

1. 칠곡교

- 1.1 시설물의 개요
- 1.2 현장조사 및 시험
- 1.3 콘크리트 내구성 조사
- 1.4 구조해석 모델
- 1.5 모멘트-곡률 해석
- 1.6 지진해석결과
- 1.7 교각 기둥부 내진성능평가
- 1.8 받침부 내진성능평가
- 1.9 기초부 내진성능평가
- 1.10 받침 지지길이 평가 결과
- 1.11 종합결론

1. 칠곡교 내진성능평가

1.1 시설물의 개요

1.1.1 일반사항

교 량 명 : 칠곡교

교량등급 : 1등급(DB-24)

교량형식 : PSCI Beam교

교 장 : $(9@30.0)=270.0\text{m}$

교 량 폭 : $B = 19.5\text{m}$

하부콘크리트강도 : 21.0 MPa

하부철근강도 : 300.0 MPa

【표 1.1.1】 칠곡교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2005-0000811		관리번호		-	
시설물위치		경기도 안성시 원곡면 칠곡리		준공년월일		2005년 05월 25일	
시점이정		-		노 선 명		일반국도45호선	
제원	연장	L=270.0m (9@30.0m)					
	폭	B=19.5m, (차로수 : 4차로)					
구조 형식	상부	PSCI Beam		기초 형식	교 대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 다주식			교 각	직접기초	
교량받침		탄성받침		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		고속국도 40호선(서안성IC) 지방도 302호선		통과높이		13.9 ~ 22.9m	
관리주체		수원국토관리사무소		설계하중		DB-24, DL-24(1등급교)	
부착시설내용		-		설 계 자		보람엔지니어링(주)	

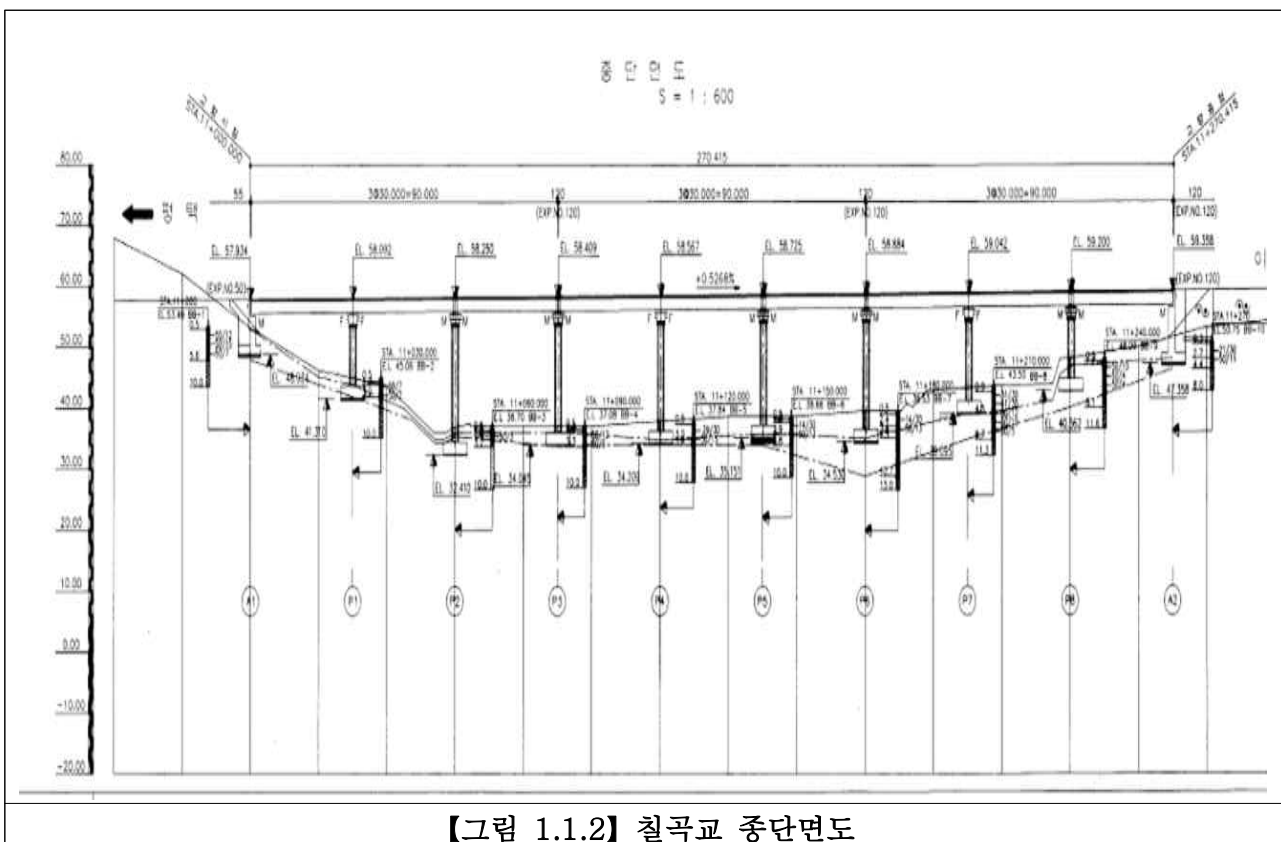
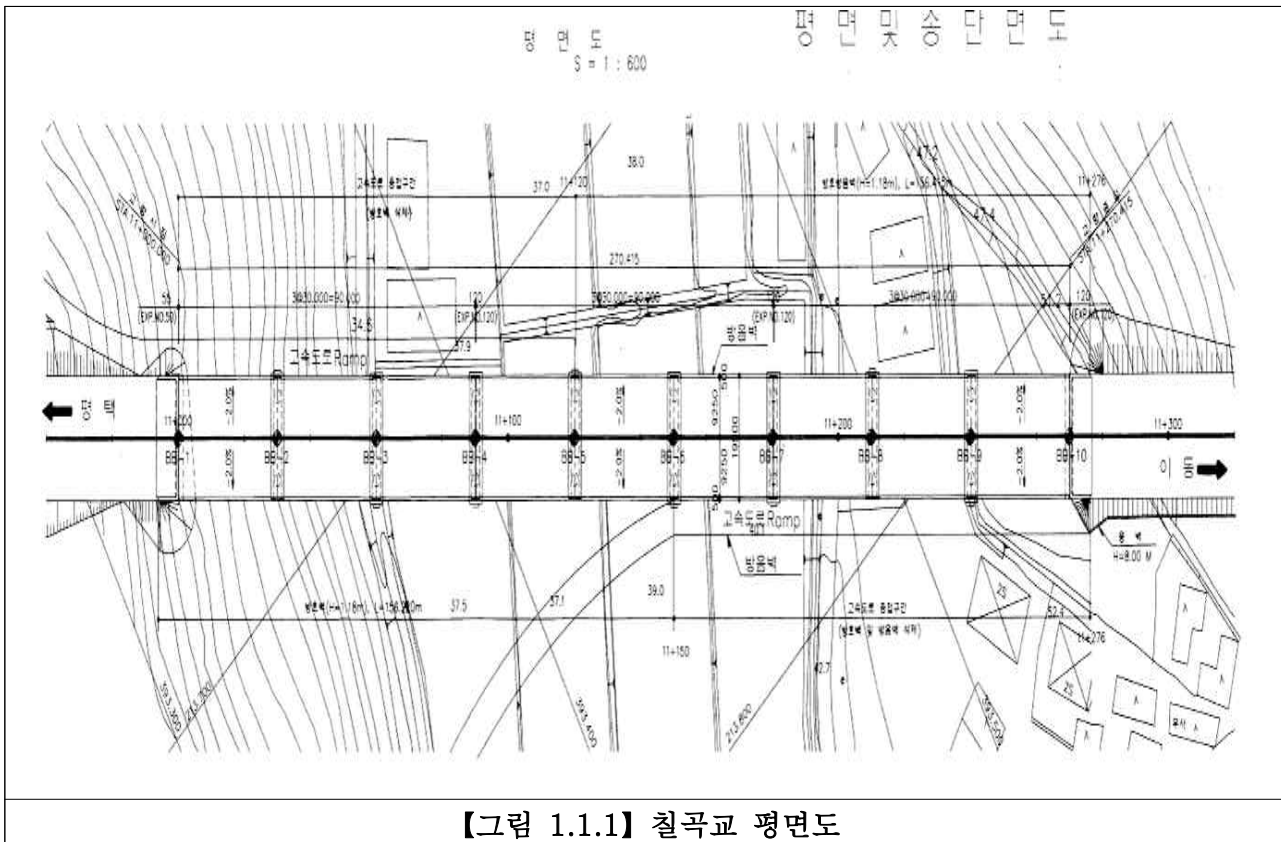


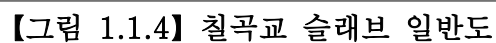
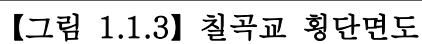
상부 전경

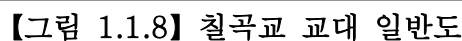
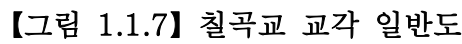


하부 전경

1.1.2 관련도면







1.2 현장조사 및 시험

현장조사 및 시험은 교량의 내진성능평가를 목적을 두고 시행하였다. 사전조사에 따라 설계 및 준공도서 등의 관련 자료를 확보한 교량에 대해서는 도면과 비교하여 전체적인 규격과 교량받침의 배치 및 상태에 대해 조사를 실시하였다. 규격 및 제원조사는 근접 실측조사를 원칙으로 도보, 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

	
고소차를 이용한 근접조사	실측조사 전경
	
실측조사 전경	실측조사 전경
	
실측조사 전경	실측조사 전경

【사진 1.2.1】 교량 전경 및 실측조사 현황

1.2.1 규격 및 제원조사

가. 상부구조

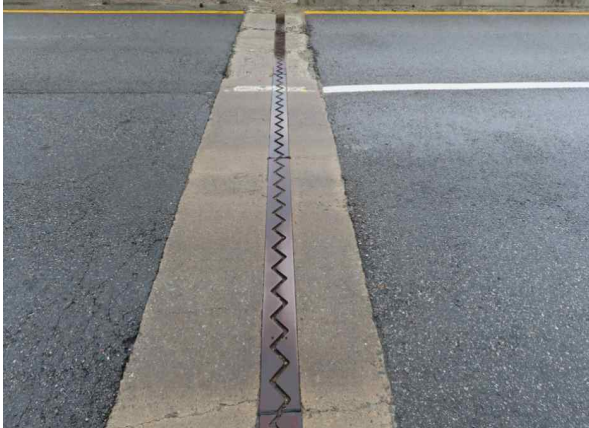
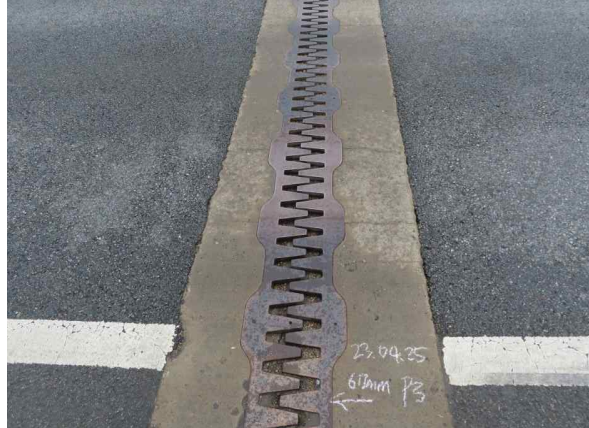
철곡교의 상부교면은 아스콘포장으로 시공되어있으며 상부구조 형식은 P.S.C I 거더가 9열로 구성된 9경간 교량으로 총 연장 $L = 270.0\text{m}$ ($9 \times 30.0 = 270.0\text{m}$), 교폭은 19.5m이다. 관리주체로부터 준공도면을 협조 받아 현장 실측값과 비교 검토결과, 교량의 제원, 규격 등은 설계도면과 일치하여 내진성능평가에 준공도면의 내용을 반영하여 검토하였다.



【사진 1.2.2】 상부구조 현황

나. 신축이음 장치

철곡교의 신축이음장치는 Finger Joint로 교대에 각 1개소씩, 교각 P3, P6에 각 1개소 총 4개소가 시공되어있다. 신축이음부에서 후타재 균열, 박리, 신축이음부 누수, 유간 토사퇴적 등의 일반적인 손상이 조사되었으나, 신축이음 신축에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다. 관리주체로부터 준공도면을 협조 받아 현장 실측값과 비교 검토결과, 신축이음의 제원, 규격 등은 준공도면과 일치하여 내진성능평가에 준공도면의 내용을 반영하여 검토하였다.

	
EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경
	
EXP.J3(P6) 전경	EXP.J4(A2) 전경

【사진 1.2.3】 신축이음장치 현황

다. 하부구조

철곡교의 교대는 역T형, 기초형식은 직접기초로 교각은 3주식 π 형, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있고, 교대 및 교각은 철근콘크리트로 교대는 A1, A2(2기), 교각은 P1~P8(8기)이 시공되어있다. 하부구조는 균열, 박락/철근노출, 층분리, 파손 등의 일반적인 손상이 조사되었으나, 비구조적인 손상으로 시설물에 저해할만한 손상은 조사되지 않았다. 관리주체로부터 준공도면을 협조 받아 현장 실측값과 비교 검토결과, 교량의 제원, 규격 등은 준공도면과 일치하여 내진성능평가에 준공도면의 내용을 반영하여 검토하였다.

	
교대 전경 (A1)	교대 전경 (A2)
	
교각 전경 (P1)	교각 전경 (P6)

【사진 1.2.4】 하부구조 현황

라. 교량받침

철곡교의 받침장치는 교대 및 교각에 탄성받침으로 총162개소(양방향 96개소, 일방향 60개소, 고정단 6개소)가 시공되어있다. 교량받침에서 받침콘크리트 균열, 재료분리, 박리/박락 등의 손상이 조사되었으나, 받침장치에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다. 교량받침의 수직용량은 준공도면과 일치하여 내진성능평가에 준공도면의 내용을 반영하여 검토하였다.

	
탄성받침(일방향) 전경	탄성받침(양방향) 전경
	
탄성받침(고정) 전경	교량받침 용량 및 제원측정

【사진 1.2.5】 교량받침 현황

1.3 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

1.3.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	• 50m 마다	• 50m 마다	6	6	8	7	
철근탐사시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	5	5	
탄산화깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 • 5경간 이상: 3~6개소		2	1	3	1	
염화물침투량 시험	• 책임기술자 판단에 따라 수량 결정		—	—	1	1	

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다.

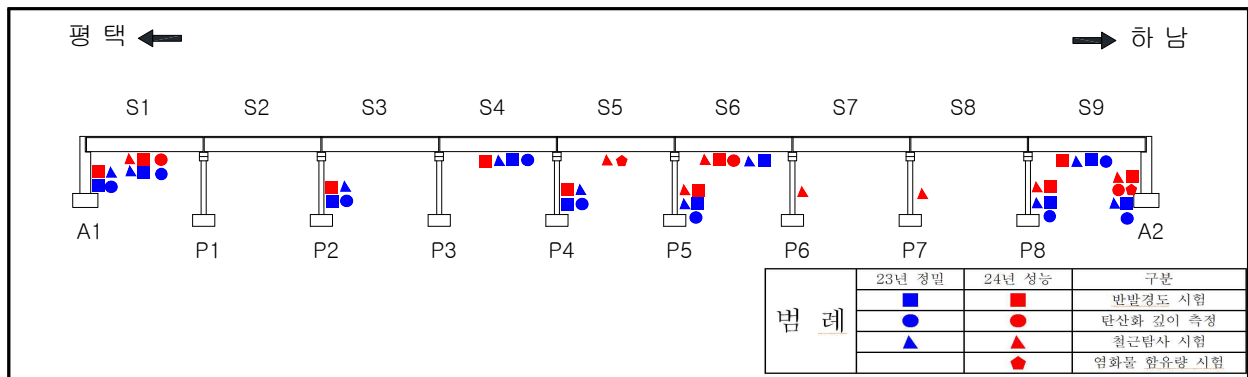
금회 내진성능평가는 2중 성능평가와 함께 실시하는 과업으로 콘크리트 내구성 조사는 전회 정밀안전점검 자료를 활용하였으며, 일부 자료가 미비한 경우 추가조사를 실시하였다.

다. 조사 사진



【사진 1.3.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 1.3.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

1.3.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며, 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다. 또한 반발경도에 의한 압축강도 추정은 보통 콘크리트는 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였고, 고강도 콘크리트는 과학기술부식과 한국시설안전공단 식을 사용하였다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 1.3.2】 상부구조(바닥판하면 및 거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 바닥판 하면	51.5	29.9	29.4	0.63	27.0	
	S4 캔틸레버	48.5	27.4	28.0			
	S5 캔틸레버	49.3	28.1	28.4			
	S6 캔틸레버	49.7	28.4	28.6			
	S4 가로보	47.4	26.5	27.5			

【표 1.3.3】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	한국시설 안전공단	재령보정 계수		
상부 구조	S1-G9 거더	51.2	41.1	49.9	0.63	35.0	
	S9-G1 거더	50.3	40.2	48.6			건전
	S9-G1 거더	49.3	39.3	47.1			비건전

【표 1.3.4】하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 흥벽	44.5	24.2	26.2	0.63	21.0	
	A2 흥벽	51.2	29.6	29.2			건전
	A2 흥벽	50.5	29.0	28.9			비건전
	P2 기둥부	47.0	26.3	27.4			
	P2 기둥부	46.0	25.5	26.9			
	P3 기둥부	46.7	26.0	27.2			
	P5 기둥부	47.4	26.6	27.5			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 및 가로보) 26.5~29.9MPa, 상부구조(거더) 39.3~49.9MPa, 하부구조(교대 및 교각) 24.2~29.6MPa로 측정되었으며, 설계기준압축강도(바닥판 및 가로보 : 27.0MPa, 거더 : 35.0MPa 교대 및 교각 : 21.0MPa)를 전반적으로 상회하는 것으로 확인되었다. 건전부와 비건전부의 검토 결과, 비건전부의 강도가 건전부의 95%이상으로 측정되어 건전부 대비 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 것으로 확인되어 비건전부의 콘크리트 성능저하는 없는 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 없는 것으로 조사되었다.

나. 철근탐사 시험

철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성여부를 판단하고, 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단한다.

① 시험결과

【표 1.3.5】 철근탐사 측정결과 및 평가

구 분	측정위치	철근	측정결과(mm)		설계도면(mm)		비고
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격	
상부 구조	S1 바닥판하면	주철근	48	100	60	100	양호
		배력철근	37	150	60	150	
	S5 바닥판하면	주철근	44	105	60	100	양호
		배력철근	37	200	60	150	
	S6 바닥판하면	주철근	44	90	60	100	양호
		배력철근	41	165	60	150	
	S9-G9 거더	주철근	86	100	60	150	양호
		배력철근	84	185	60	300	
	S9-가로보	주철근	44	175	50	150	양호
		배력철근	41	200	50	300	
하부 구조	A2 교대 흥벽	수직철근	51	120	50	125	양호
		수평철근	44	125	50	200	
	P5 교각 코핑부	수직철근	86	140	100	150	양호
		수평철근	89	270	100	300	
	P6 교각 코핑부	수직철근	83	180	100	150	양호
		수평철근	84	250	100	300	
	P7 교각 코핑부	수직철근	97	150	100	150	양호
		수평철근	94	300	100	300	
	P8 교각 코핑부	수직철근	92	140	100	150	양호
		수평철근	102	350	100	300	

※ 피복두께는 최저값, 배근간격은 평균값을 사용함.

- 철근탐사 시험은 상부 5개소, 하부 5개소를 실시하여, 총 10개소를 실시하였으며, 철근 피복두께 및 배근간격은 설계치와 비교시 전반적으로 준공도면과 대체로 일치하는 것으로 나타났으며, 일부 구간 배근간격이 다소 상이하고, 피복두께도 다소 부족한 것으로 측정되어 구조물에 대한 주의관찰이 요구된다.

다. 탄산화 깊이 측정

- 탄산화시험은 상부구조 3개, 하부구조 1개로 총 4개소 시험을 실시하였으며 결과 값은 아래 표에 정리하였다. 분석 결과, 전개소 모두 “탄산화에 의한 부식발생 우려 없음” 인 ‘a’ 등급으로 평가되었고 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 1.4.6】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	4.5	37.0	32.5	a	1.03	30년 초과	
	S6 바닥판하면	6.5	41.0	34.5	a	1.49	30년 초과	
	S9-G9 거더	3.5	84.0	80.5	a	0.80	30년 초과	
하부구조	A2 교대	5.5	44.0	38.5	a	1.26	30년 초과	

라. 염화물함유량시험

- 염화물함유량시험 결과, 전개소 모두 ‘a’ 등급으로 평가되었고 30년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 1.4.7】 염화물 함유량 평가(상부구조)

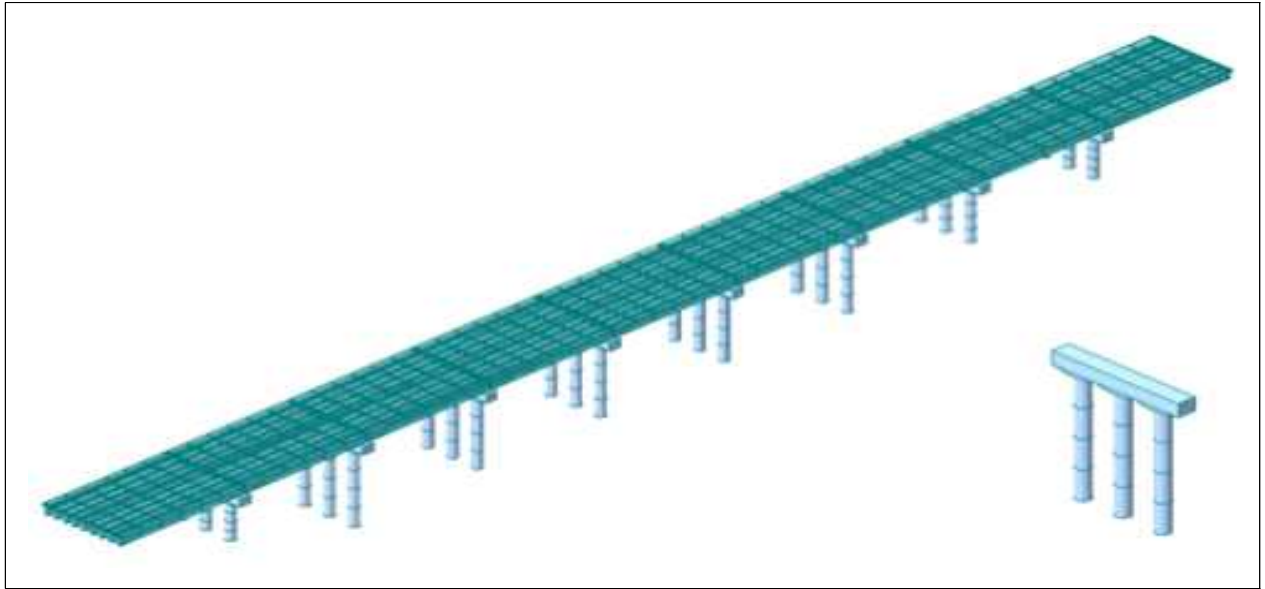
구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m³)			평가등급
			0~15mm	15~30mm	30mm~철근	
염화물함유량	바닥판	S5	0.109	0.061	0.032	a

【표 1.4.8】 염화물 함유량 평가(하부구조)

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 함유량 (kg/m³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40mm~철근	
염화물함유량	교대	A2	0.127	0.070	0.041	a

1.4 구조해석 모델

교량 상부구조의 모델링은 상부구조의 도심과 주형하단까지는 강체연결(Rigid link)로 주형하단에서 교각상단까지는 교량받침의 배치를 고려하여 변위에 대한 자유도를 연결한다. 또한, 받침종류에 따라서 적절한 내진저항 능력을 반영할 수 있도록 탄성연결 또는 비선형 강성연결 기능을 적용 한다. 해석프로그램은 MIDAS Civil을 이용하였다.



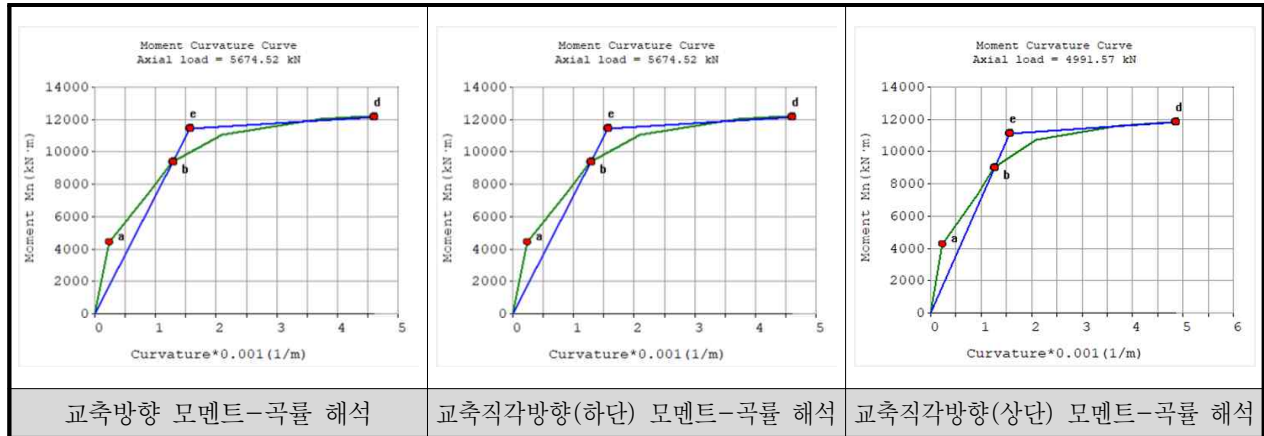
【그림 1.4.1】 칠곡교 교량 구조해석 모델링

1.5 모멘트-곡률 해석

교각의 최대 휨모멘트가 발생하는 단부구역(소성힌지구역)에 축방향 철근의 겹침이음 상태에 따라 연성능력이 크게 변화한다. 이를 모멘트-곡률 해석에서 반영하기 위해서는 겹침 여부를 판정하여 겹침이음 비율에 따라 콘크리트 극한변형률 및 이에 따른 변위연성도를 제한하여야 한다.

구 분	특 성	단 면 형 상
ϵ_{co} : 콘크리트의 최대변형률	0.002	
ϵ_{cu} : 콘크리트의 극한변형률	0.002	
$f'_c=f'_{cc}$: 콘크리트 압축 강도	21	
ϵ_y : 항복변형률	0.00150	
ϵ_{sh} : 경화시 변형률	0.0115	
ϵ_{su} : 극한시 변형률	0.125	
f_{sy} : 항복강도	300	
f_{su} : 극한강도	440	

① P1 교각의 모멘트-곡률 곡선



■ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,376	0.001285	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,462	0.001571	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,153	0.004602	M_u^L, ϕ_u^L

■ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,376	0.001285	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,462	0.001571	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,153	0.004602	M_u^L, ϕ_u^L

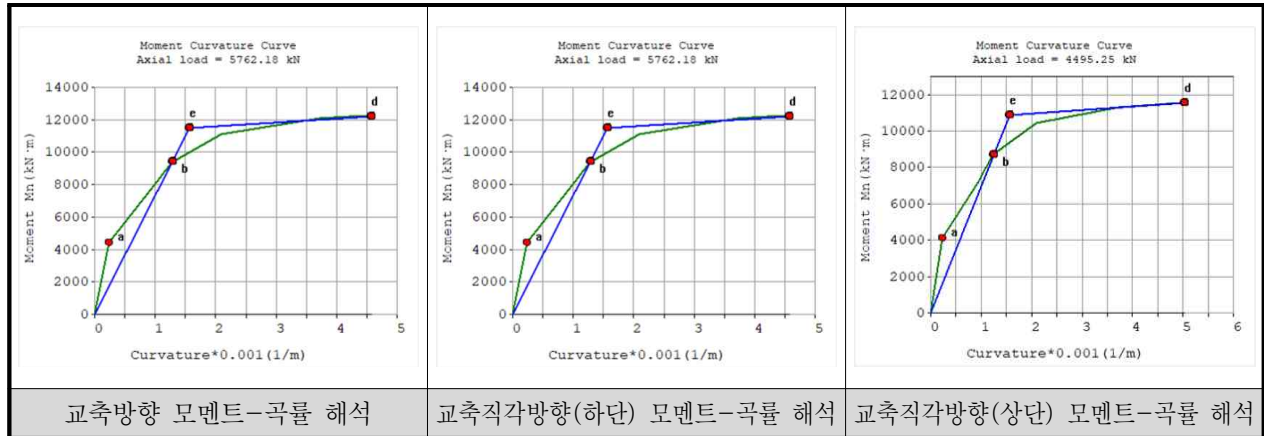
■ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	8,994	0.001265	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,128	0.001566	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	11,803	0.004863	M_u^L, ϕ_u^L

■ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.293	0.785	0.374
교축직각방향	0.293	0.785	0.374

② P3 교각의 모멘트-곡률 곡선



■ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN\cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,425	0.001288	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,505	0.001572	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,215	0.004568	M_u^L, ϕ_u^L

■ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN\cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,425	0.001288	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,505	0.001572	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,215	0.004568	M_u^L, ϕ_u^L

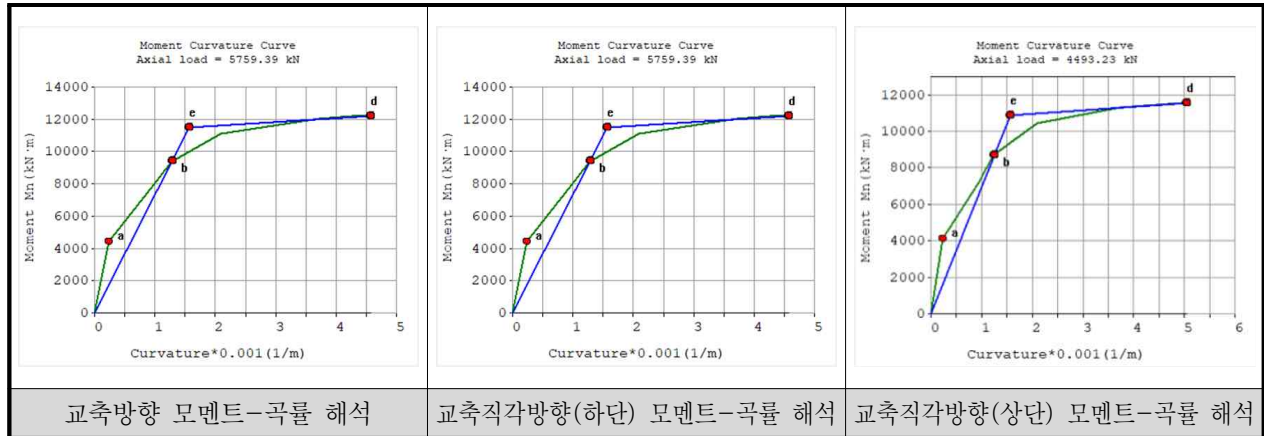
■ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN\cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	8,714	0.001251	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	10,873	0.001561	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	11,532	0.005040	M_u^L, ϕ_u^L

■ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.294	0.785	0.375
교축직각방향	0.294	0.785	0.375

③ P6 교각의 모멘트-곡률 곡선



■ 교축방향 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,423	0.001288	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,504	0.001572	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,213	0.004569	M_u^L, ϕ_u^L

■ 교축직각방향(하단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	9,423	0.001288	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	11,504	0.001572	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	12,213	0.004569	M_u^L, ϕ_u^L

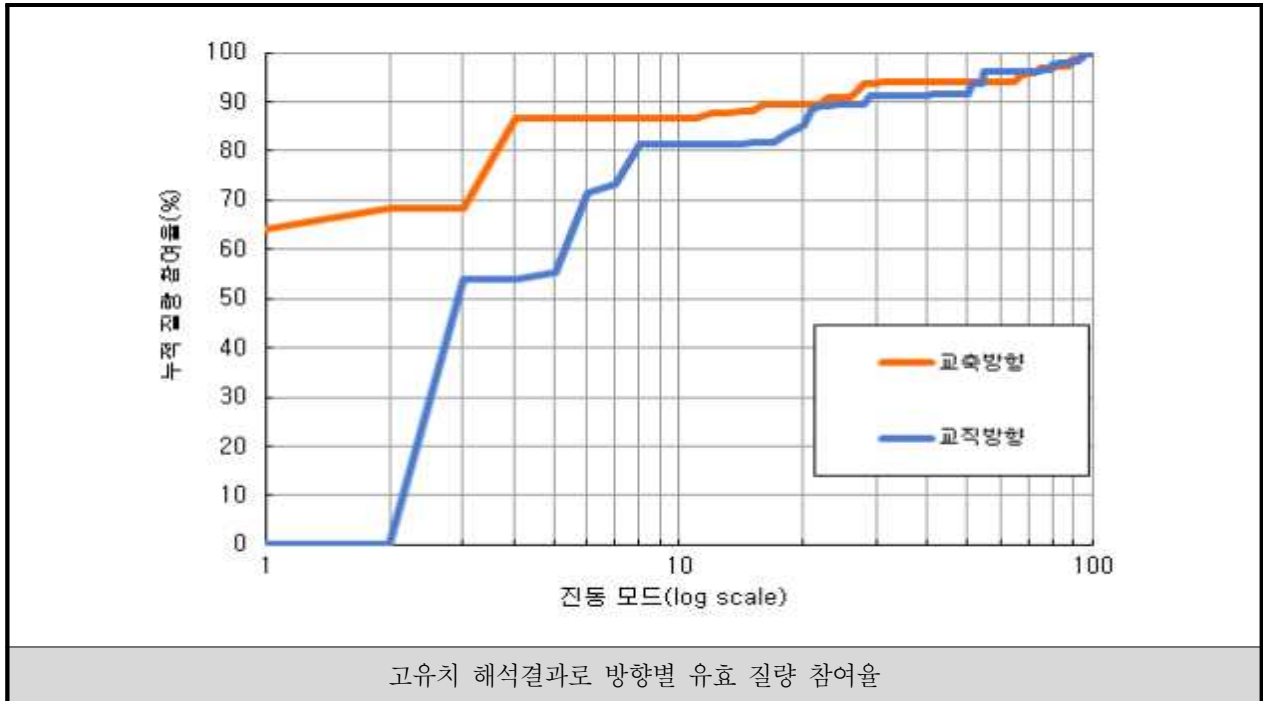
■ 교축직각방향(상단) 모멘트-해석 결과값

구 분	모멘트($kN \cdot m$)	곡률(m^{-1})	비 고
초기항복시	8,713	0.001251	M_{yi}^L, ϕ_{yi}^L
항복시	10,872	0.001561	M_y^L, ϕ_y^L
극한시	11,531	0.005041	M_u^L, ϕ_u^L

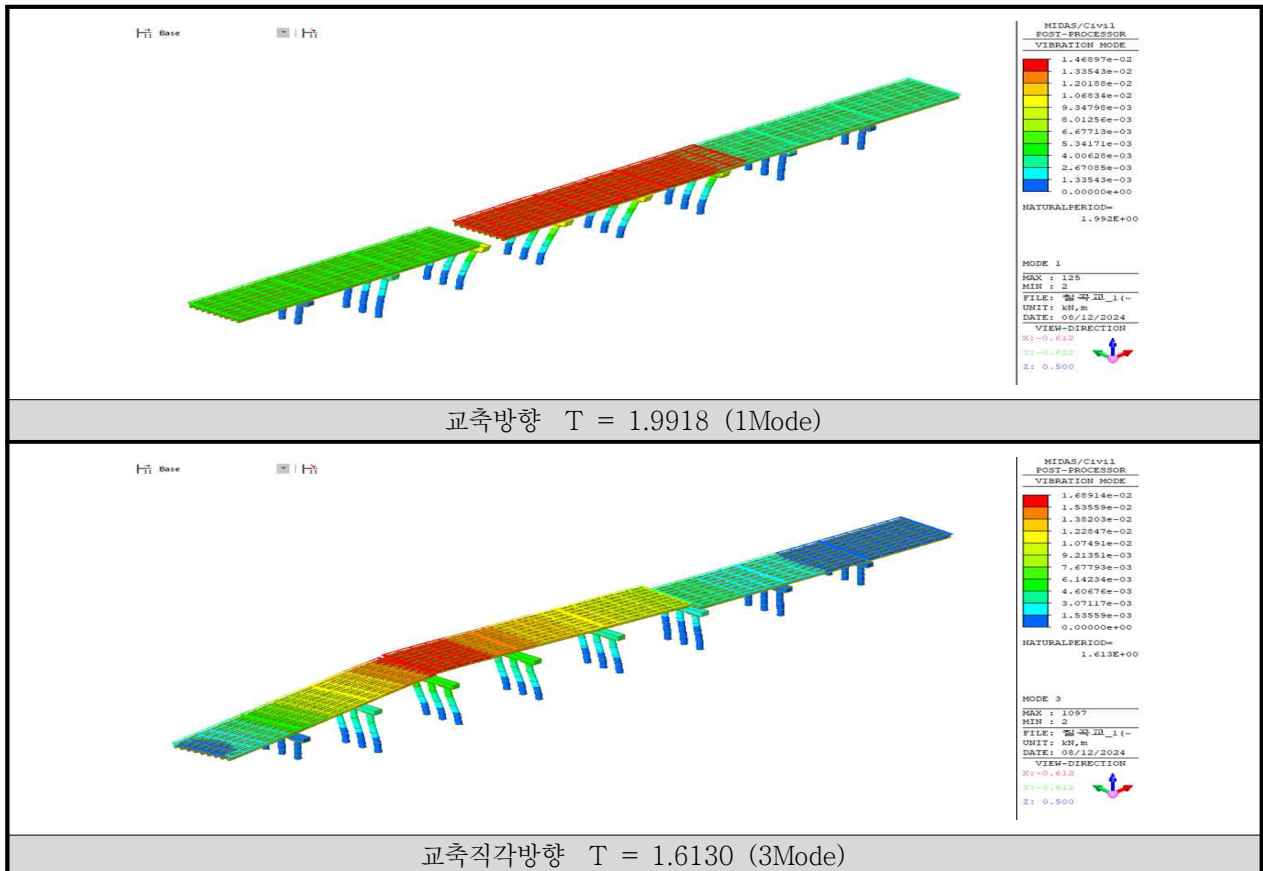
■ 유효강성 산정

구 분	Scale	Ig (m4)	적용 유효강성 (m4)
교축방향	0.294	0.785	0.375
교축직각방향	0.294	0.785	0.375

1.6 지진해석결과



① 주요 모드 형상 (Mode Shape)



② 대표 검토 교각 부재력 집계

■ 교각 1

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,991.6		4,991.6	
하단축력(kN)	5,674.5		5,674.5	
상단변위(mm)	23.8	0.0	0.8	6.7
상단전단력(kN)	651.6	1.9	64.1	718.8
하단전단력(kN)	698.0	1.8	64.5	820.4
상단모멘트(kN · m)	841.8	3.0	283.7	3,330.4
하단모멘트(kN · m)	5,201.4	2.8	286.3	3,566.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,991.6		4,991.6	
하단축력(kN)	5,674.5		5,674.5	
상단변위(mm)	24.1	2.0	8.0	6.7
상단전단력(kN)	670.8	217.5	259.6	719.3
하단전단력(kN)	717.4	247.9	273.9	820.9
상단모멘트(kN · m)	926.9	1,002.1	536.2	3,331.3
하단모멘트(kN · m)	5,287.3	1,072.8	1,846.7	3,567.6

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,991.6		4,991.6	
하단축력(kN)	5,674.5		5,674.5	
상단변위(mm)	0.4	0.0	0.4	0.0
상단전단력(kN)	3.4	0.0	3.4	0.0
하단전단력(kN)	3.4	0.0	3.4	0.0
상단모멘트(kN · m)	66.0	0.0	66.0	0.0
하단모멘트(kN · m)	36.0	0.0	36.0	0.0

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	4,991.6	4,991.6	P
하단축력(kN)	5,674.5	5,674.5	P _{bot}
상단변위(mm)	24.5	6.7	[Δ E] comb
상단전단력(kN)	674.2	719.3	[VE] comb, Top
하단전단력(kN)	720.7	820.9	[VE] comb, Bot
상단모멘트(kN · m)	992.9	3,331.3	[ME] comb
하단모멘트(kN · m)	5,323.3	3,567.6	[ME] comb

■ 교각 3

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,495.3		4,495.3	
하단축력(kN)	5,762.2		5,762.2	
상단변위(mm)	89.5	0.0	0.8	44.6
상단전단력(kN)	303.1	0.5	10.2	794.6
하단전단력(kN)	368.4	0.4	10.9	892.9
상단모멘트(kN · m)	607.8	1.1	84.6	6,754.8
하단모멘트(kN · m)	5,704.7	0.9	87.6	7,182.2

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,495.3		4,495.3	
하단축력(kN)	5,762.2		5,762.2	
상단변위(mm)	89.7	13.4	27.6	44.6
상단전단력(kN)	306.1	238.9	101.1	794.8
하단전단력(kN)	371.6	268.3	121.4	893.0
상단모멘트(kN · m)	633.1	2,027.6	266.9	6,755.2
하단모멘트(kN · m)	5,731.0	2,155.6	1,799.0	7,182.5

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,495.3		4,495.3	
하단축력(kN)	5,762.2		5,762.2	
상단변위(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력(kN)	0.2	0.0	0.2	0.0
하단전단력(kN)	0.2	0.0	0.2	0.0
상단모멘트(kN·m)	0.1	0.0	0.1	0.0
하단모멘트(kN·m)	3.0	0.0	3.0	0.0

4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력(kN)	4,495.3	4,495.3	P
하단축력(kN)	5,762.2	5,762.2	Pbot
상단변위(mm)	89.7	44.6	[ΔE]comb
상단전단력(kN)	306.3	794.8	[VE]comb,Top
하단전단력(kN)	371.8	893.0	[VE]comb,Bot
상단모멘트(kN·m)	633.3	6,755.2	[ME]comb
하단모멘트(kN·m)	5,734.0	7,182.5	[ME]comb

■ 교각 6

1) 해석결과

부재력	교축방향 지진시		교직방향 지진시	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력(kN)	4,493.2		4,493.2	
하단축력(kN)	5,759.4		5,759.4	
상단변위(mm)	82.9	0.0	1.3	36.4
상단전단력(kN)	283.1	0.6	16.1	645.8
하단전단력(kN)	348.9	0.4	17.0	737.8
상단모멘트(kN·m)	565.5	1.3	134.0	5,507.6
하단모멘트(kN·m)	5,307.3	0.8	137.8	5,896.8

2) 하중경우별 해석결과 (30% 규정 적용)

부재력	하중경우 1		하중경우 2	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력 (kN)	4,493.2		4,493.2	
하단축력 (kN)	5,759.4		5,759.4	
상단변위 (mm)	83.3	10.9	26.1	36.4
상단전단력 (kN)	288.0	194.4	101.0	646.0
하단전단력 (kN)	354.0	221.7	121.7	737.9
상단모멘트 (kN · m)	605.8	1,653.6	303.7	5,507.9
하단모멘트 (kN · m)	5,348.6	1,769.8	1,730.0	5,897.1

3) 하중경우별 해석결과 (고정하중)

부재력	하중경우		하중경우	
	교축력	교직력	교축력	교직력
상단축력 (kN)	4,493.2		4,493.2	
하단축력 (kN)	5,759.4		5,759.4	
상단변위 (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0
상단전단력 (kN)	0.1	0.0	0.1	0.0
하단전단력 (kN)	0.1	0.0	0.1	0.0
상단모멘트 (kN · m)	0.2	0.0	0.2	0.0
하단모멘트 (kN · m)	1.3	0.0	1.3	0.0

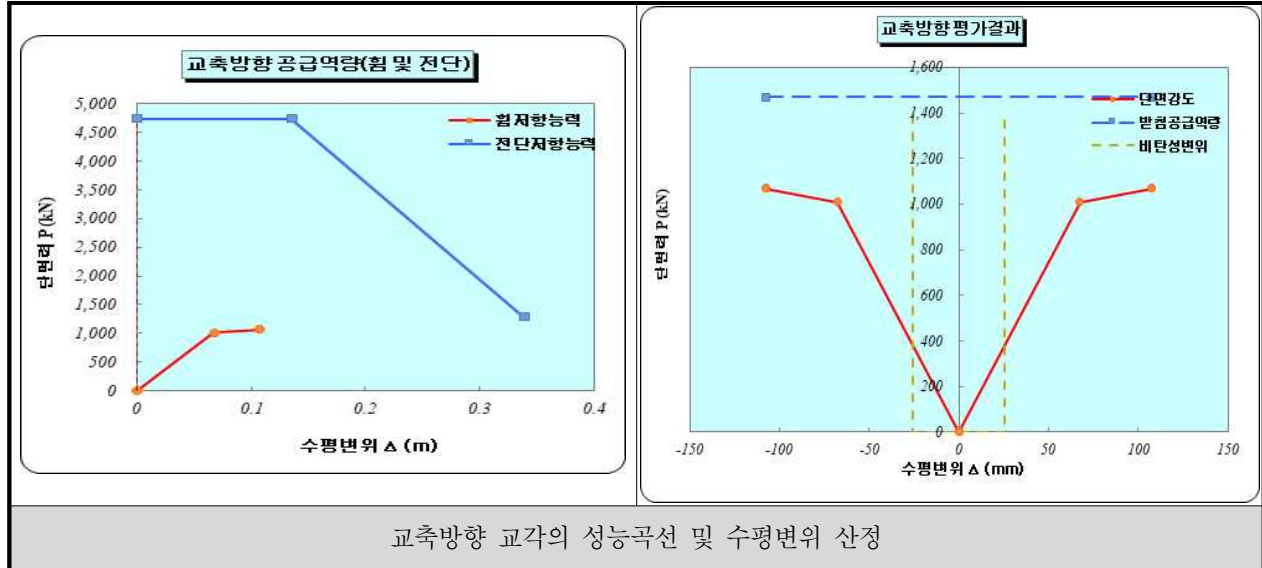
4) 방향별 하중조합

부재력	교축방향	교직방향	기호
	교축 조합력	교직 조합력	
상단축력 (kN)	4,493.2	4,493.2	P
하단축력 (kN)	5,759.4	5,759.4	Pbot
상단변위 (mm)	83.3	36.4	[$\angle$ E] comb
상단전단력 (kN)	288.0	646.0	[VE] comb, Top
하단전단력 (kN)	354.1	737.9	[VE] comb, Bot
상단모멘트 (kN · m)	606.0	5,507.9	[ME] comb
하단모멘트 (kN · m)	5,349.9	5,897.1	[ME] comb

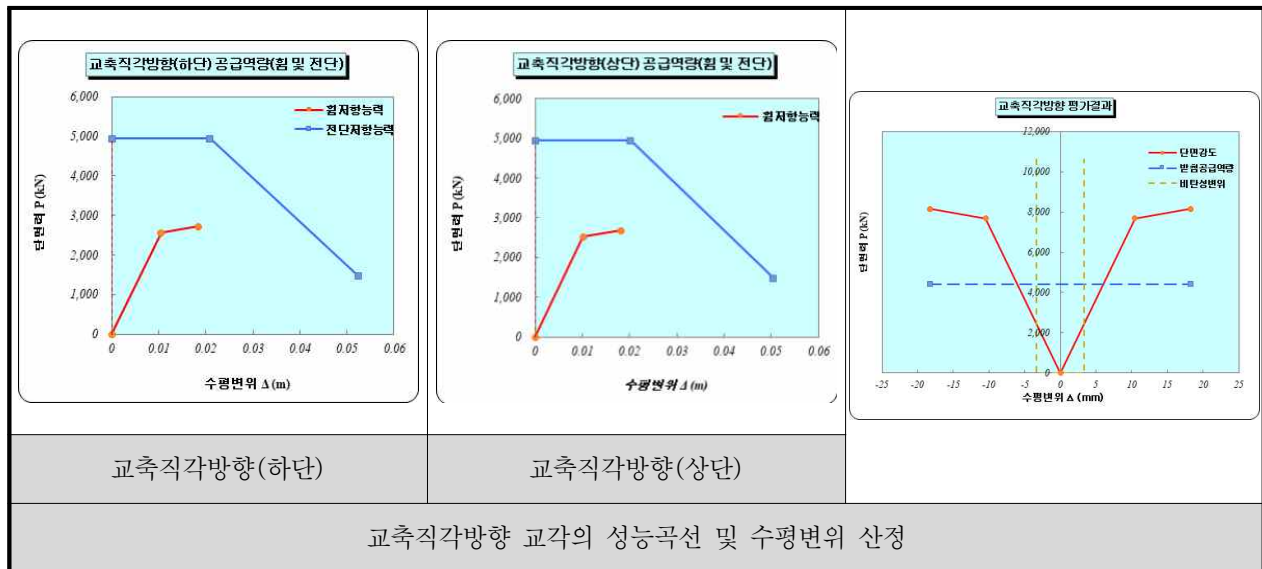
1.7 교각 기둥부 내진성능평가

① 교각 1 보유성능 및 평가결과

■ 교축방향 교각 보유성능



■ 교축직각방향 교각 보유성능

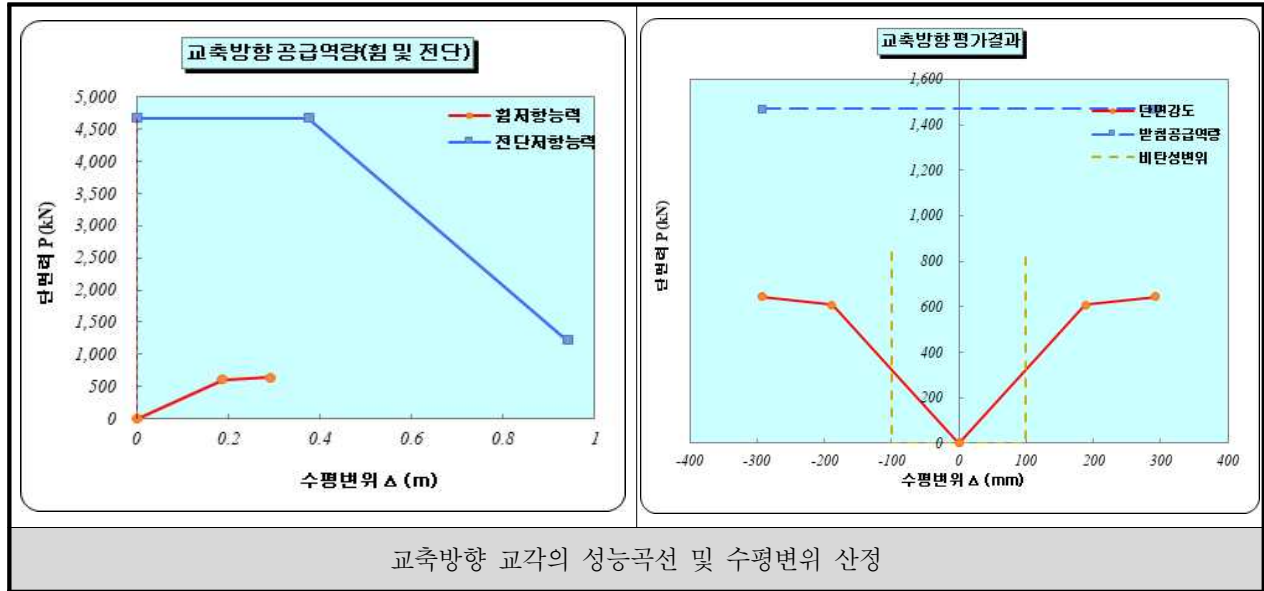


■ 변위성능평가 결과

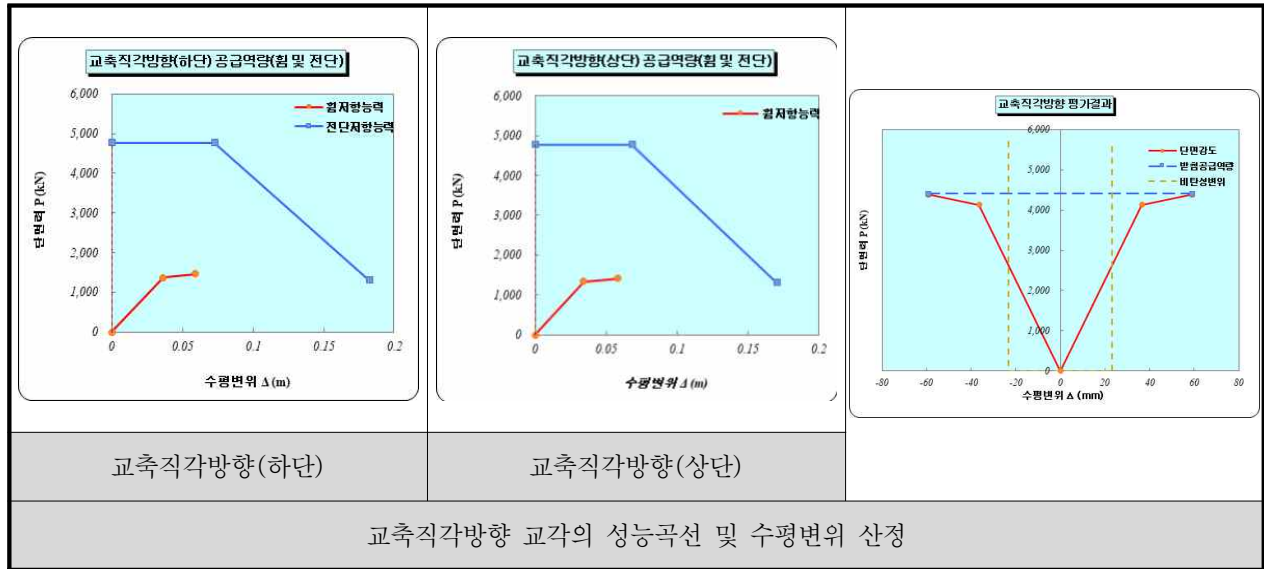
구 분		보유성능 (m)	소요성능 (m)	판 정
교각1	교축방향	1.593	1.000	O.K
	교축직각방향(하단)	1.750	1.000	O.K
	교축직각방향(상단)	1.792	1.000	O.K

② 교각 3 보유성능 및 평가결과

■ 교축방향 교각 보유성능



■ 교축직각방향 교각 보유성능

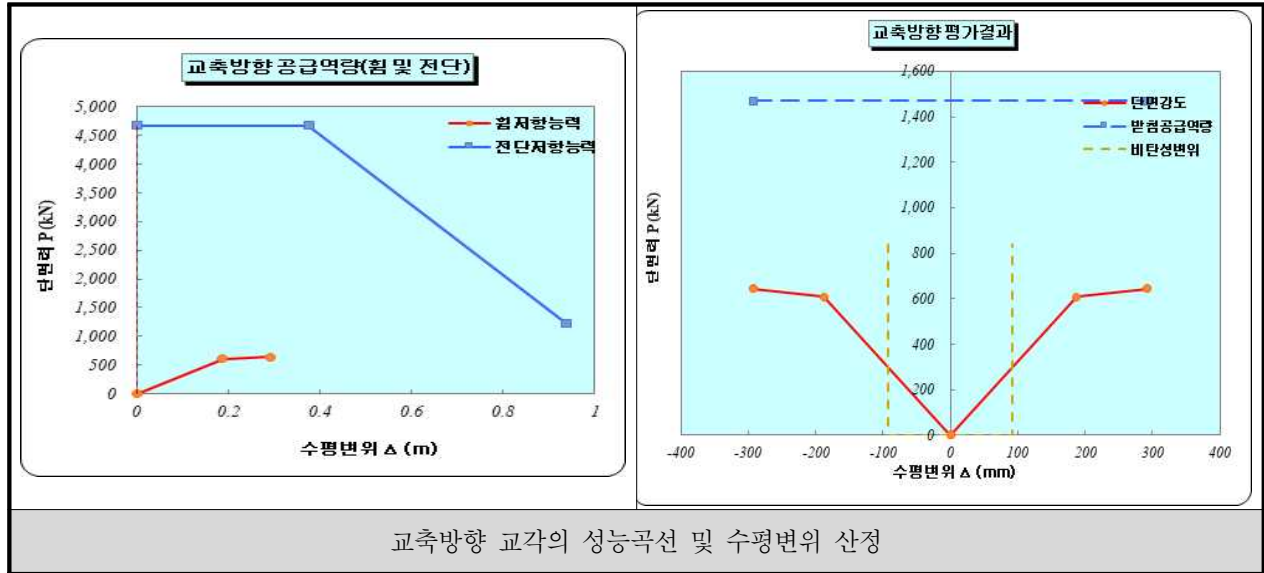


■ 변위성능평가 결과

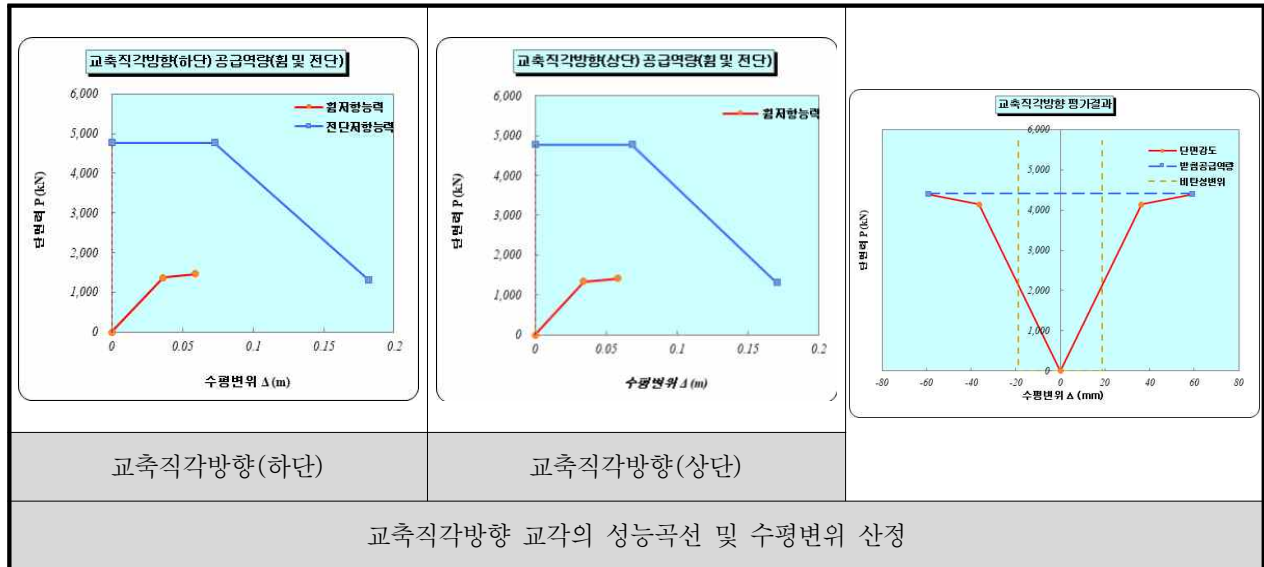
구 분		보유성능 (m)	소요성능 (m)	판 정
교각3	교축방향	1.553	1.000	O.K
	교축직각방향(하단)	1.625	1.000	O.K
	교축직각방향(상단)	1.715	1.000	O.K

③ 교각 6 보유성능 및 평가결과

■ 교축방향 교각 보유성능



■ 교축직각방향 교각 보유성능

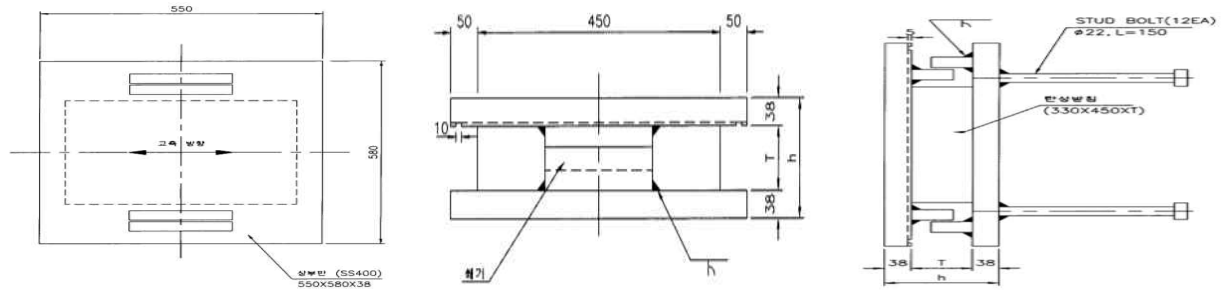


■ 변위성능평가 결과

구 분		보유성능 (m)	소요성능 (m)	판 정
교각6	교축방향	1.553	1.000	O.K
	교축직각방향(하단)	1.627	1.000	O.K
	교축직각방향(상단)	1.712	1.000	O.K

1.8 받침부 내진성능평가

① A1 받침본체 규격



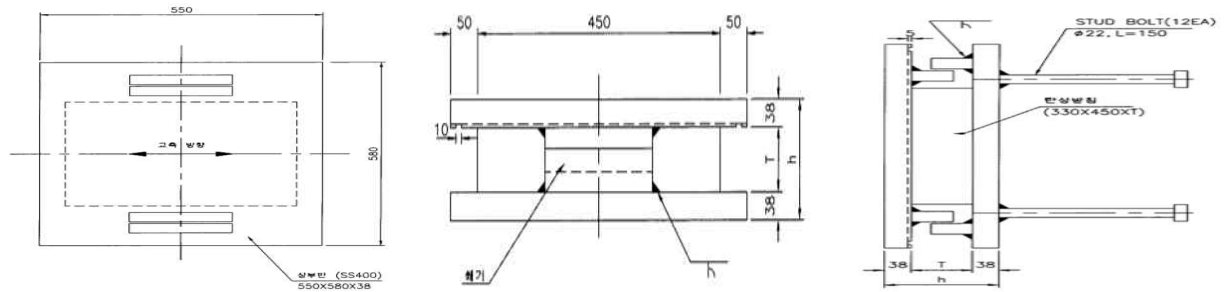
구분 (구조계산서 기준)	길이	단위	
C	=	550	mm
B	=	580	mm
da	=	50	mm
db	=	20	mm
hef	=	150	mm
SL	=	500	mm
ST	=	530	mm
앵커개수	=	2 X 2	EA

■ A1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	2,205	1,121	1.967	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	125	8.676	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	3,338	1,121	2.977	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	125	7.225	O.K

구분	교축직각방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	2,205	846	2.606	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	94	11.493	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	346	94	3.677	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	94	9.571	O.K

② A2 받침본체 규격



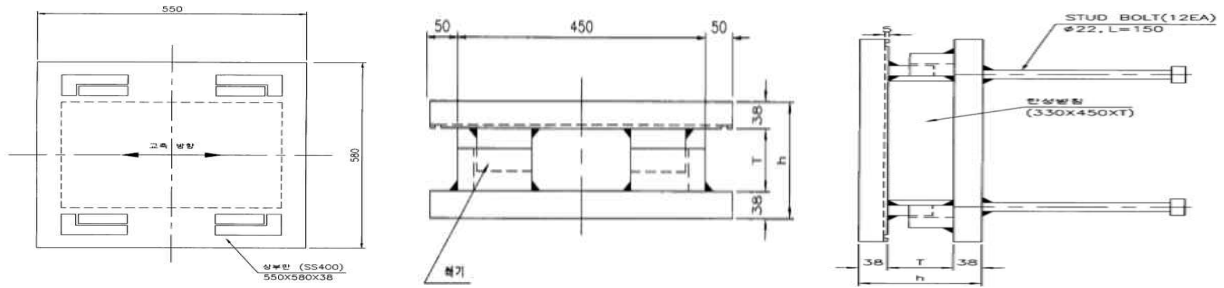
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	550	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	580	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	50	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	20	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	150	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	500	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	530	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

■ A2 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	2,205	1,082	2.038	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	120	8.991	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	3,334	1,082	3.082	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	120	7.488	O.K

구분	교축직각방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	2,205	889	2.481	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	99	10.943	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	344	99	3.485	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	99	9.113	O.K

③ P1 받침본체 규격



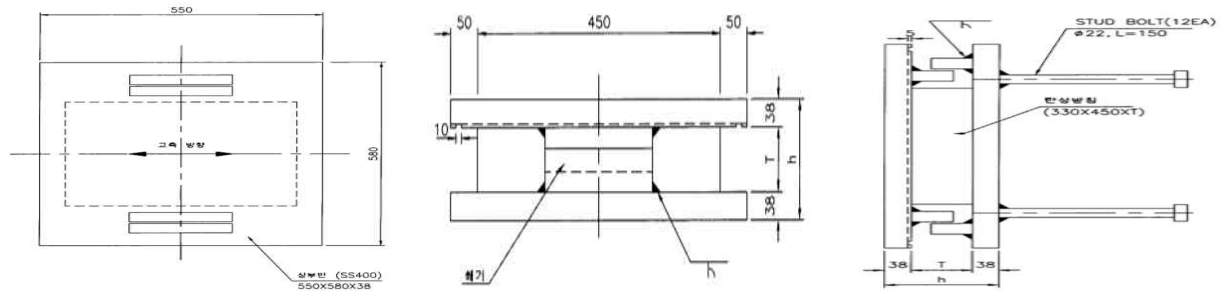
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	550	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	580	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	50	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	20	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	150	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	500	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	530	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

■ P1 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	1,699	2.596	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	94	11.452	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,912	849	3.429	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	94	9.537	O.K

구분	교축직각방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	1,554	2.837	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	86	12.516	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	382	173	2.212	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	875	86	10.134	O.K

④ P3 받침본체 규격



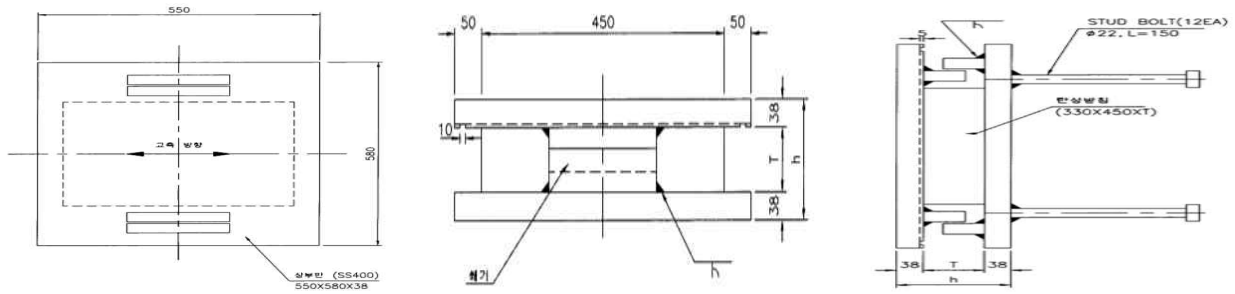
구분 (구조계산서 기준)		길이	단위	
C	=	550	mm	받침 교축방향 폭 (하판)
B	=	580	mm	받침 교축직각방향 폭 (하판)
da	=	50	mm	받침부 앵커소켓 직경
db	=	20	mm	받침부 앵커볼트 직경
hef	=	150	mm	받침부 앵커근입 깊이
SL	=	500	mm	받침 교축방향 앵커간격
ST	=	530	mm	받침 교축직각방향 앵커간격
앵커개수	=	2 X 2	EA	

■ P3 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	1,712	2.576	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	95	11.365	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,846	856	3.325	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	95	9.464	O.K

구분	교축직각방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	2,334	1.890	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	130	8.336	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	376	259	1.451	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	130	6.942	O.K

⑤ P6 받침본체 규격



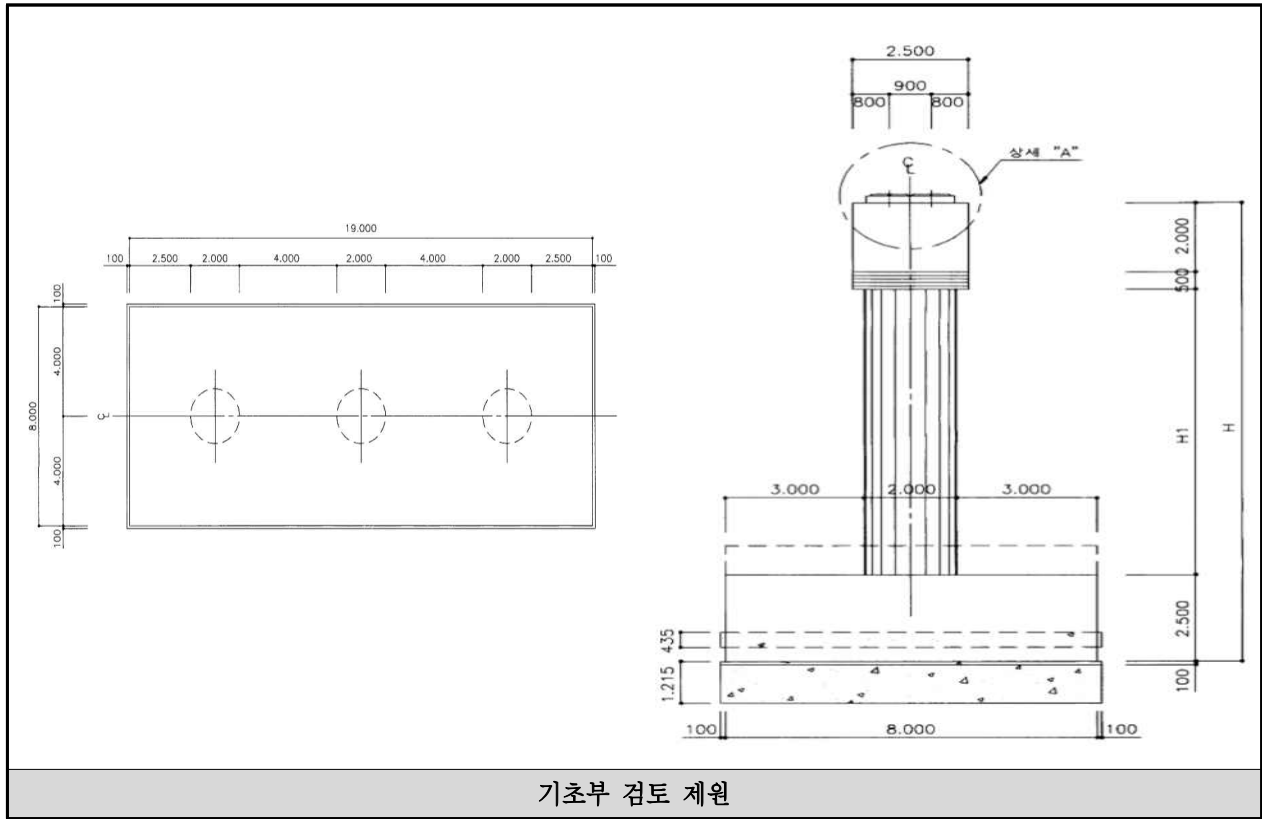
구분 (구조계산서 기준)	길이	단위	
C	=	550	mm
B	=	580	mm
da	=	50	mm
db	=	20	mm
hef	=	150	mm
SL	=	500	mm
ST	=	530	mm
앵커개수	=	2 X 2	EA

■ P6 받침부 내진성능평가 결과

구분	교축방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	1,935	2.280	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	107	10.055	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	2,846	967	2.942	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	107	8.374	O.K

구분	교축직각방향			
	보유성능	소요성능	판정	
받침본체	4,410	1,884	2.341	O.K
앵커볼트-앵커강재파괴	1,081	105	10.327	O.K
앵커볼트-콘크리트파괴	376	209	1.797	O.K
앵커볼트-프라이아웃파괴	900	105	8.601	O.K

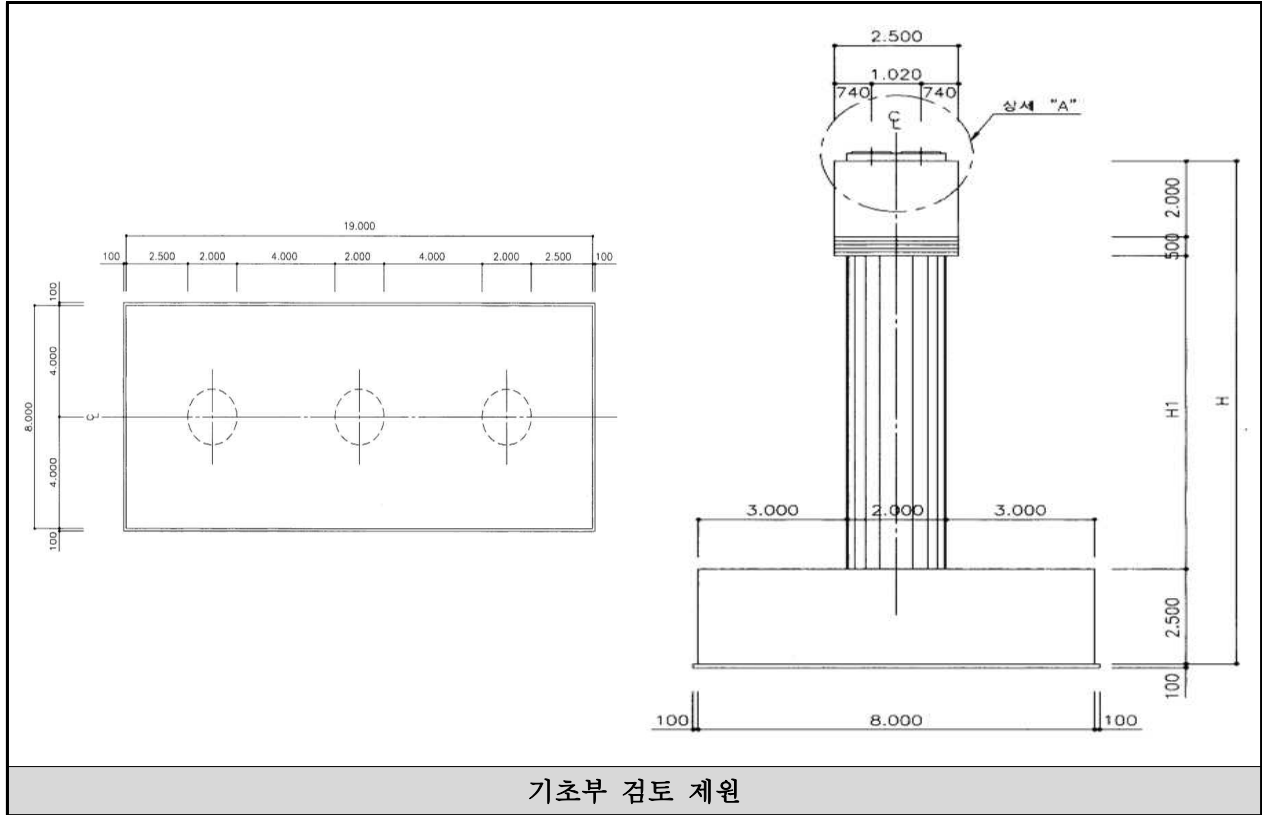
1.9 기초부 내진성능평가



① P1 기초부 검토

■ 기초부 내진성능평가 결과

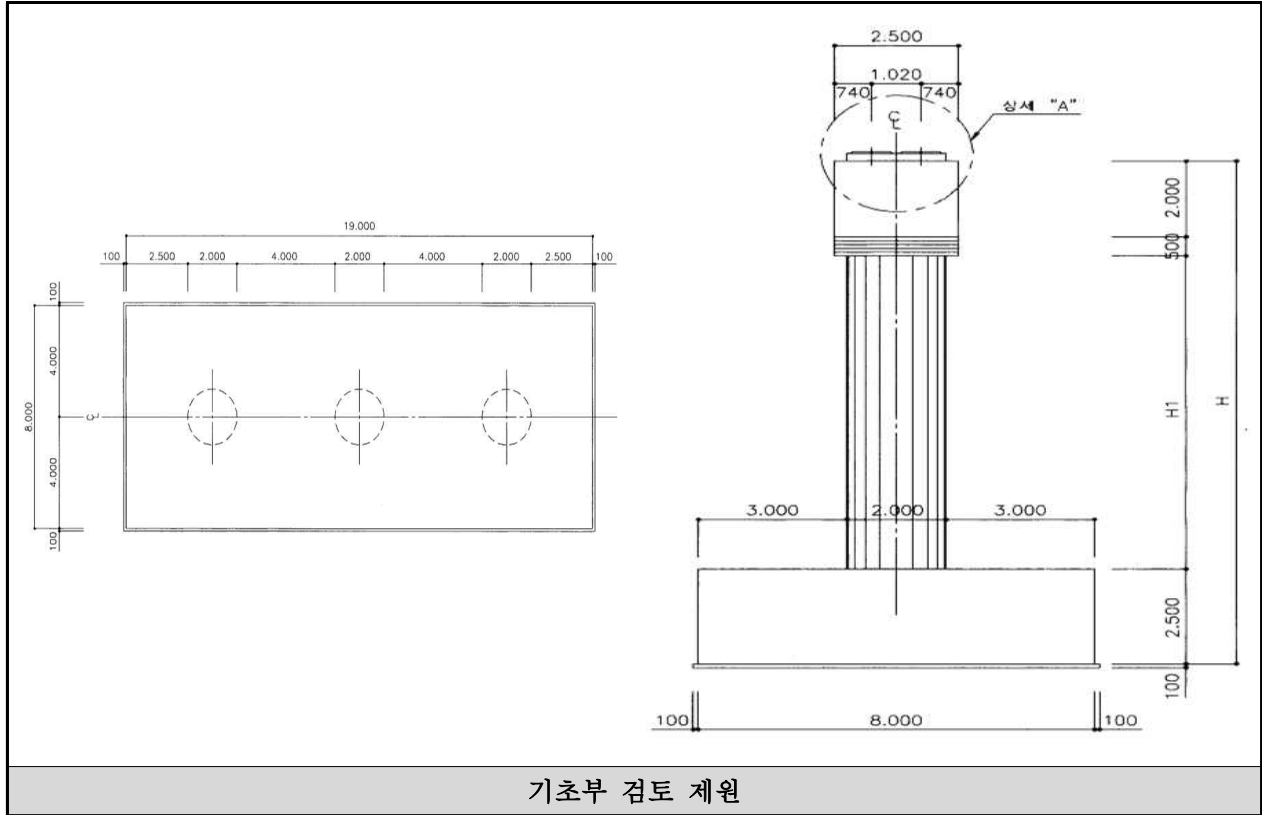
구분			보유성능	소요성능	판정	
안정성 검토	전도	교축	3.200	0.634	5.045	O.K
		교직	7.600	0.500	15.192	O.K
	지지력	교축	22.634	2.000	11.317	O.K
		교직	28.845	2.000	14.422	O.K
	활동	교축	9.352	1.200	7.793	O.K
		교직	8.211	1.200	6.842	O.K
단면 검토	휨	교축	35,693	17,746	2.011	O.K
		교직	81,813	10,104	8.097	O.K
	전단	교축	34,828	7,067	4.928	O.K
		교직	14,664	6,002	2.443	O.K



② P3 기초부 검토

■ 기초부 내진성능평가 결과

구분			보유성능	소요성능	판정	
안정성 검토	전도	교축	3.200	0.603	5.307	O.K
		교직	7.600	0.852	8.920	O.K
	지지력	교축	22.710	2.000	11.355	O.K
		교직	25.988	2.000	12.994	O.K
	활동	교축	17.832	1.200	14.860	O.K
		교직	7.425	1.200	6.188	O.K
단면 검토	휨	교축	35,693	17,455	2.045	O.K
		교직	81,813	11,199	7.306	O.K
	전단	교축	34,828	6,948	5.013	O.K
		교직	14,664	6,554	2.238	O.K



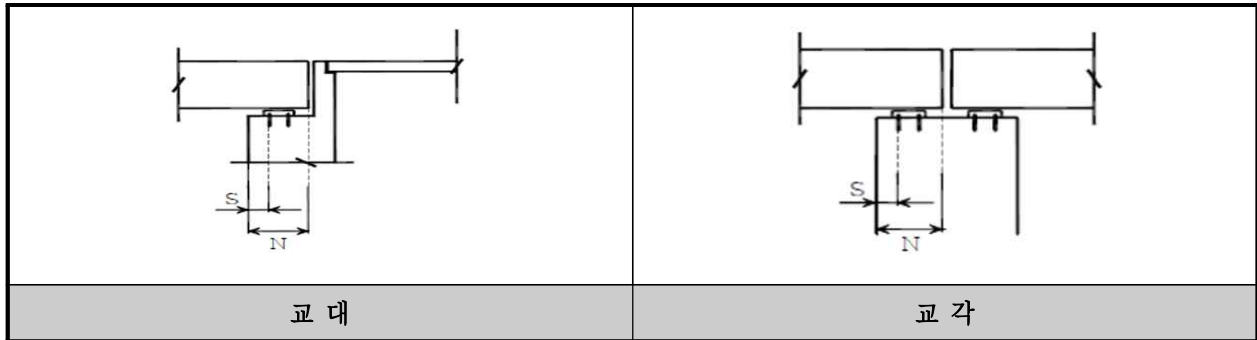
③ P6 기초부 검토

■ 기초부 내진성능평가 결과

구분			보유성능	소요성능	판정	
안정성 검토	전도	교축	3.200	0.492	6.504	O.K
		교직	7.600	0.611	12.441	O.K
	지지력	교축	26.029	2.000	13.015	O.K
		교직	29.871	2.000	14.936	O.K
	활동	교축	21.474	1.200	17.895	O.K
		교직	10.305	1.200	8.587	O.K
단면 검토	휨	교축	35,693	16,844	2.119	O.K
		교직	81,813	10,776	7.592	O.K
	전단	교축	34,828	6,701	5.197	O.K
		교직	14,664	6,526	2.247	O.K

1.10 받침 지지길이 평가 결과

낙교방지를 위한 받침지지 길이는 교각 및 교대의 거더 단부끝단까지의 거리로서 현장조사 및 설계도면을 통해 산정하였다.



구 분		보유성능	소요성능	안전율	평가	내진보강
A 1	N(mm)	1,400	463	3.024	O.K	불필요
P 3	N(mm)	2,350	463	5.076	O.K	불필요
P 6	N(mm)	2,350	475	4.946	O.K	불필요
A 2	N(mm)	1,400	451	3.106	O.K	불필요

1.11 종합결론

본 교량의 경우 상부는 PSC I 거더교, 하부는 다주식 교각, 교좌장치로는 탄성받침이 적용되어 있다. 현재 시행 되고 있는 내진성능평가 요령에 따라 내진성능평가를 수행하였으며, 이에 따른 결과는 다음과 같다.

내진성능검토 대상으로는 기둥부, 받침부, 기초부, 지지길이를 평가하였으며 평가결과, 교각 및 교대부에서 내진성능이 모두 만족한 것으로 검토된다.

따라서 추후 보강방안은 필요하지 않을 것으로 판단된다.