25(\frac{l}{b} - 3.4) :$ $3.4 < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 2.21(\frac{l}{b} - 4.9) :$ $4.9 < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 3.48(\frac{l}{b} - 4.1) :$ $4.1 < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le 3.9$ $195 - 4.07(\frac{l}{b} - 3.9) :$ $3.9 < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le 3.5$ $250 - 5.94(\frac{l}{b} - 3.5) :$ $3.5 < \frac{l}{b} \le 25$
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 이하	$140 : \frac{l}{b} \le \frac{9.3}{K}$ $140 - 1.24(K\frac{l}{b} - 9.3) :$ $\frac{9.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$190 : \frac{l}{b} \le \frac{8.0}{K}$ $190 - 1.95(K\frac{l}{b} - 8.0) :$ $\frac{8.0}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$215 : \frac{l}{b} \le \frac{7.5}{K}$ $215 - 2.35(K\frac{l}{b} - 7.5) :$ $\frac{7.5}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) :$ $\frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	40 초과 75 이하	$130 : \frac{l}{b} \le \frac{9.7}{K}$	$175 : \frac{l}{b} \le \frac{8.3}{K}$	$200 : \frac{l}{b} \le \frac{7.8}{K}$ $200 - 2.12(K\frac{l}{b} - 7.8) :$ $\frac{7.8}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$260 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $260 - 3.12(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
	75 초과 100 이하	$130 - 1.10(K\frac{l}{b} - 9.7) :$ $\frac{9.7}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$175 - 1.74(K\frac{l}{b} - 8.3) :$ $\frac{8.3}{K} < \frac{l}{b} \le 30$	$195 : \frac{l}{b} \le \frac{7.9}{K}$ $195 - 2.04(K\frac{l}{b} - 7.9) :$ $\frac{7.9}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$250 : \frac{l}{b} \le \frac{6.9}{K}$ $250 - 2.97(K\frac{l}{b} - 6.9) :$ $\frac{6.9}{K} < \frac{l}{b} \le 25$
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 / 판두께(㎜)		HSB500	HSB600	HSB800	비 고
$\frac{A_w}{A_c} \le 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le 3.6$ $230 - 5.19(\frac{l}{b} - 3.6) : 3.6 < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le 3.4$ $270 - 6.64(\frac{l}{b} - 3.4) : 3.4 < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le 5.4$ $380 - 12.63(\frac{l}{b} - 5.4) : 5.4 < \frac{l}{b} \le 19$	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	100 이하	$230 : \frac{l}{b} \le \frac{7.3}{K}$ $230 - 2.60(K\frac{l}{b} - 7.3) : \frac{7.3}{K} < \frac{l}{b} \le 27$	$270 : \frac{l}{b} \le \frac{6.7}{K}$ $270 - 3.32(K\frac{l}{b} - 6.7) : \frac{6.7}{K} < \frac{l}{b} \le 25$	$380 : \frac{l}{b} \le \frac{10.8}{K}$ $380 - 6.13(K\frac{l}{b} - 10.8) : \frac{10.8}{K} < \frac{l}{b} \le 19$	
비 고		A_w : 복부판의 총 단면적 (㎟) A_c : 압축플랜지의 총단면적 (㎟) l : 압축플랜지의 고정점간의 거리 (㎜) b : 압축플랜지의 폭 (㎜) 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 / 나사호칭	F 8 T	F 10 T	S 10 T	F 13 T	S 13 T
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/m^3

② 포장 콘크리트　　:　　23.000　kN/m^3

(2) 활　하　중　　(☞ 도.설.해 2.1.3)

① 설계 차선수 산정

W_c = 14.450 m , N = 4 차로

W = 3.000 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 kN
- 후륜하중　　:　　P_r = 96.000 kN

▪ DL-24 하중

- 차로당 등분포 하중　　:　　W_l = 12.700 kN/m
- 모멘트 계산시 집중하중　　:　　P_m = 108.000 kN
- 전단력 계산시 집중하중　　:　　P_s = 156.000 kN

③ 충 격 계 수

▪ 1 지간

i = 15 / (40 + L) = 0.1500 < 0.300 ∴ i = 0.150

3) 설 계 방 법

(1) Steel Box Girder : 허용응력 설계법

4) 참 고 문 헌

(1) 도로교 설계기준 (2010)

(2) 도로교 설계기준 해설 (2008)

(3) 콘크리트 구조 설계기준 (2012)

(4) 도로설계 편람 (2008)

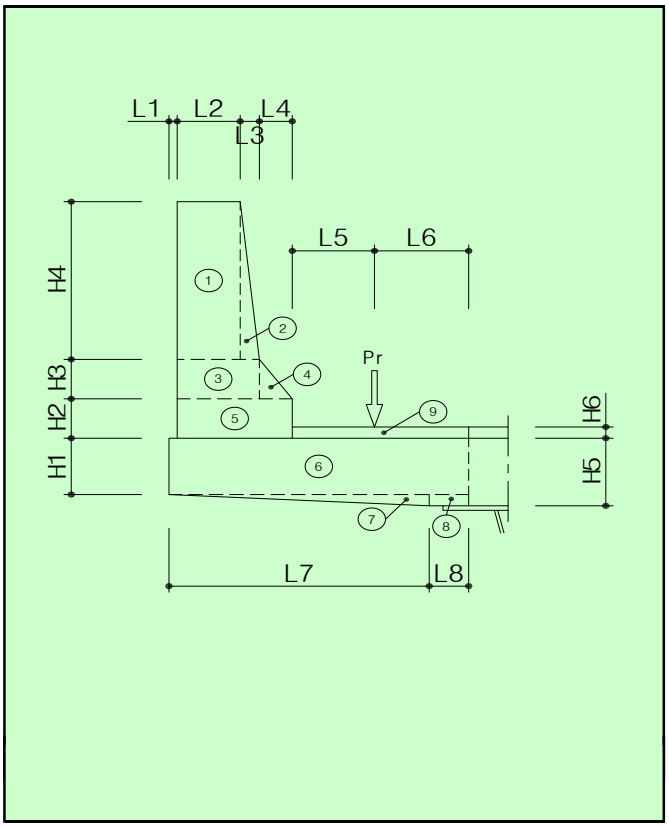
(5) 도로설계 요령 (2001)

(6) 강구조 편람 (1995)

(7) 강도로교 상세부 설계지침 (2006)

2. 바닥판 설계

2.1 캔틸레버부



H1	0.250 m	L1	0.030 m
H2	0.205 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.700 m	L4	0.120 m
H5	0.300 m	L5	0.300 m
H6	0.080 m	L6	0.500 m
H7	0.000 m	L7	1.250 m
R	∞	L8	0.000 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.000 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.700 × 25.000	4.025	1.105	4.448
2	½ × 0.070 × 0.700 × 25.000	0.613	0.967	0.592
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	1.070	1.404
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.880	0.231
5	0.420 × 0.205 × 25.000	2.153	1.010	2.174
6	1.250 × 0.250 × 25.000	7.813	0.625	4.883
7	½ × 1.250 × 0.050 × 25.000	0.781	0.417	0.326
8	0.000 × 0.050 × 25.000	0.000	0.000	0.000
9	0.800 × 0.080 × 23.000	1.472	0.400	0.589
TOTAL		18.431		14.646

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.500 + 1.14 = 1.540 m 여기서, X = 0.500 m

▪ 충 격 계 수

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

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.540)×0.500×(1 + 0.30) = 40.519 kN·m/m

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 × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 10.000 × 1.230 = 12.300 kN·m/m

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

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.230 m

Mco = 10.000 × 1.230 = 12.300 kN·m/m

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

Mco = 12.300 = 12.300 kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.000 = 3.000 kN/m

Mw = 3.000 × (1.000 / 2 + 0.08 + 0.30 / 2) = 2.190 kN·m/m

(5) 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	14.646	40.519	0.000	12.300	0.000	2.190	0.000

(6) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(7) 계산 적용 모멘트 산정

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

(8) 캔틸레버판 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)

① 주철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배근한다.

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량의 2배를 배력철근으로 배근한다.

③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(9) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.50 > 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

h_{min} = (80 · L + 230) = (80 × 0.500 + 230) = 270.0 mm > 220.0 mm ∴ h_{req} = 270.0 mm

h_{use} = 300.0 mm > h_{req} = 270.0 mm ····· O.K !!

(10) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400 MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 106.157 kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 300 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 60 mm	유 효 높 이	d = 240 mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1) \qquad A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

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

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

최대철근비 P_{max} = 0.75×P_b = 0.02195

최소철근비 P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350

최소철근량 As_{min} = P_{min}×b×d = 840 mm^2

최소철근량 $As_{min} = \dfrac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd$ = 779 mm^2

∴ 최소철근량 A_s = 840 mm^2 (두값중 큰값 적용) ------(도.기 4.3.6.1)

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

그러므로 요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 1,369 mm^2

사용철근량 Use As =	H16 @ 125	=	1,589 mm^2
	0 @ 200	=	0 mm^2
Total Use As		=	1,589 mm^2

∴ O.K

사용철근비 Use P = 1,589 / (1000 × 240) = 0.00662 , a = 28 mm

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

그러므로, ϕM_n = 122.08 kN-m > M_u = 106.16 kN-m ∴ O.K

2.2 중 앙 부

슬래브 두께 : T = 250.0 mm

포장 두께 : t_3 = 80.0 mm

지간 : B = 2,200.0 mm

(1) 바닥판 두께의 검토

h_{min} = (40 · L + 130) = (40 × 2.200 + 130) = 218.0 mm < 220.0 mm ∴ h_{req} = 220.0 mm

h_{use} = 250.0 mm > h_{req} = 220.0 mm ····· 0.K !!

(2) 설계하중에 의한 단면력

▪ 고 정 하 중

철근콘크리트	:	0.250 m	× 25.000 kN/m³	=	6.250	kN/m³
포장콘크리트	:	0.080 m	× 23.000 kN/m³	=	1.840	kN/m³
			Σ	=	8.090	kN/m³

계산지간 L : 2.2 m 바닥판 지점의 수 n : 8

M_d = (1/10) · Wd · L ² = (1/10) × 8.090 × 2.200² = **3.916** kN/m³ (☞ 도.설 4.7.5.4)

▪ 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

- 충 격 계 수 (☞ 도.설.해 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 2.200) = 0.355 > 0.300 i = 0.300

- 작용 모멘트

Ml+i = (2.20+0.6)×96.0/9.6×(1+0.300) = **36.400** kN·m/m (☞ 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)

Ml+i = 36.400 × 0.8 = **29.120** kN·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	**3.916**	**29.120**					**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

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	5.090	62.608			0.000	67.698
CASE 2	"	5.090	37.856			0.000	42.946
CASE 3	"	5.090			0.000		5.090
최대 계수 모멘트							**67.698**
CASE 4	"	3.916	29.120		0.000	0.000	33.036
최대 사용 모멘트							**33.036**

(7) 단 면 검 토

▶ 입 력 자 료

콘크리트 설계기준강도	f_{ck} = 27 MPa	철 근 의 항 복 강 도	f_y = 400 MPa
설 계 모 멘 트	M_u = 67.698 kN-m	휨 강 도 감 소 계 수	ϕ_f = 0.85
부 재 높 이	h = 250 mm	부 재 폭	b = 1,000 mm
인 장 피 복	d' = 40 mm	유 효 높 이	d = 210 mm

① 휨철근량 산정

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} \quad (1) \qquad A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)} \quad (2)$$

(1), (2)에 의해 요구철근량 $Req.As = \dfrac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4M_u}{1.445 f_{ck} b}}}{\frac{2 f_y}{1.7 f_{ck} b}}$ = 989 mm^2

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

최대철근비 P_{max} = 0.75×P_b = 0.02195

최소철근비 P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350

최소철근량 As_{min} = P_{min}×b×d = 735 mm^2

최소철근량 $As_{min} = \dfrac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} bd$ = 682 mm^2

∴ 최소철근량 A_s = 735 mm^2
(두값중 큰값 적용)
------(도.기 4.3.6.1)

해석요구량 $Req.A_s$ = 989 mm^2 > 최소철근량 $A_{s\,min}$ = 735 mm^2

그러므로 요구되는 철근량 $Req.A_s$ = 989 mm^2

사용철근량 Use As =	H16 @ 125	=	1,589 mm^2
	0 @ 125	=	0 mm^2
Total Use As		=	1,589 mm^2

∴ O.K

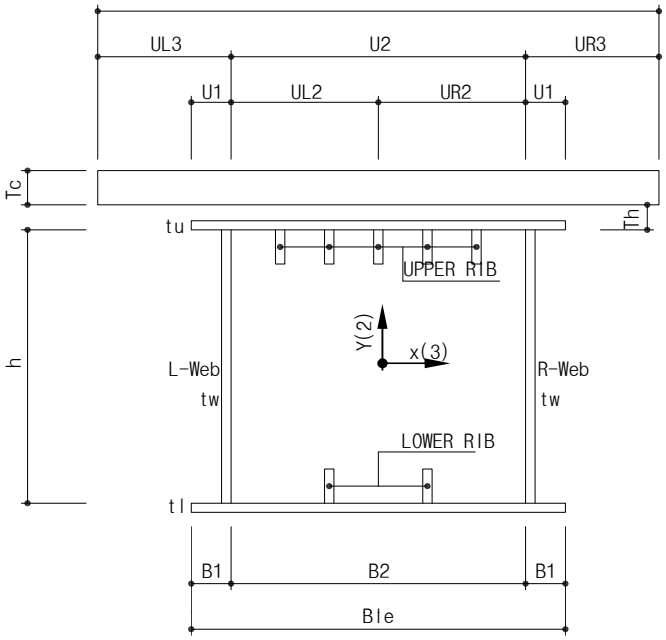
사용철근비 Use P = 1,589 / (1000 × 210) = 0.00757 , a = 28 mm

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

그러므로, ϕM_n = 105.88 kN-m > M_u = 67.70 kN-m ∴ O.K

3. G1 외측 - S3경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	13,863.900
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,928.580
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	5,893.800
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	120.790
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	97.750
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	257.650
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	216.520

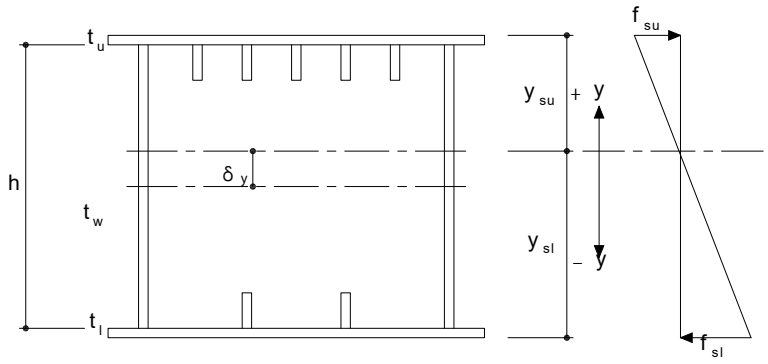
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	1,110.0	5.772E+07	6.407E+10	1.733E+06
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-1,025.0	-3.690E+06	3.782E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 28.0	72,800.0	-1,114.0	-8.110E+07	9.034E+10	4.756E+06
강재 단면 합계		191,700.0	-	-1.578E+07	1.703E+11	2.133E+10
RC. SLAB	1 - 5,656.0 × 240.0	1,357,440.0	1,270.0	1.724E+09	2.189E+12	6.516E+09
SLAB 단면 합계		1,357,440.0	-	1.724E+09	2.189E+12	6.516E+09

※ A_s = 191,700.0 mm^2 A_{c1} = 1,357,440.0 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -15,781,700.0 / 191,700.0 = -82.325 mm

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,200.0 / 2 + 20.0 - -82.325 = 1,202.325 mm

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 2,200.0 / 2 + 28.0 + -82.325 } = -1,045.675 mm

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 21,328,927,100.0 + 170,330,021,300.0 - 191,700.0 × -82.325² = 1.904E+11 mm^4

▪ 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 13,863.900×1,202.3/190,359,720,153.3 = **87.565** MPa

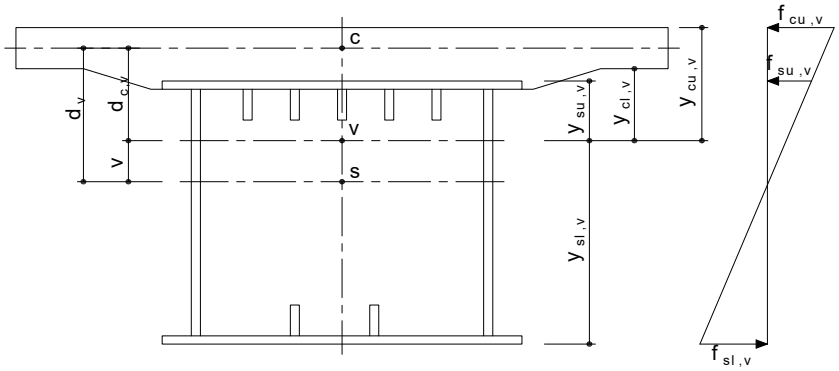
$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 13,863.900×-1,045.7/190,359,720,153.3 = **-76.157** MPa

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

F = = 5.810E+06 mm^2

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

= 120.790 / 52,800.0 + 0.000 / (2 × 5,810,256.0 × 12.0) = **2.288** MPa



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cn1}$ = 191,700.0 + 0.0 = 191,700.0 mm^2

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - v$ = 1,352.3 - 0.0 = 1,352.3 mm

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2$

= 190,359,720,153.3+191,700.0×0.0² +814,464,000.0+0.0×1,352.3² = 1.912E+11 mm^4

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - v$ = 1,202.3 - 0.0 = 1,202.3 mm

$y_{sl,v} = y_{sl} - v$ = -1,045.7 - 0.0 = -1,045.7 mm

▪ 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v$ = 2,928.580×1,202.3/191,174,184,153.3 = **18.418** MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 2,928.580×-1,045.7/191,174,184,153.3 = **-16.019** MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,928.580×1,472.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **2.819** MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,928.580×1,232.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **2.360** MPa

▪ 전단응력 검토

F_v = = 5.889E+06 mm^2

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

= 97.750 / 52,800.0 + 0.000 / (2 × 5,889,204.6 × 12.0) = **1.851** MPa

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 5,893.800×1,202.3/191,174,184,153.3 = **37.067** MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 5,893.800×-1,045.7/191,174,184,153.3 = **-32.238** MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 5,893.800×1,472.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **5.674** MPa

$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 5,893.800×1,232.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **4.749** MPa

▪ 전단응력 검토

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

= 257.650 / 52,800.0 + 216.520 / (2 × 5,889,204.6 × 12.0) = **6.412** MPa

(4) 전단 및 비틀림

▪ 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$= 476.190/52,800.0 + 0.000/141,340,909.7 + 216.520/141,340,909.7 = 10.551$ MPa

※ υ = 10.6 MPa ≤ υ_a = 110.0 MPa ····· 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 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 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 MPa

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

b / 22.0 ·i·n = 18.2 mm ≤ t_u = 20 mm

⇒ f_{ca} = 190.0 MPa

b / 44.0 ·i·n = 9.1 mm ≤ t_u = 20 mm ≥ b / 22.0 ·i·n = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 190.0 - 5.2 {b/(t_u·i·n)- 22.0 } = 200.4 MPa

b / 80.0 ·i·n = 5.0 mm ≤ t_u = 20 mm ≥ b / 44.0 ·i·n = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220,000 $\{(t_u\cdot i\cdot n)/b\}^2$ = 550.0 MPa

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

∴ f_{ca} = 190.0 MPa

▪ 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 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	-	-	-	-	87.565	-76.157	190.000	190.000
1+2	-	-	-	-	105.984	-92.175	190.000	190.000
3	-	-	-	-	37.067	-32.238	190.000	190.000
1+2+3	-	-	-	-	143.051	-124.413	190.000	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(\upsilon/\upsilon_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.212	0.161	0.009	0.009	0.222	0.170	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.567	0.429	0.009	0.009	0.576	0.438	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)

εu = fu / Es = 143.051 / 210000 = 6.812E-04

εl = fl / Es = 124.413 / 210000 = 5.924E-04

(8) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

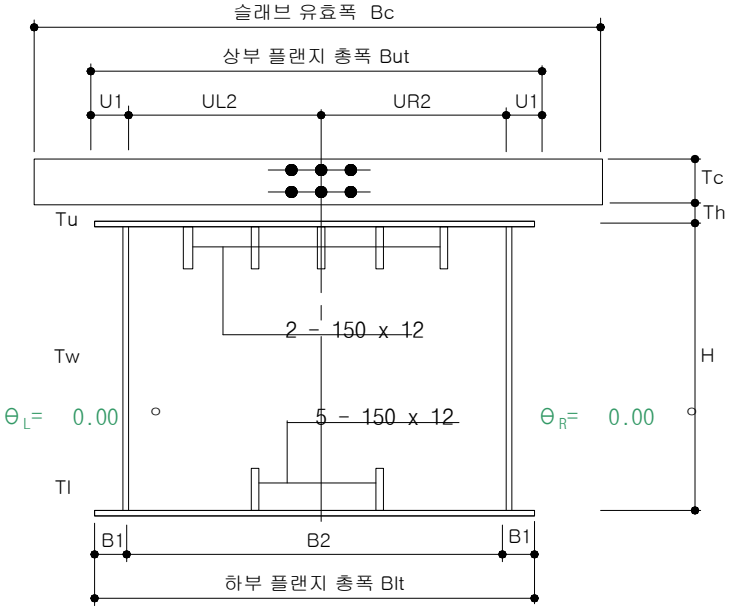
▪ 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

▪ 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	-	-	-	-	113.835	-99.003	320.000	O.K !!
1+2+3	-	-	-	-	217.473	-189.139	320.000	O.K !!

4. G1 외측 - P2 최대부모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 3.000 m

Bc = 4.911 m

UL2= 1.200 , UR2= 1.200 m

B2 = 2.400 m

But= 2.600 , Blt= 2.600 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 3.357 , Ble= 3.357 m

Tc = 0.240 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.030 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 12 mm , 150 x 12 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	200000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
ϕ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-23,764.900
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-6,100.060
Mw : 풍하중에의한 모멘트	kN · m	0.000
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-8,740.110
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	2,046.610
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	645.760
Sw : 풍하중에의한 전단력	kN	0.000
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	866.840
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	47.670
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	-49.560
Mwt : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	712.450
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	70 , 50

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

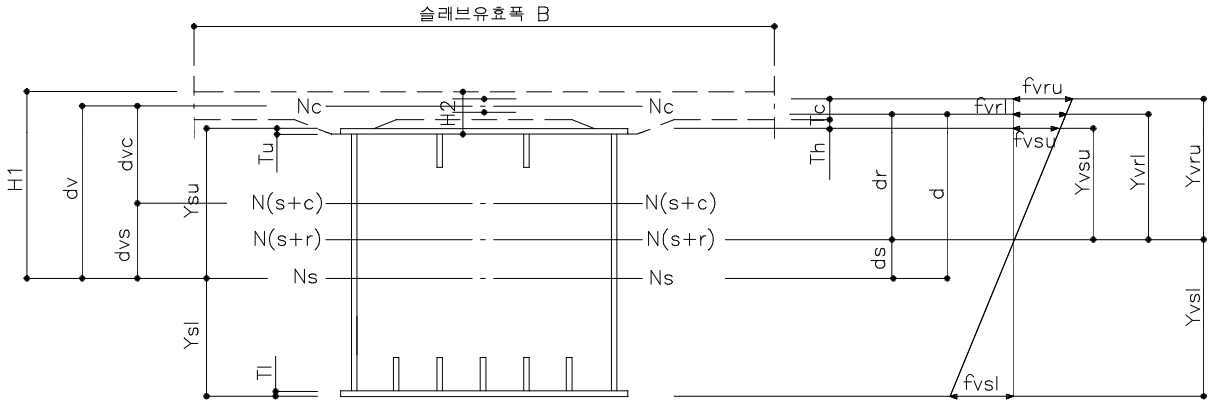
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	3357.0	30.0	100710	1515.0	152575650	231152109750	7553250
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1425.0	5130000	7310250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
1 - R_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1425.0	-12825000	18275625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	3357.0	30.0	100710	-1515.0	-152575650	231152109750	7553250
강단면 합계			286020		-7695000	487890094500	54038731500
UPPER RE-BAR	-	-	12673.7	1720.0	21798685	37493737994	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1600.0	4954400	7927040000	-
RE-BAR 합계			15770		26753085	487890094500	-
1 - RC SLAB	4911.0	240.0	1178640	1670.0	1968328800	3287109096000	5657472000

* As = 286020 mm² , Ac = 1178640 mm² , Ar = 15770 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y² + ∑Is = 487890094500 + 54038731500 = 541928826000 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -7695000 / 286020 = -26.904 mm

Is = Is' - As · δs² = 541928826000 - 286020 × -26.904² = 541721801928 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 3000.0 / 2 + 30.0 - -26.904 = 1556.904 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1556.904 - 3060.000 = -1503.096 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 7308360 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -68.300 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 65.940 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 28.697 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 301790 mm²

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1723.341 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1633.288 mm

ds = d - dr = 90.054 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1656.850 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1536.850 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1466.850 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1593.150 mm

Irv = Is + As·ds² + Ar·dr² = 586110249272 mm⁴

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 7344540.0 mm²

fvru = Msc·Yvru/Irv = -17.244 MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = -15.995 MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = -15.267 MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = 16.581 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 9.250 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = -24.707 MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = -22.918 MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = -21.874 MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = 23.757 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 16.081 MPa

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

fvru = Mw·Yvru/Irv = 0.000 MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = 0.000 MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = 0.000 MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = 0.000 MPa

υ = Sw / A(Web) + Mwt / (2·Fv·Tw) = 0.000 MPa

(5) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 433350 mm²

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1696.904 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 1119.992 mm

dvs = dv - dvc = 576.912 mm

n1 = n·(1 + ϕ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 359685 mm² # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1349.371 mm K = -0.248

ds1 = dv - dc1 = 347.533 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs² + Ac/n·dvc² = 822432311970 mm⁴

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -1223883 N

Pϕ = Nc·2·ϕ1 / (2+ϕ1) = -1223883 N

Mϕ = Pϕ · dc1 = -1651471973 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + ϕ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvru/Irv = -2.898 MPa

fvrl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvrl/Irv = -2.981 MPa

fvsu1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsu / Irv = -3.030 MPa

fvsl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsl / Irv = -5.169 MPa

(6) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 335130 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1448.239 mm

ds2 = dv - dc2 = 248.665 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2651940 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3840643440 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 6.095 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 6.290 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 6.404 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 11.376 MPa

(7) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3535920 N

Mvt = P1 · dvc = 3960201026 N · mm

Ert = Es · εt = 24.000 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -15.060 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -14.859 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 9.259 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 14.386 MPa

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 53.466 MPa < υa = 110 MPa O.K.

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

υ = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 37.403 MPa < 1.2 υa= 132 MPa O.K.

· 활하중 재하시

υ = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw+(Mst/(2F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2FvTw))= 53.466 MPa < 1.25υa = 137.5 MPa O.K.

(5) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1 , f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = 16.667 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.000 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n) - 24) = 231.600

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b }= 1237.500 MPa

사용 tl = 30.000 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-68.300	65.940	190.000	190.000
1+2	-17.244	-15.995	160.000	-83.567	82.521	190.000	190.000
1+2+3	-41.951	-38.913	160.000	-105.440	106.278	190.000	190.000
1+2+3+5	-44.849	-41.894	160.000	-108.471	101.109	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-38.754	-35.604	160.000	-102.067	112.485	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-53.814	-50.463	184.000	-92.809	126.872	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-23.694	-20.746	184.000	-111.326	98.099	218.500	218.500
1+2+4	-17.244	-15.995	200.000	-83.567	82.521	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-41.951	-38.913	200.000	-105.440	106.278	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-44.849	-41.894	200.000	-108.471	101.109	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-38.754	-35.604	200.000	-102.067	112.485	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-53.814	-50.463	216.000	-92.809	126.872	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-23.694	-20.746	216.000	-111.326	98.099	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였을 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-108.471}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.466}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.326 + 0.236 = 0.562 < 1.2 \quad O.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{112.485}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{53.466}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.350 + 0.236 = 0.587 < 1.2 \quad O.K.$$

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

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

·활하중 비재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 1.3 × 풍하중에 의한 응력
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

·활하중 재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15× 활하중에 의한 응력
+ 1.3 ×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

Σf = 1.3 ×-17.244 + 2.15 ×-24.707 + (-2.898) + (6.095) + (15.06)
= -87.400 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-17.244 + 2.15 ×-24.707 + (15.06)
= -90.597 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 ×-17.244 + 1.3 ×0 + (-2.898) + (6.095) + (15.06)
= -34.280 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 ×-17.244 + 2.15 ×-24.707 + 1.3 (1/2 ×0) + (-2.898) + (6.095) + (15.06)
= -87.400 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 × (-68.3 + -15.267) + 2.15 × -21.874 + (-3.03) + (6.404) + (9.259)
= -161.551 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-68.3 + -15.267) + 2.15 × -21.874 + (9.259)
= -164.924 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 × (-68.3 + -15.267) + 1.3 ×0 + (-3.03) + (6.404) + (9.259)

= -114.522 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 × (-68.3 + -15.267) + 2.15 × -21.874 + 1.3 (1/2 ×0) + (-3.03) + (6.404) + (9.259)

= -161.551 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 ×(65.94 + 16.581) + 2.15 ×23.757 + (-5.169) + (11.376) + (-14.386)

= 178.948 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×(65.94 + 16.581) + 2.15 ×23.757 + (-14.386)

= 172.741 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 ×(65.94 + 16.581) + 1.3 ×0 + (-5.169) + (11.376) + (-14.386)

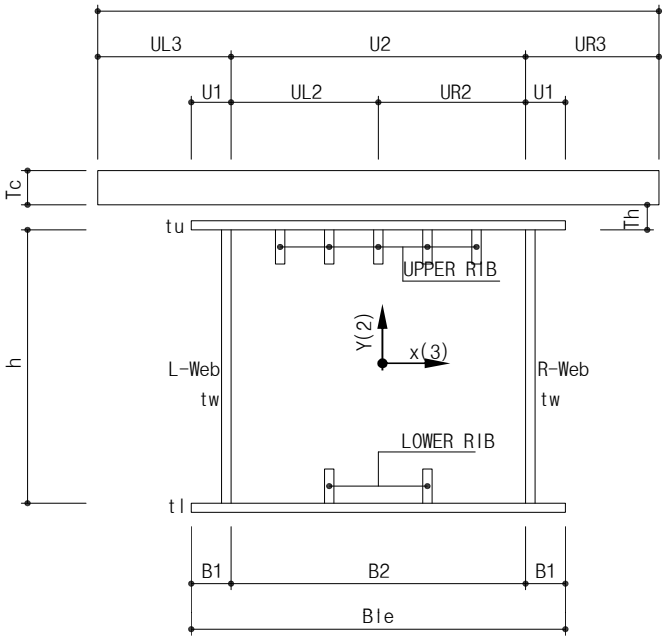
= 127.871 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 ×(65.94 + 16.581) + 2.15 ×23.757 + 1.3 (1/2 ×0) + (-5.169) + (11.376) + (-14.386)

= 178.948 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

5. G2 내측 - S3경간 최대정모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



구 분	단 위	입력 Data
M_s : 합성전 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	13,836.100
M_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 모멘트	kN·m	2,717.090
M_v : (활하중+지점침하)에 의한 모멘트	kN·m	5,834.770
V_s : 합성전 고정하중에 의한 전단력	kN	124.180
V_{sc} : 합성후 고정하중에 의한 전단력	kN	93.250
V_v : (활하중+지점침하)에 의한 전단력	kN	258.190
M_{vt} : (활하중+지점침하)에 의한 비틀림 모멘트	kN·m	252.300

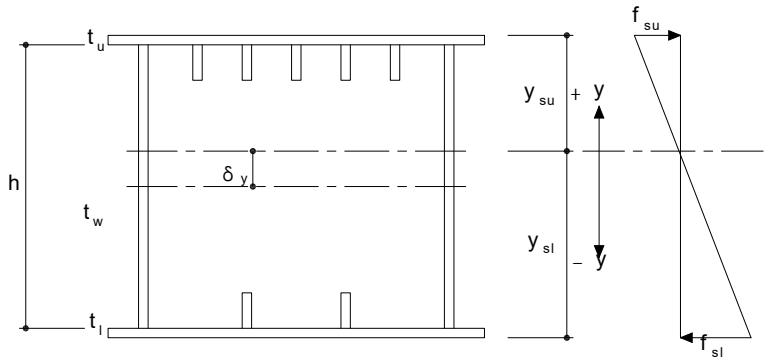
< 참고 > 합성전 고정하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중
합성후 고정하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

X(3)축 방향 단면 제원

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2,600.0 × 20.0	52,000.0	1,110.0	5.772E+07	6.407E+10	1.733E+06
UPPER RIB	5 - 150.0 × 12.0	10,500.0	1,075.0	1.129E+07	1.213E+10	1.969E+07
L - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
R - WEB	1 - 2,200.0 × 12.0	26,400.0	-	-	-	1.065E+10
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-1,025.0	-3.690E+06	3.782E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 28.0	72,800.0	-1,114.0	-8.110E+07	9.034E+10	4.756E+06
강재 단면 합계		191,700.0	-	-1.578E+07	1.703E+11	2.133E+10
RC. SLAB	1 - 5,656.0 × 240.0	1,357,440.0	1,270.0	1.724E+09	2.189E+12	6.516E+09
SLAB 단면 합계		1,357,440.0	-	1.724E+09	2.189E+12	6.516E+09

※ A_s = 191,700.0 mm^2 A_{c1} = 1,357,440.0 mm^2

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

▪ 도심축 이동량

$\delta_y = \sum A_s Y / \sum A_s$ = -15,781,700.0 / 191,700.0 = -82.325 mm

▪ 도심축에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su} = h/2 + t_u - \delta_y$ = 2,200.0 / 2 + 20.0 - -82.325 = 1,202.325 mm

$y_{sl} = -\{ h/2 + t_l + \delta_y \}$ = -{ 2,200.0 / 2 + 28.0 + -82.325 } = -1,045.675 mm

▪ 강재의 단면2차 모멘트

$I_s = \sum I_{xo} + \sum A_s Y^2 - A_s \cdot \delta_y^2$

= 21,328,927,100.0 + 170,330,021,300.0 - 191,700.0 × -82.325² = 1.904E+11 mm^4

▪ 플랜지 응력 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.1)

$f_{su} = M_s \cdot y_{su} / I_s$ = 13,836.100×1,202.3/190,359,720,153.3 = **87.390** MPa

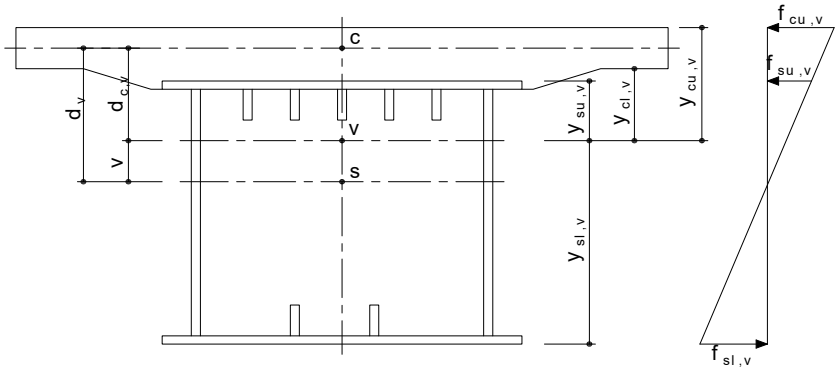
$f_{sl} = M_s \cdot y_{sl} / I_s$ = 13,836.100×-1,045.7/190,359,720,153.3 = **-76.004** MPa

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

F = = 5.810E+06 mm^2

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

= 124.180 / 52,800.0 + 0.000 / (2 × 5,810,256.0 × 12.0) = **2.352** MPa



(2) 합 성 후

▪ 합성 단면적

$A_v = A_s + A_{cn1}$ = 191,700.0 + 0.0 = 191,700.0 mm^2

▪ 합성 단면 도심에서 바닥판 도심까지의 거리

$d_{c,v} = d_v - v$ = 1,352.3 - 0.0 = 1,352.3 mm

▪ 합성단면의 단면2차 모멘트

$I_v = I_s + A_s \cdot v^2 + I_{cn1} + A_{cn1} \cdot d_{c,v}^2$

= 190,359,720,153.3+191,700.0×0.0² +814,464,000.0+0.0×1,352.3² = 1.912E+11 mm^4

▪ 합성단면 도심에서 상·하부 플랜지 연단거리

$y_{su,v} = y_{su} - v$ = 1,202.3 - 0.0 = 1,202.3 mm

$y_{sl,v} = y_{sl} - v$ = -1,045.7 - 0.0 = -1,045.7 mm

▪ 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_{sc} \cdot y_{su,v} / I_v$ = 2,717.090×1,202.3/191,174,184,153.3 = **17.088** MPa

$f_{sl,v} = M_{sc} \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 2,717.090×-1,045.7/191,174,184,153.3 = **-14.862** MPa

$f_{cu,v} = M_{sc} \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,717.090×1,472.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **2.616** MPa

$f_{cl,v} = M_{sc} \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 2,717.090×1,232.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **2.189** MPa

▪ 전단응력 검토

F_v = = 5.889E+06 mm^2

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

= 93.250 / 52,800.0 + 0.000 / (2 × 5,889,204.6 × 12.0) = **1.766** MPa

(3) 활 하 중

▪ 응 력 검 토

$f_{su,v} = M_v \cdot y_{su,v} / I_v$ = 5,834.770×1,202.3/191,174,184,153.3 = **36.696** MPa

$f_{sl,v} = M_v \cdot y_{sl,v} / I_v$ = 5,834.770×-1,045.7/191,174,184,153.3 = **-31.915** MPa

$f_{cu,v} = M_v \cdot y_{cu,v} / (I_v \cdot n)$ = 5,834.770×1,472.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **5.617** MPa

$f_{cl,v} = M_v \cdot y_{cl,v} / (I_v \cdot n)$ = 5,834.770×1,232.3/(191,174,184,153.3×8.0) = **4.701** MPa

▪ 전단응력 검토

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

= 258.190 / 52,800.0 + 252.300 / (2 × 5,889,204.6 × 12.0) = **6.675** MPa

(4) 전단 및 비틀림

▪ 풍하중 비재하시의 전단응력

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

$= 475.620/52,800.0 + 0.000/141,340,909.7 + 252.300/141,340,909.7 = 10.793$ MPa

※ υ = 10.8 MPa ≤ υ_a = 110.0 MPa ····· 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 ($\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0.0$)

f_1, f_2 : 보강된 판의 양연의 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 MPa

▪ 압축 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용) (☞ 도.설.해 3.4.2.3)

b / 22.0 ·i·n = 18.2 mm ≤ t_u = 20 mm

⇒ f_{ca} = 190.0 MPa

b / 44.0 ·i·n = 9.1 mm ≤ t_u = 20 mm ≥ b / 22.0 ·i·n = 18.2 mm

⇒ f_{ca} = 190.0 - 5.2 {b/(t_u·i·n)- 22.0 } = 200.4 MPa

b / 80.0 ·i·n = 5.0 mm ≤ t_u = 20 mm ≥ b / 44.0 ·i·n = 9.1 mm

⇒ f_{ca} = 220,000 $\{(t_u\cdot i\cdot n)/b\}^2$ = 550.0 MPa

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

∴ f_{ca} = 190.0 MPa

▪ 철근 콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설.해 3.9.3.1)

f_{ca} = 0.40 f_{ck} = 10.800 MPa (f_{ck} = 27.0 MPa 사용)

f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.890 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	-	-	-	-	87.390	-76.004	190.000	190.000
1+2	-	-	-	-	104.478	-90.866	190.000	190.000
3	-	-	-	-	36.696	-31.915	190.000	190.000
1+2+3	-	-	-	-	141.174	-122.780	190.000	190.000

주) 압축응력은 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

하 중 조 합	$(f/f_a)^2$		$(\upsilon/\upsilon_a)^2$		합성응력		판 별	
	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연
1	0.212	0.160	0.010	0.010	0.221	0.170	O.K !!	O.K !!
1+2+3	0.552	0.418	0.010	0.010	0.562	0.427	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)

εu = fu / Es = 141.174 / 210000 = 6.723E-04

εl = fl / Es = 122.780 / 210000 = 5.847E-04

(8) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

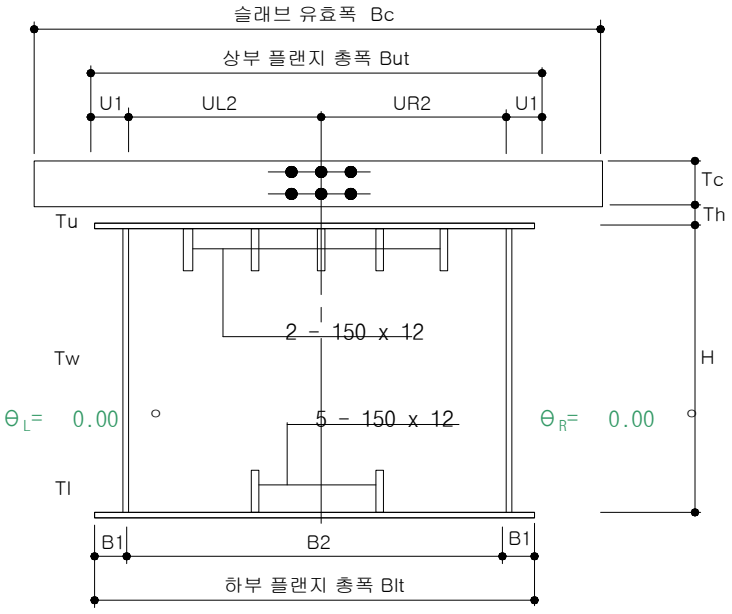
▪ 활하중(충격을 포함)의 2.15배와 고정하중의 1.3배, 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향, 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차에 의한 응력 중 가장 불리한 조합에 대하여 검사하는 것으로 한다.

▪ 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	-	-	-	-	113.607	-98.805	320.000	O.K !!
1+2+3	-	-	-	-	214.717	-186.742	320.000	O.K !!

6. G2 내측 - P2 최대부모멘트

1) 단면가정 및 설계조건



주부재사용강종 = SM490 B

H = 3.000 m

Bc = 5.114 m

UL2= 1.200 , UR2= 1.200 m

B2 = 2.400 m

But= 2.600 , Blt= 2.600 m

상하 플랜지 유효폭

Bue= 2.357 , Ble= 2.357 m

Tc = 0.240 m

Th = 0.050 m

Tu = 0.030 m

Tl = 0.030 m

Tw = 0.012 m

U1 = 0.100 m

B1 = 0.100 m

RIB 150 x 12 mm , 150 x 12 mm

구 분	단 위	입력 DATA
Es : 강의 탄성계수	MPa	200000
Ec : 콘크리트의 탄성계수	MPa	26701
εs: 바닥판 콘크리트의 건조수축에의한 최종수축율		0.00027
α : 강재 및 콘크리트의 선팽창계수		0.000012
φ2: 건조수축에의한 크리이프계수		4
n : 강과 콘크리트의 탄성계수비		8
t : 강과 콘크리트의 온도차	℃	10
Ms : 합성전 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-23,228.000
Msc : 합성후 고정하중에의한 모멘트	kN · m	-4,220.520
Mw : 풍하중에의한 모멘트	kN · m	0.000
Mv : (활하중 + 지점침하)에의한 모멘트	kN · m	-8,543.890
Ss : 합성전 고정하중에의한 전단력	kN	1,958.870
Ssc : 합성후 고정하중에의한 전단력	kN	322.460
Sw : 풍하중에의한 전단력	kN	0.000
Sv : (활하중 + 지점침하)에의한 전단력	kN	814.530
Mst : 합성전 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	12.420
Msct : 합성후 고정하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	49.760
Mwt : 풍하중에의한 비틀림모멘트	kN · m	0.000
Mvt :(활하중 + 지점침하)에의한 비틀림모멘트	kN · m	900.470
tcu,tcl : 교축방향 철근의 피복두께	mm	70 , 50

< 참고 > 합성전 사하중 : 강재자중 + 바닥판콘크리트자중

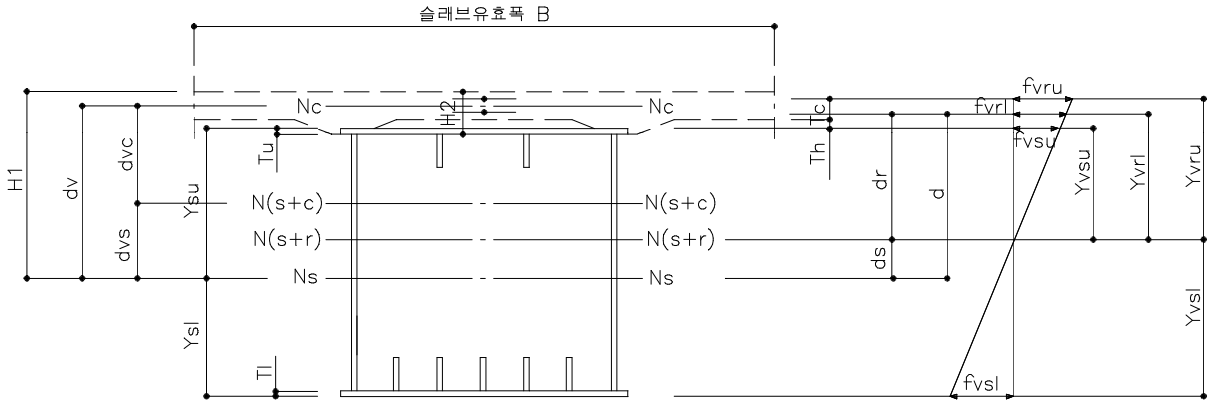
합성후 사하중 : 난간및 방호벽자중 + PAVEMENT자중

단 면 제 원

단 면	B(mm)	H(mm)	A(mm²)	Y(mm)	A*Y(mm³)	A*Y2(mm⁴)	Ix(mm⁴)
1 - UPPER FLANGE	2357.0	30.0	70710	1515.0	107125650	162295359750	5303250
2 - UPPER RIB	12.0	150.0	3600	1425.0	5130000	7310250000	6750000
1 - L_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
1 - R_WEB	12.0	3000.0	36000	0.0	0	0	27000000000
5 - LOWER RIB	12.0	150.0	9000	-1425.0	-12825000	18275625000	16875000
1 - LOWER FLANGE	2357.0	30.0	70710	-1515.0	-107125650	162295359750	5303250
강단면 합계			226020		-7695000	350176594500	54034231500
UPPER RE-BAR	-	-	3096.5	1720.0	5325980	9160685600	-
LOWER RE-BAR	-	-	3096.5	1600.0	4954400	7927040000	-
RE-BAR 합계			6193		10280380	350176594500	-
1 - RC SLAB	5114.0	240.0	1227360	1670.0	2049691200	3422984304000	5891328000

* As = 226020 mm² , Ac = 1227360 mm² , Ar = 6193 mm²

2) 응 력 검 토



(1) 합 성 전

Is' = As · Y² + ∑Is = 350176594500 + 54034231500 = 404210826000 mm⁴

δs = ∑(A · Y)/ As = -7695000 / 226020 = -34.046 mm

Is = Is' - As · δs² = 404210826000 - 226020 × -34.046² = 403948844649 mm⁴

Ysu = H/2 + Tu - δs = 3000.0 / 2 + 30.0 - -34.046 = 1564.046 mm

Ysl = Ysu - (H + Tu + Tl) = 1564.046 - 3060.000 = -1495.954 mm

F = b · h = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw) · (H + Tu/2 +Tl/2) = 7308360 mm²

fsu = Ms · Ysu / Is = -89.936 MPa

fsl = Ms · Ysl / Is = 86.021 MPa

υ = Ss / A(Web) + Mst / (2 · F · Tw) = 27.277 MPa

(2) 합 성 후

Av = As + Ar = 232213 mm^2

d = Ysu - Tu + Th + tcl + (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1694.046 mm

dr = d·As / (As + Ar) = 1648.866 mm

ds = d - dr = 45.179 mm

Yvru = dr + (Tc - tcu - tcl)·Arl/Ar = 1708.866 mm

Yvrl = dr - (Tc - tcu - tcl)·Aru/Ar = 1588.866 mm

Yvsu = Yvrl - tcl - Th + Tu = 1518.866 mm

Yvsl = Yvsu - (H + Tu + Tl) = -1541.134 mm

Irv = Is + As·ds^2 + Ar·dr^2 = 421247472065 mm^4

Fv = b·hv = ((UL2 + UR2 + B2) / 2 + Tw)·(H + (Tu + Tc/n)/2 +Tl/2) = 7344540.0 mm^2

fvru = Msc·Yvru/Irv = -17.121 MPa

fvrl = Msc·Yvrl/Irv = -15.919 MPa

fvsu = Msc·Yvsu/Irv = -15.218 MPa

fvsl = Msc·Yvsl/Irv = 15.441 MPa

υ = Ssc / A(Web) + Msct / (2·Fv·Tw) = 4.761 MPa

(3) 활 하 중

fvru = Mv·Yvru/Irv = -34.660 MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = -32.226 MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = -30.806 MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = 31.258 MPa

υ = Sv / A(Web) + Mvt / (2·Fv·Tw) = 16.421 MPa

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

fvru = Mw·Yvru/Irv = 0.000 MPa

fvrl = Mv·Yvrl/Irv = 0.000 MPa

fvsu = Mv·Yvsu/Irv = 0.000 MPa

fvsl = Mv·Yvsl/Irv = 0.000 MPa

υ = Sw / A(Web) + Mwt / (2·Fv·Tw) = 0.000 MPa

(5) 크 리 이 프

Avc = As + Ac/n = 379440 mm^2

dv = Ysu - Tu + Th + Tc/2 = 1704.046 mm

dvc = dv·As / (Ac/n + As) = 1015.044 mm

dvs = dv - dvc = 689.001 mm

n1 = n·(1 + φ1 / 2) = 8 × (1 + 2.0 / 2) = 16

Av1 = As + Ac/n1 = 302730 mm^2 # 2차 부정정력으로 인한 영향 고려

dc1 = dv·As / (Ac/n1 + As) = 1272.251 mm K = -0.248

ds1 = dv - dc1 = 431.795 mm

Icv = Is + Ic/n + As·dvs^2 + Ac/n·dvc^2 = 670053041256 mm^4

Nc = Msc·dvc·Ac/(n·Icv) = -980898 N

Pφ = Nc·2·φ1 / (2+φ1) = -980898 N

Mϕ = Pϕ · dc1 = -1247947691 N · mm

Ec1 = Ec / (1 + ϕ1 / 2) = 13351 MPa

fvru1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvru/Irv = -2.969 MPa

fvrl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvrl/Irv = -3.057 MPa

fvsu1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsu / Irv = -3.108 MPa

fvsl1 = Pϕ/Av + k*Mϕ · Yvsl / Irv = -5.356 MPa

(6) 건 조 수 축

n2 = n · (1 + ϕ2 / 2) = 8 × (1 + 4.0 / 2) = 24

Av2 = As + Ac/n2 = 277160 mm²

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1389.625 mm

ds2 = dv - dc2 = 314.421 mm

P2 = Es · εs · Ac/n2 = 2761560 N

Mv2 = P2 · dc2 = 3837532167 N · mm

fvru2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvru/Irv = 8.032 MPa

fvrl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvrl/Irv = 8.303 MPa

fvsu2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsu/Irv = 8.461 MPa

fvsl2 = P2/Av + K*Mv2 · Yvsl/Irv = 15.374 MPa

(7) 온 도 차

εt = α · t = 0.000012 × 10 = 0.00012

P1 = Es · εt · Ac/n = 3682080 N

Mvt = P1 · dvc = 3737474227 N · mm

Ert = Es · εt = 24.000 MPa

frut = P1/Av + K*Mvt · Yvru/Irv - Es · εt = -11.904 MPa

frlt = P1/Av + K*Mvt · Yvrl/Irv - Es · εt = -11.640 MPa

fsut = P1/Av + K*Mvt · Yvsu/Irv = 12.514 MPa

fslt = P1/Av + K*Mvt · Yvsl/Irv = 19.248 MPa

(4) 전단 및 비틀림

- 풍하중 비재하시의 전단응력

υ = (Ss+Ssc+Sv)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mvt)/(2 FvTw)) = 48.460 MPa < υa = 110 MPa 0.K.

- 풍하중 재하시의 전단응력

· 활하중 비재하시

υ = (Ss+Ssc+Sw)/Aw + (Mst/(2 F Tw)+(Msct+Mwt)/(2 FvTw)) = 32.038 MPa < 1.2 υa= 132 MPa 0.K.

· 활하중 재하시

υ = (Ss+Ssc+Sw/2+Sv)/Aw+(Mst/(2F Tw)+(Msct+Mwt/2+Mvt)/(2FvTw))= 48.460 MPa < 1.25υa = 137.5 MPa 0.K.

(5) 조합응력의 검토 (☞ 도.설 3.4.2.1)

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

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

∵ $\phi = (f_1 - f_2)/f_1 \fallingdotseq 0$

여기서, n : 종리브에 의해서 구분되는 Pannel의 수

i : 응력구배계수 ϕ : 응력구배

f_1 ,f_2 : 보강된 판의 양연의 응력

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

* 인장 (상부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

fta = 190 MPa

* 압축 (하부)플랜지의 허용응력 (SM490 사용)

$$tl \geq \frac{b}{24 \cdot i \cdot n} = \frac{2400}{24 \times 1.000 \times 6} = 16.667 \text{ mm}$$

인 경우 : fca = 190.000 MPa

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

인 경우 : fca = 190 - 3.9 (b / (tl · i · n) - 24) = 231.600

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

인 경우 : fca = 220000 × { (tl · i · n) / b }= 1237.500 MPa

사용 tl = 30.000 mm

따라서, fca = 190.000 MPa

* 철근콘크리트의 허용응력 (☞ 도.설 2.2.2.4, 3.6.1.7)

fta = 160.000 MPa fca = 180.000 MPa (SD40 사용)

하중조합	RE-BAR			STEEL			
	작용응력(MPa)		허용응력	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)	
	상 연	하 연	(kgf/cm²)	상 연	하 연	상 연	하 연
1			160.000	-89.936	86.021	190.000	190.000
1+2	-17.121	-15.919	160.000	-105.154	101.462	190.000	190.000
1+2+3	-51.781	-48.145	160.000	-135.960	132.719	190.000	190.000
1+2+3+5	-54.750	-51.202	160.000	-139.068	127.363	190.000	190.000
1+2+3+5+6	-46.718	-42.899	160.000	-130.608	142.737	190.000	190.000
1+2+3+5+6+7	-58.622	-54.539	184.000	-118.093	161.985	218.500	218.500
1+2+3+5+6-7	-34.815	-31.259	184.000	-143.122	123.490	218.500	218.500
1+2+4	-17.121	-15.919	200.000	-105.154	101.462	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4	-51.781	-48.145	200.000	-135.960	132.719	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5	-54.750	-51.202	200.000	-139.068	127.363	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6	-46.718	-42.899	200.000	-130.608	142.737	237.500	237.500
1+2+3+(1/2)4+5+6+7	-58.622	-54.539	216.000	-118.093	161.985	256.500	256.500
1+2+3+(1/2)4+5+6-7	-34.815	-31.259	216.000	-143.122	123.490	256.500	256.500

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였을 허용응력의 할증 (☞ 도.설 3.9.3.1 참조)

(6) 합성응력의 검토 (☞ 도.설 3.8.2.4)

(상 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{-139.068}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.460}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.536 + 0.194 = 0.730 < 1.2 \quad O.K.$$

(하 연)

$$\left(\frac{f}{fa}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon}{\upsilon a}\right)^2 = \left(\frac{142.737}{190.000}\right)^2 + \left(\frac{48.460}{110.000}\right)^2$$

$$= 0.564 + 0.194 = 0.758 < 1.2 \quad O.K.$$

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

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15 × 활하중에 의한 응력(충격포함)
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

- 풍하중 재하시

·활하중 비재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 1.3 × 풍하중에 의한 응력
+ (크리프응력 변화량) + (건조수축응력변화량) + (온도차응력변화량) 의 조합 중에서
가장 불리한 하중 조합에 대하여 검토

·활하중 재하시

Σf = 1.3 × (합성전 사하중 응력 + 합성후 사하중) + 2.15× 활하중에 의한 응력
+ 1.3 ×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

Σf = 1.3 ×-17.121 + 2.15 ×-34.66 + (-2.969) + (8.032) + (11.904)
= -103.617 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×-17.121 + 2.15 ×-34.66 + (11.904)
= -108.680 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 ×-17.121 + 1.3 ×0 + (-2.969) + (8.032) + (11.904)
= -29.098 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 ×-17.121 + 2.15 ×-34.66 + 1.3 (1/2 ×0) + (-2.969) + (8.032) + (11.904)
= -103.617 MPa < fy = 400.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

② 강재주형 상판

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 × (-89.936 + -15.218) + 2.15 × -30.806 + (-3.108) + (8.461) + (12.514)
= -210.095 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 × (-89.936 + -15.218) + 2.15 × -30.806 + (12.514)
= -215.448 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 × (-89.936 + -15.218) + 1.3 ×0 + (-3.108) + (8.461) + (12.514)

= -143.862 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 × (-89.936 + -15.218) + 2.15 × -30.806 + 1.3 (1/2 ×0) + (-3.108) + (8.461) + (12.514)

= -210.095 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

③ 강재주형 하판

- 풍하중 비재하시

Σf = 1.3 ×(86.021 + 15.441) + 2.15 ×31.258 + (-5.356) + (15.374) + (-19.248)

= 228.370 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 포함시)

Σf = 1.3 ×(86.021 + 15.441) + 2.15 ×31.258 + (-19.248)

= 218.352 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (크리프,건조수축 제외시)

- 풍하중 재하시

Σf = 1.3 ×(86.021 + 15.441) + 1.3 ×0 + (-5.356) + (15.374) + (-19.248)

= 161.165 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 비재하시)

Σf = 1.3 ×(86.021 + 15.441) + 2.15 ×31.258 + 1.3 (1/2 ×0) + (-5.356) + (15.374) + (-19.248)

= 228.370 MPa < fy = 320.0 MPa O.K. (활하중 재하시)

5.2 내진성능평가

교 량 내 진 성 능 평 가

가천교(범물동)

보강전 내진성능평가 계산서

2022.05

◈ 목 차 ◈

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

1. 개요

2. 하중산정 및 모델링

3. 고정하중에 대한 해석

4. 설계 지진동

5. 유효강성 산정

6. 고유치 해석

7. 지진 해석

8. 하중조합에 따른 단면력

9. 교각부 평가

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

11. 기초부 평가

12. 지지길이평가

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

- 교각 1

	구분			보유성능	소요성능	평가	
P 1	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.154	1.000	2.154	O.K
			교직(하단)	1.000	1.000	1.000	O.K
			교직(상단)	1.000	1.000	1.000	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	0.554	5.058	O.K
			교직	7.840	1.106	7.088	O.K
		지지력	교축	16.220	2.000	8.110	O.K
			교직	36.829	2.000	18.415	O.K
		활동	교축	10.584	1.200	8.820	O.K
			교직	2.923	1.200	2.436	O.K
	기초 단면검토	휨	교축	56,209	14,270	3.939	O.K
			교직	19,465	14,112	1.379	O.K
		전단	교축	38,408	6,068	6.329	O.K
			교직	13,717	7,609	1.803	O.K
	받침부	본체 (kN)	교직	3,000	6,423	0.467	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	11,066	6,423	1.723	O.K
		콘크리트 (kN)	교직	2,075	6,423	0.323	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	3,123	6,423	0.486	N.G

- 교각 2

	구분			보유성능	소요성능	평가	
P 2	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.046	1.447	1.414	O.K
			교직(하단)	2.242	1.000	2.242	O.K
			교직(상단)	2.270	1.000	2.270	O.K
	말뚝기초 안정성	수평변위	교축	15.000	0.565	26.548	O.K
			교직	15.000	0.405	37.044	O.K
		연직압축지지력	교축	3,036.1	742.3	4.090	O.K
			교직	3,036.1	474.4	6.400	O.K
		연직인발지지력	교축	549.6	71.8	7.659	O.K
			교직	549.6	0.0	0.000	O.K
	말뚝응력 검토	휨인장응력	교축	210.0	68.6	3.062	O.K
			교직	210.0	6.3	33.305	O.K
		휨압축응력	교축	210.0	102.2	2.056	O.K
			교직	210.0	102.8	2.043	O.K
		휨전단응력	교축	120.0	5.6	21.478	O.K
			교직	120.0	7.9	15.204	O.K
	기초 단면검토	휨	교축	111,012	37,320	2.975	O.K
			교직	46,982	10,008	4.694	O.K
		전단	교축	38,408	19,166	2.004	O.K
			교직	16,461	4,673	3.523	O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	9,800	5,781	1.695	O.K
			교직	4,000	7,416	0.539	N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	1,445	7.657	O.K
			교직	11,066	7,416	1.492	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	15,283	5,781	2.644	O.K
			교직	2,082	7,416	0.281	N.G
		프라이아웃 (kN)	교축	3,287	1,445	2.274	O.K
			교직	3,287	7,416	0.443	N.G

- 교대 1

	구분			보유성능	소요성능	평가	
A 1	받침부	본체 (kN)	교직	1,500	2,248	0.667	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	4,766	2,248	2.120	O.K
		콘크리트 (kN)	교직	1,479	2,248	0.658	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	1,679	2,248	0.747	N.G
	지지길이(mm)		교축	1,250	549	2.277	O.K

- 교대기초 1

	구분		보유성능	소요성능	평가	
A 1	기초부 (교축)	전도	2.560	1.256	2.038	O.K
		활동	1.600	1.000	1.600	O.K
		지반반력 (kN/m²)	2,792	443	6.307	O.K

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	가천교(범물동)	준공년도	2005 년
본부/지사	-	받침종류	포트받침
상부구조		하부구조	
형식	STB	교각형식	다주식교각
교량폭원	20.2m	기초형식	직접기초
콘크리트	27Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	50.0+60.0+60.0+2@60.0=290.0m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S2 , 교직 : S2
해석방법	다중모드스펙트럼해석법
고유치 해석	Ritz Vectors
MODE 조합	C.Q.C 방법

지반운동의 고려방향 결정 근거

- 내진설계에 수직방향 지진의 영향 미고려(수평방향만 고려)

-교량받침에 부반력이 발생하지 않으며, 상부구조가 연직하중에 대체로 안전

지반분류 근거

- '기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령, 2020' 에 제시된 표준관입시험

N값과의 경험적 상관식 중 'Sun et al. 2013'의 식을 활용

for all soils, $V_s = 65.54N^{0.407}$

for sand soils (풍화잔류토), $V_s = 107.94N^{0.418}$

for sand soils (풍화암), $V_s = 75.76N^{0.371}$

for sand and silt soils (충적토), $V_s = 82.01N^{0.319}$

for Gravel (충적토), $V_s = 78.63N^{0.361}$

1.3 사용프로그램 및 해석모델

구분		적용
기둥 강도 산정	해석방법	모멘트-곡률 해석법
	콘크리트 모델	MANDER 모델
	철근 모델	PARK 모델
	모멘트-곡률산정 프로그램	MIDAS CIVIL
탄성지진력 산정	전체 모델링	프레임 모델링
	상부와 하부의 연결부 상세	ELASTIC LINK 스프링 모델
	기초와 지반의 연결부 상세	말뚝기초 스프링 강성 적용 / 직접기초 Fixed 적용
	질량산정	상부와 하부 고정하중은 단위질량으로 입력
	탄성지진력 산정 프로그램	MIDAS CIVIL

1.4 내진성능 평가방법 및 항목

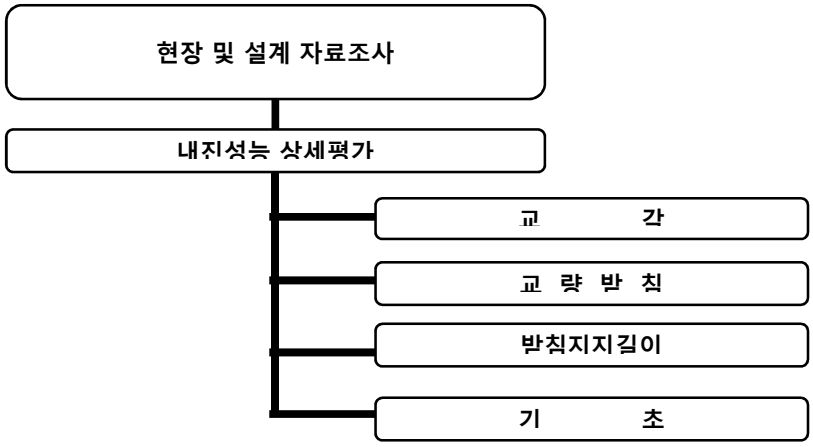
1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

평가요령은 기존교량의 내진성능 평가 및 향상 요령'에 규정된 기준에 준한다.

2) 내진성능 평가항목



3) 참고문헌

교량내진설계기준(한계상태설계법)[KDS 24 17 11](국토교통부, 2021)

콘크리트구조 설계(강도설계법)[KDS 14 20 00](국토교통부, 2021)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2020)

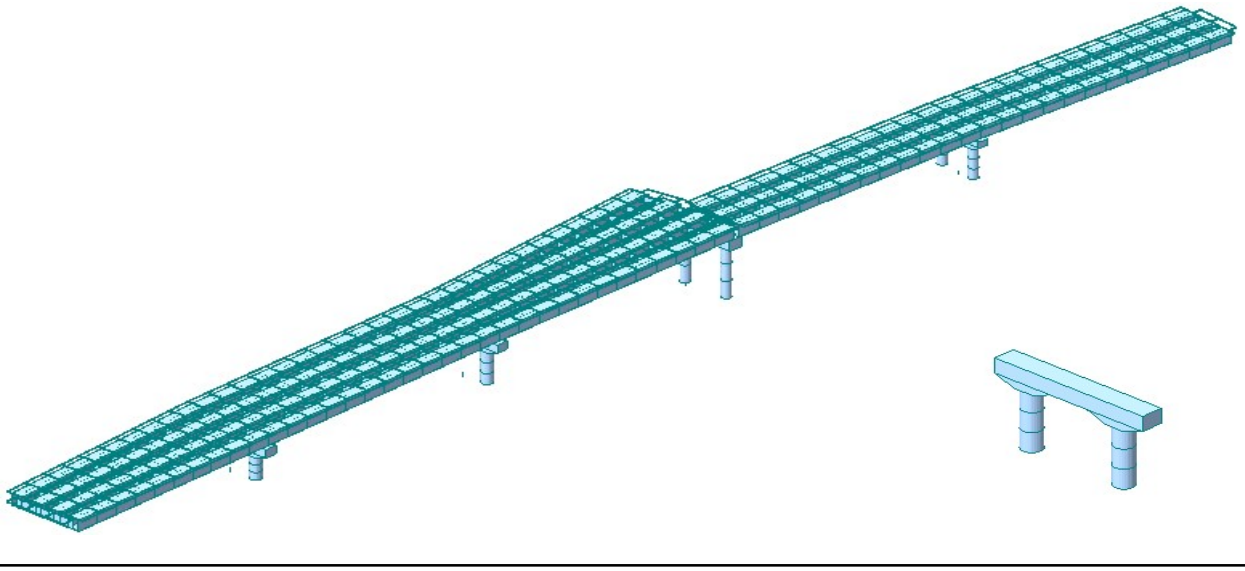
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : 포트받침



해석대상 구조물 모델링

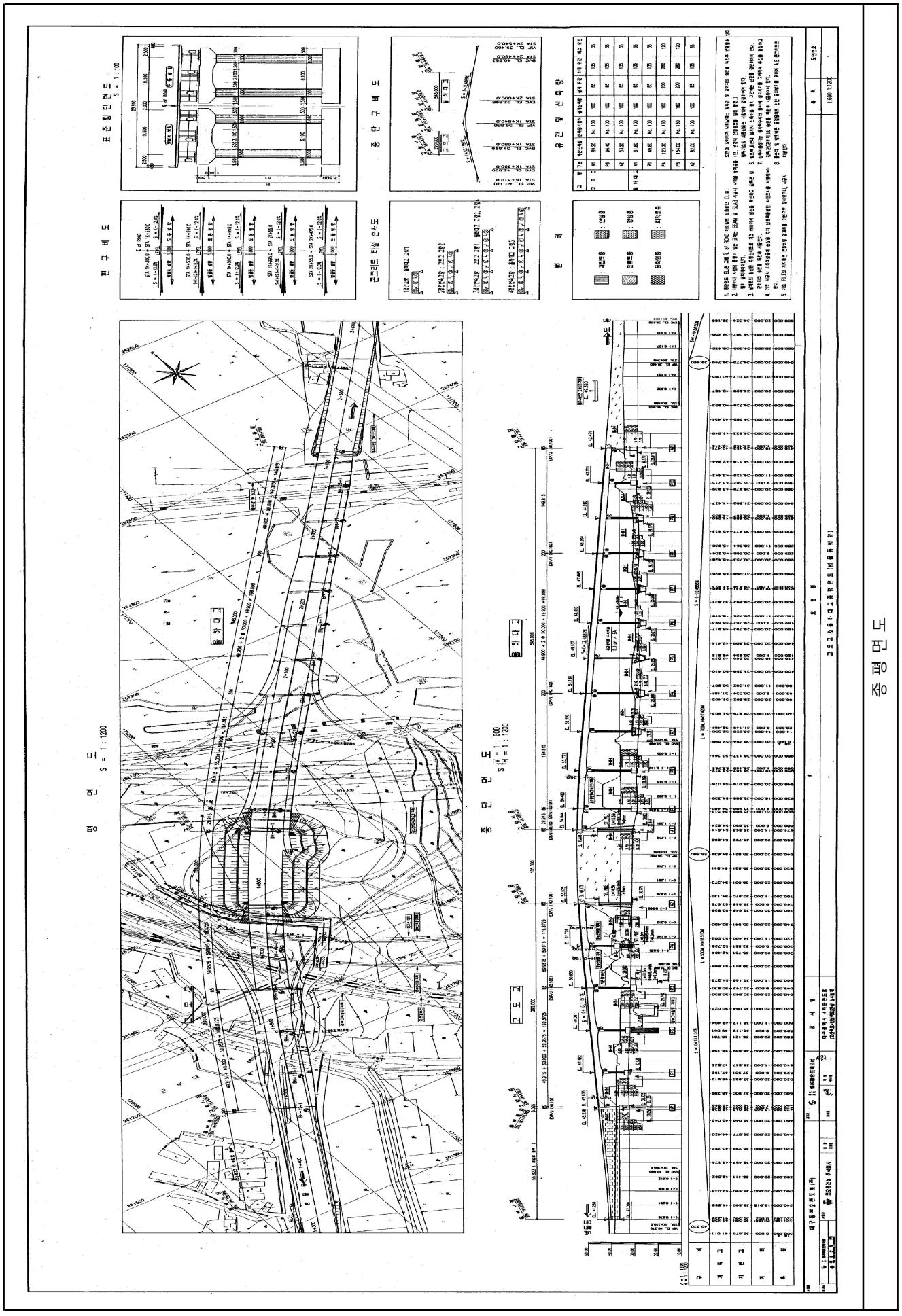
2.2 하중산정 조건

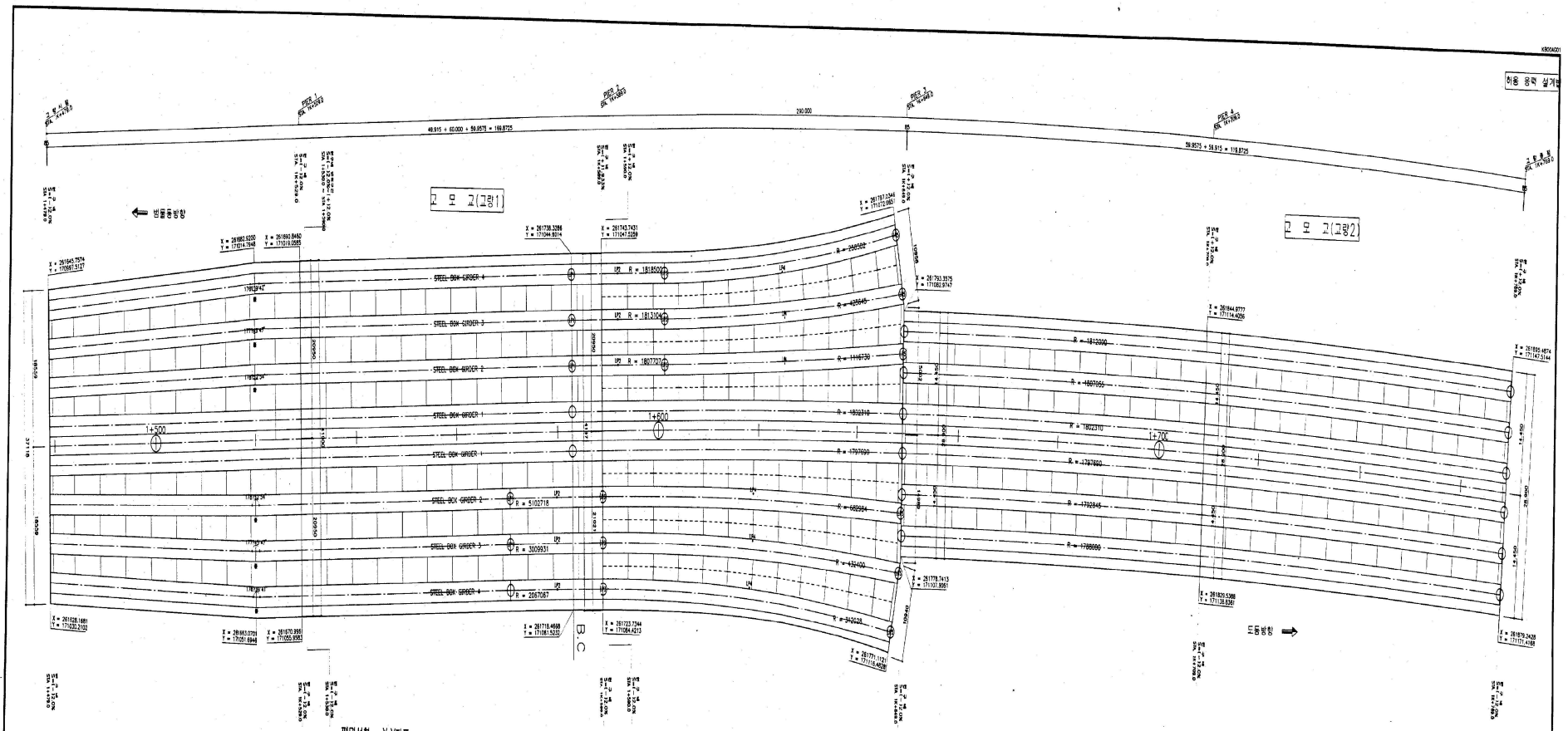
-구조계산서 반력집계

L = 170.0m		
구분	사하중	B/L
B1	11,603	68.25
B2	12,104	71.20
B3	11,937	70.22
B4	11,464	67.44

L = 120.0m		
구분	사하중	B/L
B1	7,151	42.06
B2	7,151	42.06
B3	8,080	47.53

2.3 설계도면 자료





평면선형 X·Y좌표

교점고유번호		GIRDER 2					GIRDER 3					GIRDER 4				
해당좌표		LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5
	X	261732.05475672	261740.15955437	261748.21953339	261769.20705302	261790.97146497	261734.81156788	261742.74255577	261750.82459226	261771.81966946	261793.97406746	261737.16788529	261745.32107205	261753.42817144	261773.56903080	261796.21085508
	Y	171058.25400700	171060.82391028	171065.06610860	171076.63323152	171087.28637405	171051.51137249	171055.68393549	171060.33945422	171071.81074078	171081.06852477	171045.75502066	171051.14495495	171055.61367563	171066.83407268	171074.37305544
	LA	-	0°30'0.176"	-	2°27'31.157"	-	-	0°30'0.176"	-	6°24'7.391"	-	-	0°30'0.176"	-	10°22'5.667"	-

교점고유번호		GIRDER 2					GIRDER 3					GIRDER 4				
해당좌표		LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5
	X	261711.86773944	261721.97714661	261730.07077034	261756.30690233	261781.20102814	261711.31062829	261718.41233134	261727.48894417	261753.53720637	261777.40036845	261706.75460054	261716.84602023	261724.95243708	261750.30653397	261772.70422634
	Y	171063.98319087	171068.34557547	171072.73721132	171086.97305065	171103.44351817	171068.73614437	171073.09419896	171077.52171812	171091.72123355	171106.36663711	171072.49816788	171077.84195587	171082.26753684	171096.22599006	171114.62503087
	LA	-	0°12'24.446"	-	5°17'7.971"	-	-	0°21'0.805"	-	7°51'10.298"	-	-	0°30'34.390"	-	10°39'52.562"	-

GIRDER 시·종점 X·Y좌표

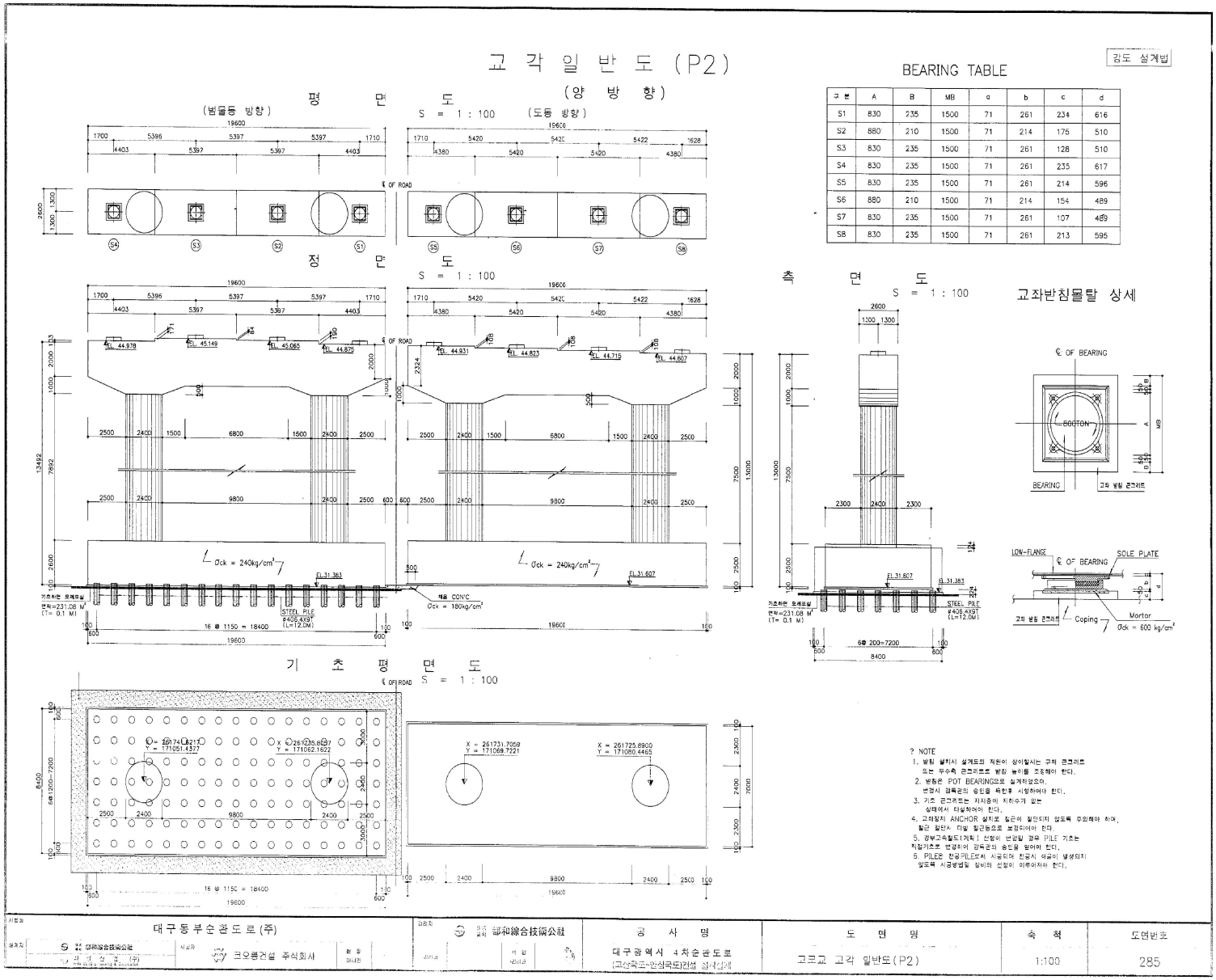
교점고유번호		시 점				종 점			
해당좌표		GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4	GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4
	X	261638.10114139	261640.29120528	261642.33766634	261644.64020760	261787.10121175	261790.67146497	261793.67408746	261796.21085508
	Y	171011.85077704	171007.79185128	171003.69004390	170999.69506163	171059.37031332	171057.29074425	171081.06802477	171074.37305544

교점고유번호		시 점				종 점			
해당좌표		GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4	GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4
	X	261635.91294001	261633.73270710	261631.55434744	261629.37377486	261784.70464498	261781.52102814	261777.40036845	261772.70422634
	Y	171015.91943607	171019.97736182	171024.02085770	171028.07151519	171037.28489548	171033.44331017	171109.39663711	171114.62503087

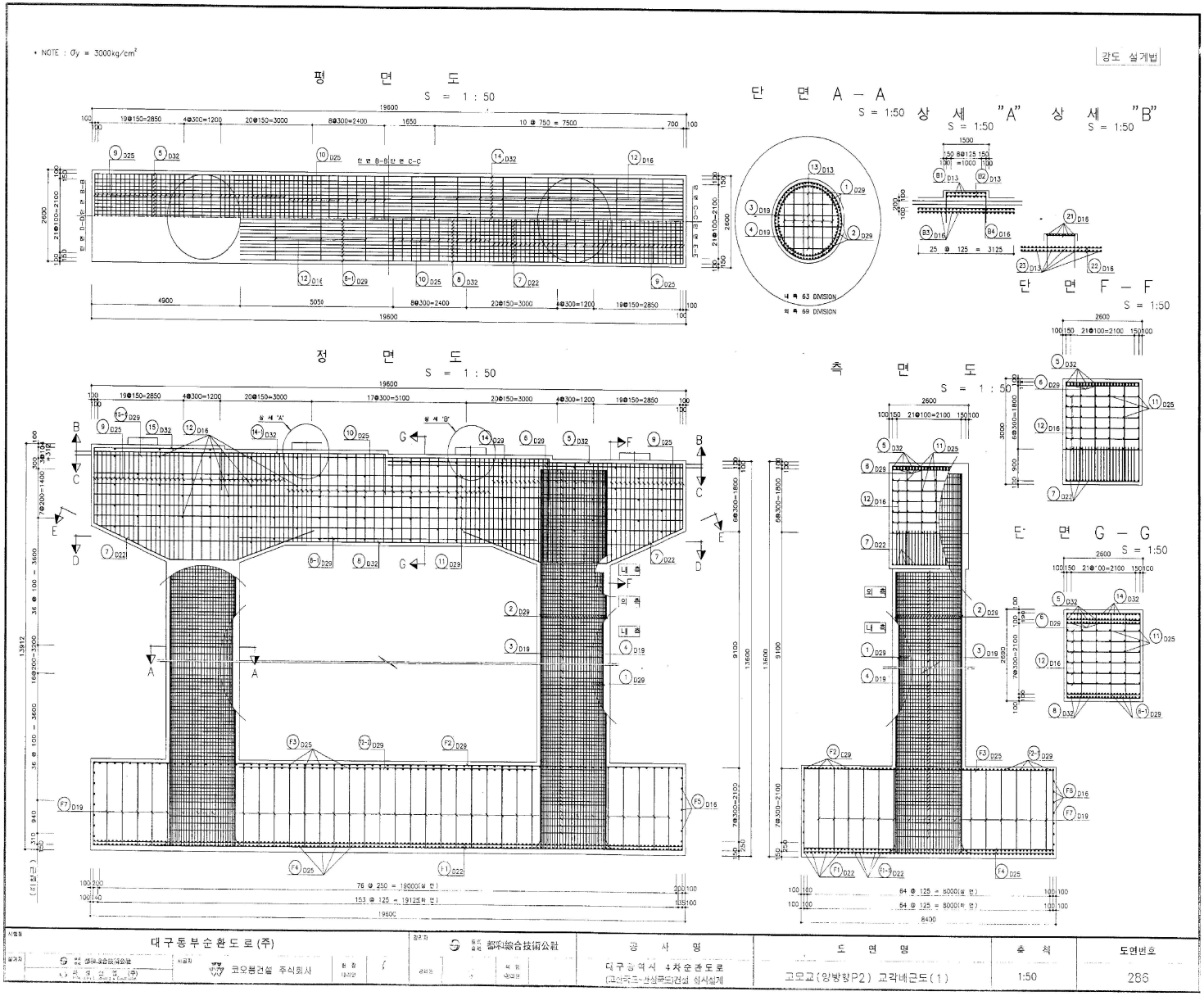
- NOTE
1. B.C는 원곡선시점(BC),
2. C.C 표시는 GIRDER의 시작점 또는 끝점이다,
3. 표시된 R값은 GIRDER들의 R값이다,
   - 도로중심 R = 1800000
4. 볼록부은 GIRDER 접점(POINT)이다,
5. 모든 STATION은 도로 중심에 대한 STATION이다,
6. 모든 값은 mm단위이다.

시행	대구동부순환도로(주)	용역명	都和綜合技術公社
설계자	도로과 장 (차)	시행자	코오롱건설 주식회사
검토자		책임자	책임기술자
공사명	대구광역시 4차순환도로 (고산무고-연삼국도)건설 실시설계		
도면명	고모고 강상형평면선형도	축척	1:200
		도면번호	4

강상형 평면선형도


교 각 일 반 도 (P2)
강도 설계법
평 면 도 (양 방 향)
(범물동 방향)
S = 1 : 100
(도동 방향)
BEARING TABLE
구 분 A B MB a b c d
S1 830 235 1500 71 261 234 616
S2 880 210 1500 71 214 175 510
S3 830 235 1500 71 261 128 510
S4 830 235 1500 71 261 235 617
S5 830 235 1500 71 261 214 596
S6 880 210 1500 71 214 154 489
S7 830 235 1500 71 261 107 489
S8 830 235 1500 71 261 213 595
정 면 도
S = 1 : 100
측 면 도
S = 1 : 100
고좌받침몰탈 상세
℄ OF ROAD
℄ OF BEARING
BEARING
고좌 받침 콘크리트
LOW-FLANGE
SOLE PLATE
Coping
Mortar
σck = 600 kg/cm²
σck = 240kg/cm²
σck = 180kg/cm²
STEEL PILE
φ406.4X9T
(L=12.0M)
기 초 평 면 도
S = 1 : 100
? NOTE
1. 받침 설치시 설계도의 적온이 상이할시는 구체 콘크리트
또는 무수축 콘크리트로 받침 높이를 조정해야 한다.
2. 받침은 POT BEARING으로 설계하였으며,
변경시 감독관의 승인을 득한후 시행하여야 한다.
3. 기초 콘크리트는 지지층이 지하수가 없는
상태에서 타설하여야 한다.
4. 고정측의 ANCHOR 설치로 침근이 절단되지 않도록 주의해야 하며,
철근 절단시 대일 철근등으로 보강되어야 한다.
5. 경부고속철도(계획) 선형이 변경될 경우 PILE 기초는
지점기초로 변경되어 감독관의 승인을 얻어야 한다.
6. PILE은 천공PILE로써 시공되며 천공시 이물이 생성되지
않도록 시공방법을 철저히 선정이 이루어져야 한다.
대구동부순환도로(주)
코오롱건설 주식회사
大林組 · 和泉線合技術公社
대구광역시 4차순환도로
(고산각곡-안심국도)건설 실시설계
도 면 명
교코교 고각 일반도(P2)
축 척
1:100
도면번호
285

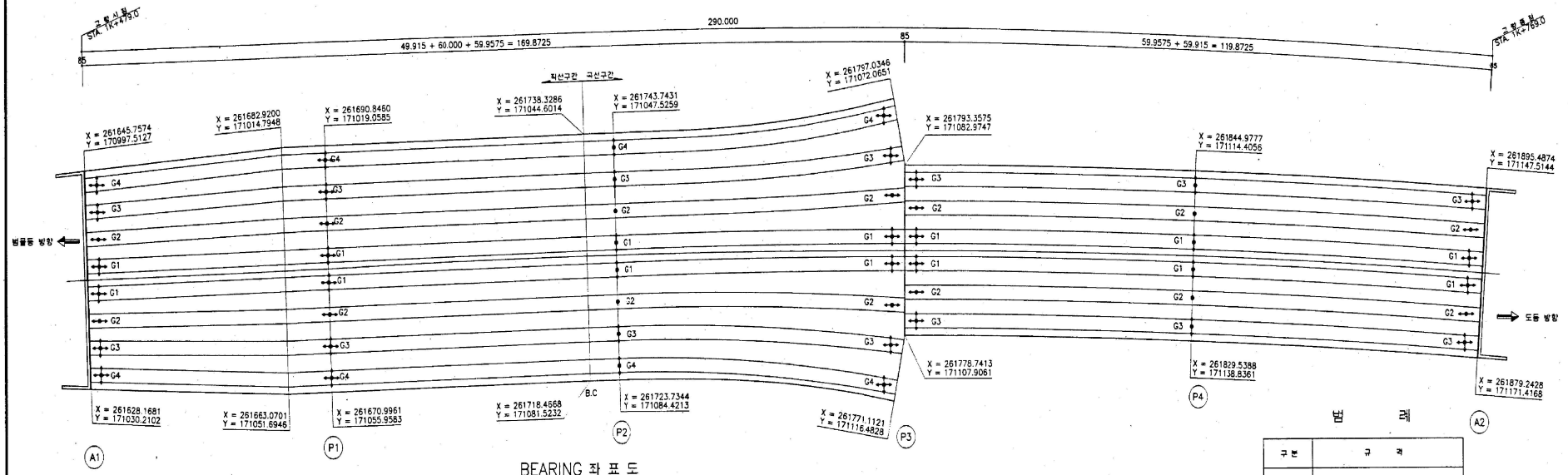
교 각 일 반 도


• NOTE : σy = 3000kg/cm²
강도 설계법
평 면 도
S = 1 : 50
단 면 A - A
S = 1:50
상 세 "A"
S = 1:50
상 세 "B"
S = 1:50
단 면 F - F
S = 1:50
정 면 도
S = 1 : 50
측 면 도
S = 1 : 50
단 면 G - G
S = 1:50
대구동부순환도로(주)
코오롱건설 주식회사
大邱廣域市 4차순환도로
[고산IC~반야월IC]건설 실시설계
고모교(양방향P2) 교각배근도(1)
1:50
286

교 각 배 근 도

허용 응력 설계법

평 면 배 치 도



BEARING 좌 표 도

(범물동방향)

구 분	A1		P1		P2		P3		P3		P4		A2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
G1	261638.5415	171012.0876	261682.0154	171035.4741	261734.8570	171063.9115	261786.6698	171093.1265	261787.6921	171093.7258	261838.4923	171124.6681	261888.2086	171157.2460
G2	261640.7253	171008.0281	261684.5722	171030.7211	261737.4299	171059.1672	261790.2226	171087.0664	261790.1425	171089.5461	261841.0806	171120.5724	261890.9320	171153.2388
G3	261642.9088	171003.9690	261687.1290	171025.9682	261740.0027	171054.4230	261793.5110	171080.8771	261792.5928	171085.3665	261843.6689	171116.4767	261893.6553	171149.2317
G4	261645.0944	170999.9062	261689.6853	171021.2161	261742.5751	171049.6796	261795.7368	171074.2140						

(도동방향)

구 분	A1		P1		P2		P3		P3		P4		A2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
G1	261636.3528	171016.1563	261679.8267	171039.5427	261732.6546	171067.9727	261784.3333	171097.1121	261785.3555	171097.7114	261836.0242	171128.5736	261885.6117	171161.0671
G2	261634.1690	171020.2158	261677.2699	171044.2957	261730.0708	171072.7372	261780.7833	171103.1674	261782.9052	171101.8911	261833.4359	171132.6693	261882.8884	171165.0742
G3	261631.9854	171024.2749	261674.7131	171049.0486	261727.4869	171077.5017	261776.9560	171109.0385	261780.4548	171106.0708	261830.8476	171136.7650	261880.1650	171169.0814
G4	261629.7999	171028.3377	261672.1567	171053.8006	261724.9024	171082.2675	261772.2785	171114.2760						

범 례

구 분	규 격
●	고 정 BEARING
✦	양방향 가동 BEARING
⟷	일방향 가동 BEARING (고측)
↕	일방향 가동 BEARING (고측직격)

BEARING 규격 및 적용

구 분	A1	P1	P2	P3	P3	P4	A2
G1	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (140 TON)	400 TON (-)	300 TON (-)	700 TON (125 TON)	300 TON (-)
G2	300 TON (150 TON)	700 TON (300 TON)	800 TON (400 TON)	400 TON (200 TON)	300 TON (150 TON)	700 TON (413 TON)	300 TON (150 TON)
G3	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (300 TON)	400 TON (-)	300 TON (-)	700 TON (125 TON)	300 TON (-)
G4	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (140 TON)	400 TON (-)			

* NOTE : 1.( )안의 값은 사용 BEARING 의 수평력임.

사업명	대구동부순환도로(주)	감리자	都和綜合技術公社	공 사 명	도 면 명	축 척	도면번호
설계자	都和綜合技術公社 / 興 亞 産 業 (주)	시공자	코오롱건설 주식회사	대구광역시 4차순환도로 (고산국도-안심국도)건설 실시설계	고모교BEARING 배치및 좌표도(1)	1:300	3

받 침 배 치 도

3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

구분	받침 번호	고정하중 (kN)	받침용량 (kN)	판정	수평용량 (kN)	전단 스프링계수 (kN/m)
A1	1	1335.6	3000	O.K	-	-
	2	1319.3	3000	O.K	-	-
	3	1311.4	3000	O.K	1500.0	-
	4	1297.4	3000	O.K	-	-
P1	1	3920.3	7000	O.K	-	-
	2	4153.2	7000	O.K	-	-
	3	4165.7	7000	O.K	3000.0	-
	4	4081.6	7000	O.K	-	-
P2	1	4908.9	8000	O.K	1400.0	-
	2	4584.6	8000	O.K	3000.0	-
	3	4542.8	8000	O.K	4000.0	-
	4	4655.6	8000	O.K	1400.0	-
P3 - L	1	1976.0	4000	O.K	-	-
	2	1093.2	4000	O.K	-	-
	3	1663.1	4000	O.K	2000.0	-
	4	1763.6	4000	O.K	-	-
P3 - R	1	915.4	3000	O.K	-	-
	2	979.9	3000	O.K	1500.0	-
	3	1057.4	3000	O.K	-	-
P4	1	2910.3	7000	O.K	1250.0	-
	2	3254.7	7000	O.K	4130.0	-
	3	3629.9	7000	O.K	1250.0	-
A2	1	907.2	3000	O.K	-	-
	2	978.6	3000	O.K	1500.0	-
	3	1063.4	3000	O.K	-	-

3.2 교각(기둥당) 반력

교각(개소당)		고정하중(kN)		비고
		기둥상단	기둥하단	
P1	1	9829.96	10459.49	
P2	1	11074.51	11949.81	
P3	1	6090.44	7053.20	
P4	1	6033.40	6603.36	

4. 설계 지진동

4.1 지진구역 구분

지진구역	행정구역		계수(Z)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시	0.11g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
II	도	강원도 북부, 제주도	0.07g

4.2 위험도계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도 계수(I)	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00	2.60

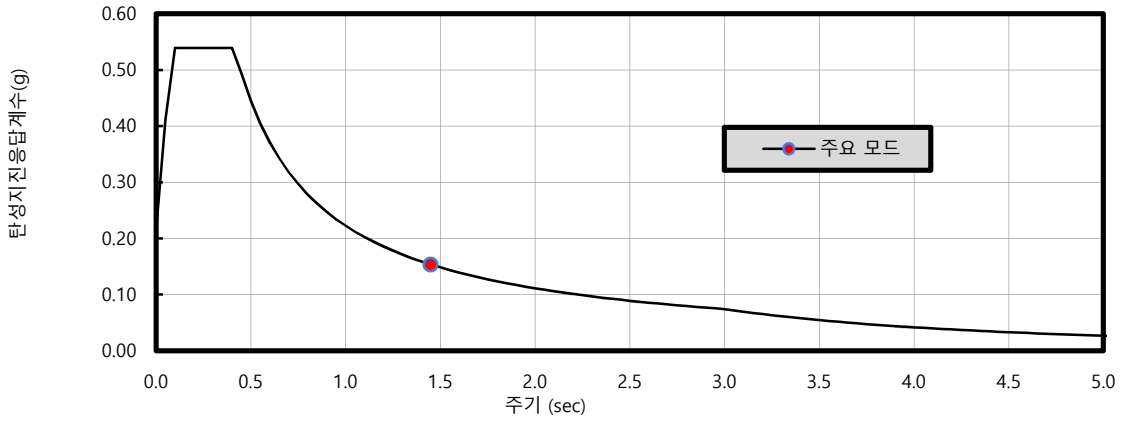
4.3 지반분류

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H(m)	토층평균전단파속도
S1	암반 지반	1 미만	-
S2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 연약한 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S5	깊고 연약한 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

4.4 지반증폭계수(Fa, Fv)

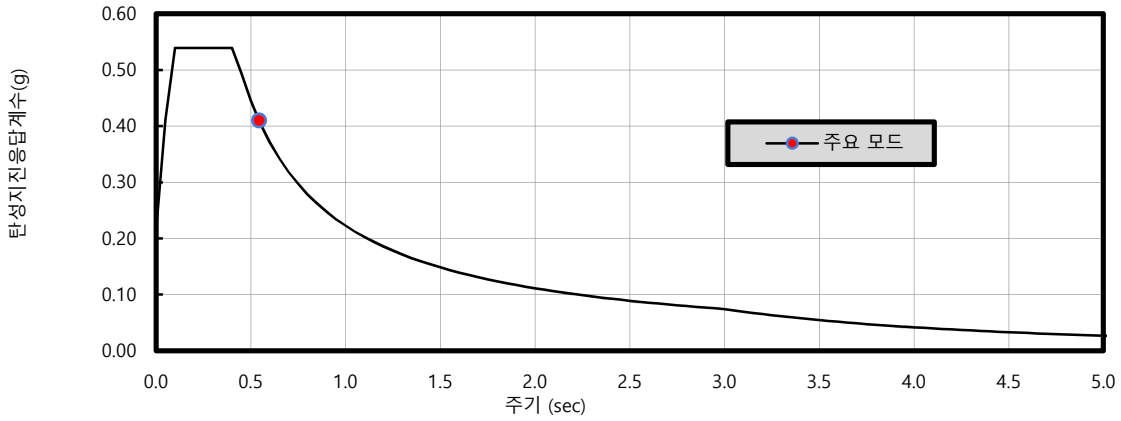
지반종류	단주기지반증폭계수, Fa			장주기지반증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

4.5 탄성지진 응답계수 **(교축방향 - 5% Damping, S2지반)**



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

4.6 탄성지진 응답계수 **(교직방향 - 5% Damping, S2지반)**

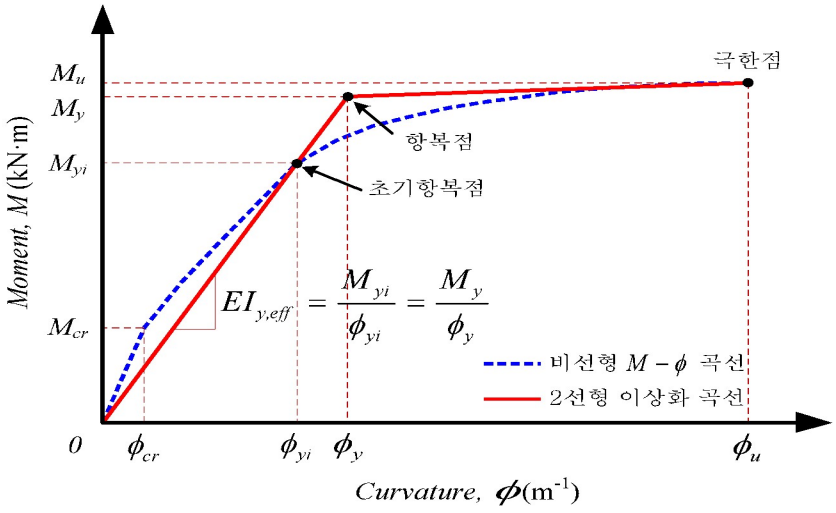


주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

5. 유효강성 산정

5.1 개요

교각의 단면강도, 수평변위 및 유효강성을 산정하기 위하여 단면해석프로그램인 Midas Civil을 통해 앞에서 구한 축력의 효과를 고려하여 아래 그림과 같은 모멘트-곡률 관계곡선을 산정한다.



M_y : 항복시의 휨강도

M_{yi} : 초기항복시의 휨강도

M_u : 극한시의 휨강도

$Ø_{yi}$: 초기항복시 곡률

$Ø_y$: 항복시 곡률

$Ø_u$: 극한시 곡률

ε_{cu} : 콘크리트 극한 변형률

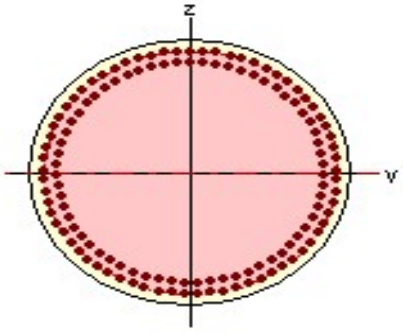
5.2 콘크리트 모델

설계기준강도	항 목	적 용	단 위	비 고
f_{ck}=	$\varepsilon_{co}=\varepsilon_{cc}$: 콘크리트의 압축변형률	0.0020	-	-
	ε_{cu} : 콘크리트의 극한변형률	0.0040	-	
24MPa	$f'_{co}=f'_{cc}$: 콘크리트 압축 강도	24	MPa	f_{ck}

5.3 철근모델

설계기준강도	항 목	적 용	근거 및 단위	비 고
f_y=	ε_y : 항복변형률	0.00150	fy/Es = 300/200000	
	ε_{sh} : 경화시 변형률	0.01150	D29	CALTRANS SDC
	ε_{su} : 극한시 변형률	0.12500	D35이하	한국도로공사지침
300MPa	f_{sy} : 항복강도	300	f_y (MPa)	도로교설계기준
	f_{su} : 극한강도	440	SD300 (MPa)	KSD3504

5.4 단면형상

교각 위치	교각단면 형상
교각	

<table>
<tr><th colspan="3">축방향철근 상세</th><th colspan="4" rowspan="2">콘크리트 극한변형률
ε_{cu}</th><th rowspan="2">최대공급
변위연성도
$\mu_{\Delta,max}$</th></tr>
<tr><th>종류</th><th>배근
상태</th><th>비율</th></tr>
<tr><td>단일
철근</td><td>모두</td><td>0%</td><td colspan="4">$0.004+\alpha_{sh}\ (\alpha_{sh}=(1.4\rho_{sh} f_{sh} \epsilon_{su})/(f_{cc}^{\prime}))$ = 0.004</td><td rowspan="3">제한
없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">겹침
이음
철근</td><td rowspan="3">2단
이상
배근</td><td rowspan="3">50%</td><td rowspan="2">원
형</td><td colspan="2">ℓ_{sp}/D > 0.5</td><td>0.0043lsp/D+0.00085≤0.004</td></tr>
<tr><td colspan="2">ℓ_{sp}/D ≤ 0.5
또는 ℓ_{sp} 모를 때</td><td rowspan="2">0.003</td></tr>
<tr><td colspan="3">사각형</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1단
배근</td><td rowspan="4">100%</td><td rowspan="2">원
형</td><td colspan="2">ℓ_{sp}/D > 0.5</td><td>0.0086lsp/D-0.0023≤0.004</td><td rowspan="2">제한
없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">ℓ_{sp}/D ≤ 0.5
또는 ℓ_{sp} 모를 때</td><td>0.002</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사
각
형</td><td rowspan="3">교
축
방
향</td><td>벽식</td><td>4 ≤ B/H</td><td>0.0007</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>천이</td><td>1.5 < B/H < 4</td><td>0.00278-0.00052B/H</td><td>1.8-0.2B/H</td></tr>
<tr><td>일반</td><td>B/H ≤ 1.5</td><td>0.002</td><td rowspan="2">1.500</td></tr>
<tr><td colspan="3">교직방향</td><td>0.002</td></tr>
</table>

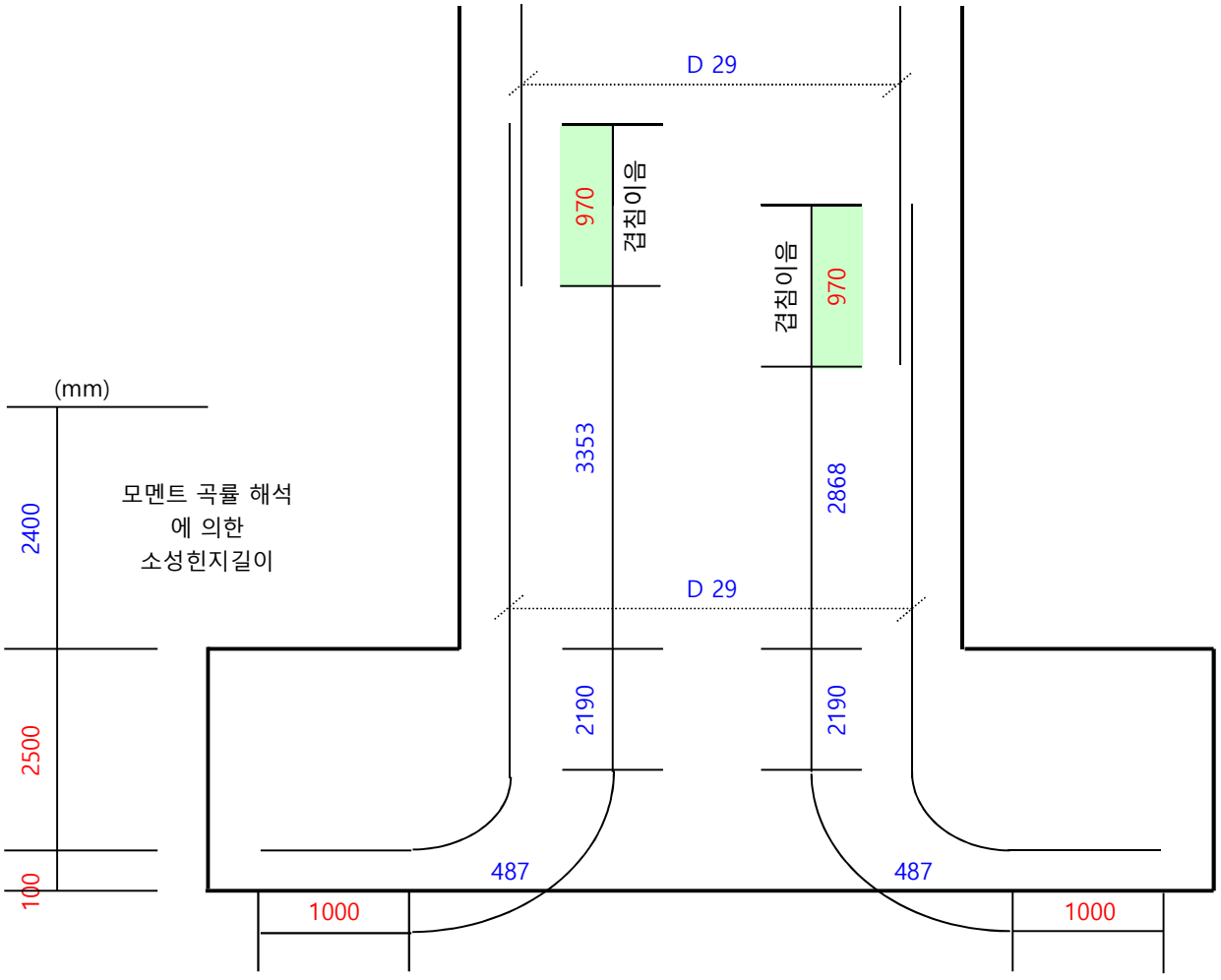
5.5 교각의 겹침이음 판단

- 교축방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	0.885	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	0.946	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.400	

- 교축직각방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	0.418	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	0.946	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.400	



∴ 교각 기둥의 소성구역내 겹침이음이 없으므로 0% 적용.

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.1 교각1

1) 교축방향

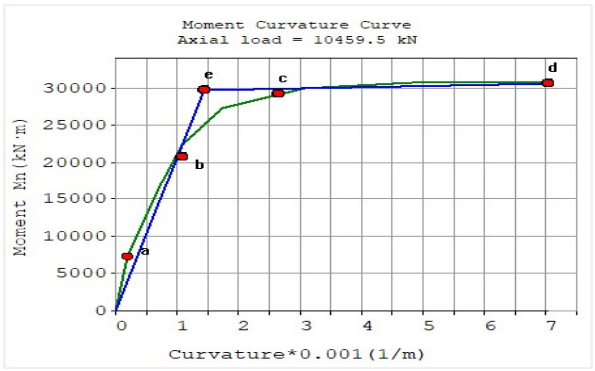
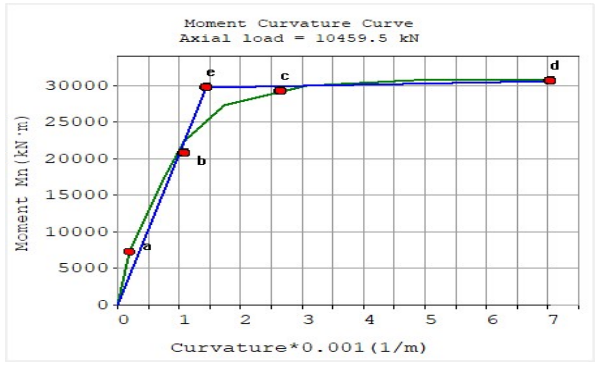
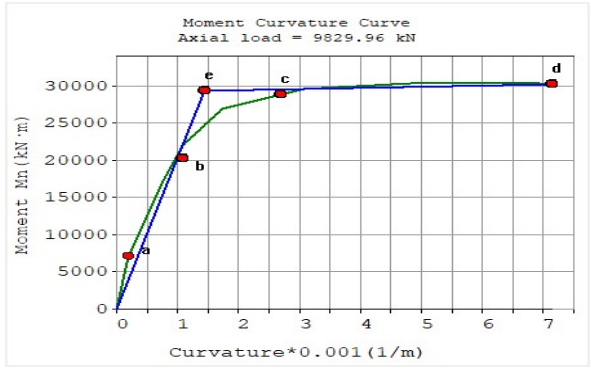
초기항복시	모멘트(M_y^Li)	20,673	kN·m	곡률(Φ_y^Li)	0.001085	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	29,718	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001439	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	30,612	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007031	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	20,666	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001084	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,716	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001439	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,608	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007030	m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	20,285	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001076	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,358	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001435	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,237	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007141	m^{-1}

	< 모멘트 곡률곡선 > (교축하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각상단방향)

5.6.1.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$k^L = I_{eff} / I_g = 0.800 / 1.629 = 0.491$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,718}{0.00143941 \times 25,811,006} = 0.800$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

2) 교직방향

$k^T = I_{eff} / I_g = 0.800 / 1.629 = 0.491$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,716}{0.00143909 \times 25,811,006} = 0.800$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

3) 유효강성 산정

∴ 교축방향 $I_{eff} = k^L \times I_g = 0.491\ I_g = 0.800\ m^4$

∴ 교직방향 $I_{eff} = k^T \times I_g = 0.491\ I_g = 0.800\ m^4$

- 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 교각2

1) 교축방향

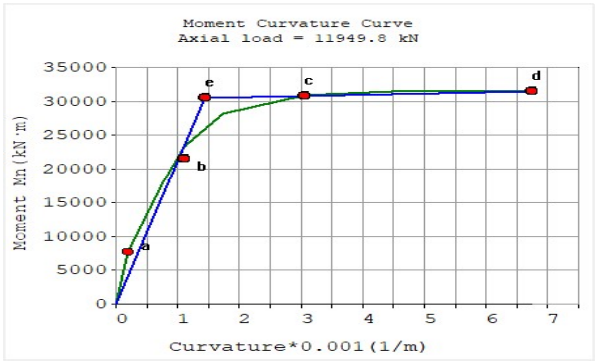
초기항복시	모멘트(M_y^Li)	21,561	kN·m	곡률(Φ_y^Li)	0.001104	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	30,531	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001447	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	31,484	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.006734	m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	21,555	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001104	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	30,535	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001447	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	31,493	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.006732	m^{-1}

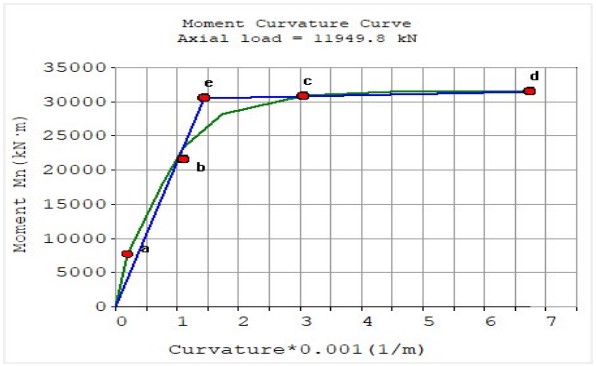
3) 교직방향(교각 상단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	21,034	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001092	m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	30,067	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001443	m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	31,023	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.006938	m^{-1}



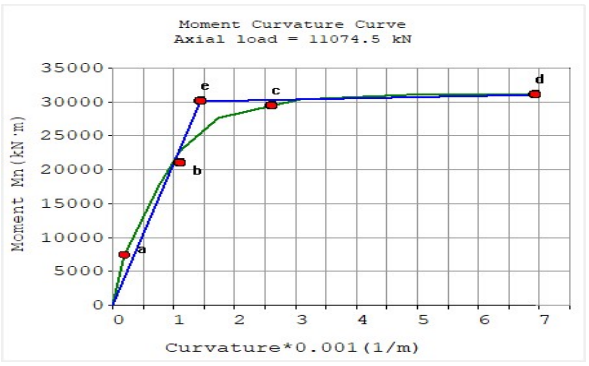
< 모멘트 곡률곡선 >

(교축하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >

(교축직각하단방향)



< 모멘트 곡률곡선 >

(교축직각상단방향)

5.6.2.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$k^L = I_{eff} / I_g = 0.817 / 1.629 = 0.502$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{30,531}{0.00144719 \times 25,811,006} = 0.817$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

2) 교직방향

$k^T = I_{eff} / I_g = 0.817 / 1.629 = 0.502$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{30,535}{0.00144713 \times 25,811,006} = 0.817$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

3) 유효강성 산정

∴ 교축방향 $I_{eff} = k^L \times I_g = 0.502\ I_g = 0.817$ m^4

∴ 교직방향 $I_{eff} = k^T \times I_g = 0.502\ I_g = 0.817$ m^4

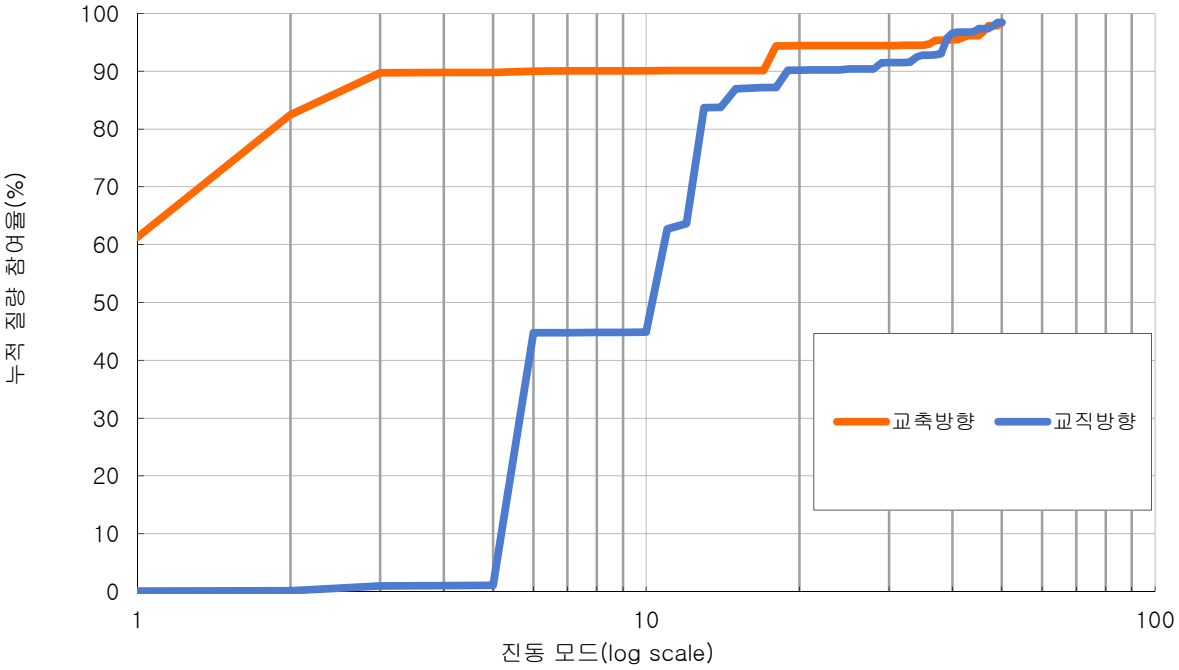
- M-Φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,
  이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

6. 고유치 해석

6.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	1.45	61.25	0.08	0.00	61.25	0.08	0.00	
2	1.11	21.25	0.04	0.00	82.50	0.11	0.00	
3	0.77	7.25	0.84	0.18	89.74	0.95	0.19	
4	0.69	0.04	0.06	2.14	89.79	1.01	2.33	
5	0.59	0.02	0.04	0.00	89.80	1.06	2.33	
6	0.54	0.24	43.70	0.00	90.05	44.75	2.33	
7	0.50	0.01	0.01	5.77	90.06	44.76	8.10	
8	0.41	0.00	0.09	0.01	90.06	44.85	8.11	
9	0.39	0.01	0.00	14.90	90.07	44.85	23.01	
10	0.37	0.01	0.03	35.63	90.08	44.88	58.64	
11	0.36	0.04	17.86	0.09	90.11	62.74	58.73	
12	0.33	0.00	0.93	0.00	90.11	63.66	58.73	
13	0.32	0.01	20.03	0.00	90.12	83.69	58.73	
14	0.27	0.00	0.05	0.00	90.12	83.74	58.73	
15	0.24	0.02	3.26	0.00	90.14	87.00	58.73	
16	0.23	0.00	0.10	0.00	90.14	87.10	58.73	
17	0.22	0.00	0.11	0.01	90.14	87.21	58.74	
18	0.21	4.26	0.00	0.00	94.40	87.22	58.74	
19	0.19	0.00	2.99	0.00	94.41	90.21	58.74	
20	0.18	0.03	0.00	0.48	94.43	90.21	59.22	
21	0.16	0.00	0.01	0.13	94.44	90.22	59.34	
22	0.16	0.00	0.05	0.02	94.44	90.27	59.36	
23	0.15	0.01	0.00	0.00	94.46	90.27	59.36	
24	0.15	0.00	0.00	0.00	94.46	90.27	59.36	
25	0.14	0.00	0.15	0.00	94.46	90.42	59.36	
26	0.14	0.00	0.00	0.00	94.46	90.42	59.36	
27	0.13	0.00	0.00	0.34	94.46	90.42	59.70	
28	0.12	0.00	0.00	0.37	94.46	90.43	60.08	
29	0.12	0.00	1.04	0.00	94.46	91.47	60.08	
30	0.12	0.02	0.06	0.00	94.48	91.52	60.08	
31	0.11	0.00	0.01	0.02	94.48	91.53	60.10	
32	0.10	0.02	0.00	0.01	94.50	91.54	60.11	
33	0.10	0.01	0.05	0.24	94.51	91.59	60.35	
34	0.10	0.00	0.86	0.02	94.51	92.44	60.37	
35	0.09	0.02	0.34	0.01	94.53	92.79	60.38	
36	0.09	0.22	0.01	2.19	94.75	92.79	62.57	
37	0.08	0.61	0.05	1.63	95.36	92.85	64.20	
38	0.08	0.01	0.25	0.25	95.37	93.09	64.45	
39	0.07	0.00	2.63	0.00	95.37	95.73	64.45	
40	0.07	0.07	0.88	0.10	95.44	96.61	64.55	
41	0.07	0.09	0.19	0.26	95.52	96.80	64.81	
42	0.06	0.36	0.00	0.03	95.89	96.80	64.85	
43	0.05	0.29	0.00	0.01	96.18	96.80	64.86	
44	0.05	0.00	0.06	0.00	96.18	96.85	64.86	
45	0.04	0.00	0.55	0.00	96.19	97.40	64.86	
46	0.03	0.62	0.00	0.06	96.81	97.41	64.92	
47	0.02	1.07	0.00	0.02	97.88	97.41	64.94	
48	0.02	0.00	0.41	0.00	97.88	97.82	64.94	
49	0.01	0.03	0.62	0.00	97.91	98.44	64.94	
50	0.01	0.56	0.03	0.00	98.47	98.47	64.95	

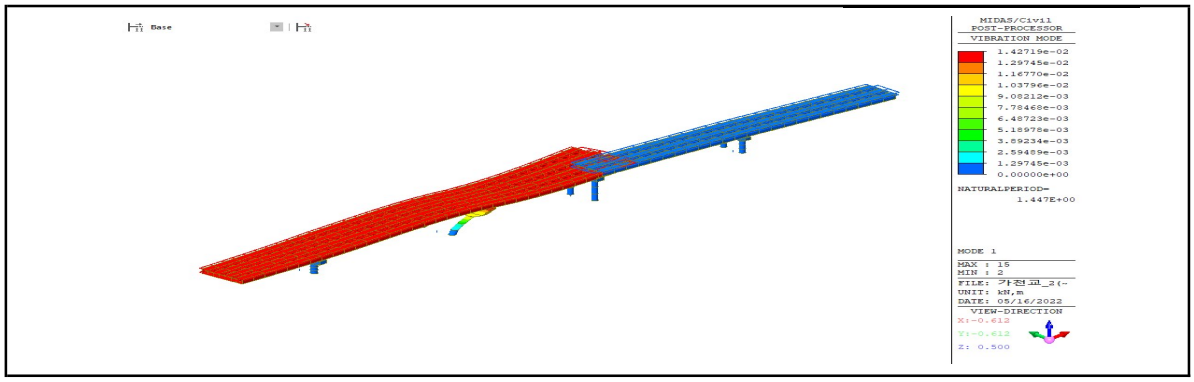
6.2 모드별 질량 참여율 그래프



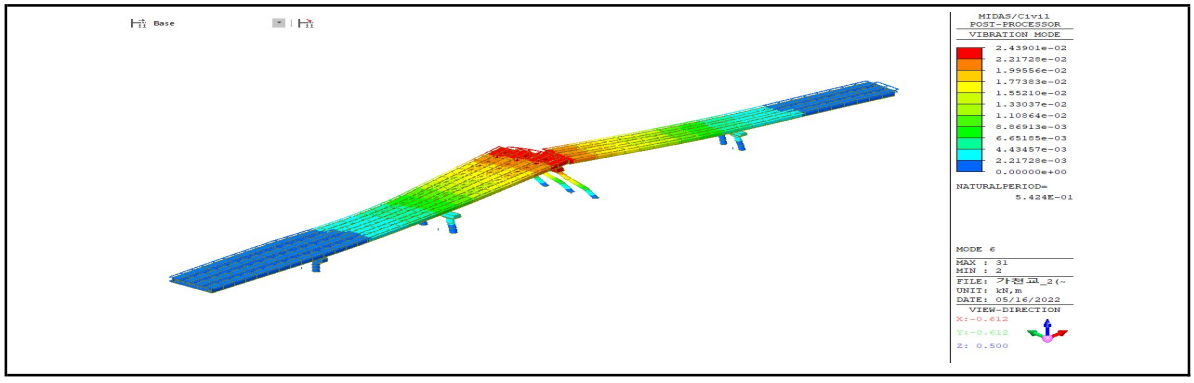
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

6.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 1.4475 sec) - 1 Mode (A= 0.1538 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.5424 sec) - 6 Mode (A= 0.4106 g)



7. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

7.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	81.16	0	0	2.82	0	0
P1	81.56	944	6856	2.94	132	381
P2	78.90	3861	41645	3.10	284	1137
P3	81.28	565	6739	6.69	177	1180
P4	61.55	1756	17047	2.69	188	712
A2	63.17	0	0	4.38	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	7.60	890	1665	0.28	131	364
P2	77.08	3843	11280	2.77	281	1096
P3	49.36	497	316	4.95	162	1015
P4	60.47	1739	4226	2.39	187	676
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	3.51	0	0	3.18	0	0
P1	3.54	32	226	11.92	3409	9852
P2	4.62	896	3893	18.92	3988	15939
P3	8.09	365	3353	44.42	2308	14235
P4	3.51	304	1340	16.93	2571	9670
A2	3.50	0	0	2.73	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	0.25	30	62	3.28	3378	9423
P2	3.93	886	3441	9.08	3931	15344
P3	21.37	323	1270	40.28	2121	13617
P4	3.16	299	1073	11.10	2505	9146
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	9,830	0	1	10,459	3	5
P2	11,075	12	55	11,950	10	33
P3	6,090	0	502	7,053	6	33
P4	6,033	5	23	6,603	4	28
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	0.00	0	1	0.00	3	11
P2	0.05	12	53	0.01	10	43
P3	5.98	0	506	0.54	6	89
P4	0.05	5	22	0.08	4	2
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

8. 하중조합에 따른 단면력

8.1 하부구조별 하중조합

P1 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,830.0		9,830.0
하단축력(kN)		10,459.5		10,459.5
상단변위(mm)	7.6	0.3	0.2	3.3
상단전단력(kN)	889.7	130.6	29.6	3,378.2
하단전단력(kN)	943.6	132.4	32.4	3,409.2
상단모멘트(kN·m)	1,664.6	364.2	61.6	9,423.2
하단모멘트(kN·m)	6,856.2	381.2	225.8	9,852.1

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,830.0		9,830.0
하단축력(kN)		10,459.5		10,459.5
상단변위(mm)	7.7	1.3	2.5	3.4
상단전단력(kN)	898.6	1,144.1	296.5	3,417.4
하단전단력(kN)	953.3	1,155.1	315.5	3,448.9
상단모멘트(kN·m)	1,683.0	3,191.2	560.9	9,532.5
하단모멘트(kN·m)	6,924.0	3,336.9	2,282.6	9,966.5

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,830.0		9,830.0
하단축력(kN)		10,459.5		10,459.5
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
하단전단력(kN)	0.0	2.8	0.0	2.8
상단모멘트(kN·m)	1.3	11.2	1.3	11.2
하단모멘트(kN·m)	1.3	4.7	1.3	4.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,830.0	9,830.0	P
하단축력(kN)	10,459.5	10,459.5	Pbot
상단변위(mm)	7.7	3.4	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	898.6	3,420.1	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	953.3	3,451.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,684.3	9,543.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	6,925.2	9,971.1	[ME]comb

P2 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,074.5		11,074.5
하단축력(kN)		11,949.8		11,949.8
상단변위(mm)	77.1	2.8	3.9	9.1
상단전단력(kN)	3,842.6	281.4	885.6	3,931.3
하단전단력(kN)	3,860.7	284.2	896.3	3,988.4
상단모멘트(kN·m)	11,279.8	1,096.3	3,440.7	15,344.0
하단모멘트(kN·m)	41,644.5	1,136.7	3,892.7	15,938.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,074.5		11,074.5
하단축력(kN)		11,949.8		11,949.8
상단변위(mm)	78.3	5.5	27.1	9.9
상단전단력(kN)	4,108.2	1,460.8	2,038.4	4,015.7
하단전단력(kN)	4,129.6	1,480.7	2,054.5	4,073.6
상단모멘트(kN·m)	12,312.0	5,699.5	6,824.6	15,672.9
하단모멘트(kN·m)	42,812.3	5,918.3	16,386.1	16,279.7

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,074.5		11,074.5
하단축력(kN)		11,949.8		11,949.8
상단변위(mm)	0.1	0.0	0.1	0.0
상단전단력(kN)	12.3	9.7	12.3	9.7
하단전단력(kN)	12.3	9.7	12.3	9.7
상단모멘트(kN·m)	53.0	43.3	53.0	43.3
하단모멘트(kN·m)	54.6	33.4	54.6	33.4

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	11,074.5	11,074.5	P
하단축력(kN)	11,949.8	11,949.8	Pbot
상단변위(mm)	78.3	9.9	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	4,120.5	4,025.5	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	4,141.8	4,083.4	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	12,365.0	15,716.2	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	42,867.0	16,313.2	[ME]comb

P3 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,090.4		6,090.4
하단축력(kN)		7,053.2		7,053.2
상단변위(mm)	49.4	4.9	21.4	40.3
상단전단력(kN)	496.5	162.5	322.7	2,120.8
하단전단력(kN)	565.0	176.6	364.6	2,307.7
상단모멘트(kN·m)	315.8	1,015.4	1,270.4	13,617.4
하단모멘트(kN·m)	6,739.2	1,180.5	3,353.4	14,235.4

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,090.4		6,090.4
하단축력(kN)		7,053.2		7,053.2
상단변위(mm)	55.8	17.0	36.2	41.8
상단전단력(kN)	593.3	798.7	471.7	2,169.6
하단전단력(kN)	674.3	868.9	534.0	2,360.7
상단모멘트(kN·m)	696.9	5,100.6	1,365.2	13,922.0
하단모멘트(kN·m)	7,745.2	5,451.1	5,375.2	14,589.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,090.4		6,090.4
하단축력(kN)		7,053.2		7,053.2
상단변위(mm)	6.0	0.5	6.0	0.5
상단전단력(kN)	0.4	5.6	0.4	5.6
하단전단력(kN)	0.4	5.6	0.4	5.6
상단모멘트(kN·m)	506.0	88.8	506.0	88.8
하단모멘트(kN·m)	501.7	33.4	501.7	33.4

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,090.4	6,090.4	P
하단축력(kN)	7,053.2	7,053.2	Pbot
상단변위(mm)	61.7	42.3	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	593.7	2,175.1	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	674.7	2,366.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,871.2	14,010.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	8,246.9	14,622.9	[ME]comb

P4 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,033.4		6,033.4
하단축력(kN)		6,603.4		6,603.4
상단변위(mm)	60.5	2.4	3.2	11.1
상단전단력(kN)	1,739.4	186.6	299.3	2,504.6
하단전단력(kN)	1,755.7	188.5	303.7	2,570.9
상단모멘트(kN·m)	4,225.8	676.3	1,072.5	9,146.3
하단모멘트(kN·m)	17,047.0	712.1	1,340.5	9,669.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,033.4		6,033.4
하단축력(kN)		6,603.4		6,603.4
상단변위(mm)	61.4	5.7	21.3	11.8
상단전단력(kN)	1,829.2	938.0	821.1	2,560.6
하단전단력(kN)	1,846.8	959.7	830.4	2,627.4
상단모멘트(kN·m)	4,547.6	3,420.2	2,340.3	9,349.2
하단모멘트(kN·m)	17,449.1	3,613.0	6,454.5	9,883.4

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,033.4		6,033.4
하단축력(kN)		6,603.4		6,603.4
상단변위(mm)	0.0	0.1	0.0	0.1
상단전단력(kN)	5.1	4.1	5.1	4.1
하단전단력(kN)	5.1	4.1	5.1	4.1
상단모멘트(kN·m)	22.0	2.4	22.0	2.4
하단모멘트(kN·m)	23.1	27.8	23.1	27.8

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,033.4	6,033.4	P
하단축력(kN)	6,603.4	6,603.4	Pbot
상단변위(mm)	61.5	11.9	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,834.2	2,564.7	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,851.8	2,631.5	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,569.5	9,351.6	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,472.2	9,911.2	[ME]comb

8.2 기둥당 부재력 집계 (30% 규정 적용)

교각		하단축력(kN)	하단전단력(kN)	하단모멘트(kN·m)
P1	교축	10459.5	953.3	6925.2
	교직	10459.5	3451.7	9971.1
P2	교축	11949.8	4141.8	42867.0
	교직	11949.8	4083.4	16313.2
P3	교축	7053.2	674.7	8246.9
	교직	7053.2	2366.2	14622.9
P4	교축	6603.4	1851.8	17472.2
	교직	6603.4	2631.5	9911.2

8.3 받침부 개당 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	2248
P1	0	6423
P2	2050	7416
P3	0	3007
P4	1205	4556
A2	0	1906

8.4 받침부 전체 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	2248
P1	0	6423
P2	7899	7416
P3	0	4726
P4	3447	4556
A2	0	1906

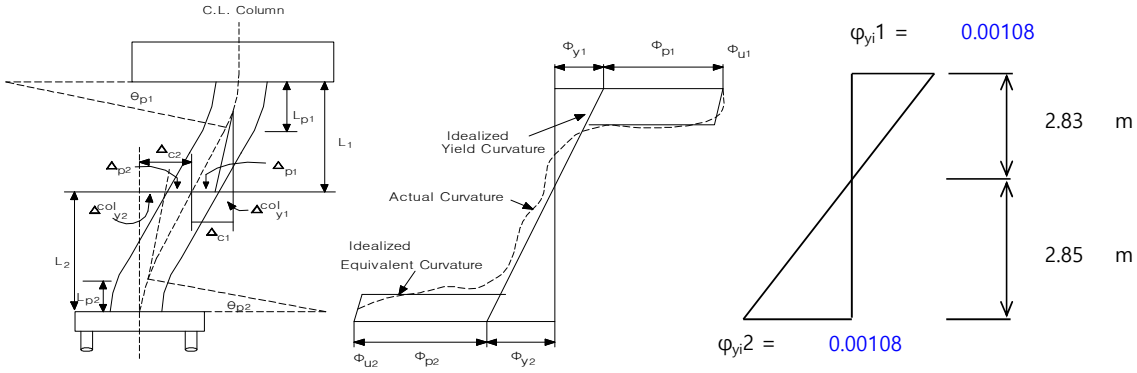
9. 교각부 평가

9.1 교각 1

9.1.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	5.676	5.676	교각높이
교각유효높이 H_e (m)	8.676	2.838	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.447	0.542	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(He) 산정



< 이중곡률 변형에 따른 거동특성 >

∴ 교축직각방향 상단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}1$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 5.676 × 0.00108 / (0.00108 + 0.00108) = 2.83 m

∴ 교축직각방향 하단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}2$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 5.676 × 0.00108 / (0.00108 + 0.00108) = 2.85 m

9.1.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

- $F_y^L = M_y^L / H_e$ = 29,718 / 8.676 = 3,425.323 kN
- $F_u^L = M_u^L / H_e$ = 30,612 / 8.676 = 3,528.366 kN

2) 교축직각방향

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 29,716 / 2.849 = 10,430.256 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 30,608 / 2.849 = 10,743.419 kN

- 기둥상단

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 29,358 / 2.827 = 10,384.683 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 30,237 / 2.827 = 10,695.755 kN

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)

- $\Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00144 \times 8.676^2}{3} = 0.0361$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^L = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times8.676+0.022\times300\times0.029 = 0.883$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^L = (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00703 - 0.00144) \times 0.883 = 0.0049$
- $\Delta_P^L=(M_U^L/m_Y^L -1) \Delta_Y^L +\theta_P^L (H_e^L - L_P^L/2)$

  $= (\frac{30,612}{29,718} -1)\times 0.03612 + 0.00494 \times(8.676 - \frac{0.883}{2})$

  $= 0.0417$ m

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

- $\Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.03610 + 0.04170 = 0.0778$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu^L_{\Delta c} = \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.0778}{0.0361} = 2.154$ (제한없음)

  $= 2.154$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.154** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

- $\Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00144 \times 2.849^2}{3} = 0.0039$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^T = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times2.849+0.022\times300\times0.029 = 0.417$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^T = (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00703 - 0.00144) \times 0.417$

  $= 0.00230$
- $\Delta_P^T=(M_U^T/m_Y^T -1) \Delta_Y^T +\theta_P^T (H_e^T - L_P^T/2)$

  $= (\frac{30,608}{29,716} -1)\times 0.00389 + 0.00230 \times(2.849 - \frac{0.417}{2})$

  $= 0.0062$ m

③ 극한변위(Δ_u^T)

- $\Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0039 + 0.0062 = 0.0101$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu_{\Delta c} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.01010}{0.00389} = 2.594$ (제한없음)

  $= 2.594$

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)	3425	3528	10430	10743	10385	10696	

변위 Δ (m)	0.0361	0.0778	0.0039	0.0101	0.0038	0.0102	

휨강도, 항복 및 극한변위

9.1.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.285 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.03612 = 0.07223 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.03612 = 0.18058 m

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.300 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = $\mu_\Delta \times \Delta_y^L$ = 2.0 × 0.00389 = 0.00779 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = $\mu_\Delta \times \Delta_y^L$ = 5.0 × 0.00389 = 0.01947 m

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.300 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00382 = 0.00765 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00382 = 0.01912 m

3) 교축방향 (V_S)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_S)

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s} = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} =$ 2,023 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_S)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s}$

$= \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} =$ 2,023.1 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

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

$= \frac{\pi}{2} \frac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023.1$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} \cdot t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}830 \times 2.400}{8.676} = 408$ kN

여기서, P_{TOP} = 9,830 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s^L = 2.400 m (=D) (교축방향 기둥 폭)

L_s^L = 8.676 m (=H_e^L) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{Top} \cdot t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}830 \times 2.400}{2.849} = 1{,}242$ kN

여기서, P_{Top} = 9,830 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 2.849 m (=H_e) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}830 \times 2.400}{2.827} = 1{,}252$ kN

여기서, P_{Top} = 9,830 kN (교각 1기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 2.827 m (=H_e) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	408	
	=	7,750	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.07223	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	408	
	=	2,431	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.18058	m				

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	1,242	
	=	8,584	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.00779	m				

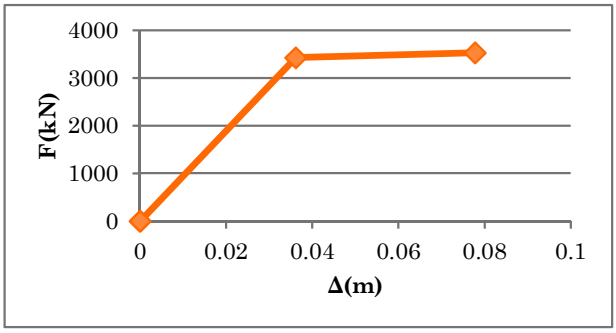
▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	1,242	
	=	3,265	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.01947	m				

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

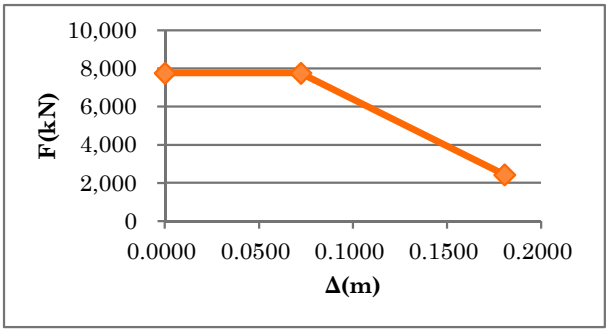
▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023	+	1,252	
	=	8,594	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.00765	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023	+	1,252	
	=	3,275	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.01912	m				

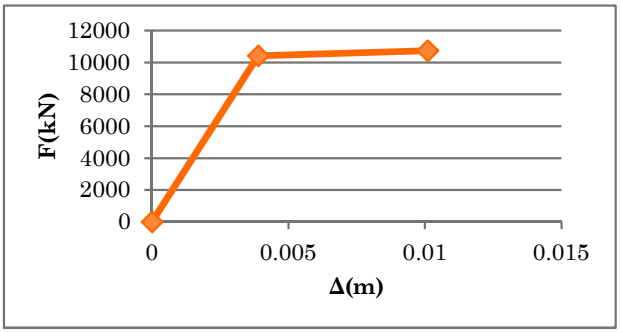
※ 휨·전단성능 곡선



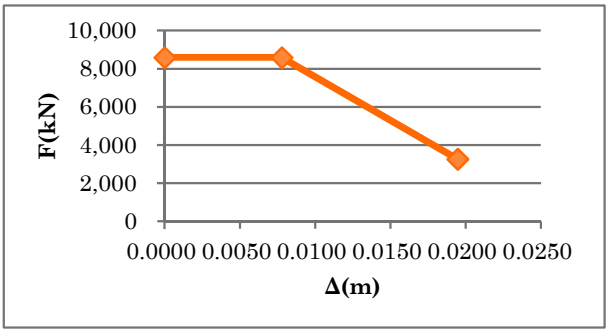
교축방향 휨성능 곡선



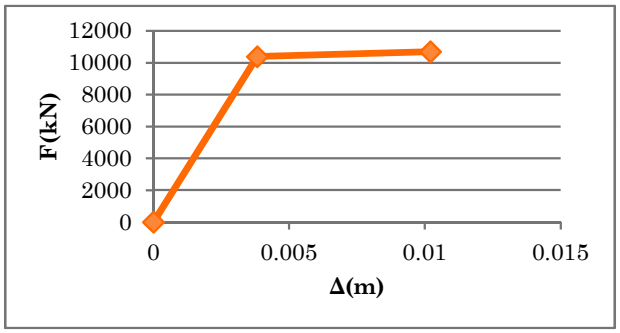
교축방향 전단성능 곡선



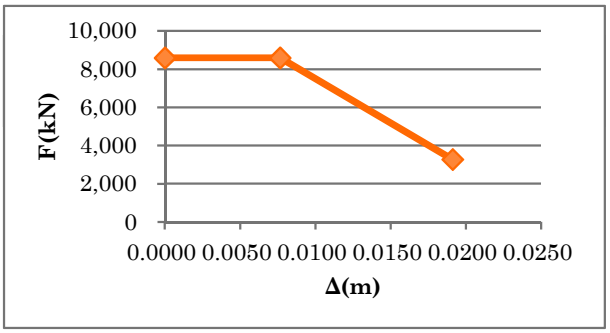
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



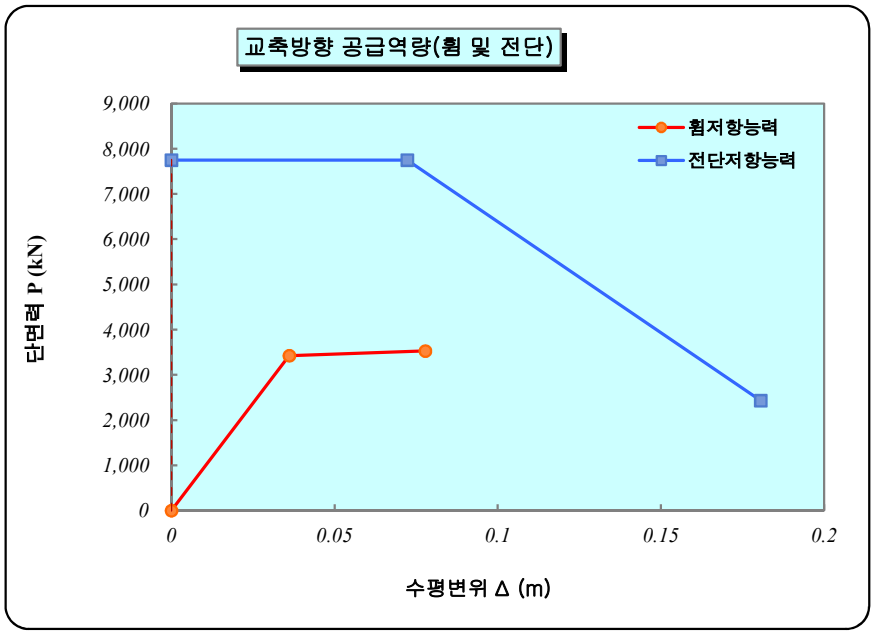
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

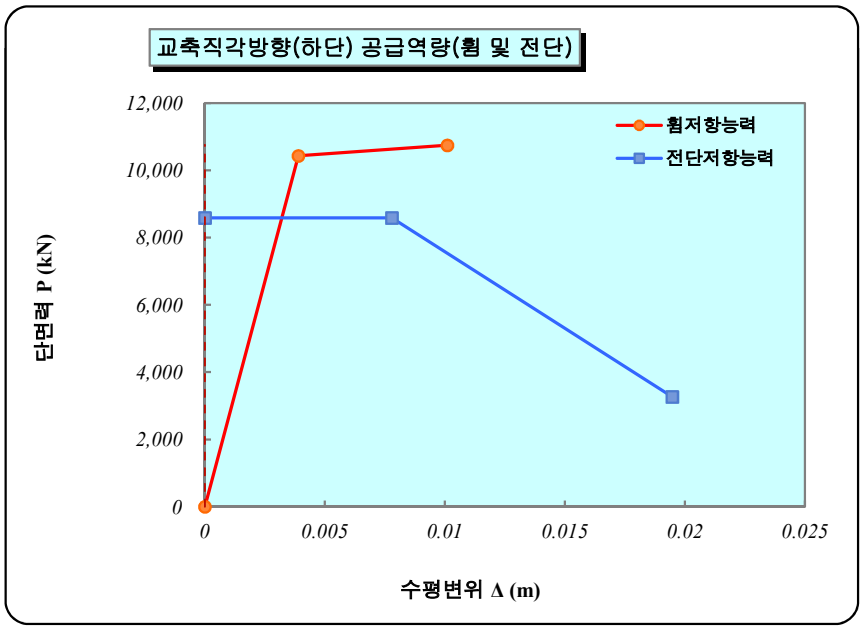
9.1.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



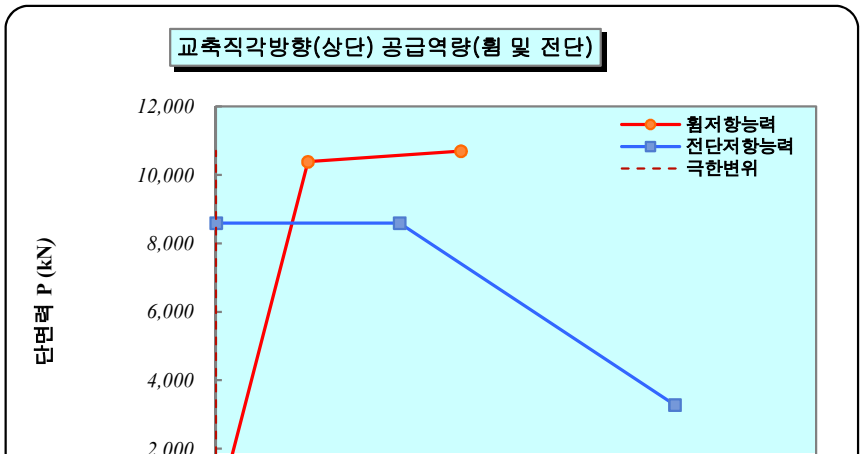
휨강도(P_f)	
3,528	
(kN)	
전단강도(V_n)	
7,750	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0361	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	
0.0778	
(m)	
변위연성도(μ)	
2.154	

2) 교축직각방향-하단

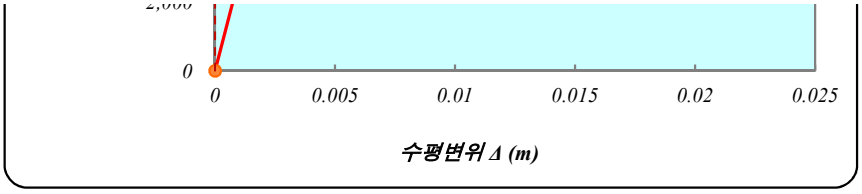


휨강도(P_f)	
10,743	
(kN)	
전단강도(V_n)	
8,584	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0039	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	
0.0101	
(m)	
변위연성도(μ)	
1.000	

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)	
10,696	
(kN)	
전단강도(V_n)	
8,594	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0038	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	



0.0102
(m)
변위연성도(μ)
1.000

9.1.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{L}{}_{,pd} = M_E^{L} + P \cdot 1.5\Delta_E^{L} = 6{,}925 + 9{,}830 \times 1.5 \times 0.00768$

  $= 7{,}038$ kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S^{L} = \dfrac{M_{E,pd}}{M_y} = \dfrac{7{,}038}{29{,}718} = 0.237$ -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 1.4475 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d}$ = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 9,971 + 9,830 × 1.5 × 0.003
  = 10,021 kN·m

② 단면강도비 R_S

- $R_S^T = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{10,021}{29,716}$ = 0.337 -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5424 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- μΔd = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 9,544 + 9,830 × 1.5 × 0.003
  = 9,593 kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{9,593}{29,358}$ = 1.000 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5424 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

9.1.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta C} = 2.154$
- !!! 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 1.000$
- !!! 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 1.000$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta d} = 1.000$
- !!! 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$
- !!! 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$

③ 평가

∴ 교축방향(변위연성도) $\dfrac{\mu^{L}_{\Delta C}}{\mu^{L}_{\Delta d}} = \dfrac{2.154}{1.000} = 2.154 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! !!! ∴ 교축직각방향 하단(변위연성도) $\dfrac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \dfrac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

!!! ∴ 교축직각방향 상단(변위연성도) $\frac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \frac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향 $\frac{Vn}{VE} = \frac{7,750}{953} = 8.129 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

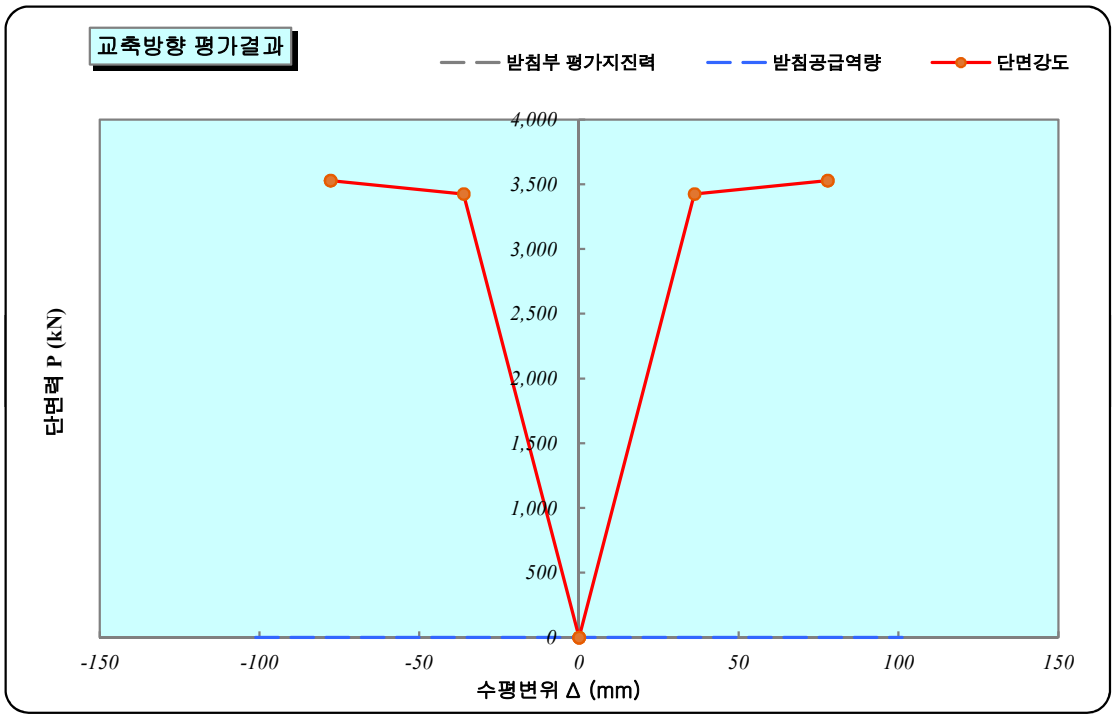
∴ 교축직각방향(하단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,584}{3,452} = 2.487 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향(상단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,594}{3,420} = 2.513 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

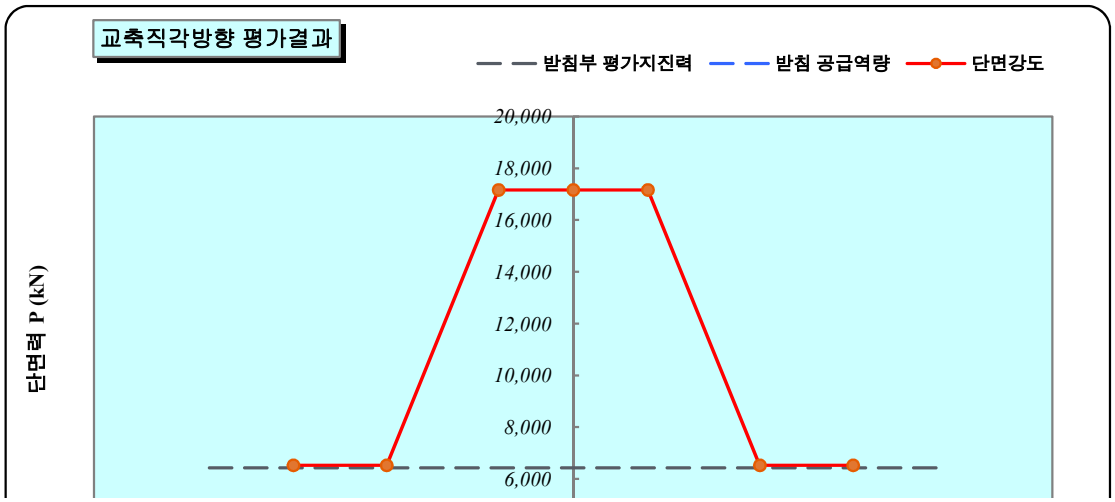
!!!

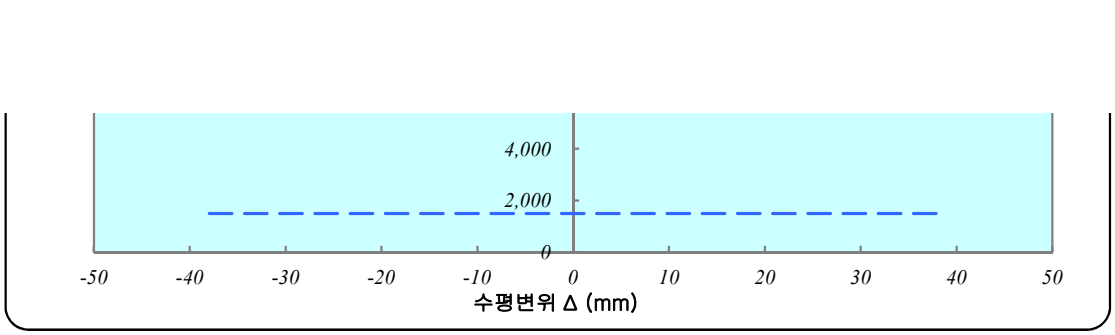
9.1.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향




4,000
2,000
0
-50
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
50
수평변위 Δ (mm)

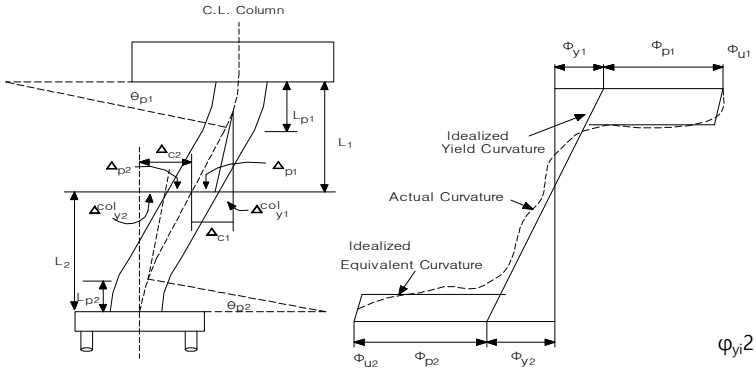
9. 교각부 평가

9.2 교각 2

9.2.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	7.892	7.892	교각높이
교각유효높이 H_e (m)	10.892	3.946	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.447	0.542	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(He) 산정



< 이중곡률 변형에 따른 거동특성 >

$\varphi_{yi}1$ = 0.00109

3.93 m

3.97 m

$\varphi_{yi}2$ = 0.00110

∴ 교축직각방향 상단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}1$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 7.892 × 0.00109 / (0.00109 + 0.00110) = 3.93 m

∴ 교축직각방향 하단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}2$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 7.892 × 0.00110 / (0.00109 + 0.00110) = 3.97 m

9.2.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

- $F_y^L = M_y^L / H_e$ = 30,531 / 10.892 = 2,803.103 kN
- $F_u^L = M_u^L / H_e$ = 31,484 / 10.892 = 2,890.580 kN

2) 교축직각방향

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 30,535 / 3.967 = 7,697.252 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 31,493 / 3.967 = 7,938.644 kN

- 기둥상단

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 30,067 / 3.925 = 7,660.255 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 31,023 / 3.925 = 7,903.975 kN

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)

- $\Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00145 \times 10.892^2}{3} = 0.0572$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^L = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times10.892+0.022\times300\times0.029 = 1.060$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^L = (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00673 - 0.00145) \times 1.060 = 0.0056$
- $\Delta_P^L=(M_U^L/m_Y^L -1) \Delta_Y^L +\theta_P^L (H_e^L - L_P^L/2)$

  $= (\frac{31,484}{30,531} -1)\times 0.05723 + 0.00560 \times(10.892 - \frac{1.060}{2})$

  $= 0.0599$ m

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

- $\Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.05720 + 0.05990 = 0.1171$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu^L_{\Delta c} = \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1171}{0.0572} = 2.046$ (제한없음)

  $= 2.046$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.046** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

- $\Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00145 \times 3.967^2}{3} = 0.0076$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^T = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times3.967+0.022\times300\times0.029 = 0.506$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^T = (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00673 - 0.00145) \times 0.506$

  $= 0.00270$
- $\Delta_P^T=(M_U^T/m_Y^T -1) \Delta_Y^T +\theta_P^T (H_e^T - L_P^T/2)$

  $= (\frac{31,493}{30,535} -1)\times 0.00759 + 0.00270 \times(3.967 - \frac{0.506}{2})$

  $= 0.0103$ m

③ 극한변위(Δ_u^T)

- $\Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0076 + 0.0103 = 0.0179$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu_{\Delta c} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.01790}{0.00759} = 2.358$ (제한없음)

  $= 2.358$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.358** 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)	2803	2891	7697	7939	7660	7904	

변위 Δ (m)	0.0572	0.1171	0.0076	0.0179	0.0074	0.0179	

휨강도, 항복 및 극한변위

9.2.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.295 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.05723 = 0.11446 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.05723 = 0.28615 m

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.264 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00759 = 0.01518 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00759 = 0.03796 m

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.258 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00741 = 0.01482 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00741 = 0.03705 m

3) 교축방향 (V_S)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_S)

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s} = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_S)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s}$

$= \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023.1$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

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

$= \frac{\pi}{2} \times \frac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023.1$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} \cdot t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}075 \times 2.400}{10.892} = 366$ kN

여기서, P_{TOP} = 11,075 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s^L = 2.400 m (=D) (교축방향 기둥 폭)

L_s^L = 10.892 m (=H_e^L) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{Top} \cdot t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}075 \times 2.400}{3.967} = 1{,}005$ kN

여기서, P_{Top} = 11,075 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 3.967 m (=H_e) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}075 \times 2.400}{3.925} = 1{,}016$ kN

여기서, P_{Top} = 11,075 kN (교각 1기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 3.925 m (=H_e) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	366	
	=	7,708	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.11446	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	366	
	=	2,389	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.28615	m				

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	1,005	
	=	8,347	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.01518	m				

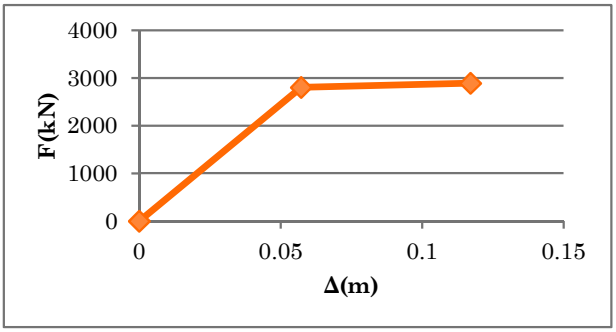
▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	1,005	
	=	3,028	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.03796	m				

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

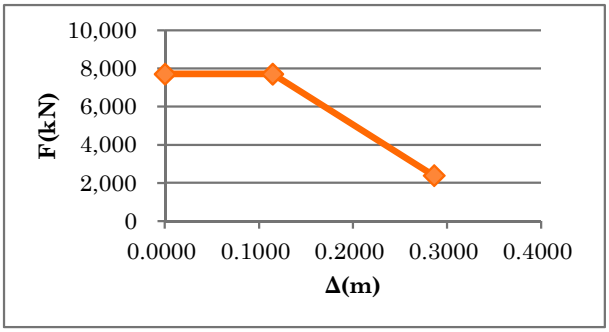
▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023	+	1,016	
	=	8,358	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.01482	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023	+	1,016	
	=	3,039	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.03705	m				

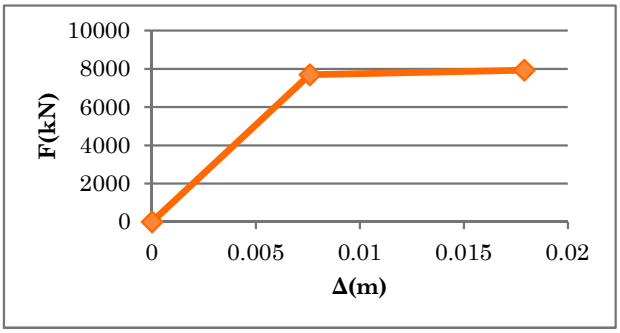
※ 휨·전단성능 곡선



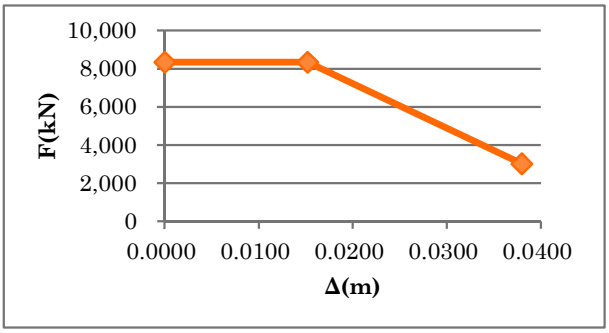
교축방향 휨성능 곡선



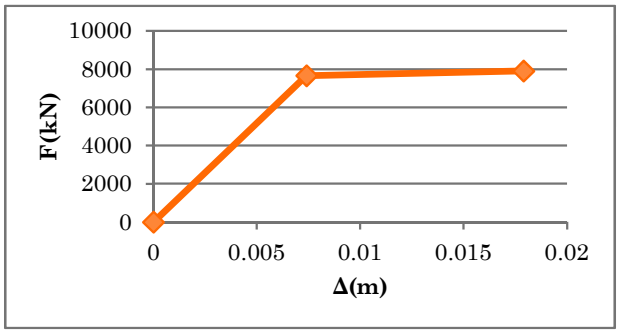
교축방향 전단성능 곡선



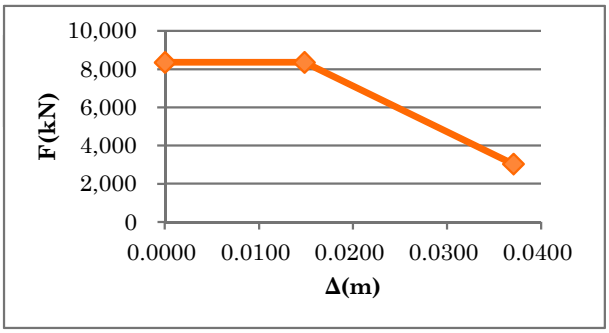
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



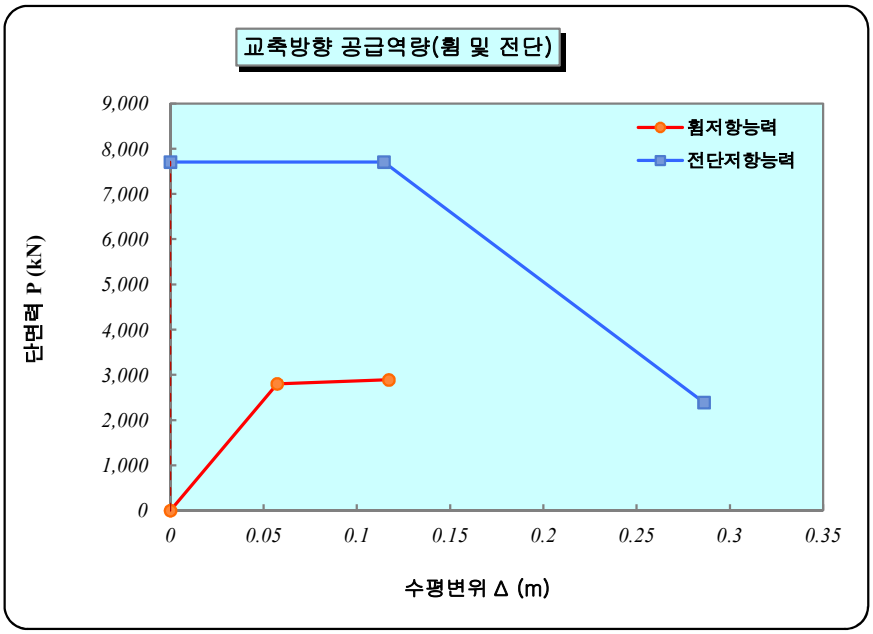
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

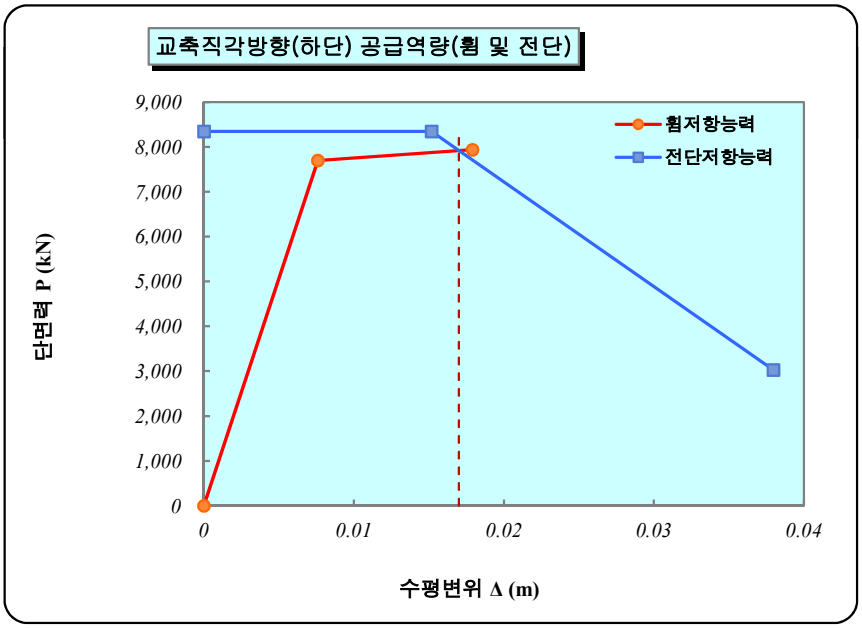
9.2.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



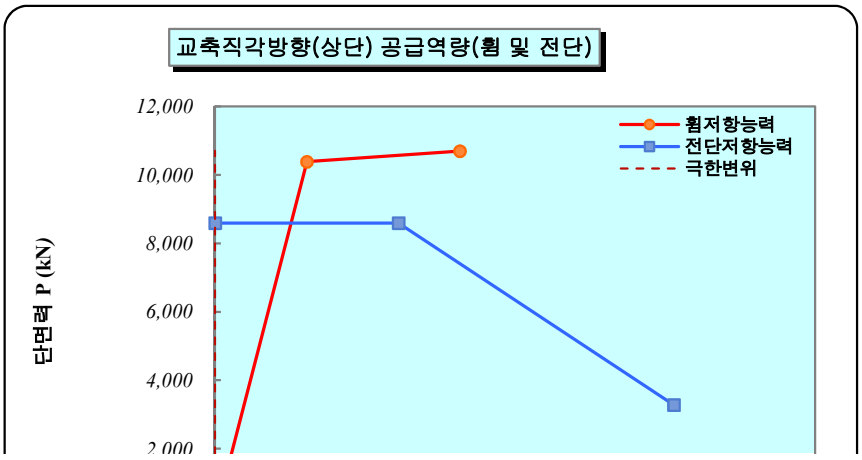
휨강도(P_f)	**2,891** (kN)
전단강도(V_n)	**7,708** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0572** (m)
극한변위 (Δ_u)	**0.1171** (m)
변위연성도(μ)	**2.046**

2) 교축직각방향-하단

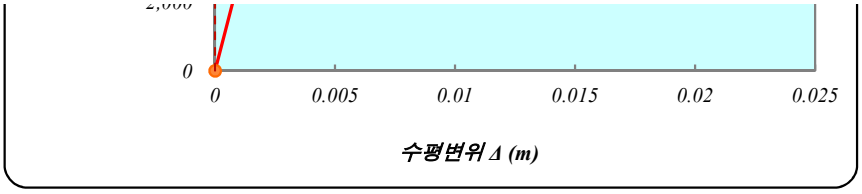


휨강도(P_f)	**7,918** (kN)
전단강도(V_n)	**8,347** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0076** (m)
극한변위 (Δ_u)	**0.0170** (m)
변위연성도(μ)	**2.242**

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)	**7,879** (kN)
전단강도(V_n)	**8,358** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0074** (m)
극한변위 (Δ_u)	



0.0168
(m)
변위연성도(μ)
2.270

9.2.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{L}{}_{,pd} = M_E^{L} + P \cdot 1.5\Delta_E^{L} = 42,867 + 11,075 \times 1.5 \times 0.07832$
  $= 44,168$ kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S^{L} = \frac{M_{E,pd}}{M_y} = \frac{44,168}{30,531} = 1.447$ -> RS 1.447 적용

- T ≥ 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 1.4475 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d}$ = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.447 = 1.447

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 16,313 + 11,075 × 1.5 × 0.010
  = 16,478 kN·m

② 단면강도비 R_S

- $R_S^T = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{16,478}{30,535}$ = 0.540 -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5424 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- μΔd = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 15,716 + 11,075 × 1.5 × 0.010
  = 15,881 kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{15,881}{30,067}$ = 1.000 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5424 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

9.2.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta C} = 2.046$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 2.242$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 2.270$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta d} = 1.447$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$

③ 평가

∴ 교축방향(변위연성도) $\dfrac{\mu^{L}_{\Delta C}}{\mu^{L}_{\Delta d}} = \dfrac{2.046}{1.447} = 1.414 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향 하단(변위연성도) $\dfrac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \dfrac{2.242}{1.000} = 2.242 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도) $\frac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \frac{2.270}{1.000} = 2.270 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향 $\frac{Vn}{VE} = \frac{7,708}{4,142} = 1.861 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

!!! ∴ 교축직각방향(하단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,347}{4,083} = 2.044 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

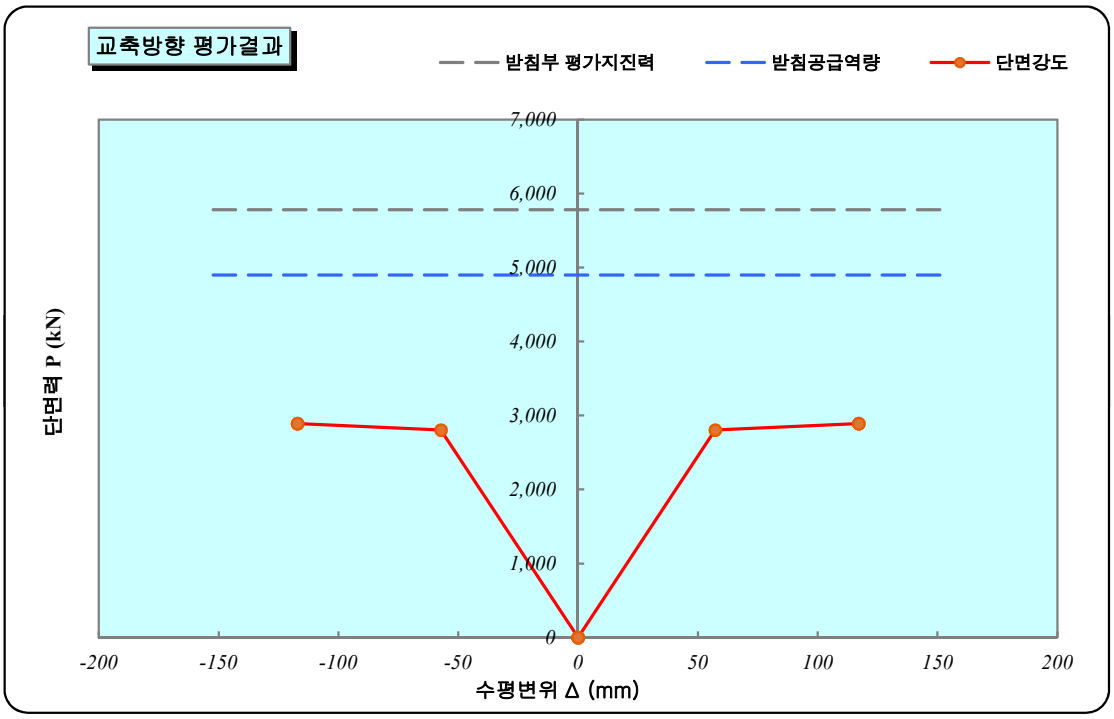
!!!

!!! ∴ 교축직각방향(상단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,358}{4,025} = 2.076 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

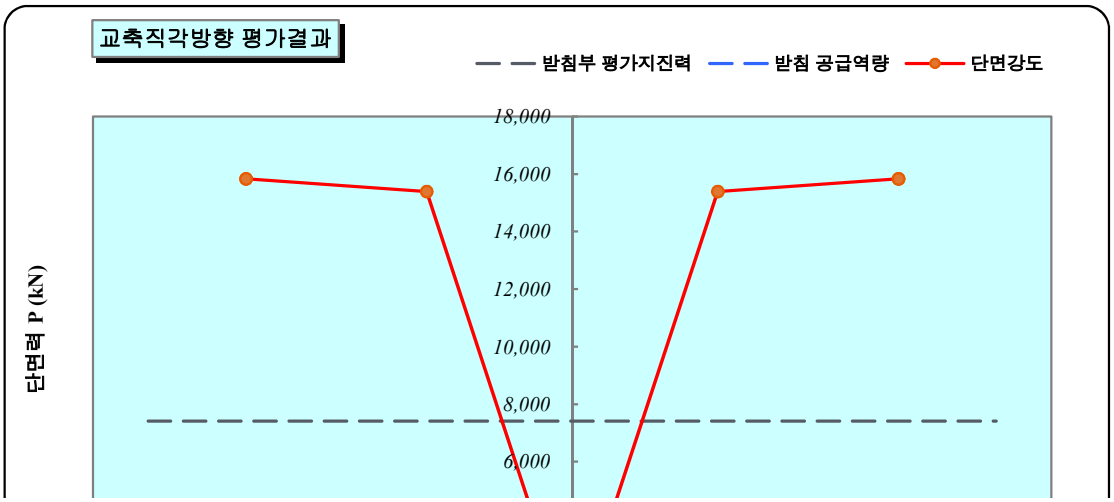
!!!

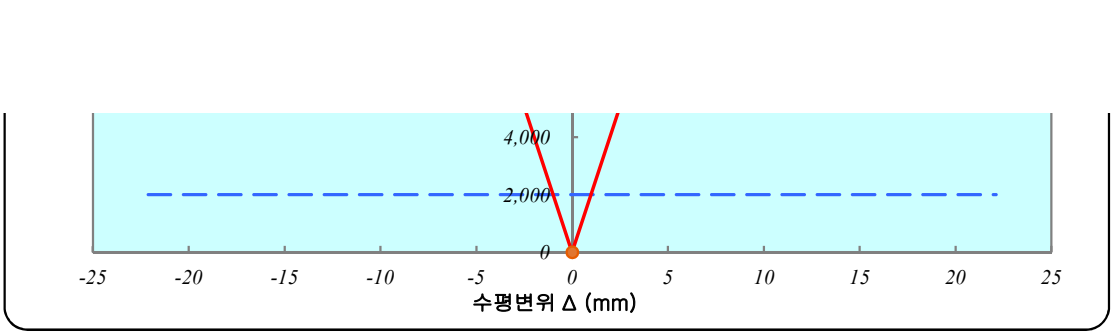
9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향




4,000
2,000
0
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
수평변위 Δ (mm)

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)

- 교직방향

f_B = 3,000.00 kN

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

- 교직방향

F_{BC} = 3,000.00 X 1 = 3,000.00 kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

F_{BD} = MIN[F_n ,$[V]_{comb,Top}$]

= MIN[17,168 , 6,423] = 6,423.00 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,000.00}{6,423.00} = 0.467 < 1.0$$ **NG**

10.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	800	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	800	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	670	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	670	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

n =	4	ea	앵커 개수	
받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa	
앵커의 유효단면적	A_{se} =	3217	mm^2	
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa	
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	550	mm	
코핑부 깊이	h_{cop} =	3000	mm	

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커 개수

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 6423.00 / 1 = 6,423 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{11,066}{6,423}$ = 1.723 > 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

C_{a1} = 2,035 mm

C_{a1}' = 2,000 mm

C_{a2} = 965 mm

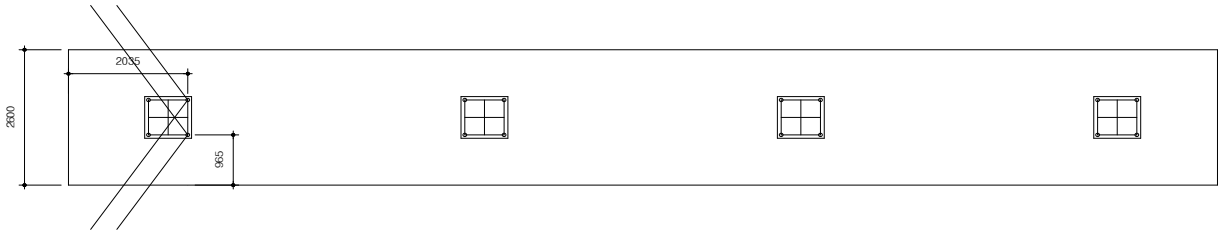
C_{a2}' = 965 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 670 mm $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

S_T = 670 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 3,000 mm $h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$ = 3,000 mm

투영길이 = 2,600 mm



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

1면 C_{a1} = 2,035 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

2면 C_{a2}' = 965 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

3면 h_{cop} = 3,000 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3]$ = 2,000 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,000 mm

∴ C_{a1} = 2,000 mm $1.5C_{a1}$ = 3,000 mm

A_{vc} = 7,800,000 mm^2

A_{vco} = $4.5C_{a1}^2$ = 4.5 X $2,000^2$ = 18,000,000 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco}$ = 7,800,000 < 2 X 18,000,000 = 36,000,000 mm^2

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

$$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2{,}000^{1.5}$$

= 4,257.07 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.797 $\Phi_{h,v}$ = 1.009

l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a] = 550 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$$= \frac{7{,}800{,}000}{18{,}000{,}000} \times 0.797 \times 1.400 \times 1.009 \times 4257 = 2{,}075 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교직방향: $F_{AC,DT}$ = 6,423 X 1 = 6,423 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{2{,}075}{6{,}423}$ = 0.323 < 1.0 **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

h_{ef} ≥ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

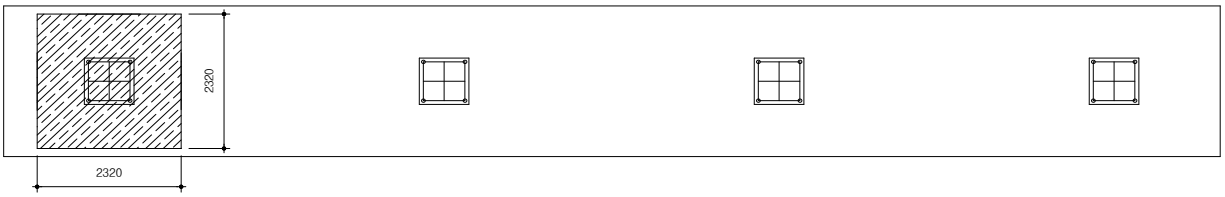
N_b = $3.9\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{5/3}$ (280<h_{ef}<635) N_b = $10\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{1.5}$

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

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

② 교직방향

C_{a1}	=	2,035	mm	S_L	=	670	mm
C_{a1}'	=	2,000	mm	S_T	=	670	mm
C_{a2}	=	965	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	965	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	550	mm	h_{ef}'	=	550	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	825.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,650.0	mm



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

1면	C_{a1}	=	2,000	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
2면	C_{a2}	=	965	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
3면	C_{a2}'	=	965	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	2,720	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{\max\{2000, 965, 965\}}{1.5}, \frac{\max\{(670+2050), 0\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{2,720}{3}\right]$$

$$= 1,333 \text{ mm}$$

$\therefore \quad h_{ef} = 550 \text{ mm}$

$A_{nc} = 5{,}382{,}400 \text{ mm}^2$ (투영면적 산정; 삽도참조)

$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2{,}722{,}500 \text{ mm}^2$

check $A_{nc} < n\ A_{nco} = 5{,}382{,}400 < 4 \times 2{,}722{,}500 = 10{,}890{,}000$ mm

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

$N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5} = 631.90$ kN

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

$$= \frac{5{,}382{,}400}{2{,}722{,}500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1{,}562 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 1562 = 3{,}123$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) $= 3{,}123 / 1 = 3{,}123$ kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: $F_{ASDT} = 6{,}423$ kN

3) 평가

교직방향 $\dfrac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \dfrac{3{,}123}{6{,}423} = 0.486 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	3,000	6,423	0.467	**NG**
	앵커볼트	교직	11,066	6,423	1.723	OK
	콘크리트	교직	2,075	6,423	0.323	**NG**
	프라이아웃	교직	3,123	6,423	0.486	**NG**

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.2 교각 P2

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 = 4,000.00 kN

- 교직방향

  f_B = 4,000.00 kN

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

- 교축방향

F_{BC}	=	4,000.00	X	1	=	4,000.00	kN
	=	3,000.00	X	1	=	3,000.00	kN
	=	1,400.00	X	2	=	2,800.00	kN
					=	9,800.00	kN

- 교직방향

F_{BC}	=	4,000.00	X	1	=	4,000.00	kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

F_{BD} = MIN[F_n ,[V]$_{comb,Top}$]

= MIN[5,781 , 7,899] = 5,781.16 kN

- 교직방향

F_{BD} = MIN[F_n ,[V]$_{comb,Top}$]

= MIN[15,836 , 7,416] = 7,416.02 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{9,800.00}{5,781.16} = 1.695 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,000.00}{7,416.02} = 0.539 < 1.0 \quad \textbf{NG}$$

10.2.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	880	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	880	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	730	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	730	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	=	4	ea	앵커 개수

받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa
앵커의 유효단면적	A_{se} =	3217	mm^2
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	550	mm
코핑부 깊이	h_{cop} =	3000	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커 개수

교축방향: V_{saL} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교축방향: F_{ASDL} = F_{BDL} / n^L = 5781.16 / 4 = 1,445 kN

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 7416.02 / 1 = 7,416 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{11,066}{1,445} = 7.657 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{11,066}{7,416} = 1.492 > 1.0$ 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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)

$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$

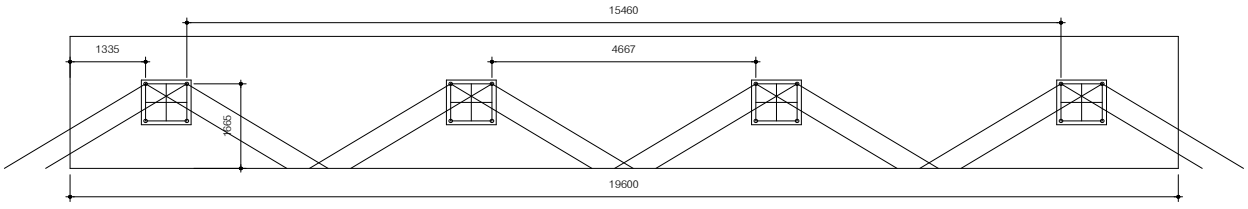
C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

C_{a1}	=	1,665	mm				
C_{a1}'	=	1,665	mm				
C_{a2}	=	1,335	mm				
C_{a2}'	=	1,335	mm	$\sum S_i$	=	15460	mm
S_L	=	730	mm	$1.5C_{a1}$	=	2,498	mm
S_T	=	730	mm	S_{ax}	=	4667	mm
h_{cop}	=	3,000	mm	$h_a=\min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$	=	2,498	mm
투영길이	=	19,600	mm				



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

A_{vc} = 48,951,000 mm^2

A_{vco} = $4.5C_{a1}^2$ = 4.5 X 1665 ^{2} = 12,475,013 mm^2

check A_{vc} < n A_{vco} = 48,951,000 < 8 X 12,475,013 = 99,800,100 mm^2

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

$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} X \sqrt{160} X \sqrt{24} X 1665^{1.5}$

= 3,233.60 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.860 $\Phi_{h,v}$ = 1.000

l_e = MIN[h_{ef}, $8d_a$] = 550 mm

$V^L_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$= \frac{48,951,000}{12,475,013}$ X 0.860 X 1.400 X 1.000 X 3,234 = 15,283 kN

② 교직방향

C_{a1} = 2,065 mm

C_{a1}' = 2,000 mm

C_{a2} = 935 mm

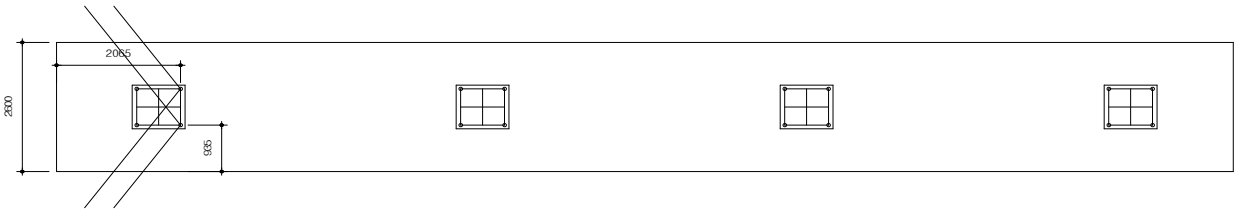
C_{a2}' = 935 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 730 mm $1.5C_{a1}$ = 3,098 mm

S_T = 730 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 3,000 mm h_a=min[h_{cop}, $1.5C_{a1}$] = 3,000 mm

투영길이 = 2,600 mm



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

1면	C_{a1}	=	2,065	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm
2면	C_{a2}'	=	935	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm
3면	h_{cop}	=	3,000	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5,\ h_a/1.5,\ S_{ay}/3)$ = 2,000 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,000 mm

$\therefore$ C_{a1} = 2,000 mm $1.5C_{a1}$ = 3,000 mm

A_{vc} = 7,800,000 mm^2

$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2{,}000^2$ = 18,000,000 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco} = 7{,}800{,}000 < 2 \times 18{,}000{,}000$ = 36,000,000 mm^2

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

$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2{,}000^{1.5}$

= 4,257.07 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.794 $\Phi_{h,v}$ = 1.016

$l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a]$ = 550 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$= \frac{7{,}800{,}000}{18{,}000{,}000} \times 0.794 \times 1.400 \times 1.016 \times 4257$ = 2,082 kN

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교축방향:	$F_{AC,DL}$	=	1,445	X	4	=	5,781 kN
교직방향:	$F_{AC,DT}$	=	7,416	X	1	=	7,416 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{15,283}{5,781} = 2.644 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{2,082}{7,416} = 0.281 < 1.0$ **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

h_{ef} ≥ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

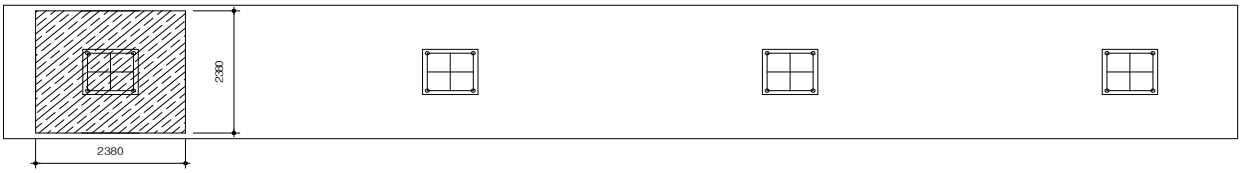
$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{5/3}$ $(280<h_{ef}<635)$ $N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{1.5}$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	1,665	mm	S_L	=	730	mm
C_{a1}'	=	1,665	mm	S_T	=	730	mm
C_{a2}	=	1,335	mm	S_{ax}	=	4,667	mm
C_{a2}'	=	1,335	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	550	mm	h_{ef}'	=	550	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	825.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,650.0	mm



h_{ef} = 550 mm

A_{nc} = 5,664,400 mm^2 (투영면적 산정; 삽도참조)

A_{nco} = $9h_{ef}^2$ = 2722500 mm^2

check A_{nc} < n A_{nco} = 5,664,400 < 4 X 2,722,500 = 10,890,000 mm^2

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

N_b = $10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5}$ = 631.90 kN

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

$$= \frac{5,664,400}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,643 \text{ kN}$$

k_{cp} = 2

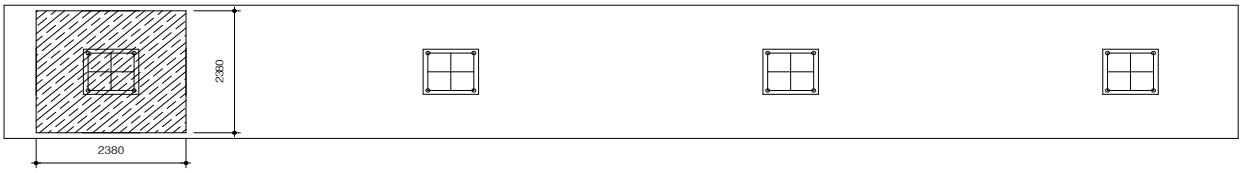
$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg}$ = 2 X 1,643 = 3,287 kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 3,287 / 1 = 3,287 kN

② 교직방향

C_{a1}	= 2,065 mm		S_L	= 730 mm	
C_{a1}'	= 2,000 mm		S_T	= 730 mm	
C_{a2}	= 935 mm		S_{ax}	= 4,667 mm	
C_{a2}'	= 935 mm		S_{ay}	= 0 mm	
h_{ef}	= 550 mm		h_{ef}'	= 550 mm (유효묻힘깊이)	
$1.5h_{ef}$	= 825.0 mm		$1.5h_{ef}'$	= 825.0 mm	
$2x1.5h_{ef}$	= 1,650.0 mm		$2x1.5h_{ef}'$	= 1,650.0 mm	



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

1면	C_{a1}	=	2,000	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
2면	C_{a2}	=	935	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
3면	C_{a2}'	=	935	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	5,397	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left\{\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right\}$$

$$= \max\left\{\frac{\max\{2000, 935, 935\}}{1.5}, \frac{\max\{(730+4667), 0\}}{3}\right\}$$

$$= \max\left\{\frac{2{,}000}{1.5}, \frac{5{,}397}{3}\right\}$$

$$= 1{,}799 \text{ mm}$$

$\therefore$ h_{ef} = 550 mm

A_{nc} = 5,664,400 mm^2 (투영면적 산정; 삽도참조)

A_{nco} = $9h_{ef}^2$ = 2,722,500 mm^2

check $A_{nc} < n\ A_{nco}$ = 5,664,400 < 4 X 2,722,500 = 10,890,000 mm

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

N_b = $10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5}$ = 631.90 kN

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

$$= \frac{5{,}664{,}400}{2{,}722{,}500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1{,}643 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 1643 = 3{,}287$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 3,287 / 1 = 3,287 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교축방향: F_{ASDL} = 1,445 kN

교직방향: F_{ASDT} = 7,416 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} = \frac{3{,}287}{1{,}445} = 2.274 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{3{,}287}{7{,}416} = 0.443 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	9,800	5,781	1.695	OK
		교직	4,000	7,416	0.539	**NG**
	앵커볼트	교축	11,066	1,445	7.657	OK
		교직	11,066	7,416	1.492	OK
	콘크리트	교축	15,283	5,781	2.644	OK
		교직	2,082	7,416	0.281	**NG**
	프라이아웃	교축	3,287	1,445	2.274	OK
		교직	3,287	7,416	0.443	**NG**

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.3 교대 A1

10.3.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

f_B = 1,500.00 kN

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

- 교직방향

F_{BC} = 1,500.00 X 1 = 1,500.00 kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

F_{BD} = $[V]_{comb,Top}$ = 2,248.06 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{1,500.00}{2,248.06} = 0.667 < 1.0$$ **NG**

10.3.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	540	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	360	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	450	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

n =	4	ea	앵커 개수	
받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa	
앵커의 유효단면적	A_{se} =	1385	mm^2	
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa	
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	360	mm	
교대부 깊이	h_{cop} =	5646	mm	

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커갯수

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 1,385 X 860 = 4,766 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 2248.06 / 1 = 2,248 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{4,766}{2,248}$ = 2.120 > 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

C_{a1} = 2,535 mm

C_{a1}' = 2,535 mm

C_{a2} = 540 mm

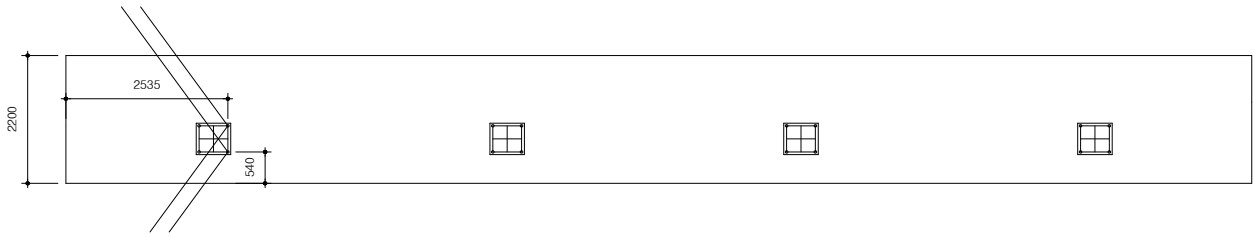
C_{a2}' = 540 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 450 mm $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

S_T = 450 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 5,646 mm $h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$ = 3,803 mm

투영길이 = 2,200 mm



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

1면 C_{a1} = 2,535 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

2면 C_{a2}' = 540 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

3면 h_{cop} = 5,646 mm > $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

- 연단거리 재산정 불필요

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3]$ = 2,535 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,803 mm

∴ C_{a1} = 2,535 mm $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

A_{vc} = 8,365,500 mm^2

$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2{,}535^2$ = 28,918,013 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco}$ = 8,365,500 < 2 X 28,918,013 = 57,836,025 mm^2

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

$$= \quad 0.6 \quad \left(\frac{360}{105}\right)^{0.2} \quad X \quad \sqrt{} \quad 105 \quad X \quad \sqrt{} \quad 24 \quad X \quad 2{,}535^{1.5}$$

$$= \quad 4{,}918.60 \quad kN$$

$\Phi_{ed,v}$ = 0.743 $\Phi_{h,v}$ = 1.000

l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a] = 360 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$$= \frac{8{,}365{,}500}{28{,}918{,}013} \quad X \quad 0.743 \quad X \quad 1.400 \quad X \quad 1.000 \quad X \quad 4{,}919 \quad = \quad 1{,}479 \quad kN$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교직방향: $F_{AC,DT}$ = 2,248 X 1 = 2,248 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1{,}479}{2{,}248}$ = 0.658 < 1.0 **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

h_{ef} ≥ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

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

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

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

② 교직방향

C_{a1}	=	2,535	mm	S_L	=	450	mm
C_{a1}'	=	2,535	mm	S_T	=	450	mm
C_{a2}	=	540	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	540	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	360	mm	h_{ef}'	=	360	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	540.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,080.0	mm



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

1면	C_{a1}	=	2,535	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
2면	C_{a2}	=	540	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
3면	C_{a2}'	=	540	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	2,500	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{\max\{2535, 540, 540\}}{1.5}, \frac{\max\{(450+2050), 0\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{2,535}{1.5}, \frac{2,500}{3}\right]$$

$$= 1,690 \text{ mm}$$

$\therefore \quad h_{ef} = 360 \text{ mm}$

$A_{nc} = 2{,}340{,}900 \text{ mm}^2$ (투영면적 산정; 삽도참조)

$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 1{,}166{,}400 \text{ mm}^2$

check $A_{nc} < n\ A_{nco} = 2{,}340{,}900 < 4 \times 1{,}166{,}400 = 4{,}665{,}600$ mm

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

$N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5} = 334.63$ kN

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

$$= \frac{2{,}340{,}900}{1{,}166{,}400} \times 1.000 \times 1.250 \times 334.6 = 839 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 839 = 1{,}679$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 1,679 / 1 = 1,679 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = 2,248 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,679}{2,248} =$ 0.747 < 1.0 **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	1,500	2,248	0.667	**NG**
	앵커볼트	교직	4,766	2,248	2.120	OK
	콘크리트	교직	1,479	2,248	0.658	**NG**
	프라이아웃	교직	1,679	2,248	0.747	**NG**

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) **P1**

- 기초부 교축방향

- M^{L}_{E} = Min [M^{L}_{n} , $M^{L}_{E,comb}$] = Min [30,612 , 6,925]
  = 6,925 kN·m

- V^{L}_{E} = Min [V^{L}_{n} , $V^{L}_{E,comb}$] = Min [3,528 , 953]
  = 953 kN

- 기초부 교직방향

- M^{T}_{E} = Min [M^{T}_{n} , $M^{T}_{E,comb}$] = Min [30,608 , 9,971]
  = 9,971 kN·m

- V^{T}_{E} = Min [V^{T}_{n} , $V^{T}_{E,comb}$] = Min [8,584 , 3,452]
  = 3,452 kN

1) 교축방향 지진력

- 교각하단의 작용력

  - 연직력 : N = 10,459 × 2 = 20,919 kN
  - 수평력 : H = 953 × 2 = 1,907 kN
  - 모멘트 : M = 6,925 × 2 = 13,850 kN·m

2) 교축직각방향 지진력

- 교각하단의 작용력
  - 연직력 : N = 10,459 × 2 = 20,919 kN
  - 수평력 : H = 3,452 × 2 = 6,903 kN
  - 모멘트 : M = 9,971 × 2 = 19,942 kN·m

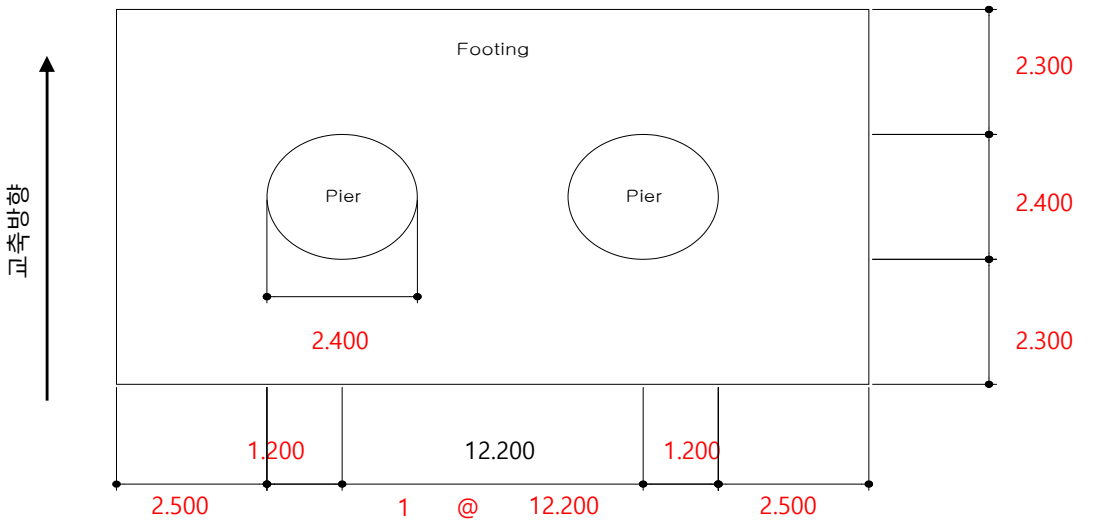
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	20,919	1,907	13,850	
교축직각방향	20,919	6,903	19,942	

11. 기초부 평가

11.1 교각 1

11.1.1 검토조건



B = 7.000 m L = 19.600 m h = 2.500 m

11.1.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
β·λ	0.711	<	1.000	강체취급

β	=	$\sqrt[4]{((3\times k)/(E\times h^3))}$	=	0.145	m^{-1}
k	=	$K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	=	59754	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	=	Max[l,b]	=	4.900	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
교축	$e_L = M_L / V$ =	0.554	≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V$ =	1.106	≤ 7.840	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. (e < B×0.4)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$Bf' = Bf - 2\times e_L$ = 5.893 m

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$Lf' = Lf - 2\times e_T$ = 17.388 m

- 기초의 근입깊이, Df = 4.200 m
- 근입지반의 단위중량, γ_1 = 19.000 kN/m^3
- 지지지반의 단위중량, γ_2 = 23.000 kN/m^3
- 지지지반의 점착력, c = 0
- 지지지반의 내부마찰각, Φ = 35 °

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Bf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	6.282 MPa
교축직각	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Lf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	12.085 MPa

형상계수, α = 1.107 β = 0.464

Nc = 57.8 Nq = 41.4 Nr = 47.3

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Bf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	6.624 MPa
교축직각	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Lf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	22.067 MPa

여기서, $Kp=\tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.690

교축방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.250

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.125

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 3.178

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 2.089

교축방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.274

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.137

교축직각방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.093

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.046

경사계수, $i_c=i_q=(1-\beta/90)^2$ = 1.000

$i_r=(1-\beta/\Phi)^2$ = 1.000

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Bf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	5.863 MPa
교축직각	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Lf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	12.885 MPa

여기서는 경사계수 미고려

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

교축방향 형상계수, $s_c=1+Bf'/Lf' \times Nq/Nc$ = 1.245

$s_r=1-0.4 \times Bf'/Lf' \geq 0.6$ = 0.864

$s_q=1+Bf'/Lf' \times \tan\Phi$ = 1.237

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+Lf'/Bf' \times Nq/Nc$ = 3.131

$s_r=1-0.4 \times Lf'/Bf' \geq 0.6$ = 0.600

$s_q=1+Lf'/Bf' \times \tan\Phi$ = 3.066

교축방향 깊이계수, (Df≤Bf')

$d_c = 1+0.4 \times Df/Bf'$ = 1.285

$d_r = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times Df/Bf'$ = 1.181

$d_q = 1$ = 1.000

교축직각방향 깊이계수, (Df≤Lf')

$d_c = 1+0.4 \times Df/Lf'$ = 1.097

$d_r = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times Df/Lf'$ = 1.062

$d_q = 1$ = 1.000

지반계수(수평지반),

$g_c = 1-\psi^\circ/147^\circ$ = 1.000

$g_r = g_q = (1-0.5\tan\psi^\circ)^5$ = 1.000

기초계수(수평지반),

$g_c = 1-\eta^\circ/147^\circ$ = 1.000

$b_r = \exp(-2.7 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

$b_q = \exp(-2 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교축	6.282 MPa	6.624 MPa	5.863 MPa	**5.863 MPa**
교축직각	12.085 MPa	22.067 MPa	12.885 MPa	**12.085 MPa**

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교축	작용폭	$x_L=3\times(B/2-e_L)=$ 8.839 > 7.000	사다리꼴 분포
	지반반력	qmax,min = (V/L/B)±(6×ML/L/B²)	qmax = 0.361 MPa
			qmin = 0.129 MPa
교축직각	작용폭	$x_T=3\times(L/2-e_T)=$ 26.082 > 19.600	사다리꼴 분포
	지반반력	qmax,min = (V/B/L)±(6×MT/B/L²)	qmax = 0.328 MPa
			qmin = 0.162 MPa

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	qu / qa = 16.220 ≥ 2.000	O.K
교축직각	qu / qa = 36.829 ≥ 2.000	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	Hc / H_L = 10.584 ≥ 1.200	O.K
교축직각	Hc / H_T = 2.923 ≥ 1.200	O.K

여기서,

전단저항력, $Hc = c_B\times A'+V\times\tan\Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력, c_B = 0

기초저면과 지반과의 마찰계수, $\tan\Phi_B$ = 0.6

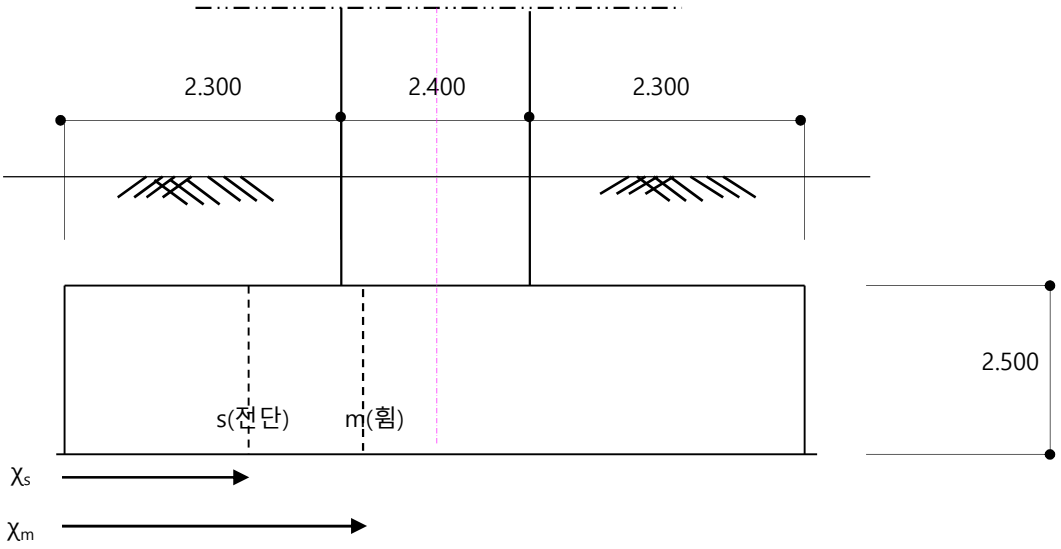
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	χ_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2	2.437 m
전단	χ_s = 2.437 - 2.400/2	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$qm = ((qmax-qmin)\times(\chi_L-\chi_m)/\chi_L)+qmin$	0.297 MPa
전단	$qs = ((qmax-qmin)\times(\chi_L-\chi_s)/\chi_L)+qmin$	0.329 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h\times\chi_m\times L\times\gamma_c\times l$	3636 kN·m
	$V_{기초} = h\times\chi_s\times L\times\gamma_c$	1515 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h'\times\chi_m\times L\times\gamma_t\times l$	1879 kN·m
	$V_{상재} = h'\times\chi_s\times L\times\gamma_t$	783 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [qm\times\chi_m^2/2 + (qmax-qm)/2\times2\chi_m^2/3]\times L$	19785 kN·m
	$V_{지반} = (qs\times\chi_s + (qmax-qs)/2\times\chi_s)\times L$	8366 kN
기초의 단면력	$Mu = M_{지반}-M_{기초}-M_{상재}$	14270 kN·m
	$Vu = V_{지반}-V_{기초}-V_{상재}$	6068 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	56209	≥	14270	O.K
전단	ΦVn	=	38408	≥	6068	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	19600	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 156 ea

As	=	79045	mm²
a = (As×fy)/(0.85×fck×b)	=	59.3	mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d	=	38408	kN

(b) 교축직각방향

① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	qmax,min = (V/B/L)±(6×MT/B/L²)	사다리꼴 분포	2297 kN/m
Qmin			1135 kN/m

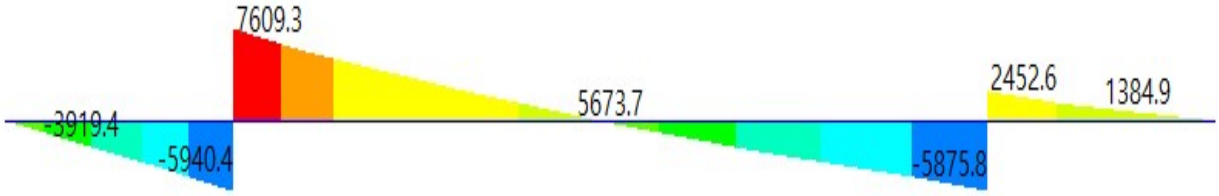
② 구조해석 모델링



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 = 14112	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 7609	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	19465	≥	14112	O.K
전단	ΦVn	=	13717	≥	7609	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	7000	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 54 ea

As = 27362 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 57.5 mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 13717 kN

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	0.554	5.058	O.K
		교축직각	7.840	1.106	7.088	O.K
	지지력	교축	16.220	2.000	8.110	O.K
		교축직각	36.829	2.000	18.415	O.K
	활동	교축	10.584	1.200	8.820	O.K
		교축직각	2.923	1.200	2.436	O.K
단면 검토	휨	교축	56209	14270	3.939	O.K
		교축직각	19465	14112	1.379	O.K
	전단	교축	38408	6068	6.329	O.K
		교축직각	13717	7609	1.803	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) **P2**

- 기초부 교축방향

- M^{L}_{E} = Min [M^{L}_{n} , $M^{L}_{E,comb}$] = Min [31,484 , 42,867]
  = 31,484 kN·m

- V^{L}_{E} = Min [V^{L}_{n} , $V^{L}_{E,comb}$] = Min [2,891 , 4,142]
  = 2,891 kN

- 기초부 교직방향

- M^{T}_{E} = Min [M^{T}_{n} , $M^{T}_{E,comb}$] = Min [31,493 , 16,313]
  = 16,313 kN·m

- V^{T}_{E} = Min [V^{T}_{n} , $V^{T}_{E,comb}$] = Min [7,918 , 4,083]
  = 4,083 kN

1) 교축방향 지진력

- 교각하단의 작용력

  - 연직력 : N = 11,950 × 2 = 23,900 kN
  - 수평력 : H = 2,891 × 2 = 5,781 kN
  - 모멘트 : M = 31,484 × 2 = 62,968 kN·m

2) 교축직각방향 지진력

- 교각하단의 작용력
  - 연직력 : N = 11,950 × 2 = 23,900 kN
  - 수평력 : H = 4,083 × 2 = 8,167 kN
  - 모멘트 : M = 16,313 × 2 = 32,626 kN·m

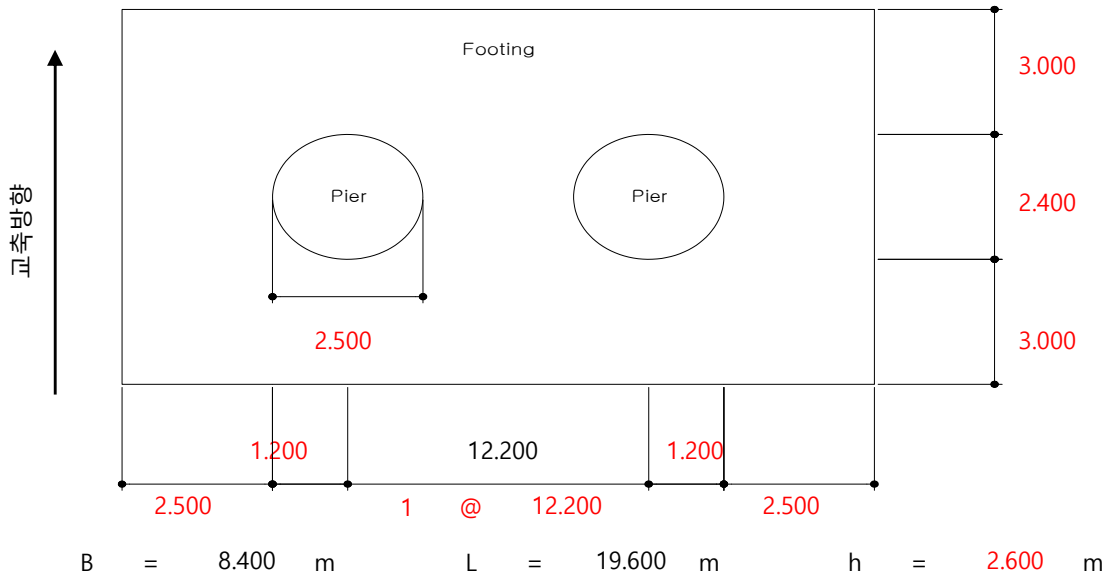
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	23,900	5,781	62,968	
교축직각방향	23,900	8,167	32,626	

11. 기초부 평가

11.2 교각 2

11.2.1 검토조건



B = 8.400 m L = 19.600 m h = 2.600 m

11.2.2 내진성능평가

1) 안정성 검토

(a) 말뚝의 허용연직지지력 산정

① 말뚝의 허용연직압축지지력(Ra)

구 분	계 산 과 정	결 과
Ra	γ/n×Ru	3036 kN

Ra : 말뚝의 허용연직압축지지력

γ : 극한지지력 추정법의 상위에 의한 안전율의 보정계수 (γ = 1.0)

n : 안전율 (지지말뚝의 경우 지진시 ; n = 2)

Ru : 지반조건에 따라 결정되는 말뚝의 극한지지력

Ru = qd+U×∑(li·fi) = 6072 kN

qd : 말뚝 선단 지반의 극한지지력

qd = α×qu×A = 4540 kN

α : 감소계수는 0.2~0.5의 값을 가지며 평균값 0.35의 값을 적용

qu : 말뚝 선단 지반의 일축압축강도 = 100000 kN/m^2

A : 말뚝의 선단면적

$A = \pi \times D^2$ = 0.130 m^2

U : 말뚝의 둘레길이 = 1.277 m

li : 주면마찰력을 고려하는 층의 두께

fi : 주면마찰력을 고려하는 층의 최대 주면마찰력

지 층	li (m)	N	fi (kN/m^2)	li·fi (kN/m)
사질토	4.000	50	100	400.00
자갈층	8.000	50	100	800.00
연암			0	0.00
			∑(li·fi) =	1200.00

ⓢ 말뚝의 허용연직인발지지력(Pa)

구 분	계 산 과 정	결 과
Pa	1/n×Pu + W	550 kN

Pa : 말뚝의 허용연직인발지지력

n : 안전율 (지진시 ; n = 3)

Pu : 말뚝의 극한인발력

Pu = U×∑(li·fi) = 1532 kN

W : 말뚝의 유효중량

= 39 kN

(b) 말뚝의 스프링정수 산정

① 말뚝의 축방향 스프링정수(Kv)

구 분	계 산 과 정	결 과
Kv	a×Ap×Ep/L	164848 kN/m

a = 0.014×(L/D)+0.72 = 1.137

do : 부식을 고려한 지름 = 402.4 mm

Ap : 말뚝의 순단면적 = 8695 mm^2

Ep : 말뚝의 탄성계수 = 200000 N/mm^2

L : 말뚝 길이 = 12000 mm

② 말뚝의 축직각방향 스프링정수(KH : K1, K2, K3, K4)

구 분	계 산 과 정	결 과
K1	4EIβ^3	188642 kN/m
K2	2EIβ^2	84572 kN/rad
K3	2EIβ^2	84572 kN·m/m
K4	2EIβ	75831 kN·m/rad

β	=	$\sqrt[4]{[(kh\times D)/(4\times Ep\times Ip)]}$		=	1.1153	m^{-1}
kh	=	$kh0\times(BH/0.3)^{-3/4}$		=	517686	kN/m^3
kh0	=	$1/0.3\times\alpha\times Eo$	(지진시 α=2)	=	933333	kN/m^3
Eo	=	$2800\times N$	(1/β깊이에서의 N치)	=	140000	kN/m^2
BH	=	$\sqrt{(D/\beta)}$	($\beta_{상시}$ 적용)	=	0.6583	m
$\beta_{상시}$	=	$\sqrt[29]{[((\alpha\times Eo)^8\times D^5)/(0.3^2\times 2^{16}\times(Ep\times Ip)^8)]}$		=	0.9378	m^{-1}
Ep	:	말뚝의 탄성계수		=	200000	N/mm^2
Ip	:	말뚝의 단면 2차 모멘트		=	0.000170	m^4

(c) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
β·λ	0.503	<	1.000	강체취급

β	=	$\sqrt[4]{((3\times k)/(E\times h^3))}$	=	0.168	m^{-1}
k	=	$Kp = Kv\times(m\times n)/(B\times L)$	=	119150	kN/m^3
E	=	$8{,}500\ \sqrt[3]{f_{cu}}$	=	25811	Mpa
λ	=	Max[l,b]	=	3.000	m
h	=	직접기초의 두께	=	2.600	m

(d) 말뚝머리의 안정성 검토

① 무리말뚝 원점의 변위량(δ_x, δ_y, α) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$A_{xx}\times\delta_x + A_{xy}\times\delta_y - A_{x\alpha}\times\alpha = V$	δ_x= 0.000565 m
	$A_{yx}\times\delta_x + A_{yy}\times\delta_y - A_{y\alpha}\times\alpha = H_{교축}$	δ_y= 0.002034 m
	$A_{\alpha x}\times\delta_x + A_{\alpha y}\times\delta_y - A_{\alpha\alpha}\times\alpha = M_{교축}$	α= 0.000686 rad
교축 직각	$A_{xx}\times\delta_x + A_{xy}\times\delta_y - A_{x\alpha}\times\alpha = V$	δ_x= 0.000405 m
	$A_{yx}\times\delta_x + A_{yy}\times\delta_y - A_{y\alpha}\times\alpha = H_{교축직각}$	δ_y= 0.002034 m
	$A_{\alpha x}\times\delta_x + A_{\alpha y}\times\delta_y - A_{\alpha\alpha}\times\alpha = M_{교축직각}$	α= 0.000092 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}	$\sum \left(K_1 \cos^2\theta_i + K_v \sin^2\theta_i\right)$	22448416
A_{xy},A_{yx}	$\sum \left(K_v - K_1\right)\sin\theta_i \cos\theta_i$	0
$A_{x\alpha}$,$A_{\alpha x}$	$\sum \left\{\left(K_v - K_1\right)x_i \sin\theta_i \cos\theta_i - K_2 \cos\theta_i\right\}$	-10064081
A_{yy}	$\sum \left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)$	19616874
$A_{y\alpha}$,$A_{\alpha y}$	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i + K_2\sin\theta_i\right\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i^2 + \left(K_2+K_3\right)x_i\sin\theta_i + K_4\right\}$	122017057

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	17	3.600	3206917	0	-1437726	2802411	0	37608364
2열	17	2.400	3206917	0	-1437726	2802411	0	17431008
3열	17	1.200	3206917	0	-1437726	2802411	0	5324595
4열	17	0.000	3206917	0	-1437726	2802411	0	1289123
5열	17	-1.200	3206917	0	-1437726	2802411	0	5324595
6열	17	-2.400	3206917	0	-1437726	2802411	0	17431008
7열	17	-3.600	3206917	0	-1437726	2802411	0	37608364

ii) 교축직각방향

구 분	계 산 과 정	결 과
A_{xx}	$\sum \left(K_1 \cos^2\theta_i + K_v \sin^2\theta_i\right)$	22448416
A_{xy},A_{yx}	$\sum \left(K_v - K_1\right)\sin\theta_i \cos\theta_i$	0
$A_{x\alpha}$,$A_{\alpha x}$	$\sum \left\{\left(K_v - K_1\right)x_i \sin\theta_i \cos\theta_i - K_2 \cos\theta_i\right\}$	-10064081
A_{yy}	$\sum \left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)$	19616874
$A_{y\alpha}$,$A_{\alpha y}$	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i + K_2\sin\theta_i\right\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i^2 + \left(K_2 + K_3\right)x_i\sin\theta_i + K_4\right\}$	631663436

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	7	9.200	1320495	0	-592005	1153934	0	98199768
2열	7	8.050	1320495	0	-592005	1153934	0	75308607
3열	7	6.900	1320495	0	-592005	1153934	0	55469601
4열	7	5.750	1320495	0	-592005	1153934	0	38682750
5열	7	4.600	1320495	0	-592005	1153934	0	24948054
6열	7	3.450	1320495	0	-592005	1153934	0	14265512
7열	7	2.300	1320495	0	-592005	1153934	0	6635125
8열	7	1.150	1320495	0	-592005	1153934	0	2056893
9열	7	0.000	1320495	0	-592005	1153934	0	530816
10열	7	-1.150	1320495	0	-592005	1153934	0	2056893
11열	7	-2.300	1320495	0	-592005	1153934	0	6635125
12열	7	-3.450	1320495	0	-592005	1153934	0	14265512
13열	7	-4.600	1320495	0	-592005	1153934	0	24948054
14열	7	-5.750	1320495	0	-592005	1153934	0	38682750
15열	7	-6.900	1320495	0	-592005	1153934	0	55469601
16열	7	-8.050	1320495	0	-592005	1153934	0	75308607
17열	7	-9.200	1320495	0	-592005	1153934	0	98199768

② 말뚝머리의 변위량 및 반력 산정

i) 교축방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000565	0.004503	742.282	48.581	4.224
2열	0.000565	0.003680	606.609	48.581	4.224
3열	0.000565	0.002857	470.935	48.581	4.224

4열	0.000565	0.002034	335.262	48.581	4.224
5열	0.000565	0.001211	199.588	48.581	4.224
6열	0.000565	0.000388	63.915	48.581	4.224
7열	0.000565	-0.000435	-71.759	48.581	4.224

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$

$P_{Ni} = Kv \times \delta_{yi}$

$P_{Hi} = K1 \times \delta_{xi} - K2 \times \alpha$

$M_{ti} = -K3 \times \delta_{xi} + K4 \times \alpha$

ii) 교축직각방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000405	0.002878	474.361	68.628	-27.290
2열	0.000405	0.002772	456.974	68.628	-27.290
3열	0.000405	0.002667	439.586	68.628	-27.290
4열	0.000405	0.002561	422.199	68.628	-27.290
5열	0.000405	0.002456	404.812	68.628	-27.290
6열	0.000405	0.002350	387.424	68.628	-27.290
7열	0.000405	0.002245	370.037	68.628	-27.290
8열	0.000405	0.002139	352.649	68.628	-27.290
9열	0.000405	0.002034	335.262	68.628	-27.290
10열	0.000405	0.001928	317.874	68.628	-27.290
11열	0.000405	0.001823	300.487	68.628	-27.290
12열	0.000405	0.001717	283.099	68.628	-27.290
13열	0.000405	0.001612	265.712	68.628	-27.290
14열	0.000405	0.001506	248.325	68.628	-27.290
15열	0.000405	0.001401	230.937	68.628	-27.290
16열	0.000405	0.001295	213.550	68.628	-27.290
17열	0.000405	0.001190	196.162	68.628	-27.290

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$

$P_{Ni} = Kv \times \delta_{yi}$

$P_{Hi} = K1 \times \delta_{xi} - K2 \times \alpha$

$M_{ti} = -K3 \times \delta_{xi} + K4 \times \alpha$

③ 말뚝머리의 변위량과 지지력에 대한 안정성 검토

구 분		보유성능	소요성능	S.F	판정
교축	수평변위(mm)	15.000	0.565	26.548	O.K
	연직압축지지력(kN)	3036	742	4.090	O.K
	연직인발지지력(kN)	550	72	7.659	O.K
교축직각	수평변위(mm)	15.000	0.405	37.044	O.K
	연직압축지지력(kN)	3036	474	6.400	O.K
	연직인발지지력(kN)	550	0	-	O.K

※ 말뚝의 허용 변위량은 0.01D로 산정하지만 말뚝의 직경이 1,500mm 이하인 경우에는 δa = 15mm를 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	0.465111	4.224	0.000	-48.581
2	1.200	0.040853	-9.784	-11.118	7.059
3	2.400	-0.027059	-1.473	-1.344	4.195
4	3.600	-0.006080	0.495	0.602	0.021
5	4.800	0.001127	0.161	0.165	-0.286
6	6.000	0.000554	-0.015	-0.021	-0.036
7	7.200	-0.000011	-0.013	-0.014	0.015
8	8.400	-0.000039	-0.001	0.000	0.004
9	9.600	-0.000004	0.001	0.001	-0.001
10	10.800	0.000002	0.000	0.000	0.000
11	12.000	0.000001	0.000	0.000	0.000

$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3)\times e^{-\beta x}\times[(1+\beta\times ho)\times\cos(\beta x)-\beta\times ho\times\sin(\beta x)]$

$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta)\times e^{-\beta x}\times[\beta\times ho\times\cos(\beta x)+(1+\beta\times ho)\times\sin(\beta x)]$

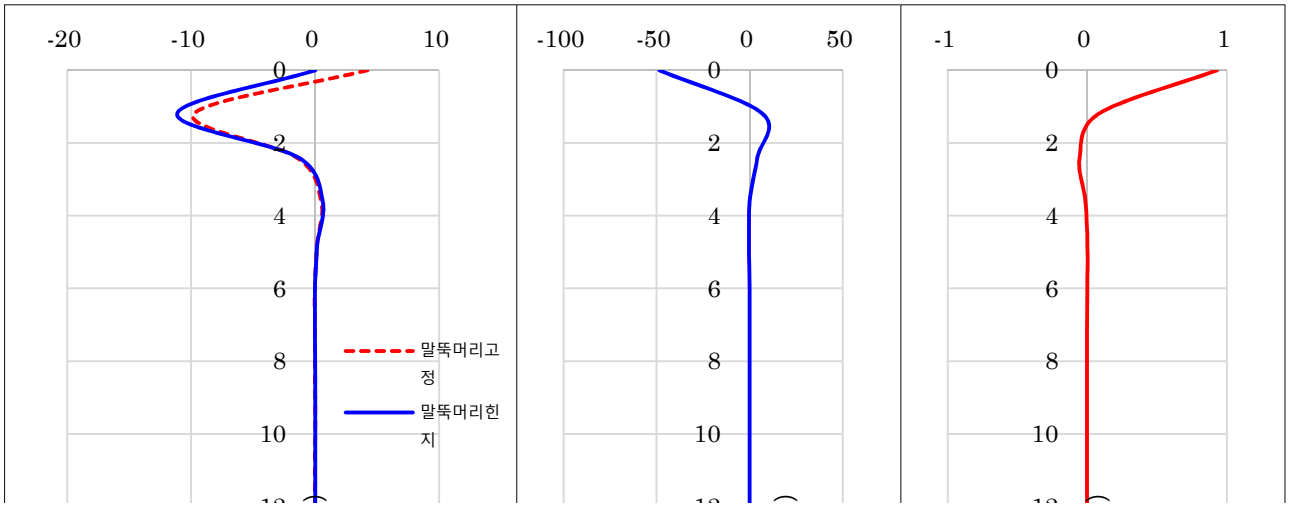
$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta)\times e^{-\beta x}\times\sin(\beta x)$

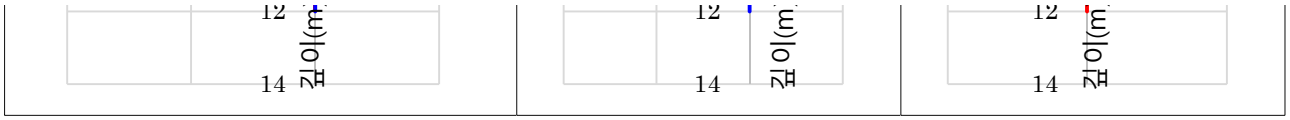
$S = -P_{Hi}\times e^{-\beta x}\times[\cos(\beta x)-(1+2\times\beta\times ho)\times\sin(\beta x)]$

P_{Hi} = 48.581 kN

β = 1.115 m^{-1}

ho = M_{ti} / P_{Hi} = -86.957 mm





< 모멘트선도 > < 전단력선도 > < 변위선도 >

② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2\times\beta\times ho)]$	800 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta)\times\sqrt{[(1+2\times\beta\times ho)^2+1]}\times e^{-\beta\times lmf}$	-11.460 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4\times\beta)$	704 mm
	$M_{mh} = -0.3224\times(P_{Hi}/\beta)$	-14.044 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = max[\lvert M_{고정}\rvert, \lvert M_{힌지}\rvert, \lvert M_{mf}\rvert, \lvert M_{mh}\rvert]$	14.044 kN·m
	$S_{max} = \lvert S\rvert$	48.581 kN
말뚝 응력 검토	f_t = 68.578 ≤ 210.000	O.K
	f_c = 102.154 ≤ 210.000	O.K
	f_s = 5.587 ≤ 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

$f_t = P_{Ni}/Ap - M_{max}\times(D/2I)$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$f_c = P_{Ni}/Ap + M_{max}\times(D/2I)$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨압축응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$f_s = S_{max}/Ap$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$\mu_1 = 0.05 \times$ 이음개수 = 0.000

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$\mu_2 = MAX\ (L/d-n\ ,\ 0)$ = 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	1.050280	-27.290	0.000	-68.628
2	1.200	-0.018894	-24.319	-15.705	28.905
3	2.400	-0.074535	-1.062	-1.898	8.214
4	3.600	-0.007708	1.545	0.851	-0.996
5	4.800	0.004196	0.260	0.233	-0.685
6	6.000	0.001037	-0.075	-0.030	-0.014
7	7.200	-0.000163	-0.027	-0.020	0.045
8	8.400	-0.000091	0.002	0.000	0.006
9	9.600	0.000000	0.002	0.001	-0.002
10	10.800	0.000006	0.000	0.000	-0.001
11	12.000	0.000001	0.000	0.000	0.000

$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3)\times e^{-\beta x}\times[(1+\beta\times ho)\times\cos(\beta x)-\beta\times ho\times\sin(\beta x)]$

$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta)\times e^{-\beta x}\times[\beta\times ho\times\cos(\beta x)+(1+\beta\times ho)\times\sin(\beta x)]$

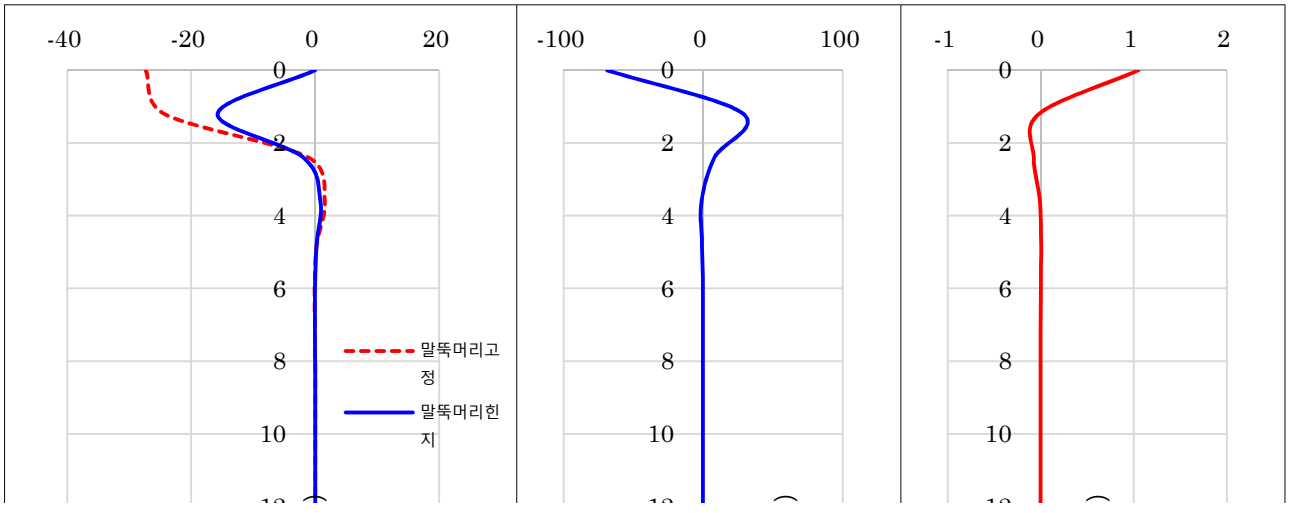
$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta)\times e^{-\beta x}\times\sin(\beta x)$

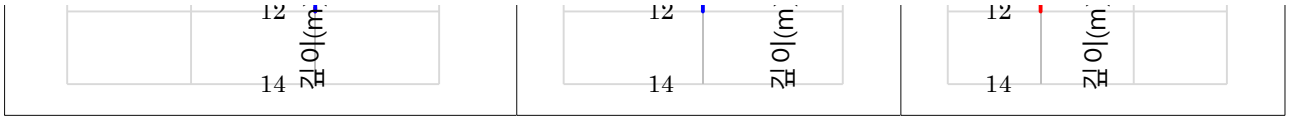
$S = -P_{Hi}\times e^{-\beta x}\times[\cos(\beta x)-(1+2\times\beta\times ho)\times\sin(\beta x)]$

P_{Hi} = 68.628 kN

β = 1.115 m^{-1}

ho = M_{ti} / P_{Hi} = 397.648 mm





< 모멘트선도 > < 전단력선도 > < 변위선도 >

② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2\times\beta\times ho)]$	437 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta)\times\sqrt{[(1+2\times\beta\times ho)^2+1]}\times e^{-\beta\times lmf}$	-40.361 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4\times\beta)$	704 mm
	$M_{mh} = -0.3224\times(P_{Hi}/\beta)$	-19.839 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = max[\lvert M_{고정}\rvert, \lvert M_{힌지}\rvert, \lvert M_{mf}\rvert, \lvert M_{mh}\rvert]$	40.361 kN·m
	$S_{max} = \lvert S\rvert$	68.628 kN
말뚝 응력 검토	f_t = 6.305 ≤ 210.000	O.K
	f_c = 102.802 ≤ 210.000	O.K
	f_s = 7.893 ≤ 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

$f_t = P_{Ni}/Ap - M_{max}\times(D/2I)$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$f_c = P_{Ni}/Ap + M_{max}\times(D/2I)$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$f_s = S_{max}/Ap$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$\mu_1 = 0.05 \times$ 이음개수 = 0.000

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$\mu_2 = MAX\ (L/d-n\ ,\ 0)$ = 0.000

$\mu = \mu_1 + \mu_2$ = 0.000

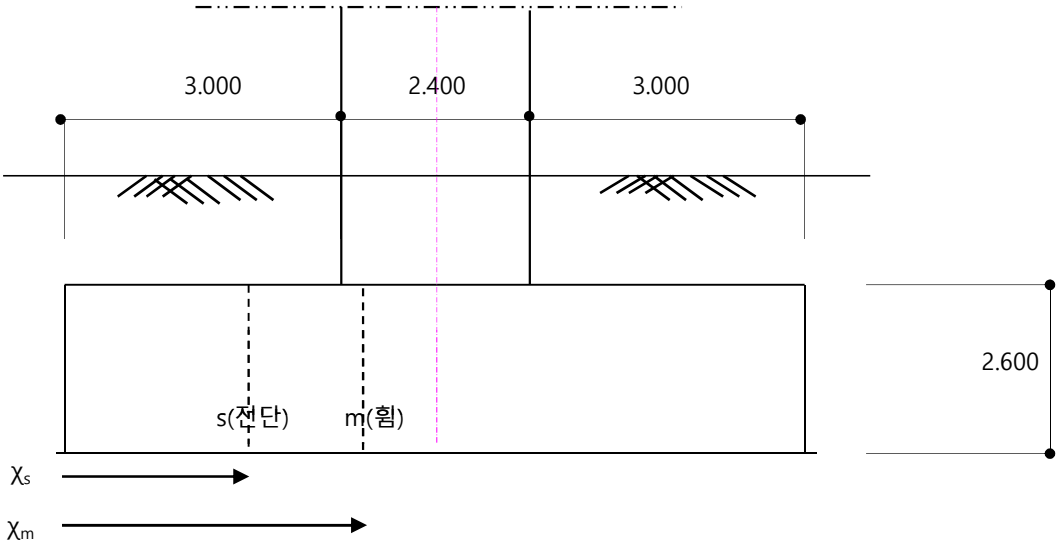
2) 단면 평가

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정			결 과
휨	χ_m	=	3.000 + (2.400 - 2.127)/2	3.137 m
전단	χ_s	=	3.137 - 2.400/2	1.937 m

② 교축방향 위험단면



③ 말뚝의 반력

구 분	계 산 과 정			결 과
	P_{Ni}	×	n	
R1	742.282	×	17	12619 kN
R2	606.609	×	17	10312 kN
R3	470.935	×	17	8006 kN
R4		×		
R5		×		

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	6267 kN·m
	$V_{기초} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	2467 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	3297 kN·m
	$V_{상재} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1298 kN
말뚝반력에 의한 단면력	$M_{말뚝} = R1 \times 2.537 + R2 \times 1.337 + R3 \times 0.137$	46884 kN·m
	$V_{말뚝} = R1 + R2$	22931 kN
기초의 단면력	$Mu = M_{말뚝} - M_{기초} - M_{상재}$	37320 kN·m
	$Vu = V_{말뚝} - V_{기초} - V_{상재}$	19166 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	111012	≥	37320	O.K
전단	ΦVn	=	38408	≥	19166	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa		fy	=	300	Mpa
b	=	19600	mm		d	=	2400	mm
Φf	=	1.000			Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 156 ea

2단 : D 25 - 156 ea As = 158090 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 118.6 mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 38408 kN

(b) 교축직각방향

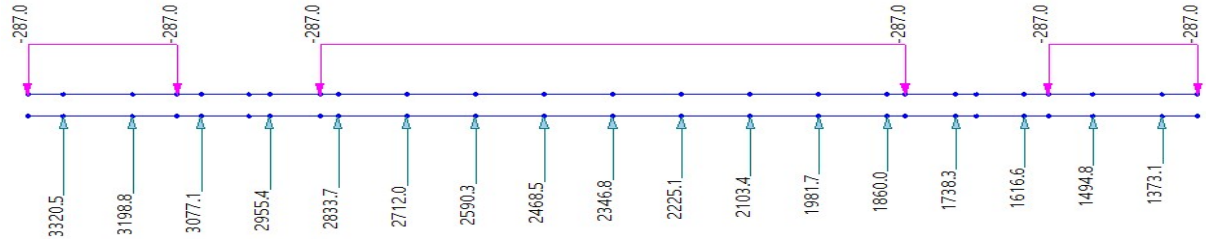
① 작용 말뚝반력

구 분	1열	2열	3열	4열	5열
반력(kN)	3320.529	3198.817	3077.105	2955.393	2833.681
구 분	6열	7열	8열	9열	10열
반력(kN)	2711.969	2590.257	2468.544	2346.832	2225.120
구 분	11열	12열	13열	14열	15열
반력(kN)	2103.408	1981.696	1859.984	1738.272	1616.560
구 분	16열	17열	18열	19열	20열
반력(kN)	1494.848	1373.136			
구 분	21열	22열	23열	24열	25열
반력(kN)					

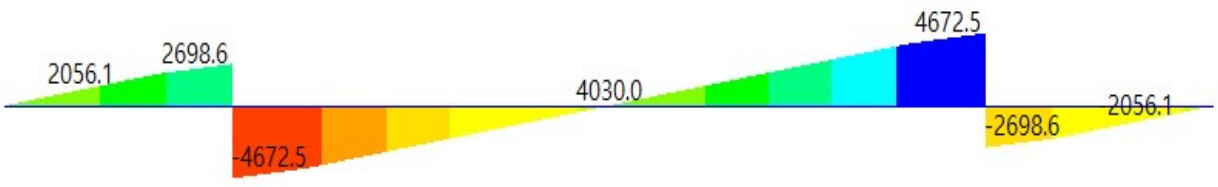
② 구조해석 모델링



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 = 10008	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 4673	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	ΦMn = 46982 ≥ 10008	O.K
전단	ΦVn = 16461 ≥ 4673	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	8400	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 66 ea

2단 : D 25 - 66 ea As = 66884 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 117.1 mm

- 전단 검토

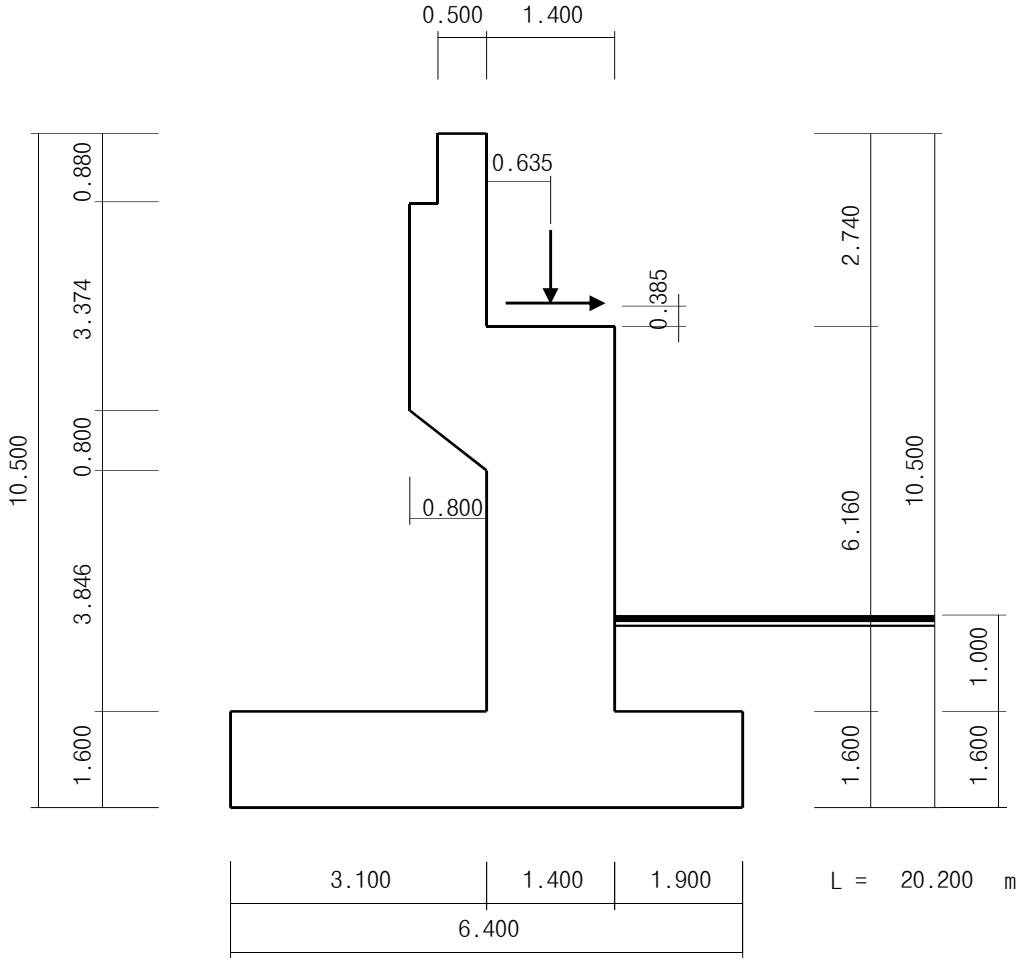
ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 16461 kN

3) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	수평변위	교축	15.000	0.565	26.548	O.K
		교축직각	15.000	0.405	37.044	O.K
	연직 압축지지력	교축	3036	742	4.090	O.K
		교축직각	3036	474	6.400	O.K
	연직 인발지지력	교축	550	72	7.659	O.K
		교축직각	550	0	-	O.K
말뚝 응력 검토	휨인장응력	교축	210.000	68.578	3.062	O.K
		교축직각	210.000	6.305	33.305	O.K
	휨압축응력	교축	210.000	102.154	2.056	O.K
		교축직각	210.000	102.802	2.043	O.K
	휨전단응력	교축	120.000	5.587	21.478	O.K
		교축직각	120.000	7.893	15.204	O.K
단면 검토	휨	교축	111012	37320	2.975	O.K
		교축직각	46982	10008	4.694	O.K
	전단	교축	38408	19166	2.004	O.K
		교축직각	16461	4673	3.523	O.K

11.6 교대

11.6.1 단면 제원



L = 20.200 m (교축직각방향)

(편구배를 고려한 최대 높이의 단면)

11.6.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (Dc)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 214.584 kN/m

2) 2차 고정하중 반력 (Dw)

- 포장, 방호벽 등 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 46.000 kN/m

3) 상부 지진하중 (EQ)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 수평력 = 13.029 kN/m

11.6.3 구체 지진하중 산출 조건

1) 지진구역계수 : 0.11

2) 위험도 계수 : 1.40

3) 수평지진계수 : 0.077 (A/2 적용)

4) 지반계수(S) : 내진설계에 의해 수평력 산출

11.7 교대

11.7.1 하중조합

① 하중수정 계수 η집계표

하중조합	연성 ηD	여용성 ηR	중요도 ηI	하중수정계수 ηi		
				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)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}}\right]^2}$$

ø : 뒷채움흙의 내부마찰각 = 35.00 °

β : 벽배면과 연직면이 이루는 각 = 0.00 °

δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각 = 0.00 °

ι : 지표면과 수평면이 이루는 각 = 0.00 °

θ : $\tan^{-1}[K_h / (1 - K_v)]$ = 4.403 °

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{\{(\sin 35.0 \times \sin 30.6)/(\cos 4.4 \times \cos 0.0)\}}]^2}$$

= 0.3138

K_{EH} = K_{EH} x cos δ = 0.3138 x cos 0.00 = 0.3138

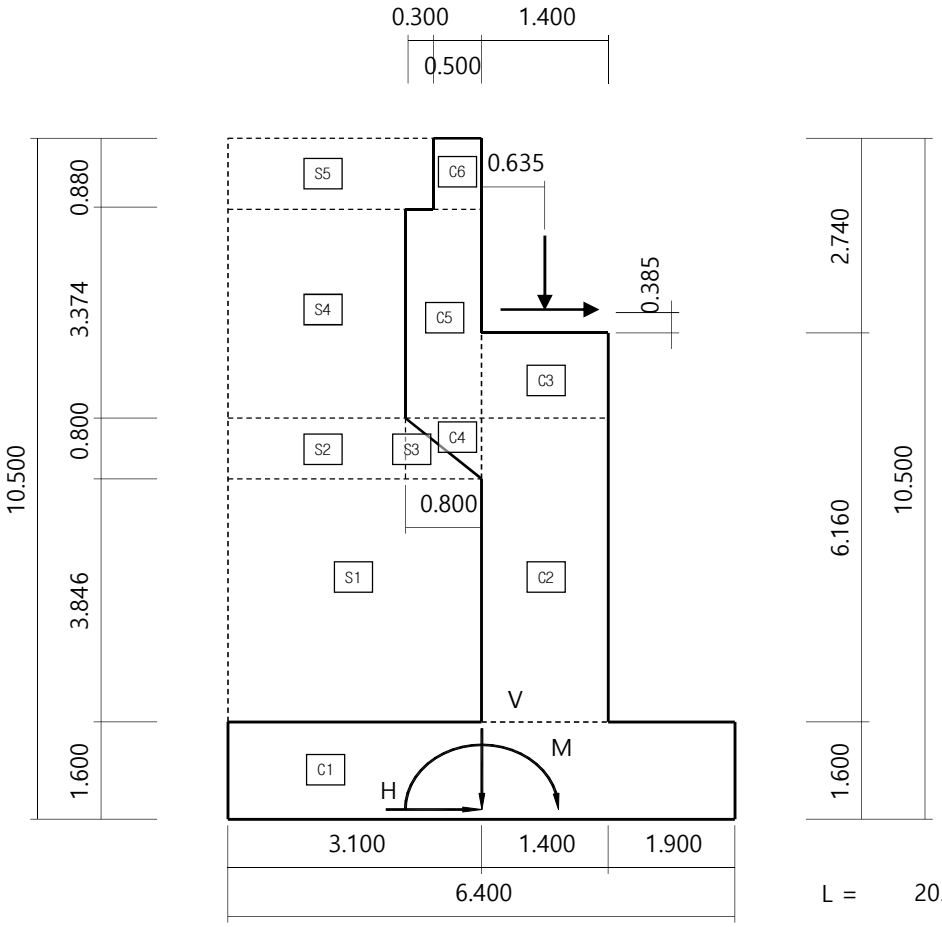
Z1 = 0.000 m ; q1 = 0.3138 x 20.00 x 0.000 = 0.000 kN/m²

Z2 = 10.500 m ; q2 = 0.3138 x 20.00 x 10.500 = 65.898 kN/m²

- Pe = (q1+q2)/2xH=(0.000+65.898)/2x10.500 = 345.965 kN

- Me = Pe x H / 2 = 345.965 x 10.500 / 2 = 1816.316 kN

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



L = 20.200 m (교축직각방향)

(단위 폭당)

구분		A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	10.240	25.00	256.000	0.077	19.712	3.200	0.800	819.200	15.770
	C2	6.504	25.00	162.610	0.077	12.521	2.600	3.923	422.786	49.120
	C3	2.120	25.00	52.990	0.077	4.080	2.600	7.003	137.774	28.574
	C4	0.320	25.00	8.000	0.077	0.616	3.567	5.979	28.533	3.683
	C5	2.699	25.00	67.480	0.077	5.196	3.700	7.933	249.676	41.220
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	3.550	10.060	39.050	8.521
	소계	22.323		558.080		42.972			1697.019	146.887
뒷채움	S1	11.923	20.00	238.452	0.077	18.361	4.850	3.523	1156.492	64.685
	S2	1.840	20.00	36.800	0.077	2.834	5.250	5.846	193.200	16.565
	S3	0.320	20.00	6.400	0.077	0.493	3.833	5.713	24.533	2.815
	S4	7.760	20.00	155.204	0.077	11.951	5.250	7.933	814.821	94.805
	S5	2.288	20.00	45.760	0.077	3.524	5.100	10.060	233.376	35.447
	소계	24.131		482.616		37.161			2422.423	214.317
총 계				1040.696		80.133			4119.442	361.204

11.7.3 안정검토

- CASE1 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

1) 단면력 산정

H=1.0x42.972+1.0x345.965+1.0x37.161+1.0x13.029 = 439.127 kN

V=1.0x(214.584+558.080)+1.0x46.000+1.0x482.616 = 1301.280 kN

Mr=1.0x(214.584x2.665+1,697.019)+1.0x(46.000x2.665)
+1.0x2,422.423 = 4813.899 kN.m

M=1.0x146.887+1.0x1,816.316+1.0x214.317
+1.0x13.029x8.145 = 2283.643 kN.m

2) 전도에 대한 안정

e = B/2 - (Mr-M)/V = 6.400 / 2 - (4,813.899 - 2,283.643) / 1,301.280

= 1.256 m < (4B/10)=4x6.400/10= 2.560 m ∴ O.K

3) 활동에 대한 안정 (최대 수평력에 대해 검토)

Hr = $Q_R = \emptyset Q_n = \emptyset_\tau Q_\tau + \emptyset_{ep} Q_{ep}$ $Q_\tau = V \tan\delta$ $\tan\delta = \tan\emptyset_f$

원지반의내부마찰각ø=√(15xN)+15=√(15x50)+15 = 42.4 °

Hr=1.0xVxtan(ø2/3)=1.0x1,301.280x0.537 = 699.420 kN

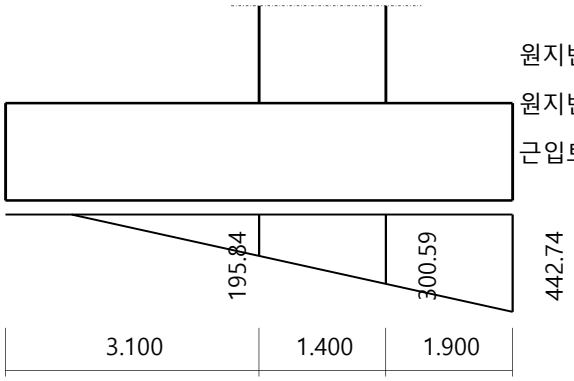
SF=Hr/H=699.420/439.127 = 1.6 > 1.0 ∴ O.K

4) 지반반력 q

q1=V/A(1+6e/B)=1301.280/6.400x(1+6x1.256/6.400) = 442.74 kN/m²

q2=V/A(1-6e/B)=1301.280/6.400x(1-6x1.256/6.400) = -36.09 kN/m²

qmax = 442.74 kN/m² < qa = 2792.4 kN/m² ∴ O.K



원지반의 단위중량 γ1 = 20.0 kN/m³

원지반의 점착력 c = 0.0 kN/m²

근입토의 단위중량 γ2 = 20.0 kN/m³

- 지반의 허용지지력 (기존 자료의 부족으로 아래 식을 적용)

상재하중 q = γ2xDf=20.000x1.600 = 32.000 kN/m²

유효재하폭 B'= B-2e=6.400-2x1.256 = 3.888 m

유효재하면적 A'= LxB'=20.200x3.888 = 78.538 m²

α = 1.0 + 0.3 B/L = 1.0 + 0.3 x 6.400 / 20.200 = 1.095

β = 0.5 - 0.1 B/L = 0.5 - 0.1 x 6.400 / 20.200 = 0.468

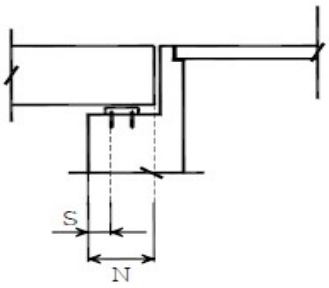
Nc = 97.91 , Nq = 90.36 , Nr = 150.74

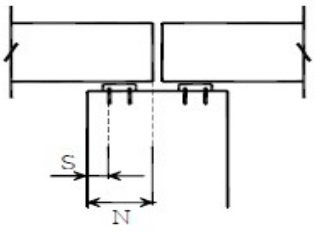
qa = S.F (α c Nc + q Nq + βr1 B' Nr)

= 1/3x(1.095x0.0x97.91+32.0x90.36+0.468x20.0x3.888x150.74)

= 2792.4 kN/m²

12. 지지길이평가





12.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- N_C = 1250.00 mm

2) 소요성능 N_D

- N_D = MAX[응답변위,N_{min}] = MAX [81.16 , 549.06]
  = 549.06 mm
- N_{min}=(200+1.67L+6.66H)*(1+0.000125θ^2) = 549.06 mm
  L = 170.00 m (연속경간장)
  H = 9.784 m (총 교각 유효높이 평균길이)
  θ = 0 ° (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1250}{549} = 2.280 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

교 량 내 진 성 능 평 가

가천교(도동)

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

	구분			보유성능	소요성능	평가	
P 1	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.188	1.000	2.188	O.K
			교직(하단)	1.000	1.000	1.000	O.K
			교직(상단)	1.000	1.000	1.000	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	0.487	5.749	O.K
			교직	7.840	1.018	7.699	O.K
		지지력	교축	17.145	2.000	8.573	O.K
			교직	38.134	2.000	19.067	O.K
		활동	교축	10.960	1.200	9.133	O.K
			교직	2.887	1.200	2.406	O.K
	기초 단면검토	휨	교축	56,209	13,492	4.166	O.K
			교직	19,465	13,889	1.401	O.K
		전단	교축	38,408	5,726	6.707	O.K
			교직	13,717	7,459	1.839	O.K
	받침부	본체 (kN)	교직	3,000	6,582	0.456	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	11,066	6,582	1.681	O.K
		콘크리트 (kN)	교직	2,075	6,582	0.315	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	3,123	6,582	0.474	N.G

- 교각 2

	구분			보유성능	소요성능	평가	
P 2	교각부 연성도평가		교축(하단)	2.058	1.479	1.391	O.K
			교직(하단)	2.065	1.000	2.065	O.K
			교직(상단)	2.091	1.000	2.091	O.K
	직접기초 안정성	전도	교축	2.800	2.122	1.319	O.K
			교직	7.840	1.401	5.594	O.K
		지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	######
			교직	31.073	2.000	15.537	O.K
		활동	교축	3.675	1.200	3.063	O.K
			교직	2.697	1.200	2.247	O.K
	기초 단면검토	휨	교축	56,209	36,685	1.532	O.K
			교직	19,465	16,178	1.203	O.K
		전단	교축	38,408	16,311	2.355	O.K
			교직	13,717	8,817	1.556	O.K
	받침부	본체 (kN)	교축	9,800	5,985	1.637	O.K
			교직	4,000	7,468	0.536	N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	11,066	1,496	7.396	O.K
			교직	11,066	7,468	1.482	O.K
		콘크리트 (kN)	교축	15,283	5,985	2.554	O.K
			교직	2,082	7,468	0.279	N.G
		프라이아웃 (kN)	교축	3,287	1,496	2.197	O.K
			교직	3,287	7,468	0.440	N.G

- 교대 1

	구분			보유성능	소요성능	평가	
A 1	받침부	본체 (kN)	교직	1,500	2,229	0.673	N.G
		앵커볼트 (kN)	교직	4,766	2,229	2.138	O.K
		콘크리트 (kN)	교직	1,479	2,229	0.664	N.G
		프라이아웃 (kN)	교직	1,679	2,229	0.753	N.G
	지지길이(mm)		교축	1,250	545	2.296	O.K

- 교대기초 1

	구분		보유성능	소요성능	평가	
A 1	기초부 (교축)	전도	2.560	1.251	2.046	O.K
		활동	1.600	1.000	1.600	O.K
		지반반력 (kN/m²)	2,797	436	6.420	O.K

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	가천교(도동)	준공년도	2005 년
본부/지사	-	받침종류	포트받침
상부구조		하부구조	
형식	STB	교각형식	다주식교각
교량폭원	20.2m	기초형식	직접기초
콘크리트	27Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	50.0+60.0+60.0+2@60.0=290.0m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S2 , 교직 : S2
해석방법	다중모드스펙트럼해석법
고유치 해석	Ritz Vectors
MODE 조합	C.Q.C 방법

지반운동의 고려방향 결정 근거

- 내진설계에 수직방향 지진의 영향 미고려(수평방향만 고려)

-교량받침에 부반력이 발생하지 않으며, 상부구조가 연직하중에 대체로 안전

지반분류 근거

- '기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령, 2020' 에 제시된 표준관입시험

N값과의 경험적 상관식 중 'Sun et al. 2013'의 식을 활용

for all soils, $V_s = 65.54N^{0.407}$

for sand soils (풍화잔류토), $V_s = 107.94N^{0.418}$

for sand soils (풍화암), $V_s = 75.76N^{0.371}$

for sand and silt soils (충적토), $V_s = 82.01N^{0.319}$

for Gravel (충적토), $V_s = 78.63N^{0.361}$

1.3 사용프로그램 및 해석모델

구분		적용
기둥 강도 산정	해석방법	모멘트-곡률 해석법
	콘크리트 모델	MANDER 모델
	철근 모델	PARK 모델
	모멘트-곡률산정 프로그램	MIDAS CIVIL
탄성지진력 산정	전체 모델링	프레임 모델링
	상부와 하부의 연결부 상세	ELASTIC LINK 스프링 모델
	기초와 지반의 연결부 상세	말뚝기초 스프링 강성 적용 / 직접기초 Fixed 적용
	질량산정	상부와 하부 고정하중은 단위질량으로 입력
	탄성지진력 산정 프로그램	MIDAS CIVIL

1.4 내진성능 평가방법 및 항목

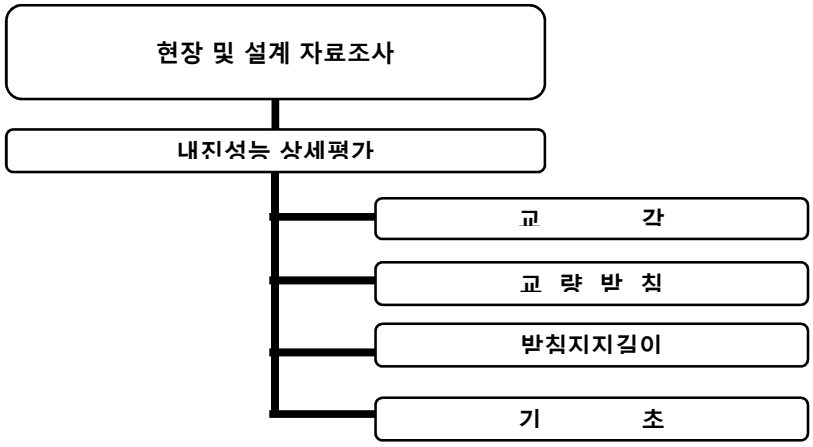
1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

평가요령은 기존교량의 내진성능 평가 및 향상 요령'에 규정된 기준에 준한다.

2) 내진성능 평가항목



3) 참고문헌

교량내진설계기준(한계상태설계법)[KDS 24 17 11](국토교통부, 2021)

콘크리트구조 설계(강도설계법)[KDS 14 20 00](국토교통부, 2021)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2020)

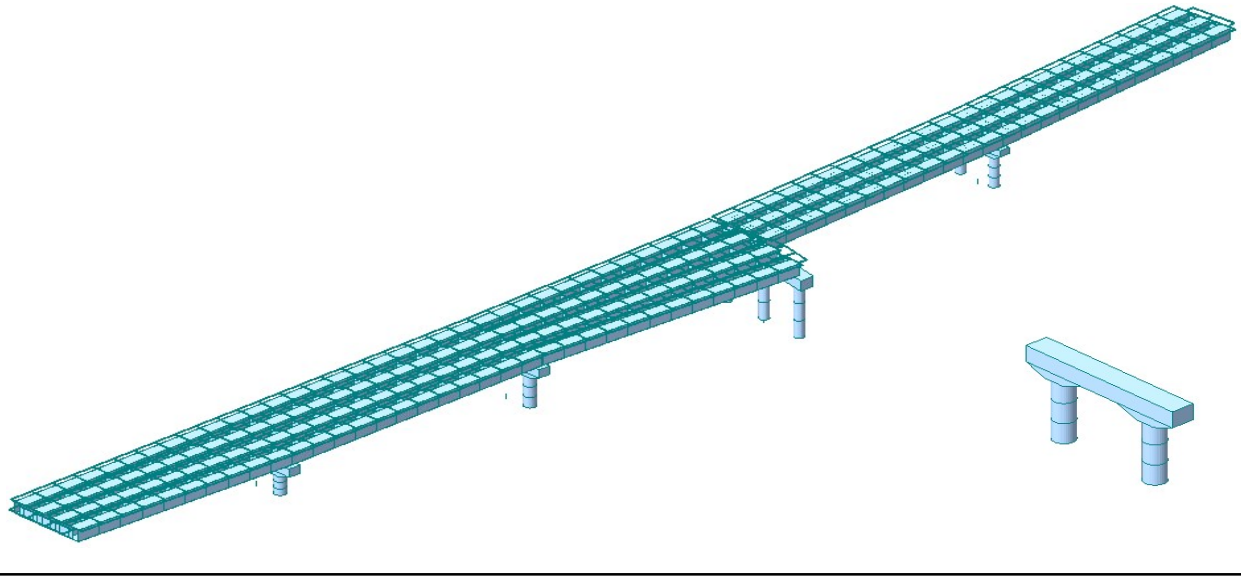
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : 포트받침



해석대상 구조물 모델링

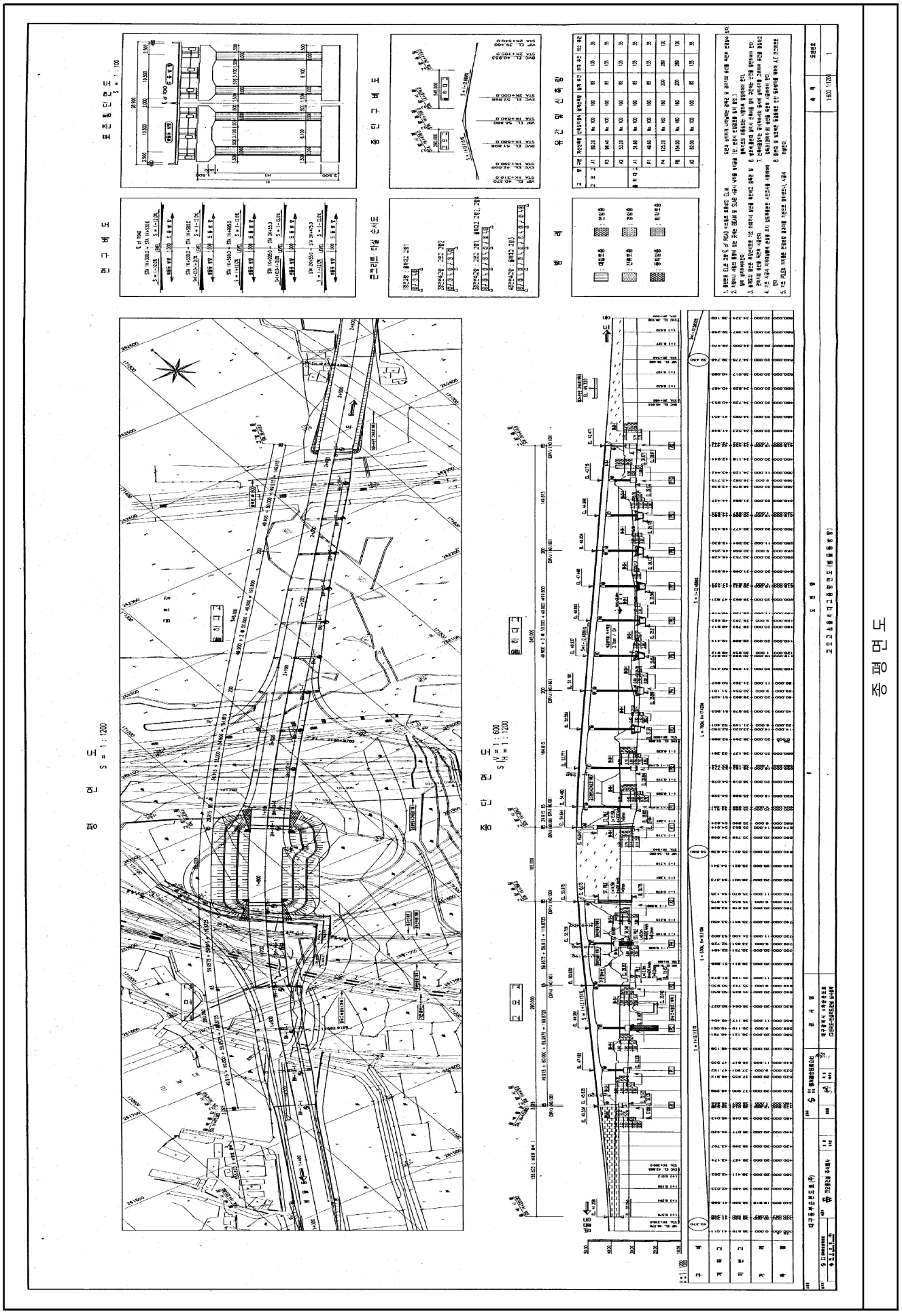
2.2 하중산정 조건

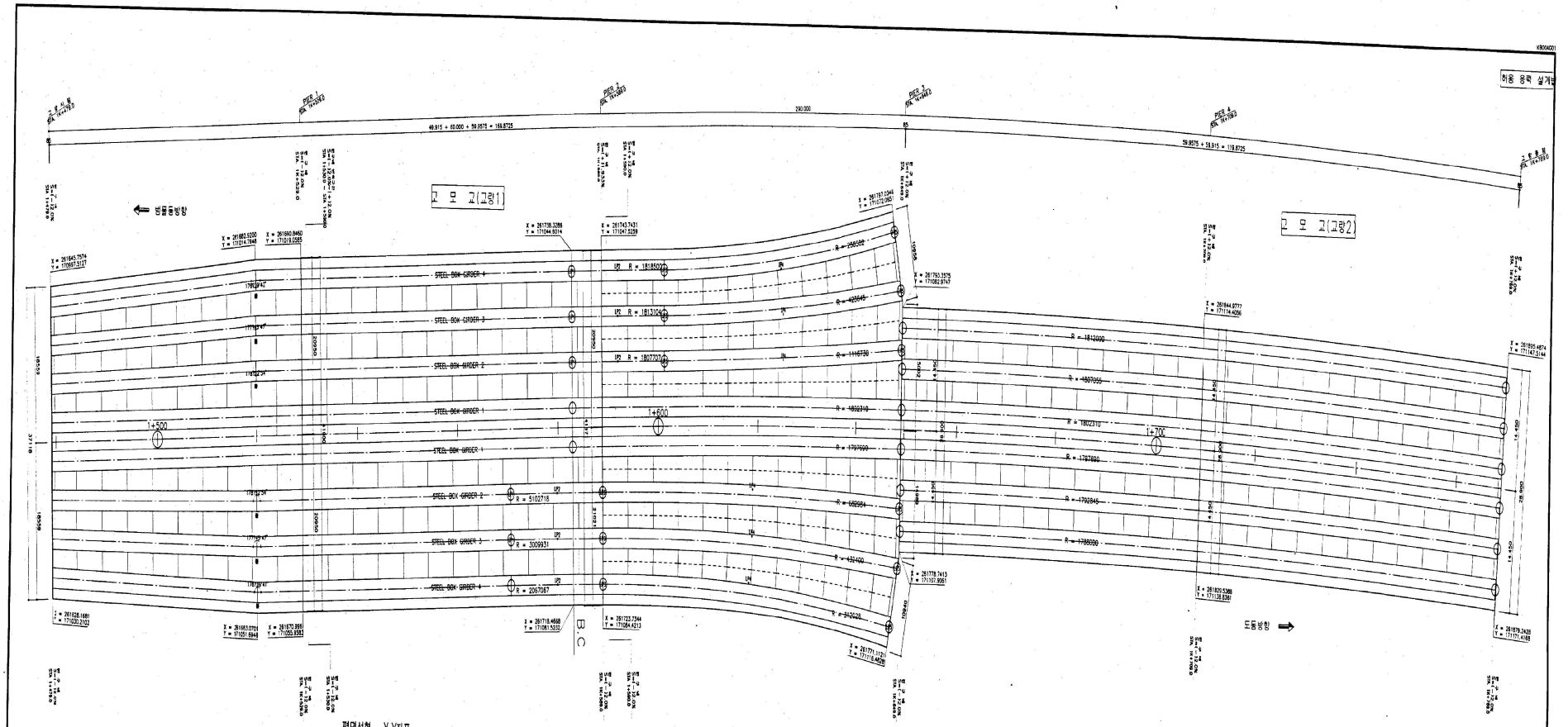
-구조계산서 반력집계

L = 170.0m		
구분	사하중	B/L
B1	11,464	67.44
B2	11,937	70.22
B3	12,104	71.20
B4	11,603	68.25

L = 120.0m		
구분	사하중	B/L
B1	8,080	47.53
B2	7,151	42.06
B3	7,151	42.06

2.3 설계도면 자료





평면선형 X·Y좌표

고모고(고량1)	GIRDER 2					GIRDER 3					GIRDER 4				
변동방향	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5
X	261732.05476672	261740.15955437	261748.21953539	261760.20705302	261790.87146497	261734.81156788	261742.74255277	261750.82459228	261771.81966845	261793.97407645	261737.1878529	261745.32107268	261753.42817144	261773.56903080	261796.21085508
Y	71056.21400700	171060.62391028	171065.06610862	171074.53231152	171087.28637405	171051.31107249	171055.86399349	171060.33945422	171071.81074278	171081.26882477	171045.75602066	171051.14495495	171059.61367563	171066.83407268	171074.37305544
LA	-	0°25'0.176"	-	0°27'31.157"	-	-	0°25'0.176"	-	0°24'7.381"	-	-	0°25'0.176"	-	10°22'5.007"	-

고모고(고량1)	GIRDER 2					GIRDER 3					GIRDER 4				
도동방향	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP1	LP2	LP3	LP4	LP5
X	261713.89773944	261721.97714861	261730.07077024	261756.30490333	261781.20102814	261711.31092859	261719.41233134	261727.48694417	261753.57209837	261777.40036845	261708.75460054	261716.84803020	261724.90240708	261750.30623387	261772.70422634
Y	171063.95631807	171068.34557567	171072.73721032	171086.97305065	171103.44331817	171068.7261437	171073.09419896	171077.50171812	171091.72123355	171109.36663711	171073.46818788	171077.84195387	171082.26753684	171096.22599056	171114.82503067
LA	-	0°12'24.446"	-	0°0'17.871"	-	-	0°23'10.805"	-	7°31'10.296"	-	-	0°36'34.090"	-	10°39'52.562"	-

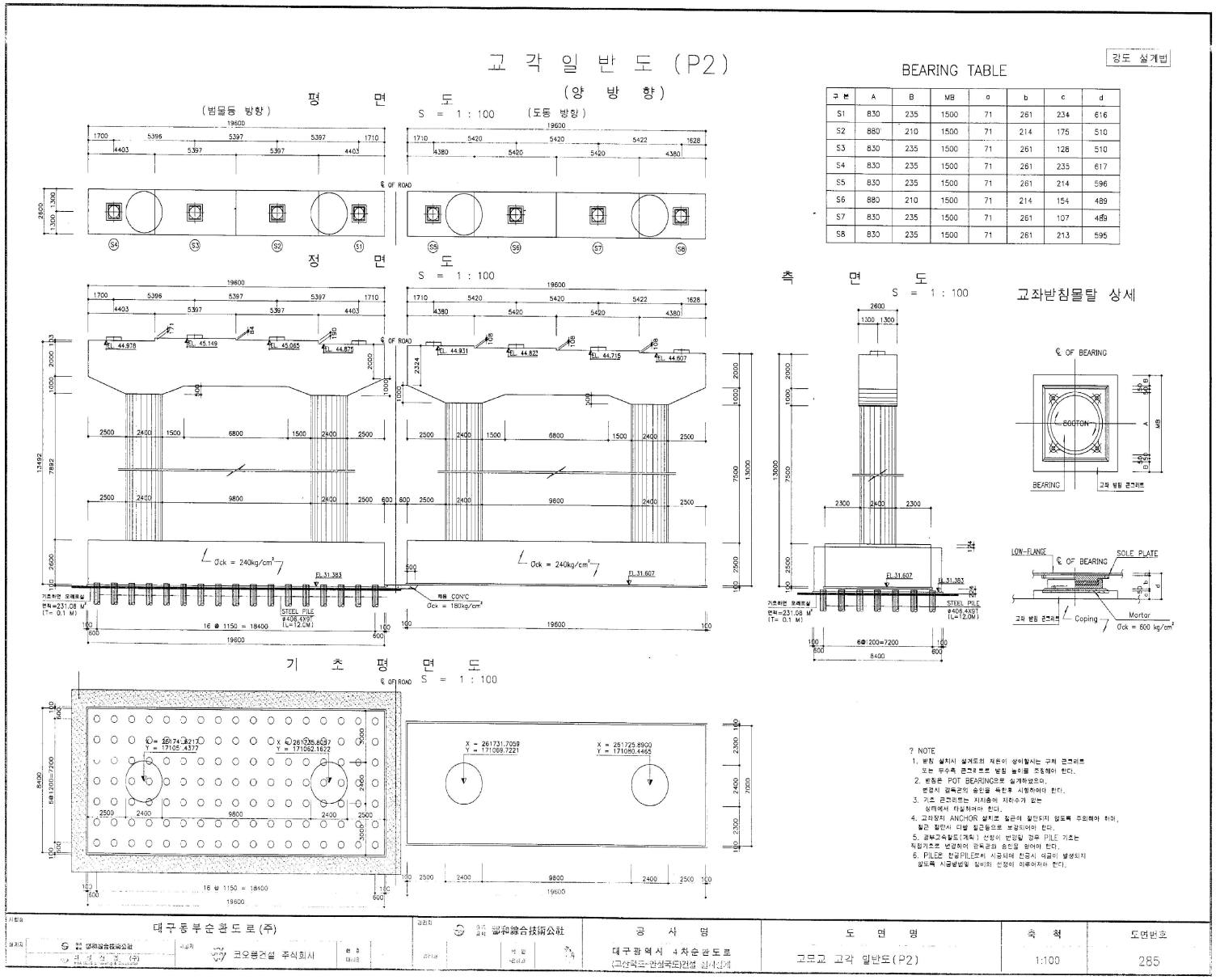
GIRDER 시·종점 X·Y좌표

고모고(고량1)	시 점				종 점				고모고(고량2)	시 점			종 점		
변동방향	GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4	GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 4		GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3	GIRDER 1	GIRDER 2	GIRDER 3
X	26 638.120144139	261640.20930329	261642.33784634	261644.64209760	261787.10121173	261790.67146497	261793.67405746	261796.21085508	X	261787.26936757	261789.71116508	261792.16152458	261868.62221646	261891.54566507	261894.09891868
Y	171011.85077704	171007.79685129	171003.69004360	170999.69004193	171093.37933322	171087.28907425	171081.09882477	171074.37205544	Y	171093.47287706	171089.20519188	171085.11750669	171157.52695899	171153.51978581	171149.51263162
도동방향	26 635.91244007	261633.73727810	261631.55434744	261629.37337269	261784.70464588	261781.20132814	261777.40036845	261772.70422634	도동방향	261784.82424280	261782.47389429	261780.02352758	261886.02532742	261883.30197282	261880.57861821
Y	171015.91343607	171018.91736182	171024.02085770	171026.07515119	171097.36459548	171102.44281817	171109.36663711	171114.82503067	Y	171097.45845822	171101.83814440	171105.81782959	171161.34803396	171165.35519715	171169.36236153

* NOTE
1. B.O는 등곡선시점에서,
2. O 표시는 GIRDER의 시작점 또는 끝점에서,
3. 표시된 R은은 GIRDER들을 따라서,
   - 반경을 뜻함 R = 1800000
4. ■■■은은 GIRDER 설계(CONTROL)
5. 모든 STATION은 도로 중심에 대한 STATION에서,
6. 모든 값은 mm단위에서,

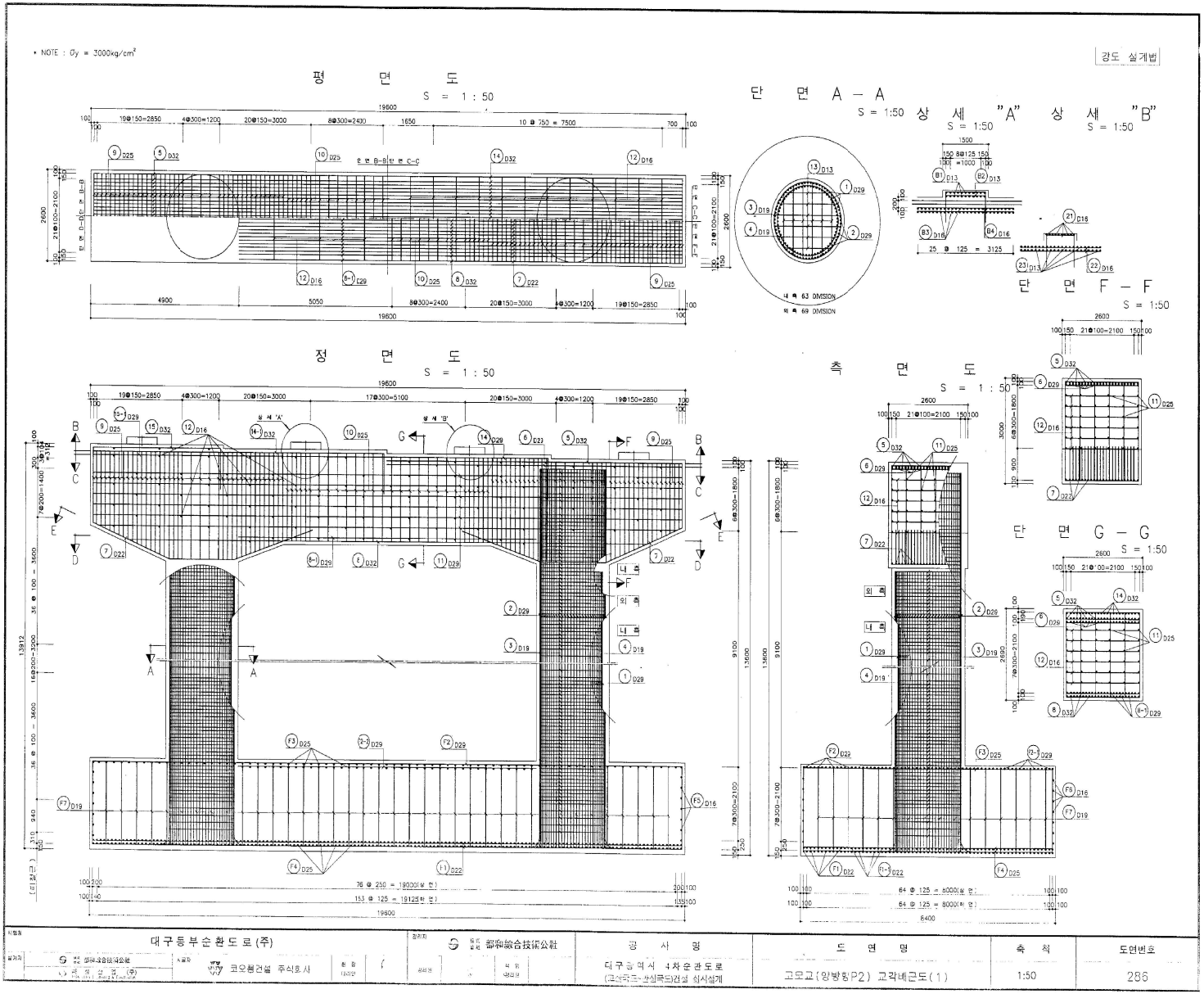
시행	대구동부순환도로(주)	설계	공 사 명
감리	코오롱건설 주식회사	대구광역시 4차순환도로 (고산IC도~안심IC도)건설 실시설계	
도 면 명	고모고 강상형 평면선형도	축 척	1:200
		도면번호	4

강상형 평면선형도



구 분	A	B	MB	a	b	c	d
S1	830	235	1500	71	261	234	616
S2	880	210	1500	71	214	175	510
S3	830	235	1500	71	261	128	510
S4	830	235	1500	71	261	235	617
S5	830	235	1500	71	261	214	596
S6	880	210	1500	71	214	154	489
S7	830	235	1500	71	261	107	489
S8	830	235	1500	71	261	213	595

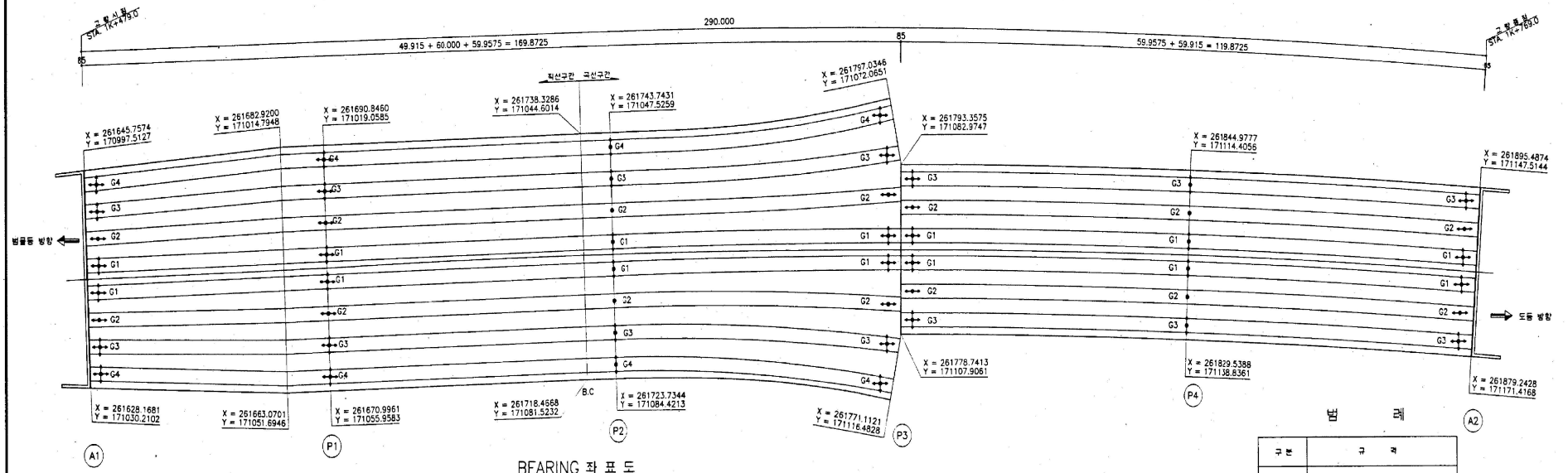
교 각 일 반 도


• NOTE : σy = 3000kg/cm²
강도 설계법
평 면 도
S = 1 : 50
단 면 A – A
S = 1:50
상 세 "A"
S = 1:50
상 세 "B"
S = 1:50
단 면 F – F
S = 1:50
정 면 도
S = 1 : 50
측 면 도
S = 1 : 50
단 면 G – G
S = 1:50
내 측 63 DIMSION
외 측 69 DIMSION
대구등부순환도로(주)
코오롱건설 주식회사
都和綜合技術公社
공 사 명
대구등부순환도로 4차순환도로
(고성IC~가산IC)건설 실시설계
도 면 명
고모교(양방향P2) 교각배근도(1)
축 척
1:50
도면번호
286

교 각 배 근 도

허용 응력 설계법

평 면 배 치 도



BEARING 좌 표 도

(범물동방향)

구 분	A1		P1		P2		P3		P3		P4		A2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
G1	261638.5415	171012.0876	261682.0154	171035.4741	261734.8570	171063.9115	261786.6698	171093.1265	261787.6921	171093.7258	261838.4923	171124.6681	261888.2086	171157.2460
G2	261640.7253	171008.0281	261684.5722	171030.7211	261737.4299	171059.1672	261790.2226	171087.0664	261790.1425	171089.5461	261841.0806	171120.5724	261890.9320	171153.2388
G3	261642.9088	171003.9890	261687.1290	171025.9682	261740.0027	171054.4230	261793.5110	171080.8771	261792.5928	171085.3665	261843.6689	171116.4767	261893.6553	171149.2317
G4	261645.0944	170999.9062	261689.6853	171021.2161	261742.5751	171049.6796	261795.7368	171074.2140						

(도동방향)

구 분	A1		P1		P2		P3		P3		P4		A2	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
G1	261636.3528	171016.1563	261679.8267	171039.5427	261732.6546	171067.9727	261784.3333	171097.1121	261785.3555	171097.7114	261836.0242	171128.5736	261885.6117	171161.0671
G2	261634.1690	171020.2158	261677.2699	171044.2957	261730.0708	171072.7372	261780.7833	171103.1674	261782.9052	171101.8911	261833.4359	171132.6693	261882.8884	171165.0742
G3	261631.9854	171024.2749	261674.7131	171049.0486	261727.4869	171077.5017	261776.9560	171109.0385	261780.4548	171106.0708	261830.8476	171136.7650	261880.1650	171169.0814
G4	261629.7999	171028.3377	261672.1567	171053.8006	261724.9024	171082.2675	261772.2785	171114.2760						

범 례

구 분	규 격
●	고 정 BEARING
◆	양방향 가동 BEARING
◆→	일방향 가동 BEARING (고축)
↕	일방향 가동 BEARING (고축직각)

BEARING 규격 및 적용

구 분	A1	P1	P2	P3	P3	P4	A2
G1	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (140 TON)	400 TON (-)	300 TON (-)	700 TON (125 TON)	300 TON (-)
G2	300 TON (150 TON)	700 TON (300 TON)	800 TON (400 TON)	400 TON (200 TON)	300 TON (150 TON)	700 TON (413 TON)	300 TON (150 TON)
G3	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (300 TON)	400 TON (-)	300 TON (-)	700 TON (125 TON)	300 TON (-)
G4	300 TON (-)	700 TON (-)	800 TON (140 TON)	400 TON (-)			

* NOTE : 1.( )안의 값은 사용 BEARING 의 수평력임.

시행청	대구동부순환도로(주)	감리자	都和綜合技術公社	공 사 명	도 면 명	축 척	도면번호
설계자	동성산업(주)	시공자	코오롱건설 주식회사	대구광역시 4차순환도로 (고산국도~안심국도)건설 실시설계	고모교BEARING 배치및 좌표도(1)	1:300	3

받 침 배 치 도

3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

구분	받침 번호	고정하중 (kN)	받침용량 (kN)	판정	수평용량 (kN)	전단 스프링계수 (kN/m)
A1	1	1295.4	3000	O.K	-	-
	2	1311.3	3000	O.K	1500.0	-
	3	1320.7	3000	O.K	-	-
	4	1336.0	3000	O.K	-	-
P1	1	4078.6	7000	O.K	-	-
	2	4166.1	7000	O.K	3000.0	-
	3	4156.3	7000	O.K	-	-
	4	3920.9	7000	O.K	-	-
P2	1	4667.9	8000	O.K	1400.0	-
	2	4542.7	8000	O.K	4000.0	-
	3	4574.7	8000	O.K	3000.0	-
	4	4905.8	8000	O.K	1400.0	-
P3 - L	1	1757.6	4000	O.K	-	-
	2	1663.3	4000	O.K	2000.0	-
	3	1097.5	4000	O.K	-	-
	4	1977.7	4000	O.K	-	-
P3 - R	1	1058.5	3000	O.K	-	-
	2	979.8	3000	O.K	1500.0	-
	3	914.3	3000	O.K	-	-
P4	1	3628.2	7000	O.K	1250.0	-
	2	3254.8	7000	O.K	4130.0	-
	3	2912.0	7000	O.K	1250.0	-
A2	1	1064.1	3000	O.K	-	-
	2	978.6	3000	O.K	1500.0	-
	3	906.4	3000	O.K	-	-

3.2 교각(기둥당) 반력

교각(개소당)		고정하중(kN)		비고
		기둥상단	기둥하단	
P1	1	9816.70	10337.98	
P2	1	11020.45	11852.28	
P3	1	6061.64	7024.40	
P4	1	6029.32	6580.33	

4. 설계 지진동

4.1 지진구역 구분

지진구역	행정구역		계수(Z)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시	0.11g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
II	도	강원도 북부, 제주도	0.07g

4.2 위험도계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도 계수(I)	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00	2.60

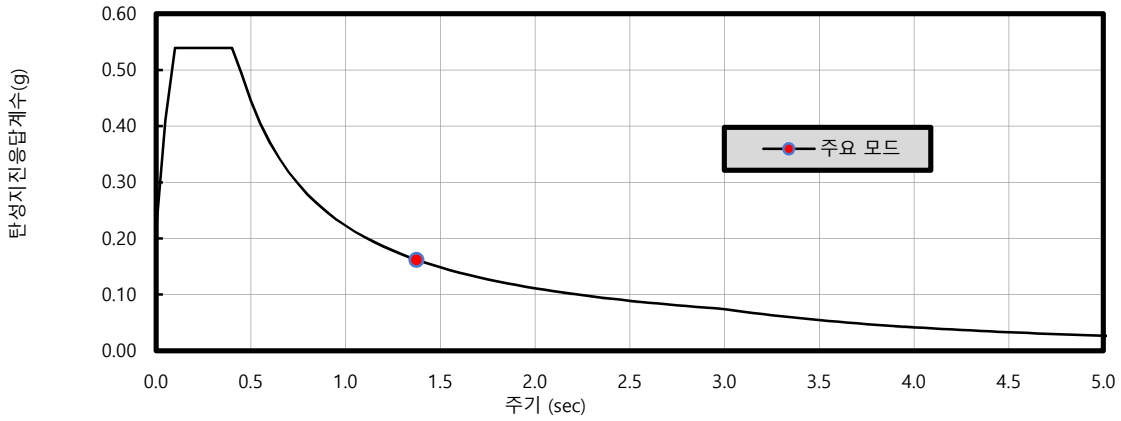
4.3 지반분류

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H(m)	토층평균전단파속도
S1	암반 지반	1 미만	-
S2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 연약한 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S5	깊고 연약한 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

4.4 지반증폭계수(Fa, Fv)

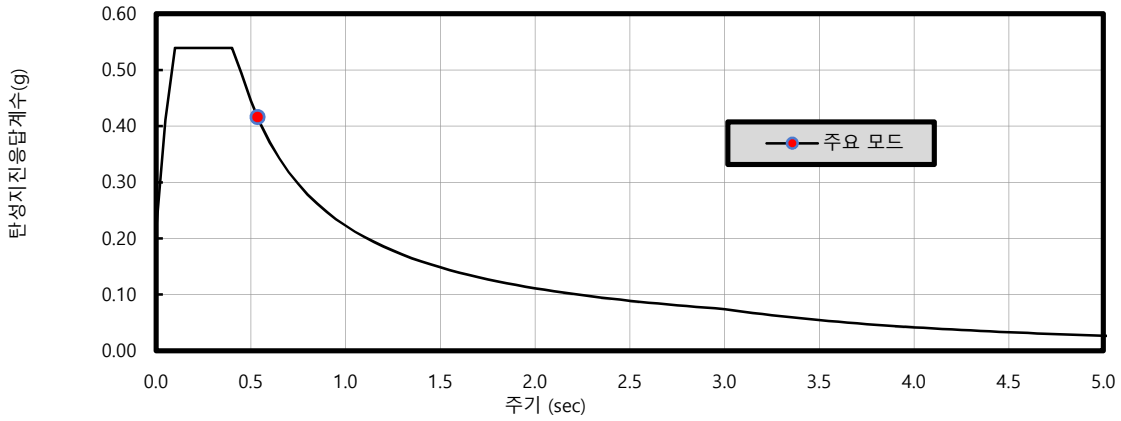
지반종류	단주기지반증폭계수, Fa			장주기지반증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

4.5 탄성지진 응답계수 **(교축방향 - 5% Damping, S2지반)**



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

4.6 탄성지진 응답계수 **(교직방향 - 5% Damping, S2지반)**

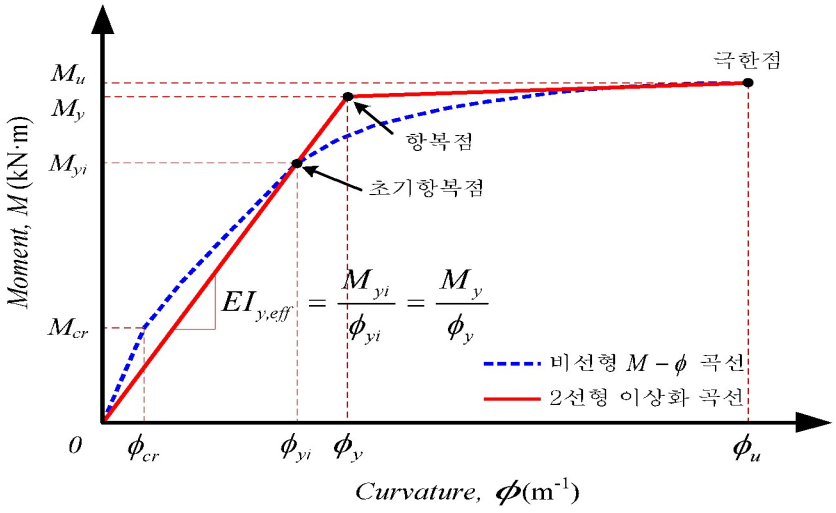


주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.216	2.550	0.087
0.050	0.411	2.600	0.086
0.100	0.539	2.650	0.084
0.150	0.539	2.700	0.082
0.200	0.539	2.750	0.081
0.250	0.539	2.800	0.080
0.300	0.539	2.850	0.078
0.350	0.539	2.900	0.077
0.400	0.539	2.950	0.075
0.450	0.495	3.000	0.074
0.500	0.445	3.050	0.072
0.550	0.405	3.100	0.070
0.600	0.371	3.150	0.067
0.650	0.343	3.200	0.065
0.700	0.318	3.250	0.063
0.750	0.297	3.300	0.061
0.800	0.278	3.350	0.060
0.850	0.262	3.400	0.058
0.900	0.247	3.450	0.056
0.950	0.234	3.500	0.055
1.000	0.223	3.550	0.053
1.050	0.212	3.600	0.052
1.100	0.202	3.650	0.050
1.150	0.194	3.700	0.049
1.200	0.186	3.750	0.048
1.250	0.178	3.800	0.046
1.300	0.171	3.850	0.045
1.350	0.165	3.900	0.044
1.400	0.159	3.950	0.043
1.450	0.154	4.000	0.042
1.500	0.148	4.050	0.041
1.550	0.144	4.100	0.040
1.600	0.139	4.150	0.039
1.650	0.135	4.200	0.038
1.700	0.131	4.250	0.037
1.750	0.127	4.300	0.036
1.800	0.124	4.350	0.035
1.850	0.120	4.400	0.035
1.900	0.117	4.450	0.034
1.950	0.114	4.500	0.033
2.000	0.111	4.550	0.032
2.050	0.109	4.600	0.032
2.100	0.106	4.650	0.031
2.150	0.104	4.700	0.030
2.200	0.101	4.750	0.030
2.250	0.099	4.800	0.029
2.300	0.097	4.850	0.028
2.350	0.095	4.900	0.028
2.400	0.093	4.950	0.027
2.450	0.091	5.000	0.027
2.500	0.089	5.050	0.026

5. 유효강성 산정

5.1 개요

교각의 단면강도, 수평변위 및 유효강성을 산정하기 위하여 단면해석프로그램인 Midas Civil을 통해 앞에서 구한 축력의 효과를 고려하여 아래 그림과 같은 모멘트-곡률 관계곡선을 산정한다.



M_y : 항복시의 휨강도

M_{yi} : 초기항복시의 휨강도

M_u : 극한시의 휨강도

$Ø_{yi}$: 초기항복시 곡률

$Ø_y$: 항복시 곡률

$Ø_u$: 극한시 곡률

ε_{cu} : 콘크리트 극한 변형률

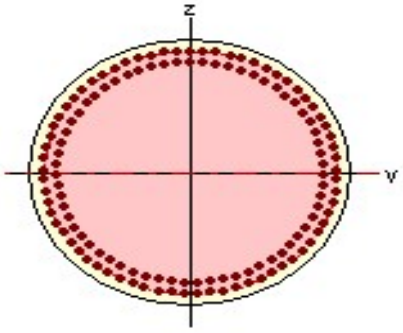
5.2 콘크리트 모델

설계기준강도	항 목	적 용	단 위	비 고
f_{ck}=	$\varepsilon_{co}=\varepsilon_{cc}$: 콘크리트의 압축변형률	0.0020	-	-
	ε_{cu} : 콘크리트의 극한변형률	0.0040	-	
24MPa	$f'_{co}=f'_{cc}$: 콘크리트 압축 강도	24	MPa	f_{ck}

5.3 철근모델

설계기준강도	항 목	적 용	근거 및 단위	비 고
f_y=	ε_y : 항복변형률	0.00150	fy/Es = 300/200000	
	ε_{sh} : 경화시 변형률	0.01150	D29	CALTRANS SDC
	ε_{su} : 극한시 변형률	0.12500	D35이하	한국도로공사지침
300MPa	f_{sy} : 항복강도	300	f_y (MPa)	도로교설계기준
	f_{su} : 극한강도	440	SD300 (MPa)	KSD3504

5.4 단면형상

교각 위치	교각단면 형상
교각	

<table>
<tr><th colspan="3">축방향철근 상세</th><th colspan="4" rowspan="2">콘크리트 극한변형률
ε_{cu}</th><th rowspan="2">최대공급
변위연성도
$\mu_{\Delta,max}$</th></tr>
<tr><th>종류</th><th>배근
상태</th><th>비율</th></tr>
<tr><td>단일
철근</td><td>모두</td><td>0%</td><td colspan="4">$0.004+\alpha_{sh}\ (\alpha_{sh}=(1.4\rho_{sh} f_{sh} \epsilon_{su})/(f_{cc}^{\prime}))$ = 0.004</td><td rowspan="3">제한
없음</td></tr>
<tr><td rowspan="4">겹침
이음
철근</td><td rowspan="3">2단
이상
배근</td><td rowspan="3">50%</td><td rowspan="2">원
형</td><td colspan="2">ℓ_{sp}/D > 0.5</td><td>0.0043lsp/D+0.00085≤0.004</td></tr>
<tr><td colspan="2">ℓ_{sp}/D ≤ 0.5
또는 ℓ_{sp} 모를 때</td><td rowspan="2">0.003</td></tr>
<tr><td colspan="3">사각형</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1단
배근</td><td rowspan="4">100%</td><td rowspan="2">원
형</td><td colspan="2">ℓ_{sp}/D > 0.5</td><td>0.0086lsp/D-0.0023≤0.004</td><td rowspan="2">제한
없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">ℓ_{sp}/D ≤ 0.5
또는 ℓ_{sp} 모를 때</td><td>0.002</td></tr>
<tr><td rowspan="3">사
각
형</td><td rowspan="3">교
축
방
향</td><td>벽식</td><td>4 ≤ B/H</td><td>0.0007</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>천이</td><td>1.5 < B/H < 4</td><td>0.00278-0.00052B/H</td><td>1.8-0.2B/H</td></tr>
<tr><td>일반</td><td>B/H ≤ 1.5</td><td>0.002</td><td rowspan="2">1.500</td></tr>
<tr><td colspan="3">교직방향</td><td>0.002</td></tr>
</table>

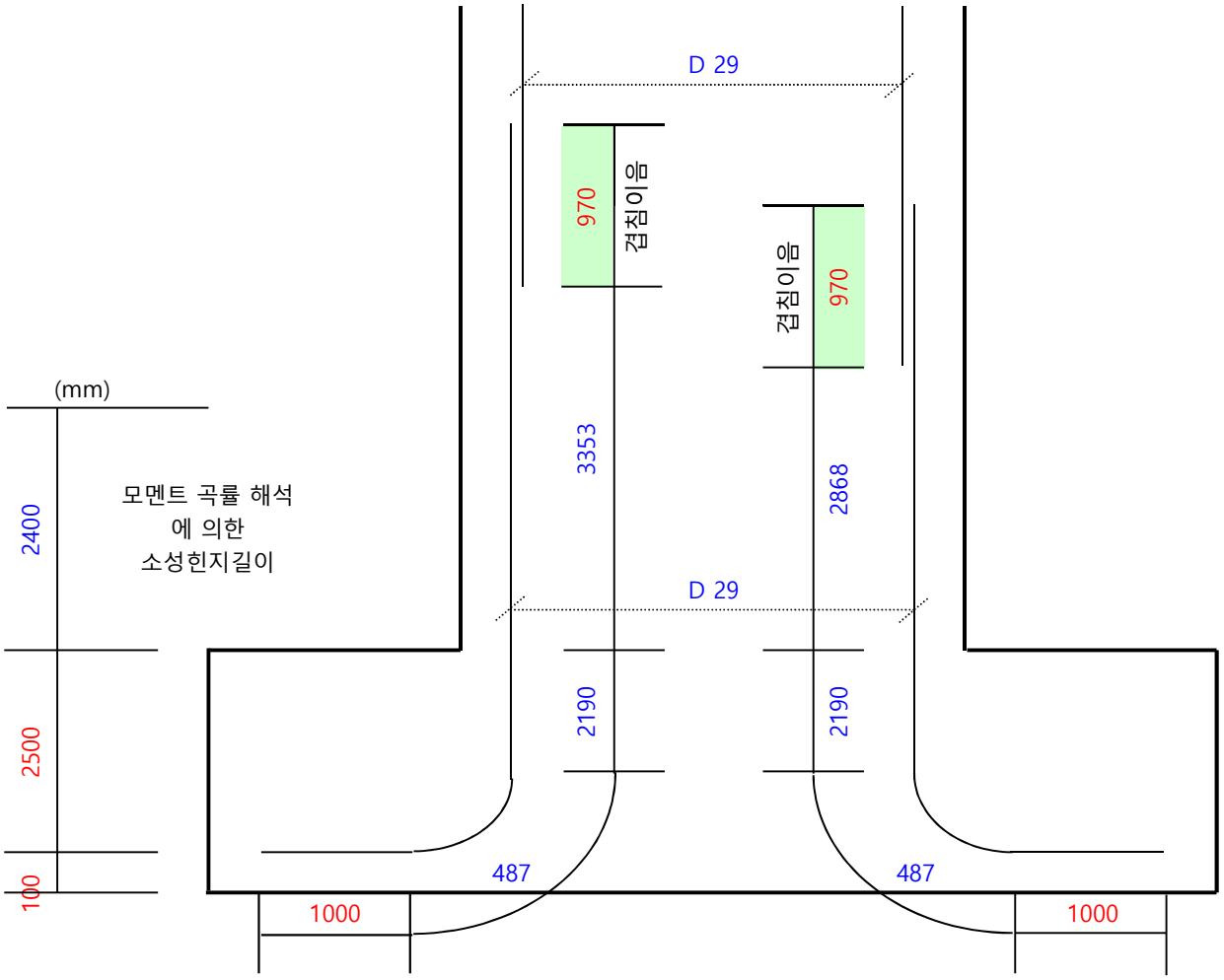
5.5 교각의 겹침이음 판단

- 교축방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	0.807	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	0.783	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.400	

- 교축직각방향

Lp	①	0.08 He + 0.022 f_y d_bl	=	0.379	주철근으로 산정
	②	0.044 f_y d_bl	=	0.383	
	③	D	=	2.400	기둥 직경으로 산정
	④	H / 6	=	0.783	기둥 높이로 산정
	⑤	450mm	=	0.450	
	소성힌지길이 산정		=	2.400	



∴ 교각 기둥의 소성구역내 겹침이음이 없으므로 0% 적용.

5.6 모멘트-곡률 해석

5.6.1 교각1

1) 교축방향

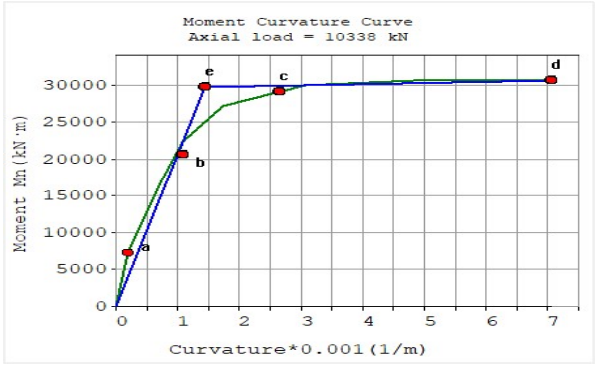
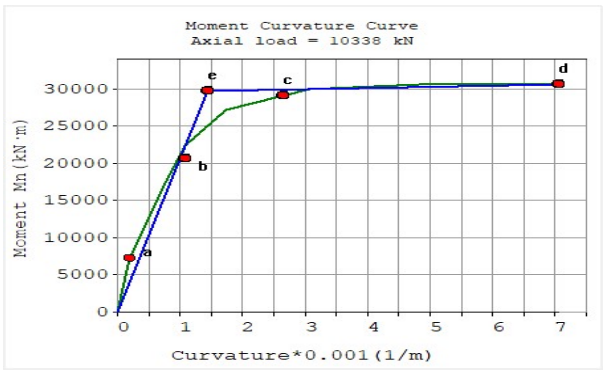
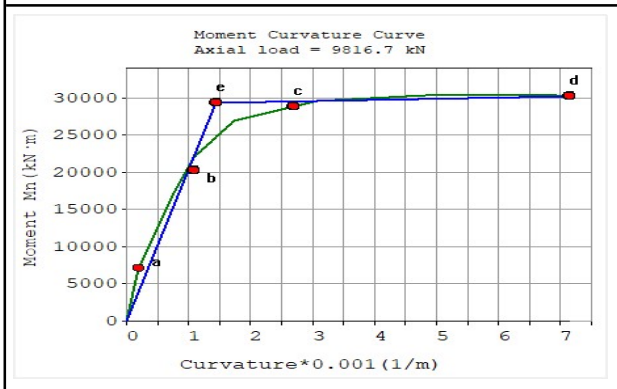
초기항복시	모멘트(M_y^Li)	20,599	kN·m	곡률(Φ_y^Li)	0.001083 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	29,649	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001439 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	30,546	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.007054 m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	20,593	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001082 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,648	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001438 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,539	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007054 m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	20,277	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001075 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	29,350	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001435 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,228	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.007144 m^{-1}

	< 모멘트 곡률곡선 > (교축하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각상단방향)

5.6.1.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$k^L = I_{eff} / I_g = 0.798 / 1.629 = 0.490$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,649}{0.00143869 \times 25,811,006} = 0.798$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

2) 교직방향

$k^T = I_{eff} / I_g = 0.799 / 1.629 = 0.490$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{29,648}{0.00143842 \times 25,811,006} = 0.799$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

3) 유효강성 산정

∴ 교축방향 $I_{eff} = k^L \times I_g = 0.490\ I_g = 0.798$ m^4

∴ 교직방향 $I_{eff} = k^T \times I_g = 0.490\ I_g = 0.799$ 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 교각2

1) 교축방향

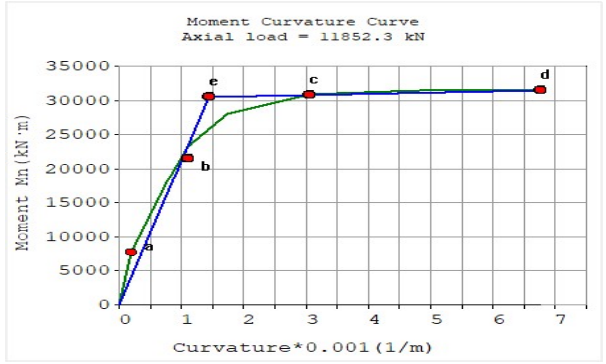
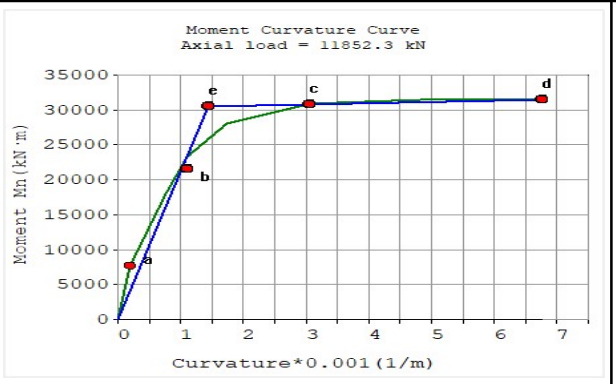
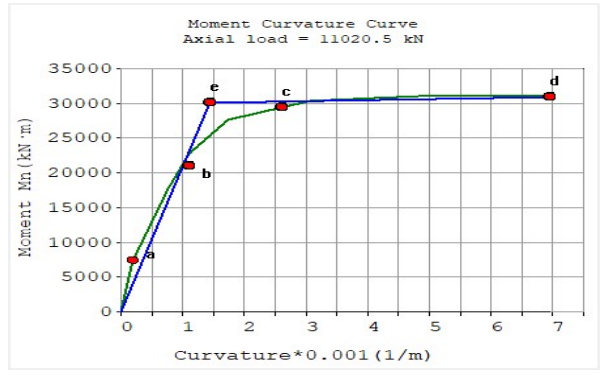
초기항복시	모멘트(M_y^Li)	21,503	kN·m	곡률(Φ_y^Li)	0.001103 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^L)	30,478	kN·m	곡률(Φ_y^L)	0.001447 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^L)	31,422	kN·m	곡률(Φ_u^L)	0.006757 m^{-1}

2) 교직방향(교각 하단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	21,497	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001103 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	30,481	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001447 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	31,430	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.006755 m^{-1}

3) 교직방향(교각 상단부)

초기항복시	모멘트(M_y^Ti)	21,002	kN·m	곡률(Φ_y^Ti)	0.001092 m^{-1}
항복시	모멘트(M_y^T)	30,035	kN·m	곡률(Φ_y^T)	0.001443 m^{-1}
극한시	모멘트(M_u^T)	30,981	kN·m	곡률(Φ_u^T)	0.006947 m^{-1}

	< 모멘트 곡률곡선 > (교축하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각하단방향)
	< 모멘트 곡률곡선 > (교축직각상단방향)

5.6.2.1 교각의유효강성산정

1) 교축방향

$k^L = I_{eff} / I_g = 0.816 / 1.629 = 0.501$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{30,478}{0.00144663 \times 25,811,006} = 0.816$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

2) 교직방향

$k^T = I_{eff} / I_g = 0.816 / 1.629 = 0.501$

$I_{eff} = \frac{M_y}{\Phi_y \cdot E_c} = \frac{30,481}{0.00144655 \times 25,811,006} = 0.816$

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

$I_g = = 1.629$ m^4

3) 유효강성 산정

∴ 교축방향 $I_{eff} = k^L \times I_g = 0.501\ I_g = 0.816$ m^4

∴ 교직방향 $I_{eff} = k^T \times I_g = 0.501\ I_g = 0.816$ m^4

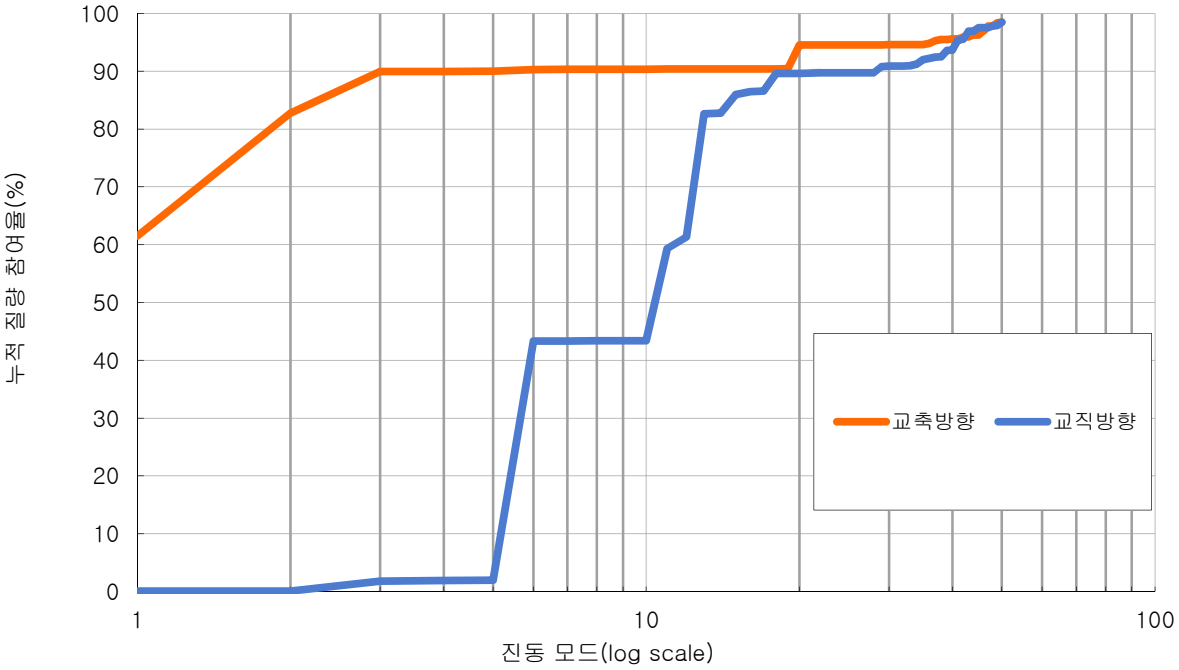
- M-Φ 해석에 의해 구한 항복모멘트(M_y)와 항복곡률(Φ_y)을 이용하여 유효강성($E_c I_{eff}$)을 산정하고,
  이를 통해 유효단면 2차모멘트(I_{eff})를 산정
- 기둥의 유효단면 2차모멘트는 '붕괴방지수준'에 대한 탄성지진력 산정시 적용

6. 고유치 해석

6.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	1.37	61.48	0.04	0.00	61.48	0.04	0.00	
2	1.07	21.27	0.04	0.00	82.75	0.08	0.00	
3	0.77	7.20	1.68	0.18	89.95	1.76	0.18	
4	0.69	0.01	0.11	2.16	89.97	1.87	2.34	
5	0.59	0.03	0.06	0.00	90.00	1.93	2.35	
6	0.53	0.32	41.40	0.00	90.32	43.34	2.35	
7	0.50	0.01	0.01	5.79	90.33	43.34	8.14	
8	0.40	0.00	0.06	0.01	90.33	43.40	8.14	
9	0.39	0.01	0.00	14.96	90.34	43.41	23.10	
10	0.37	0.01	0.00	35.82	90.35	43.41	58.92	
11	0.35	0.04	15.91	0.00	90.39	59.32	58.92	
12	0.33	0.00	2.03	0.00	90.39	61.34	58.93	
13	0.31	0.01	21.33	0.00	90.40	82.67	58.93	
14	0.27	0.00	0.09	0.00	90.40	82.77	58.93	
15	0.23	0.01	3.21	0.00	90.42	85.98	58.93	
16	0.23	0.00	0.51	0.00	90.42	86.49	58.93	
17	0.22	0.00	0.12	0.01	90.42	86.61	58.93	
18	0.19	0.00	3.04	0.00	90.42	89.65	58.93	
19	0.18	0.03	0.00	0.47	90.45	89.66	59.41	
20	0.17	4.09	0.00	0.00	94.55	89.66	59.41	
21	0.16	0.01	0.01	0.10	94.56	89.68	59.51	
22	0.16	0.00	0.05	0.04	94.56	89.72	59.55	
23	0.15	0.02	0.00	0.00	94.57	89.72	59.55	
24	0.15	0.00	0.00	0.00	94.57	89.72	59.55	
25	0.14	0.00	0.04	0.00	94.57	89.76	59.55	
26	0.14	0.00	0.00	0.00	94.57	89.77	59.55	
27	0.13	0.00	0.00	0.34	94.58	89.77	59.89	
28	0.12	0.00	0.00	0.36	94.58	89.77	60.26	
29	0.12	0.01	1.02	0.00	94.58	90.79	60.26	
30	0.12	0.02	0.11	0.00	94.60	90.90	60.26	
31	0.10	0.00	0.01	0.03	94.60	90.91	60.29	
32	0.10	0.02	0.00	0.01	94.62	90.92	60.30	
33	0.10	0.01	0.02	0.28	94.63	90.94	60.58	
34	0.09	0.00	0.30	0.00	94.63	91.24	60.59	
35	0.09	0.00	0.77	0.51	94.63	92.01	61.10	
36	0.09	0.21	0.24	1.34	94.85	92.25	62.44	
37	0.08	0.46	0.23	0.27	95.31	92.48	62.71	
38	0.08	0.18	0.06	1.82	95.49	92.54	64.53	
39	0.07	0.00	1.10	0.00	95.49	93.63	64.53	
40	0.07	0.13	0.03	0.46	95.62	93.67	64.99	
41	0.06	0.01	1.72	0.01	95.63	95.38	65.00	
42	0.06	0.34	0.21	0.05	95.97	95.59	65.05	
43	0.06	0.00	1.37	0.02	95.97	96.97	65.06	
44	0.05	0.30	0.00	0.02	96.27	96.97	65.08	
45	0.04	0.00	0.57	0.00	96.27	97.54	65.08	
46	0.03	0.67	0.00	0.06	96.94	97.54	65.14	
47	0.02	0.88	0.00	0.04	97.82	97.54	65.18	
48	0.02	0.01	0.29	0.00	97.83	97.83	65.18	
49	0.01	0.54	0.13	0.01	98.37	97.96	65.19	
50	0.01	0.11	0.52	0.00	98.48	98.48	65.19	

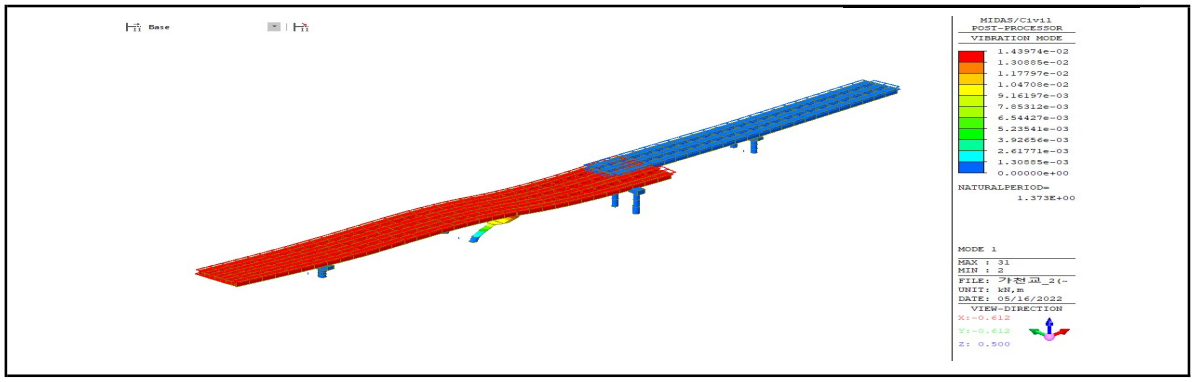
6.2 모드별 질량 참여율 그래프



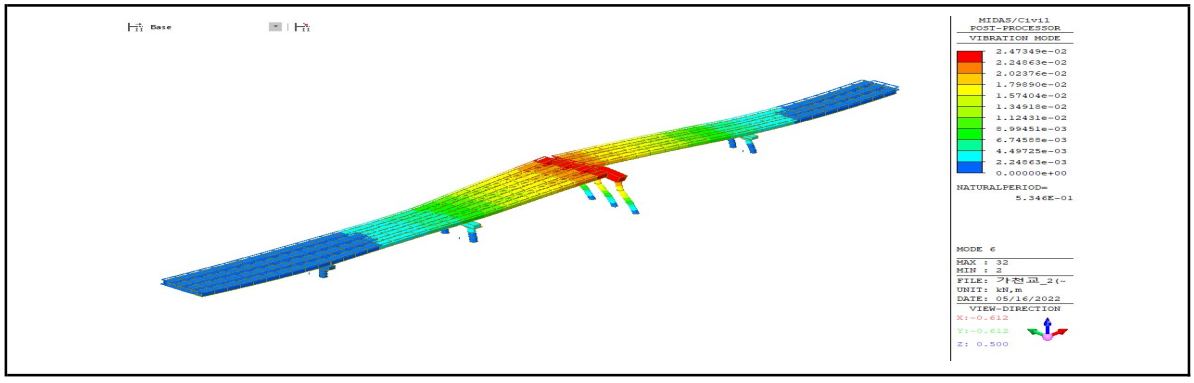
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

6.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 1.3730 sec) - 1 Mode (A= 0.1622 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.5347 sec) - 6 Mode (A= 0.4165 g)



7. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

7.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	77.00	0	0	2.72	0	0
P1	77.40	903	5787	2.95	159	378
P2	74.91	4146	42547	2.63	442	1681
P3	78.04	553	6601	7.99	220	1707
P4	59.15	1819	17218	2.58	198	723
A2	60.86	0	0	4.22	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
P1	5.01	864	1655	0.20	156	359
P2	72.91	4128	12187	2.35	439	1622
P3	48.51	486	406	5.24	202	1187
P4	58.03	1803	4383	2.27	196	686
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	2.84	0	0	3.14	0	0
P1	2.67	36	193	10.87	3408	8183
P2	4.02	950	3904	17.42	3898	14814
P3	7.34	737	5939	42.14	2236	13714
P4	3.39	318	1363	16.03	2578	9382
A2	3.40	0	0	2.74	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	0.17	30	63	2.04	3384	7779
P2	3.44	940	3460	7.74	3847	14254
P3	29.67	653	3190	39.13	2051	13255
P4	3.04	314	1087	10.14	2515	8869
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	9,817	0	1	10,338	14	31
P2	11,020	36	146	11,852	48	177
P3	6,062	2	488	7,024	19	66
P4	6,029	4	17	6,580	0	12
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	0.00	0	1	0.00	14	37
P2	0.12	36	126	0.09	48	182
P3	5.79	2	490	0.28	19	221
P4	0.04	4	17	0.06	0	12
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

8. 하중조합에 따른 단면력

8.1 하부구조별 하중조합

P1 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,816.7		9,816.7
하단축력(kN)		10,338.0		10,338.0
상단변위(mm)	5.0	0.2	0.2	2.0
상단전단력(kN)	864.4	156.4	30.3	3,384.4
하단전단력(kN)	903.2	159.0	35.7	3,407.6
상단모멘트(kN·m)	1,654.7	358.5	63.3	7,779.5
하단모멘트(kN·m)	5,787.1	378.0	193.2	8,182.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,816.7		9,816.7
하단축력(kN)		10,338.0		10,338.0
상단변위(mm)	5.1	0.8	1.7	2.1
상단전단력(kN)	873.5	1,171.8	289.6	3,431.3
하단전단력(kN)	914.0	1,181.3	306.7	3,455.3
상단모멘트(kN·m)	1,673.7	2,692.4	559.7	7,887.0
하단모멘트(kN·m)	5,845.0	2,832.8	1,929.3	8,296.2

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		9,816.7		9,816.7
하단축력(kN)		10,338.0		10,338.0
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.0	14.5	0.0	14.5
하단전단력(kN)	0.0	14.5	0.0	14.5
상단모멘트(kN·m)	1.2	36.7	1.2	36.7
하단모멘트(kN·m)	1.2	31.4	1.2	31.4

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	9,816.7	9,816.7	P
하단축력(kN)	10,338.0	10,338.0	Pbot
상단변위(mm)	5.1	2.1	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	873.5	3,445.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	914.0	3,469.7	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	1,674.9	7,923.7	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	5,846.3	8,327.5	[ME]comb

P2 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,020.5		11,020.5
하단축력(kN)		11,852.3		11,852.3
상단변위(mm)	72.9	2.4	3.4	7.7
상단전단력(kN)	4,128.1	439.0	939.8	3,846.7
하단전단력(kN)	4,146.0	441.8	949.8	3,897.9
상단모멘트(kN·m)	12,187.4	1,622.1	3,460.0	14,254.3
하단모멘트(kN·m)	42,546.9	1,681.3	3,903.7	14,814.4

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,020.5		11,020.5
하단축력(kN)		11,852.3		11,852.3
상단변위(mm)	73.9	4.7	25.3	8.4
상단전단력(kN)	4,410.1	1,593.0	2,178.2	3,978.4
하단전단력(kN)	4,431.0	1,611.2	2,193.6	4,030.4
상단모멘트(kN·m)	13,225.4	5,898.4	7,116.3	14,740.9
하단모멘트(kN·m)	43,718.0	6,125.6	16,667.8	15,318.8

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		11,020.5		11,020.5
하단축력(kN)		11,852.3		11,852.3
상단변위(mm)	0.1	0.1	0.1	0.1
상단전단력(kN)	36.1	47.8	36.1	47.8
하단전단력(kN)	36.1	47.8	36.1	47.8
상단모멘트(kN·m)	126.4	181.9	126.4	181.9
하단모멘트(kN·m)	145.9	176.7	145.9	176.7

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	11,020.5	11,020.5	P
하단축력(kN)	11,852.3	11,852.3	Pbot
상단변위(mm)	74.1	8.5	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	4,446.2	4,026.2	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	4,467.1	4,078.2	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	13,351.8	14,922.8	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	43,863.9	15,495.5	[ME]comb

P3 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,061.6		6,061.6
하단축력(kN)		7,024.4		7,024.4
상단변위(mm)	48.5	5.2	29.7	39.1
상단전단력(kN)	485.9	201.7	653.5	2,051.5
하단전단력(kN)	553.3	220.2	737.4	2,236.0
상단모멘트(kN·m)	405.8	1,187.4	3,189.8	13,254.6
하단모멘트(kN·m)	6,601.3	1,707.4	5,939.5	13,713.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,061.6		6,061.6
하단축력(kN)		7,024.4		7,024.4
상단변위(mm)	57.4	17.0	44.2	40.7
상단전단력(kN)	682.0	817.2	799.2	2,112.0
하단전단력(kN)	774.6	891.0	903.4	2,302.0
상단모멘트(kN·m)	1,362.7	5,163.8	3,311.5	13,610.9
하단모멘트(kN·m)	8,383.1	5,821.5	7,919.8	14,226.0

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,061.6		6,061.6
하단축력(kN)		7,024.4		7,024.4
상단변위(mm)	5.8	0.3	5.8	0.3
상단전단력(kN)	1.6	19.0	1.6	19.0
하단전단력(kN)	1.6	19.0	1.6	19.0
상단모멘트(kN·m)	490.4	221.1	490.4	221.1
하단모멘트(kN·m)	488.0	66.1	488.0	66.1

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,061.6	6,061.6	P
하단축력(kN)	7,024.4	7,024.4	Pbot
상단변위(mm)	63.2	41.0	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	800.8	2,131.0	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	905.0	2,321.0	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	3,801.9	13,832.0	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	8,871.1	14,292.1	[ME]comb

P4 교각 (기둥)

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,029.3		6,029.3
하단축력(kN)		6,580.3		6,580.3
상단변위(mm)	58.0	2.3	3.0	10.1
상단전단력(kN)	1,803.0	196.1	313.9	2,515.4
하단전단력(kN)	1,819.1	198.0	318.3	2,577.6
상단모멘트(kN·m)	4,382.5	686.4	1,086.7	8,869.1
하단모멘트(kN·m)	17,218.3	723.1	1,363.3	9,381.7

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,029.3		6,029.3
하단축력(kN)		6,580.3		6,580.3
상단변위(mm)	58.9	5.3	20.5	10.8
상단전단력(kN)	1,897.2	950.7	854.8	2,574.3
하단전단력(kN)	1,914.5	971.2	864.0	2,637.0
상단모멘트(kN·m)	4,708.5	3,347.1	2,401.5	9,075.0
하단모멘트(kN·m)	17,627.3	3,537.6	6,528.8	9,598.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)		6,029.3		6,029.3
하단축력(kN)		6,580.3		6,580.3
상단변위(mm)	0.0	0.1	0.0	0.1
상단전단력(kN)	3.7	0.0	3.7	0.0
하단전단력(kN)	3.7	0.0	3.7	0.0
상단모멘트(kN·m)	16.5	12.4	16.5	12.4
하단모멘트(kN·m)	17.0	12.5	17.0	12.5

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	6,029.3	6,029.3	P
하단축력(kN)	6,580.3	6,580.3	Pbot
상단변위(mm)	59.0	10.9	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	1,900.9	2,574.3	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	1,918.3	2,637.0	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	4,725.0	9,087.3	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	17,644.3	9,611.1	[ME]comb

8.2 기둥당 부재력 집계 (30% 규정 적용)

교각		하단축력(kN)	하단전단력(kN)	하단모멘트(kN·m)
P1	교축	10338.0	914.0	5846.3
	교직	10338.0	3469.7	8327.5
P2	교축	11852.3	4467.1	43863.9
	교직	11852.3	4078.2	15495.5
P3	교축	7024.4	905.0	8871.1
	교직	7024.4	2321.0	14292.1
P4	교축	6580.3	1918.3	17644.3
	교직	6580.3	2637.0	9611.1

8.3 받침부 개당 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	2229
P1	0	6582
P2	2242	7468
P3	0	2936
P4	1247	4595
A2	0	1919

8.4 받침부 전체 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)

교각	교축력	교직력
A1	0	2229
P1	0	6582
P2	8355	7468
P3	0	4618
P4	3566	4595
A2	0	1919

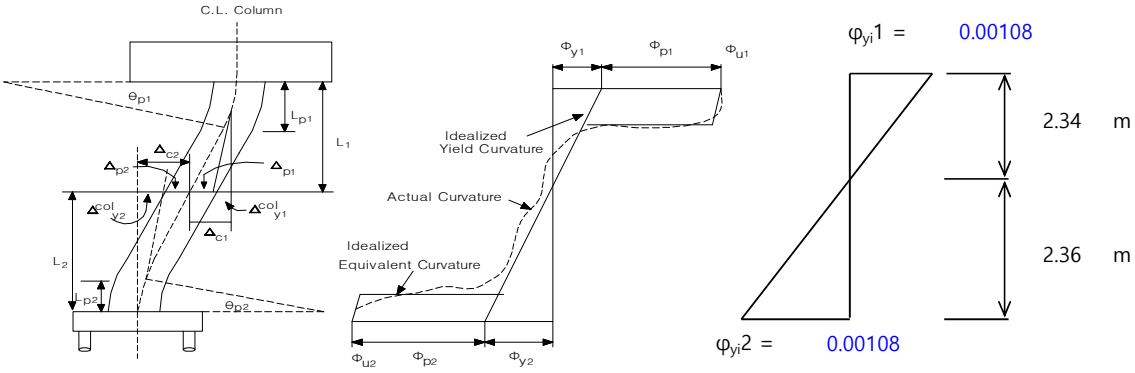
9. 교각부 평가

9.1 교각 1

9.1.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	4.700	4.700	교각높이
교각유효높이 H_e (m)	7.700	2.350	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.373	0.535	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(He) 산정



< 이중곡률 변형에 따른 거동특성 >

∴ 교축직각방향 상단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}1$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 4.700 × 0.00108 / (0.00108 + 0.00108) = 2.34 m

∴ 교축직각방향 하단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}2$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 4.700 × 0.00108 / (0.00108 + 0.00108) = 2.36 m

9.1.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

- $F_y^L = M_y^L / H_e$ = 29,649 / 7.700 = 3,850.494 kN
- $F_u^L = M_u^L / H_e$ = 30,546 / 7.700 = 3,966.974 kN

2) 교축직각방향

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 29,648 / 2.358 = 12,573.155 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 30,539 / 2.358 = 12,951.272 kN

- 기둥상단

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 29,350 / 2.342 = 12,531.939 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 30,228 / 2.342 = 12,906.960 kN

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)

- $\Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00144 \times 7.700^2}{3} = 0.0284$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^L = 0.08\ H_e + 0.022\ f_y\ d_{bl} = 0.08\times7.7+0.022\times300\times0.029 = 0.805$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^L = (\Phi_U^L - \Phi_y^L)\ L_p^L = (0.00705 - 0.00144) \times 0.805 = 0.0045$
- $\Delta_P^L=(M_U^L/m_Y^L -1)\ \Delta_Y^L +\theta_P^L\ (H_e^L - L_P^L/2)$

  $= (\frac{30,546}{29,649} -1) \times 0.02843 + 0.00452 \times (7.700 - \frac{0.805}{2})$

  $= 0.0338$ m

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

- $\Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.02840 + 0.03380 = 0.0622$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu^L_{\Delta c} = \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.0622}{0.0284} = 2.188$ (제한없음)

  $= 2.188$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.188** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

- $\Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00144 \times 2.358^2}{3} = 0.0027$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^T = 0.08\ H_e + 0.022\ f_y\ d_{bl} = 0.08\times2.358+0.022\times300\times0.029 = 0.377$ m

  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^T = (\Phi_U^T - \Phi_y^T)\ L_p^T = (0.00705 - 0.00144) \times 0.383$

  $= 0.00210$
- $\Delta_P^T=(M_U^T/m_Y^T -1)\ \Delta_Y^T +\theta_P^T\ (H_e^T - L_P^T/2)$

  $= (\frac{30,539}{29,648} -1) \times 0.00267 + 0.00210 \times (2.358 - \frac{0.383}{2})$

  $= 0.0046$ m

③ 극한변위(Δ_u^T)

- $\Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0027 + 0.0046 = 0.0073$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu_{\Delta c} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.00730}{0.00267} = 2.738$ (제한없음)

  $= 2.738$

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)	3850	3967	12573	12951	12532	12907	

변위 Δ (m)	0.0284	0.0622	0.0027	0.0073	0.0026	0.0074	

휨강도, 항복 및 극한변위

9.1.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.281 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.02843 = 0.05687 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.02843 = 0.14217 m

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.300 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00267 = 0.00533 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00267 = 0.01333 m

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.300 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k √(f_{ck}) A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00262 = 0.00525 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00262 = 0.01312 m

3) 교축방향 (V_S)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_S)

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s} = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} =$ 2,023 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_S)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s}$

$= \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{x\ 300} =$ 2,023.1 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

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

$= \frac{\pi}{2} \times \frac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023.1$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} \cdot t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}817 \times 2.400}{7.700} = 459$ kN

여기서, P_{TOP} = 9,817 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s^L = 2.400 m (=D) (교축방향 기둥 폭)

L_s^L = 7.700 m (=H_e^L) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{Top} \cdot t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}817 \times 2.400}{2.358} = 1{,}499$ kN

여기서, P_{Top} = 9,817 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 2.358 m (=H_e) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{9{,}817 \times 2.400}{2.342} = 1{,}509$ kN

여기서, P_{Top} = 9,817 kN (교각 1기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 2.342 m (=H_e) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	459	
	=	7,801	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.05687	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	459	
	=	2,482	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.14217	m				

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	1,499	
	=	8,841	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.00533	m				

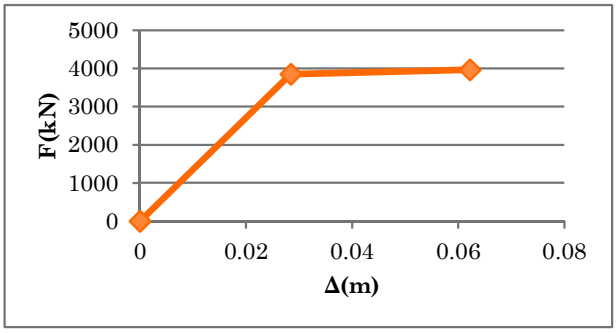
▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	1,499	
	=	3,522	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.01333	m				

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

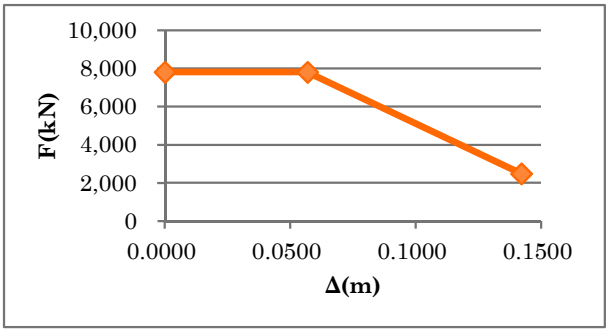
▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023	+	1,509	
	=	8,851	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.00525	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023	+	1,509	
	=	3,532	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.01312	m				

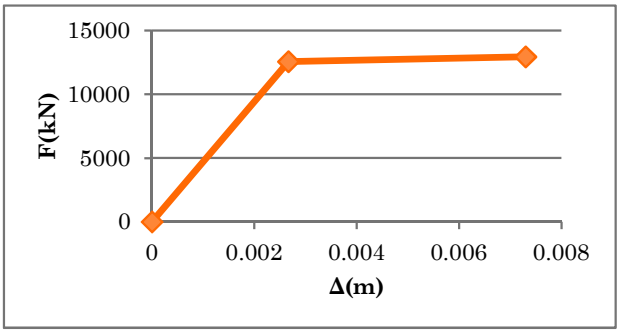
※ 휨·전단성능 곡선



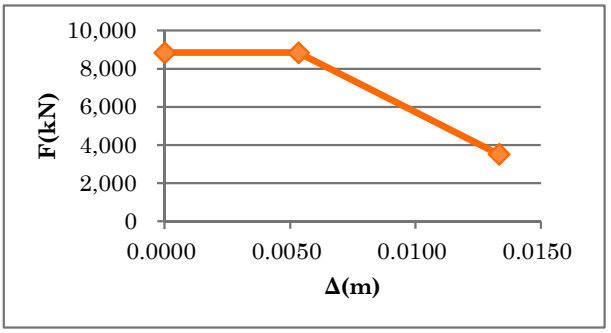
교축방향 휨성능 곡선



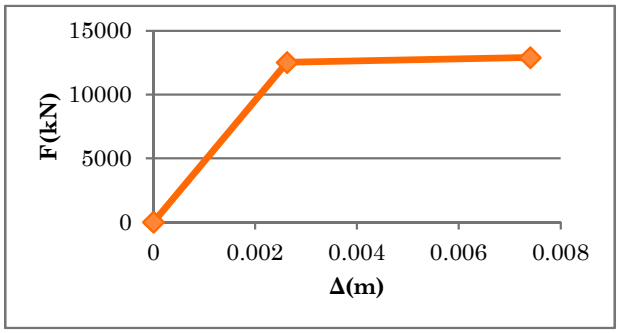
교축방향 전단성능 곡선



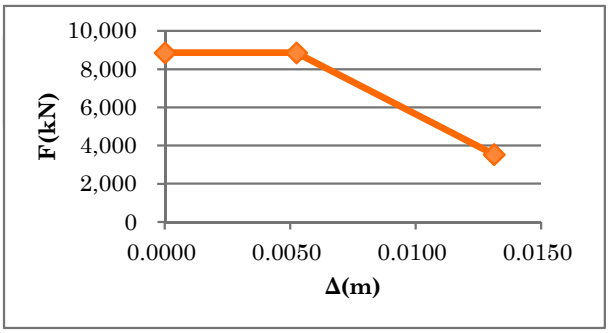
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



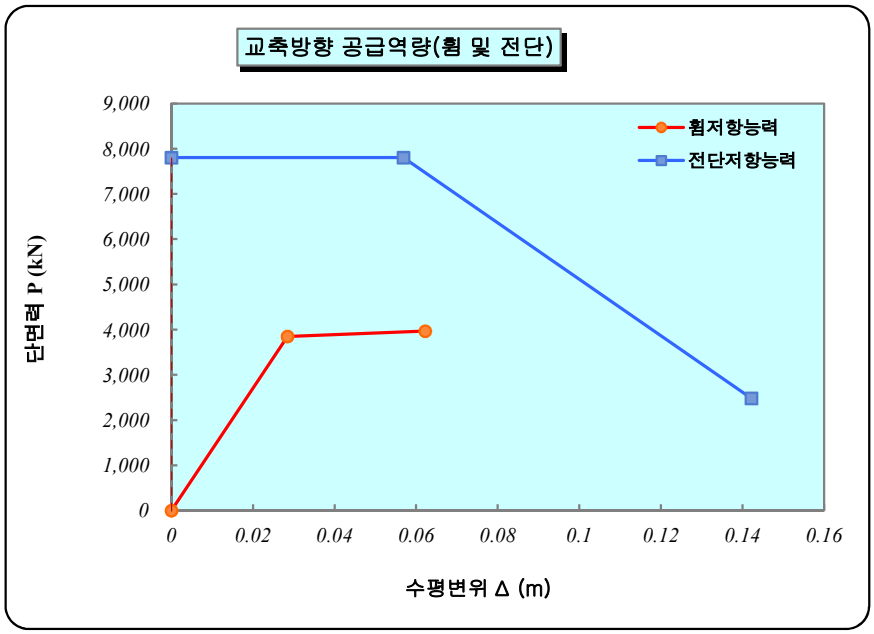
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

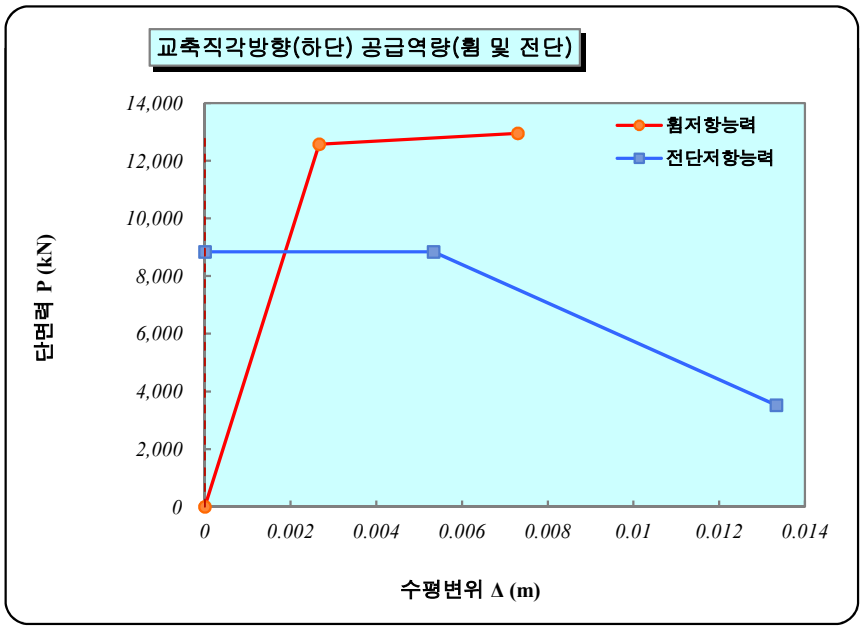
9.1.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



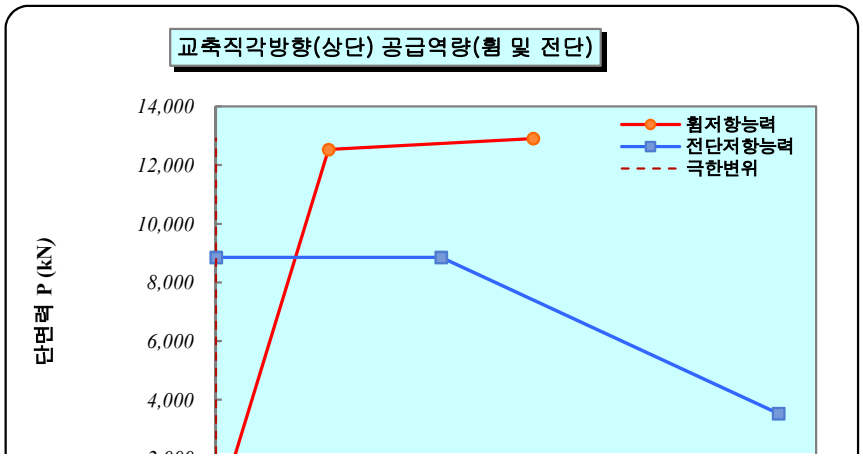
휨강도(P_f)	
3,967	
(kN)	
전단강도(V_n)	
7,801	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0284	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	
0.0622	
(m)	
변위연성도(μ)	
2.188	

2) 교축직각방향-하단

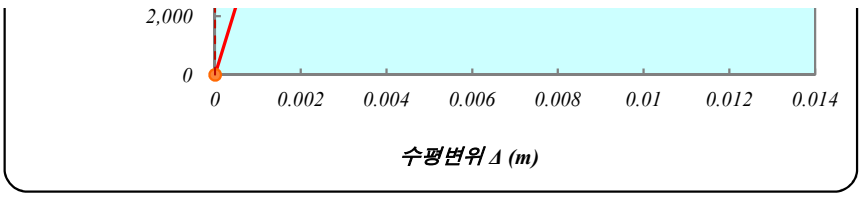


휨강도(P_f)	
12,951	
(kN)	
전단강도(V_n)	
8,841	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0027	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	
0.0073	
(m)	
변위연성도(μ)	
1.000	

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)	
12,907	
(kN)	
전단강도(V_n)	
8,851	
(kN)	
항복변위 (Δ_y)	
0.0026	
(m)	
극한변위 (Δ_u)	



0.0074
(m)
변위연성도(μ)
1.000

9.1.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{L}{}_{,pd}$ = M_E^{L} + P·1.5Δ_E^{L} = 5,846 + 9,817 × 1.5 × 0.00506

  = 5,921 kN·m

② 단면강도비 RS

- R_S^{L} = $\frac{M_{E,pd}}{M_y}$ = $\frac{5,921}{29,649}$ = 0.200 -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 1.3730 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d}$ = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 8,328 + 9,817 × 1.5 × 0.002
  = 8,359 kN·m

② 단면강도비 R_S

- $R_S^T = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{8,359}{29,648}$ = 0.282 -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- μΔd = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 7,924 + 9,817 × 1.5 × 0.002
  = 7,955 kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{7,955}{29,350}$ = 1.000 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

9.1.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta C} = 2.188$

!!! - 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 1.000$

!!! - 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 1.000$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta d} = 1.000$

!!! - 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$

!!! - 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$

③ 평가

∴ 교축방향(변위연성도) $\dfrac{\mu^{L}_{\Delta C}}{\mu^{L}_{\Delta d}} = \dfrac{2.188}{1.000} = 2.188 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! !!! ∴ 교축직각방향 하단(변위연성도) $\dfrac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \dfrac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도) $\frac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \frac{1.000}{1.000} = 1.000 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

!!! ④ 전단력평가

!!!

∴ 교축방향 $\frac{Vn}{VE} = \frac{7,801}{914} = 8.535 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!!

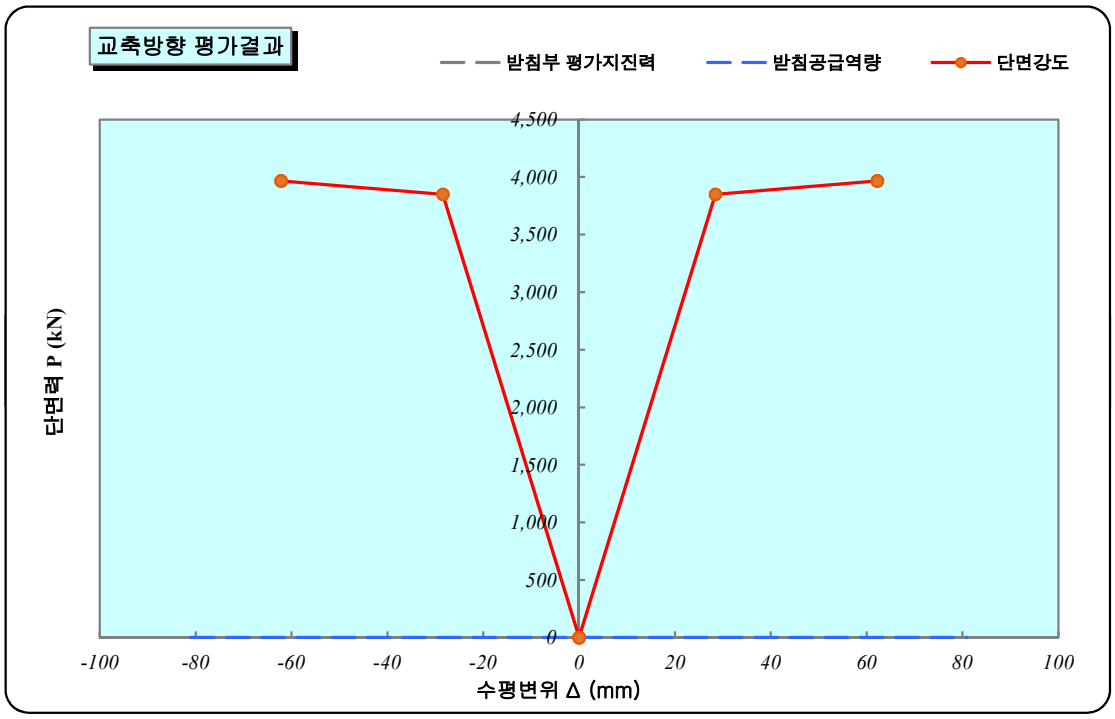
∴ 교축직각방향(하단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,841}{3,470} = 2.548 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향(상단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,851}{3,446} = 2.569 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

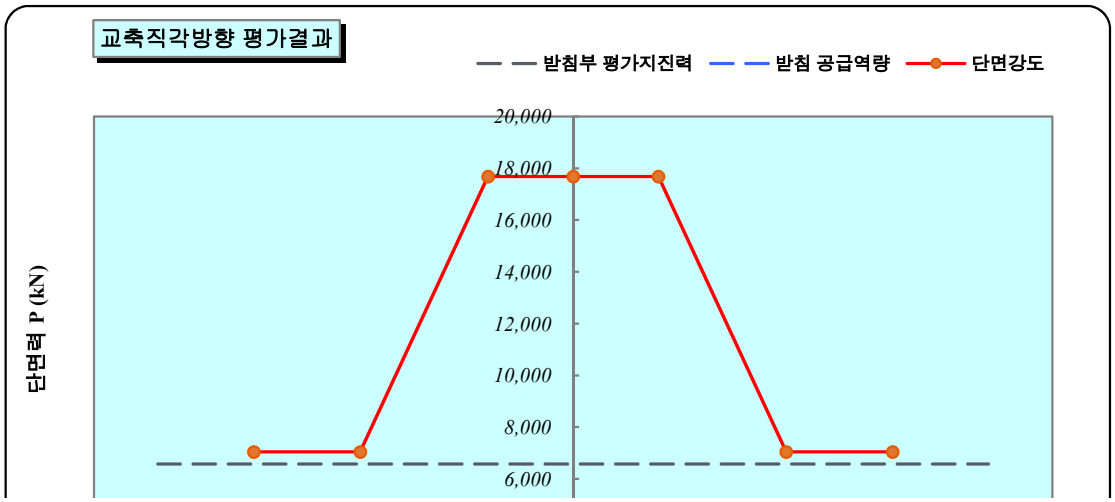
!!!

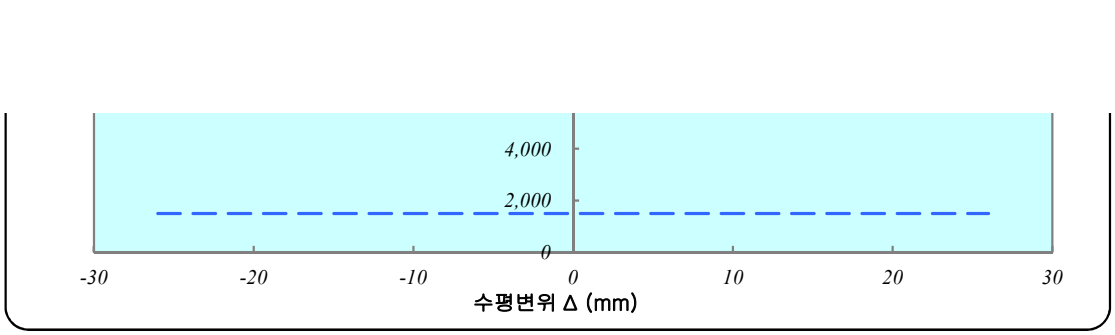
9.1.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향




4,000
2,000
0
-30
-20
-10
0
10
20
30
수평변위 Δ (mm)

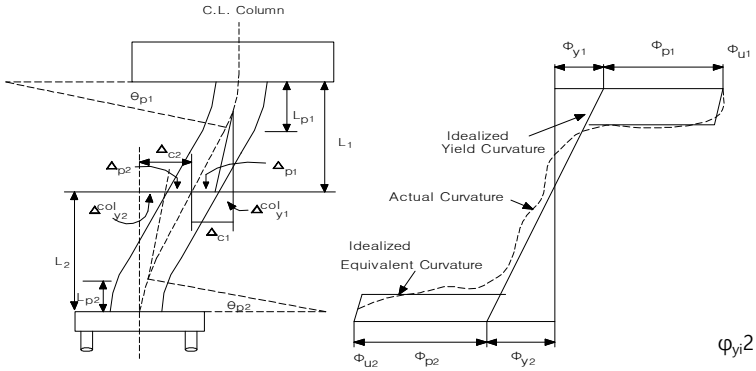
9. 교각부 평가

9.2 교각 2

9.2.1 교각 거동 특성값

구 분	교축방향	교직방향	비고
거동형태	1 (켄틸레버식)	2 (라멘식)	1 : 켄틸레버식 2 : 라멘식
겹이음 판단	3	3	1:100%, 2:50%, 3:0%
교각높이 H (m)	7.500	7.500	교각높이
교각유효높이 H_e (m)	10.500	3.750	교직-상부구조 도심
진동주기(sec)	1.373	0.535	해석결과

※ 교축직각방향-이중곡률 변형에 따른 모멘트 팔길이(He) 산정



< 이중곡률 변형에 따른 거동특성 >

$\varphi_{yi}1$ = 0.00109

3.73 m

3.77 m

$\varphi_{yi}2$ = 0.00110

∴ 교축직각방향 상단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}1$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 7.500 × 0.00109 / (0.00109 + 0.00110) = 3.73 m

∴ 교축직각방향 하단 H_e = 기둥길이(L) × $\varphi_{yi}2$ / ($\varphi_{yi}1$ + $\varphi_{yi}2$)

= 7.500 × 0.00110 / (0.00109 + 0.00110) = 3.77 m

9.2.2 휨성능 곡선 산정

1) 교축방향

- $F_y^L = M_y^L / H_e$ = 30,478 / 10.500 = 2,902.657 kN
- $F_u^L = M_u^L / H_e$ = 31,422 / 10.500 = 2,992.562 kN

2) 교축직각방향

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 30,481 / 3.769 = 8,087.291 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 31,430 / 3.769 = 8,338.976 kN

- 기둥상단

- $F_y^T = M_y^T / H_e$ = 30,035 / 3.731 = 8,050.174 kN
- $F_u^T = M_u^T / H_e$ = 30,981 / 3.731 = 8,303.752 kN

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)

- $\Delta_y^L = \frac{\Phi_y^L H_e^2}{3} = \frac{0.00145 \times 10.500^2}{3} = 0.0532$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^L = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times10.5+0.022\times300\times0.029 = 1.029$ m
  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^L = (\Phi_U^L - \Phi_y^L) L_p^L = (0.00676 - 0.00145) \times 1.029 = 0.0055$
- $\Delta_P^L=(M_U^L/m_Y^L -1) \Delta_Y^L +\theta_P^L (H_e^L - L_P^L/2)$

  $= (\frac{31,422}{30,478} -1)\times 0.05316 + 0.00546 \times(10.500 - \frac{1.029}{2})$

  $= 0.0562$ m

③ 극한변위(Δ_u^{Lf})

- $\Delta_u^{Lf} = \Delta_y^L + \Delta_p^L = 0.05320 + 0.05620 = 0.1094$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu^L_{\Delta c} = \frac{\Delta_u^L}{\Delta_y^L} = \frac{0.1094}{0.0532} = 2.058$ (제한없음)

  $= 2.058$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.058** 로 제한

(휨파괴보다 전단파괴가 먼저 일어날시 연성도는 1.0으로 측정한다.)

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 하단

① 항복변위(Δ_y^T)

- $\Delta_y^T = \frac{\Phi_y^T H_e^2}{3} = \frac{0.00145 \times 3.769^2}{3} = 0.0068$ m

② 소성변위(Δ_p)

- $L_p^T = 0.08 H_e + 0.022 f_y d_{bl} = 0.08\times3.769+0.022\times300\times0.029 = 0.490$ m
  $\geq 0.044 \cdot f_y \cdot d_{bl} = 0.044 \times 300 \times 0.029 = 0.383$ m
- $\theta_p^T = (\Phi_U^T - \Phi_y^T) L_p^T = (0.00676 - 0.00145) \times 0.490$

  $= 0.00260$
- $\Delta_P^T=(M_U^T/m_Y^T -1) \Delta_Y^T +\theta_P^T (H_e^T - L_P^T/2)$

  $= (\frac{31,430}{30,481} -1)\times 0.00685 + 0.00260 \times(3.769 - \frac{0.490}{2})$

  $= 0.0094$ m

③ 극한변위(Δ_u^T)

- $\Delta_u^{Tf} = \Delta_y^T + \Delta_p^T = 0.0068 + 0.0094 = 0.0162$ m

④ 공급연성도

- 공급변위연성도 $\mu_{\Delta c} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} = \frac{0.01620}{0.00685} = 2.365$ (제한없음)

  $= 2.365$

⑤ 교각의 공급연성도

교각의 공급연성도는 평가요령에 따라 **2.365** 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)	2903	2993	8087	8339	8050	8304	

변위 Δ (m)	0.0532	0.1094	0.0068	0.0162	0.0067	0.0163	

휨강도, 항복 및 극한변위

9.2.4 전단성능곡선 산정

1) 교축방향 (V_c)

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c)

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.294 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.05316 = 0.10633 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.05316 = 0.26582 m

2) 교축직각방향

① 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 하단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.263 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00685 = 0.01370 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00685 = 0.03425 m

② 콘크리트가 부담하는 전단강도 (V_c) - 교각 상단

- 변위연성도$\mu_\Delta \le 2.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0.300 × √ (24) × 3.6191 = 5,319 kN

k = 0.256 (k=0.3-0.1(μ_Δ-2), 단 $\mu_\Delta \le 2.0$ 이면 k=0.3)

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

- 변위연성도$\mu_\Delta \ge 5.0$ 인경우 V_c)

V_c = k $\sqrt{(f_{ck})}$ A_e = 0 × √ (24) × 3.6191 = 0 kN

k = 0.000

A_e = 0.8 × Agross = 0.8 × 4.524 = 3.6191 m^2 (유효 단면적)

여기서,

A_e : 유효 단면적

Agross : 4.524 m^2

k : 부재의 변위연성도에 따른 콘크리트의 전단강도를 감소시켜주는 계수

- 변위연성도 μ_Δ 에 따른 Δ^L)

▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 2.0 × 0.00669 = 0.01339 m

▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L = μ_Δ × Δ_y^L = 5.0 × 0.00669 = 0.03347 m

3) 교축방향 (V_S)

① 전단철근에 의한 전단강도 (V_S)

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s} = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} =$ 2,023 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2,247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

4) 교축직각방향 (V_S)

① 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 하단

- $V_s = \dfrac{\pi}{2} \dfrac{A_v f_y D'}{s}$

$= \dfrac{\pi}{2} \dfrac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} =$ 2,023.1 kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

② 전단철근이 부담하는 전단강도(V_s) - 교각 상단

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

$= \frac{\pi}{2} \times \frac{573 \times 300 \times 2{,}247.7}{300} = 2{,}023.1$ kN

여기서, A_v = 573 mm^2 (전단력 작용 방향의 횡방향 철근의 단면적)

=> (D19 - 2 EA) 2 단 배근

f_y = 300 Mpa (횡방향 철근의 항복강도)

D' = D(기둥폭) - 2c(피복)

= 2400 - 2 × 100.0 + 28.6 + 19.1

= 2247.7 mm (횡철근 중심간 거리)

5) 교축방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p)

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{TOP} \cdot t_s^L}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}020 \times 2.400}{10.500} = 378$ kN

여기서, P_{TOP} = 11,020 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s^L = 2.400 m (=D) (교축방향 기둥 폭)

L_s^L = 10.500 m (=H_e^L) (교각유효높이)

6) 교축직각방향 (V_p)

① 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 하단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P_{Top} \cdot t_s}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}020 \times 2.400}{3.769} = 1{,}053$ kN

여기서, P_{Top} = 11,020 kN (기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 3.769 m (=H_e) (교각유효높이)

② 축력에 의한 전단강도(V_p) - 교각 상단

- $V_p = 0.15 \times \frac{P \cdot h}{L_s} = 0.15 \times \frac{11{,}020 \times 2.400}{3.731} = 1{,}063$ kN

여기서, P_{Top} = 11,020 kN (교각 1기둥당 상단고정하중)

t_s = 2.400 m (=D) (교축직각방향 기둥 폭)

L_s = 3.731 m (=H_e) (교각유효높이)

7) 교축방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n)

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	378	
	=	7,720	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.10633	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	378	
	=	2,401	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.26582	m				

8) 교축직각방향 (V_n)

① 교각의 전단강도(V_n) - 교각 하단

▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	5,319	+	2,023	+	1,053	
	=	8,395	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.01370	m				

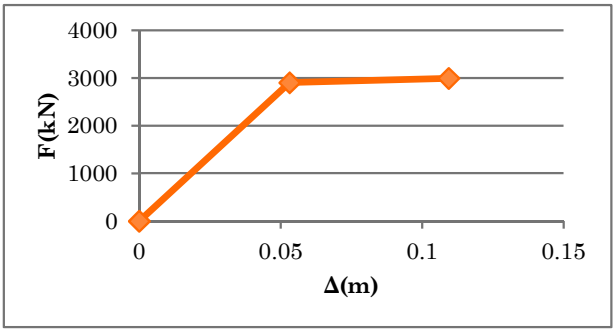
▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = Vc + Vs + Vp	=	0	+	2,023	+	1,053	
	=	3,076	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.03425	m				

② 교각의 전단강도(V_n) - 교각 상단

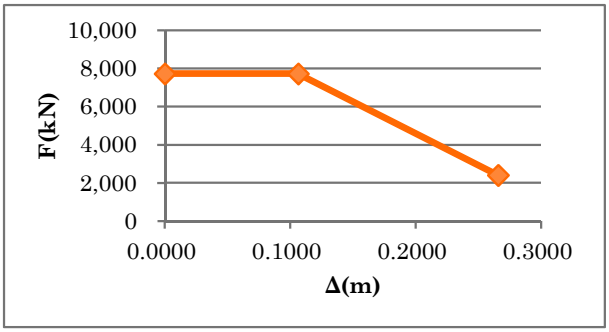
▶ μ_Δ =2.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	5,319	+	2,023	+	1,063	
	=	8,405	kN				
▶ μ_Δ =2.0인 경우 Δ^L =	=	0.01339	m				

▶ μ_Δ =5.0인 경우							
• V_n = $V_c + V_s + V_p$	=	0	+	2,023	+	1,063	
	=	3,086	kN				
▶ μ_Δ =5.0인 경우 Δ^L =	=	0.03347	m				

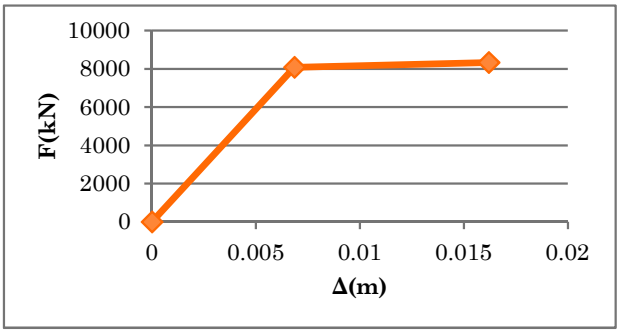
※ 휨·전단성능 곡선



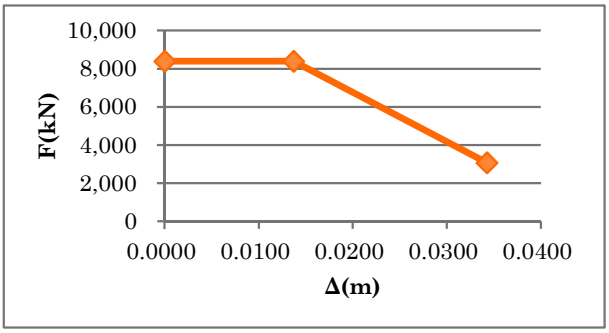
교축방향 휨성능 곡선



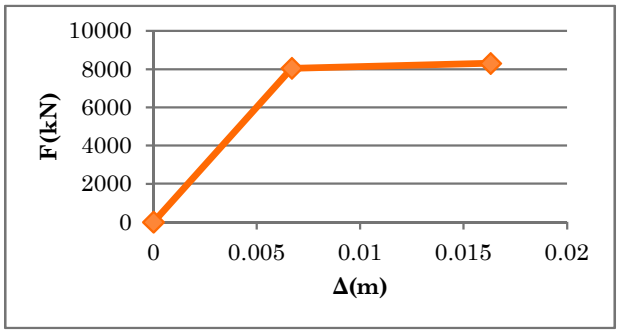
교축방향 전단성능 곡선



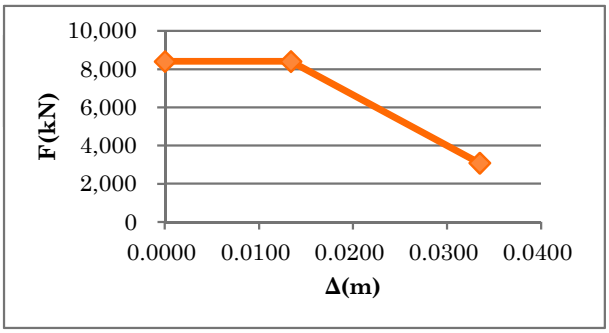
교축직각방향(하단) 휨성능 곡선



교축직각방향(하단) 전단성능 곡선



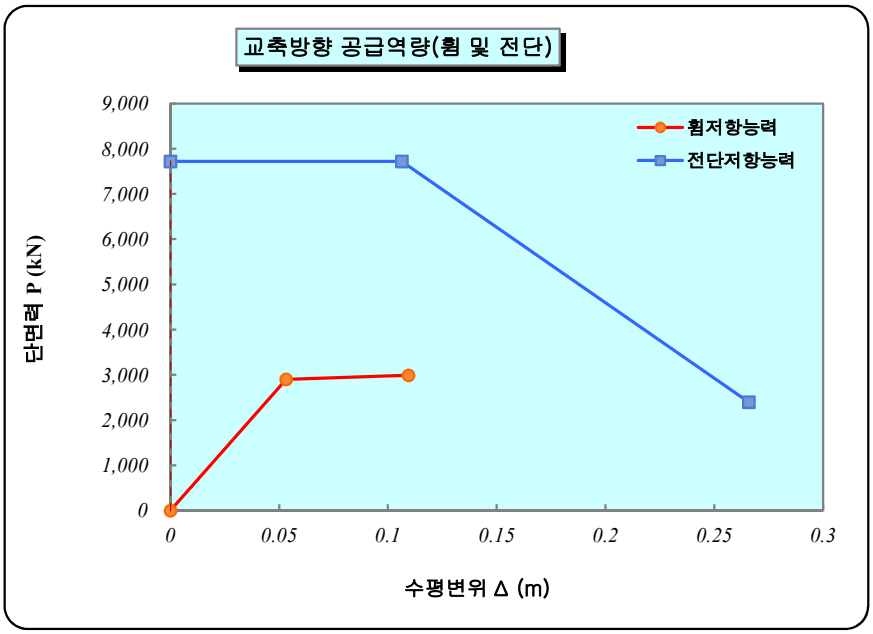
교축직각방향(상단) 휨성능 곡선



교축직각방향(상단) 전단성능 곡선

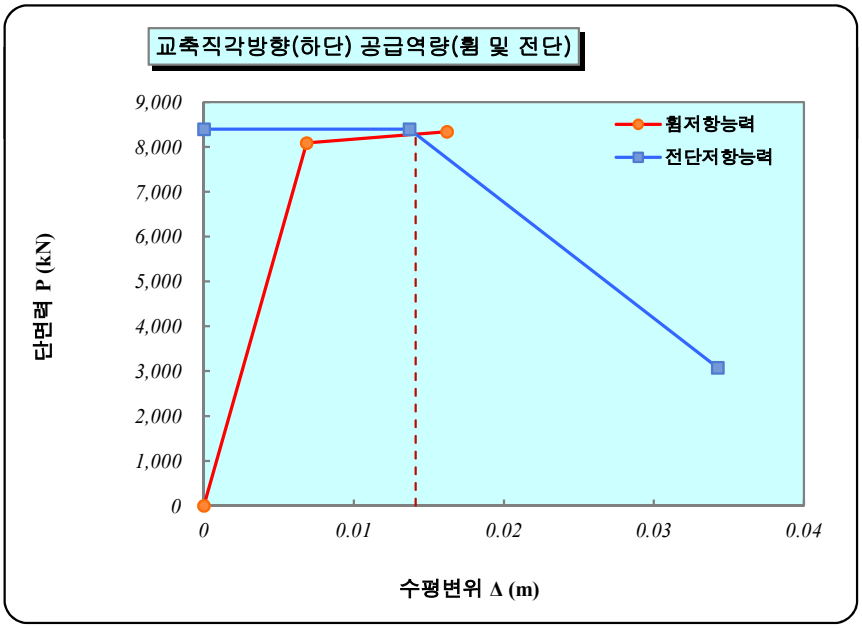
9.2.5 파괴모드 결정

1) 교축방향



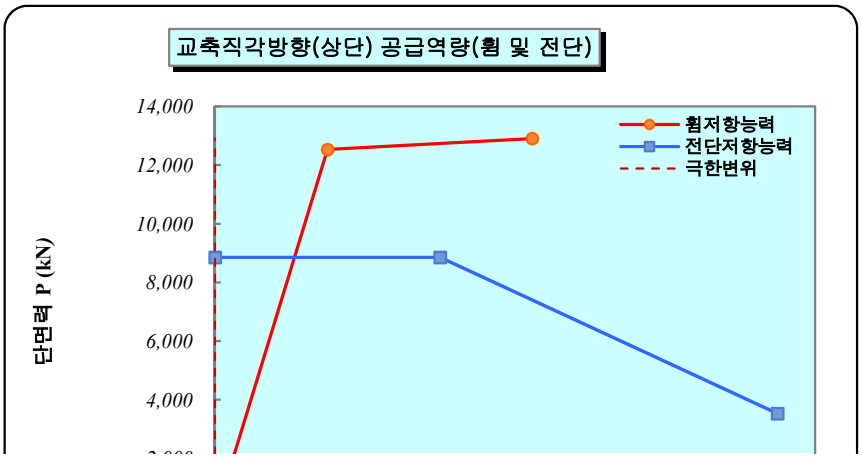
휨강도(P_f)	**2,993** (kN)
전단강도(V_n)	**7,720** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0532** (m)
극한변위 (Δ_u)	**0.1094** (m)
변위연성도(μ)	**2.058**

2) 교축직각방향-하단

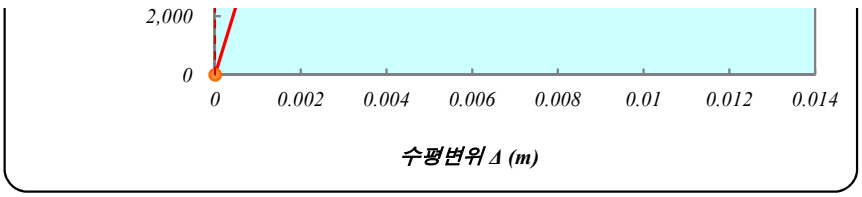


휨강도(P_f)	**8,283** (kN)
전단강도(V_n)	**8,395** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0068** (m)
극한변위 (Δ_u)	**0.0141** (m)
변위연성도(μ)	**2.065**

3) - 교축직각방향-상단



휨강도(P_f)	**8,243** (kN)
전단강도(V_n)	**8,405** (kN)
항복변위 (Δ_y)	**0.0067** (m)
극한변위 (Δ_u)	



0.0140
(m)
변위연성도(μ)
2.091

9.2.6 소요성능 산정

1) 교축방향

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{L}{}_{,pd} = M_E^{L} + P \cdot 1.5\Delta_E^{L} = 43,864 + 11,020 \times 1.5 \times 0.07406$
  $= 45,088$ kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S^{L} = \frac{M_{E,pd}}{M_y} = \frac{45,088}{30,478} = 1.479$ -> RS 1.479 적용

- T ≥ 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 Ts 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 1.3730 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d}$ = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.479 = 1.479

2) 교축직각방향

- 교축직각방향 기둥하단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 15,495 + 11,020 × 1.5 × 0.009
  = 15,637 kN·m

② 단면강도비 R_S

- $R_S^T = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{15,637}{30,481}$ = 0.513 -> RS 1.000 적용 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- μΔd = λ_{DR} × R_S = 1.000 × 1.000 = 1.000

- - 교축직각방향 상단

① 탄성 지진 조합력

- $M_E^{T,pd}$ = $M_E^L + P{\cdot}1.5\Delta_E^L$ = 14,923 + 11,020 × 1.5 × 0.009
  = 15,064 kN·m

② 단면강도비 RS

- $R_S = \frac{M_E^{T,pd}}{M_y} = \frac{15,064}{30,035}$ = 1.000 ∴ 탄성영역상에서 거동

- T ≥ 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = 1
- T < 1.25 T_s 일때, λ_{DR} = $(1-(1/R_S)*1.25T_S/T+1/R_S$
- 지반종류는 S2 이고, 주기(T)는 0.5347 초 이므로

  T ≥ 1.25 T_s (= 0.516) ∴ λ_{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 μΔd

- $\mu_{\Delta d} = \lambda_{DR} \times R_S = 1.000 \times 1.000 = 1.000$

9.2.7 교각의 내진성능 평가

① 보유성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta C} = 2.058$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 2.065$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta C} = 2.091$

② 소요성능

- 교축방향(변위연성도) $\mu^{L}_{\Delta d} = 1.479$
- 교축직각방향 하단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$
- 교축직각방향 상단(변위연성도) $\mu^{T}_{\Delta d} = 1.000$

③ 평가

∴ 교축방향(변위연성도) $\dfrac{\mu^{L}_{\Delta C}}{\mu^{L}_{\Delta d}} = \dfrac{2.058}{1.479} = 1.391 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향 하단(변위연성도) $\dfrac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \dfrac{2.065}{1.000} = 2.065 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

∴ 교축직각방향 상단(변위연성도) $\frac{\mu^{T}_{\Delta C}}{\mu^{T}_{\Delta d}} = \frac{2.091}{1.000} = 2.091 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! ④ 전단력평가

!!! ∴ 교축방향 $\frac{Vn}{VE} = \frac{7,720}{4,467} = 1.728 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

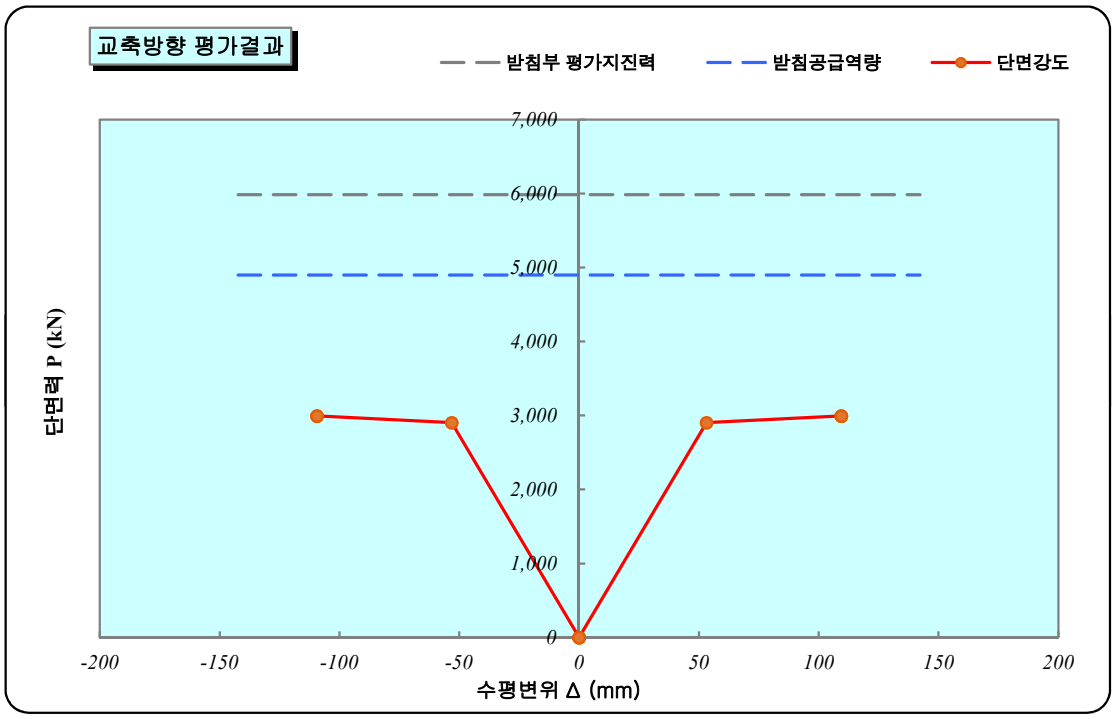
!!! ∴ 교축직각방향(하단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,395}{4,078} = 2.058 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

!!! ∴ 교축직각방향(상단) $\frac{Vn}{VE} = \frac{8,405}{4,026} = 2.088 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

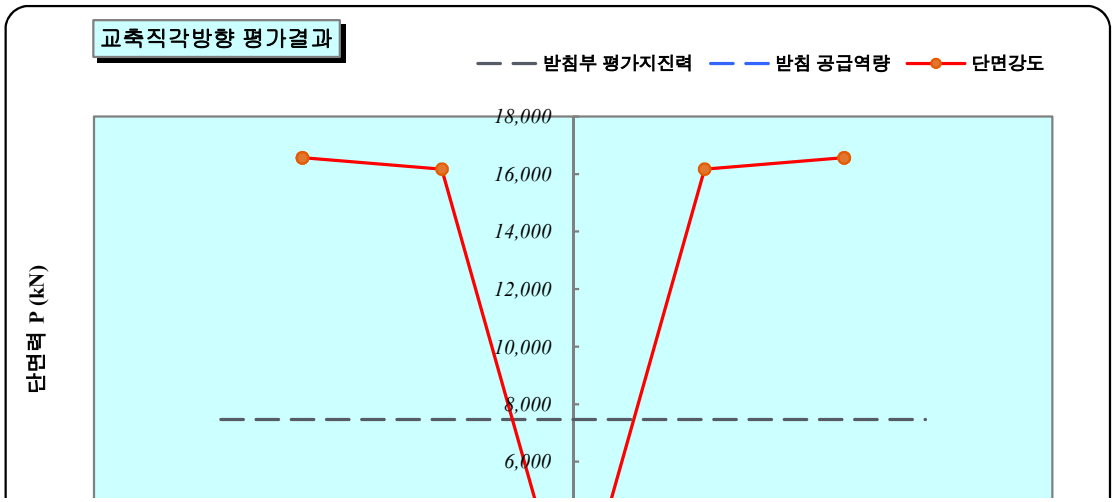
!!!

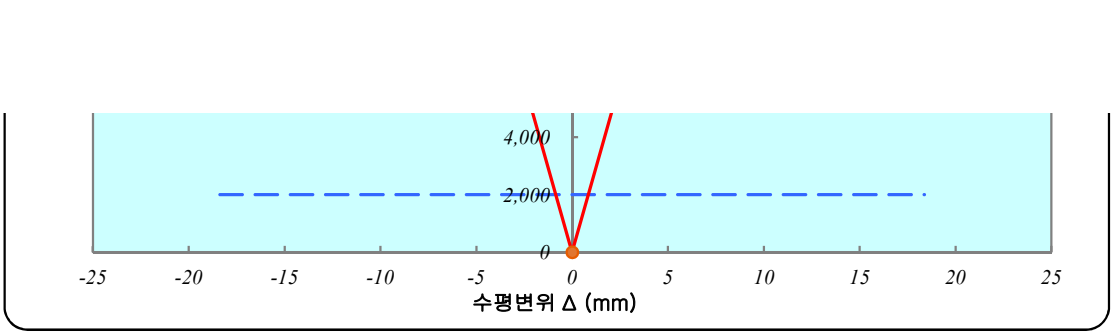
9.2.8 내진성능 평가 결과

- 교축방향



- 교축직각방향




4,000
2,000
0
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
수평변위 Δ (mm)

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)

- 교직방향

f_B = 3,000.00 kN

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

- 교직방향

F_{BC} = 3,000.00 X 1 = 3,000.00 kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

F_{BD} = MIN[F_n ,$[V]_{comb,Top}$]

= MIN[17,682 , 6,582] = 6,582.42 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{3,000.00}{6,582.42} = 0.456 < 1.0 \quad \textbf{NG}$$

10.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	800	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	800	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	670	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	670	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

n =	4	ea	앵커 개수	
받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa	
앵커의 유효단면적	A_{se} =	3217	mm^2	
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa	
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	550	mm	
코핑부 깊이	h_{cop} =	3000	mm	

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커 개수

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 6582.42 / 1 = 6,582 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{11,066}{6,582}$ = 1.681 > 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

C_{a1} = 2,035 mm

C_{a1}' = 2,000 mm

C_{a2} = 965 mm

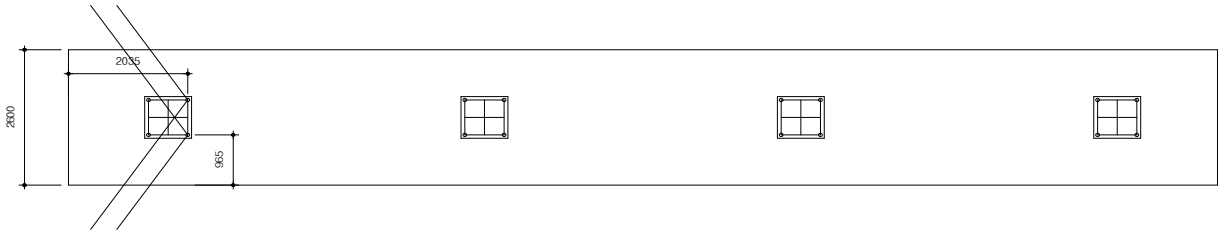
C_{a2}' = 965 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 670 mm $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

S_T = 670 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 3,000 mm $h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$ = 3,000 mm

투영길이 = 2,600 mm



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

1면 C_{a1} = 2,035 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

2면 C_{a2}' = 965 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

3면 h_{cop} = 3,000 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,053 mm

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3]$ = 2,000 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,000 mm

∴ C_{a1} = 2,000 mm $1.5C_{a1}$ = 3,000 mm

A_{vc} = 7,800,000 mm^2

A_{vco} = $4.5C_{a1}^2$ = 4.5 X $2,000^2$ = 18,000,000 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco}$ = 7,800,000 < 2 X 18,000,000 = 36,000,000 mm^2

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

$$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2{,}000^{1.5}$$

= 4,257.07 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.797 $\Phi_{h,v}$ = 1.009

l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a] = 550 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$$= \frac{7{,}800{,}000}{18{,}000{,}000} \times 0.797 \times 1.400 \times 1.009 \times 4257 = 2{,}075 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교직방향: $F_{AC,DT}$ = 6,582 X 1 = 6,582 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{2{,}075}{6{,}582} = 0.315 < 1.0$ **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

$h_{ef} \geq$ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

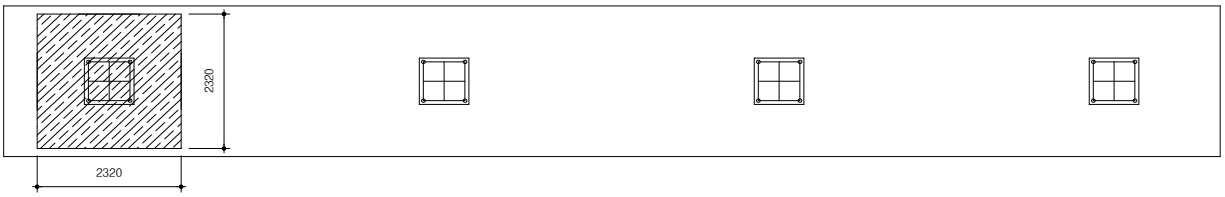
$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{5/3}$ $(280<h_{ef}<635)$ $N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{1.5}$

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

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

② 교직방향

C_{a1}	=	2,035	mm	S_L	=	670	mm
C_{a1}'	=	2,000	mm	S_T	=	670	mm
C_{a2}	=	965	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	965	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	550	mm	h_{ef}'	=	550	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	825.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,650.0	mm



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

1면	C_{a1}	=	2,000	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
2면	C_{a2}	=	965	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
3면	C_{a2}'	=	965	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	2,720	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{\max\{2000, 965, 965\}}{1.5}, \frac{\max\{(670+2050), 0\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{2,000}{1.5}, \frac{2,720}{3}\right]$$

$$= 1,333 \text{ mm}$$

$\therefore \quad h_{ef} = 550 \text{ mm}$

$A_{nc} = 5{,}382{,}400 \text{ mm}^2$ (투영면적 산정; 삽도참조)

$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 2{,}722{,}500 \text{ mm}^2$

check $A_{nc} < n\ A_{nco} = 5{,}382{,}400 < 4 \times 2{,}722{,}500 = 10{,}890{,}000$ mm

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

$N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5} = 631.90$ kN

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

$$= \frac{5{,}382{,}400}{2{,}722{,}500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1{,}562 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 1562 = 3{,}123$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) $= 3{,}123 / 1 = 3{,}123$ kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: $F_{ASDT} = 6{,}582$ kN

3) 평가

교직방향 $\dfrac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \dfrac{3{,}123}{6{,}582} = 0.474 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	3,000	6,582	0.456	**NG**
	앵커볼트	교직	11,066	6,582	1.681	OK
	콘크리트	교직	2,075	6,582	0.315	**NG**
	프라이아웃	교직	3,123	6,582	0.474	**NG**

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.2 교각 P2

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 = 4,000.00 kN

- 교직방향

  f_B = 4,000.00 kN

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

- 교축방향

F_{BC}	=	4,000.00	X	1	=	4,000.00	kN
	=	3,000.00	X	1	=	3,000.00	kN
	=	1,400.00	X	2	=	2,800.00	kN
					=	9,800.00	kN

- 교직방향

F_{BC} = 4,000.00 X 1 = 4,000.00 kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

F_{BD} = MIN[F_n ,[V]$_{comb,Top}$]

= MIN[5,985 , 8,355] = 5,985.12 kN

- 교직방향

F_{BD} = MIN[F_n ,[V]$_{comb,Top}$]

= MIN[16,567 , 7,468] = 7,468.50 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{9,800.00}{5,985.12} = 1.637 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,000.00}{7,468.50} = 0.536 < 1.0 \quad \textbf{NG}$$

10.2.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	880	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	880	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	160	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	64	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	550	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	730	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	730	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	=	4	ea	앵커 개수

받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa
앵커의 유효단면적	A_{se} =	3217	mm^2
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	550	mm
코핑부 깊이	h_{cop} =	3000	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커 개수

교축방향: V_{saL} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 3,217 X 860 = 11,066 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교축방향: F_{ASDL} = F_{BDL} / n^L = 5985.12 / 4 = 1,496 kN

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 7468.50 / 1 = 7,468 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{11,066}{1,496} = 7.396 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{11,066}{7,468} = 1.482 > 1.0$ 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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)

$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$

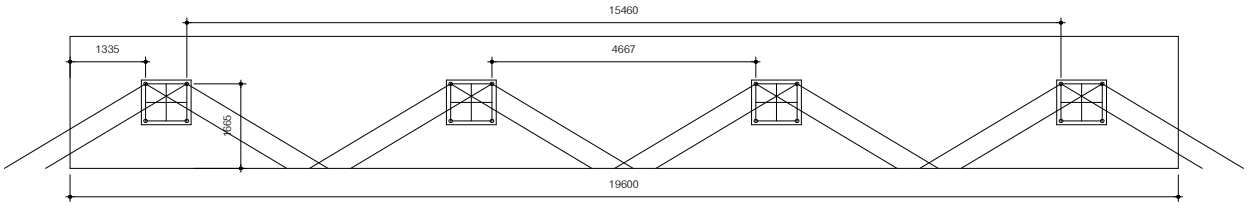
C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향

C_{a1}	=	1,665	mm				
C_{a1}'	=	1,665	mm				
C_{a2}	=	1,335	mm				
C_{a2}'	=	1,335	mm	$\sum S_i$	=	15460	mm
S_L	=	730	mm	$1.5C_{a1}$	=	2,498	mm
S_T	=	730	mm	S_{ax}	=	4667	mm
h_{cop}	=	3,000	mm	$h_a=\min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$	=	2,498	mm
투영길이	=	19,600	mm				



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

A_{vc} = 48,951,000 mm^2

A_{vco} = $4.5C_{a1}^2$ = 4.5 X 1665 ^{2} = 12,475,013 mm^2

check A_{vc} < n A_{vco} = 48,951,000 < 8 X 12,475,013 = 99,800,100 mm^2

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

$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} X \sqrt{160} X \sqrt{24} X 1665^{1.5}$

= 3,233.60 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.860 $\Phi_{h,v}$ = 1.000

l_e = MIN[h_{ef}, $8d_a$] = 550 mm

$V^L_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$= \frac{48,951,000}{12,475,013}$ X 0.860 X 1.400 X 1.000 X 3,234 = 15,283 kN

② 교직방향

C_{a1} = 2,065 mm

C_{a1}' = 2,000 mm

C_{a2} = 935 mm

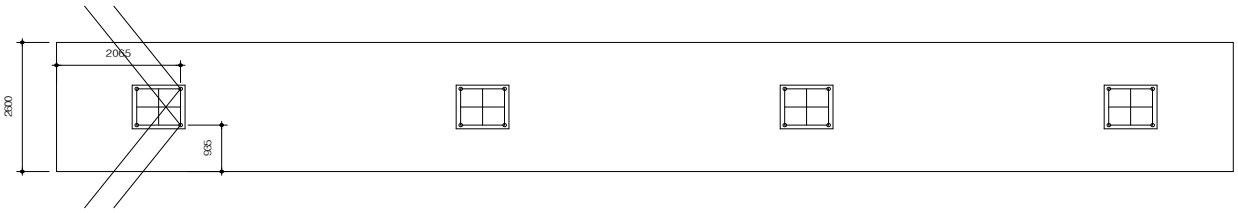
C_{a2}' = 935 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 730 mm $1.5C_{a1}$ = 3,098 mm

S_T = 730 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 3,000 mm h_a=min[h_{cop}, $1.5C_{a1}$] = 3,000 mm

투영길이 = 2,600 mm



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

1면	C_{a1}	=	2,065	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm
2면	C_{a2}'	=	935	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm
3면	h_{cop}	=	3,000	mm	<	$1.5C_{a1}$	=	3,098	mm

- 3면이 가장자리의 영향을 받으므로 하중작용방향으로 연단거리 재산정

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5,\ h_a/1.5,\ S_{ay}/3)$ = 2,000 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,000 mm

$\therefore$ C_{a1} = 2,000 mm $1.5C_{a1}$ = 3,000 mm

A_{vc} = 7,800,000 mm^2

$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2{,}000^2$ = 18,000,000 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco} = 7{,}800{,}000 < 2 \times 18{,}000{,}000$ = 36,000,000 mm^2

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

$= 0.6 \left(\frac{550}{160}\right)^{0.2} \times \sqrt{160} \times \sqrt{24} \times 2{,}000^{1.5}$

= 4,257.07 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.794 $\Phi_{h,v}$ = 1.016

$l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a]$ = 550 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$= \frac{7{,}800{,}000}{18{,}000{,}000} \times 0.794 \times 1.400 \times 1.016 \times 4257$ = 2,082 kN

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교축방향:	$F_{AC,DL}$	=	1,496	X	4	=	5,985 kN
교직방향:	$F_{AC,DT}$	=	7,468	X	1	=	7,468 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{15,283}{5,985} = 2.554 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{2,082}{7,468} = 0.279 < 1.0$ **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

h_{ef} ≥ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

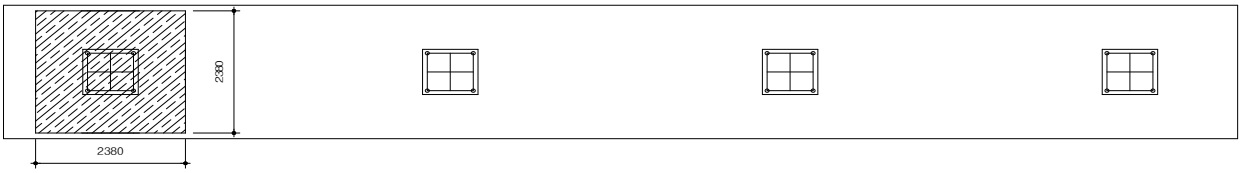
$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{5/3}$ $(280<h_{ef}<635)$ $N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\, h_{ef}^{1.5}$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	1,665	mm	S_L	=	730	mm
C_{a1}'	=	1,665	mm	S_T	=	730	mm
C_{a2}	=	1,335	mm	S_{ax}	=	4,667	mm
C_{a2}'	=	1,335	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	550	mm	h_{ef}'	=	550	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	825.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,650.0	mm



h_{ef} = 550 mm

A_{nc} = 5,664,400 mm^2 (투영면적 산정; 삽도참조)

A_{nco} = $9h_{ef}^2$ = 2722500 mm^2

check A_{nc} < n A_{nco} = 5,664,400 < 4 X 2,722,500 = 10,890,000 mm^2

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

N_b = $10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5}$ = 631.90 kN

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

$$= \frac{5,664,400}{2,722,500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1,643 \text{ kN}$$

k_{cp} = 2

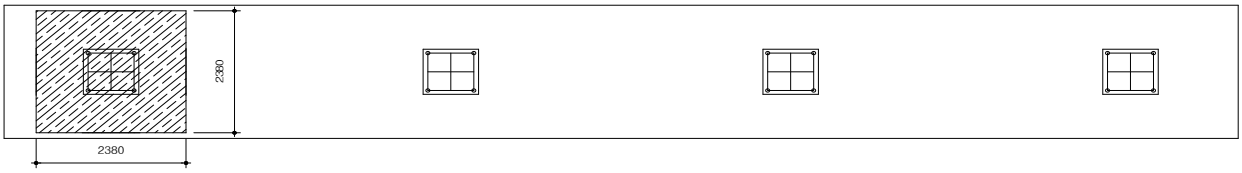
$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg}$ = 2 X 1,643 = 3,287 kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 3,287 / 1 = 3,287 kN

② 교직방향

C_{a1}	= 2,065 mm		S_L	= 730 mm	
C_{a1}'	= 2,000 mm		S_T	= 730 mm	
C_{a2}	= 935 mm		S_{ax}	= 4,667 mm	
C_{a2}'	= 935 mm		S_{ay}	= 0 mm	
h_{ef}	= 550 mm		h_{ef}'	= 550 mm (유효묻힘깊이)	
$1.5h_{ef}$	= 825.0 mm		$1.5h_{ef}'$	= 825.0 mm	
$2x1.5h_{ef}$	= 1,650.0 mm		$2x1.5h_{ef}'$	= 1,650.0 mm	



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

1면	C_{a1}	=	2,000	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
2면	C_{a2}	=	935	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
3면	C_{a2}'	=	935	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	825.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	5,397	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,650.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left\{\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right\}$$

$$= \max\left\{\frac{\max\{2000, 935, 935\}}{1.5}, \frac{\max\{(730+4667), 0\}}{3}\right\}$$

$$= \max\left\{\frac{2{,}000}{1.5}, \frac{5{,}397}{3}\right\}$$

$$= 1{,}799 \text{ mm}$$

$\therefore$ h_{ef} = 550 mm

A_{nc} = 5,664,400 mm^2 (투영면적 산정; 삽도참조)

A_{nco} = $9h_{ef}^2$ = 2,722,500 mm^2

check $A_{nc} < n\ A_{nco}$ = 5,664,400 < 4 X 2,722,500 = 10,890,000 mm

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

N_b = $10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5}$ = 631.90 kN

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

$$= \frac{5{,}664{,}400}{2{,}722{,}500} \times 1.000 \times 1.250 \times 631.9 = 1{,}643 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 1643 = 3{,}287$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 3,287 / 1 = 3,287 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교축방향: F_{ASDL} = 1,496 kN

교직방향: F_{ASDT} = 7,468 kN

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} = \frac{3{,}287}{1{,}496} = 2.197 > 1.0$ OK

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{3{,}287}{7{,}468} = 0.440 < 1.0$ **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	9,800	5,985	1.637	OK
		교직	4,000	7,468	0.536	**NG**
	앵커볼트	교축	11,066	1,496	7.396	OK
		교직	11,066	7,468	1.482	OK
	콘크리트	교축	15,283	5,985	2.554	OK
		교직	2,082	7,468	0.279	**NG**
	프라이아웃	교축	3,287	1,496	2.197	OK
		교직	3,287	7,468	0.440	**NG**

10. 받침부 평가 (교각, 교대)

10.3 교대 A1

10.3.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교직방향

f_B = 1,500.00 kN

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

- 교직방향

F_{BC} = 1,500.00 X 1 = 1,500.00 kN

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교직방향

F_{BD} = $[V]_{comb,Top}$ = 2,228.64 kN

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{1,500.00}{2,228.64} = 0.673 < 1.0 \quad \textbf{NG}$$

10.3.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	=	540	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	=	540	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	=	105	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	=	42	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	=	360	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	=	450	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	=	450	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격

n =	4	ea	앵커 개수	
받침부 콘크리트 강도	f_{ck} =	24	MPa	
앵커의 유효단면적	A_{se} =	1385	mm^2	
앵커의 인장강도	f_{uta} =	860	MPa	
앵커의 유효 묻힘길이	h_{ef} =	360	mm	
교대부 깊이	h_{cop} =	5646	mm	

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도 V_{sa}

V_{sa} = n 1.0 A_{se} f_{uta} n : 앵커갯수

교직방향: V_{saT} = 4 X 1 X 1,385 X 860 = 4,766 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 2228.64 / 1 = 2,229 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{4,766}{2,229}$ = 2.138 > 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

$C_{a2} \geq 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 1.0$ $C_{a2} < 1.5C_{a1}$, $\Phi_{ed,v} = 0.7+0.3* C_{a2}/1.5C_{a1}$

$\Phi_{c,v}$: 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 콘크리르 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

② 교직방향

C_{a1} = 2,535 mm

C_{a1}' = 2,535 mm

C_{a2} = 540 mm

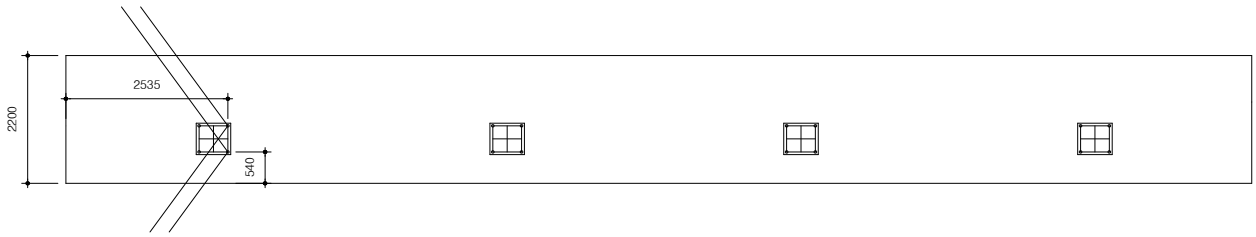
C_{a2}' = 540 mm $\sum S_i$ = 0 mm

S_L = 450 mm $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

S_T = 450 mm S_{ay} = 0 mm

h_{cop} = 5,646 mm $h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}]$ = 3,803 mm

투영길이 = 2,200 mm



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

1면 C_{a1} = 2,535 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

2면 C_{a2}' = 540 mm < $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

3면 h_{cop} = 5,646 mm > $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

- 연단거리 재산정 불필요

$C_{a1}' = \max(C_{a2}/1.5, h_a/1.5, S_{ay}/3]$ = 2,535 mm

$1.5C_{a1}'$ = 3,803 mm

∴ C_{a1} = 2,535 mm $1.5C_{a1}$ = 3,803 mm

A_{vc} = 8,365,500 mm^2

$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2{,}535^2$ = 28,918,013 mm^2

check $A_{vc} < n\ A_{vco}$ = 8,365,500 < 2 X 28,918,013 = 57,836,025 mm^2

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

$$= \quad 0.6 \quad \left(\frac{360}{105}\right)^{0.2} \quad X \quad \sqrt{} \quad 105 \quad X \quad \sqrt{} \quad 24 \quad X \quad 2{,}535^{1.5}$$

= 4,918.60 kN

$\Phi_{ed,v}$ = 0.743 $\Phi_{h,v}$ = 1.000

l_e = MIN[h_{ef}, 8d_a] = 360 mm

$V^T_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$

$$= \frac{8{,}365{,}500}{28{,}918{,}013} \quad X \quad 0.743 \quad X \quad 1.400 \quad X \quad 1.000 \quad X \quad 4{,}919 \quad = \quad 1{,}479 \quad \text{kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

교직방향: $F_{AC,DT}$ = 2,229 X 1 = 2,229 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{1{,}479}{2{,}229}$ = 0.664 < 1.0 **NG**

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

k_{cp} : 콘크리트 프라이아웃 강도계수 h_{ef} < 65mm 인 경우 k_{cp} = 1

h_{ef} ≥ 65mm 인 경우 k_{cp} = 2

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

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

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

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

$\phi_{ed,N}$: 연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수

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

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

N_b : 인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도N

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

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

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

② 교직방향

C_{a1}	=	2,535	mm	S_L	=	450	mm
C_{a1}'	=	2,535	mm	S_T	=	450	mm
C_{a2}	=	540	mm	S_{ax}	=	2,050	mm
C_{a2}'	=	540	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	360	mm	h_{ef}'	=	360	mm (유효묻힘깊이)
$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	540.0	mm
$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm	$2x1.5h_{ef}'$	=	1,080.0	mm



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

1면	C_{a1}	=	2,535	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
2면	C_{a2}	=	540	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
3면	C_{a2}'	=	540	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	540.0	mm
4면	S_T+S_{ax}	=	2,500	mm	>	$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2x1.5h_{ef}$	=	1,080.0	mm

- 앵커의 유효묻힘깊이 hef 재산정 불필요

$$h_{ef}' = \max\left[\frac{\max\{C_{a1}, C_{a2}, C_{a2}'\}}{1.5}, \frac{\max\{(S_T+S_{ax}), S_{ay}\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{\max\{2535, 540, 540\}}{1.5}, \frac{\max\{(450+2050), 0\}}{3}\right]$$

$$= \max\left[\frac{2,535}{1.5}, \frac{2,500}{3}\right]$$

$$= 1,690 \text{ mm}$$

$\therefore \quad h_{ef} = 360 \text{ mm}$

$A_{nc} = 2{,}340{,}900 \text{ mm}^2$ (투영면적 산정; 삽도참조)

$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 1{,}166{,}400 \text{ mm}^2$

check $A_{nc} < n\ A_{nco} = 2{,}340{,}900 < 4 \times 1{,}166{,}400 = 4{,}665{,}600$ mm

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

$N_b = 10\sqrt{f_{ck}}\ h_{ef}^{1.5} = 334.63$ kN

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

$$= \frac{2{,}340{,}900}{1{,}166{,}400} \times 1.000 \times 1.250 \times 334.6 = 839 \text{ kN}$$

$k_{cp} = 2$

$V_{cpg}=k_{cp}*N_{cbg} = 2 \times 839 = 1{,}679$ kN

- 받침 1기당 보유성능

V_{cpg} / N (받침개수) = 1,679 / 1 = 1,679 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 F_{ASD}

교직방향: F_{ASDT} = 2,229 kN

3) 평가

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{1,679}{2,229} =$ 0.753 < 1.0 **NG**

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교직	1,500	2,229	0.673	**NG**
	앵커볼트	교직	4,766	2,229	2.138	OK
	콘크리트	교직	1,479	2,229	0.664	**NG**
	프라이아웃	교직	1,679	2,229	0.753	**NG**

11. 기초부 평가

- 지진력 산정

▶ 교축 및 교축직각방향의 탄성지진력과 교각의 단면강도를 비교하여 작은것을 지진하중으로 하고 이 하중을 기본으로 하여 기초부에 요구되는 소요성능을 산정하였다.

(1) **P1**

- 기초부 교축방향

- M^{L}_{E} = Min [M^{L}_{n} , $M^{L}_{E,comb}$] = Min [30,546 , 5,846]
  = 5,846 kN·m

- V^{L}_{E} = Min [V^{L}_{n} , $V^{L}_{E,comb}$] = Min [3,967 , 914]
  = 914 kN

- 기초부 교직방향

- M^{T}_{E} = Min [M^{T}_{n} , $M^{T}_{E,comb}$] = Min [30,539 , 8,328]
  = 8,328 kN·m

- V^{T}_{E} = Min [V^{T}_{n} , $V^{T}_{E,comb}$] = Min [8,841 , 3,470]
  = 3,470 kN

1) 교축방향 지진력

- 교각하단의 작용력

  - 연직력 : N = 10,338 × 2 = 20,676 kN
  - 수평력 : H = 914 × 2 = 1,828 kN
  - 모멘트 : M = 5,846 × 2 = 11,693 kN·m

2) 교축직각방향 지진력

- 교각하단의 작용력
  - 연직력 : N = 10,338 × 2 = 20,676 kN
  - 수평력 : H = 3,470 × 2 = 6,939 kN
  - 모멘트 : M = 8,328 × 2 = 16,655 kN·m

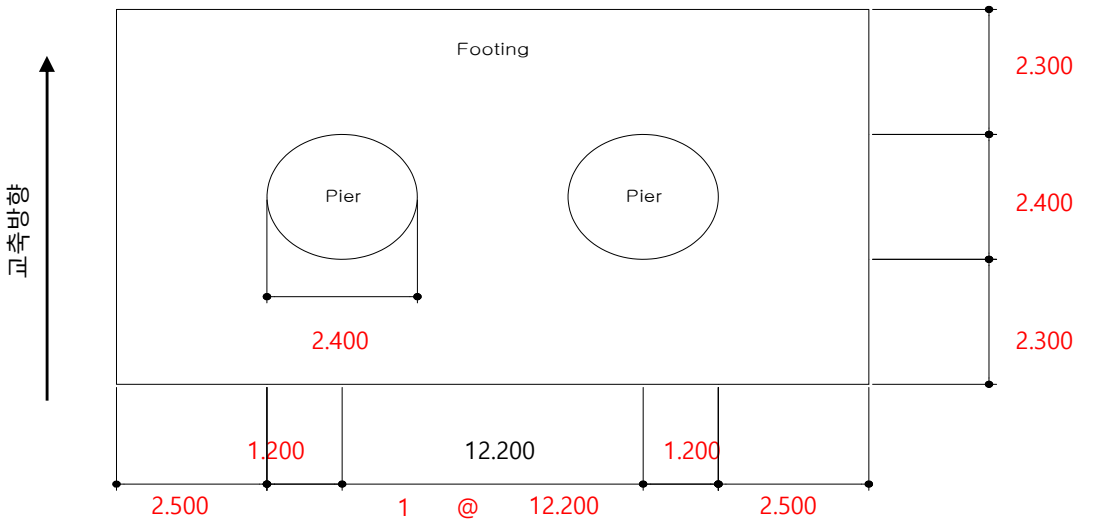
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	20,676	1,828	11,693	
교축직각방향	20,676	6,939	16,655	

11. 기초부 평가

11.1 교각 1

11.1.1 검토조건



B = 7.000 m L = 19.600 m h = 2.500 m

11.1.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
β·λ	0.711	<	1.000	강체취급

β	=	$\sqrt[4]{((3\times k)/(E\times h^3))}$	=	0.145	m^{-1}
k	=	$K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	=	59754	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	=	Max[l,b]	=	4.900	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
교축	$e_L = M_L / V$ =	0.487	≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V$ =	1.018	≤ 7.840	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. (e < B×0.4)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$Bf' = Bf - 2\times e_L$ = 6.026 m

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$Lf' = Lf - 2\times e_T$ = 17.563 m

- 기초의 근입깊이, Df = 4.200 m

- 근입지반의 단위중량, γ_1 = 19.000 kN/m^3

- 지지지반의 단위중량, γ_2 = 23.000 kN/m^3

- 지지지반의 점착력, c = 0

- 지지지반의 내부마찰각, Φ = 35 °

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Bf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	6.349 MPa
교축직각	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Lf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	12.174 MPa

형상계수, α = 1.107 β = 0.464

Nc = 57.8 Nq = 41.4 Nr = 47.3

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Bf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	6.688 MPa
교축직각	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Lf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	22.080 MPa

여기서, $Kp=\tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.690

교축방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.253

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.127

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 3.151

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 2.076

교축방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.268

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.134

교축직각방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.092

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.046

경사계수, $i_c=i_q=(1-\beta/90)^2$ = 1.000

$i_r=(1-\beta/\Phi)^2$ = 1.000

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Bf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	5.915 MPa
교축직각	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Lf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	12.863 MPa

여기서는 경사계수 미고려

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

교축방향 형상계수, $s_c=1+Bf'/Lf' \times Nq/Nc$ = 1.248

$s_r=1-0.4 \times Bf'/Lf' \geq 0.6$ = 0.863

$s_q=1+Bf'/Lf' \times \tan\Phi$ = 1.240

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+Lf'/Bf' \times Nq/Nc$ = 3.105

$s_r=1-0.4 \times Lf'/Bf' \geq 0.6$ = 0.600

$s_q=1+Lf'/Bf' \times \tan\Phi$ = 3.041

교축방향 깊이계수, (Df≤Bf')

$d_c = 1+0.4 \times Df/Bf'$ = 1.279

$d_r = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times Df/Bf'$ = 1.177

$d_q = 1$ = 1.000

교축직각방향 깊이계수, (Df≤Lf')

$d_c = 1+0.4 \times Df/Lf'$ = 1.096

$d_r = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times Df/Lf'$ = 1.061

$d_q = 1$ = 1.000

지반계수(수평지반),

$g_c = 1-\psi^\circ/147^\circ$ = 1.000

$g_r = g_q = (1-0.5\tan\psi^\circ)^5$ = 1.000

기초계수(수평지반),

$g_c = 1-\eta^\circ/147^\circ$ = 1.000

$b_r = \exp(-2.7 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

$b_q = \exp(-2 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교축	6.349 MPa	6.688 MPa	5.915 MPa	**5.915 MPa**
교축직각	12.174 MPa	22.080 MPa	12.863 MPa	**12.174 MPa**

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교축	작용폭	$x_L=3\times(B/2-e_L)=$ 9.039 > 7.000	사다리꼴 분포
	지반반력	qmax,min = $(V/L/B)\pm(6\times ML/L/B^2)$	qmax = 0.345 MPa
			qmin = 0.142 MPa
교축직각	작용폭	$x_T=3\times(L/2-e_T)=$ 26.345 > 19.600	사다리꼴 분포
	지반반력	qmax,min = $(V/B/L)\pm(6\times MT/B/L^2)$	qmax = 0.319 MPa
			qmin = 0.167 MPa

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	qu / qa = 17.145 ≥ 2.000	O.K
교축직각	qu / qa = 38.134 ≥ 2.000	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	Hc / H_L = 10.960 ≥ 1.200	O.K
교축직각	Hc / H_T = 2.887 ≥ 1.200	O.K

여기서,

전단저항력, $Hc = c_B\times A'+V\times\tan\Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력, c_B = 0

기초저면과 지반과의 마찰계수, $\tan\Phi_B$ = 0.6

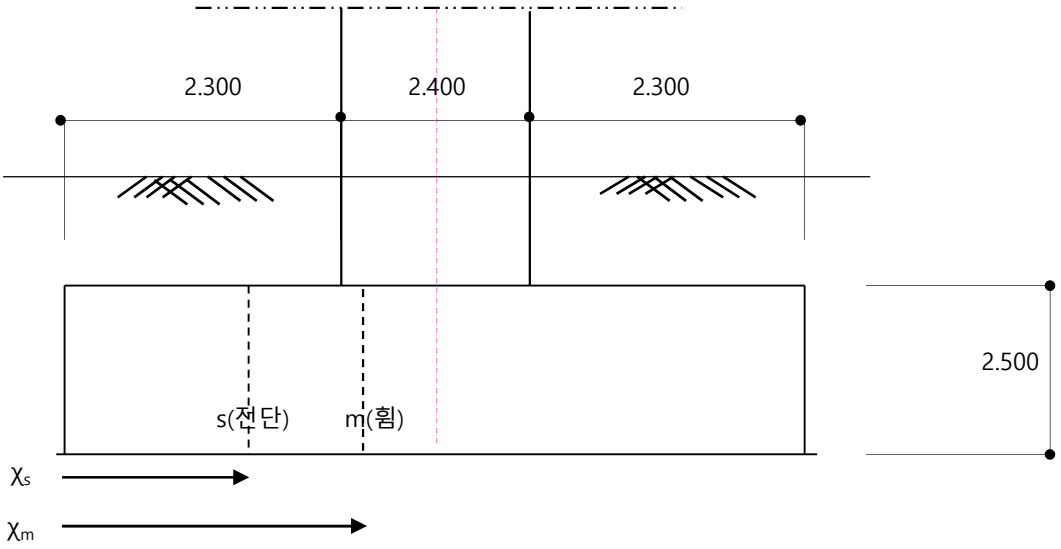
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	χ_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2	2.437 m
전단	χ_s = 2.437 - 2.400/2	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	qm = ((qmax-qmin)×(χ_L-χ_m)/χ_L)+qmin	0.290 MPa
전단	qs = ((qmax-qmin)×(χ_L-χ_s)/χ_L)+qmin	0.317 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초}$ = h×χ_m×L×γ_c×l	3636 kN·m
	$V_{기초}$ = h×χ_s×L×γ_c	1515 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재}$ = h'×χ_m×L×γ_t×l	1879 kN·m
	$V_{상재}$ = h'×χ_s×L×γ_t	783 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반}$ = [qm×χ_m^2/2 + (qmax-qm)/2×2χ_m^2/3]×L	19008 kN·m
	$V_{지반}$ = (qs×χ_s + (qmax-qs)/2×χ_s)×L	8024 kN
기초의 단면력	Mu = $M_{지반}$-$M_{기초}$-$M_{상재}$	13492 kN·m
	Vu = $V_{지반}$-$V_{기초}$-$V_{상재}$	5726 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	56209	≥	13492	O.K
전단	ΦVn	=	38408	≥	5726	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	19600	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 156 ea

As = 79045 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 59.3 mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 38408 kN

(b) 교축직각방향

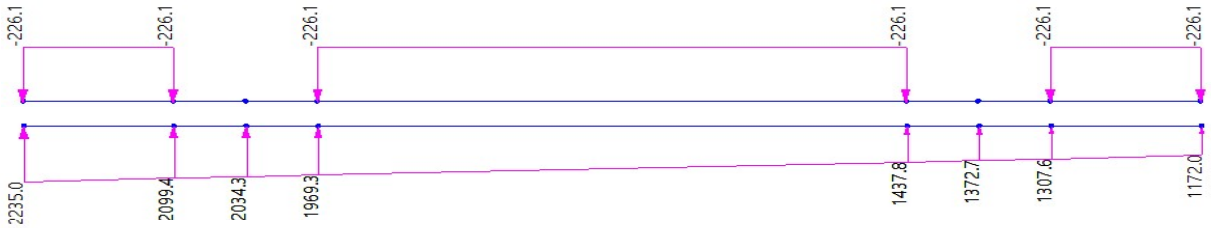
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	qmax,min = (V/B/L)±(6×MT/B/L²)	사다리꼴 분포	2235 kN/m
Qmin			1172 kN/m

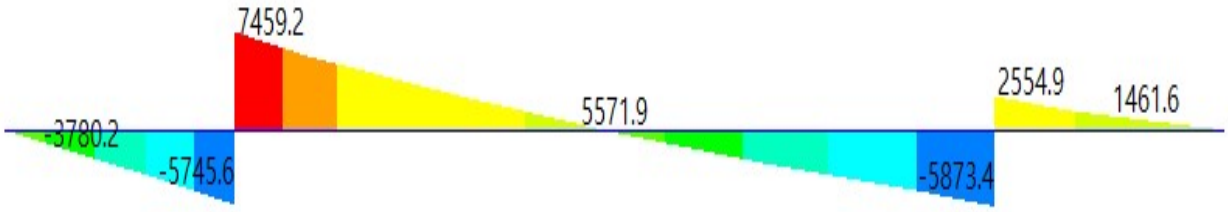
② 구조해석 모델링



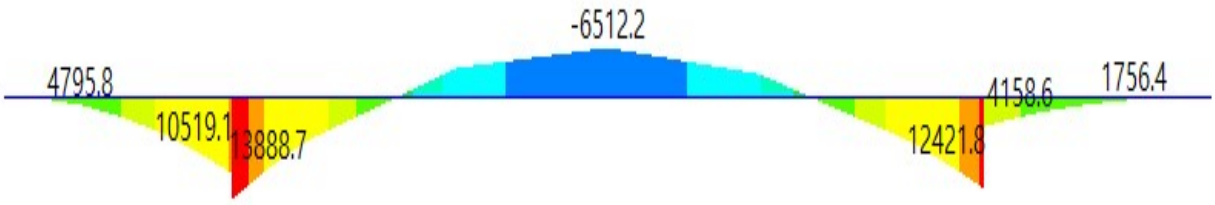
③ 하중재하도



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 = 13889	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 7459	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	19465	≥	13889	O.K
전단	ΦVn	=	13717	≥	7459	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	7000	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 54 ea

As = 27362 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 57.5 mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 13717 kN

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	0.487	5.749	O.K
		교축직각	7.840	1.018	7.699	O.K
	지지력	교축	17.145	2.000	8.573	O.K
		교축직각	38.134	2.000	19.067	O.K
	활동	교축	10.960	1.200	9.133	O.K
		교축직각	2.887	1.200	2.406	O.K
단면 검토	휨	교축	56209	13492	4.166	O.K
		교축직각	19465	13889	1.401	O.K
	전단	교축	38408	5726	6.707	O.K
		교축직각	13717	7459	1.839	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) **P2**

- 기초부 교축방향

- M^{L}_{E} = Min [M^{L}_{n} , $M^{L}_{E,comb}$] = Min [31,422 , 43,864]
  = 31,422 kN·m

- V^{L}_{E} = Min [V^{L}_{n} , $V^{L}_{E,comb}$] = Min [2,993 , 4,467]
  = 2,993 kN

- 기초부 교직방향

- M^{T}_{E} = Min [M^{T}_{n} , $M^{T}_{E,comb}$] = Min [31,430 , 15,495]
  = 15,495 kN·m

- V^{T}_{E} = Min [V^{T}_{n} , $V^{T}_{E,comb}$] = Min [8,283 , 4,078]
  = 4,078 kN

1) 교축방향 지진력

- 교각하단의 작용력

  - 연직력 : N = 11,852 × 2 = 23,705 kN
  - 수평력 : H = 2,993 × 2 = 5,985 kN
  - 모멘트 : M = 31,422 × 2 = 62,844 kN·m

2) 교축직각방향 지진력

- 교각하단의 작용력
  - 연직력 : N = 11,852 × 2 = 23,705 kN
  - 수평력 : H = 4,078 × 2 = 8,156 kN
  - 모멘트 : M = 15,495 × 2 = 30,991 kN·m

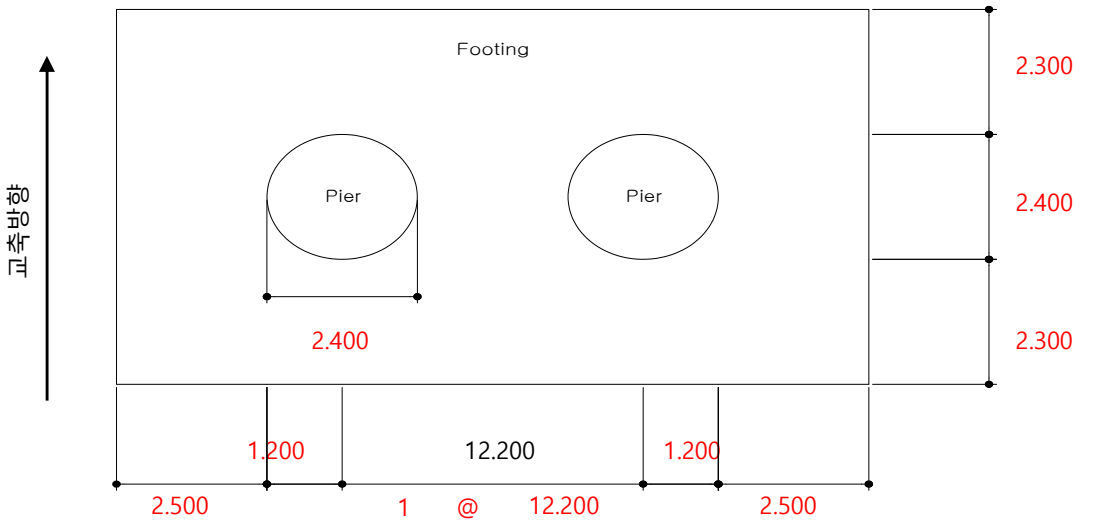
3) 기초 하단 지진력

구 분	연직력 N(kN)	수평력 H(kN)	모멘트 M(kN·m)	비 고
교 축 방 향	23,705	5,985	62,844	
교축직각방향	23,705	8,156	30,991	

11. 기초부 평가

11.2 교각 2

11.2.1 검토조건



B = 7.000 m L = 19.600 m h = 2.500 m

11.2.2 내진성능평가

1) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
β·λ	0.711	<	1.000	강체취급

β	=	$\sqrt[4]{((3\times k)/(E\times h^3))}$	=	0.145	m^{-1}
k	=	$K_V = K_{V0} \times (B_V / 0.3)^{-3/4}$	=	59754	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	=	Max[l,b]	=	4.900	m

2) 안정성 검토

(a) 전도에 대한 안정성 검토

① 전도에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
교축	$e_L = M_L / V$ =	2.122	≤ 2.800	O.K
교축직각	$e_T = M_T / V$ =	1.401	≤ 7.840	O.K

※ 지진시 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭×0.4 이내에 있어야 한다. (e < B×0.4)

(b) 지지력에 대한 안정성 검토

① 극한지지력 산정에 필요한 공통사항

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭,

$Bf' = Bf - 2\times e_L$ = 2.756 m

- 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하길이,

$Lf' = Lf - 2\times e_T$ = 16.797 m

- 기초의 근입깊이, Df = 4.300 m

- 근입지반의 단위중량, γ_1 = 19.000 kN/m^3

- 지지지반의 단위중량, γ_2 = 23.000 kN/m^3

- 지지지반의 점착력, c = 0

- 지지지반의 내부마찰각, Φ = 35 °

② Terzaghi 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Bf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	4.777 MPa
교축직각	$qu = \alpha\times c\times Nc + \beta\times\gamma_2\times Lf'\times Nr + \gamma_1\times Df\times Nq$	11.866 MPa

형상계수, α = 1.107 β = 0.464

Nc = 57.8 Nq = 41.4 Nr = 47.3

③ Meyerhof 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Bf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	5.375 MPa
교축직각	$qu = c\cdot Nc\cdot s_c\cdot d_c\cdot i_c + 0.5\cdot\gamma_2\cdot Lf'\cdot Nr\cdot s_r\cdot d_r\cdot i_r + \gamma_1\cdot Df\cdot Nq\cdot s_q\cdot d_q\cdot i_q$	33.773 MPa

여기서, $Kp=\tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.690

교축방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.121

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Bf'/Lf'$ = 1.061

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+0.2\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 5.499

$s_r=s_q=1+0.1\times Kp\times Lf'/Bf'$ = 3.249

교축방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.600

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Bf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.300

교축직각방향 깊이계수, $d_c=1+0.2\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.098

$d_r=d_q=1+0.1\times Df'/Lf'\times\sqrt{Kp}$ = 1.049

경사계수, $i_c=i_q=(1-\beta/90)^2$ = 1.000

$i_r=(1-\beta/\Phi)^2$ = 1.000

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

④ Hansen 제안식에 의한 지반의 극한지지력(qu) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교축	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Bf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	#NAME?
교축직각	$qu = c \cdot Nc \cdot s_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_2 \cdot Lf' \cdot Nr \cdot s_r \cdot d_r \cdot g_r \cdot b_r + \gamma_1 \cdot Df \cdot Nq \cdot s_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q$	18.926 MPa

여기서는 경사계수 미고려

Nc = 46.1 Nq = 33.3 Nr = 37.2

교축방향 형상계수, $s_c=1+Bf'/Lf' \times Nq/Nc$ = 1.118

$s_r=1-0.4 \times Bf'/Lf' \geq 0.6$ = 0.934

$s_q=1+Bf'/Lf' \times \tan\Phi$ = 1.115

교축직각방향 형상계수, $s_c=1+Lf'/Bf' \times Nq/Nc$ = 5.403

$s_r=1-0.4 \times Lf'/Bf' \geq 0.6$ = 0.600

$s_q=1+Lf'/Bf' \times \tan\Phi$ = 5.268

교축방향 깊이계수, (Df>Bf')

$d_c = 1+0.4 \times \cot(Df/Bf')$ = #NAME?

$d_r = 1$ = 1.000

$d_q = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times \cot(Df/Bf')$ = #NAME?

교축직각방향 깊이계수, (Df≤Lf')

$d_c = 1+0.4 \times Df/Lf'$ = 1.102

$d_r = 1+2 \times \tan\Phi \times (1-\sin\Phi)^2 \times Df/Lf'$ = 1.065

$d_q = 1$ = 1.000

지반계수(수평지반),

$g_c = 1-\psi^\circ/147^\circ$ = 1.000

$g_r = g_q = (1-0.5\tan\psi^\circ)^5$ = 1.000

기초계수(수평지반),

$g_c = 1-\eta^\circ/147^\circ$ = 1.000

$b_r = \exp(-2.7 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

$b_q = \exp(-2 \times \eta \times \tan\Phi)$ = 1.000

⑤ 지반의 극한지지력(qu) 산정결과

구분	Terzaghi	Meyerhof	Hansen	최소값 적용
교축	4.777 MPa	5.375 MPa	#NAME?	**#NAME?**
교축직각	11.866 MPa	33.773 MPa	18.926 MPa	**11.866 MPa**

⑥ 지반반력 산정

구 분	구 분	계 산 과 정	결 과
교축	작용폭	$x_L=3\times(B/2-e_L)=$ 4.133 ≤ 7.000	삼각형 분포
	지반반력	qmax = (2×V)/(L×xL)	qmax = 0.905 MPa
			qmin = 0.000 MPa
교축직각	작용폭	$x_T=3\times(L/2-e_T)=$ 25.196 > 19.600	사다리꼴 분포
	지반반력	qmax,min = (V/B/L)±(6×MT/B/L²)	qmax = 0.382 MPa
			qmin = 0.153 MPa

⑦ 지지력에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
교축	qu / qa =	#NAME?	#NAME? 2.000	#NAME?
교축직각	qu / qa =	31.073	≥ 2.000	O.K

(c) 활동에 대한 안정성 검토

구 분	계 산 과 정			결 과
교축	Hc / H_L =	3.675	≥ 1.200	O.K
교축직각	Hc / H_T =	2.697	≥ 1.200	O.K

여기서,

전단저항력, $Hc = c_B\times A'+V\times\tan\Phi_B$

기초저면과 지반의 부착력, c_B = 0

기초저면과 지반과의 마찰계수, $\tan\Phi_B$ = 0.6

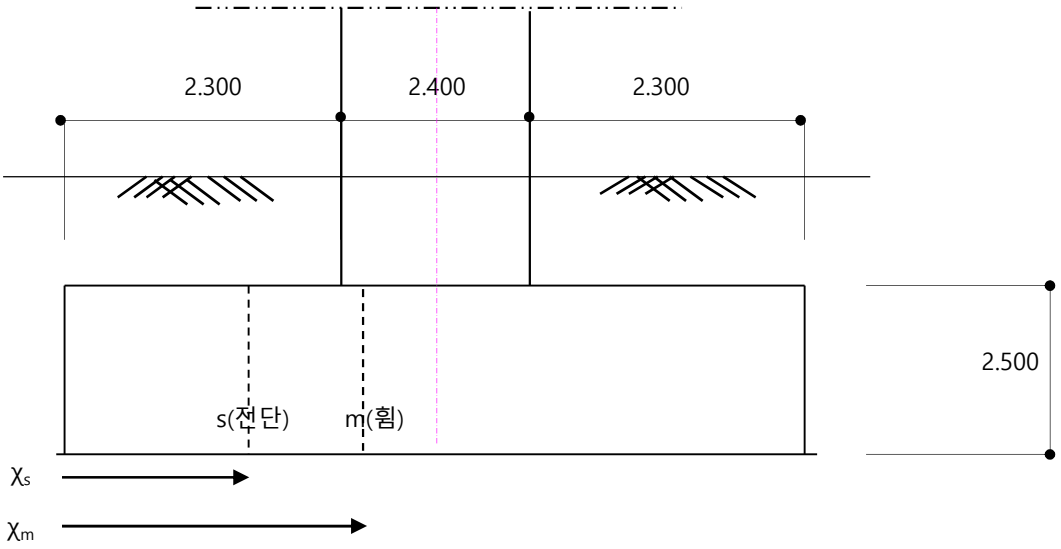
3) 단면 검토

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	χ_m = 2.300 + (2.400 - 2.127)/2	2.437 m
전단	χ_s = 2.437 - 2.400/2	1.237 m

② 교축방향 위험단면



③ 위험단면에서의 반력크기

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$qm = ((qmax-qmin)\times(\chi_L-\chi_m)/\chi_L)+qmin$	0.372 MPa
전단	$qs = ((qmax-qmin)\times(\chi_L-\chi_s)/\chi_L)+qmin$	0.634 MPa

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{기초} = h\times\chi_m\times L\times\gamma_c\times l$	3636 kN·m
	$V_{기초} = h\times\chi_s\times L\times\gamma_c$	1515 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{상재} = h'\times\chi_m\times L\times\gamma_t\times l$	1990 kN·m
	$V_{상재} = h'\times\chi_s\times L\times\gamma_t$	829 kN
지반반력에 의한 단면력	$M_{지반} = [qm\times\chi_m^2/2 + (qmax-qm)/2\times2\chi_m^2/3]\times L$	42311 kN·m
	$V_{지반} = (qs\times\chi_s + (qmax-qs)/2\times\chi_s)\times L$	18655 kN
기초의 단면력	$Mu = M_{지반}-M_{기초}-M_{상재}$	36685 kN·m
	$Vu = V_{지반}-V_{기초}-V_{상재}$	16311 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	56209	≥	36685	O.K
전단	ΦVn	=	38408	≥	16311	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	19600	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 156 ea

As = 79045 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 59.3 mm

- 전단 검토

ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 38408 kN

(b) 교축직각방향

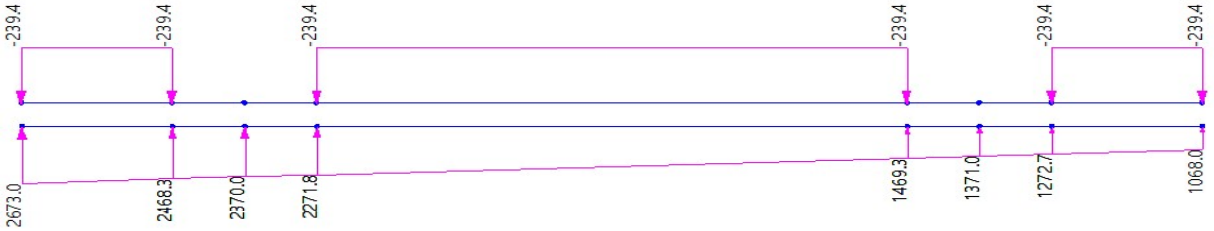
① 작용 지반반력

구 분	계 산 과 정		결 과
Qmax	qmax,min = (V/B/L)±(6×MT/B/L²)	사다리꼴 분포	2673 kN/m
Qmin			1068 kN/m

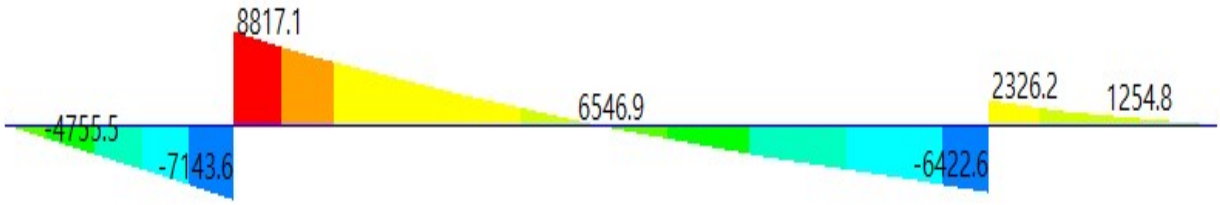
② 구조해석 모델링



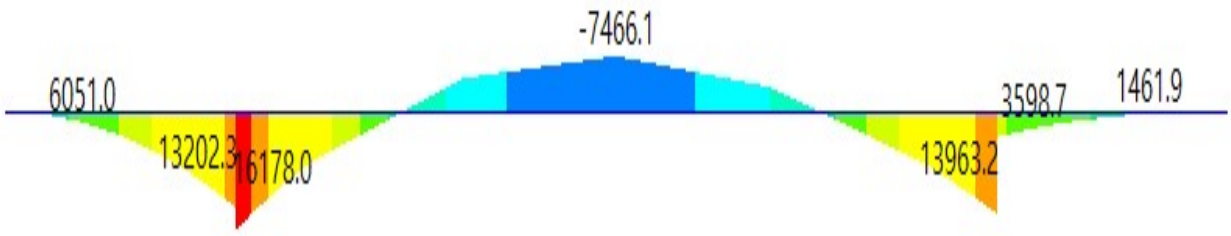
③ 하중재하도



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 = 16178	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 8817	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정					결 과
휨	ΦMn	=	19465	≥	16178	O.K
전단	ΦVn	=	13717	≥	8817	O.K

ΦMn = Φ×As×fy×(d-a/2)

ΦVn = ΦVc + ΦVs (ΦVc ≥ Vs 이므로, 전단철근 ΦVs 미고려)

fck	=	24	Mpa	fy	=	300	Mpa
b	=	7000	mm	d	=	2400	mm
Φf	=	1.000		Φv	=	1.000	

- 휨 검토 1단 : D 25 - 54 ea

As = 27362 mm²

a = (As×fy)/(0.85×fck×b) = 57.5 mm

- 전단 검토

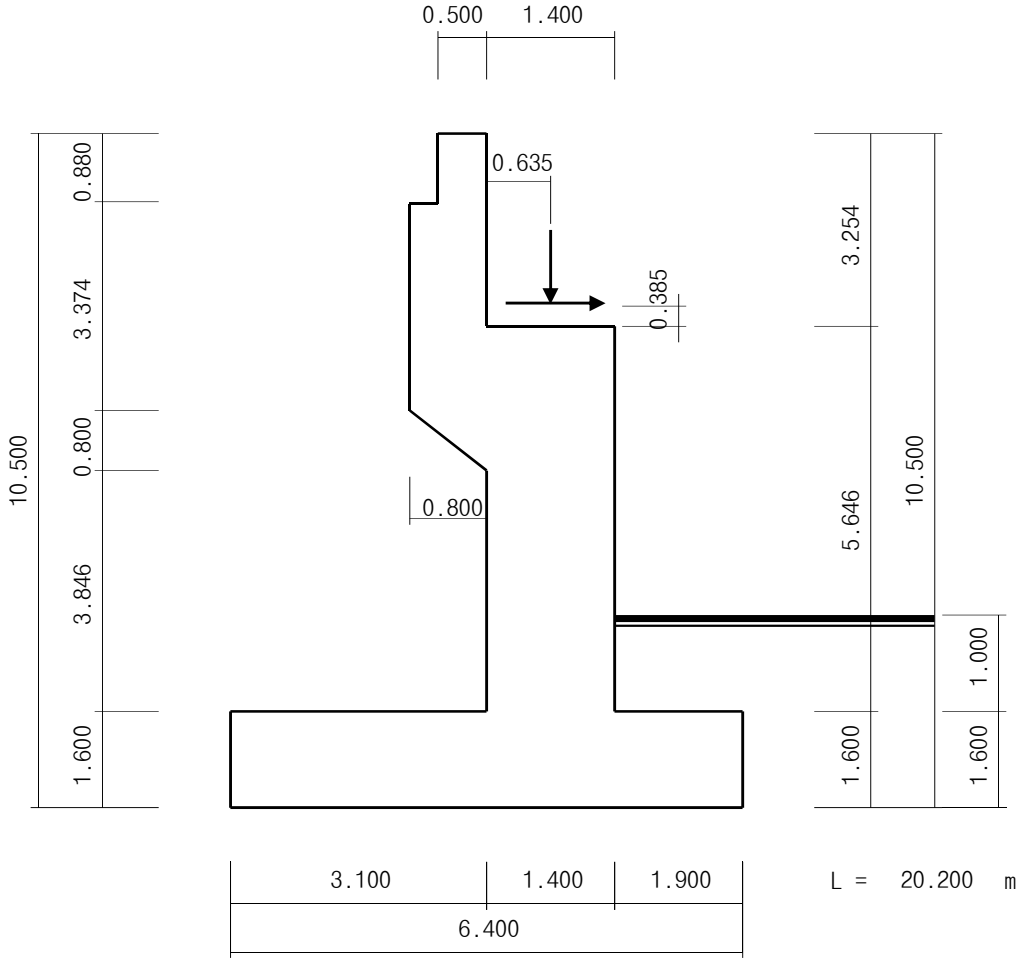
ΦVc = Φ×1/6×√fck×b×d = 13717 kN

4) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	전도	교축	2.800	2.122	1.319	O.K
		교축직각	7.840	1.401	5.594	O.K
	지지력	교축	#NAME?	2.000	#NAME?	#NAME?
		교축직각	31.073	2.000	15.537	O.K
	활동	교축	3.675	1.200	3.063	O.K
		교축직각	2.697	1.200	2.247	O.K
단면 검토	휨	교축	56209	36685	1.532	O.K
		교축직각	19465	16178	1.203	O.K
	전단	교축	38408	16311	2.355	O.K
		교축직각	13717	8817	1.556	O.K

11.6 교대

11.6.1 단면 제원



L = 20.200 m (교축직각방향)

(편구배를 고려한 최대 높이의 단면)

11.6.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (Dc)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 214.564 kN/m

2) 2차 고정하중 반력 (Dw)

- 포장, 방호벽 등 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 46.000 kN/m

3) 상부 지진하중 (EQ)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 수평력 = 13.028 kN/m

11.6.3 구체 지진하중 산출 조건

1) 지진구역계수 : 0.11

2) 위험도 계수 : 1.40

3) 수평지진계수 : 0.077 (A/2 적용)

4) 지반계수(S) : 내진설계에 의해 수평력 산출

11.7 교대

11.7.1 하중조합

① 하중수정 계수 η집계표

하중조합	연성 ηD	여용성 ηR	중요도 ηI	하중수정계수 ηi		
				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)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}}\right]^2}$$

ø : 뒷채움흙의 내부마찰각 = 35.00 °

β : 벽배면과 연직면이 이루는 각 = 0.00 °

δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각 = 0.00 °

ι : 지표면과 수평면이 이루는 각 = 0.00 °

θ : $\tan^{-1}[K_h / (1 - K_v)]$ = 4.403 °

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{\{(\sin 35.0 \times \sin 30.6)/(\cos 4.4 \times \cos 0.0)\}}]^2}$$

= 0.3138

K_{EH} = K_{EH} x cos δ = 0.3138 x cos 0.00 = 0.3138

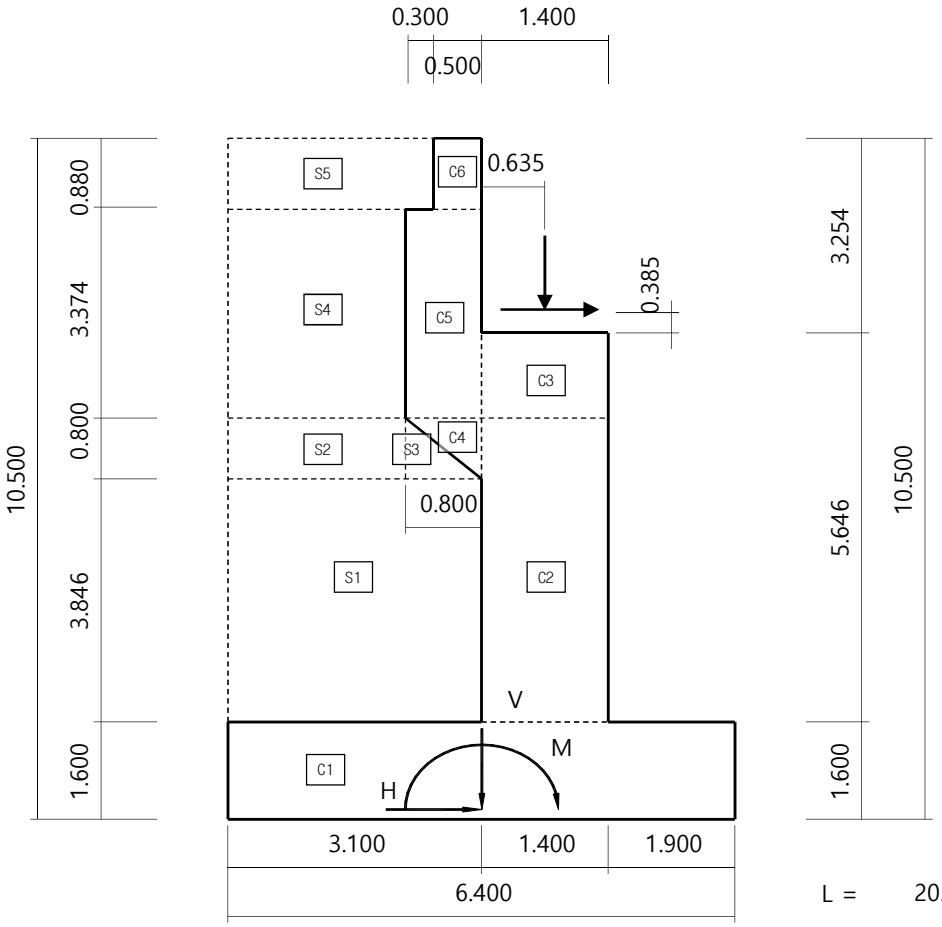
Z1 = 0.000 m ; q1 = 0.3138 x 20.00 x 0.000 = 0.000 kN/m²

Z2 = 10.500 m ; q2 = 0.3138 x 20.00 x 10.500 = 65.898 kN/m²

- Pe = (q1+q2)/2xH=(0.000+65.898)/2x10.500 = 345.965 kN

- Me = Pe x H / 2 = 345.965 x 10.500 / 2 = 1816.316 kN

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



L = 20.200 m (교축직각방향)

(단위 폭당)

구분		A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	10.240	25.00	256.000	0.077	19.712	3.200	0.800	819.200	15.770
	C2	6.504	25.00	162.610	0.077	12.521	2.600	3.923	422.786	49.120
	C3	1.400	25.00	35.000	0.077	2.695	2.600	6.746	91.000	18.180
	C4	0.320	25.00	8.000	0.077	0.616	3.567	5.979	28.533	3.683
	C5	2.699	25.00	67.480	0.077	5.196	3.700	7.933	249.676	41.220
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	3.550	10.060	39.050	8.521
	소계	21.604		540.090		41.587			1650.245	136.493
뒷채움	S1	11.923	20.00	238.452	0.077	18.361	4.850	3.523	1156.492	64.685
	S2	1.840	20.00	36.800	0.077	2.834	5.250	5.846	193.200	16.565
	S3	0.320	20.00	6.400	0.077	0.493	3.833	5.713	24.533	2.815
	S4	7.760	20.00	155.204	0.077	11.951	5.250	7.933	814.821	94.805
	S5	2.288	20.00	45.760	0.077	3.524	5.100	10.060	233.376	35.447
	소계	24.131		482.616		37.161			2422.423	214.317
총 계				1022.706		78.748			4072.668	350.810

11.7.3 안정검토

- CASE1 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

1) 단면력 산정

H=1.0x41.587+1.0x345.965+1.0x37.161+1.0x13.028 = 437.741 kN

V=1.0x(214.564+540.090)+1.0x46.000+1.0x482.616 = 1283.270 kN

Mr=1.0x(214.564x2.665+1,650.245)+1.0x(46.000x2.665)
+1.0x2,422.423 = 4767.072 kN.m

M=1.0x136.493+1.0x1,816.316+1.0x214.317
+1.0x13.028x7.631 = 2266.544 kN.m

2) 전도에 대한 안정

e = B/2 - (Mr-M)/V = 6.400 / 2 - (4,767.072 - 2,266.544) / 1,283.270

= 1.251 m < (4B/10)=4x6.400/10= 2.560 m ∴ O.K

3) 활동에 대한 안정 (최대 수평력에 대해 검토)

Hr = $Q_R = \emptyset Q_n = \emptyset_\tau Q_\tau + \emptyset_{ep} Q_{ep}$ $Q_\tau = V \tan\delta$ $\tan\delta = \tan\emptyset_f$

원지반의내부마찰각ø=√(15xN)+15=√(15x50)+15 = 42.4 °

Hr=1.0xVxtan(ø2/3)=1.0x1,283.270x0.537 = 689.740 kN

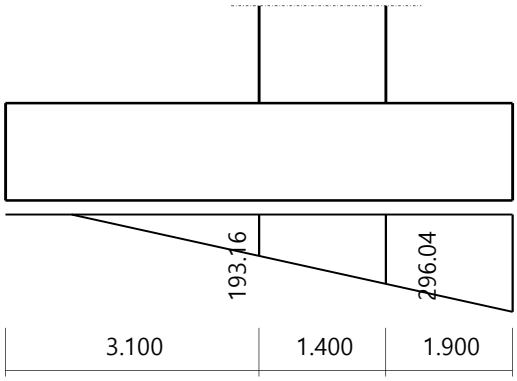
SF=Hr/H=689.740/437.741 = 1.6 > 1.0 ∴ O.K

4) 지반반력 q

q1=V/A(1+6e/B)=1283.270/6.400x(1+6x1.251/6.400) = 435.67 kN/m²

q2=V/A(1-6e/B)=1283.270/6.400x(1-6x1.251/6.400) = -34.65 kN/m²

qmax = 435.67 kN/m² < qa = 2797.1 kN/m² ∴ O.K



원지반의 단위중량 γ1 = 20.0 kN/m³

원지반의 점착력 c = 0.0 kN/m²

근입토의 단위중량 γ2 = 20.0 kN/m³

- 지반의 허용지지력 (기존 자료의 부족으로 아래 식을 적용)

상재하중 q = γ2xDf=20.000x1.600 = 32.000 kN/m²

유효재하폭 B'= B-2e=6.400-2x1.251 = 3.898 m

유효재하면적 A'= LxB'=20.200x3.898 = 78.740 m²

α = 1.0 + 0.3 B/L = 1.0 + 0.3 x 6.400 / 20.200 = 1.095

β = 0.5 - 0.1 B/L = 0.5 - 0.1 x 6.400 / 20.200 = 0.468

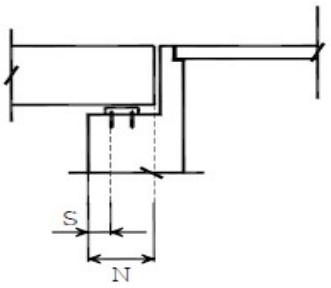
Nc = 97.91 , Nq = 90.36 , Nr = 150.74

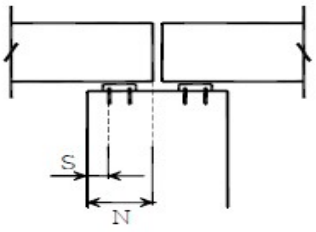
qa = S.F (α c Nc + q Nq + βr1 B' Nr)

= 1/3x(1.095x0.0x97.91+32.0x90.36+0.468x20.0x3.898x150.74)

= 2797.1 kN/m²

12. 지지길이평가





12.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- N_C = 1250.00 mm

2) 소요성능 N_D

- N_D = MAX[응답변위,N_{min}] = MAX [77.00 , 544.51]
  = 544.51 mm
- N_{min}=(200+1.67L+6.66H)*(1+0.000125θ^2) = 544.51 mm
  L = 170.00 m (연속경간장)
  H = 9.1 m (총 교각 유효높이 평균길이)
  θ = 0 ° (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1250}{545} = 2.300 \geq 1.0$ ∴ **O.K**

6. 시설물관리대장 사본

6.1 가천교

시설물관리대장(교량)

시 설 물 번 호	BR2003-0000504
관 리 번 호	동부교량-2
시 설 물 명	가천교

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)

소 유 자 : 대구광역시 전화번호 : 053-791-6080

보 관 자 :

1. 기본현황

시설물번호	관리번호	시설물명	노선		시설물분류			
			구분	세부노선	시설물종류	시설물종별	시설물구분	SOC성능평가대상
BR2003-0000504	동부교량-2	가천교	특별,광역시도	(범안로)	최대경간장 50M이상의 교량(한 경간 교량 제외)	1종	교량	무

주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)				관리주체	관리주체구분				소유자	소유자구분			
					공공			민간		공공			민간
대구광역시	수성구	가천동		대구동부순환도로(주)	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	V	대구광역시	중앙부처	지자체	(국가/지방)공기업	

사업계획 승인일	준공 (사용승인)일	하자담보책임 만료일	2. 상세제원	3. 안점점검 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(가천).jpg 측면(가천).jpg

설계기간	설계자	공사기간	시공자	총공사비(백만원)
1997-11-01 ~ 1998-09-19	(주)도화종합기술공사	1997-10-22 ~ 2002-08-24	코오롱건설(주)	15,725

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(이노발)	대구동부순환도로(주)	대구4차순환도로(범물지구~안심국도간)건설공사	이종언,구본용

기타 기본현황

작성일	작성자	최종 수정일	최종 수정자
2003년 02월 11일	대구동부순환도로(주) (인)	2003년 03월 15일	김병욱

비고	

2. 상세제원

<table>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td colspan="3">교량 시점위치(읍면동리까지 기입)</td><td colspan="3">교량 종점위치(읍면동리까지 기입)</td><td>설계활하중</td><td colspan="2">허용통행하중</td></tr>
<tr><td colspan="2">가천교</td><td colspan="3">대구광역시 수성구 가천동</td><td colspan="3">대구광역시 수성구 가천동</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">43.2 ton</td></tr>
<tr><td colspan="2">연장</td><td colspan="3">폭(m)</td><td colspan="3">차로수</td><td colspan="2" rowspan="2">내진걸계적용여부</td></tr>
<tr><td>길이(m)</td><td>경간수</td><td>최대</td><td>보도</td><td>차도</td><td>계</td><td>상행</td><td>하행</td><td>계</td></tr>
<tr><td>290</td><td>5</td><td>60</td><td>0</td><td>28.9</td><td>28.9</td><td>3</td><td>3</td><td>6</td><td colspan="2">적용</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부구조</td><td colspan="2">경간구성</td><td colspan="8">50 + 4@60 = 290</td></tr>
<tr><td>구분</td><td colspan="3">경간형식</td><td colspan="3">받침종류</td><td colspan="2">신축이음종류</td><td>하부통과 제한높이(m)</td></tr>
<tr><td>대표</td><td colspan="3">강박스거더교(STB)</td><td colspan="3">포트받침</td><td colspan="2">RAIL TYPE</td><td rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>기타</td><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부구조</td><td rowspan="2">구분</td><td colspan="3">교각</td><td colspan="3">교대</td><td rowspan="2">교차노선 (또는 교차하천)</td><td rowspan="2">교차하천 최고수심(m)</td></tr>
<tr><td colspan="2">형식</td><td>기초형식</td><td colspan="2">형식</td><td>기초형식</td></tr>
<tr><td>대표</td><td colspan="2">다주식 라멘형</td><td>말뚝기초</td><td colspan="2">역T형</td><td>말뚝기초</td><td rowspan="2">경부선</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>기타</td><td colspan="2"></td><td>직접기초</td><td colspan="2"></td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">하천해상교량 해당여부</td><td colspan="2">비해당</td><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 상세제원</td><td colspan="8"></td></tr>
</table>

전경사진	정 · 측면,기타사진
	

7. 현황조사 및 외관조사 사진첩

7.1 가천교

가천교

< 사진목록 >

1. 교량전경

2. 부재별전경

3. 현장 조사사진 및 손상사진
   1] 조사사진
   2] 상부구조(범물방향)
   3] 하부구조(범물방향)
   4] 기타시설(범물방향)
   5] 상부구조(안심방향)
   6] 하부구조(안심방향)
   7] 기타시설(안심방향)

1. 교량전경



위 치	측 면



위 치	상 면



위 치	거더 내부 현황



위 치	하부 현황

2. 부재별 전경

<table>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>바닥판</td><td>위 치</td><td>거더</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>가로보</td><td>위 치</td><td>교각</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>교대A1</td><td>위 치</td><td>교대A2</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>받침(고정단)</td><td>위 치</td><td>받침(이동단)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>EXP.J1(A1)</td><td>위 치</td><td>EXP.J2(A2)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>위 치</td><td>포장(안심방향)</td><td>위 치</td><td>포장(범물방향)</td></tr>
</table>

			
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	■ 부 재 : 바닥판하면
■ 손 상 : 반발경도 시험	■ 손 상 : 철근탐사
	
■ 부 재 : 바닥판하면	■ 부 재 : 하부구조
■ 손 상 : 탄산화 깊이 측정	■ 손 상 : 탄산화 깊이 측정
	
■ 부 재 : 교각	■ 부 재 : 거더내부
■ 손 상 : 초음파전달 속도시험	■ 손 상 : 도막 두께 측정

2) 상부구조(범물방향)



■ 부 재 : S3-G1
■ 손 상 : 하부플랜지 도장손상(긁힘)



■ 부 재 : S3-G1
■ 손 상 : 하부플랜지 도장손상(긁힘)



■ 부 재 : S2-G1
■ 손 상 : 하부플랜지 도장박리(누수흔적)



■ 부 재 : S2-G1
■ 손 상 : 하부플랜지 도장박리(부식)



■ 부 재 : S3-G2
■ 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



■ 부 재 : S4-G2
■ 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



■ 부 재 : S3-G2

■ 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



■ 부 재 : S4-G2

■ 손 상 : 하부플랜지 이물질퇴적(조류)



■ 부 재 : S5

■ 손 상 : 캔틸레버 표면오염



■ 부 재 : S1

■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : S2

■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.1㎜)



■ 부 재 : S3

■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

3] 하부구조[범물방향]



■ 부 재 : P1

■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : P1

■ 손 상 : 코핑부 망상균열(폭 0.1㎜)



■ 부 재 : P2

■ 손 상 : 기둥부 망상균열(폭 0.1㎜)



■ 부 재 : P2

■ 손 상 : 코핑부 및 기둥부 누수오염



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 기둥부 균열(폭 0.2㎜)

	
■ 부 재 : P3	■ 부 재 : P4
■ 손 상 : 코핑부 이물질퇴적(조류)	■ 손 상 : 코핑부 망상균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : P3	■ 부 재 : P4
■ 손 상 : 코핑부 누수오염	■ 손 상 : 코핑부 망상균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : A1	■ 부 재 : A1
■ 손 상 : 구체 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 흉벽 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : A2

■ 손 상 : 흉벽 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : A2

■ 손 상 : 구체 실란트 파손



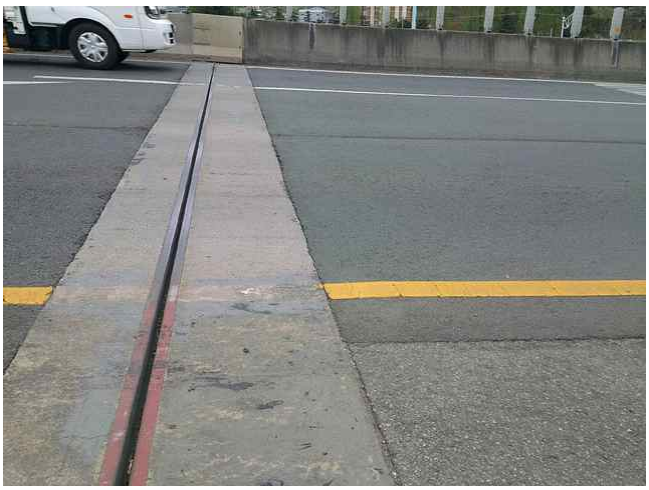
■ 부 재 : P3-SH6

■ 손 상 : 받침콘크리트 균열(폭 0.1㎜)



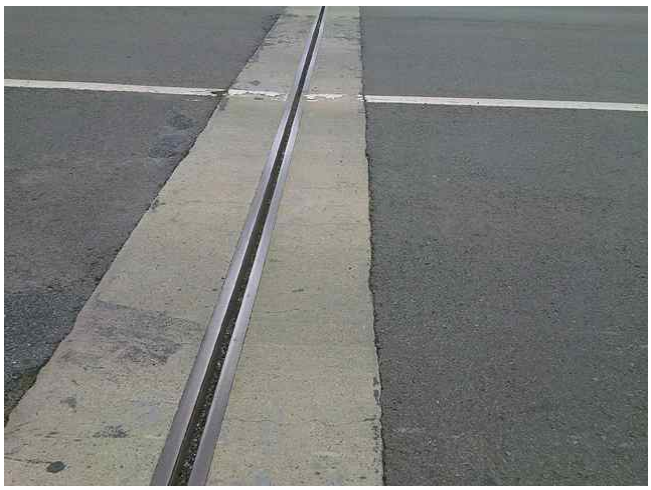
■ 부 재 : A1

■ 손 상 : 후타재 망상균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : A1

■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2㎜)

	–
■ 부 재 : A2	■ 부 재 :
■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 :

4) 기타시설(범물방향)

	
■ 부 재 : S2	■ 부 재 : S4(P3)
■ 손 상 : 임시보수부 아스콘 소성변형	■ 손 상 : 아스콘 파손
	
■ 부 재 : S4	■ 부 재 : S4
■ 손 상 : 갓길측 아스콘 패임	■ 손 상 : 아스콘 균열

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)</td><td>■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S2
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)</td><td>■ 부 재 : S2
■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S3
■ 손 상 : 방호벽 백태</td><td>■ 부 재 : S3
■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)</td></tr>
</table>

	
■ 부 재 : S4	■ 부 재 : S4
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)
	
■ 부 재 : S5	■ 부 재 : S5
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

5] 상부구조[안심방향]

<table>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S1-G4
■ 손 상 : 하부플랜지 변형</td><td>■ 부 재 : S1-G4
■ 손 상 : 하부플랜지 변형(내부 양호함)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)</td><td>■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 캔틸레버 백태</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>■ 부 재 : S5
■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)</td><td>■ 부 재 : S2
■ 손 상 : 캔틸레버 파손</td></tr>
</table>

	
■ 부 재 : S5	■ 부 재 : S5
■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 캔틸레버 균열(폭 0.2㎜)

6] 하부구조[안심방향]

	
■ 부 재 : P1	■ 부 재 : P1
■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 코핑부 망상균열
	
■ 부 재 : P2	■ 부 재 : P3
■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 기둥부 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 기둥부 파손



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 코핑부 이물질퇴적(조류)



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 코핑부 체수흔적



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 기둥부 누수오염



■ 부 재 : P3

■ 손 상 : 코핑부 표면열화



■ 부 재 : P4

■ 손 상 : 코핑부 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : A2

■ 손 상 : 흉벽 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : A2

■ 손 상 : 흉벽 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : P3-SH2

■ 손 상 : 무수축몰탈 균열(폭 0.1㎜)



■ 부 재 : P3-SH2

■ 손 상 : 받침콘크리트 균열(폭 0.1㎜)



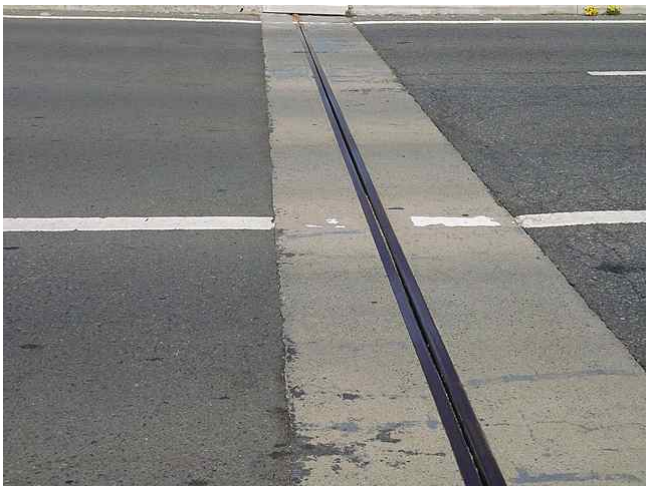
■ 부 재 : A1

■ 손 상 : 차수커버 볼트탈락



■ 부 재 : A1

■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.1㎜)

	
■ 부 재 : P3	■ 부 재 : P3
■ 손 상 : 차수커버 볼트탈락	■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : A2	■ 부 재 : A2
■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.1㎜)	■ 손 상 : 후타재 균열(폭 0.1㎜)

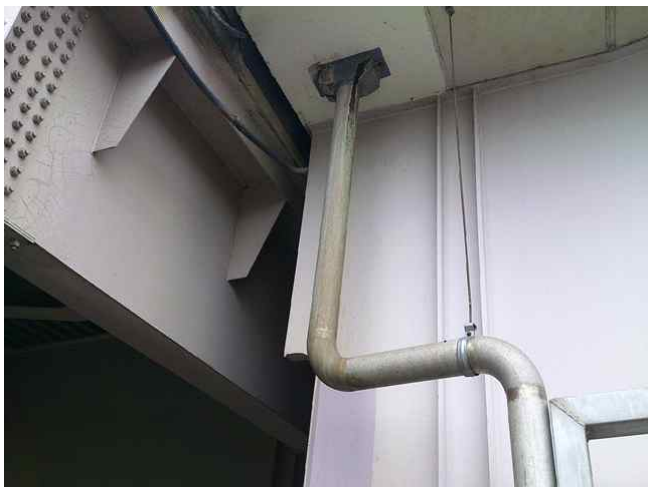
7) 기타시설(안심방향)

	
■ 부 재 : S1	■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 아스콘 망상균열	■ 손 상 : 아스콘 균열
	
■ 부 재 : S2	■ 부 재 : S2
■ 손 상 : 아스콘 망상균열	■ 손 상 : 아스콘 파손
	
■ 부 재 : S3	■ 부 재 : S3
■ 손 상 : 아스콘 균열	■ 손 상 : 아스콘 균열



■ 부 재 : S1

■ 손 상 : 배수구 막힘



■ 부 재 : S4

■ 손 상 : 배수관 누수오염



■ 부 재 : S2

■ 손 상 : 배수관 연결볼트 탈락



■ 부 재 : S2

■ 손 상 : 배수관 연결볼트 탈락



■ 부 재 : S1

■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)



■ 부 재 : S1

■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)

	
■ 부 재 : S2	■ 부 재 : S2
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : S3	■ 부 재 : S3
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : S4	■ 부 재 : S4
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.2㎜)

	
■ 부 재 : S5	■ 부 재 : S5
■ 손 상 : 방호벽 균열(폭 0.2㎜)	■ 손 상 : 중앙분리대 균열(폭 0.1㎜)
	
■ 부 재 : S1	■ 부 재 : S1
■ 손 상 : 접속부 단차(L=1.5m)	■ 손 상 : 접속부 단차(L=1.5m)

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

가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가
기술용역
과 업 수 행 계 획 서

2022. 03.

대구동부순환도로

(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 : 가천교 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
가천교	STB	290	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

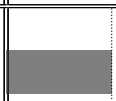
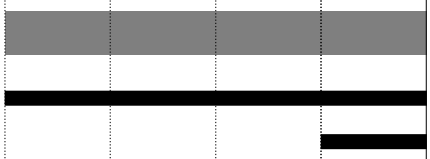
⑧ 성능평가

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 종		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 ・외관조사 및 재료시험 재하시험										-현장조사 -필요시 추가조사
4. 현장자료 분석 및 정리 ・외관손상 및 비파괴시험 재하시험										
6. 성능평가 ・성능평가										
7. 보고서 작성 ・보고서 작성 ・보고서 수정 및 납품										- 12/30 준공예정
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(필요시)	NETPOD 4003	응답 증폭용	
	LVDT	부재 처짐 측정	
	Strain Gauge	변형률 측정용	
	노트북	DATA 입·출력용	
	덤프트럭	하중 재하용	

5. 참여기술자

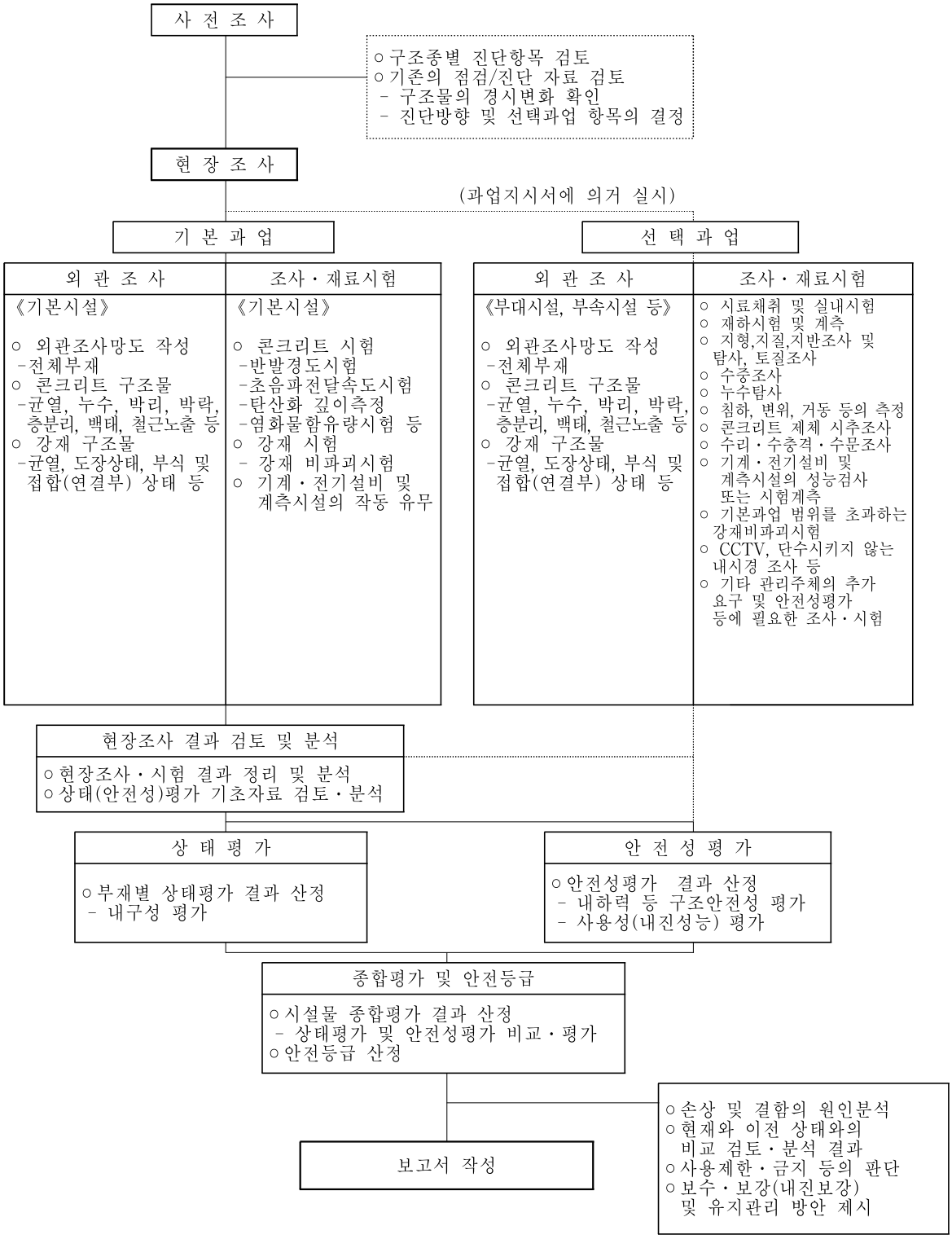
참여업무	참 여 기 술 자			비 고 (참여기간)
	참여업무내용	성 명	자 격 사 항	
과업총괄(PM)	사업책임기술자	정 지 운	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
참여 기술자	분야책임기술자	이 상 훈	콘크리트기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
	현장조사 및 보고서 작성	장 진 원	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		서 동 진	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		황 상 윤	토목기사 특급기술자	(2022.03~2022.12)
		양 주 윤	초급기술자	(2022.03~2022.12)
		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

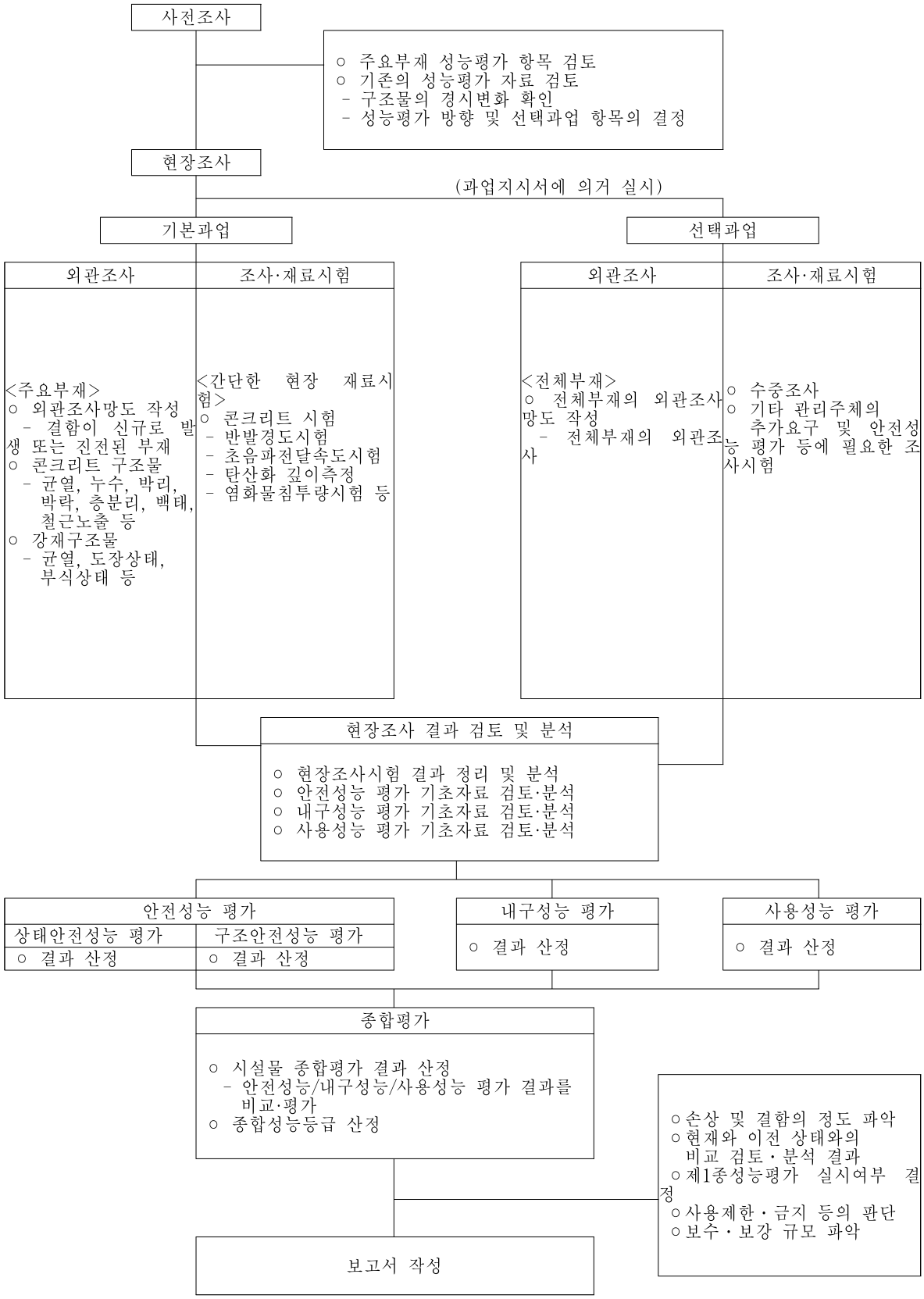
1. 과업수행 흐름도
2. 계획수립
3. 현장조사 및 시험
4. 재하시험
5. 내진성능평가
6. 조사결과 검토 및 분석
7. 상태평가
8. 안전성평가
9. 종합평가 및 안전등급 산정
10. 보수·보강 및 유지관리방안
11. 종합결론 및 건의
12. 보고서작성

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
상부구조	상판부	**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
	거더	**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=0.3㎜ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	◦ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		◦맞대기용접부

[금회 시험 수량]

구조물명		기본과업의 종류 및 수량							비고
		반발경도시험	초음파속도시험	탄산화깊이	철근탐사	염화물함유량	균열깊이	강재초음파탐상	
가천교 (행선별) 290m	상부	6개소	6개소	6~9개소	6개소	3개소 이상	-	36개소	
	하부	6개소	6개소		6개소			-	

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.

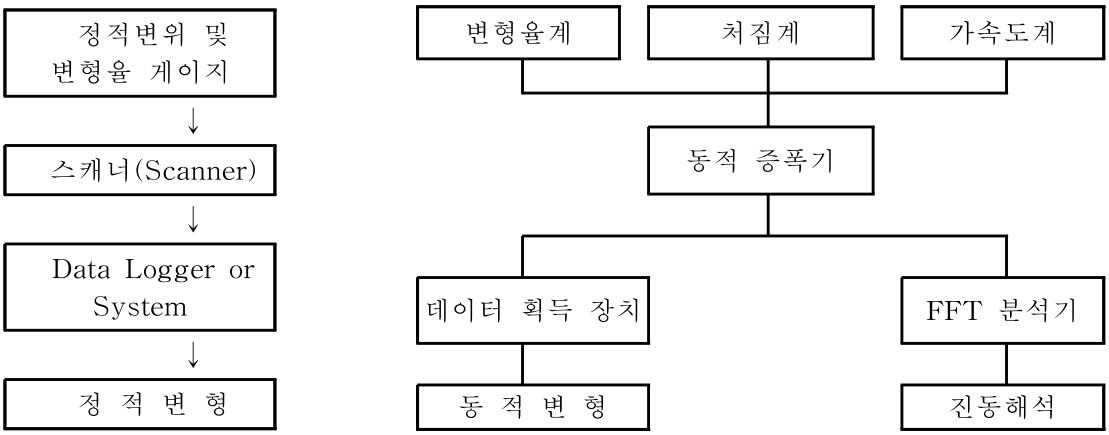
② 재하시험 흐름도

현장재하시험은 정적재하시험과 동적재하시험으로 대별된다.

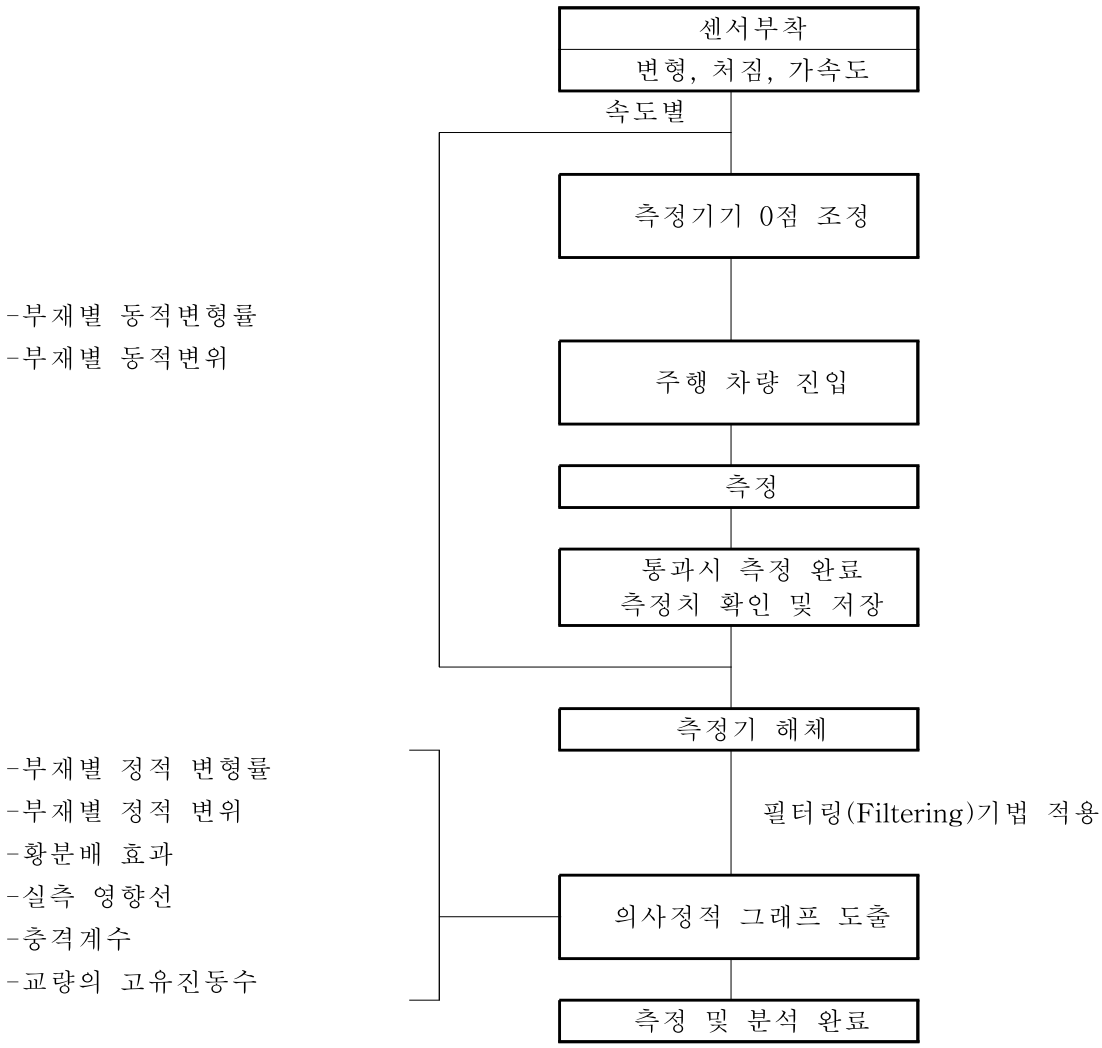
정적재하시험은 교량에 사하중만이 작용하는 상태에서 재하차량만으로 구조물의 거동을 평가하여 이론치와 비교평가하며, 동적재하시험 역시 사하중만 작용하는 상태에서 구조물의 고유진동수 및 구성재료의 역학적 특성 등에 따른 차량 속도별 거동을 측정하여 구조물의 내하력 및 안전성을 판단하는 기초자료로 활용한다.

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. E 의 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 세부지침에 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)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th colspan="2">안전성능 평가등급 산정</th></tr>
<tr><td rowspan="6">수행
방법</td><td rowspan="3">상태
안전
성능</td><td colspan="2">• 외관조사 결과분석
• 현장시험 및 재료시험 결과 분석
• 대상 시설물(부재)에 대한 상태안전성능 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="3">구조
안전
성능</td><td colspan="2">• 기존의 안전성평가 또는 구조안전성능 평가 자료 분석
• 내하력 및 구조안전성능 평가
• 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우는 세굴을 포함한 기초안전성을 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="6">수행
흐름도</td><td>등급</td><td>시설물의 안전성능</td></tr>
<tr><td>A(우수)</td><td>외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준</td></tr>
<tr><td>B(양호)</td><td>일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준</td></tr>
<tr><td>C(보통)</td><td>광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능 수준</td></tr>
<tr><td>D(미흡)</td><td>심각한 결함에 대한 긴급한 보수, 보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하애 하는 성능 수준</td></tr>
<tr><td>E(불량)</td><td>심각한 결함으로 이하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준</td></tr>
</table>

2) 내구성능 평가방법

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내구성능 평가등급 산정</th></tr>
<tr><td>수행방법</td><td>• 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</td></tr>
<tr><td>내구성능
등급</td><td>
<table>
<tr><th>등급</th><th>시설물의 내구성능</th></tr>
<tr><td>A(우수)</td><td>외부 한경조건 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>광버위한 부재에서 내구성능의 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요수되는 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>
</td></tr>
</table>

3) 사용성능 평가방법

<table>
<tr><th>구 분</th><th>사용성능 평가등급 산정</th></tr>
<tr><td>수행방법</td><td>• 사용성능 관련 수집자료 검토
– 시설물의 설계 당시와 준공 이후 사용자·관리자의 사용상 편의성, 수요, 용량 등
• 사용 환경 및 기능 등에 대한 사용성능 평가</td></tr>
<tr><td>사용성능
등급</td><td>
<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 기느에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 핑요한 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>
</td></tr>
</table>

4) 종합성능 평가방법 및 등급

<table>
<tr><th>구 분</th><th>종합성능 평가등급 산정</th></tr>
<tr><td>수행방법</td><td>• 교량 안전성능평가, 내구성능평가, 사용성능평가 점수에 대해 성능간 가중치를 곱한 값을 합산하여 종합성능 등급을 결정. 단, 안전성능 평가 결과가 최솟값인 경우 안전성능평가 결과를 채택함</td></tr>
<tr><td>사용성능
등급</td><td>
<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 등을고려하여 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 또느 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하야야 하는 성능 수준</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

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 계약금액으로 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

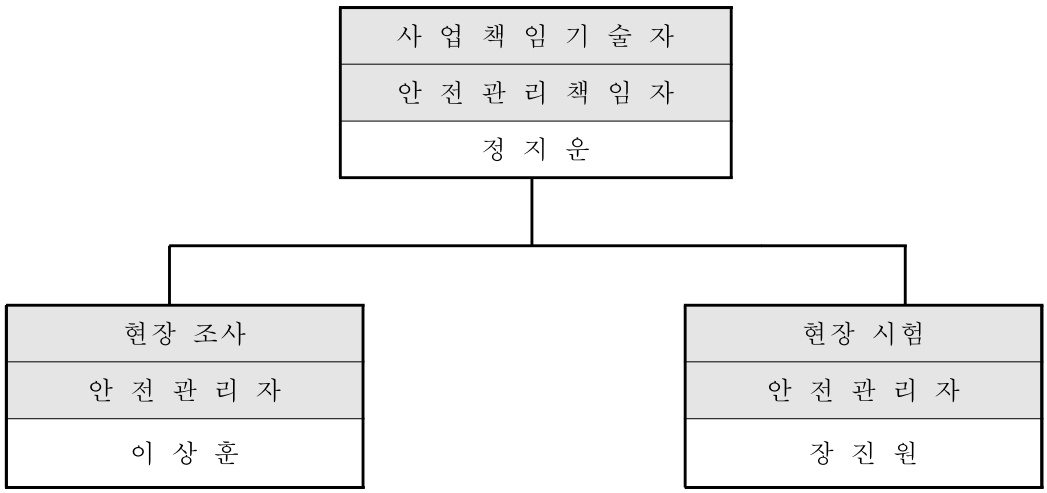
1. 일반 사항

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 협조	- 교통통제 신고 : 가평경찰서 - 관리주체 : 의정부국토관리사무소

2. 안전관리 조직

1) 조직도

본 과업수행에 필요한 적정인력을 전담 배치하여 안전관리에 차질이 없도록 하여 진단업무가 원활히 수행될 수 있도록 한다.



3. 안전관리 운영계획

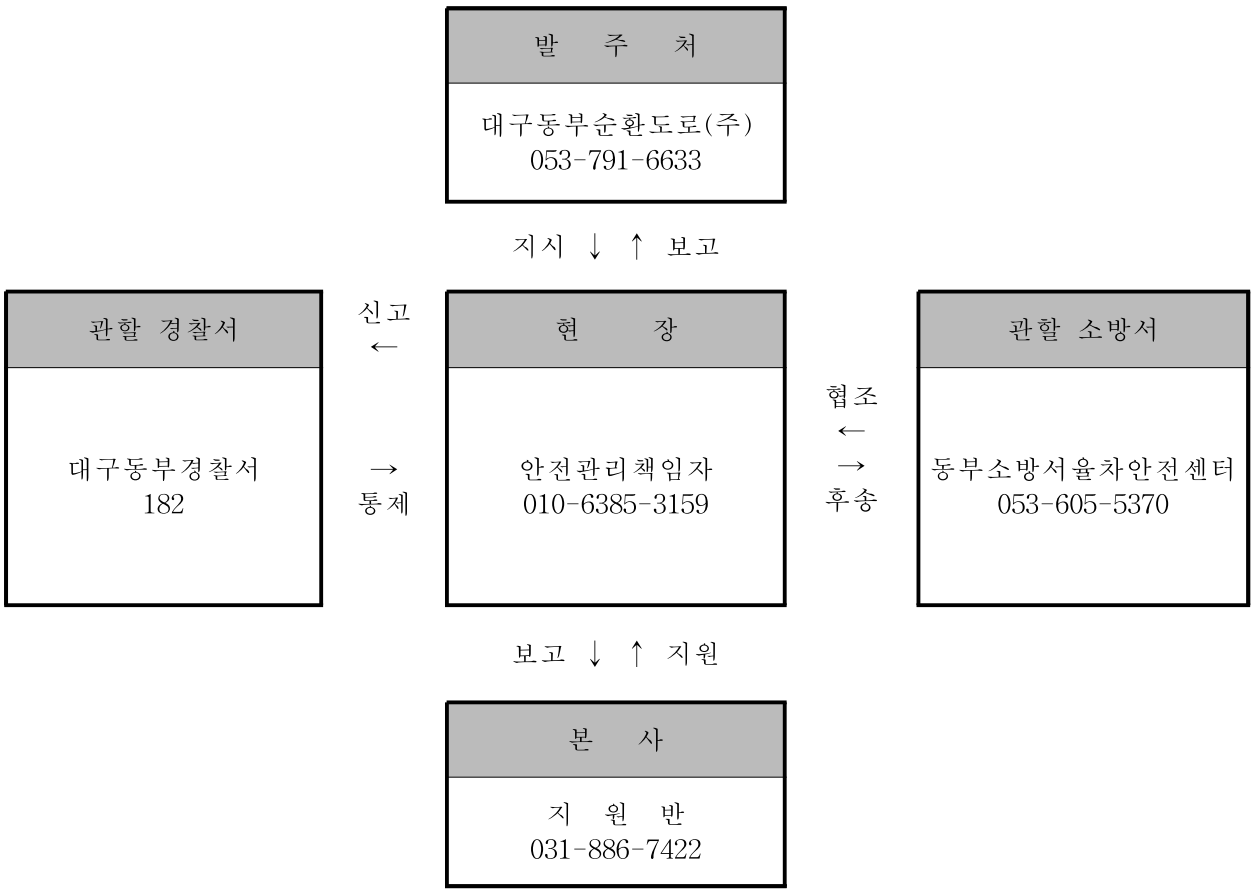
1) 보호구

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 안전시설물 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, 접금금지, 등의 표지판설치, 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.

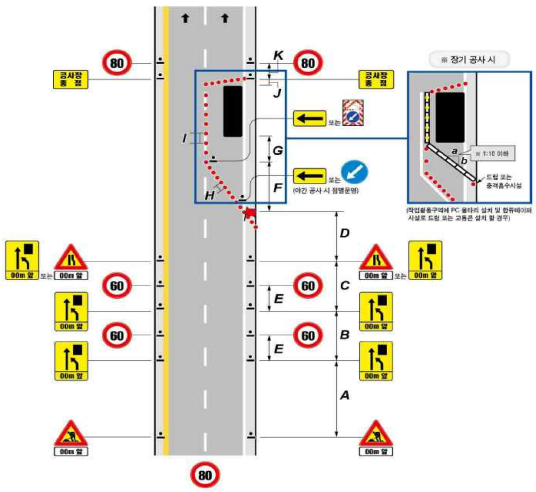
③ 안전표지판 설치

- 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	전 신호수(통제요원)
라바콘	차량유도 및 통제	진입부 및 진단구간
교통 통제 안내판, 현수막	차량 통제 홍보	시·종점부
안전모, 안전조끼	신호수 및 점검자의 안전보호	전 신호수 및 점검자
호루라기	차량유도 및 통제신호	전 신호수 및 안전관리자

교통 통제(예시)



Ⅳ. 사전검토보고서

1. 과업명
2. 배경 및 목적
3. 과업의 범위
4. 사전검토 내용
5. 결론

Ⅳ. 사전검토보고서

1. 과업명 : 가천교 정밀안전진단 및 내진성능평가 기술용역 [정밀안전진단, 내진성능평가, 성능평가]

2. 배경 및 목적

시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침(국토교통부고시 제2018-45호, '18.01.18)의 제8조5항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서의 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 사전검토보고서에 수록하고자 함.

3. 과업의 범위

1) 대상시설물의 개요

구 분	구조형식	연 장(m)	폭(m)	설계하중	준공년도	비 고
가천교	STB	290	21	DB-24/ DL-24	2002년 8월	정밀안전진단 내진성능평가 성능평가

2) 과업의 범위(정밀안전진단)

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			금회실시범위
			정기점검	정밀안전점검	정밀안전진단	정밀안전진단
주요 부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	●
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 기초	○	○	○	●
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	●
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간·연석, 교면포장	○	○	○	●
보조부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보	○		○	●

3) 과업의 범위(내진성능평가)

과업항목	기본과업	비고
예비평가	·설기존교량의 지진도, 취약도, 영향도를 고려하여 내진 그룹화하여 평가 ·“내진보강 핵심교량”, “내진보강 중요교량” “내진보강 관찰교량” 및“내진보강 유보교량” 4개 그룹으로 분류하고 동 순서대로 우선순위를 부여 ·우선순위가 높은 내진그룹에 속하는 교량에 대하여 우선적으로 내진성능 평가를 수행	
상세평가	·일반사항 ·지진하중 및 조합탄성지진력 ·구성요소의 내진성능 평가	
내진보강대책	·설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교·검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물(즉, 내진성능 상세평가 결과 내진성능이 부족할 경우)에 대해서는 내진보강 대책을 제시 ·내진 보강 대책 수립 시 구조물 부위별로 보강공사비를 산정 ·내진 보강 후 대상시설에 대한 내진성능을 재평가하여 내진성능이 확보되었음을 확인	

4. 사전검토 내용

1) 유지관리자료 보유 현황 검토

구 분	보존 대상 목록	관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(종·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, 초음파전달 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=0.3㎜ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	◦ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		◦ 맞대기용접부

[금회 시험 수량]

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
			기준		실시		
	상부구조 (Steel Box)	하부구조	상부 (상/하)	하부 (상/하)	상부 (상/하)	하부 (상/하)	
반발경도 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
초음파 전달속도시험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
철근탐사 시 험	• 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	6/6	6/6	6/6	6/6	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이상: 6~9개소[1]				4/3	2/3	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[2]				1/1	2/2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정				1/1	1/1	
강재용접부 초음파탐상시험	• 박스거더교 : 2개소/경간별 거더				36/36	-	맞대기 용접부
강재거더 도막두께측정	• 박스거더교				36/36	-	

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 안전전검 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.