

정 송
밀 탄
안 교
전 하
진 단
단 행
용
역 선

보 고 서

2016.
05

평

택

시

청

송 탄 교 [하 행 선] 정 밀 안 전 진 단 용 역 보 고 서

2016. 05



MS
MYOUNG SEONG

평택시청

(주)명성엔지니어링

제 출 문

수 신 : 평택시청

제 목 : 송탄교(하행선) 정밀안전진단 용역

귀 소와 계약 체결한 「송탄교(하행선) 정밀안전진단 용역」에 대하여 용역을 성실히 수행하고, 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부록과 함께 제출합니다.

2016. 05

(주) 명 성 엔 지 니 어 링

대표이사: 김 선 무 (인)



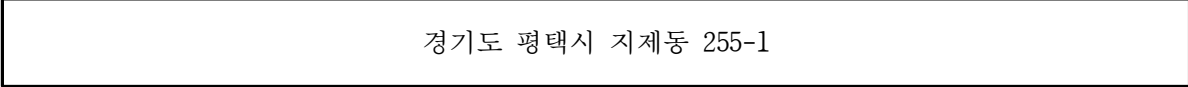
차기 정밀점검시 중점 점검부위
교면포장 기 손상부 진전여부, 신축이음 본체 부식 진전여부
받침장치 이동량 확인, 교대 법면 침하 진전유무, 가로등 기울음 정비 유무
정밀안전진단 실시여부 : 불필요

과업 참여자 명단

용역명 : 송탄교(하행선) 정밀안전진단 용역

과업기간 : 2016년 03월 14일 ~ 2016년 05월 23일

구분	성명	직위	주민등록번호	기술등급 자격사항	비고
책임 기술자	강영규	부사장	410621-1*****	토목특급기술자 토목시공기술사	
참여 기술자	장진원	부장	820225-1*****	토목고급기술자 토목기사	
	서동진	부장	821205-1*****	토목고급기술자 토목기사	
	김규철	상무	730201-1*****	토목초급기술자 공학사	
	이상훈	부장	850424-1*****	토목초급기술자 공학사	



경기도 평택시 지제동 255-1

전 경



측면 전경



상부 전경

부재별 사진



방호벽 전경



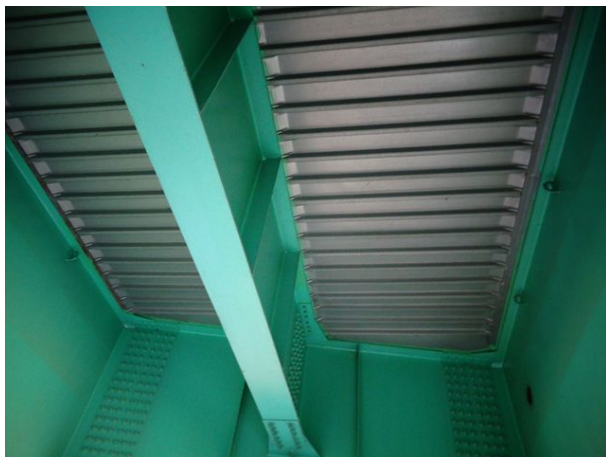
중앙분리대 전경



신축이음 전경



배수관 전경



데크플레이트 전경



거더외부 스플라이스 전경

부재별 사진



거더외부 전경



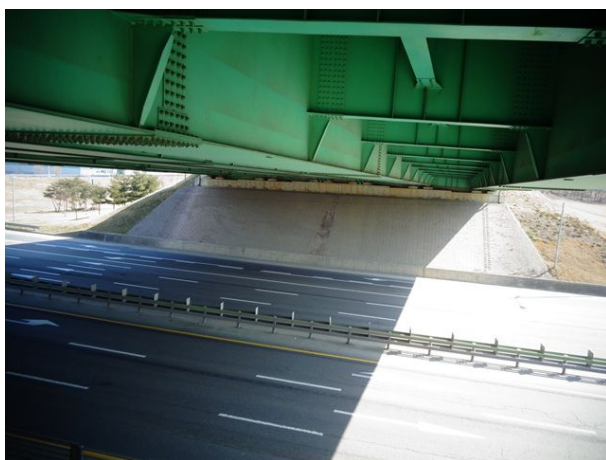
가로보 및 세로보 전경



거더 내부 전경



받침장치 전경



교대 전경



교각 전경

충탄교(하행선) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
· 충탄교(하행선)는 2005년 준공 후 지금까지 약 11년 동안 공용중인 구조물로서, 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 파손, 배수시설 배수구 막힘, 신축이음 본체 부식, 거더내부 노숙흔적, 받침장치 콘크리트 파손 및 이동량 부족, 교대 범면 침하, 가로등 기울음 등이 확인되었으며, 구조적인 손상은 없는 것으로 조사됨. · 금회 외관조사 및 내구성조사 결과를 기초한 상태평가의 B등급과 안전성평가 A등급으로 종합평가는 “본 시설물은 현재 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 안전등급 B등급” 으로 지정됨. 손상에 대한 보수 및 유지관리가 지속된다면 시설물의 기능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단됨.	
책임기술자 : 강 영 규 	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가결과 : B등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교면포장	b	- 아스콘 균열, 망상균열 - 아스콘 소성변형 - 아스콘 패임, 파도홀, 파손 - 토사퇴적	- 주의관찰 - 재포장 - 아스콘 팻칭 - 정비(청소)
난간, 연석	b	- cw=0.3mm미만 균열 - cw=0.3mm이상 균열 - 텔리네이터 파손, 교명판 유실 - 콘크리트 파손, 열화	- 표면처리 - 주입보수 - 정비(교체) - 단면보수(몰탈)
배수시설	c	- 배수구 막힘 - 배수관 탈락, 그레이팅 유실	- 정비(청소) - 정비(교체)
신축이음장치	b	- 후타재 균열 - 본체 부식 - 본체 유간 토사퇴적, 차수판 볼트탈락	- 표면처리 - 주의관찰 - 정비(청소, 교체)
바닥판	b	- cw=0.3mm미만 균열, 백태 - 표면열화 - 데크플레이트 부식	- 표면처리 - 단면보수(몰탈) - 재도장
거 더	b	- 도장탈락, 박리, 굽힘, 점부식 - 우수유입흔적, 이물질퇴적	- 재도장 - 정비(청소)
가로보, 세로보	a	- 상태양호	-

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가결과 : B등급
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
받침장치	b	- cw=0.3mm미만 균열 - cw=0.3mm이상 균열 - 플레이트 도장박리, 탈락, 부식 - 콘크리트 파손, 탈락 - 낙교방지방치 볼트 길이부족	- 표면처리 - 주입보수 - 재도장 - 단면보수(몰탈) - 주의관찰
교대, 교각	b	- cw=0.3mm미만 균열, 망상균열 - cw=0.3mm이상 균열 - 콘크리트 박락, 파손, 철근노출 - 표면열화 - 재료분리 - 실란트 파손	- 표면처리 - 주입보수 - 단면보수(방청) - 단면보수(몰탈) - 표면처리 - 실란트 충전
기초	-	-	-

나. 안전성평가 결과

구 분		발생응력(MPa) /소요강도	허용응력(f_a) /설계강도	안전율	안전성 평가등급
허용응력	강거더	1.671	2.174	1.301	A
강도설계	바닥판	51.884	95.157	1.834	A

다. 내진성능 반영여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
송탄교(하행선)	Y	내진 1등급 지역으로 내진설계가 고려되어 적용 설계됨	

라. 현장시험 및 실내시험

구 분	내구성 조사 결과					평가의견	
콘크리트 압축 강도	시험 종류		측정결과 (MPa)			· 설계기준강도 상회	
			상부구조	하부구조			
	반발경도	28.8~32.0	24.5~28.1				
	초음파 강도	28.0~29.5	24.2~27.7				
	설계기준강도	27.0	24.0				
철근 탐사	철근종류		측정 (mm)		설계 (mm)		· 배근간격은 설계간격과 유사 설계간격 대비 91%~125%(평균:104%) · 피복두께 일부구간 부족 설계피복 대비 51%~120%(평균:87%)
			배근	피복	배근	피복	
	바닥판	주철근	130~165	34~60	150	56	
		배력근	102~130	32~48	125	40	
	교 대 홍 벽	수평근	100	100	100	117	
		수직근	133	80	125	100	
	교 각 코 평	주철근	100	112~114	100	128	
		배력근	141~153	76~91	150	100	
	교 각 기 등	주철근	95~100	80~106	100	124	
띠철근		135~155	51~95	150	100		
탄산화 시험	부 재	탄산화깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)		탄산화 잔여깊이(mm)	· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음	
	상부구조	5.5~7.2	44.0~57.0		38.2~50.9		
	하부구조	5.9~6.5	102.0~109.0		96.3~102.9		
염화물 함유량 시험	부 재	측정결과 (kgf/m³)	평가기준(kgf/m³)			· a등급 6개소 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음	
	상부구조	0.138~0.154	a등급 염화물≤0.3kg/m³				
	하부구조	0.129~0.165					
균열깊이	부 재	균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열폭 (mm)		· 균열 깊이가 피복두께 이하로 측정되어 양호함	
	상부구조	20.1	38.0	0.2			
	하부구조	19.7	89.0	0.3			
강재초음파탐상	부 재		검사개소		등급	· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		66		I		

마. 손상별 보수·보강방안 및 우선순위 선정

구 분		결합 및 손상현황	손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
교면포장	아스콘 균열		129.2m	주의관찰	3
	아스콘 망상균열		2824.0㎡	주의관찰	3
	아스콘 소성변형		34.0㎡	재포장	1
	아스콘 패임		0.09㎡	아스콘 패칭	1
	포트홀, 파손		0.3㎡	아스콘 패칭	1
	토사퇴적		47.2㎡	청소	3
방호벽	균 열	0.3mm미만	48.0m	표면처리	3
		0.3mm이상	6.0m	주입보수	3
	텔리네이터 파손		10개소	교체	3
	파손, 박리, 박락, 열화		181.85㎡	단면보수	3
	균열 백태		105.3m	습식균열보수	3
	망상균열		0.72㎡	표면처리	3
	교명판 유실		2개소	교체	3
배수시설	배수관 탈락		1개소	교체	3
	그레이팅 유실		1개소	교체	3
	배수구 막힘		15개소	청소	3
바닥판 하면	균 열	0.3mm미만	11.25㎡	표면처리	2
	표면열화		1.2㎡	단면보수	2
	데크플레이트 부식		1.8㎡	재도장	2
	백태		1.08㎡	표면처리	2
거더	외부	도장탈락, 박리, 손상, 굽힘	0.59㎡	재도장	3
		점부식, 부식	5.08㎡	재도장	3
		시건장치 미체결	8개소	시건장치 설치	2
	내부	도장손상 및 부식	0.8㎡	재도장	3
		환기구 볼트 체결 불량	28개소	볼트 재체결	3
		환기구 망 탈락	4개소	교체	3
		누수흔적 썰링제 미설치	250개소	실란트 충전	3
		이물질퇴적, 토사퇴적	172.25㎡	청소	3
		누수흔적	0.12㎡	청소	3
		재하시험 게이지 미제거	13개소	청소	3

구 분	결합 및 손상현황		손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
교 대 교 각	균열	0.3mm미만	167.65m	표면처리	2
		0.3mm이상	5.0m	주입보수	2
	법면 침하		0.5㎡	주의관찰	3
	망상균열		2,980.18㎡	표면처리	2
	철근노출 박락, 파손		0.01㎡	단면보수	2
	재료분리		3.0㎡	표면처리	2
	표면열화		5.64㎡	단면보수	2
	실란트 파손		6.0m	실란트 충전	2
	하단 방호벽 밀림		0.1m	주의관찰	3
신축이음장치	후타재 균열		46.67㎡	주의관찰	3
	유간 토사퇴적		81.5m	청소	3
	차수판 볼트 탈락		2개소	교체	3
	본체 부식		5.0m	주의관찰	3
받침장치	cw=0.3mm미만 균열		11.15m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열		0.6m	주입보수	2
	도장박리, 탈락, 부식		0.69㎡	재도장	3
	낙교방지장치 볼트길이부족		224개소	주의관찰	3
	들뜸, 파손, 탈락		0.5㎡	단면보수	3
	볼트 부식		19개소	재도장	3
	본체 고무재 탈락		2개소	주의관찰	3

현 황 표

작성일 : 2016년 05월 15일

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		송탄교(하행선)		시설물번호		BR2005-0000799	
준공년월일		2005년 05월 25일		관리번호		-	
시설물위치		경기도 평택시 지제동 255-1					
설계하중		DB-24		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L = 423.9m (45.135+45+45.15+45.15+45+60.15+42.15+42+54.125)					
	폭	B = 17.8m(차도:15.3m)					
구조 형식	상부	강박스거더교 (Steel Box Girder)		기초 형식	교대	말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 구주식			교각	말뚝기초	
교량받침		포트받침		신축이음		Rail Joint (A1, A2, P3, P6)	
교차시설물 (도로,철도,하천)		도일천(S5), 경부선철도(S6), 국도1호선(S9)		통과높이		4.8m~8.7m	
부착시설 내용		높이제한관					
평면 및 종단면도		평면도 1:1,000 평면 및 종단면도 종단면도 1:1,000					

목 차

- ◎제출문
- ◎진단결과표
- ◎과업참여자명단
- ◎위치도 및 전경사진, 부위별사진
- ◎결과요약문

제1장 서론	1
1.1 개 요	2
1.1.1 과업의 목적	2
1.1.2 대상 시설물의 현황	2
1.1.3 과업의 범위	3
1.1.4 과업의 세부내용	4
1.2 과업수행 흐름도	5
1.3 과업수행 공정표	6
1.4 투입장비 목록	7
1.5 사용기호의 정의	8
1.6 과업 적용 기준	9
제2장 자료수집 및 분석	10
2.1 관련도면	11
2.2 자료분석	68
2.2.1 설계도 확인결과	68
2.2.2 전차 점검 및 진단 이력사항	69
2.2.3 보수·보강 이력사항	72
2.2.4 내진성능 확보 여부	72
2.3 자료보유 현황	72
제3장 현장조사 및 시험	73
3.1 현장조사	74
3.1.1 부위별 주요 항목조사	74
3.1.2 외관조사방향 설정	77
3.1.3 외관조사망도 작성방향	77
3.1.4 부재별 외관조사 결과	80
3.1.5 외관조사 결과분석	119

3.2 내구성 시험	122
3.2.1 개요	122
3.2.2 반발경도	124
3.2.3 초음파 강도	129
3.2.4 철근탐사	132
3.2.5 탄산화	136
3.2.6 염화물 함유량	140
3.2.7 초음파 속도법에 의한 균열깊이 평가	142
3.2.8 강재 초음파탐상	144
3.2.9 내구성시험 결과	150
제4장 상태평가	151
4.1 개 요	152
4.2 상태평가 기준	152
4.3 상태평가 항목 및 절차	152
4.3.1 부재별 상태평가 적용범위	152
4.3.2 부재별 상태평가 기준	153
4.3.3 상태평가 절차	159
4.3.4 구조형식별 부재별 가중치	160
4.4 상태평가 결과	161
제5장 재하시험	163
5.1 개 요	164
5.1.1 정적 재하시험	165
5.1.2 동적 재하시험	165
5.2 재하시험 계획 및 실행	166
5.2.1 재하시험 장비	166
5.2.2 시험차량 제원 및 축중	166
5.2.3 시험경간의 선정	167
5.2.4 측정 센서의 부착위치	167
5.3 정적재하시험	169
5.3.1 시험방법 및 결과	169
5.4 동적주행시험	174
5.4.1 시험방법 및 결과	174
5.3 재하시험 결과분석	183
5.5.1 재하시험 결과	183
5.5.2 결과 고찰	183

제6장 구조해석 및 안전성평가	184
6.1 개요	185
6.2 구조해석 및 안전성검토	186
6.2.1 구조해석 모델	186
6.2.2 구조해석 조건	187
6.2.3 검토단면	190
6.2.4 거더특성	191
6.2.5 구조해석 결과	199
6.2.6 바닥판 안전성 검토	205
6.3 내하력 평가	208
6.3.1 개요	208
6.3.2 응답비	210
6.3.3 이론 고유진동수	212
6.3.4 응답보정계수	213
6.3.5 공용내하력 평가	214
6.3.6 고찰	214
6.4 안전성 평가등급 산정	215
6.4.1 구조해석에 따른 안전성 평가	215
6.4.2 안전성 평가결과	215
 제7장 종합평가 및 안전등급 지정	 217
7.1 종합평가	218
7.1.1 개요	218
7.1.2 종합평가 기준	218
7.1.3 종합평가 결과 산정방법	219
7.1.4 종합평가 결과	220
7.2 안전등급 지정	222
7.2.1 개요	222
7.2.2 안전등급 지정결과	222
 제8장 보수·보강 및 유지관리방안	 223
8.1 개요	224
8.1.1 일반사항	224
8.1.2 용어의 정의	224
8.2 보수·보강방안	225
8.2.1 개요	225

8.2.2 보수·보강방안	227
8.2.3 손상별 보수·보강방안 및 우선순위 선정	250
8.2.4 개략공사비	252
8.3 유지관리 방안	255
8.3.1 유지관리 업무	255
8.3.2 점검 주기 및 주요 조사내용	258
8.3.3 유지관리 방안	259
제9장 종합결론	262
9.1 개요	263
9.2 점검결과	263
9.2.1 외관조사 결과	263
9.2.2 외관조사 결과분석	265
9.2.3 내구성시험 결과	268
9.2.4 상태평가 결과	269
9.2.5 구조해석 및 안전성평가 결과	269
9.2.6 종합평가 및 안전등급 지정	270
9.3 종합결론 및 건의사항	270

부록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 구조해석 모델링 및 수치해석 자료
4. 측정, 시험, 계측성과표
5. 상태평가 결과자료
6. 안전성평가 결과자료
7. 시설물관리대장 사본
8. 현황조사 및 외관조사 사진첩
9. 사용장비 및 기기의 사진
10. 사전조사자료일체
11. 기타 참고자료
12. 자문조치 및 결과

표 목 차

【표 1.1】 대상 시설물 현황	3
【표 1.2】 과업의 내용	4
【표 1.3】 예정 공정표	6
【표 1.4】 투입장비 목록	7
【표 1.5】 교량 기호의 정의	8
【표 2.1】 설계도 확인결과	68
【표 2.2】 전차 점검 및 진단 이력사항	69
【표 2.3】 보수·보강 이력사항	72
【표 2.4】 자료 보유 현황	72
【표 3.1】 부위별 주요 조사항목	74
【표 3.2】 외관조사 방향	77
【표 3.3】 교면포장 물량표	80
【표 3.4】 교면포장 전차 물량 비교	81
【표 3.5】 방호벽 물량표	84
【표 3.6】 방호벽 전차 물량 비교	84
【표 3.7】 배수시설 물량표	86
【표 3.8】 배수시설 전차 물량 비교	87
【표 3.9】 신축이음 물량표	88
【표 3.10】 신축이음 전차 물량 비교	89
【표 3.11】 지역별 온도변화 범위	91
【표 3.12】 유간 측정결과	92
【표 3.13】 바닥판하면 물량표	94
【표 3.14】 바닥판하면 전차 물량 비교	94
【표 3.15】 거더외부 물량표	97
【표 3.16】 거더외부 전차 물량 비교	97
【표 3.17】 거더내부 물량표	98
【표 3.18】 거더내부 전차 물량 비교	98
【표 3.19】 받침장치 물량표	102
【표 3.20】 받침장치 전차 물량 비교	102
【표 3.21】 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선행창 계수	105
【표 3.22】 받침장치 여유량 조사 결과	106
【표 3.23】 연단거리 검토결과	112
【표 3.24】 교대 및 교각 물량표	114

【표 3.25】 교대 및 교각 전차 물량 비교	115
【표 3.26】 부대시설 물량표	116
【표 3.27】 부대시설 전차 물량 비교	117
【표 3.28】 내구성조사 항목 및 계획	122
【표 3.29】 내구성조사 현황	123
【표 3.30】 슈미트 햄머의 종류	125
【표 3.31】 타격방향에 따른 보정치	126
【표 3.32】 채령에 의한 보정표	126
【표 3.33】 반발경도 시험결과	127
【표 3.34】 초음파강도 시험결과	131
【표 3.35】 철근탐사 결과	134
【표 3.36】 탄산화 속도 영향 인자	137
【표 3.37】 탄산화 상태평가 기준	137
【표 3.38】 탄산화 시험 결과	138
【표 3.39】 염화물 상태평가 기준	140
【표 3.40】 염화물 함유량 시험 결과	141
【표 3.41】 균열 깊이 측정결과	143
【표 3.42】 결함의 등급분류	145
【표 3.43】 용접부 결함의 합부 판정기준	145
【표 3.44】 강재 초음파탐상 시험결과	147
【표 4.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준	153
【표 4.2】 강 거더 상태평가 기준	153
【표 4.3】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준	154
【표 4.4】 교대 상태평가 기준	154
【표 4.5】 콘크리트 교각 상태평가 기준	155
【표 4.6】 기초 상태평가 기준	155
【표 4.7】 교량받침 상태평가 기준	156
【표 4.8】 신축이음 상태평가 기준	156
【표 4.9】 교면포장 상태평가 기준	157
【표 4.10】 배수시설 상태평가 기준	157
【표 4.11】 난간 및 연석 상태평가 기준	157
【표 4.12】 탄산화 상태평가 기준	158
【표 4.13】 염화물 상태평가 기준	158
【표 4.14】 결함도 점수 범위에 따른 기준	159
【표 4.15】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치	160
【표 4.16】 상태평가 결과표	161
【표 4.17】 전체 상태평가 결과	162

【표 5.1】 재하시험 측정기기	166
【표 5.2】 센서의 종류	166
【표 5.3】 재하차량 제원	166
【표 5.4】 재하시험 대상경간	167
【표 5.5】 재하시험 구간 Gauge 번호, 부착위치 및 목적	168
【표 5.6】 정적재하시험 하중 재하 경우	169
【표 5.7】 측 경간(S1)의 정모멘트부 측정 결과 - 변형률	170
【표 5.8】 P1의 부모멘트부 측정 결과 - 변형률	170
【표 5.9】 측 경간(S1)의 정모멘트부 측정 결과 - 변위	170
【표 5.10】 횡방향 거동분포	172
【표 5.11】 동적 재하시험 주행속도별 차량 진행 방향	174
【표 5.12】 측 경간(S1)의 속도별 처짐 측정결과	176
【표 5.13】 측 경간(S1) 실측 충격계수	176
【표 5.14】 고유진동수 해석치 와 실측치 비교	181
【표 5.15】 재하시험 결과분석	183
【표 6.1】 바닥판 하중	188
【표 6.2】 합성후 고정하중	188
【표 6.3】 강박스 거더의 단면성질	191
【표 6.4】 단면력집계	203
【표 6.5】 응력집계	203
【표 6.6】 하중조합에 의한 안전성 검토	204
【표 6.7】 바닥판의 안전성 검토결과	207
【표 6.8】 처짐에 대한 응답비	211
【표 6.9】 처짐에 대한 응답보정계수	213
【표 6.10】 공용내하력	214
【표 6.11】 구조물의 안전성 평가 기준	215
【표 6.12】 안전성 평가결과	216
【표 7.1】 상태평가 결과표	220
【표 7.2】 안전성 검토결과	221
【표 7.3】 종합평가 결과	221
【표 7.4】 안전등급	222
【표 8.1】 보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	226
【표 8.2】 균열 보수재료	228
【표 8.3】 구체처리재의 종류	229
【표 8.4】 단면복구재의 종류	230
【표 8.5】 철근방천처리재의 종류	230
【표 8.6】 철근방청처리재의 특성	230

【표 8.7】 보수재료 선정시 고려사항	231
【표 8.8】 각 항목별 우수 보수재료 선정	231
【표 8.9】 균열 보수(주입공법) 종류	233
【표 8.10】 균열 보수공법 비교안	235
【표 8.11】 주입공법 비교안	236
【표 8.12】 단면복구 사용재료 비교	238
【표 8.13】 폴리머 모르타 최소 품질 기준	238
【표 8.14】 열화부위 치핑 방안 비교	239
【표 8.15】 단면복구 비교표	240
【표 8.16】 기계 및 공구에 의한 SSPS-Sa 2.5 이상 표면처리기준	242
【표 8.17】 보수·보강방안 및 우선순위 선정	250
【표 8.18】 1순위 개략공사비	252
【표 8.19】 2순위 개략공사비	253
【표 8.20】 3순위 개략공사비	254
【표 8.21】 개략공사비 합계 (제경비 50% 포함)	254
【표 8.22】 유지관리상 자료의 관리	255
【표 8.23】 유지관리상 구조물 관리항목	256
【표 8.24】 점검 주기 및 주요 조사내용	258
【표 8.25】 안전등급결과에 따른 점검 및 진단 실시시기	258
【표 8.26】 유지관리시 점검항목	259
【표 9.1】 외관조사 결과	263

그 립 목 차

【그림 1.1】 대상시설물 전경	2
【그림 1.2】 과업수행 흐름도	5
【그림 2.1】 종 · 평면도	11
【그림 2.2】 슬래브 일반도 1	12
【그림 2.3】 슬래브 일반도 2	13
【그림 2.4】 슬래브 일반도 3	14
【그림 2.5】 슬래브 배근도 1	15
【그림 2.6】 슬래브 배근도 2	16
【그림 2.7】 슬래브 배근도 3	17
【그림 2.8】 슬래브 배근도 4	18
【그림 2.9】 슬래브 배근도 5	19
【그림 2.10】 슬래브 배근도 6	20
【그림 2.11】 슬래브 배근도 7	21
【그림 2.12】 슬래브 배근도 8	22
【그림 2.13】 강상형 일반도	23
【그림 2.14】 강상형 상세도 1	24
【그림 2.15】 강상형 상세도 2	25
【그림 2.16】 강상형 상세도 3	26
【그림 2.17】 강상형 상세도 4	27
【그림 2.18】 강상형 상세도 5	28
【그림 2.19】 강상형 상세도 6	29
【그림 2.20】 강상형 상세도 7	30
【그림 2.21】 강상형 상세도 8	31
【그림 2.22】 강상형 상세도 9	32
【그림 2.23】 강상형 상세도 10	33
【그림 2.24】 강상형 상세도 11	34
【그림 2.25】 슈 배치도 1	35
【그림 2.26】 슈 배치도 2	36
【그림 2.27】 슈 상세도 1(고정단)	37
【그림 2.28】 슈 상세도 2(일방향)	38
【그림 2.29】 슈 상세도 3(양방향)	39
【그림 2.30】 신축이음 상세도 1(A1,2)	40
【그림 2.31】 신축이음 상세도 2(P3,6)	41

【그림 2.32】 교대 일반도 1(A1)	42
【그림 2.33】 교대 일반도 2(A1)	43
【그림 2.34】 교대 배근도 1(A1)	44
【그림 2.35】 교대 배근도 2(A1)	45
【그림 2.36】 교대 배근도 3(A1)	46
【그림 2.37】 교각 일반도 1(P1,2,4,5)	47
【그림 2.38】 교각 일반도 2(P3)	48
【그림 2.39】 교각 일반도 3(P6)	49
【그림 2.40】 교각 일반도 4(P7)	50
【그림 2.41】 교각 일반도 5(P8)	51
【그림 2.42】 교각 배근도 1(P1,2,4,5)	52
【그림 2.43】 교각 배근도 2(P1,2,4,5)	53
【그림 2.44】 교각 배근도 3(P1,2,4,5)	54
【그림 2.45】 교각 배근도 4(P1,2,4,5)	55
【그림 2.46】 교각 배근도 5(P3)	56
【그림 2.47】 교각 배근도 6(P3)	57
【그림 2.48】 교각 배근도 7(P3)	58
【그림 2.49】 교각 배근도 8(P6)	59
【그림 2.50】 교각 배근도 9(P6)	60
【그림 2.51】 교각 배근도 10(P6)	61
【그림 2.52】 교각 배근도 11(P7)	62
【그림 2.53】 교각 배근도 12(P7)	63
【그림 2.54】 교각 배근도 13(P7)	64
【그림 2.55】 교각 배근도 14(P8)	65
【그림 2.56】 교각 배근도 15(P8)	66
【그림 2.57】 교각 배근도 16(P8)	67
【그림 3.1】 외관조사 작성 예(바닥판 상면)	78
【그림 3.2】 교면포장 전차 물량 비교	81
【그림 3.3】 방호벽 전차 물량 비교	84
【그림 3.4】 배수시설 전차 물량 비교	87
【그림 3.5】 신축이음 전차 물량 비교	89
【그림 3.6】 유간거리 측정방법	90
【그림 3.7】 바닥판하면 전차 물량 비교	94
【그림 3.8】 거더외부 전차 물량 비교	97
【그림 3.9】 거더내부 전차 물량 비교	98
【그림 3.10】 교량받침 상세도	101
【그림 3.11】 받침장치 전차 물량 비교	103

【그림 3.12】 연단거리 측정방법	111
【그림 3.13】 교대 및 교각 전차 물량 비교	114
【그림 3.14】 내구성조사 위치	123
【그림 3.15】 반발경도시험 데이터 분포도	128
【그림 3.16】 초음파 강도시험 데이터 분포도	131
【그림 3.17】 RC-Radar 원리	132
【그림 3.18】 RC-Radar 탐사절차	133
【그림 3.19】 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘	136
【그림 3.20】 탄산화시험 결과분석	139
【그림 3.21】 Tc-To법에 의한 균열깊이의 측정방법	142
【그림 3.22】 초음파탐상(사각법)시험 개요도	144
【그림 3.23】 강제 초음파탐상시험 위치도	146
【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예	159
【그림 5.1】 정·동적 재하시험 측정체계	164
【그림 5.2】 재하시험의 절차	165
【그림 5.3】 재하차량 제원	166
【그림 5.4】 게이지 부착위치	167
【그림 5.5】 Load Case별 재하위치	169
【그림 5.6】 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC1	171
【그림 5.7】 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC2	171
【그림 5.8】 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC3	171
【그림 5.9】 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC4	171
【그림 5.10】 측경간 중립축 위치분석	173
【그림 5.11】 동적 주행 방향 및 위치	174
【그림 5.12】 응답 이력곡선	175
【그림 5.13】 필터링 전, 후 변위 응답 - 20km/h 주행	177
【그림 5.14】 필터링 전, 후 변위 응답 - 40km/h 주행	178
【그림 5.15】 필터링 전, 후 변위 응답 - 60km/h 주행	179
【그림 5.16】 필터링 전, 후 변위 응답 - 80km/h 주행	180
【그림 5.17】 가속도 시간이력의 F.F.T 분석	181
【그림 5.18】 해석 고유진동수	182
【그림 6.1】 송탄교 종평면도	185
【그림 6.2】 구조해석 모델링	186
【그림 6.3】 구조해석 모델 횡단면도	186
【그림 6.4】 검토단면	190
【그림 6.5】 합성전 고정하중에 의한 단면력도	199
【그림 6.6】 합성후 고정하중에 의한 단면력도	200

【그림 6.7】 활하중에 의한 단면력도	201
【그림 6.8】 단위모멘트 하중에 의한 모멘트도(영향계수 K)	202
【그림 6.9】 위치별 영향선도	210
【그림 6.10】 Mode Shape	212
【그림 7.1】 종합평가 결과의 산정 흐름도	219
【그림 8.1】 보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	226
【그림 8.2】 보수재료 선정흐름도	227
【그림 8.3】 보수재료의 요건	228
【그림 8.4】 균열 보수(표면처리) 보수개념도	232
【그림 8.5】 균열보수(표면처리) 시공 순서도	232
【그림 8.6】 균열 보수(주입공법) 개념도	233
【그림 8.7】 균열 보수(주입공법) 시공 순서도 및 상세도	233
【그림 8.8】 균열 보수(충전공법) 개념도	234
【그림 8.9】 균열 보수(충전공법) 시공 순서도	234
【그림 8.10】 단면복구공법 시공 개요도	237
【그림 8.11】 유지관리 흐름도	257

사 진 목 차

【사진 3.1】 외관조사 현황	79
【사진 3.2】 교면포장 전경	80
【사진 3.3】 교면포장 외관조사결과	82
【사진 3.4】 난간 전경	83
【사진 3.5】 난간 및 연석 외관조사결과	85
【사진 3.6】 배수시설 전경	86
【사진 3.7】 배수시설 외관조사결과	87
【사진 3.8】 신축이음 전경	88
【사진 3.9】 신축이음 외관조사결과	89
【사진 3.10】 신축 유간 조사현황	90
【사진 3.11】 바닥판하면 전경	93
【사진 3.12】 바닥판 외관조사결과	95
【사진 3.13】 거더 및 가로보 전경	96
【사진 3.14】 거더 및 가로보 외관조사결과	99
【사진 3.15】 받침장치 외관조사결과	103
【사진 3.16】 연단 측정	111
【사진 3.17】 교대 및 교각 전경	113
【사진 3.18】 교대 및 교각 외관조사결과	115
【사진 3.19】 부대시설 전경	116
【사진 3.20】 부대시설 외관조사결과	116
【사진 3.21】 반발경도 측정 현황	127
【사진 3.22】 초음파시험 측정 현황	130
【사진 3.23】 철근탐사 현황	134
【사진 3.24】 탄산화 현황	138
【사진 3.25】 염화물 함유량시험 현황 (시험실 제공)	141
【사진 3.26】 균열 깊이 측정현황	143
【사진 3.27】 강제 초음파탐상시험 현황	147
【사진 3.28】 강제 초음파탐상 output date	149

제 1 장 서 론

1.1 개 요

1.2 과업수행 흐름도

1.3 과업수행 공정표

1.4 투입장비 목록

1.5 사용기호의 정의

1.6 과업 적용 기준

제1장 서론

1.1 개 요

1.1.1 과업의 목적

본 과업은 송탄교(하행선)의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에 따른 정밀안전진단으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 조사하고, 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.1.2 대상 시설물 현황



<그림 1.1> 대상시설물 전경

송탄교(하행선)는 경기도 평택시 지제동에 위치한 일반국도 45호선상의 도로교로서 도일천, 경부선철도, 국도1호선을 교차하는 1종 시설물(교량)이다.

상세 현황 및 제원은 다음 <표 1.1>과 같다.

구 분			내 용
교 량 명			송탄교(하행선)
시설물번호			BR2005-0000799
소 재 지			경기도 평택시 지제동 255-1
종 별			1종 시설물
설계하중			DB-24
준공년월일			2005년 05월 25일
관리주체			평택시청
상부구조	형 식		강박스거더교(Steel Box Girder)
	교 폭		B = 17.8m(차도:15.3m)
	연 장		L = 423.9m (45.135+45+45.15+45.15+45+60.15+42.15+42+54.125)
하부구조	교 대	본 체	역 T형
		기 초	말뚝기초
	교 각	본 체	구주식
		기 초	말뚝기초
신축이음장치			Rail Joint(A1, A2, P3, P6)
교량받침			포트받침
내진설계 적용 여부			적용
교차 시설물			도일천(S5), 경부선철도(S6), 국도1호선(S9)

〈표 1.1〉 대상 시설물 현황

1.1.3 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가, 안전성평가 및 종합평가
- 4) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 5) 보고서 작성
- 6) 기타 발주기관이 필요하다고 요구하는 사항

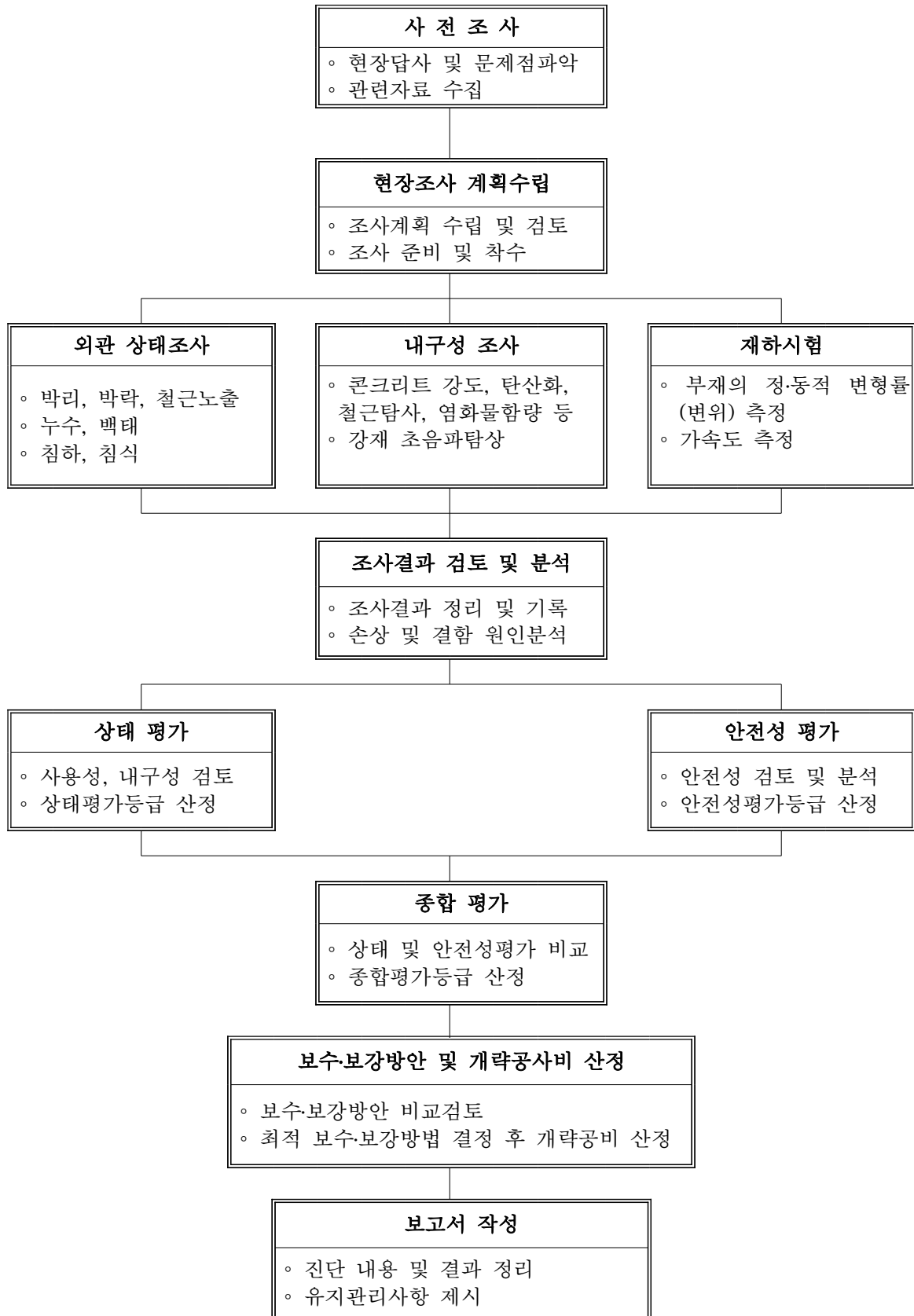
1.1.4 과업의 세부내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 항목의 세부내용은 <표 1.2>과 같다.

과업의 범위		과업의 내용	적용 세부지침
자료,수집 및 분석		- 설계도서, 시방서 등 관련자료 - 시설물 관리부서의 이전 안전점검 자료 - 시설물 보수·보강사항과 변형 상태 조사 분석·평가 - 과업수행계획서 및 사전조사보고서 작성	2010.12
현장 조사	외관 조사	- 종·횡단면도 제원조사 - 육안조사를 통한 성능저하 현상파악 - 손상에 대한 발생 현황 및 원인파악을 위한 육안검사 수행 - 신축이음장치 및 교량받침 거동상태 확인	2010.12
	내구성 조사	- 콘크리트 강도 측정 - 균열깊이 시험 (반발경도법, 초음파법) - 염화물 함유량 시험 - 철근배근탐사 시험 - 강재 초음파 탐상시험 - 탄산화 시험	2010.12
	재하 시험	- 재하시험 경간, 센서 부착위치, 재하하중 선정 - 변형률, 처짐, 가속도값 측정	2010.12
상태 평가		- 각 부재별 손상망도를 작성 - 상태평가 기준에 의거 시설물 전체 상태평가 등급 부여	2010.12
내하력 평가 안전성 평가		- 구조적 조건을 파악한 후 허용하중을 결정 - 부재의 실측치수, 외관조사 및 재료시험 결과를 바탕으로 이론적 계산과 해석을 통한 내하력 및 안전성 평가	2010.12
보수보강 및 유지관리 방법 제시		- 기능회복 및 향상을 위한 보수·보강공법 제시 - 우선순위에 따른 보수보강 물량 및 개략공사비 제시 - 유지관리상 문제점과 지침 기준 작성 - 효율적인 유지관리방안 제시	2010.12
보고서 작성		- 결과보고를 통한 지적사항 보완 후 최종보고서 작성	2010.12

〈표 1.2〉 과업의 내용

1.2 과업수행 흐름도



〈그림 1.2〉 과업수행 흐름도

1.3 과업수행 공정표

▣ 과업기간 : 착수일로부터 90일간

▣ 용역기간 : 2016. 03. 14 ~ 2016. 05. 23

수행내용	용역기간								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1. 자료수집 및 분석									
2. 현장조사 및 시험									
3. 상태평가 안전성평가 종합평가									
4. 보수·보강 및 유지관리방안제시									
5. 보고서 작성									
6. 성과품 납품									

〈표 1.3〉 예정 공정표

1.4 투입장비 목록

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	콘크리트 초음파측정	
	Rc-Radar	철근배근측정	
접근 장비	교량 점검차(굴절차) 고소 점검차(스카이)	외관조사시 근접조사	
재하시험	SDL-600R	재하시험 데이터 수집	 
	Displacement Meter(변위계)	변위측정	
	ARF-20A(TML)	가속도 측정	
	PL=60-11-1L(TML)	강재 변형률 측정	
	리드 와이어(소켓식)	정·동적 재하시험	

〈표 1.4〉 투입장비 목록

1.5 사용 기호의 정의

본 보고서의 시설물 각 부재의 표현의 통일성을 기하기 위하여 다음과 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

부재 구분	사용 기호	비 고
경 간	S	Span
거 더	G	Girder
가 로 보	CB	Cross Beam
교 대	A	Abutment
교 각	P	Pier
받침장치	Sh	Shoe
신축이음장치	Exp.J	Expansion Joint

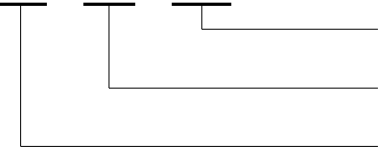
〈표 1.5〉 교량 기호의 정의

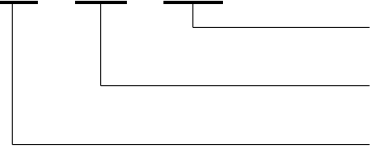
* 일련번호(n)

- 시점에서 종점방향으로 일련번호를 정한다.
- 시점에서 바라보았을 때 좌측에서 우측으로 일련번호를 정한다.

ex) EXP.J2

 시점측에서 종점측으로 2번째에 위치한 신축이음장치

ex) S5 G4 RW

 시점에서 바라보았을 때 우측
 시점에서 바라보았을 때 좌측에서 4번째 거더
 시점에서 5번째 경간

ex) P2 Sh5 (시)

 교각에 2열 배열된 경우 시점측 열에 배치된 받침
 시점에서 바라보았을 때 좌측에서 5번째 받침
 시점에서 2번째 교각

1.6 과업 적용 기준

- 1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법 (국토해양부, 2011. 11)
- 2) 안전점검 및 정밀안전진단 지침 (국토해양부, 2011. 12)
- 3) 도로교설계기준 (국토해양부, 2012.)
- 4) 콘크리트 표준시방서 (국토해양부, 2009.)
- 5) 콘크리트 구조설계기준 (국토해양부, 2011.)
- 6) 콘크리트 내구성 평가절차 수립 (건설교통부, 1999. 12)
- 7) 콘크리트 구조물의 비파괴검사에 의한 진단 기준연구 (한국시설안전공단, 2005.)
- 8) 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문 시방서 (건설교통부, 1999. 12)
- 9) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (한국시설안전공단, 2010. 12)
- 10) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(교량) (한국시설안전공단, 2012. 12)

제2장 자료수집 및 분석

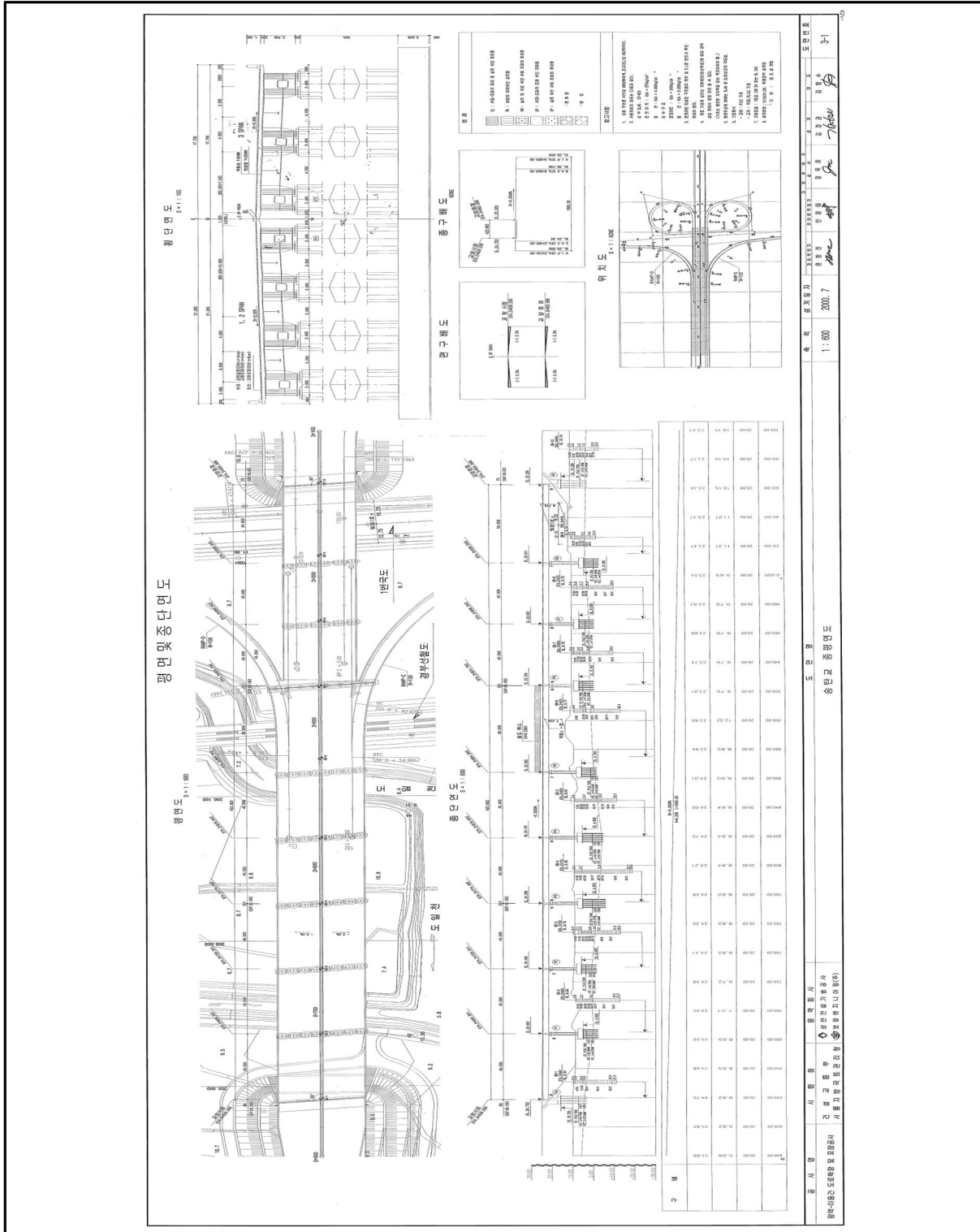
2.1 관련도면

2.2 자료분석

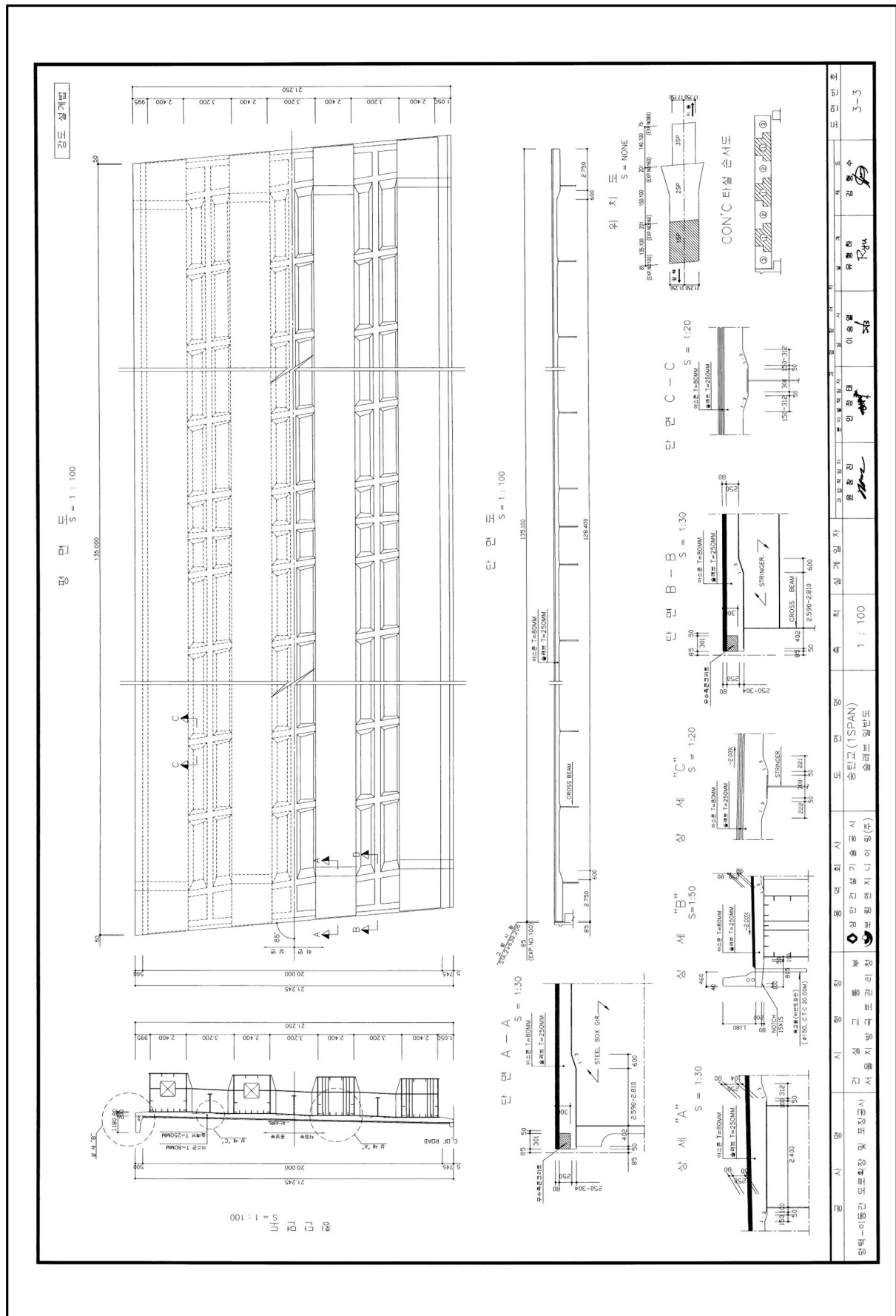
2.3 자료 보유 현황

제2장 자료수집 및 분석

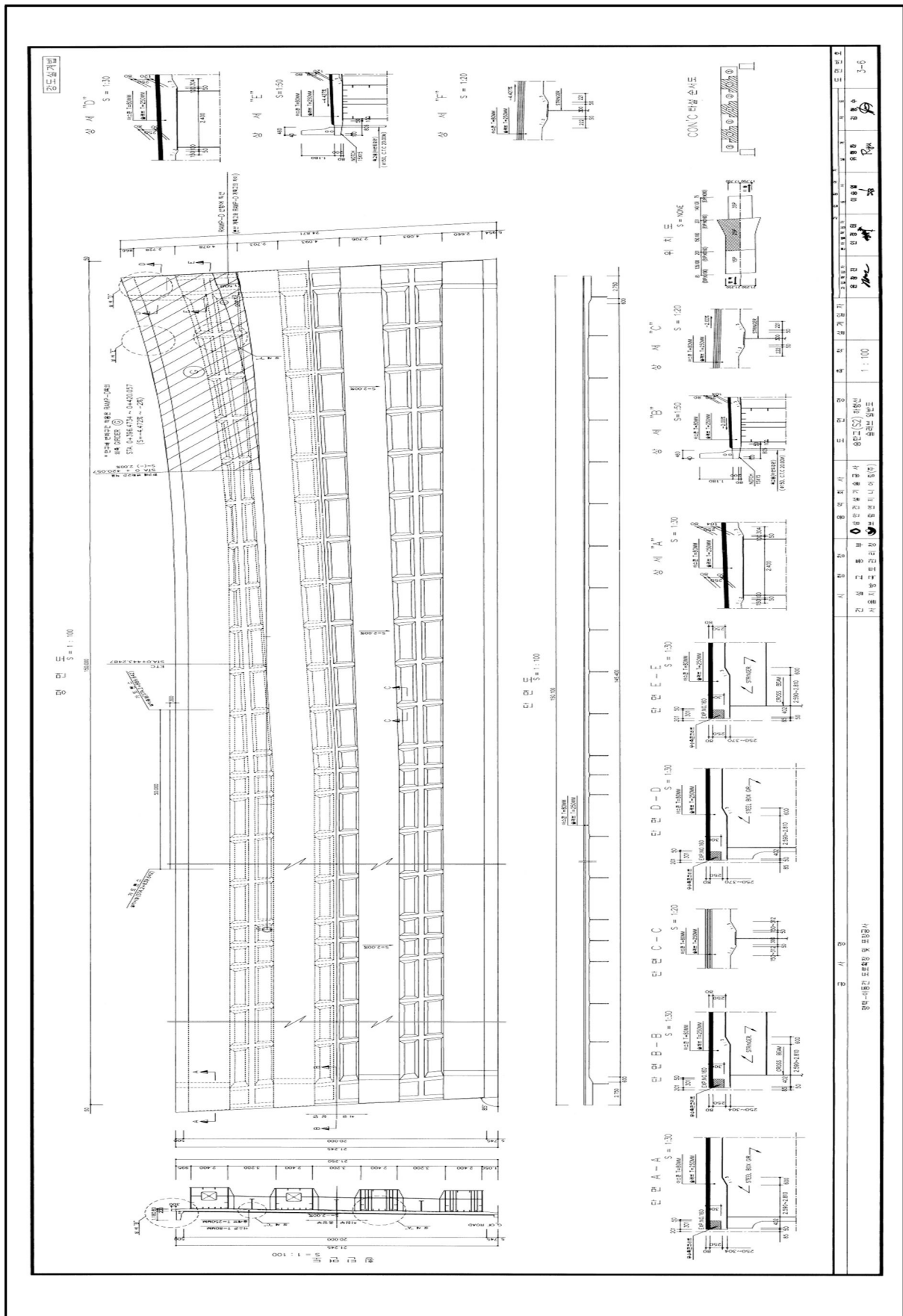
2.1 관련도면



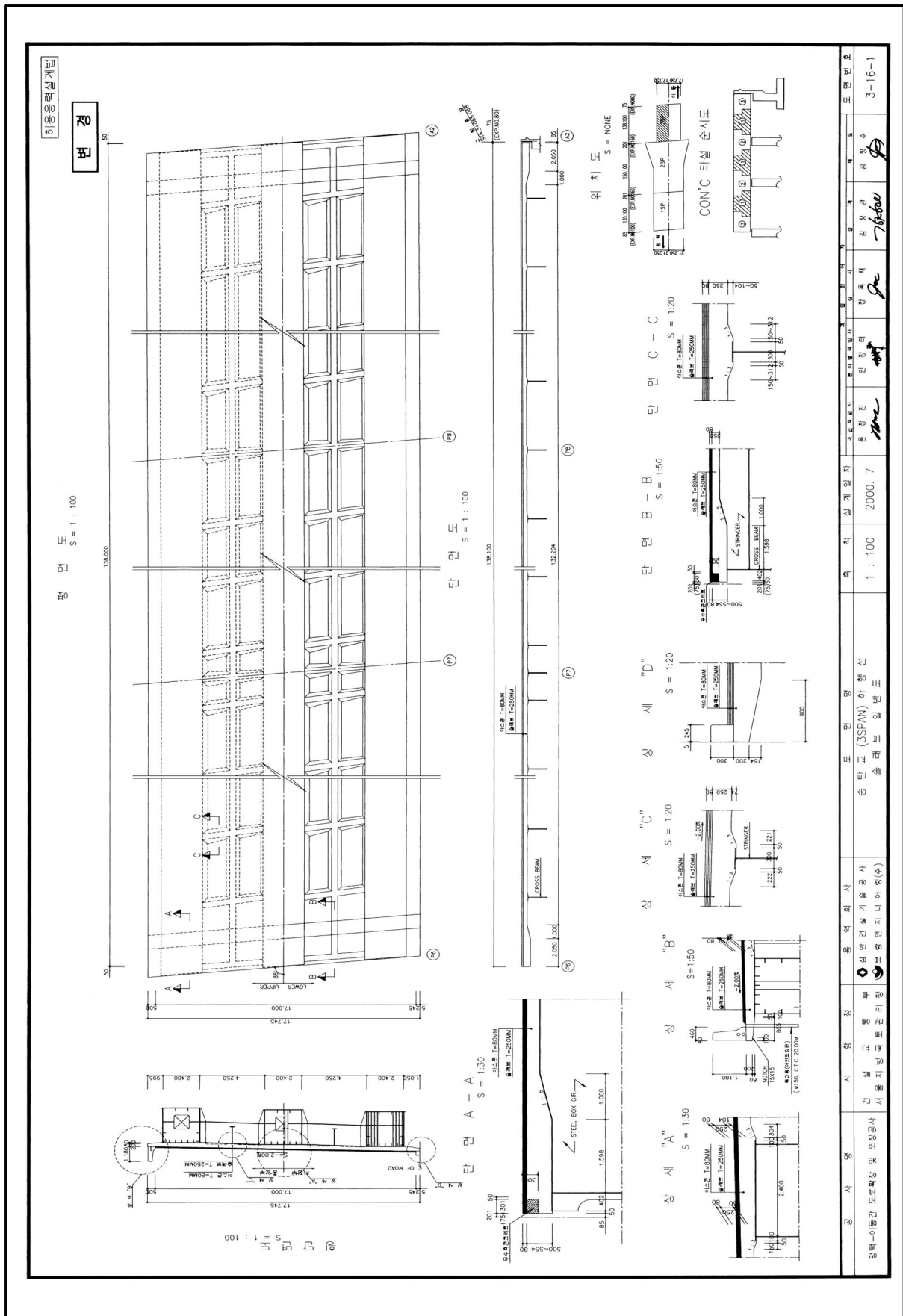
<그림 2.1> 종·평면도



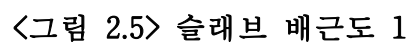
〈그림 2.2〉 슬래브 일반도 1

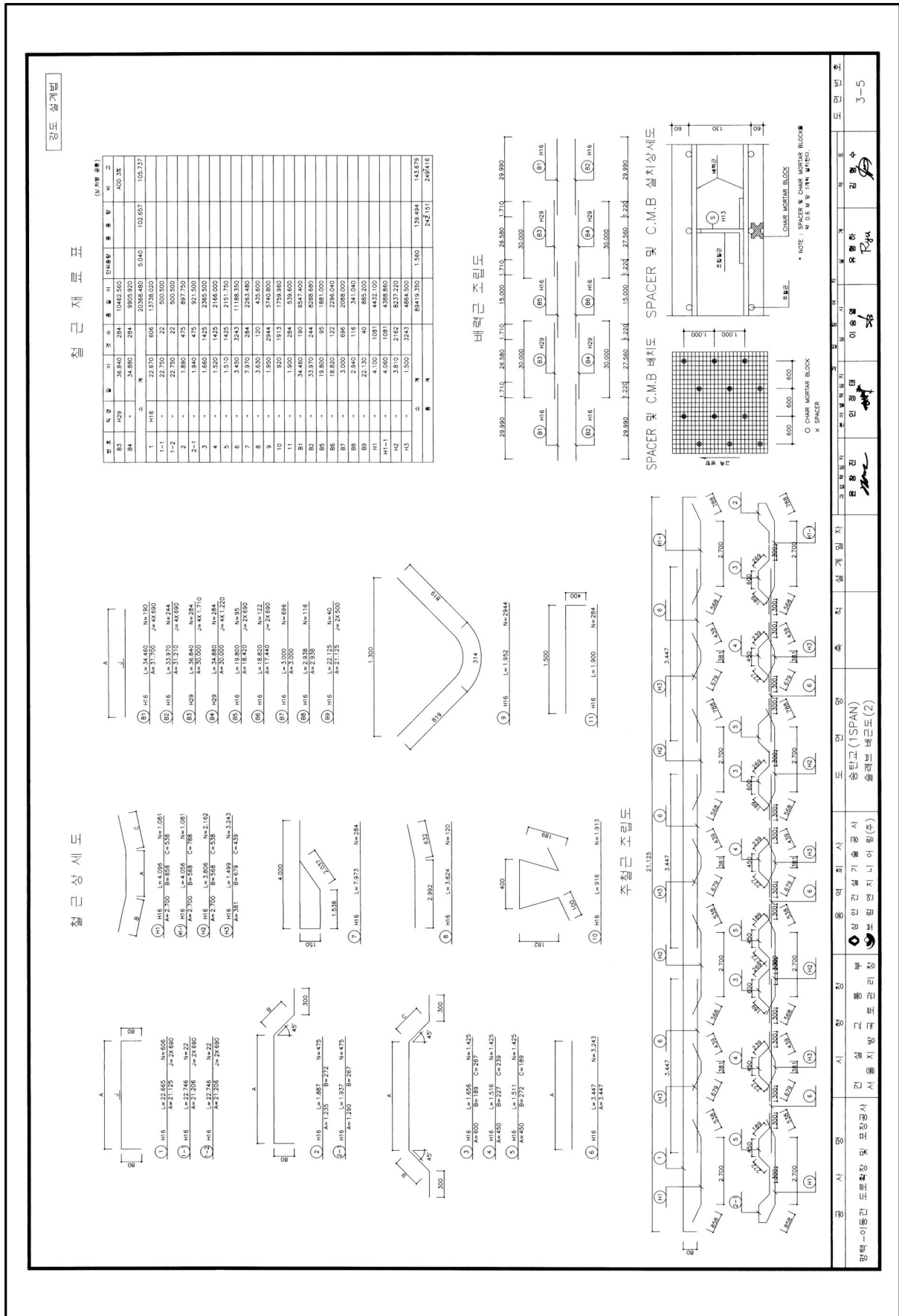


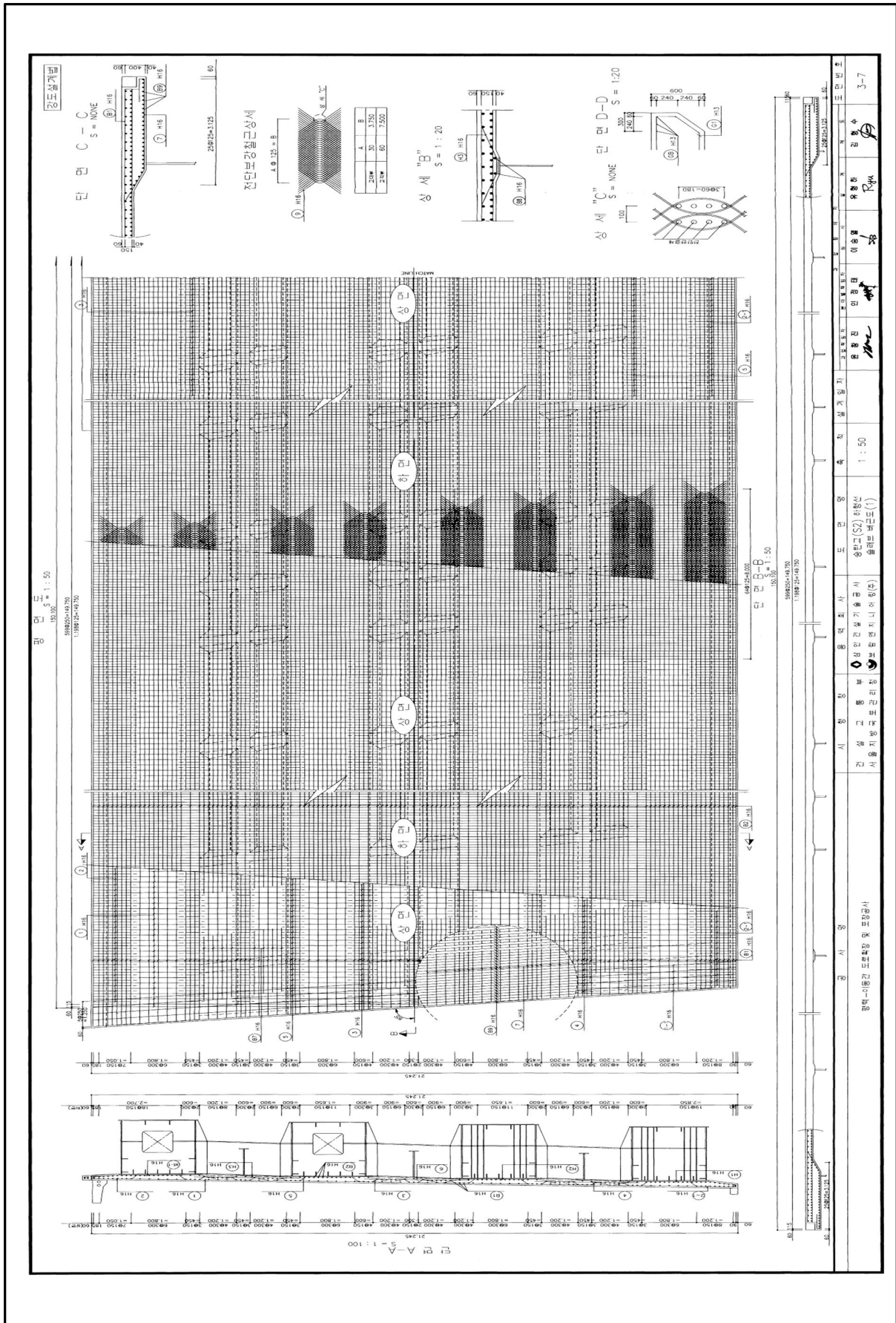
〈그림 2.3〉 슬래브 일반도 2



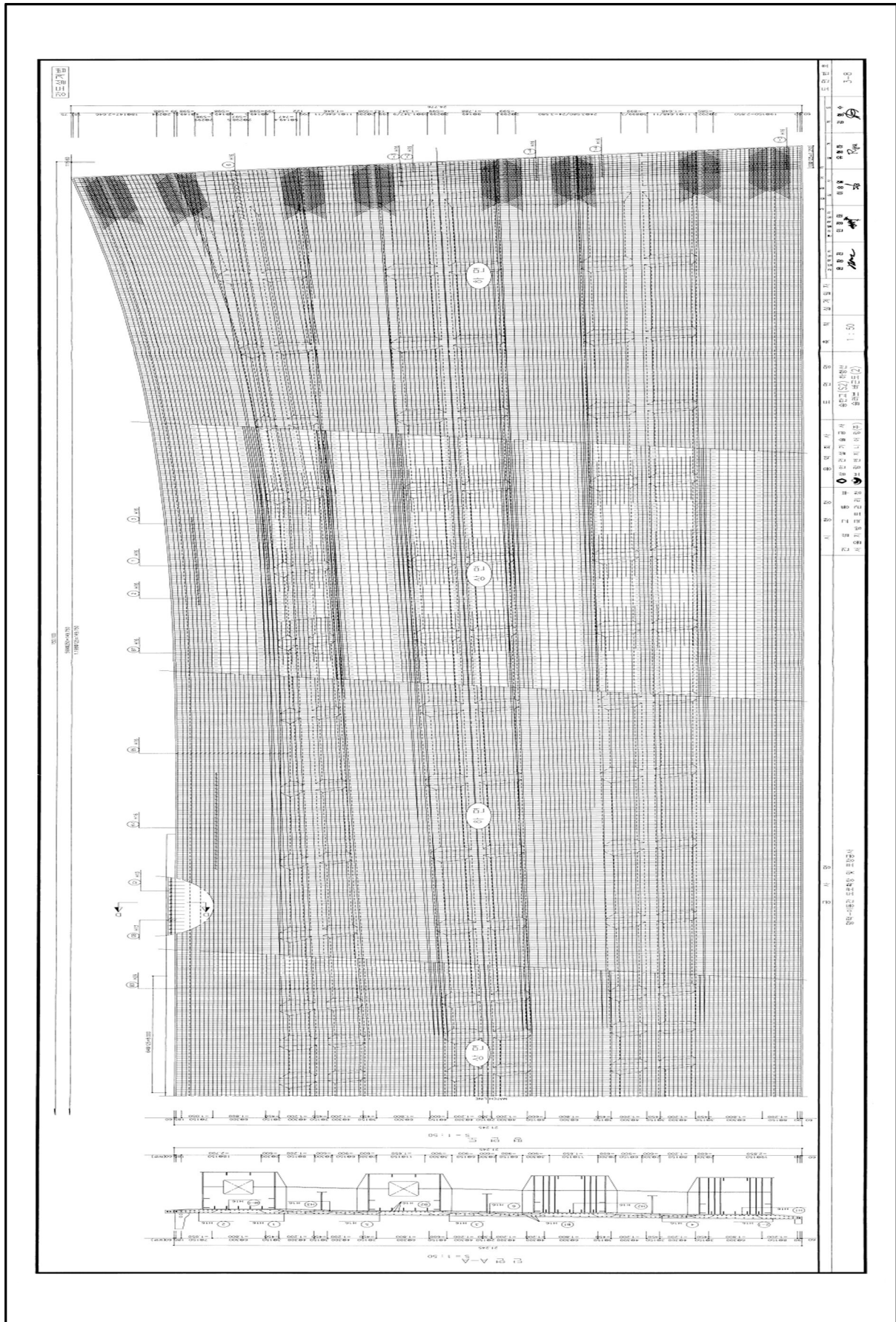
〈그림 2.4〉 슬래브 일반도 3



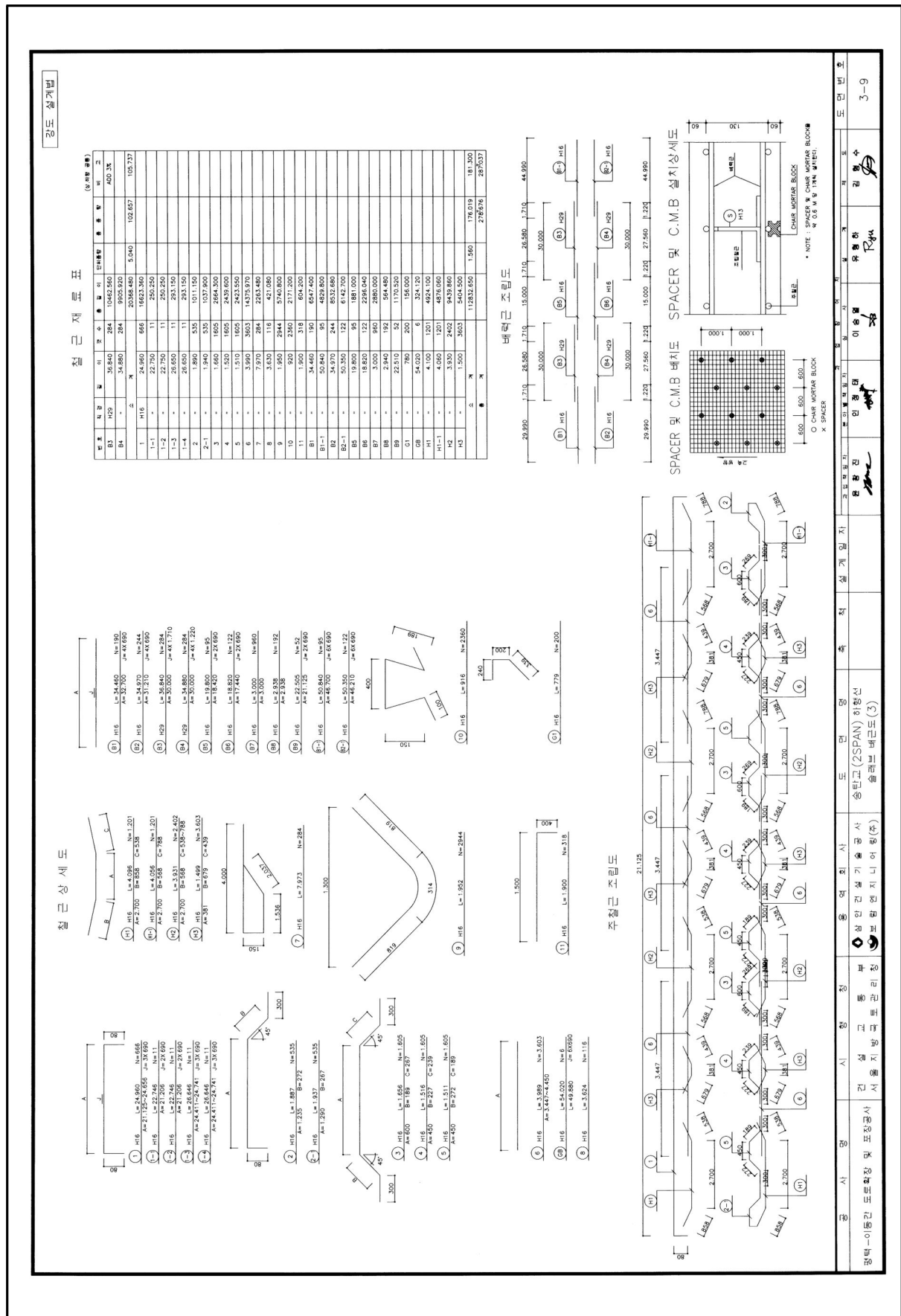




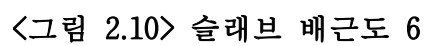
<그림 2.7> 슬래브 배근도 3

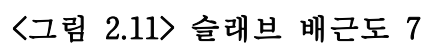


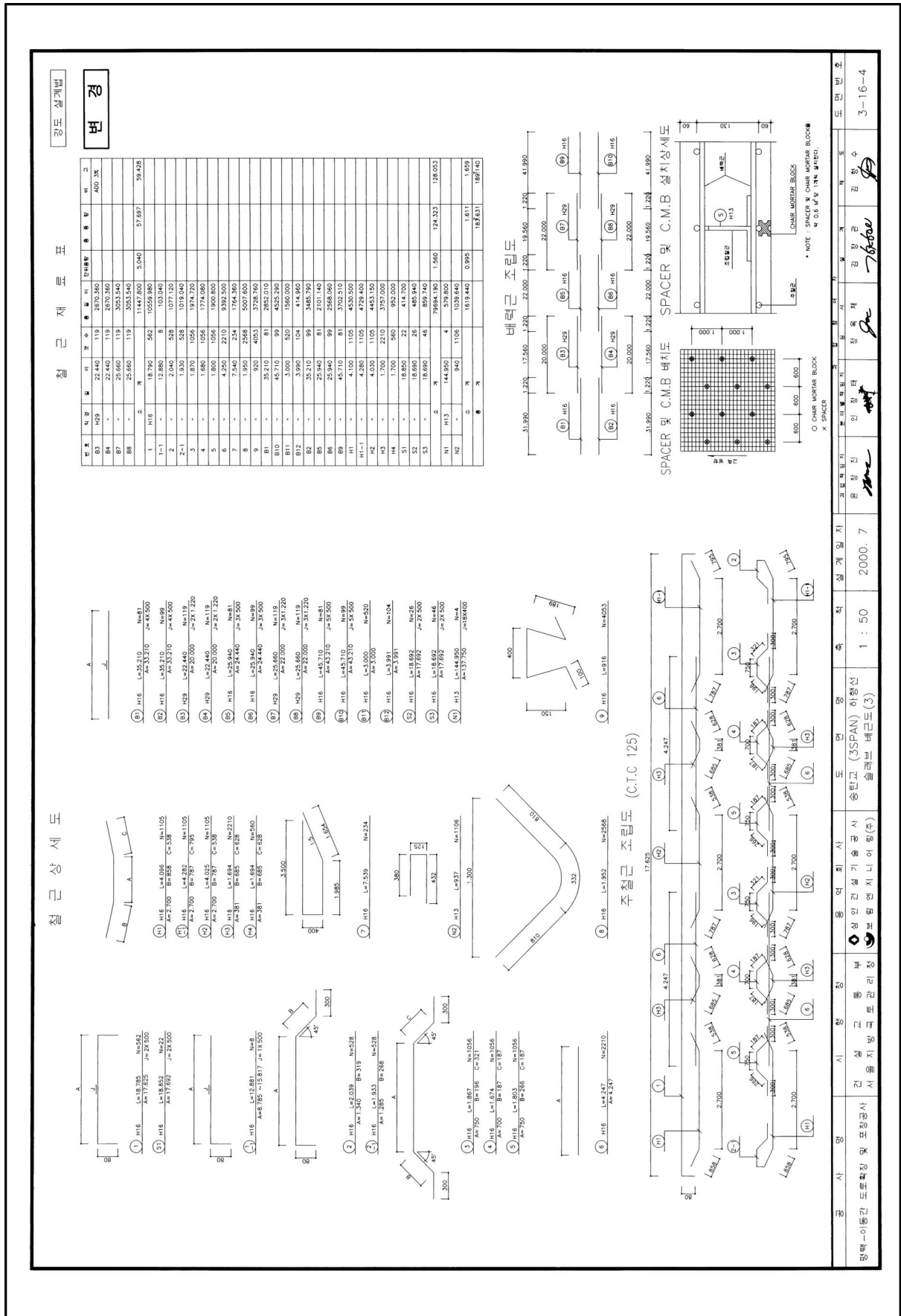
<그림 2.8> 슬래브 배근도 4



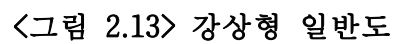
〈그림 2.9〉 슬래브 배근도 5

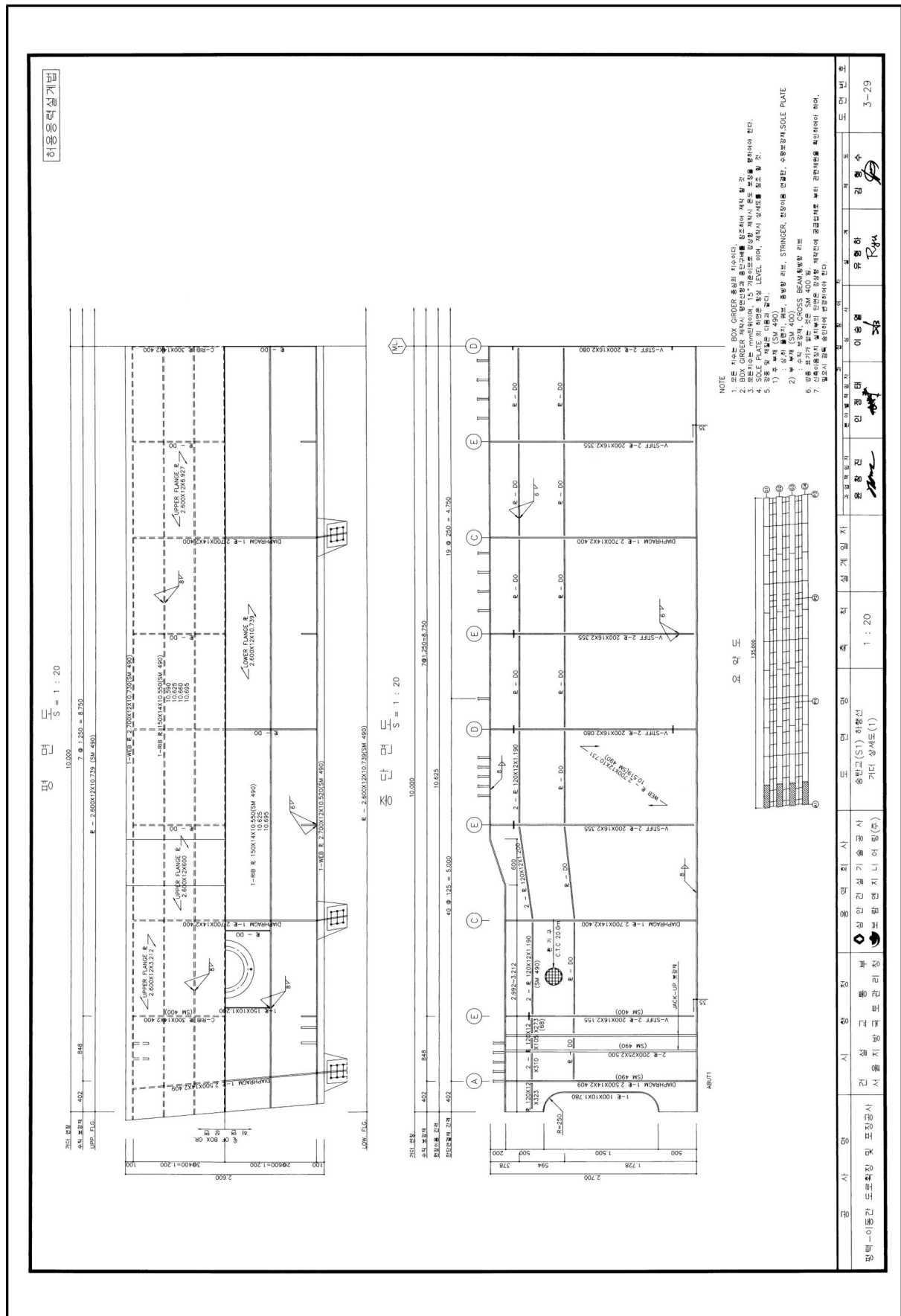




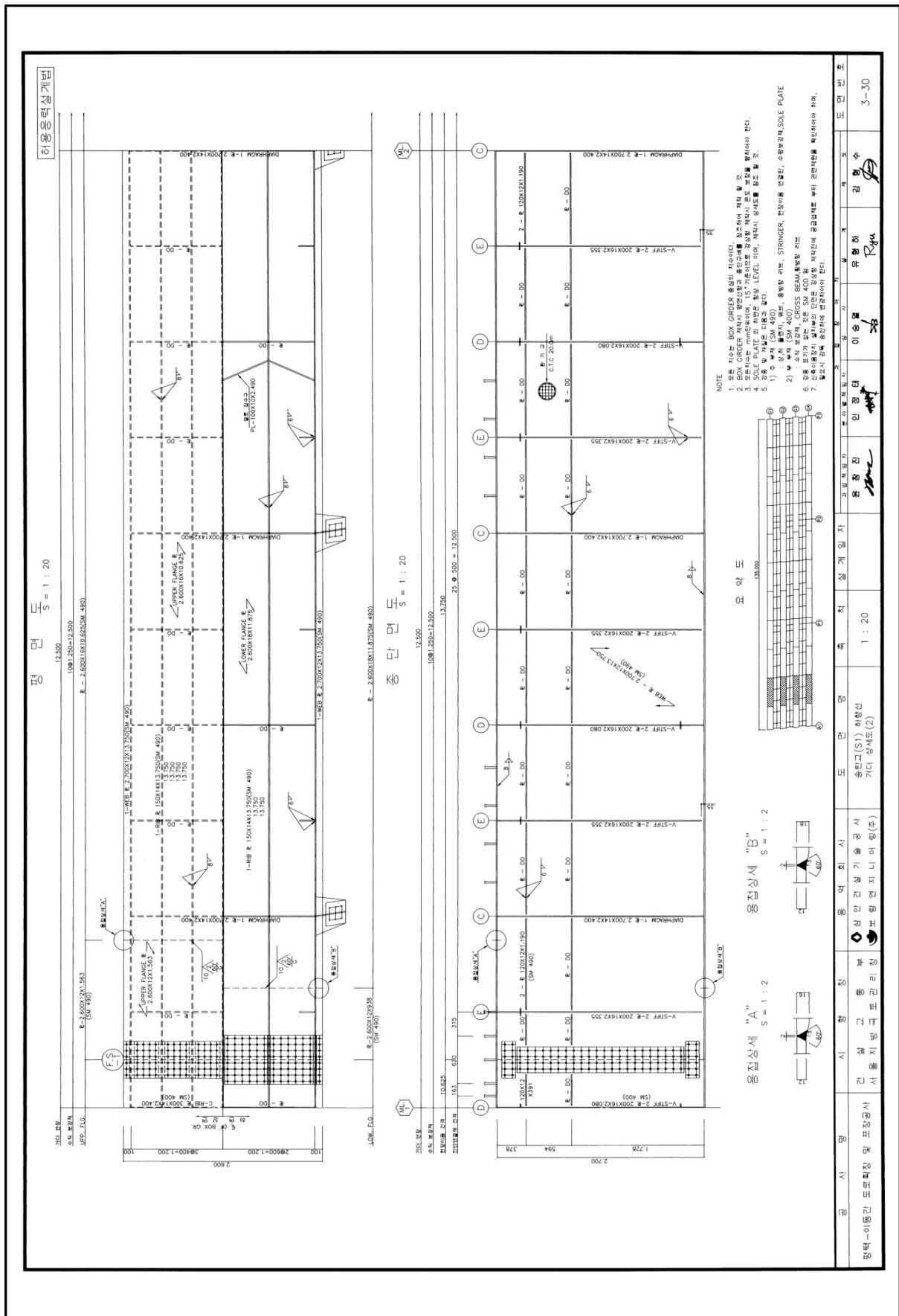


<그림 2.12> 슬래브 배근도 8

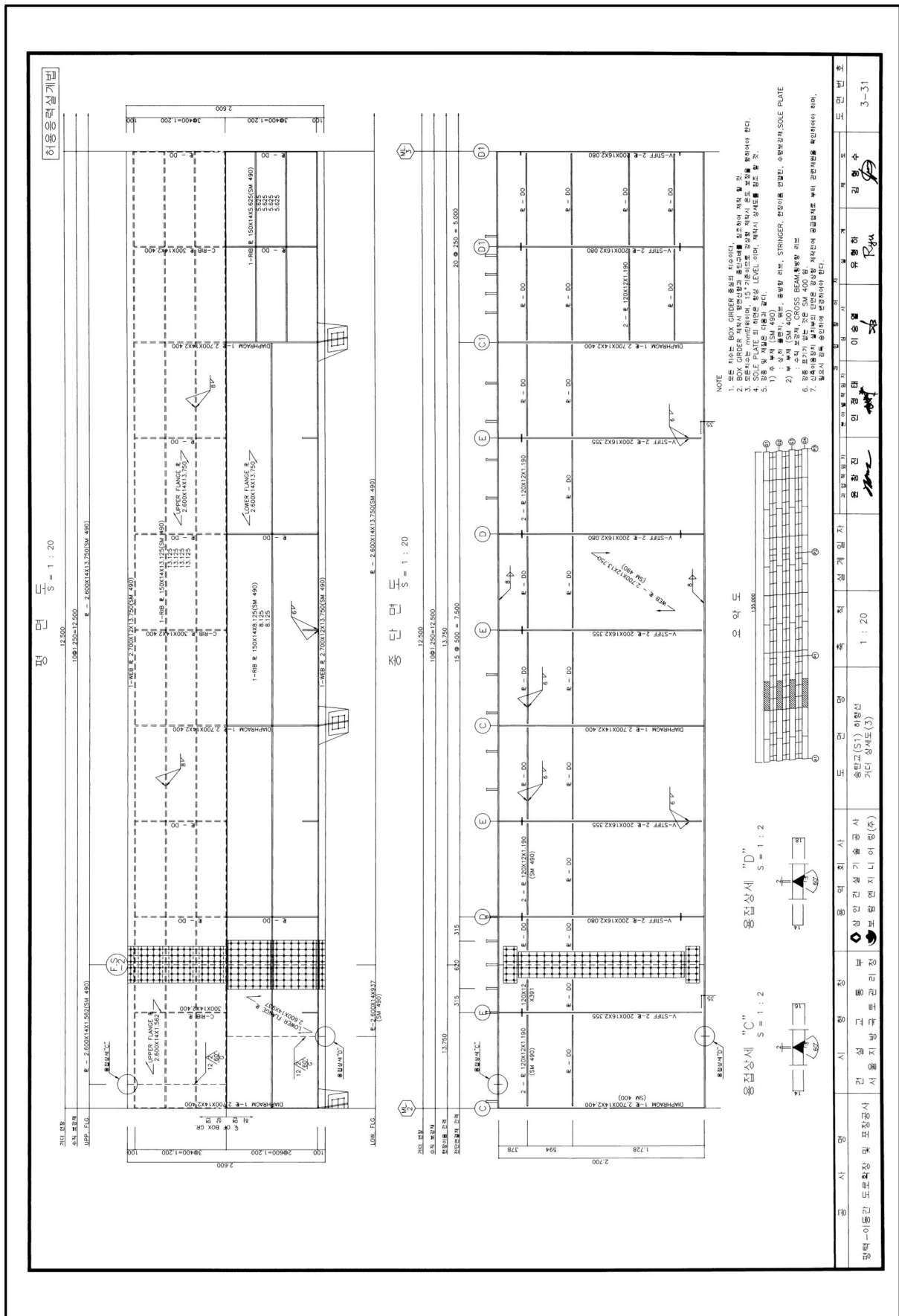


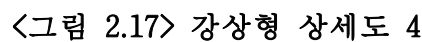


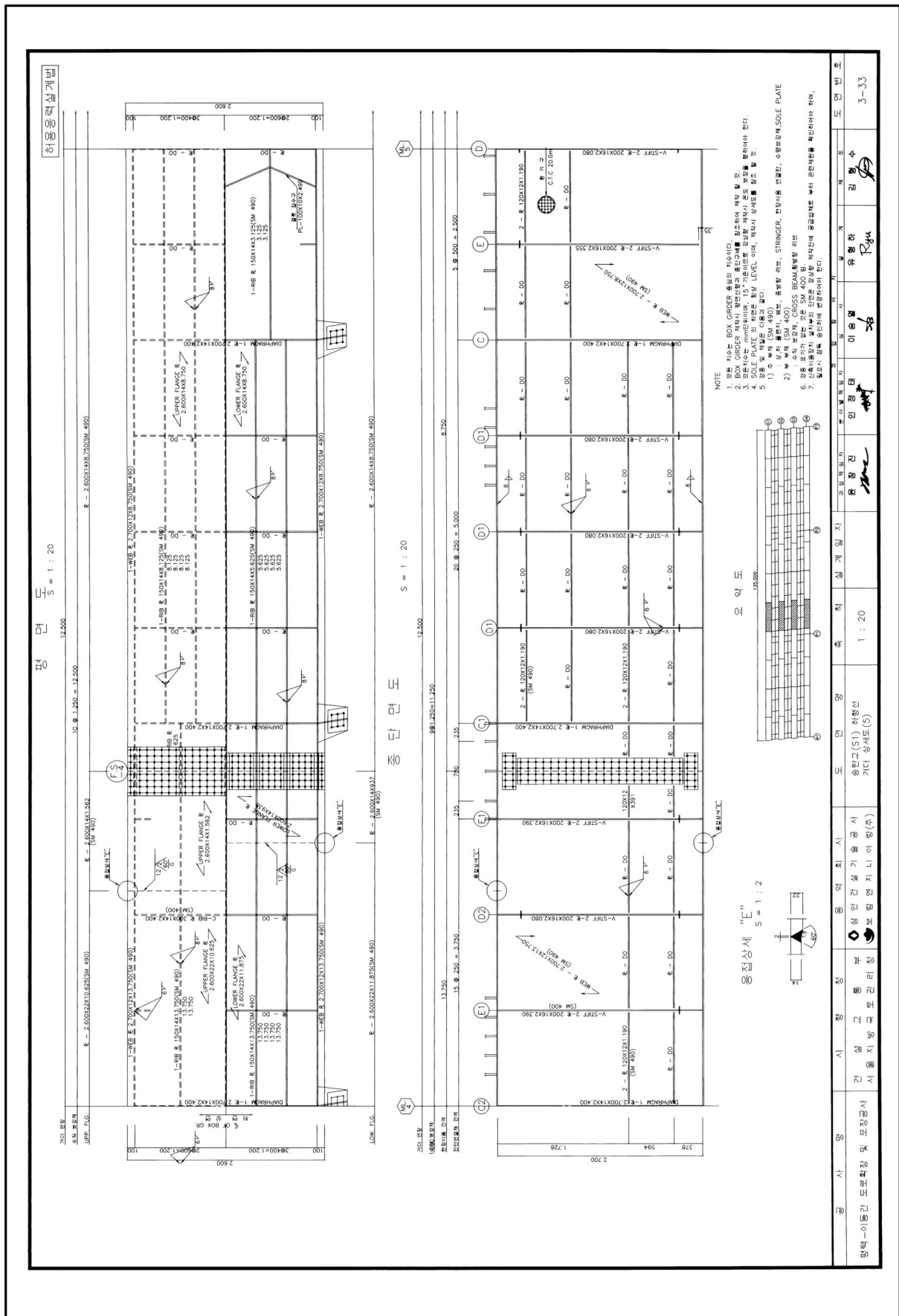
〈그림 2.14〉 강상형 상세도 1



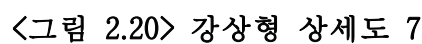
〈그림 2.15〉 강상형 상세도 2

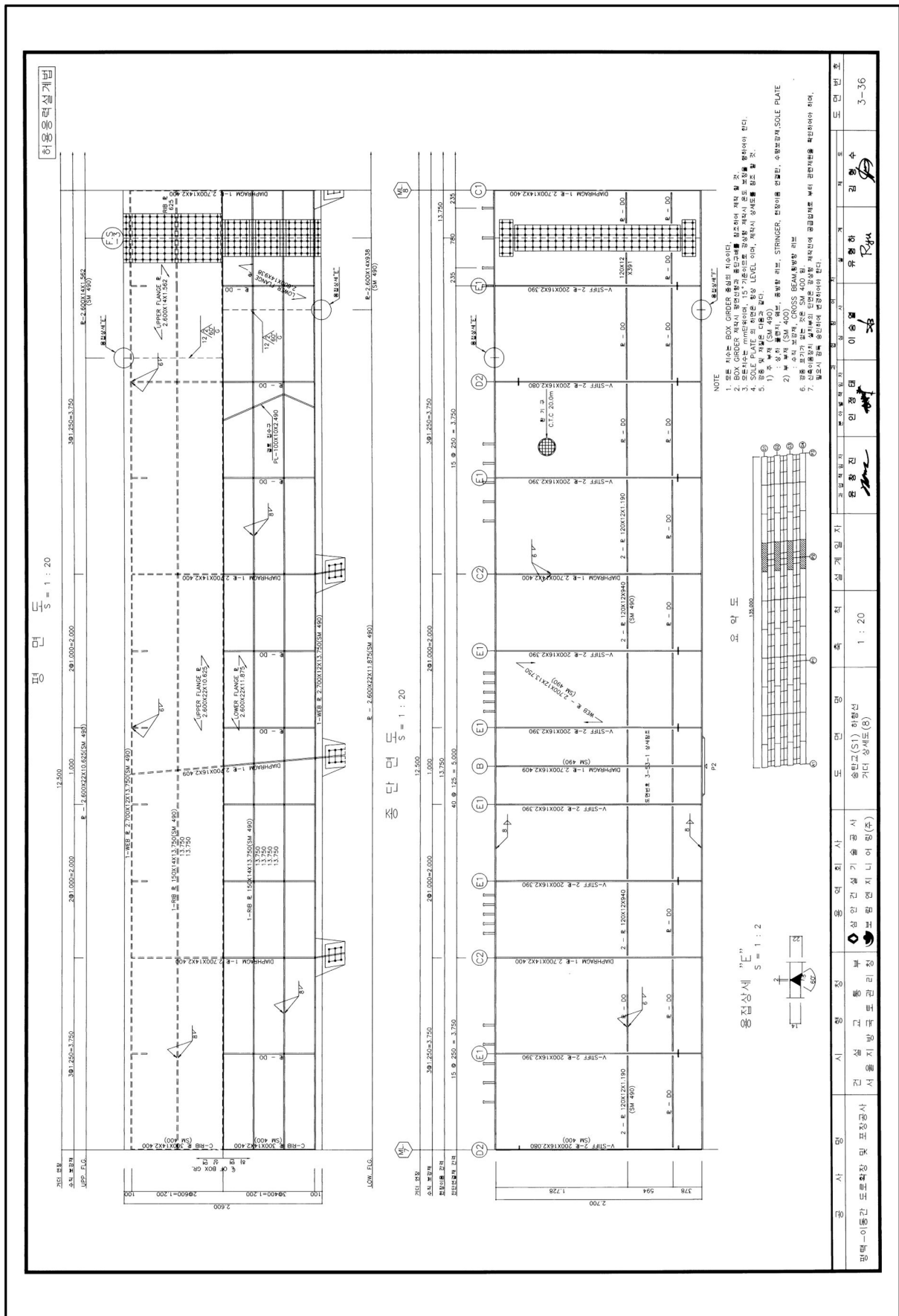




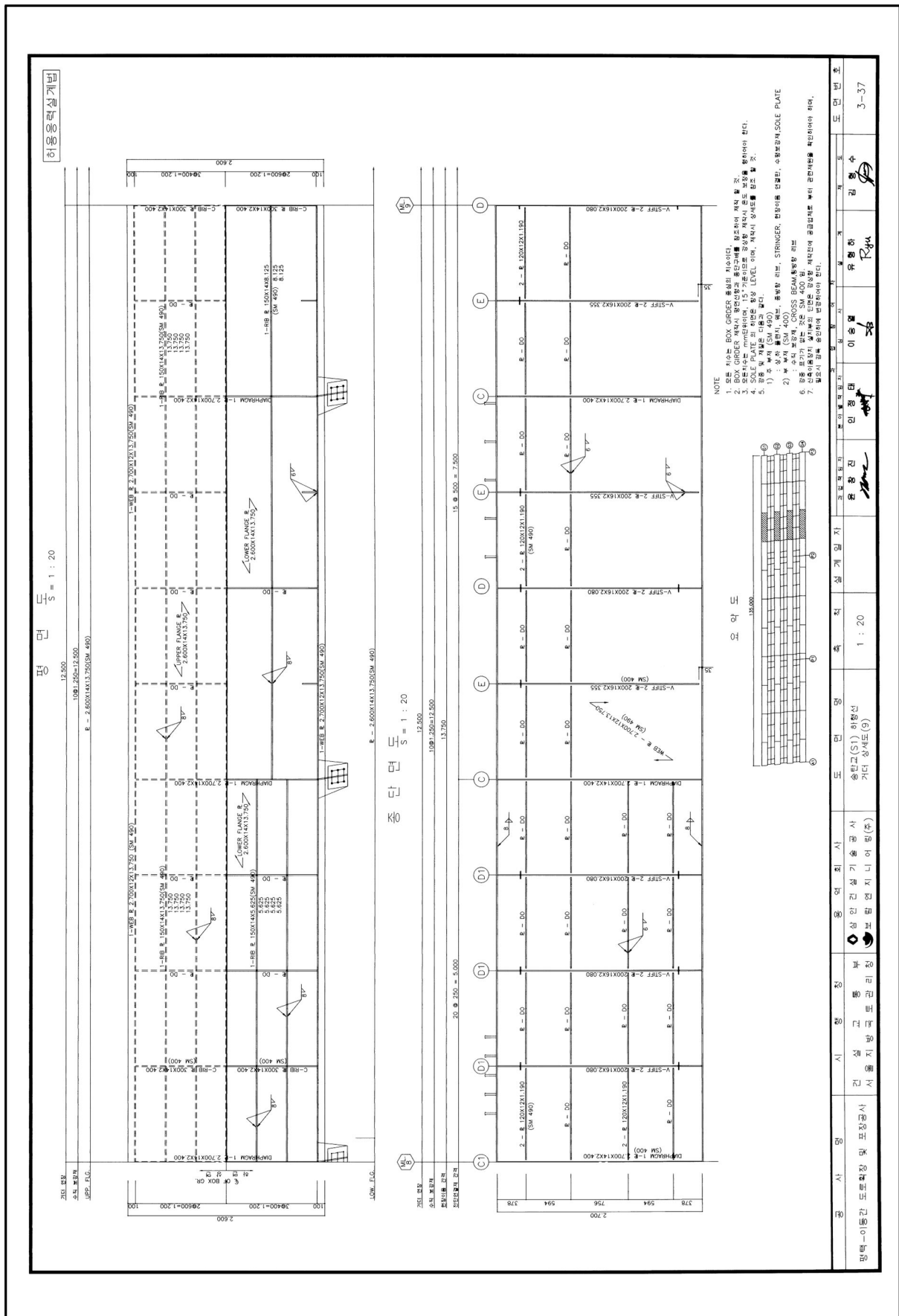


〈그림 2.18〉 강상형 상세도 5

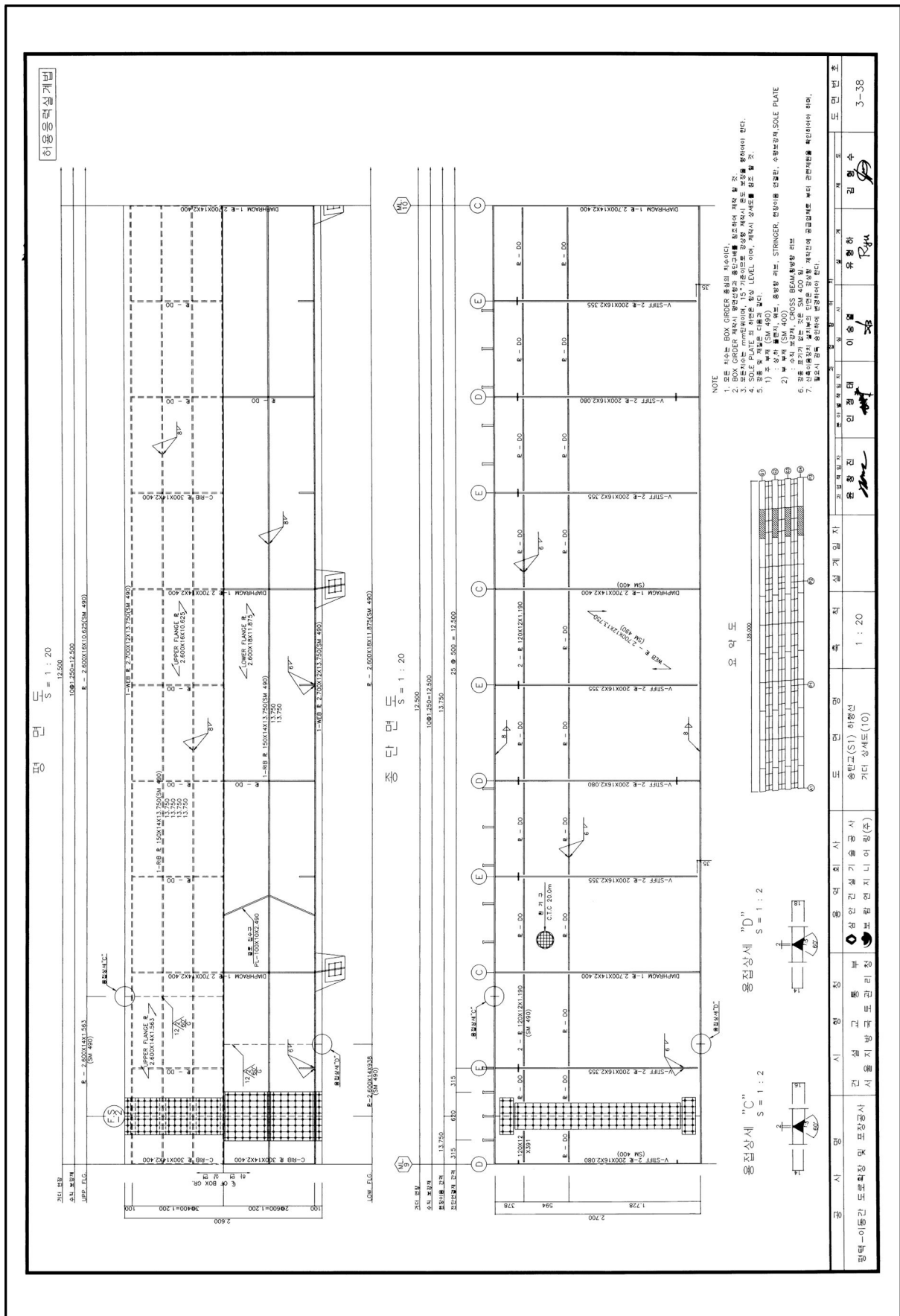




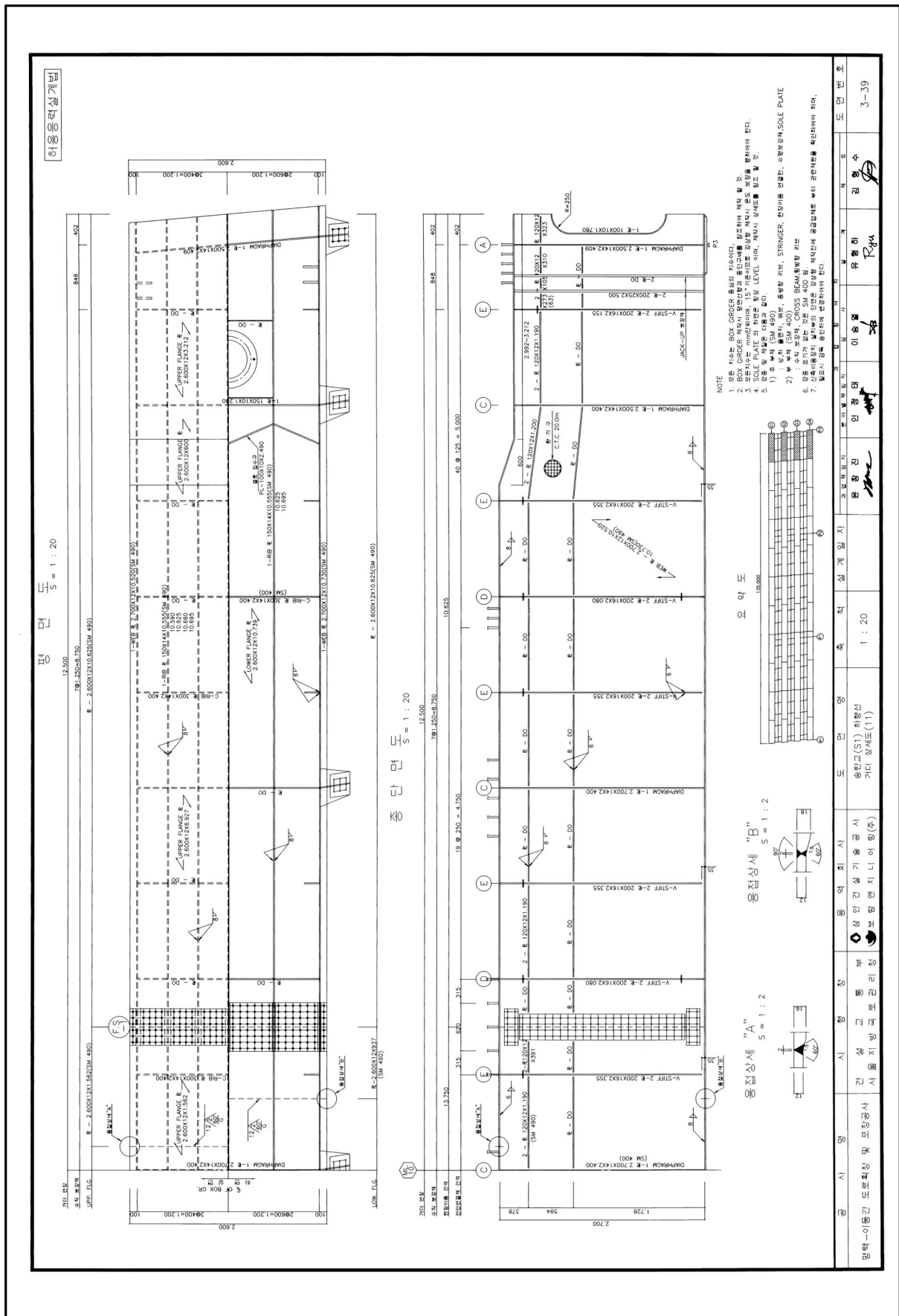
〈그림 2.21〉 강상형 상세도 8



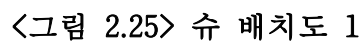
〈그림 2.22〉 강상형 상세도 9

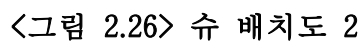


〈그림 2.23〉 강상형 상세도 10



〈그림 2.24〉 강상형 상세도 11



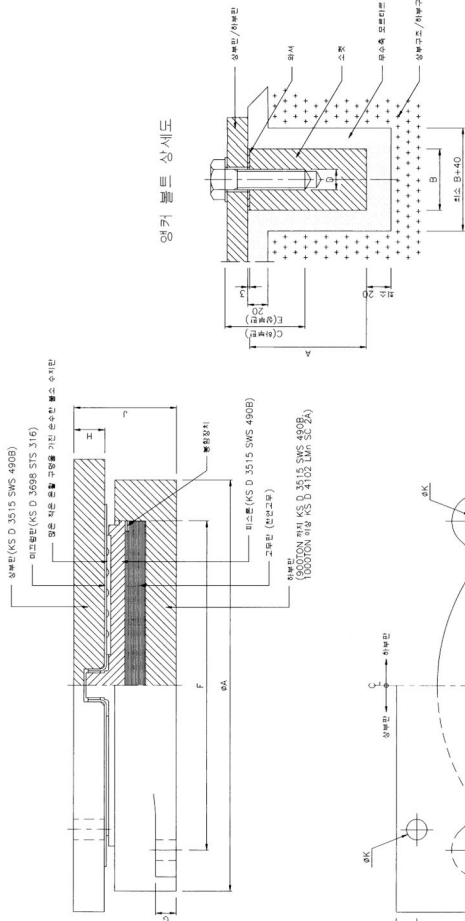


교과장치 상세도(ST.BOX용)-(1) (일방향-31K)

70
H

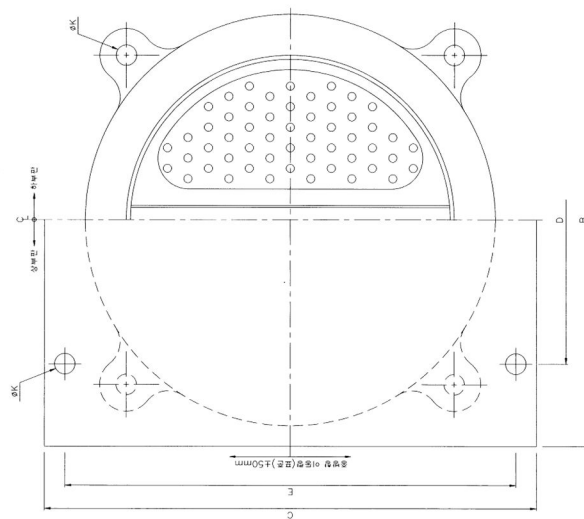
비
하
지
시
문
하
영

크기	중량 (TON)	치						소(mm)			
		소	크	비	하	비	상	하	비	상	
		A	B	C	D	E					
318 50	50	110	35	35	12	55					
318 75	75	140	40	45	16	55					
318 100	100	140	40	45	16	60					
318 130	130	170	50	50	20	65					
318 160	160	200	55	60	24	70					
318 200	200	250	55	60	24	75					
318 300	300	240	70	70	30	85					
318 350	350	300	80	85	38	90					
318 400	400	300	80	85	38	95					
318 500	500	300	80	85	38	95					
318 600	600	318 700	700								
318 800	800	360	105	100	42	110					
318 900	900										
318 1000	1000										
318 1200	1200	410	120	110	48	120					
318 1400	1400										
318 1600	1600	410	120	110	48	125					
318 1800	1800										
318 2000	2000										
318 2250	2250	365	105	100	42	115					
318 2500	2500	365	105	100	42	115					
318 3000	3000	485	145	140	55	145					



매
하
제
친
교
수
부

구분	연령	성별	수명 (년)	나이												
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
남성	31~50	50	10	200	250	360	130	320	170	15	42	86	14	33		
	31~75	75	15	240	280	390	150	340	200	20	32	90	18	44		
	31~100	100	20	280	320	410	180	360	230	20	37	98	18	48		
	31~130	130	25	310	350	450	200	390	260	20	42	106	20	52		
	31~155	155	28	340	380	480	220	420	280	20	47	114	22	56		
	31~180	180	30	360	400	500	240	440	300	20	52	122	24	60		
	31~205	205	33	390	430	540	260	470	320	25	57	131	26	65		
	31~230	230	36	420	460	570	270	500	350	25	62	139	28	70		
	31~255	255	40	470	510	620	290	550	380	30	67	148	31	75		
	31~300	300	50	540	580	690	330	610	430	30	77	159	32	84		
여성	31~50	50	10	200	250	360	130	320	170	15	42	86	14	33		
	31~75	75	15	240	280	390	150	340	200	20	32	90	18	44		
	31~100	100	20	280	320	410	180	360	230	20	37	98	18	48		
	31~130	130	25	310	350	450	200	390	260	20	42	106	20	52		
	31~155	155	28	340	380	480	220	420	280	20	47	114	22	56		
	31~180	180	30	360	400	500	240	440	300	20	52	122	24	60		
	31~205	205	33	390	430	540	260	470	320	25	57	131	26	65		
	31~230	230	36	420	460	570	270	500	350	25	62	139	28	70		
	31~255	255	40	470	510	620	290	550	380	30	67	148	31	75		
	31~300	300	50	540	580	690	330	610	430	30	77	159	32	84		
합계	31~50	50	10	200	250	360	130	320	170	15	42	86	14	33		
	31~75	75	15	240	280	390	150	340	200	20	32	90	18	44		
	31~100	100	20	280	320	410	180	360	230	20	37	98	18	48		
	31~130	130	25	310	350	450	200	390	260	20	42	106	20	52		
	31~155	155	28	340	380	480	220	420	280	20	47	114	22	56		
	31~180	180	30	360	400	500	240	440	300	20	52	122	24	60		
	31~205	205	33	390	430	540	260	470	320	25	57	131	26	65		
	31~230	230	36	420	460	570	270	500	350	25	62	139	28	70		
	31~255	255	40	470	510	620	290	550	380	30	67	148	31	75		
	31~300	300	50	540	580	690	330	610	430	30	77	159	32	84		



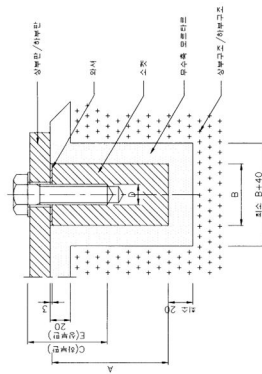
영 사 명	시 절	영 장	영 연 회 사	노 민 명	색 칩	생 계 일 자	교 포 목 의 지	기 타 비 록 의 지	영 사 의 서	검 정 관	자 문
방학-이로인 도로화정 대 포항공사 진 사 용 지 유 리 박 씨	신 세 그 드	파 라 마 디 나	◇ 영 건 진 기 술 경 사 ● 파 로 점 전 지 니 이 공(주)	POT SHOE 상세도(2)	NONE	2000. 7	환 장 인	민 종 터	Jae	3-331	모 인 팀 우

〈그림 2.28〉 슈 상세도 2(일방향)

교과장치 상세도(ST.BOX용)-(1) (양방향-22K)

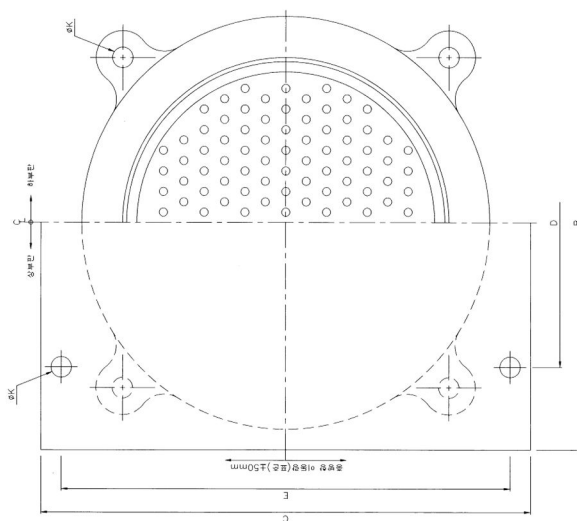
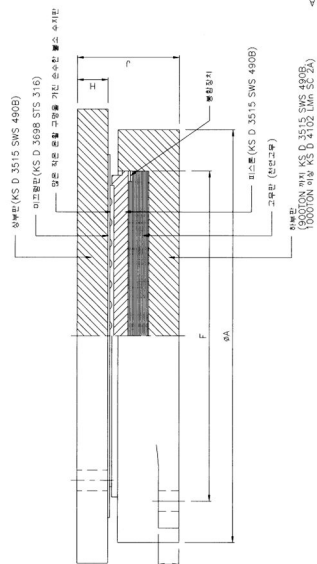
07	19
----	----

00
 不
 無
 三
 可
 有
 日

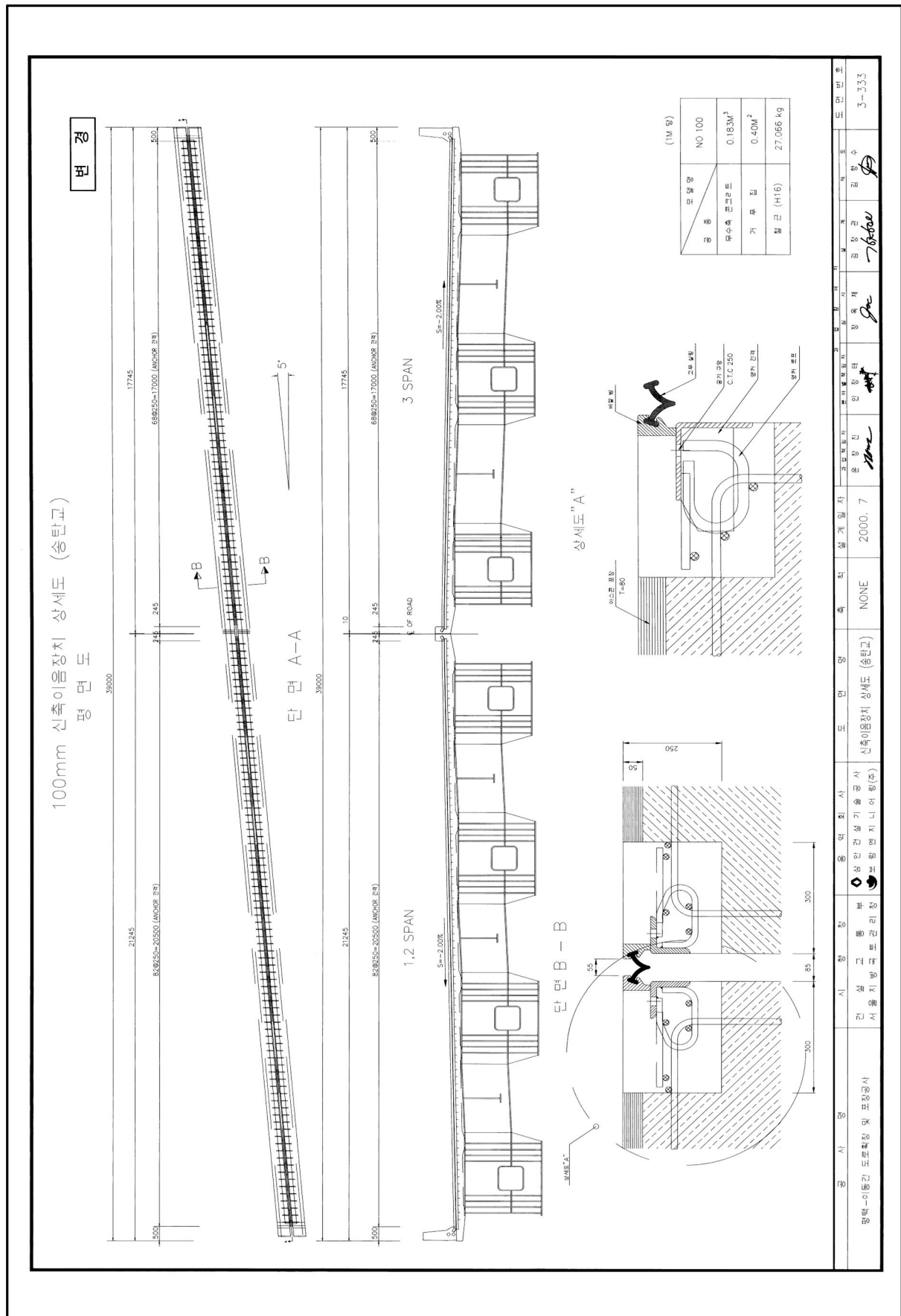
[illegible]

44
 45
 46
 47
 48
 49
 50

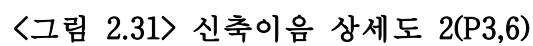
No	No	Wt (TON)	H (mm)										K	85%Kg
			A	B	C	D	E	F	G	H	J	K		
22K 50	50	180	250	310	390	270	150	15	22	70	14	20		
22K 75	75	220	380	340	320	300	170	15	22	75	14	28		
22K 100	100	260	320	340	320	350	200	15	27	85	14	42		
22K 130	130	290	340	390	270	350	210	15	27	84	14	49		
22K 160	160	320	370	420	300	380	240	15	27	89	14	56		
22K 200	200	360	400	470	320	420	260	15	32	99	14	64		
22K 250	250	400	440	510	370	470	300	15	32	103	14	80		
22K 300	300	440	470	550	400	510	320	15	32	107	14	129		
22K 350	350	480	500	590	440	550	350	15	32	112	14	155		
22K 400	400	510	540	620	470	580	380	15	37	117	14	188		
22K 450	450	540	560	650	500	610	400	15	37	122	14	212		
22K 500	500	570	590	680	530	640	410	15	37	126	14	244		
22K 550	550	600	620	710	560	670	430	15	37	136	14	284		
22K 600	600	630	640	730	580	690	450	15	37	138	14	307		
22K 700	700	670	680	780	620	730	480	20	42	146	18	372		
22K 800	800	720	730	830	670	780	520	20	42	155	18	460		
22K 900	900	760	770	870	710	820	550	20	42	157	18	500		

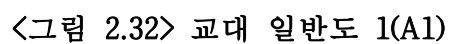
[illegible]

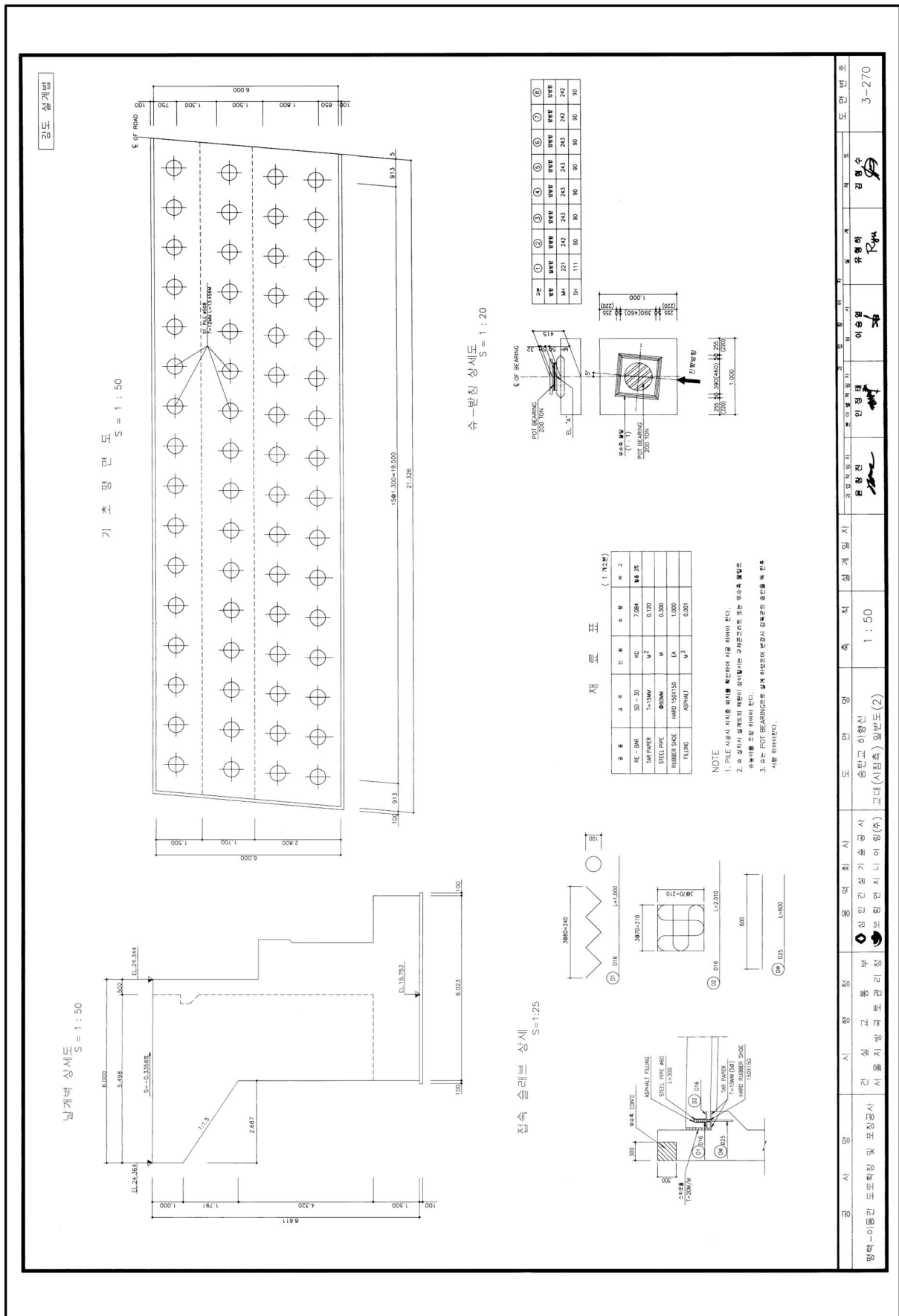
〈그림 2.29〉 슈 상세도 3(양방향)



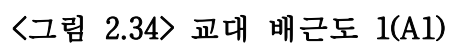
〈그림 2.30〉 신축이음 상세도 1(A1,2)

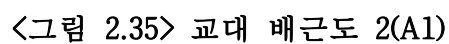


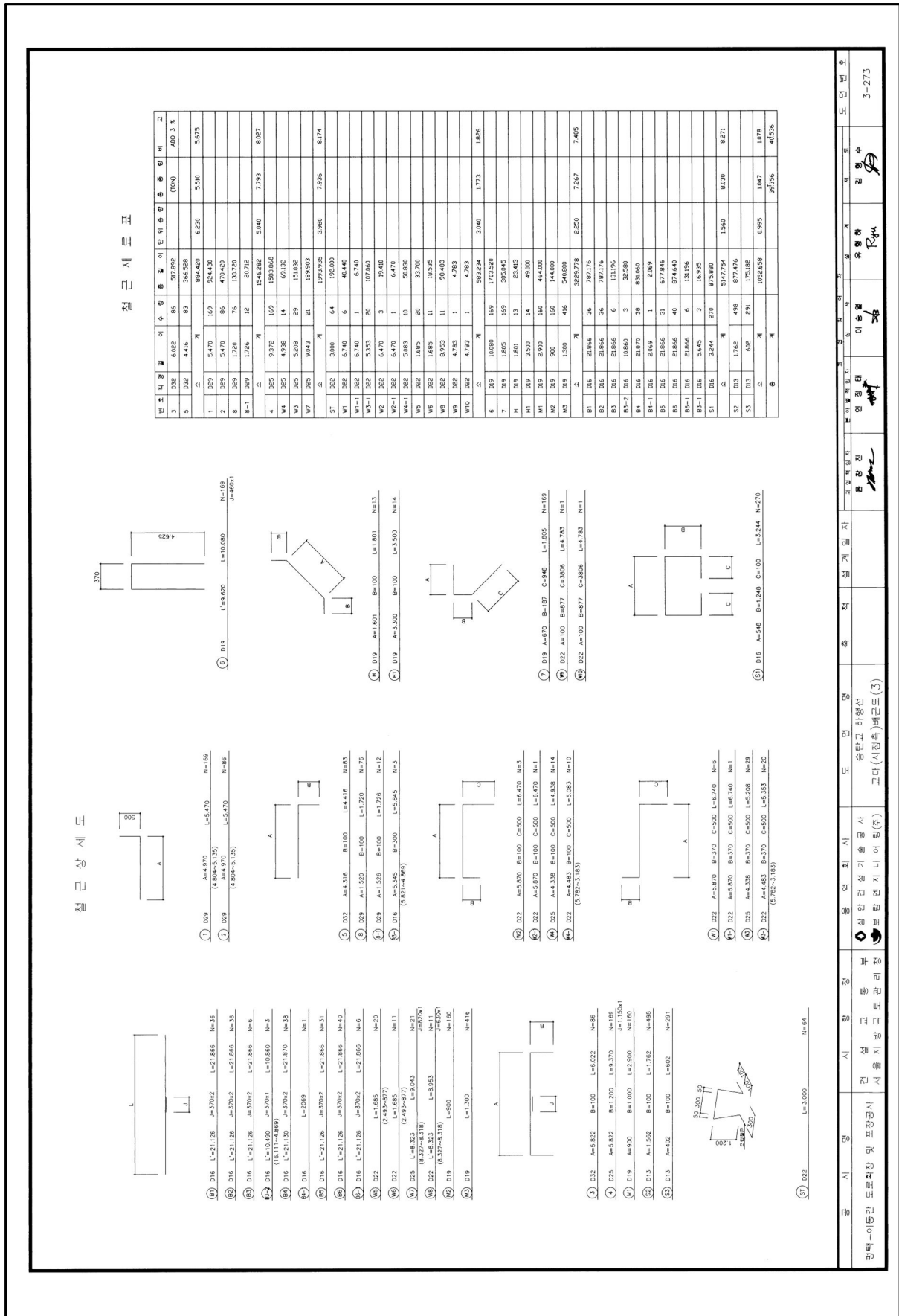




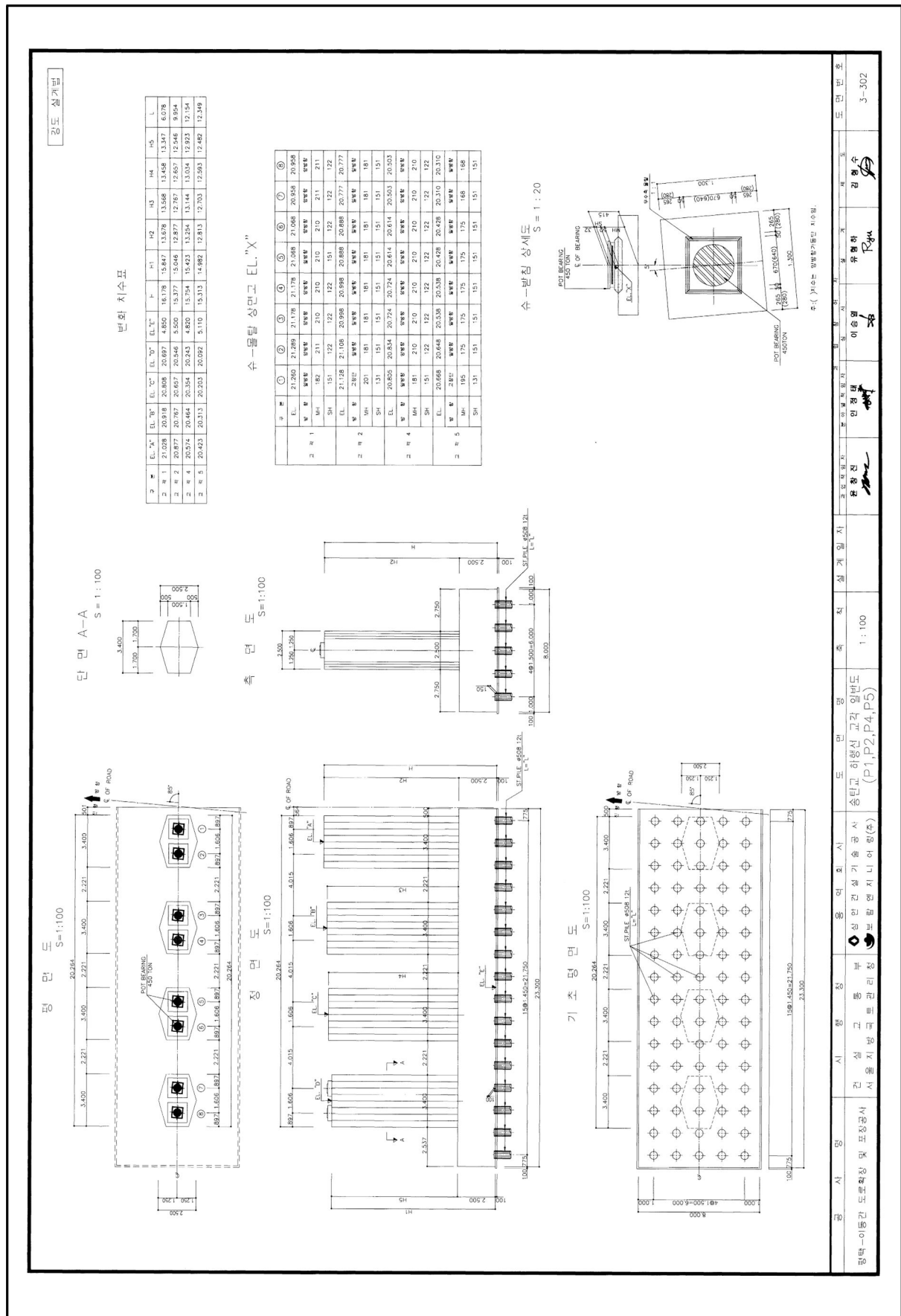
〈그림 2.33〉 교대 일반도 2(A1)



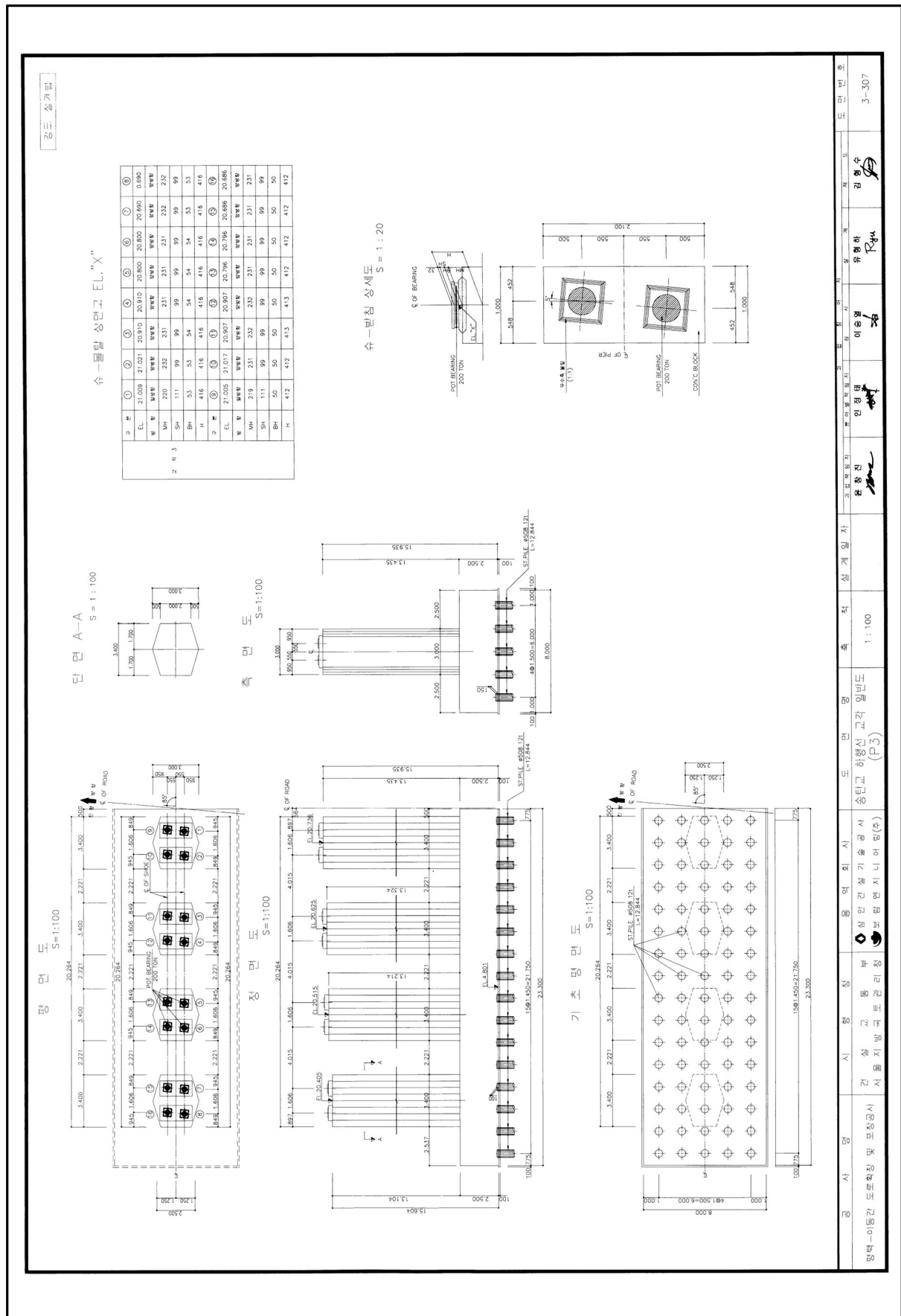




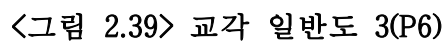
<그림 2.36> 교대 배근도 3(A1)

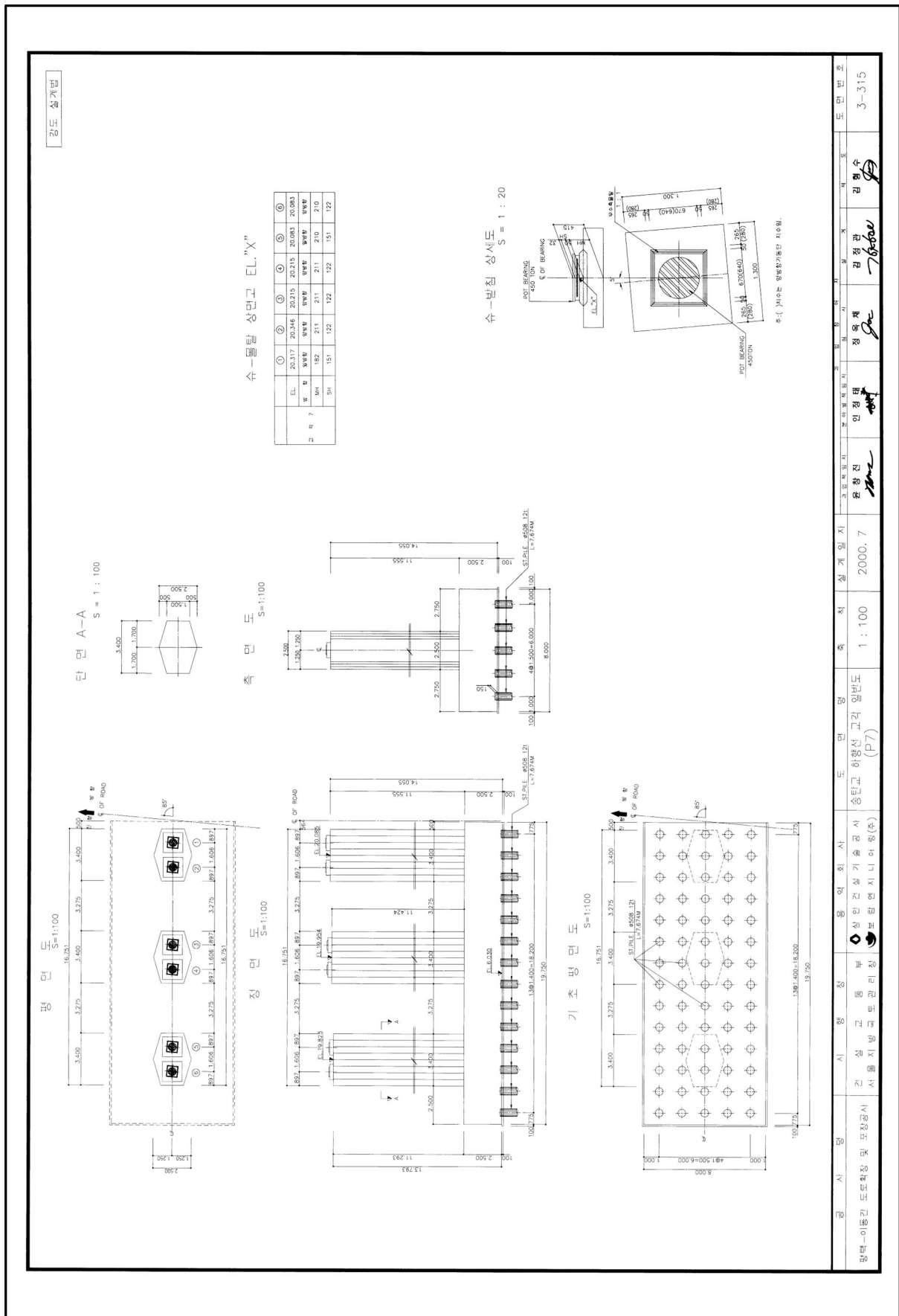


〈그림 2.37〉 교각 일반도 1(P1,2,4,5)

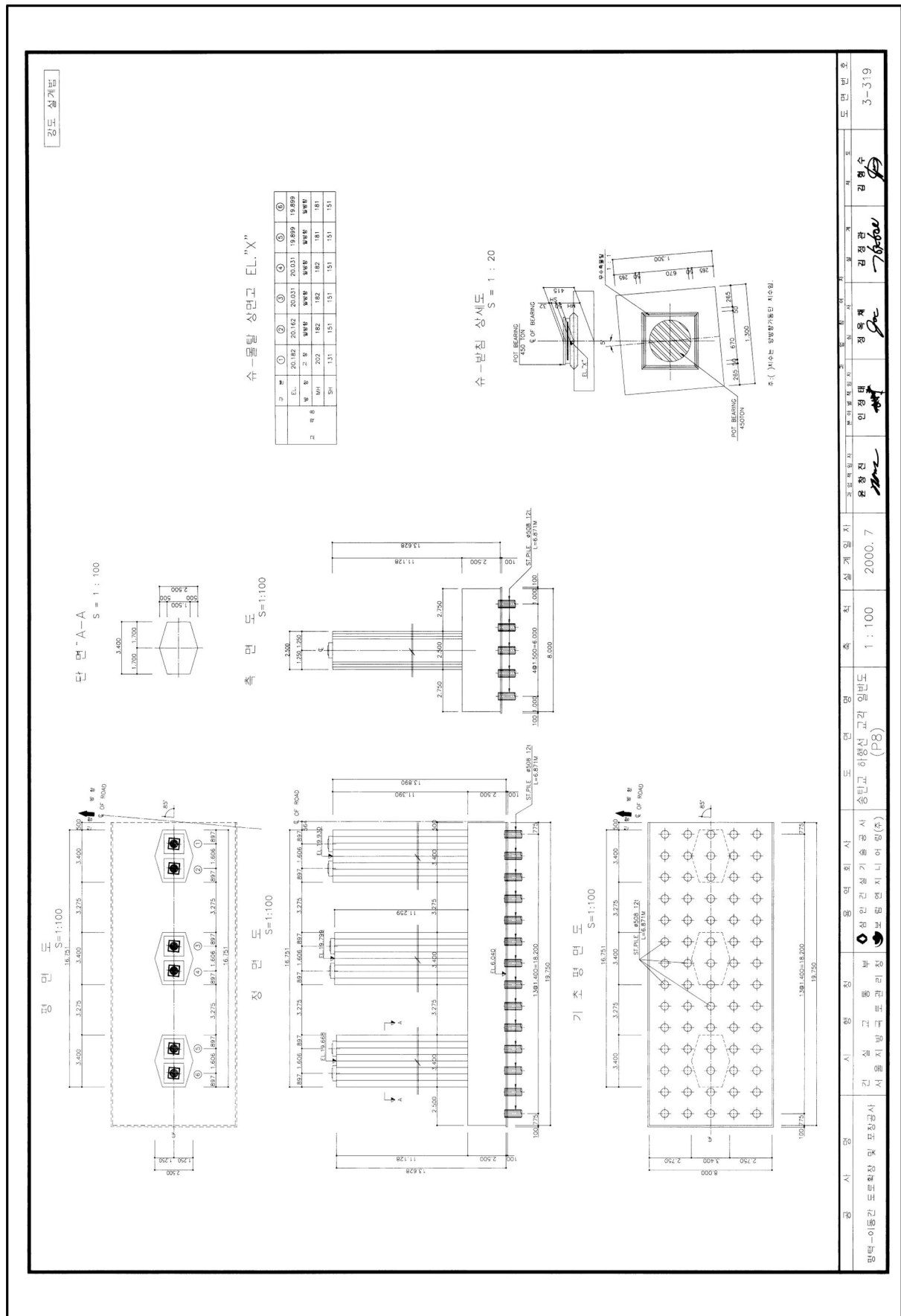


〈그림 2.38〉 교각 일반도 2(P3)

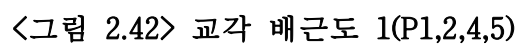


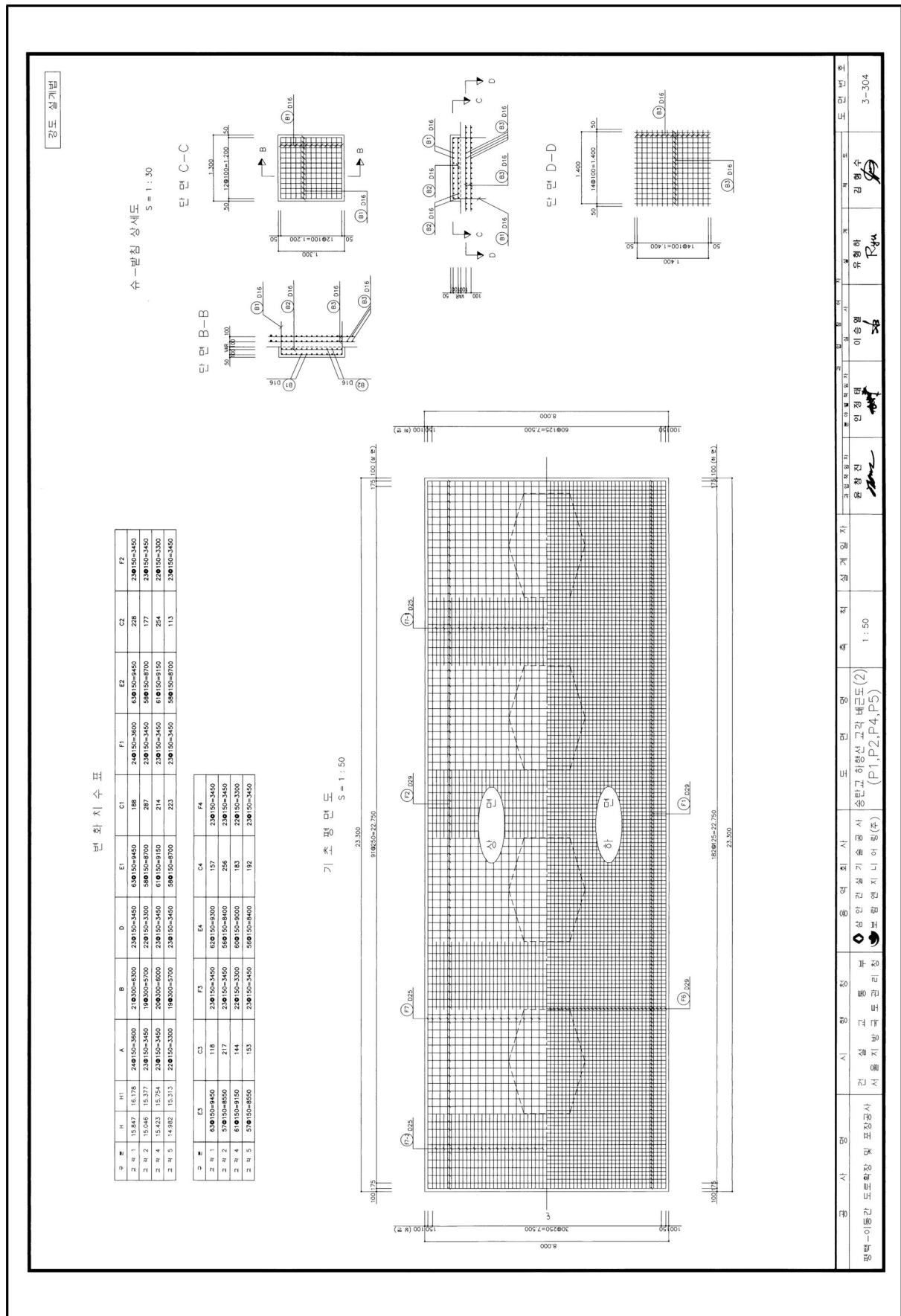


〈그림 2.40〉 교각 일반도 4(P7)

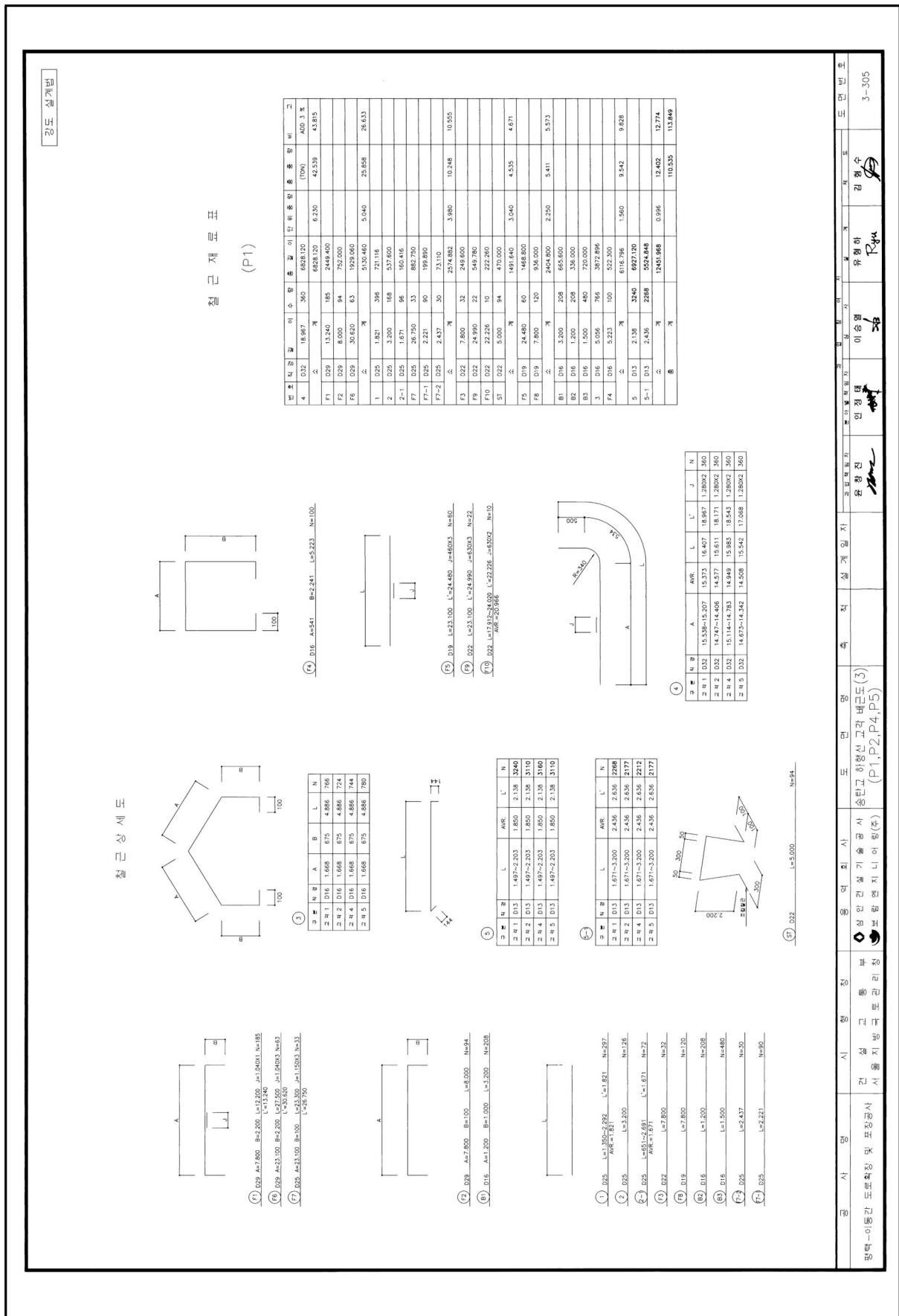


〈그림 2.41〉 교각 일반도 5(P8)





〈그림 2.43〉 교각 배근도 2(P1,2,4,5)



〈그림 2.44〉 교각 배근도 3(P1,2,4,5)

(P5)

[illegible]

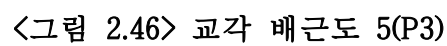
(P4)

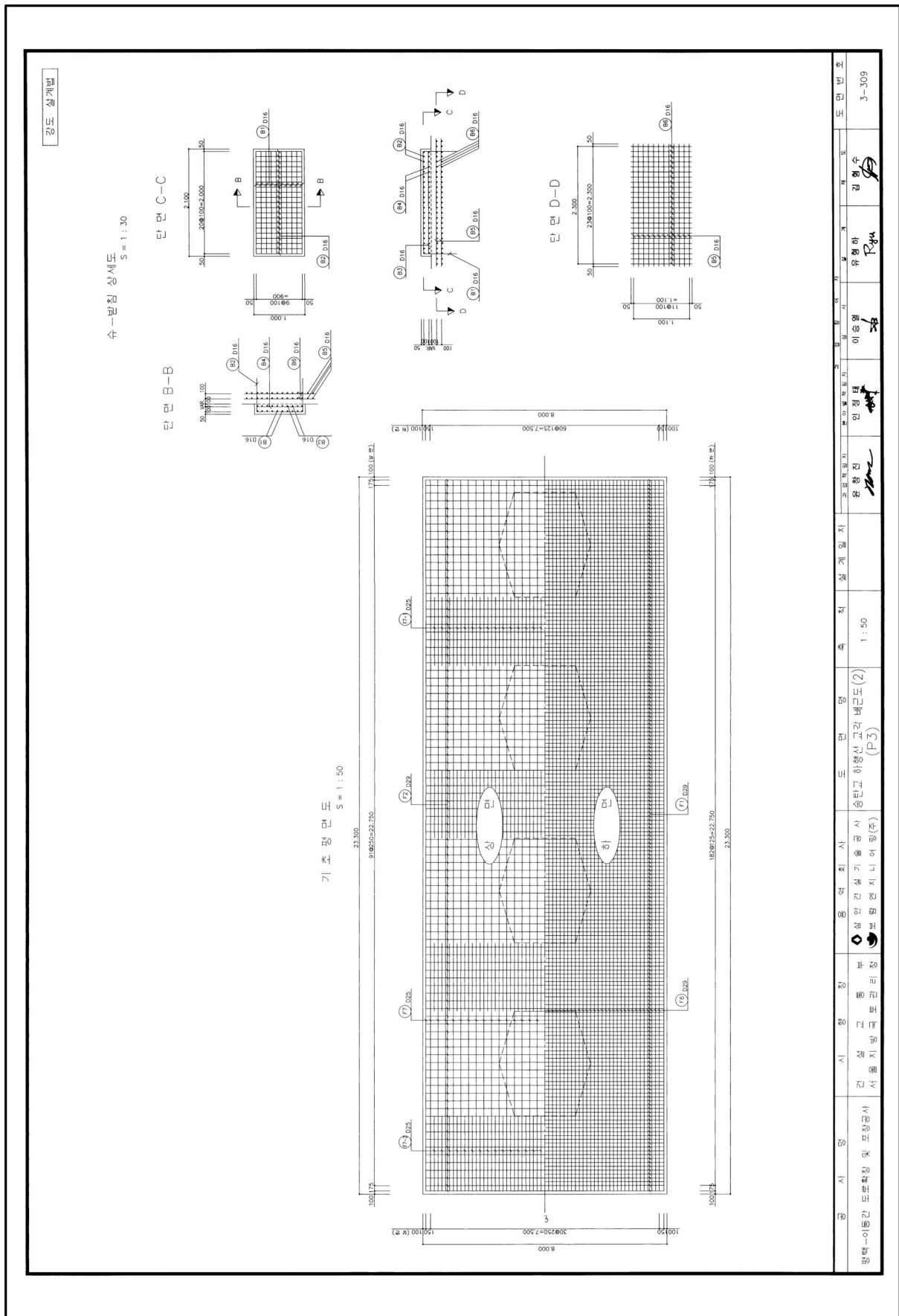
[illegible]

(P2)

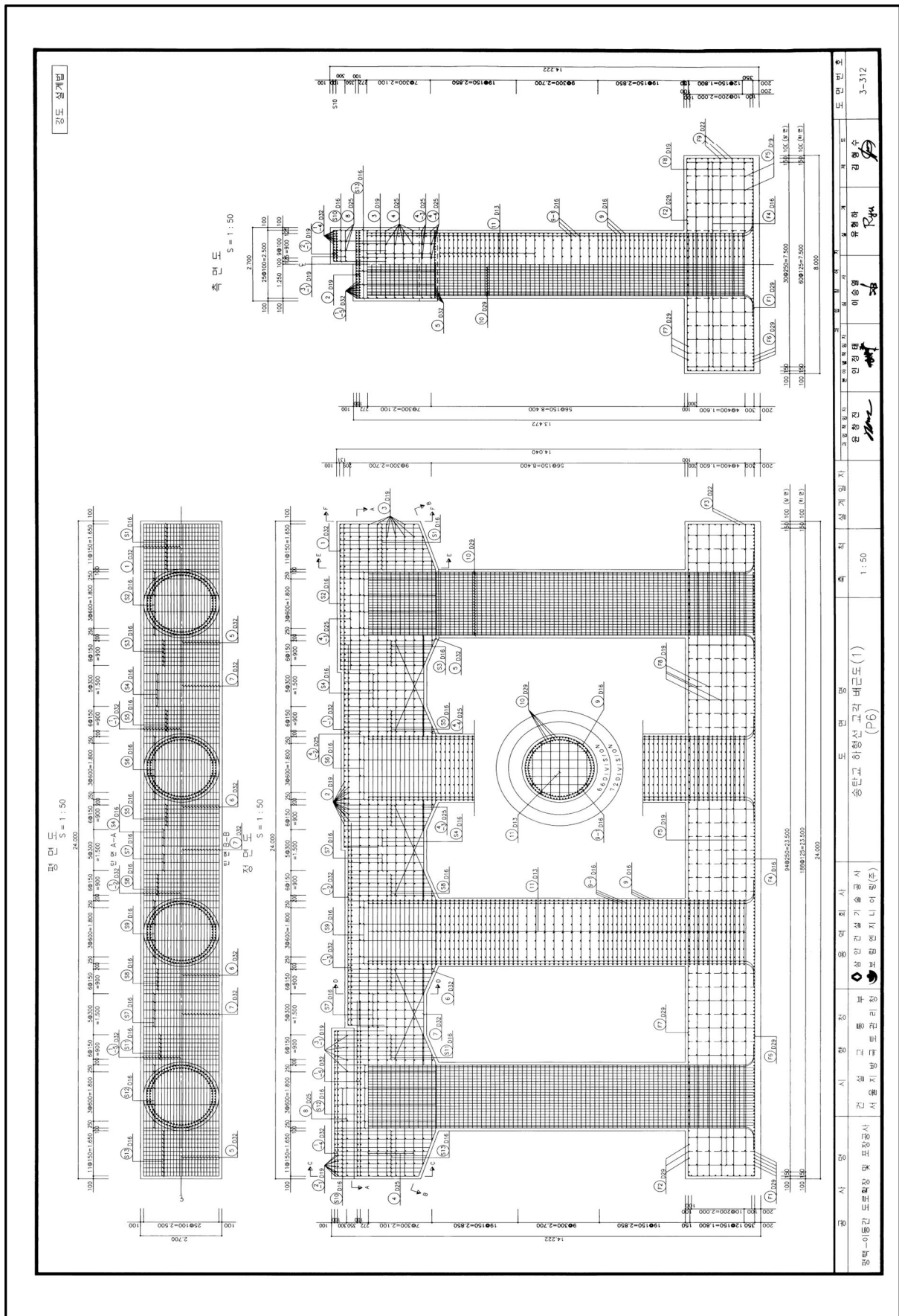
[illegible]

〈그림 2.45〉 교각 배근도 4(P1,2,4,5)

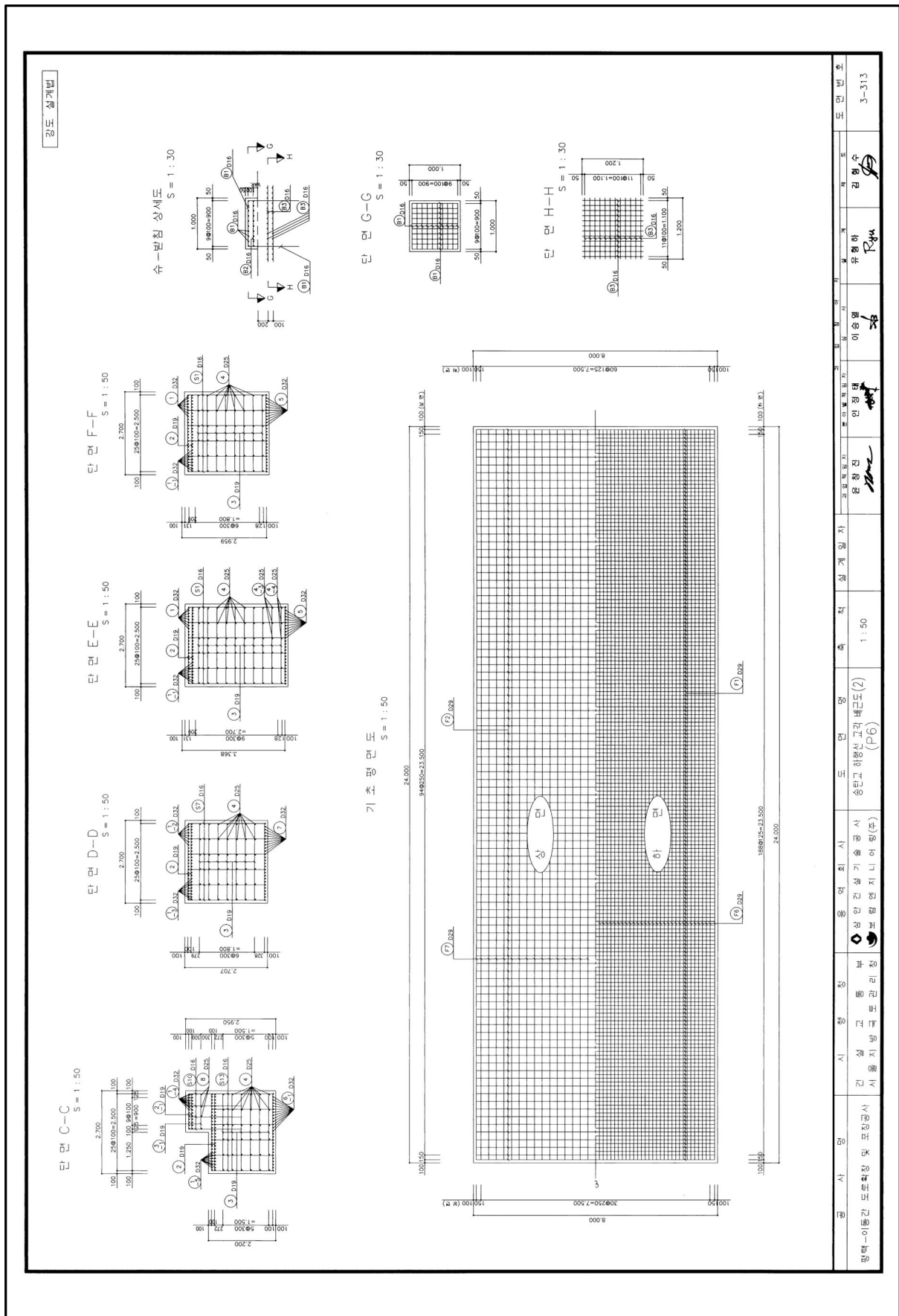




〈그림 2.47〉 교각 배근도 6(P3)

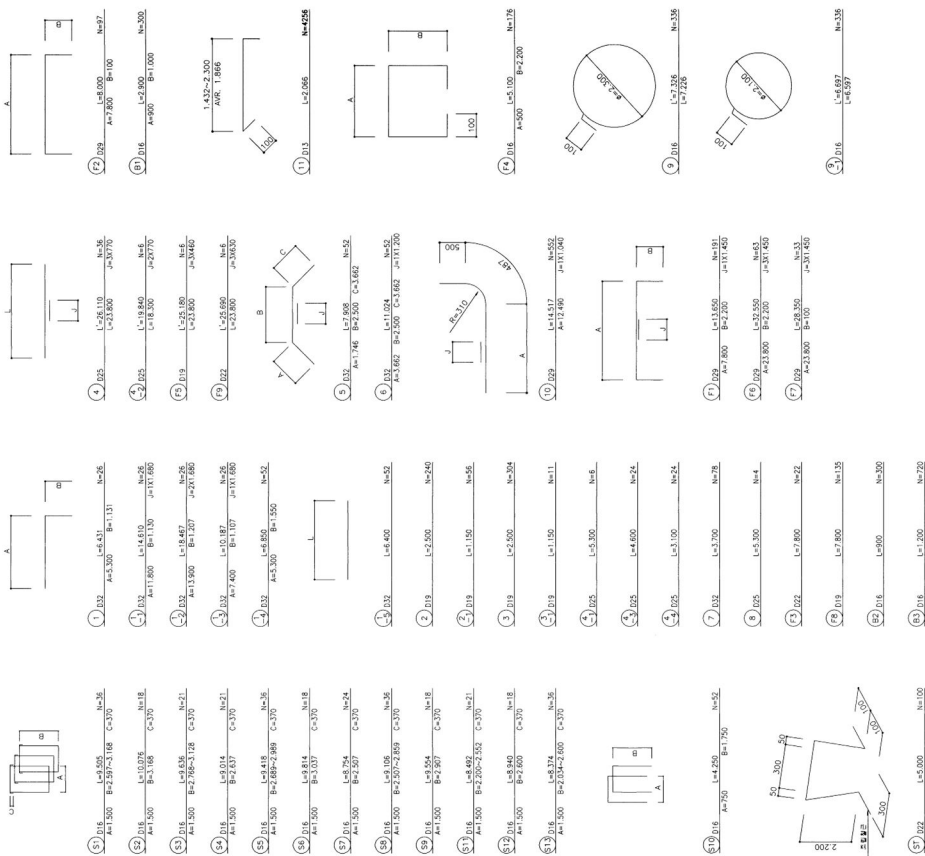


〈그림 2.49〉 교각 배근도 8(P6)



〈그림 2.50〉 교각 배근도 9(P6)

너
자
자
가
자

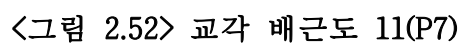


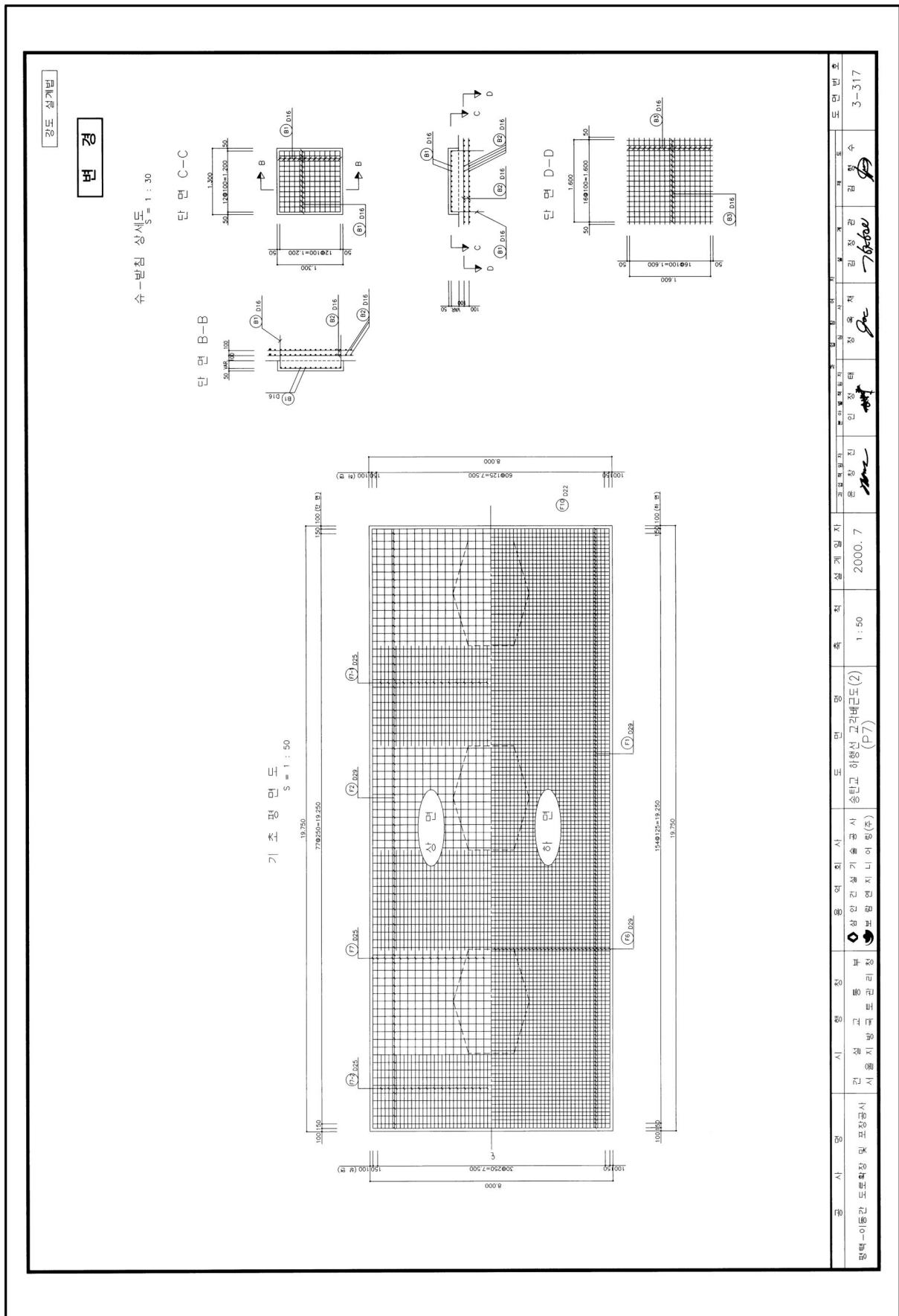
𠄎
 𠄎
 𠄎
 𠄎
 𠄎

[illegible]

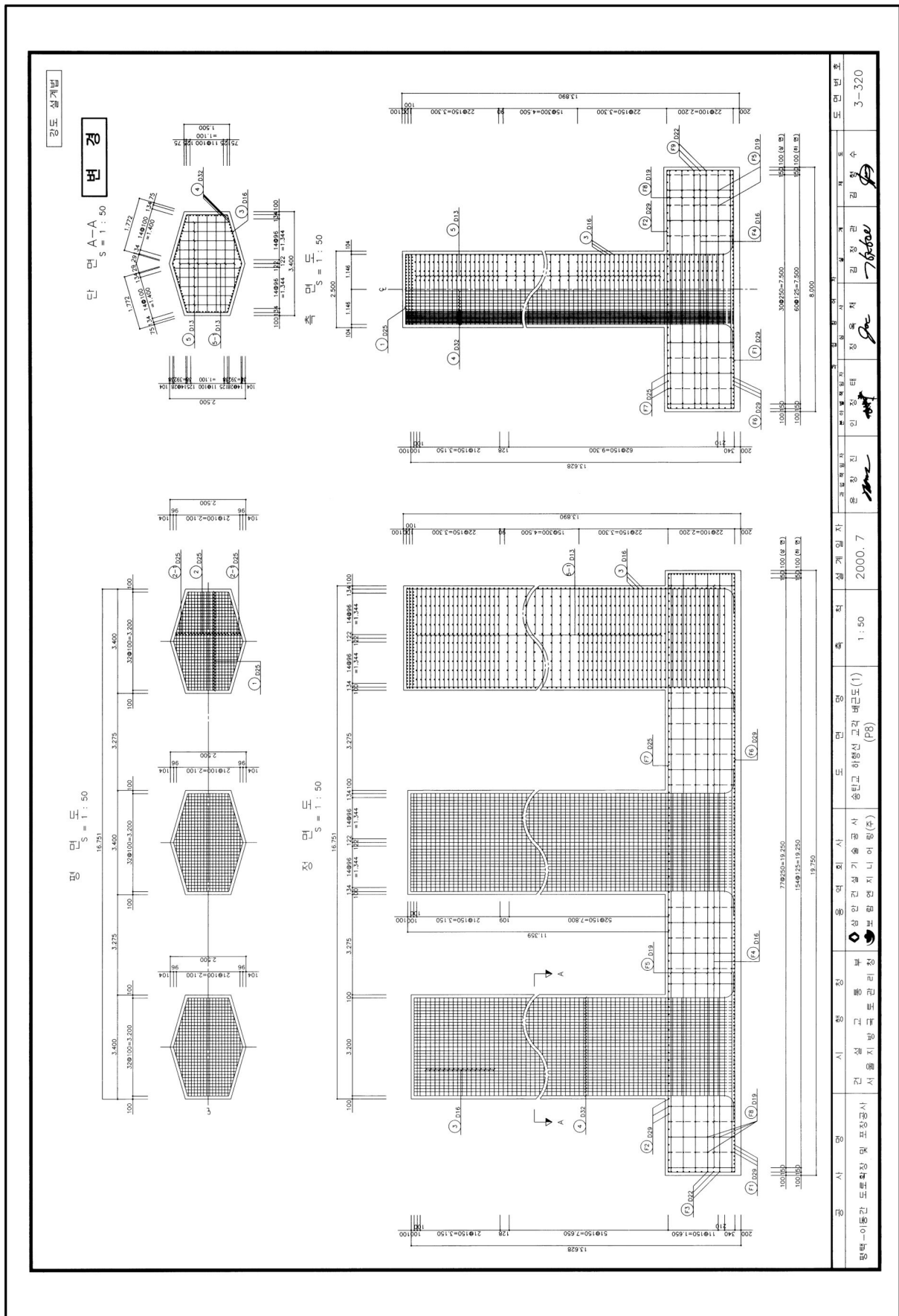
강도 선택법

[illegible]

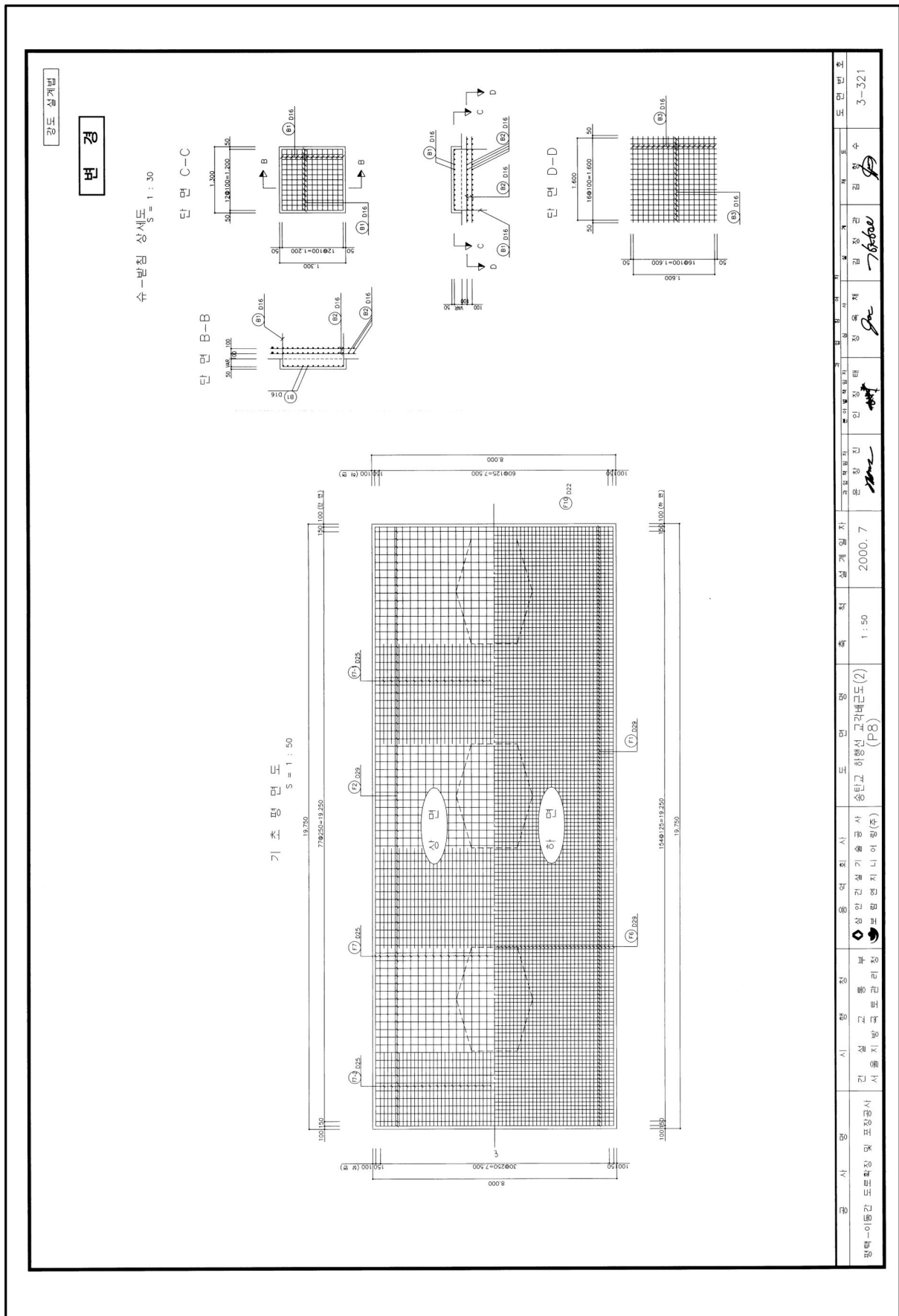




〈그림 2.53〉 교각 배근도 12(P7)



〈그림 2.55〉 교각 배근도 14(P8)



〈그림 2.56〉 교각 배근도 15(P8)

[illegible]

〈그림 2.57〉 교각 배근도 16(P8)

2.2 자료분석

2.2.1 설계도 확인결과

구 분	제 원	구 분	제 원						
연 장	423.86m	교 폭	17.8m						
난 간	1.18m	포 장	아스콘(t=80mm)						
바닥판	t = 250mm	거 더	b = 2.6m, h = 2.7m						
교 대	역T형식	교각	구주식, 라멘식(P6)						
콘크리트 강도	상부 27.0MPa, 하부 24.0MPa	철근배근 상태	바닥판 125mm(피복:40mm) 교 각 100mm(피복:100mm)						
시공사	대림산업(주)외 14개사	설계사	보람엔지니어링(주) 삼안건설기술공사						
적용시방	<table><tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr><tr><td>재료강도</td><td>• 콘크리트 : 설계기준강도=27MPa(상부), 24MPa(하부) • 철 근 : fy=400MPa(상부), fy=300MPa(하부) • 강 재 : 주부재 허용응력=190MPa, 전단 =110MPa 부부재 허용응력=140MPa, 전단 =80MPa</td></tr><tr><td>탄성계수</td><td>• 콘크리트(Ec) = 24,000MPa • 철근(Es) = 200,000MPa</td></tr></table>			구 분	내 용	재료강도	• 콘크리트 : 설계기준강도=27MPa(상부), 24MPa(하부) • 철 근 : fy=400MPa(상부), fy=300MPa(하부) • 강 재 : 주부재 허용응력=190MPa, 전단 =110MPa 부부재 허용응력=140MPa, 전단 =80MPa	탄성계수	• 콘크리트(Ec) = 24,000MPa • 철근(Es) = 200,000MPa
	구 분	내 용							
	재료강도	• 콘크리트 : 설계기준강도=27MPa(상부), 24MPa(하부) • 철 근 : fy=400MPa(상부), fy=300MPa(하부) • 강 재 : 주부재 허용응력=190MPa, 전단 =110MPa 부부재 허용응력=140MPa, 전단 =80MPa							
탄성계수	• 콘크리트(Ec) = 24,000MPa • 철근(Es) = 200,000MPa								
공사명	평택-이동간 도로확장 및 포장공사								

〈표 2.1〉 설계도 확인결과

2.2.2 전차 점검 및 진단 이력사항

번호	기간 (구분)	점검· 진단기관명	상태 등급	주요 내용	비고
1	2005.05.01~ 2005.05.30 (정밀점검)	에스큐엔지니어링	A	- 전반적양호	
2	2006.03.29~ 2006.05.27 (정기점검)	(주)대기토건	양호	- 상태양호	
3	2006.10.10~ 2006.10.31 (정기점검)	자체수행	양호	- 상태양호	
4	2007.02.28~ 2007.04.28 (정밀점검)	(주)대영건설	A	- 외관조사 및 내구성평가를 토대로 실시한 송탄교의 상태평가 결과 일부 보조부재에 보수가 필요한 것으로 조사되었으나 안전성에는 문제가 되는 손상은 발생하지 않은 양호한 상태인 "A등급" 으로 평가되었다.	
5	2007.09.27~ 2007.10.26 (정기점검)	자체수행	양호	- 방호벽 균열, 신축이음 누수	
6	2008.03.10~ 2008.05.08 (정기점검)	정명건설(주)	양호	- 전반적으로 양호	
7	2008.10.01~ 2008.10.24 (정기점검)	자체수행	양호	- 전반적으로 양호	
8	2009.01.28~ 2009.03.08 (정밀점검)	(주)대영건설	B	- 외관조사 및 내구성평가를 토대로 실시한 송탄교(하행)의 상태평가 결과 일부 보조부재에 보수가 필요한 것으로 조사되었으나 안전성에는 문제가 되는 손상은 발생하지 않은 양호한 상태인 "B등급" 으로 평가되었다. 향후 A1측의 신축유간, 받침장치의 가동여유량 및 A2측의 사면보호공에 대한 중점적인 유지관리가 이루어져할 할 것으로 판단된다.	
9	2009.06.10~ 2009.07.20 (정기점검)	자체수행	양호	- 상태양호	
10	2010.02.10~ 2010.04.10 (정기점검)	(주)대기이엔지	양호	- 아스콘파손, 배수공막힘, 후타재균열, 교대및교각균열	
11	2010.10.18~ 2010.10.26 (정기점검)	자체수행	양호	- 아스콘 파손, 교대교각 수직균열	
12	2011.01.24~ 2011.04.27 (정밀점검)	(주)한양이엔지	B	- 아스콘 균열, 포트홀, 아스콘 탈락, 배수공 막힘, 방호벽 수직균열, 후타재 미세균열, 차수판 탈락, 바닥판하면 균열 및 백태, 박스 내, 외부 일부 도장손상, Splice부 우수유입, 교대 및 교각 균열, 국부적 콘크리트 파손, 받침장치 일부 도장손상 및 부식, 받침 콘크리트 파손, 여유량 부족, 고무재 파손	
13	2011.10.01~ 2011.12.20 (정기점검)	자체수행	양호	- 교면포장 파손 균열, 교량받침 콘크리트 몰탈파손, 교대 수직균열	
14	2012.03.02~ 2012.06.21 (정기점검)	한국철도(주)	보통	- 아스콘 균열, 포트홀, 방호벽 균열, 바닥판하면 균열 및 백태, 주형 부식, 교각 균열, 파손	
15	2012.12.10~ 2012.12.26 (정기점검)	자체수행	양호	- 교면포장 아스콘 균열, 포트홀, 배수구 막힘, 교각 균열 및 국부적 콘크리트 파손 등 전회 점검에서 조사된 손상들이 유지됨	

〈표 2.2〉 전차 점검 및 진단 이력사항

번호	기간 (구분)	점검· 진단기관명	상태 등급	주요 내용	비고
16	2013.03.27~ 2013.04.26 (정밀점검)	(주)대기이엔지	B	- 바닥판하면 균열, 균열백태, 백태, 아스콘 포장 패임, 포트홀, 소성변형, 콘크리트 방호벽 균열, 박락 및 파손, 거더 도장손상(불량, 긁힘 등) 및 강재부식, 현장이음부 실링재 불량, 교량받침 균열, 도장손상(불량, 부식 등), A1 고정단 받침 상부 볼트 두부 절삭, 교대, 교각 균열, 파손, 박리, 들뜸, A2교대 법면 보호공 하부 옹벽 이격발생	
17	2013.10.22~ 2013.12.10 (정기점검)	(주)대기토건	양호	- 전회 점검 결과와 유사한 손상이 발생되었다.교면포장은 아스콘 포장 균열, 거북등 균열, 아스콘 패임, 포트홀, 소성변형이 발생되었고, 배수시설은 배수공 막힘 및 배수관 탈락, 방호벽은 균열 및 박락, 바닥판하면은 균열 및 백태, 거더는 외부 거더 하면 경미한 점부식, 도장불량, 긁힘, 강재부식이 발생되었고, 교좌장치는 받침몰탈 균열, 도장불량, 부식, 받침콘크리트 파손 및 철근노출이 발생되었고, 신축이음은 유간내 토사퇴적 및 후타재 균열이 발생되었고, 교대는 균열 및 망상균열, 접합부 실링재 균열 및 파손, A2측 법면 보호공 하부 옹벽 이격, 교각은 수직균열, 국부 파손, 박리, 들뜸이 발생되어 있으나 현 상태에서 교량의 구조적으로 영향이 없는 손상으로 지속적인 관찰과 유지관리가 이루어진다면 사용성에 문제가 없는 것으로 판단된다.	
18	2014.02.13~ 2014.05.13 (정기점검)	한국철도(주)	양호	- 전차 점검결과와 비교시 기존 손상의 진전은 없는 상태이고, 일부 교명판 설명판 유실이 추가적으로 조사되었다. 금회 점검결과 교면포장은 아스콘 포장 균열, 거북등 균열, 아스콘 소성변형 및 포트홀, 배수시설은 배수구 막힘, 배수관 탈락, 연석은 균열, 박락, 바닥판하면은 균열, 백태, 거더는 경미한 점부식, 긁힘, 부식, 교량받침은 균열, 도장불량, 부식, 파손 및 철근노출, 신축이음은 후타재 균열, 교대 및 교각은 균열, 실링재 균열, 국부 파손, 박리, 옹벽 이격 등이 조사되었다. 발생한 손상들은 비교적 경미한 상태인 것으로 조사되어 향후 지속적인 점검을 통해 유지관리토록 하고, 다만 본 구간은 차량 통행이 많은 45번 국도임을 감안할 때 포장 손상이 반복적으로 발생하게 되면 손상 부분에 대한 아스콘 재포장을 방안을 검토하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	
19	2014.10.07~ 2014.11.25 (정기점검)	(주)대기이엔지	양호	- 교면포장은 아스콘 포장 균열, 거북등 균열, 아스콘 패임, 포트홀, 소성변형이 발생되었고, 배수시설은 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 방호벽은 균열 및 박락, 바닥판하면은 균열 및 백태, 거더는 외부 거더 하면 경미한 점부식, 도장불량, 긁힘, 강재부식이 발생되었고, 교좌장치는 받침몰탈 균열, 도장불량, 부식, 받침콘크리트 파손 및 철근노출이 발생되었고, 신축이음은 유간내 토사퇴적 및 후타재 균열이 발생되었고, 교대는 균열 및 망상균열, 접합부 실링재 균열 및 파손, A2측 법면 보호공 하부 옹벽 이격, 교각은 수직균열, 국부 파손, 박리, 들뜸이 발생되어 있으나 현 상태에서 교량의 구조적으로 영향이 없는 일반 손상으로 지속적인 관찰과 유지관리가 이루어진다면 사용성에 문제가 없는 것으로 판단된다.	

〈표 2.2〉 전차 점검 및 진단 이력사항(계속)

번호	기간 (구분)	점검· 진단기관명	상태 등급	주요 내용	비고
20	2015.04.14~ 2015.06.23 (정밀점검)	케이에스건설 (주)	B	- 교면포장 -아스콘균열,망상균열,소성변형-지속관찰 - 아스콘 포트홀 - 소파보수, -토사퇴적 - 청소 - 배수시설-배수관 탈락 - 지속관찰 - 배수구 막힘 - 청소 - 방호벽-균열(CW:0.3mm이상) - 에폭시주입 - 균열,백태,망상균열 - 표면보수 - 파손, 박리 - 단면보수 - 교명판,설명판 유실 - 재설치 - 중분대-가드레일 변형 - 지속관찰 - 파손,박리,열화 - 단면보수 - 표면열화 - 지속관찰 - 신축이음-후타재 균열(CW:0.2mm) - 지속관찰 - 유간 토사퇴적 - 청소 - 차수판 볼트누락 - 볼트재체결 - 차수판 설치불량 - 지속관찰 - 슬래브하면-균열(CW:0.3mm이상) - 에폭시주입 - 균열,누수,백태 - 지수재주입,표면보수 - 국부적 굽힘-지속관찰 - DECK PLATE 변형 - 지속관찰 - 스틸박스-외부 부식, 도장탈락, 점부식-지속관찰 - 내부 국부적 도장손상 - 지속관찰 - 내부 환기시설 망 탈락 - 재설치 - 내부 환기시설 볼트체결불량-볼트재체결 - 내부 게이지 미제거-게이지 제거 - 내부 Splice 볼트체결부 누수-씰링재보수 - 이물질 적치-청소 - 교대-균열(CW:0.3mm이상)-에폭시주입 - 이음부 씰링재 파손-씰링재보수 - 교각-균열(CW:0.3mm이상) - 에폭시주입 - 망상균열 - 지속관찰 - 표면열화,박리,파손 - 단면보수 - 받침장치-Plate,볼트부식,도장탈락 - 방청 및 도색 - 고무재 탈락 - 재설치 - 받침물탈 균열 - 지속관찰 - 받침물탈 파손 - 단면보수 - 낙교방지시설 볼트길이부족 - 지속관찰	
21	2015.08.17~ 2015.11.14 (정기점검)	(주)대기이엔지	양호	- 충탄교(하행)는 2005년 준공된(공용년수:11년) 1종시설물 교량으로 전회 점검 결과와 유사한 손상이 발생되었고, 추가적으로 가로등 기울음이 조사되었다. 교면포장은 아스콘 포장 균열, 거북등 균열, 아스콘 패임, 포트홀, 소성변형이 발생되었고, 배수시설은 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 방호벽은 균열 및 백태, 박리, 중분대 난간 변형, 중분대 연석 박리 및 박락, 가로등 기울음, 바닥판하면은 균열 및 백태, 거더는 외부 거더 하면 경미한 점부식, 도장불량, 굽힘, 강제부식이 발생되었고, 교량받침은 받침물탈 균열, 도장불량, 부식, 볼트 길이부족, 볼트 부식, 고무재 탈락, 받침콘크리트 파손 및 철근노출, 낙교방지 나사산 부족이 발생되었고, 신축이음은 유간내 토사퇴적 및 후타재 균열이 발생되었고, 교대는 균열 및 망상균열, 접합부 실링재 균열 및 파손, A2측 법면 보호공 하부 옹벽 이격, 교각은 수직균열, 국부 파손, 박리, 들뜸이 발생되어 있으나 현 상태에서 교량의 구조적으로 영향이 없는 일반 손상으로 지속적인 관찰과 유지관리가 이루어진다면 사용성에 문제가 없는 것으로 판단된다.	

<표 2.2> 전차 점검 및 진단 이력사항(계속)

2.2.3 보수·보강 이력사항

번호	기간	시공사	보수사항/공사명	금액 (천원)
1	-	-	-	-

〈표 2.3〉 보수·보강 이력사항

2.2.4 내진성능 확보 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
송탄교(하행선)	Y	내진 1등급 지역으로 내진설계가 고려되어 적용 설계됨	

2.3 자료 보유 현황

본 과업 대상구조물의 자료 수집은 건설당시의 자료와 기 점검 및 진단 결과, 보수·보강 이력 등의 유지관리 자료를 중심으로 실시하였다. 수집된 자료를 바탕으로 구조물의 이력, 발생 결함 및 손상 등을 파악하여 금회 정밀안전진단 시 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수 실시 현황을 확인하였으며, 향후 효율적인 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계 도서	- 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보 유	FMS
	- 설계도면 - 교량 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 신축이음, 받침상세도	보 유	FMS
시설물 관리대장	- 기본 현황 - 상제 제원 - 유지관리 이력	보 유	FMS
시공관련 자료	- 시공관련 자료 - 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록 - 각종 시험 기록 - 사고기록	일부 보유	FMS
안전점검 및 정밀점검 자료		보 유	FMS 및 관리주체

※ FMS : 시설물 종합관리 시스템

〈표 2.4〉 자료 보유 현황

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사

3.2 내구성 시험

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사

송탄교(하행선)는 경기도 평택시 지제동에 위치한 교량으로써, 2005년에 준공되어 약 11년의 공용기간이 경과되었고, 국도 45호선에 위치하고 있다. 교량의 연장은 423.3m의 9경간 1종 시설물으로써, 상부구조는 강박스 거더(STB)형식 3~4련으로 시공되어 있으며, 하부구조는 교각 8기(라멘식형, 다주식형)와 교대 2기(역T형)로 구성되어 있다.

본 장의 세부내용은 다음과 같다.

외관조사는 대상구조물에 대한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 결함의 발견 및 변화상태 등을 추적하기 위한 것으로서 가장 기본이 되는 과업이다.

내구성조사는 구조물에 열화가 진행되었을 경우 열화의 정도 및 원인관계를 조사하고 보수·보강여부를 판정하며, 아직 열화가 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업대상 구조물의 현장조사 및 시험은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)』에 따라 각 항목별로 실시하였다.

외관조사는 교면포장, 방호벽, 신축이음장치, 배수구, 교대 등 접근이 가능한 부재는 도보 점검으로, 바닥판하면, 거더, 가로보, 받침장치, 교각 등 근접조사가 필요한 부재는 교량점검차 및 고소차, 점검사다리를 이용하여 상세 육안조사를 실시하였다.

현장 조사시 확인된 결함과 손상내용에 대해서는 사진을 촬영하고 외관조사망도에 수록하여 향후 보수·보강공사 및 점검 등의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다.

3.1.1 부위별 주요 항목조사

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
교면포장	◦공 통	◦균열(미세, 선상, 격자형) ◦소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) ◦포트홀 ◦노면잡물(구배불량)	
	◦신축이음 전후, 구조물 경계부	◦단차, 침하	
	◦배수구 주변	◦물고임(배수구 간격, 유출구 위치)	

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
배수시설	◦배수구	◦파손, 누락 ◦누수, 체수(막힘) ◦오염(이물질 퇴적)	
	◦배수관	◦파손(연결 고정부 탈락) ◦배수관 길이부족(거더에 물 떨어짐) ◦유출구 위치 부적절	
방호벽	◦철근콘크리트	◦균열(부모멘트부 균열, 침하균열) ◦박리, 박락, 철근노출, 파손(충돌)	
바닥판	◦공 통	◦박리, 박락, 층분리, 철근노출, 파손 ◦백태, 오염 ◦재료분리	
신축이음	◦본 체	◦누수, 오염(배수시설 누락, 이물질퇴적) ◦유간(부족 또는 과다) ◦이상진동(충격음) ◦본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림) ◦방수재(씰재) 파손 - 노면수 유입	
	◦후타재	◦균열, 파손(패임 및 요철) ◦전·후의 단차(교면포장과의 단차)	
교량받침	◦본 체	◦부식(오물퇴적), 변형 ◦균열, 파손 ◦가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 ◦받침과 거더의 밀착상태(분리) ◦앵커볼트 파손(절단) ◦가동방향 오류, 편기설치 ◦부속물 파손	
	◦받침대	◦균열, 파손 ◦부분침하	

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목(계속)

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
강거더	◦공 통	◦변형, 균열, 파손 ◦표면(도장)상태 오염, 부식 ◦이상처짐 ◦연결부 볼트 이완, 파손, 이상음	
	◦받침부	◦복부판 부식 및 국부좌굴 ◦박스내부 출입구 개폐 ◦거더와 받침연결부 부식 ◦박스내부 바닥 물고임 및 부식	
	◦중앙부	◦맞대기 용접부 균열 ◦플랜지 변형 및 처짐 ◦다이아프램 연결부 균열	
	◦2차부재	◦거더와의 연결부 균열	
	◦보수부위	◦용접부 및 용접부 주변 균열	
교 대	◦공 통	◦균열(시공이음부 횡방향 균열) ◦박리, 박락, 층분리, 백태, 파손, 철근노출 ◦교대회전	
	◦두 부	◦두부 물고임 ◦두부와 흙벽 경계부 균열 ◦거더와 흙벽 신축유간 부족	
	◦벽 체	◦균열(수직균열) ◦벽체와 날개벽 분리(이동)	
교 각	◦공 통	◦균열 박리, 철근노출, 파손 ◦침하	
	◦두 부	◦두부 물고임 ◦받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)	
	◦구 체	◦수직균열 ◦이동 또는 기울음	

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목(계속)

3.1.2 외관조사방향 설정

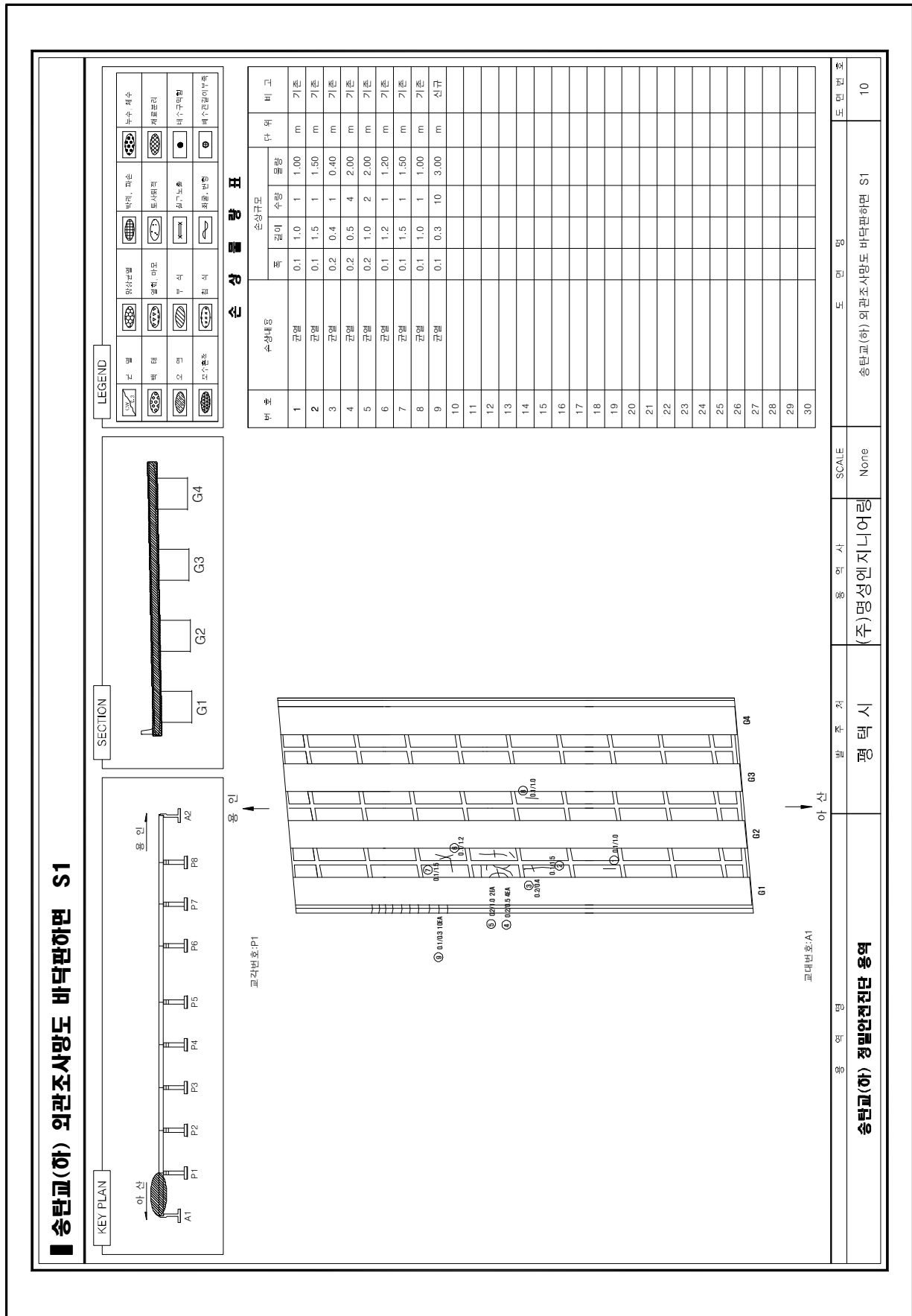
외관조사는 현장답사를 통해 접근방법 및 안전조치사항 등을 결정하고, 예비조사를 통해 세부적인 외관조사방법을 결정하여 외관조사를 시행하였다.

구 분	외관조사 방향
현장답사	◦현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 장비동원과 일정계획을 수립 ◦예비조사를 통해 교량에 발생한 주요 결함을 형태별로 분류 ◦결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정 ◦현장조사 안전조치 사항
예비조사 및 감독관협의	◦교면포장 망상균열, 균열, 소성변형 등의 결함 발생 현황 ◦방호벽 철근노출 등으로 인한 내구성 저하 여부 ◦신축이음장치의 토사퇴적, 후타재 손상 발생 현황 ◦바닥판하면 손상 발생 현황 ◦거더에 발생한 도장손상, 용접불량(PIT, 용접누락) 발생 현황 ◦하부구조의 손상 현황 ◦받침장치의 이동량 측정, 기능성 여부 및 손상 발생 현황 ◦신축이음부의 손상 및 유간측정, 차수기능 저해 여부 확인

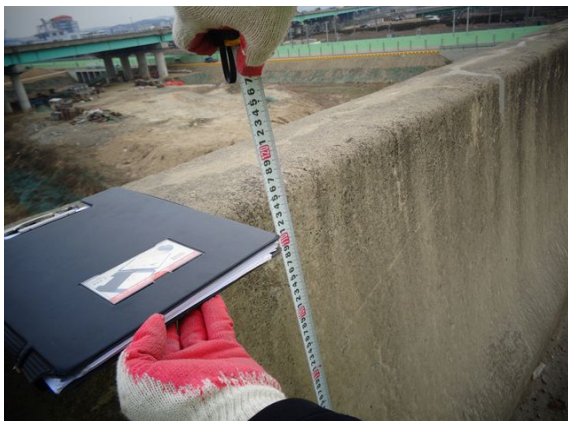
〈표 3.2〉 외관조사 방향

3.1.3 외관조사망도 작성방향

외관조사망도 작성은 최근에 실시한 2015년 정밀점검 외관조사망도를 기준으로 손상의 진행 및 보수여부를 파악하기 위하여 전회와 금회 표기 모양을 달리 사용하여 각 손상의 조사 시기를 파악 할 수 있도록 아래와 같이 구분하여 표기하였다.



〈그림 3.1〉 외관조사 작성 예(바닥판 상면)

	
교량점검차(굴절차)를 이용한 현장조사	교량점검차(고소차)를 이용한 현장조사
	
안전교육	상부 조사
	
하부 조사	단면 제원 조사

〈사진 3.1〉 외관조사 현황

3.1.4 부재별 외관조사 결과

가. 교면포장 및 보도부

송탄교(하행선)는 9경간의 교량으로 총연장 423.3m, 전체폭 21.25m(S1~S6), 17.75m(S7~S9)의 교량이다.



〈사진 3.2〉 교면포장 전경

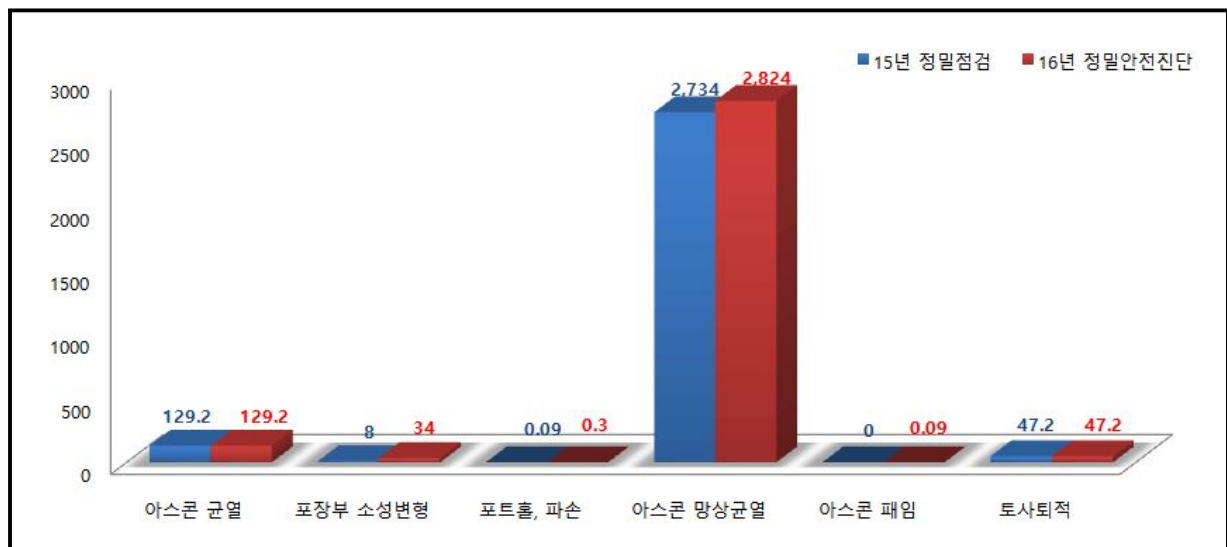
본 교량의 교면은 아스콘 포장으로 시공되었으며, 외관조사결과 아스콘 균열, 소성변형, 포트홀, 파손, 패임, 토사퇴적 등이 발생된 것으로 조사되었다. 2015년 정밀점검 이후 포트홀 구간이 국부적인 보수가 실시된 것으로 추정되며, 정밀 시공이 이루어지지 않아 보수상태는 미흡한 것으로 판단된다. 바닥판하면에 포장부 누수로 인한 손상(균열부 백태)은 진전이 없는 것으로 판단되며, 교면포장에 발생한 기 손상부는 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭, 실링 등의 조치가 필요하다.

손상명	아스콘균열 (m/개소)	소성변형 (㎡/개소)	포트홀, 파손 (㎡/개소)	아스콘패임 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	토사퇴적 (㎡/개소)
S1	24.2/3	-	-	-	180.0/2	13.5/1
S2	30.0/1	-	-	-	180.0/2	13.5/1
S3	20.0/1	-	0.04/1	-	180.0/2	13.5/1
S4	-	4.0/1	-	-	540.0/2	-
S5	45.0/1	4.0/1	-	-	180.0/1	-
S6	-	26.0/1	0.09/1	-	1200.0/1	-
S7	-	-	-	-	168.0/1	-
S8	-	-	0.17/3	-	126.0/1	4.0/1
S9	10.0/1	-	-	-	70.0/1	2.7/1
합계	129.2/7	34.0/3	0.3/5	0/1	2,824.0/13	47.2/5

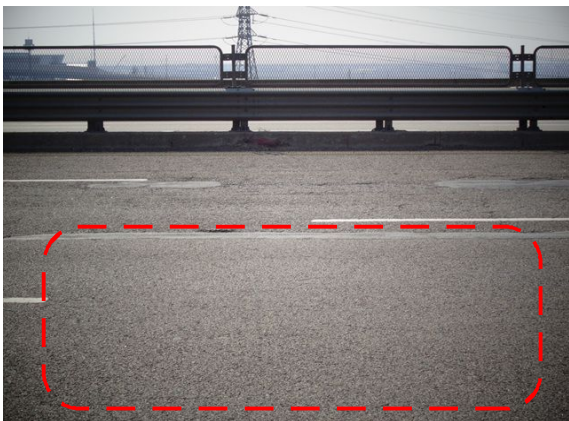
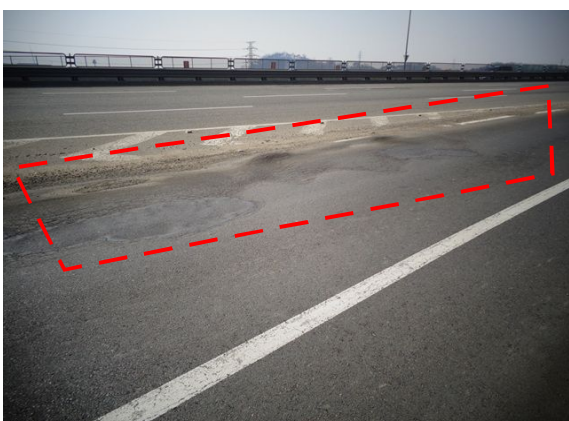
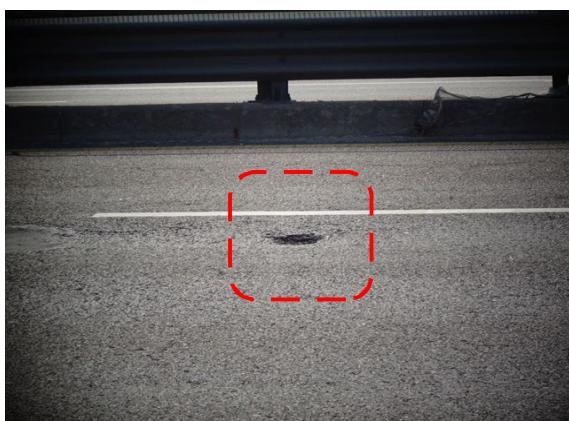
〈표 3.3〉 교면포장 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
아스콘균열(m)	129.2	129.2
포장부 소성변형(m ²)	8.0	34.0
포트홀, 파손(m ²)	0.09	0.3
아스콘 망상균열(m ²)	2,734.0	2,824.0
아스콘 패임(m ²)	-	0.09
토사퇴적(m ²)	47.2	47.2

<표 3.4> 교면포장 전차 물량 비교



<그림 3.2> 교면포장 전차 물량 비교

			
현황	S1 아스콘 균열	현황	S1 포트홀 보수
대책	진전시 아스콘 실링	대책	-
			
현황	S3 아스콘 망상균열	현황	S3 포트홀 보수
대책	진전시 아스콘 실링	대책	-
			
현황	S6 소성변형	현황	S8 포트홀
대책	진전시 재포장	대책	아스콘 팻칭

〈사진 3.3〉 교면포장 외관조사결과

나. 난간 및 연석

난간은 콘크리트 방호벽으로 교량 좌측에 시공되어 있으며, 중앙에는 가드레일로서 중앙 분리대가 설치되어 있는 상태이다.



〈사진 3.4〉 난간 전경

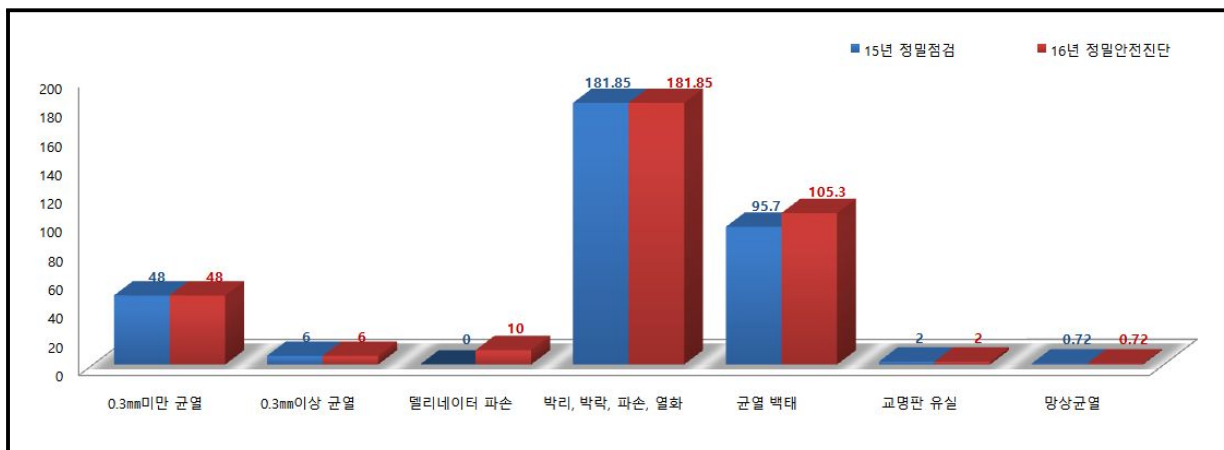
외관조사결과 방호벽 균열 및 망상균열, 균열/백태, 박리 및 파손, 교명판 유실 등의 손상이 조사되었고, 발생한 균열/백태 구간은 전차와 비교하여 신규손상이 일부 추가 발생하였다. 균열은 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열이며 0.3mm이상 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하며, 0.3mm미만 균열 구간 및 균열/백태는 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상의 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되다. 텔리네이트, 교명판 유실은 외부 충격 등에 의한 것으로 사용성 확보를 위하여 교체 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 박리 및 파손은 외부 충격으로 인하여 발생한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하다.

구분	0.3mm미만 균열 (m/개소)	0.3mm이상 균열 (m/개소)	델리네이트 파손 (개소)	박리, 박락 파손, 열화 (㎡/개소)	균열/백태 (m/개소)	교명판 유실 (개소)	망상균열 (㎡/개소)
S1	1.2/1	-	-	20.25/1	45.0/1	1	-
S2	23.0/7	1.0/1	1	20.25/1	4.1/4	-	-
S3	8.2/3	-	1	20.25/1	32.2/5	-	0.72/1
S4	-	-	-	20.25/1	9.0/1	-	-
S5	1.8/3	-	1	20.49/2	1.8/2	-	-
S6	-	-	4	18.1/2	1.2/1	-	-
S7	-	-	1	18.9/1	12.0/2	-	-
S8	11.2/7	-	1	19.06/2	-	-	-
S9	2.6/1	5.0/3	1	24.3/1	-	1	-
합계	48.0/22	6.0/4	10	181.85/12	105.3/16	2	0.72/1

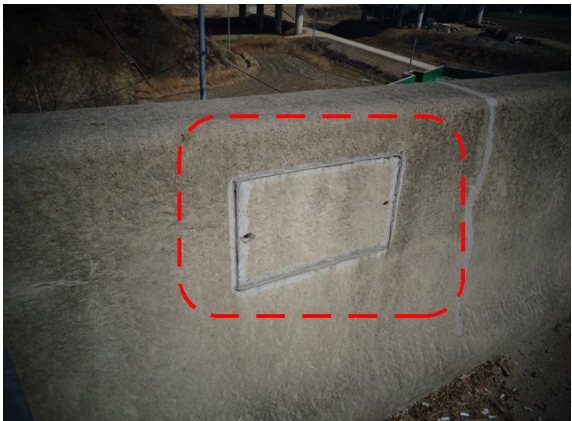
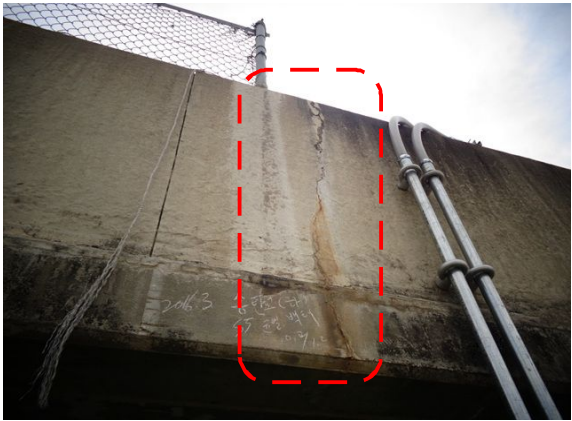
〈표 3.5〉 방호벽 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
0.3mm미만 균열(m)	48.0	48.0
0.3mm이상 균열(m)	6.0	6.0
델리네이터 파손(개소)	-	10
박리, 박락, 파손, 열화(㎡)	181.85	181.85
균열/백태(m)	95.7	105.3
교명판 유실(개소)	2	2
망상균열(㎡)	0.72	0.72

〈표 3.6〉 방호벽 전차 물량 비교



〈그림 3.3〉 방호벽 전차 물량 비교

			
현황	S1 교명판 유실	현황	S3 텔리네이트 파손
대책	교체	대책	교체
			
현황	S5 방호벽 외측 균열/백태	현황	S6 중분대 열화
대책	표면처리	대책	주의관찰
			
현황	S6 파손	현황	S9 0.3mm이상 균열
대책	진전시 단면보수	대책	주입보수

〈사진 3.5〉 난간 및 연석 외관조사결과

다. 배수시설

배수시설은 18개소(하행선)가 설치되어 있으며, 상부 집수구는 이물질 침투 방지를 위해 그레이팅이 설치되어 있다. 하부 배수관은 육교형, 하천형으로 시공되어 있는 상태이다.



〈사진 3.6〉 배수시설 전경

외관조사결과 배수구 막힘, 배수관 탈락, 그레이팅 유실 등이 조사되었으며, 배수구 막힘은 전구간에 걸쳐 발생한 손상으로, 공용 중 반복적인 통행 차량에 의한 토사퇴적으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성에 문제가 될 수 있으므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이다. A1에 발생한 배수관 탈락은 강우시 교대 법면으로 우수가 유입되어 법면 토사유실 등의 손상의 발생 가능성이 존재하므로, 배수관 교체 등의 조치가 요구된다.

구분	배수구 막힘(개소)	그레이팅 유실(개소)	배수관 탈락(개소)
S1	2	-	1
S2	2	-	1
S3	2	-	-
S4	2	-	-
S5	2	-	-
S6	3	1	-
S7	1	-	-
S8	1	-	-
S9	-	-	-
합계	15	1	2

〈표 3.7〉 배수시설 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
배수구 막힘(개소)	15	15
그레이팅 유실(개소)	1	1
배수관 탈락(개소)	2	2

<표 3.8> 배수시설 전차 물량 비교



<그림 3.4> 배수시설 전차 물량 비교

현황	A1 배수관 탈락	현황	A1 배수관 탈락
대책	교체	대책	교체
현황	S1 배수구 막힘	현황	S2 배수관 탈락
대책	청소	대책	교체

<사진 3.7> 배수시설 외관조사결과

라. 신축이음장치

(1) 외관조사 결과

신축이음은 A1(NO.100), P3(NO.160), P6(NO.160), A2(NO.100) 4개소 Rail Joint 형식으로 설치되어 있다.



〈사진 3.8〉 신축이음 전경

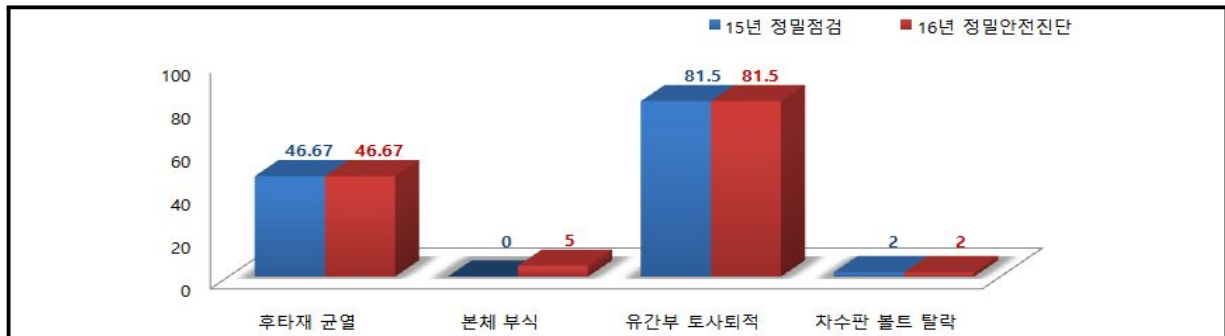
외관조사결과 후타재 균열, 본체 부식, 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 볼트 탈락 등이 발생한 상태로 조사되었다. 후타재 균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 토사퇴적 및 부식 구간은 장기공용에 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

구분	후타재 균열 (m/개소)	본체 부식 (m/개소)	유간부 토사퇴적 (m/개소)	차수판 볼트탈락 (개소)
A1	20.0/40	-	21.25/1	-
P3	12.95/37	-	21.25/1	1
P6	6.72/21	5.0/1	21.25/1	1
A2	7.0/14	-	17.75	-
합계	46.67/112	5.0/1	81.5/8	2

〈표 3.9〉 신축이음 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
후타재 균열(m)	46.67	46.67
본체 부식(m)	-	5.0
유간부 토사퇴적(m)	81.5	81.5
차수판 볼트 탈락(개소)	2	2

<표 3.10> 신축이음 전차 물량 비교



<그림 3.5> 신축이음 전차 물량 비교

			
현황	A1 본체 이물질퇴적	현황	P3 후타재 균열
대책	청소	대책	주의관찰
			
현황	P6 외측 누수흔적	현황	P6 본체 부식
대책	주의관찰	대책	주의관찰

<사진 3.9> 신축이음 외관조사결과

(2) 신축 유간 분석

상부구조는 고정단을 중심으로 온도변화에 따라 동절기와 하절기시 교축방향으로 수축과 신장을 하게 된다. 신축량이라 함은 보의 가동단에서 움직임을 나타내는 용어로서, 측정 당시를 기준으로 해서 보의 온도변화(+)에 의한 신축량($\Delta l + t$)과 온도변화(-)에 의한 수축량($\Delta l - t$)이다.

슬래브 및 거더 단부의 유간이 부족할 경우 단부 파손 및 기타 손상이 발생할 수 있으므로 슬래브 및 거더의 유간 거리를 측정하여 계산치와 비교검토 함으로서 각 유간의 적정성을 판단한다.

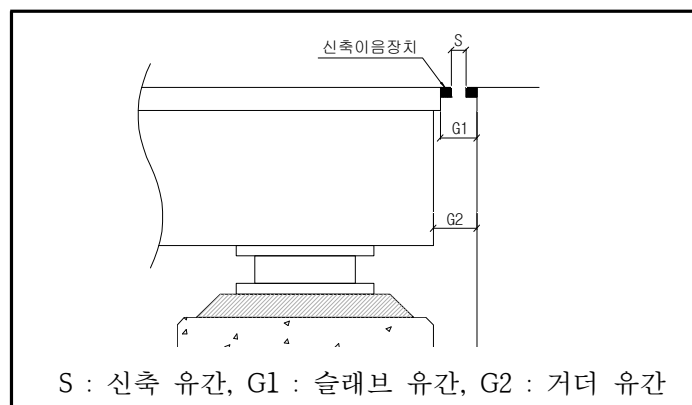
① 조사 방법

◎ 이론 신축량 계산 $\Delta l = \Delta T \times \alpha \times L$

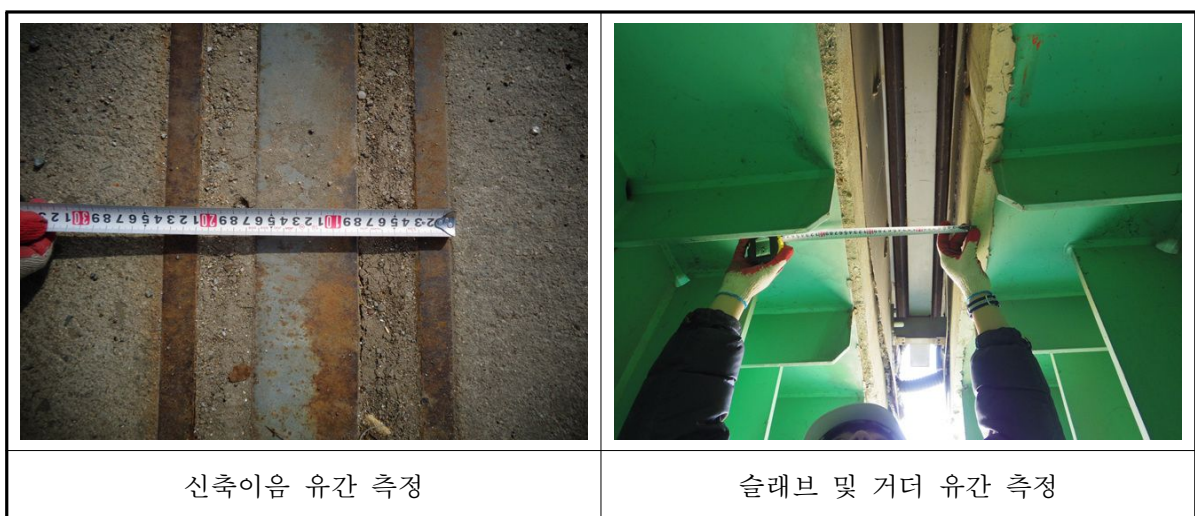
여기서, ΔT : 온도변화량

α : 선팽창계수

L : 신축거더 길이



<그림 3.6> 유간거리 측정방법



<사진 3.10> 신축 유간 조사현황

교량 종류	온도변화		선팅창계수
	보통지방	한랭한 지방	
콘크리트교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강 교	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
- 2016년 03월 17일 09~17시, 측정시 온도 : 13.0℃			

<표 3.11> 지역별 온도변화 범위

② 이론 신축량 산정

ㄱ. 신장량 ($\Delta l_t = \Delta T \times \alpha \times L$)

- 적용 온도 : +40℃ 적용 (강교)

- $\Delta T_s = 40^\circ\text{C} - 13^\circ\text{C} = 27.0^\circ\text{C}$

- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)

- 신축들보의 길이 (L)

- A1 : 2@45m = 90.0m (A1~P2)
- P3 : 3@45m = 135.0m (P2~P5)
- P6 : 60m+2@42m = 144.0m (P5~P8)
- A2 : 54m = 54.0m (P8~A2)

- 계산 신장량

- A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 27.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 29.2\text{mm}$
- P3 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 27.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 135,000 = 43.7\text{mm}$
- P6 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 27.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 144,000 = 46.7\text{mm}$
- A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 27.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 54,000 = 17.5\text{mm}$

ㄴ. 수축량 ($\Delta l_t = \Delta T \times \alpha \times L$)

- 적용 온도 : -13°C 적용 (강교)
- $\Delta T_s = 13^{\circ}\text{C} - (-10.0^{\circ}\text{C}) = 23^{\circ}\text{C}$
- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)
- 신축틀보의 길이(L) $\Rightarrow$ 위와 동일

- 계산 수축량

- A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 23.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 24.8\text{mm}$
- P3 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 23.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 135,000 = 37.3\text{mm}$
- P6 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 23.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 144,000 = 39.7\text{mm}$
- A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 23.0 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 54,000 = 14.9\text{mm}$

③ 유간 측정결과

위 치	측정 결과 (mm)			이론 계산량 (mm)		허용 이동량 (mm)	평가
	S	G1	G2	최대 신장시	최대 수축시		
A1	30.0	60.0	110.0	29.2	24.8	100	O.K
P3	85.0	230.0	260.0	43.7	37.3	160	O.K
P6	90.0	230.0	310.0	46.7	39.7	160	O.K
A2	28.0	30.0	50.0	17.5	14.9	100	O.K
- 2016년 03월 17일 09~17시, 측정시 온도 : 13.0°C							

〈표 3.12〉 유간 측정결과

※ 유간 S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더

◎ 측정 유간 > 최대 신장시 이론 계산량 $\Rightarrow$ 양호

◎ 측정 유간(신축이음=S) + 최대 수축시 이론 계산량 < 허용 이동량 $\Rightarrow$ 양호

유간(신축이음, 슬래브, 거더) 측정결과를 토대로 온도변화에 따른 유간 변화량 검토결과, 하절기 최대 신장시 유간 여유량이 충분한 상태였으며, 동절기 최대 수축시 역시 허용 이동량 범위 내로 유간에 따른 교량의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

마. 바닥판

바닥판 하면은 9경간으로써 하부에 도로 및 철도가 지나가는 S4~S9는 Deck Plate가 설치되어 있으며, 그 외 바닥판은 콘크리트로 시공되어 있었다.



〈사진 3.11〉 바닥판하면 전경

외관조사결과, 0.3mm미만 균열, 표면열화, 백태, 데크플레이트 부식 등이 발생된 상태로 조사되었다.

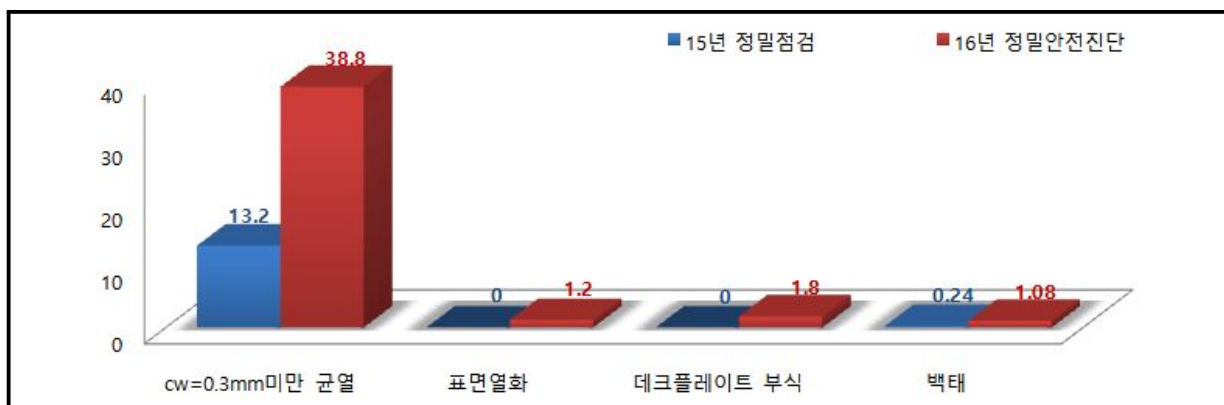
0.3mm미만 균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 판단되며, 기 손상부는 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 표면열화 구간은 시공불량 및 장기 공용에 의한 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 콘크리트 백태 구간은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 조치가 요구된다. 데크플레이트 부식 구간은 현재 경미한 상태로 주의관찰을 요한다.

구분	cw=0.3mm미만 균열 (m/개소)	표면열화 (㎡/개소)	테크플레이트 부식 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)
S1	13.6/22	-	-	-
S2	11.5/20	-	-	-
S3	8.9/11	-	-	0.12/2
S4	-	-	-	-
S5	3.6/6	-	-	-
S6	-	1.2/1	-	-
S7	-	-	0.6/3	-
S8	-	-	1.2/5	0.96/8
S9	1.2/4	-	-	-
합계	37.6/63	1.2/1	1.8/8	1.08/10

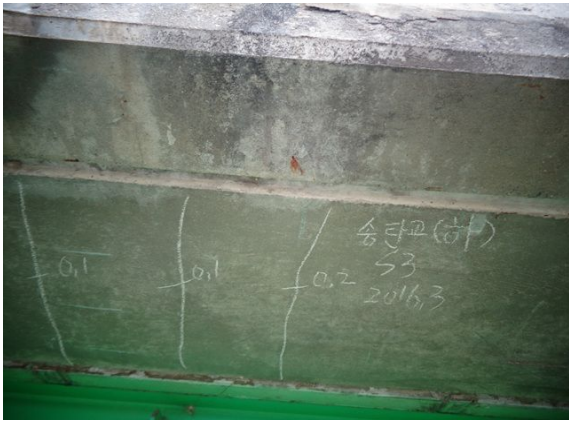
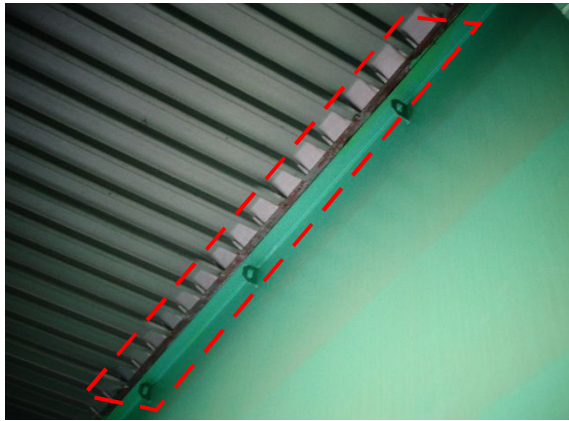
〈표 3.13〉 바닥판하면 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
cw=0.3mm미만 균열(m)	13.2	38.8
표면열화(㎡)	-	1.2
테크플레이트 부식(㎡)	-	1.8
백태(㎡)	0.24	1.08

〈표 3.14〉 바닥판하면 전차 물량 비교



〈그림 3.7〉 바닥판하면 전차 물량 비교

			
현황	S1 0.3mm 미만 균열	현황	S3 0.3mm 미만 균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	S3 켄틸레버 균열	현황	S8 데크플레이트 부식
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(재도장)
			
현황	S8 백태	현황	S8 켄틸레버 균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)

〈사진 3.12〉 바닥판 외관조사결과

바. 거더 및 가로보, 세로보

거더는 3련(S7~9), 4련(S1~6)의 Steel Box형식으로 시공되어 있으며, 거더 사이에 가로보 및 세로보가 설치되어 있다.



〈사진 3.13〉 거더 및 가로보 전경

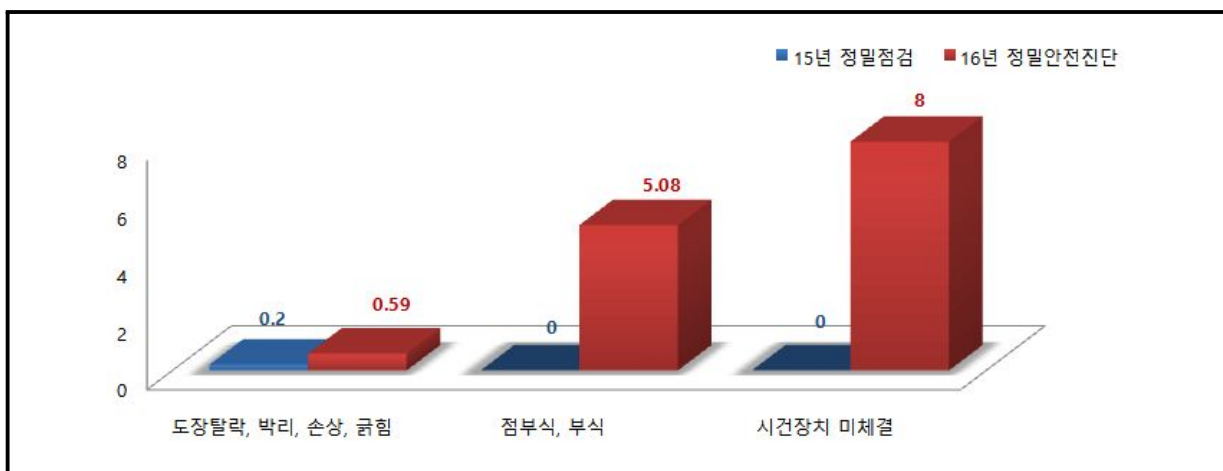
외관조사 결과 가로보 및 세로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 도장 긁힘, 점부식 등이 조사되었고, 거더내부 이물질퇴적, 노숙흔적, 화재흔적, 도장불량, 우수유입흔적, 도장들뜸 및 부식 등이 조사되었다. 기 발생된 도장손상(도장긁힘, 도장부식, 도장들뜸, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장이 필요하며, 거더내부에 발생한 스플라이스부를 통한 우수유입은 청소 등의 정비가 필요하다. 이물질퇴적 및 화재흔적은 외부인 출입에 의한 손상으로 시건장치 체결을 통한 유지관리가 요망된다.

구분		굽힘 (㎡/개소)	도장탈락 (㎡/개소)	시건장치 미체결(개소)
거더 외부	S1	-	-	4
	S2	0.2/1	-	-
	S3	-	1.25/1	-
	S4	0.39/3	3.75/3	-
	S5	-	-	-
	S6	-	-	-
	S7	-	0.05/1	-
	S8	-	0.03/1	-
	S9	-	-	4
합 계		0.59/4	5.08/5	8

〈표 3.15〉 거더외부 물량표

손상명		‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
거더 외부	도장탈락, 박리 손상, 굽힘(㎡)	0.2	0.59
	점부식, 부식(㎡)	-	5.08
	시건장치 미체결(개소)	-	8

〈표 3.16〉 거더외부 전차 물량 비교



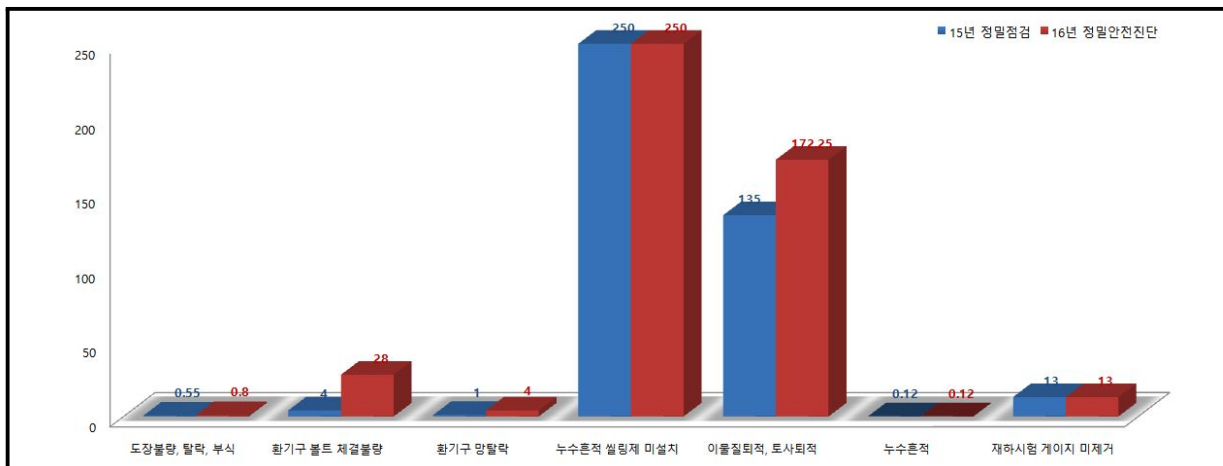
〈그림 3.8〉 거더외부 전차 물량 비교

구분		도장손상 (㎡/개소)	환기구 볼트 체결 불량 (개소)	환기구 망 탈락 (개소)	누수흔적 씰링제미설치 (개소)	이물질퇴적 토사퇴적 (㎡/개소)	재하시험 게이지미제거 (개소)
거더 내부	S1	-	4	2	24	165.0/2	-
	S2	0.03/1	16		32	-	-
	S3	0.04/1	4	2	24	3.0/1	-
	S4	-	-	-	24	1.06/2	-
	S5	0.25/1	4	-	32	-	-
	S6	0.48/4	-	-	48	1.31/3	-
	S7	-	-	-	18	1.0/1	-
	S8	-	-	-	24	1.0/1	5
	S9	-	-	-	24	-	8
합 계		0.8/5	28	4	250	172.37/10	13

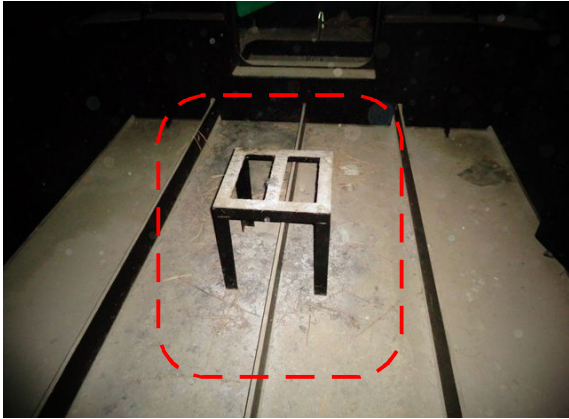
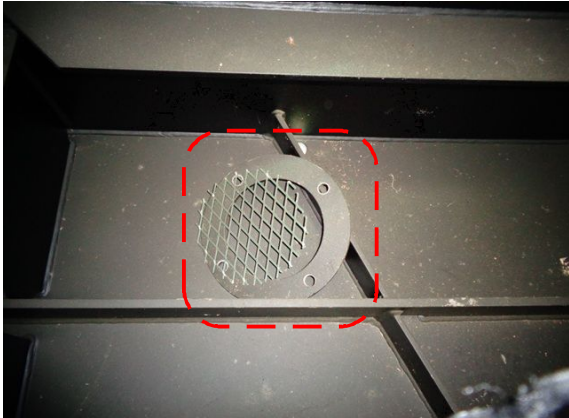
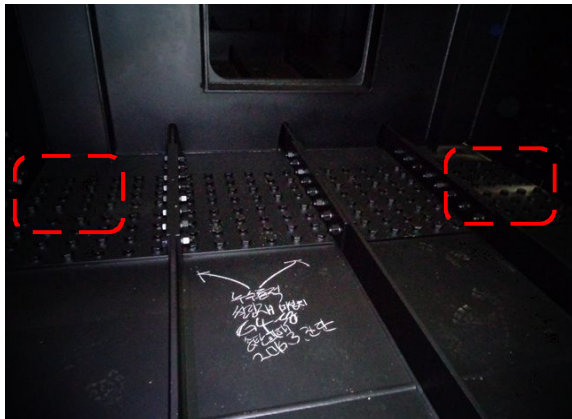
〈표 3.17〉 거더내부 불량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
거더 내부		
도장손상, 부식(㎡)	0.55	0.8
환기구 볼트 체결 불량(개소)	4	28
환기구 망 탈락(개소)	1	4
누수흔적 씰링제 미설치(개소)	250	250
이물질퇴적, 토사퇴적(㎡)	135.0	172.25
누수흔적(㎡)	0.12	0.12
재하시험 게이지 미제거(개소)	13	13

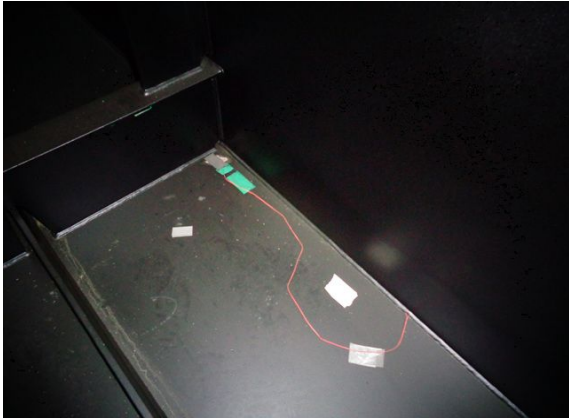
〈표 3.18〉 거더내부 전차 불량 비교



〈그림 3.9〉 거더내부 전차 불량 비교

			
현황	G1-S1 화재흔적	현황	G1-S1 노수흔적
대책	청소 및 시건장치 설치	대책	청소 및 시건장치 설치
			
현황	G3-S1 환풍망 탈락	현황	G4-S2 하면 부식
대책	교체	대책	재도장
			
현황	G3-S5 하면 도장박리 및 부식	현황	G4-S8 스플라이스부 누수흔적
대책	재도장	대책	청소

<사진 3.14> 거더 및 가로보 외관조사결과

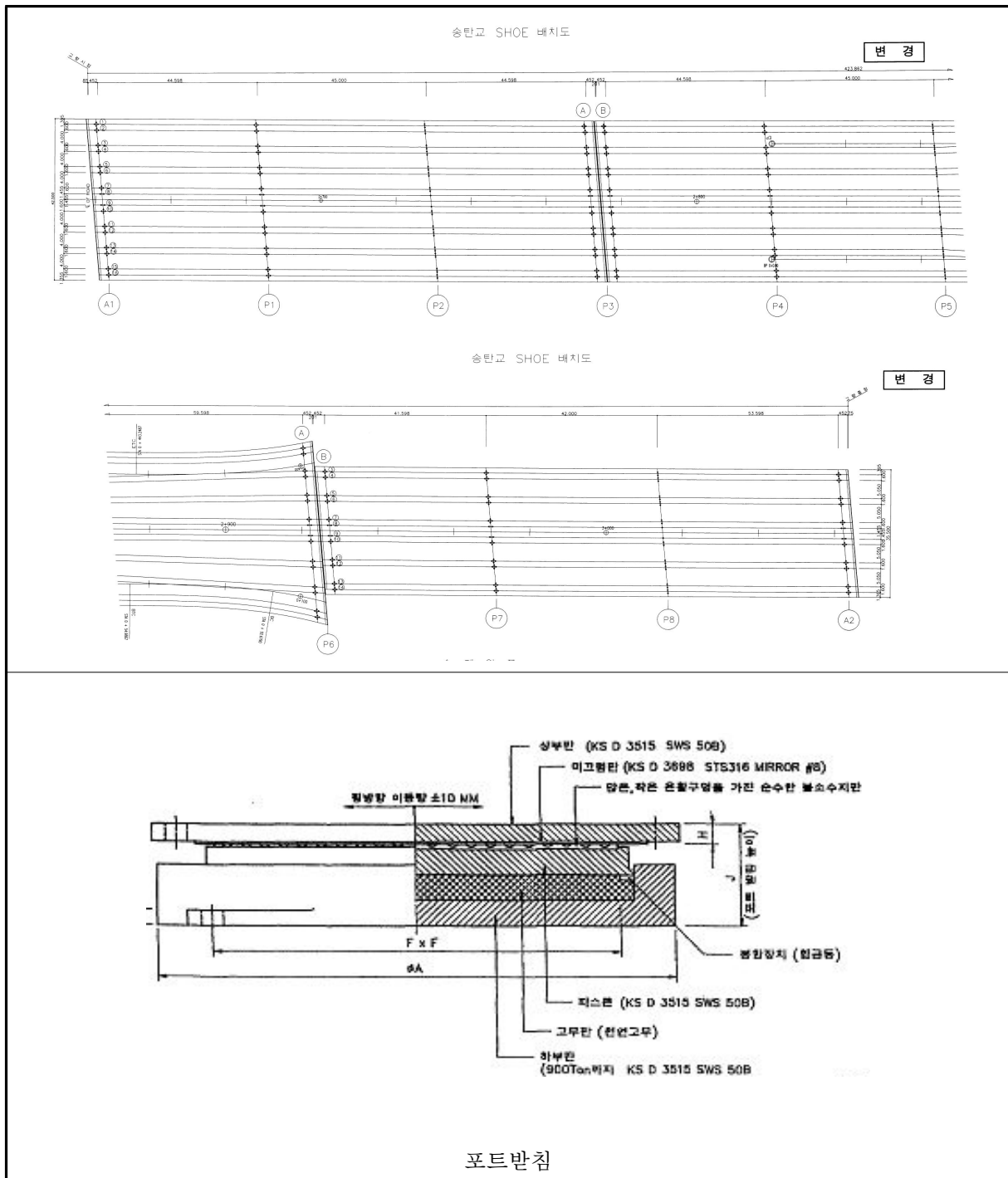
			
현황	G2-S8 재하시험 게이지 미제거	현황	A1, A2 출입문 시건장치 미설치
대책	정비	대책	시건장치 설치
			
현황	G2-S4 하면 도장 긁힘	현황	G2-S5 하면 점부식
대책	주의관찰 후 조치(재도장)	대책	주의관찰 후 조치(재도장)
			
현황	G1-S7 하면 부식	현황	G1-S8 하면 부식
대책	주의관찰 후 조치(재도장)	대책	주의관찰 후 조치(재도장)

〈사진 3.14〉 거더 및 가로보 외관조사결과 - 계속

사. 받침장치

(1) 외관조사 결과

받침장치는 포트받침으로 총 88개소 시공되어 있으며, 고정 지점부는 P2, P5, P8로 세부배치현황은 다음과 같다.



〈그림 3.10〉 교량받침 상세도

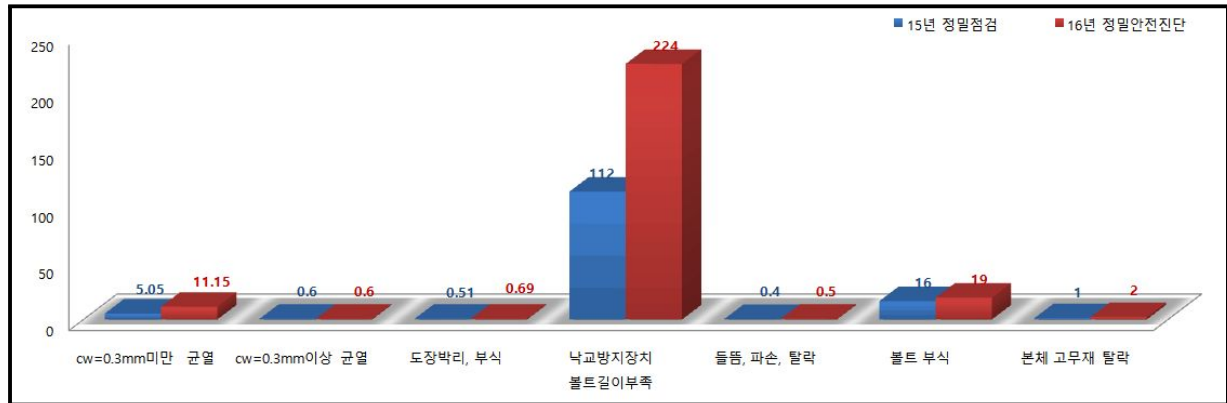
외관조사결과 본체 파손, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나, A1에서 신장량 다소 부족이 발생하였고, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 콘크리트 파손 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 재도장 등의 조치가 요망되며, 특히, P6-SH1 무수축물탈 탈락 구간은 원심 작용시 파손 형태와 다른 형상으로, 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 단면보수 등의 조치가 요구된다. A1의 이동량 부족은 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 진전여부 확인 후 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

구분	cw=0.3mm 미만 균열 (m/개소)	cw=0.3mm 이상 균열 (m/개소)	도장박리 탈락,부식 (㎡/개소)	낙교 방지장치 볼트길이 부족 (개소)	들뜸,파손 탈락 (㎡/개소)	볼트 부식 (개소)	고무씰재 탈락 (개소)	이동량 부족 (개소)
A1	-	-	0.08/8	-	-	-	-	8
A2	-	0.6/1	0.01/1	-	-	-	-	-
P1	2.7/10	-	0.01/1	-	-	-	-	-
P2	0.9/3	-	0.1/4	112	0.02/2	8	-	-
P3	1.25/5	-	0.05/5	-	-	11	-	-
P4	2.3/4	-	0.06/3	28	-	-	-	-
P5	2.4/10	-	0.07/3	-	0.09/1	-	-	-
P6	-	-	0.10/7	-	0.12/1	-	2	-
P7	1.4/5	-	0.17/5	-	0.27/2	-	-	-
P8	0.2/2	-	0.04/4	84	-	-	-	-
합계	11.15/39	0.6/1	0.69/41	224	0.5/6	19	2	8

〈표 3.19〉 받침장치 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
cw=0.3mm미만 받침균열(m)	5.05	11.15
cw=0.3mm이상 받침균열(m)	0.6	0.6
도장박리, 탈락, 부식(㎡)	0.55	0.69
낙교방지장치 볼트길이부족(개소)	112	224
들뜸, 파손, 탈락(㎡)	0.4	0.5
볼트 부식(개소)	16	19
본체 고무재 탈락(개소)	1	2

〈표 3.20〉 받침장치 전차 물량 비교



〈그림 3.11〉 받침장치 전차 물량 비교

			
현황	A1-SH1~8 이동량 부족	현황	A1-SH1~8 이동량 부족
대책	지속적 관찰	대책	지속적 관찰
			
현황	A2-SH1 받침콘크리트 균열	현황	P2-SH2 볼트부식
대책	표면처리	대책	지속적 관찰 후 조치(재도장)

〈사진 3.15〉 받침장치 외관조사결과

			
현황	P2-SH4 도장탈락	현황	P5-SH2 무수축물탈 들뜸 상부플레이트 부식
대책	지속적 관찰 후 조치(재도장)	대책	지속적 관찰 후 조치(단면보수,재도장)
			
현황	P8-SH1 받침콘크리트 균열	현황	P6-SH1 본체 고무실재 탈락
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	주의관찰
			
현황	P6-SH1 무수축물탈 탈락	현황	P7-SH6 받침 콘크리트 파손
대책	단면보수	대책	단면보수

〈사진 3.15〉 받침장치 외관조사결과 - 계속

(2) 받침장치 가동 여유량 검토

설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프, 건조수축, 부가여유량 및 설치여유량 등을 고려하여 산정하나, 금회 조사에서는 교량의 공용년수가 11년 경과되었으므로 크리프 및 건조수축 의한 변화는 거의 종결된 것으로 간주하여 온도변화에 의한 이동량을 검토하였다.

받침장치 가동여유량에 대한 검토는 『도로교설계기준, 2010』에 따라 측정일 온도에서 설계검토 최저, 최고온도까지 수축 및 신장거동에 대한 받침장치의 부가여유량을 검토하였다.

교량의 종류	온도변화		선팅창계수
	보통지방	한랭 지방	
PSC교, RC교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
강교 (하로교 및 강바닥판교)	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

<표 3.21> 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팅창 계수

- 조사시 온도 : 2016년 03월 17일 가동량 측정시 외기온도 ⇒ 13.0℃
- 검토 온도 : -10℃ ~ +40℃ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta l_t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팅창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 13.0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 26.0^\circ\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
 $40.0^\circ\text{C} - 13.0^\circ\text{C} = 27.0^\circ\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)
- 적용 경간 길이 (l) = 90.0m(A1,P3), 45.0m(P1, P3, P4), 60.0m(P6), 84.0m(P6)
42.0m(P7), 54.0m(A2)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
A1	SH1	± 50	+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH2		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH3		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH4		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH5		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH6		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH7		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
	SH8		+45	5	95	29.2	28.1	N.G
P1	SH1	± 50	-10	60	40	14.6	14.0	O.K
	SH2		-5	55	45	14.6	14.0	O.K
	SH3		-8	58	42	14.6	14.0	O.K
	SH4		-10	60	40	14.6	14.0	O.K
	SH5		-5	55	45	14.6	14.0	O.K
	SH6		-8	58	42	14.6	14.0	O.K
	SH7		-8	58	42	14.6	14.0	O.K
	SH8		-10	60	40	14.6	14.0	O.K
P2	SH1	± 50	-	-	-	-	-	-
	SH2		-	-	-	-	-	-
	SH3		-	-	-	-	-	-
	SH4		-	-	-	-	-	-

※ 실측 이동량은 고정단(P2)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P2	SH5	±50	-	-	-	-	-	-
	SH6		-	-	-	-	-	-
	SH7		-	-	-	-	-	-
	SH8		-	-	-	-	-	-
P3	SH1	±50	0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH2		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH3		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH4		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH5		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH6		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH7		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH8		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH9		+5	45	55	29.2	28.1	O.K
	SH10		+5	45	55	29.2	28.1	O.K
	SH11		+5	45	55	29.2	28.1	O.K
	SH12		+2	48	52	29.2	28.1	O.K
	SH13		0	50	50	29.2	28.1	O.K
	SH14		0	50	50	29.2	28.1	O.K
	SH15		+4	46	54	29.2	28.1	O.K
	SH16		+2	48	52	29.2	28.1	O.K

※ 실측 이동량은 고정단(P5)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P4	SH1	± 50	+5	45	55	14.6	14.0	O.K
	SH2		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH3		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH4		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH5		+5	45	55	14.6	14.0	O.K
	SH6		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH7		0	50	50	14.6	14.0	O.K
	SH8		0	50	50	14.6	14.0	O.K
P5	SH1	± 50	-	-	-	-	-	-
	SH2		-	-	-	-	-	-
	SH3		-	-	-	-	-	-
	SH4		-	-	-	-	-	-
	SH5		-	-	-	-	-	-
	SH6		-	-	-	-	-	-
	SH7		-	-	-	-	-	-
	SH8		-	-	-	-	-	-
P6	SH1	± 50	0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH2		0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH3		0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH4		0	50	50	19.4	18.7	O.K

※ 실측 이동량은 고정단(P5)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P6	SH5	± 50	0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH6		0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH7		0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH8		0	50	50	19.4	18.7	O.K
	SH9		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
	SH10		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
	SH11		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
	SH12		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
	SH13		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
	SH14		-5	55	45	27.2	26.2	O.K
P7	SH1	± 50	-13	63	37	13.6	13.1	O.K
	SH2		-12	62	38	13.6	13.1	O.K
	SH3		-13	63	37	13.6	13.1	O.K
	SH4		-11	61	39	13.6	13.1	O.K
	SH5		-10	60	40	13.6	13.1	O.K
	SH6		-10	60	40	13.6	13.1	O.K
P8	SH1	± 50	-	-	-	-	-	-
	SH2		-	-	-	-	-	-
	SH3		-	-	-	-	-	-
	SH4		-	-	-	-	-	-
	SH5		-	-	-	-	-	-
	SH6		-	-	-	-	-	-

※ 실측 이동량은 고정단(P5)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
A2	SH1	± 50	+15	35	65	14.6	14.0	O.K
	SH2		+15	35	65	14.6	14.0	O.K
	SH3		+15	35	65	14.6	14.0	O.K
	SH4		+15	35	65	14.6	14.0	O.K
	SH5		+15	35	65	14.6	14.0	O.K
	SH6		+15	35	65	14.6	14.0	O.K

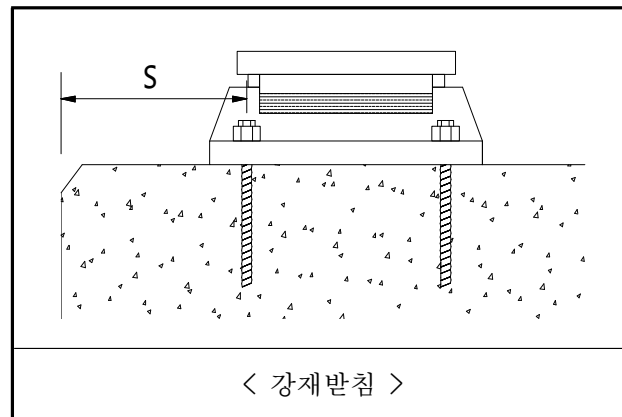
※ 실측 이동량은 고정단(P2, P5, P7)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

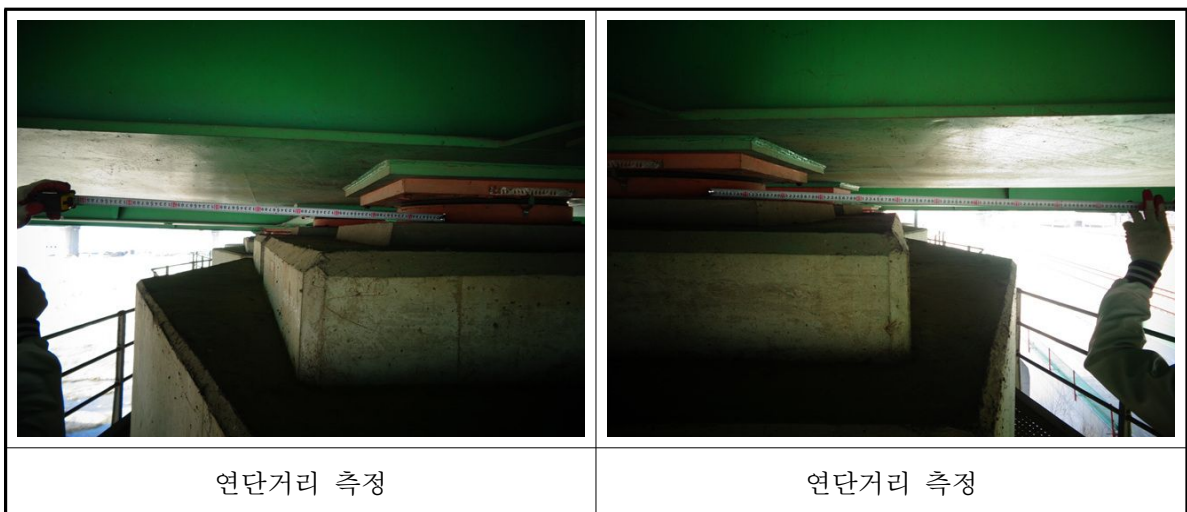
받침장치의 이동량 검토결과, A1을 제외한 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다. A1의 SH1~SH8은 신장시 여유량이 부족하나, 여유량 부족으로 인한 손상(무수축물탈 파손) 등의 손상은 현재 없는 것으로 판단된다. A1의 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 확인 후, 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리 셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

(2) 연단거리 분석

① 측정 방법



<그림 3.12> 연단거리 측정방법



<사진 3.16> 연단 측정

② 각 경간별 최소 연단거리 산정

- 거더의 경간 길이 100m 이하 : $S = 20 + 0.5 L$
- 거더의 경간 길이 100m 이상 : $S = 30 + 0.4 L$

경간 길이에 따른 최소 연단거리 산정

- S1~S5 : $20 + (0.5 \times 45.0) = 42.5\text{cm}$
- S6 : $20 + (0.5 \times 62.0) = 51.0\text{cm}$
- S7~S8 : $20 + (0.5 \times 42.0) = 41.0\text{cm}$
- S9 : $20 + (0.5 \times 54.0) = 47.0\text{cm}$

③ 연단거리 측정 및 검토결과

구 분			측정결과(mm)								연단 기준 (mm)	평가
			SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8		
A1	포트	종점	470	470	470	470	480	480	480	480	425	O.K
P1	포트	시점	600	600	600	600	630	630	630	630	425	O.K
		종점	600	600	600	600	630	630	630	630	425	O.K
P2	포트	시점	630	630	630	630	650	650	650	650	425	O.K
		종점	630	630	630	630	650	650	650	650	425	O.K
P3	포트	시점	640	640	640	640	620	620	620	620	425	O.K
		종점	640	640	640	640	620	620	620	620	425	O.K
P4	포트	시점	800	800	800	800	840	840	850	850	425	O.K
		종점	800	800	800	800	840	840	850	850	425	O.K
P5	포트	시점	600	600	600	600	610	610	610	610	425	O.K
		종점	600	600	600	600	610	610	610	610	425	O.K
P6	포트	시점	630	630	630	630	630	630	650	650	510	O.K
		종점	630	630	630	630	630	630	-	-	510	O.K
P7	포트	시점	590	590	590	590	620	620	-	-	410	O.K
		종점	590	590	590	590	620	620	-	-	410	O.K
P8	포트	시점	600	600	600	600	620	620	-	-	410	O.K
		종점	600	600	600	600	620	620	-	-	410	O.K
A2	포트	시점	600	600	620	620	620	620	-	-	470	O.K

〈표 3.23〉 연단거리 검토결과

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

아. 교대 및 교각

하부구조 형식으로 교대는 역T형 구조로 2기가 시공되어 있으며, 교대 전면은 범면보호를 위한 보호블럭이 시공되어 있다.

교각 P1~P5, P7, P8은 다주식(구주식)형식이며, P6은 라멘 형식으로 시공되었으며, 모든 교각에 점검로가 설치되어 있다.



〈사진 3.17〉 교대 및 교각 전경

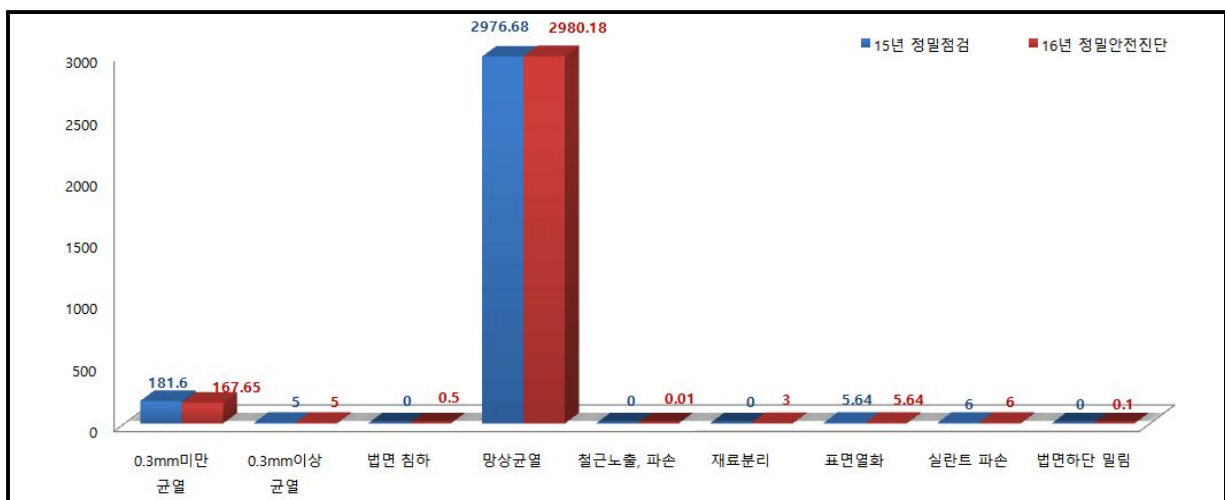
교대 및 교각은 0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 철근노출, 재료분리, 범면침하, 범면 하단부 밀림 등이 발생한 상태로 확인되었다. 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 주의관찰이 요망되나, 폭 0.3mm이상의 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 철근노출, 재료분리 등의 손상은 주기적인 관찰이 필요하며, 손상부 규모가 미미하므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 손상의 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 범면유실 및 범면 하단부 밀림 구간은 우수유입 및 시공시 정밀시공이 시행되지 않은 것으로 판단되며, 주기적인 관찰로 진행여부 확인 후 되메우기 등의 조치가 필요하다.

구분	0.3mm 미만 균열 (m/개소)	0.3mm 이상 균열 (m/개소)	망상 균열 (㎡/개소)	철근노출 박락, 파손 (㎡/개소)	범면 침하 (㎡/개소)	재료 분리 (㎡/개소)	실란트 파손 (m/개소)	표면 열화 (㎡/개소)	범면하단 밀림 (m/개소)
A1	5.7/3	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	0.5/1	-	6.0/1	-	0.1/1
P1	4.6/2	-	443.81/17	-	-	-	-	-	-
P2	5.3/8	-	402.5/6	-	-	-	-	-	-
P3	49.3/22	-	405.28/7	-	-	-	-	-	-
P4	25.3/16	5.0/1	400.0/4	-	-	-	-	-	-
P5	29.3/16	-	406.09/7	-	-	3.0/1	-	-	-
P6	1.0/1	-	320.0/8	0.01	-	-	-	5.64/3	-
P7	19.7/21	-	301.0/4	-	-	-	-	-	-
P8	26.65/23	-	301.5/4	-	-	-	-	-	-
합계	166.85/113	5.0/1	2,980.18/57	0.01/1	0.5/1	3.0/1	6.0/1	5.64/3	0.1/1

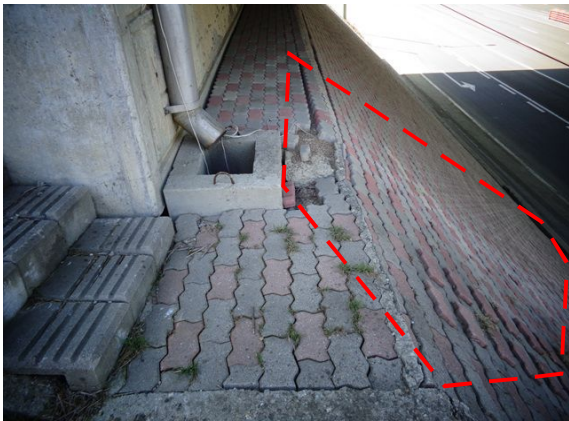
〈표 3.24〉 교대 및 교각 물량표

손상명	‘15년 정밀점검	‘16년 정밀안전진단
0.3mm 미만 균열(m)	181.6	167.65
0.3mm 이상 균열(m)	5.0	5.0
범면 침하(㎡)	-	0.5
망상균열(㎡)	2976.68	2980.18
철근노출 박락, 파손(㎡)	-	0.01
재료분리(㎡)	-	3.0
표면열화(㎡)	5.64	5.64
실란트 파손(m)	6.0	6.0
범면 하단 밀림(m)	-	0.1

〈표 3.25〉 교대 및 교각 전차 물량 비교



〈그림 3.13〉 교대 및 교각 전차 물량 비교

			
현황	A2 법면 유실 및 하단부 밀림	현황	A2 법면 유실 및 하단부 밀림
대책	지속적 관찰 후 조치(되메우기)	대책	지속적 관찰
			
현황	P2 코핑부 파손	현황	P5 코핑부 망상균열
대책	지속적 관찰 후 조치(단면보수)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	P6 기둥부 망상균열	현황	P6 코핑부 열화
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(단면보수)

<사진 3.18> 교대 및 교각 외관조사결과

자. 부대시설

송탄교(하행선)의 부대시설 현황으로는 가로등 및 휨스 2개소가 설치되어 있다.



〈사진 3.19〉 부대시설 전경

부대시설 외관조사 결과, 휨스는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, S1 가로등 기울음이 발생하였다. 가로등 기울음 손상은 시공불량에 의한 손상으로 전진시 교면포장으로 전도되어 주행차량에 사고 발생 가능성이 존재하므로, 재설치 등의 정비가 필요하다.

구분	가로등 기울음 (개소)
S1	1
합계	1

〈표 3.26〉 부대시설 물량표



〈사진 3.20〉 부대시설 외관조사결과

자. 전차 점검결과와 비교

육안조사결과, 본 과업대상 교량에 대한 전차 정밀점검(2015) 결과와 금회 정밀안전진단 (2016) 결과를 비교 검토한 내용은 다음과 같다.

구 분		단위	‘15년 점검 수량/개소	‘16년 진단 수량/개소	증감	비고
교면포장	아스콘균열	m	129.2	129.2	- -	증감없음
	아스콘 패임	m ²	-	0.09	▲ 0.09	신규손상
	포장부 소성변형	m ²	8.0	34.0	▲ 26.0	물량조정
	포트홀, 파손	m ²	0.09	0.3	▲ 0.21	물량조정
	아스콘 망상균열	m ²	2,734.0	2,824.0	▲ 90.0	물량조정
	토사퇴적	m ²	47.2	47.2	- -	증감없음
난간/ 연석	0.3mm미만 균열	m	48.0	48.0	- -	증감없음
	0.3mm이상 균열	m	6.0	6.0	- -	증감없음
	텔리네이터 파손	개소	-	10	▲ 10	신규손상
	박리, 박락, 파손, 열화	m ²	181.85	181.85	- -	증감없음
	망상균열	m ²	0.72	0.72	- -	증감없음
	균열 백태	m	95.7	105.3	▲ 9.6	물량조정
	교명판 유실	개소	2	2	- -	증감없음
바닥판 하 면	cw=0.3mm미만 균열	m	13.2	38.8	▲ 25.6	물량조정
	표면열화	m ²	-	1.2	▲ 1.2	신규손상
	데크플레이트 부식	m ²	-	1.8	▲ 1.8	신규손상
	백태	m ²	0.24	1.08	▲ 0.84	물량조정
거 더 외 부	도장탈락, 박리 손상, 긁힘	m ²	0.2	0.59	▲ 0.39	물량조정
	점부식, 부식	m ²	-	5.08	▲ 5.08	신규손상
	시건장치 미체결	개소	-	8	▲ 8	신규손상
거 더 내 부	도장손상 및 부식	m ²	0.55	0.8	▲ 0.25	물량조정
	환기구 볼트 체결 불량	개소	4	4	- -	증감없음
	환기구 망 탈락	개소	1	4	▲ 3	물량조정
	누수흔적 씰링제 미설치	개소	250	250	- -	증감없음
	이물질퇴적, 토사퇴적	m ²	135.0	172.25	▲ 37.25	물량조정
	누수흔적	m ²	0.12	0.12	- -	증감없음
	재하시험 게이지 미제거	개소	13	13	- -	증감없음

<표 3.27> 전차 점검결과와 비교

구 분		단위	‘15년 점검	‘16년 진단	증감		비고
			수량/개소	수량/개소			
교대, 교각	0.3mm 미만 균열	m	181.6	167.65	▼	-13.95	물량조정
	0.3mm 미만 균열	m	5.0	5.0	-	-	증감없음
	범면 침하	m ²	-	0.5	▲	0.5	신규손상
	망상균열	m ²	2976.68	2980.18	▲	3.5	물량조정
	철근노출 박락, 파손	m ²	-	0.01	▲	0.01	신규손상
	재료분리	m ²	-	3.0	▲	3.0	신규손상
	표면열화	m ²	5.64	5.64	-	-	증감없음
	실란트 파손	m	6.0	6.0	-	-	증감없음
	하단 방호벽 밀립	m	-	0.1	▲	0.1	신규손상
받침장치	cw=0.3mm미만 받침균열	m	5.05	11.15	▲	6.1	물량조정
	cw=0.3mm이상 받침균열	m	0.6	0.6	-	-	증감없음
	도장박리, 탈락, 부식	m ²	0.55	0.69	▲	0.14	물량조정
	낙교방지장치 볼트길이부족	개소	112	224	▲	112	물량조정
	들뜸, 파손, 탈락	m ²	0.4	0.5	▲	0.1	물량조정
	볼트 부식	개소	16	19	▲	3	물량조정
	본체 고무재 탈락	개소	1	2	▲	1	물량조정
신 축 이 음	후타재 균열	m	46.67	46.67	-	-	증감없음
	차수판 볼트 탈락	개소	2	2	-	-	증감없음
	본체 부식	m ²	-	5.0	▲	5.0	신규손상
	유간부 토사퇴적	m	81.5	81.5	-	-	증감없음
배수시설	배수구 막힘	개소	15	15	-	-	증감없음
	그레이팅 유실	개소	1	1	-	-	증감없음
	배수관 탈락	개소	1	2	▲	1	물량조정
부대시설	가로등 기울음	개소	-	1	▲	1	신규손상

〈표 3.27〉 전차 점검결과와 비교(계속)

3.1.5 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

외관조사결과 아스콘 균열, 소성변형, 포트홀, 파손, 패임, 토사퇴적 등이 발생된 것으로 조사되었다. 2015년 정밀점검 이후 포트홀 구간이 국부적인 보수가 실시된 것으로 추정되며, 정밀 시공이 이루어지지 않아 보수상태는 미흡한 것으로 판단된다. 바닥판하면에 포장부 누수로 인한 손상(균열부 백태)은 진전이 없는 것으로 판단되며, 교면포장에 발생한 기손상부는 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭, 실링 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석

외관조사결과 방호벽 균열 및 망상균열, 균열/백태, 박리 및 파손, 교명판 유실 등의 손상이 조사되었고, 발생된 균열/백태 구간은 전차와 비교하여 신규손상이 일부 추가 발생하였다. 균열은 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열이며 0.3mm이상 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하며, 0.3mm미만 균열 구간 및 균열/백태는 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상의 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 텔리네이트, 교명판 유실은 외부 충격 등에 의한 것으로 사용성 확보를 위하여 교체 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 박리 및 파손은 외부 충격으로 인하여 발생한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 배수시설

외관조사결과 배수구 막힘, 배수관 탈락, 그레이팅 유실 등이 조사되었으며, 배수구 막힘은 전구간에 걸쳐 발생한 손상으로, 공용 중 반복적인 통행 차량에 의한 토사퇴적으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성에 문제가 될 수 있으므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이다. A1에 발생한 배수관 탈락은 강우시 교대 범면으로 우수가 유입되어 범면 토사유실 등의 손상의 발생 가능성이 존재하므로, 배수관 교체 등의 조치가 요구된다.

라. 신축이음장치

외관조사결과 후타재 균열, 본체 부식, 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 볼트 탈락 등이 발생한 상태로 조사되었다. 후타재 균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 토사퇴적 및 부식 구간은 장기공용에 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

마. 바닥판

외관조사결과, 0.3mm미만 균열, 표면열화, 백태, 데크플레이트 부식 등이 발생한 상태로 조사되었다.

0.3mm미만 균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 판단되며, 기손상부는 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 표면열화 구간은 시공불량 및 장기 공용에 의한 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 콘크리트 백태 구간은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 조치가 요구된다. 데크플레이트 부식 구간은 현재 경미한 상태로 주의관찰을 요한다.

바. 거더 및 가로보, 세로보

외관조사결과, 가로보 및 세로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 도장 긁힘, 점부식 등이 조사되었고, 거더내부 이물질퇴적, 노숙흔적, 화재흔적, 도장불량, 우수유입흔적, 도장들뜸 및 부식 등이 조사되었다. 기 발생한 도장손상(도장긁힘, 도장부식, 도장들뜸, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장이 필요하며, 거더내부에 발생한 스플라이스부를 통한 우수유입은 청소 등의 정비가 필요하다. 이물질퇴적 및 화재흔적은 외부인 출입에 의한 손상으로 시건장치 체결을 통한 유지관리가 요망된다.

사. 받침장치

외관조사결과 본체 파손, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나, A1에서 신장량 다소 부족이 발생하였고, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 콘크리트 파손 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 제도장 등의 조치가 요망되며, 특히, P6-SH1 무수축물탈 탈락 구간은 원심 작용시 파손 형태와 다른 형상으로, 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 단면보수 등의 조치가 요구된다. A1의 이동량 부족은 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 진전여부 확인 후 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

받침장치의 이동량 검토결과, A1을 제외한 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다. A1의 SH1~SH8은 신장시 여유량이 부족하나, 여유량 부족으로 인한 손상(무수축물탈 파손) 등의 손상은 현재 없는 것으로 판단된다. A1의 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 확인 후, 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

아. 교대 및 교각

교대 및 교각은 0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 철근노출, 재료분리, 법면침하, 법면 하단부 밀림 등이 발생한 상태로 확인되었다. 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 주의관찰이 요망되나, 폭 0.3mm이상의 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 철근노출, 재료분리 등의 손상은 주기적인 관찰이 필요하며, 손상부 규모가 미미하므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 손상의 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 법면유실 및 법면 하단부 밀림 구간은 우수유입 및 시공시 정밀시공이 시행되지 않은 것으로 판단되며, 주기적인 관찰로 진행여부 확인 후 되메우기 등의 조치가 필요하다.

자. 부대시설

부대시설 외관조사 결과, 휨스는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, S1 가로등 기울음이 발생하였다. 가로등 기울음 손상은 시공불량에 의한 손상으로 전진시 교면포장으로 전도되어 주행차량에 사고 발생 가능성이 존재하므로, 재설치 등의 정비가 필요하다.

3.2 내구성 시험

3.2.1 개 요

본 과업 구조물의 상태평가를 적절히 수행하기 위해서는 정밀점검의 목적에 부합하는 내구성 조사 및 시험을 실시하여야 하며, 이를 통해 3.1에서 기술한 외관조사 내용과 함께 재료시험은 구조물에 열화 손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하기 위함이며, 아직 열화 손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

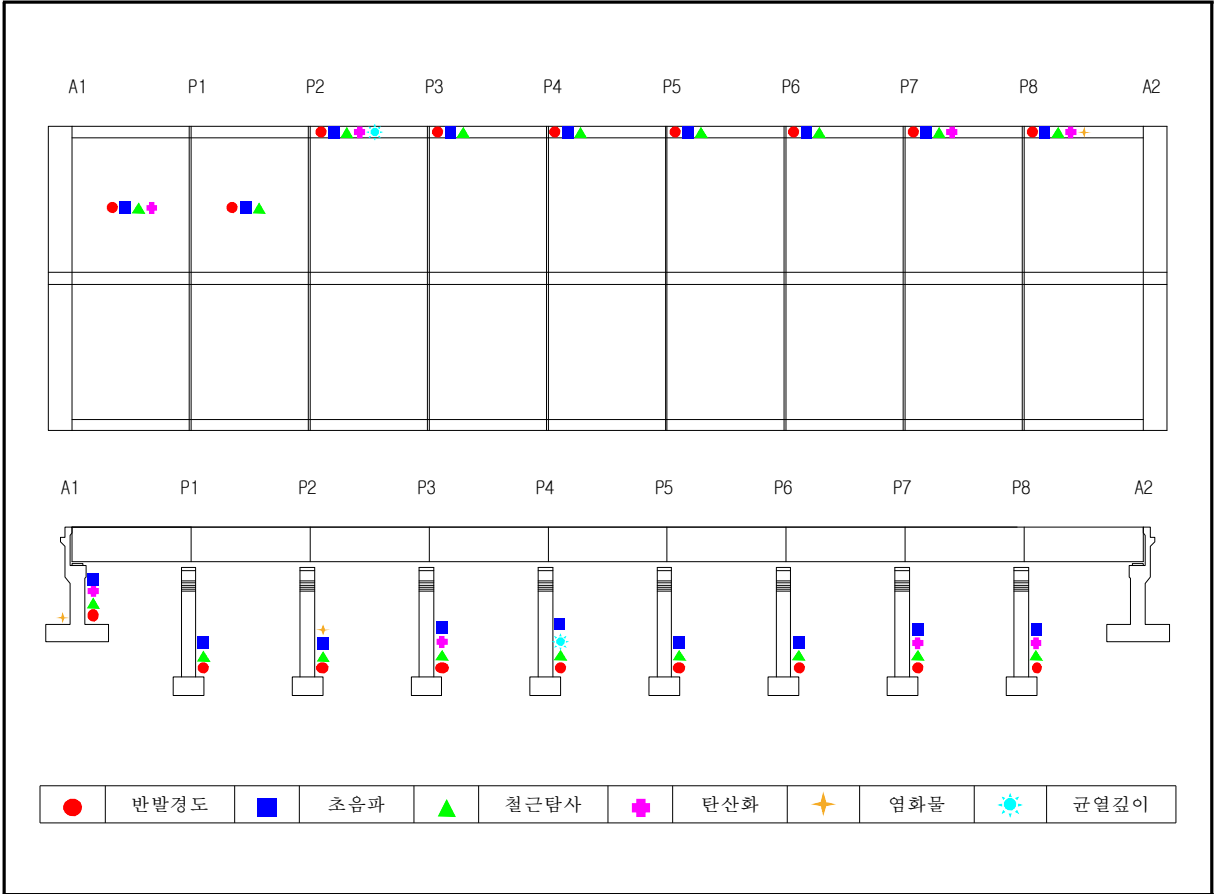
내구성 조사 및 시험은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 방법으로 사용장비 및 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하여 실시한다.

내구성조사 항목	조 사 방 법	조 사 내 용	비고
콘크리트 압축강도	반발경도법	- 슈미트햄머로 반발경도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정	
	초음파 속도법	- 초음파 전달속도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정	
철근탐사	전자파법	- 배근된 철근의 간격 및 피복두께 추정	
탄산화	페놀프탈레인 용액 이용	- 콘크리트 표면을 드릴링하고 그 구멍에 페놀프탈레인 용액을 분사하여 공용년수에 대한 탄산화상태 조사	
균열 깊이	초음파 속도법	- 건전부와 균열부에 대해 초음파 속도를 측정하여 균열 깊이 추정	
염화물 함유량	염화물함유량 시험	- 구조물내 환산염화물 함유량을 측정하여 내구성평가의 기초자료로 활용	
강재 용접부 조사	초음파탐상시험 (UT)	- 초음파를 이용하여 맞대기 용접부 내부의 결함유무를 판정	

〈표 3.28〉 내구성조사 항목 및 계획

부재 시험종류	기본과업							비고
	반발 경도	초음파 속도시험	탄산화	철근 탐사	염화물 함유량	균열 깊이	강재 초음파	
상부	9개소	9개소	4개소	9개소	1개소	2개소	66개소	
하부	9개소	9개소	4개소	9개소	2개소			
계	18개소	18개소	8개소	18개소	3개소	2개소	66개소	

〈표 3.29〉 내구성조사 현황



〈그림 3.14〉 내구성조사 위치

3.2.2 반발경도

가. 개 요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법으로 측정방법 및 적용 가능한 강도 범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

(1) 원 리

반발경도의 원리는 슈미트 햄머로 경화 콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트 햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)에 타격각도에 따른 보정값(ΔR)을 고려하여 수정 반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다. 일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트 햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤 상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다.

(2) 측정기 종류의 선정 및 검정

보통 콘크리트의 경우는 N형과 NR형이 일반적으로 사용되며, 반발경도를 직접 읽는 N형이 있으며, NP형은 반발경도를 숫자로 기록하므로 측정치의 기록과 처리가 정확하며 간단하다. ND형은 실제의 반발경도를 직접 읽을 수 있으므로 개인의 측정오차가 없으며 간단, 정확, 신속하게 구조체 시험을 실시할 수 있다.

초기강도 등을 추정하는 경우는 저장도용 P형이 사용되며, L형은 경량콘크리트용, M형은 매스콘크리트용으로 사용되고 있다.

슈미트 햄머에 의한 콘크리트 강도 추정법은 그 목적에 대응하는 적절한 기종을 사용할 필요가 있으며, 또한 각 기종의 강도 측정범위가 아래 표에 나타나 있으므로 이를 이용하여야 한다. 본 과업에서는 NR형을 이용하였다.

기 종	충격에너지 (kg·m)	강도측정범위 (kg/cm ²)	자중 (kg)	비 고
N형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.0	반발경도R을 직접 읽음
NR형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.4	반발경도R을 자동 기록
NP형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.6	반발경도R을 자동 기록
ND형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 600	1.6	반발경도R이 디지털 표 시기에 나타남
MTC형 (보통콘크리트용)	0.225	150 ~ 1,000	1.6	콘크리트 압축강도기록
P형 (저강도콘크리트용)	0.09	50 ~ 150	2.7	전자식 초기강도 추정
L(R)형 (경량콘크리트용)	0.075	100 ~ 600	1.2	자동기록
M형 (매스콘크리트용)	3.0	600 ~ 1,000	12.0	댐이나 활주로 등의 매스콘크리트용

〈표 3.30〉 슈미트 햄머의 종류

(3) 측정 방법

① 측정개소의 측정

- 두께 10cm 이하의 판재, 1변이 15cm 이하인 단면의 기둥·보 등 작은 치수의 부재는 피한다.
- 측정면은 균질하고 평활한 평면부를 고른다.

② 반발경도 측정방법

- 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 및 기타 부착물을 없앤 뒤에 측정한다.
- 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.
- 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.
- 측정된 20개의 데이터중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외시킨다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 한다.

③ 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 구하여 보정하여야 한다.

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도				비 고
	+90 (상향 수직)	+45° (상향 경사)	-45° (하향 경사)	-90° (하향 수직)	
10	-	-	+2.4	+3.2	
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.1	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

〈표 3.31〉 타격방향에 따른 보정치

④ 콘크리트 강도의 환산

ㄱ. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다.

일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 재령 28일의 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음과 같다.

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일
α	1.90	1.84	1.75	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40
재령	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일
α	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08
재령	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	32일	34일	36일
α	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.95
재령	175일	200일	250일	300일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

〈표 3.32〉 재령에 의한 보정표

ㄴ. 강도의 환산

보통 콘크리트용 슈미트햄머를 이용한 반발경도에 의한 강도를 추정하는데 사용되는 판정식은 다음 두 식을 이용하였으며, 이 두 값의 평균값을 설계강도와 비교하였다.

◆ $F_c = 1.27R_0 - 18.0$ MPa (일본 재료학회) - 공식 1

◆ $F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.098$ MPa (일본건축학회) - 공식 2

여기서, F_c : 추정강도(MPa), R_0 : 반발경도

(4) 평가기준

평가기준 : 비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계강도의 90%이상이면 적정

나. 측정결과

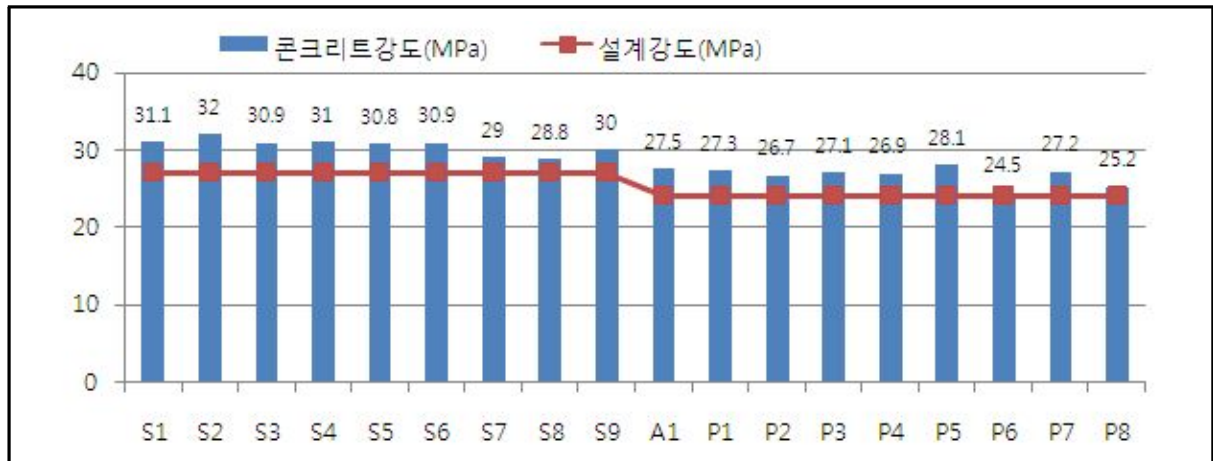
상부구조 및 하부구조에 대하여 반발경도 시험을 실시하였으며, 상부구조의 경우 바닥판 하면(켄틸레버)에서 측정하였으며, 교대는 구체 전면, 교각은 코핑 및 기둥부에서 반발경도 시험을 실시하였다.



〈사진 3.21〉 반발경도 측정 현황

구 분		기준 경도 (Ro)	재령 계수 (α)	재료 학회 (MPa)	건축 학회 (MPa)	측정강도 (MPa) (A)	설계강도 (MPa) (B)	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	53.9	0.63	31.8	30.5	31.1	27.0	115	
	S2 바닥판	55.3	0.63	32.9	31.1	32.0		119	
	S3 바닥판	53.5	0.63	31.5	30.3	30.9		114	
	S4 바닥판	53.8	0.63	31.7	30.4	31.0		115	
	S5 바닥판	53.3	0.63	31.3	30.2	30.8		114	
	S6 바닥판	53.5	0.63	31.5	30.3	30.9		114	
	S7 바닥판	50.5	0.63	29.1	28.9	29.0		107	
	S8 바닥판	50.2	0.63	28.8	28.8	28.8		107	
	S9 바닥판	52.1	0.63	30.3	29.7	30.0		111	
하부 구조	A1 전면	48.2	0.63	27.2	27.9	27.5	24.0	115	
	P1 기둥부	47.8	0.63	26.9	27.7	27.3		114	
	P2 기둥부	46.9	0.63	26.2	27.3	26.7		111	
	P3 기둥부	47.5	0.63	26.7	27.6	27.1		113	
	P4 기둥부	47.1	0.63	26.3	27.4	26.9		112	
	P5 코핑부	49.1	0.63	27.9	28.3	28.1		117	
	P6 코핑부	43.3	0.63	23.3	25.7	24.5		102	
	P7 기둥부	47.6	0.63	26.7	27.6	27.2		113	
	P8 기둥부	44.4	0.63	24.2	26.2	25.2		105	

〈표 3.33〉 반발경도 시험결과



<그림 3.15> 반발경도시험 데이터 분포도

반발경도 시험을 통한 콘크리트 압축강도 평가결과, 상부구조의 경우 28.8~32.0MPa, 하부구조의 경우 24.5~28.1MPa로 측정되었다.

전회 정밀점검 결과인 상부구조 25.2~27.4MPa, 하부구조 22.8~24.8MPa과 유사한 상태로 전회와 비교시 강도의 저하 등의 열화는 없는 것으로 판단된다.

이는 부재별 설계기준 강도(상부 27.0MPa, 하부 24.0MPa)를 상회하는 것으로 반발경도법에 의한 콘크리트 품질은 양호한 것으로 분석되었다.

3.2.3 초음파 강도

가. 시험 개요

초음파 속도시험은 콘크리트의 균질성, 내구성 등의 판정 및 강도의 추정 등에 이용된다. 그러나, 콘크리트 중의 음속은 측정조건, 사용골재의 종류, 양, 콘크리트의 함수상태, 내부 철근의 양과 배합 등 많은 요인의 영향을 받으므로 음속만으로 콘크리트 압축강도의 정도를 양호하게 추정하는 것은 곤란한 경우가 많다. 단지, 주요 조건이 유사한 경우는 음속과 강도 사이에 거의 일정한 상관성이 보여, 어느 정도의 강도 추정은 가능하다. 그러므로, 음속법에 의한 콘크리트 강도 추정에 있어서는 대상으로 하는 콘크리트에 대한 가능한 많은 정보를 입수하여 강도의 추정에 반영시키는 것이 바람직하다.

(1) 시험 목적

콘크리트의 강도, 노후화 현상 및 균열의 깊이를 조사함을 목적으로 한다.

(2) 시험 장비

◆ Pundit7(Portable ultrasonic Non-Destructive Indication tester) system

(3) 시험 방법

① 측정 준비

- 측정면은 평탄한 곳, 균열이 없는 곳을 선정한다.
- 도장된 곳이나 덧씌운 곳은 제거
- 요철, 공극, 자갈 노출부는 회피
- 그라인더로 요철, 분말 등을 제거
- 측정부위의 종·횡방향으로 최소 50cm 이상 그라인딩

② 측정 방법

- 측정 대상면에 접촉제(그리스)를 바르고 발·수진자를 밀착하여 측정한다.
- 측정 전 측정기의 전원을 10~20분간 켜놓고 안정된 상태에서 측정한다.
- 측정 전 Calibration Bar를 이용하여 0점 조정을 실시한다.
- 측정위치에서 종·횡방향으로 측정을 실시한다.
- 측정시 발진자를 고정하고 수진자를 이동하며 측정한다.
- 측정거리(표면법의 경우 : 탐촉자간의 간격)
- 콘크리트의 이질적인 성질이 시험에 영향을 미치지 않도록 충분히 길어야 한다.
- 굵은골재의 최대치수가 20mm 미만의 경우 측정거리는 100mm 이상
- 굵은골재의 최대치수가 20~40mm의 경우 측정거리는 150mm 이상

(4) 평가 방법

강도 추정은 측정된 자료를 분석하여 전파속도를 결정하고, 현장에 적합한 강도 추정식을 선정하여 평가하도록 한다.

$$\diamond F_c = (215V_d - 620) \times 0.098 \text{MPa} \text{ (일본 건축학회식) - 공식 1}$$

$$\diamond F_c = (102V_d - 117) \times 0.098 \text{MPa} \text{ (일본 재료학회식) - 공식 2}$$

여기서, F_c : 콘크리트의 압축강도(MPa)

V_d : 초음파 전달속도로써, $V_d \simeq 1.05 V_i \text{ (km/sec)}$

(5) 판정기준

초음파에 의한 콘크리트 비파괴 강도는 재료의 매질, 공극, 균열, 철근 배근상태에 따라 다소 차이가 있다. 따라서, 이는 콘크리트의 강도 측정정보는 재료의 결함 및 시공 상태에 초점을 두어야 할 것이다.

비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계기준강도의 90% 이상을 만족하면 적절한 것으로 판단한다.

$$\text{평가기준} : \frac{f_{\text{비파괴}}}{f_{\text{설계기준}}} \geq 0.90 \quad \text{-----} \quad \text{건전}$$

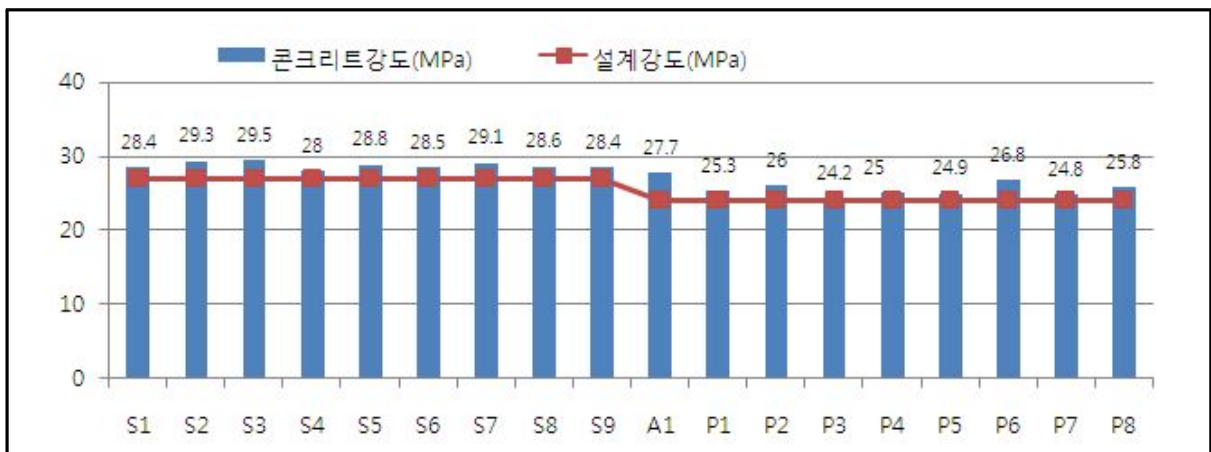
나. 측정결과

	
초음파 강도시험(교각)	초음파 강도시험(슬래브하면)

<사진 3.22> 초음파시험 측정 현황

구 분		전달속도 Vd (km/s)	측정강도 평균 A (MPa)	설계 기준강도 B (MPa)	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	4.230	28.4	27.0	105	
	S2 바닥판	4.276	29.3		109	
	S3 바닥판	4.282	29.5		109	
	S4 바닥판	4.208	28.0		104	
	S5 바닥판	4.253	28.8		107	
	S6 바닥판	4.238	28.5		106	
	S7 바닥판	4.264	29.1		108	
	S8 바닥판	4.242	28.6		106	
	S9 바닥판	4.230	28.4		105	
하부 구조	A1 전면	4.195	27.7	24.0	103	
	P1 기둥부	4.083	25.3		105	
	P2 기둥부	4.116	26.0		108	
	P3 기둥부	4.031	24.2		101	
	P4 기둥부	4.069	25.0		104	
	P5 코핑부	4.065	24.9		104	
	P6 코핑부	4.155	26.8		112	
	P7 기둥부	4.062	24.8		103	
	P8 기둥부	4.109	25.8		108	

〈표 3.34〉 초음파강도 시험결과



〈그림 3.16〉 초음파 강도시험 데이터 분포도

본 과업대상 구조물의 초음파속도를 이용한 콘크리트 압축강도 추정결과 상부구조의 경우 28.0~29.5MPa, 하부구조의 경우 24.2~27.7MPa로 측정되었다. 각 설계기준 강도인 27MPa, 24MPa를 상회하여 초음파속도법에 따른 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

3.2.4 철근탐사

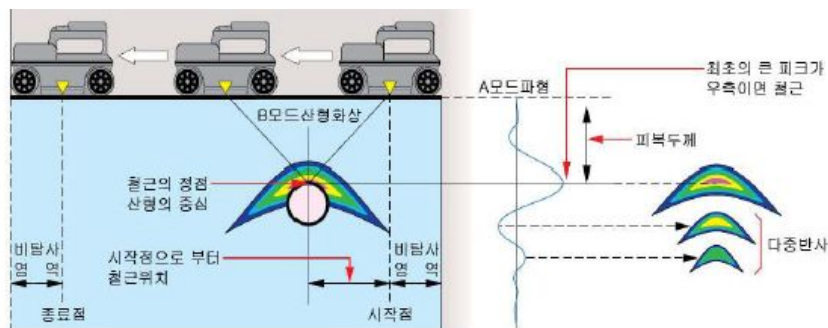
가. 개 요

전자파 레이더법은 콘크리트 구조물 내의 매설물 및 콘크리트 성상(부재두께 · 공동 등) 조사방법의 하나로서 취급이 간단하면서 단시간에 광범위한 조사가 가능하고 특별한 자격 · 면허 등을 필요로 하지 않으며 바로 결과가 얻어지는 방법이다. 그러나 간편한 방법이지만서도 작업자의 기량과 경험에 의존하는 경향이 많은 방법이기도 하다.

(1) 원 리

전자파 레이더의 원리는 현재 넓게 이용되고 있는 레이더와 기본적으로 같다. 콘크리트용 전자파 레이더는 임펄스상의 전자파를 콘크리트 내로 송신안테나로부터 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율 · 도전율)이 다른 물체(철근 · 매설관)와의 경계면에서 반사한다. 이를 수신 안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복 전파시간으로부터 반사물체까지의 거리(D)를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다.

$$D = \frac{1}{2} VT \text{ (m)}$$



<그림 3.17> RC-Radar 원리

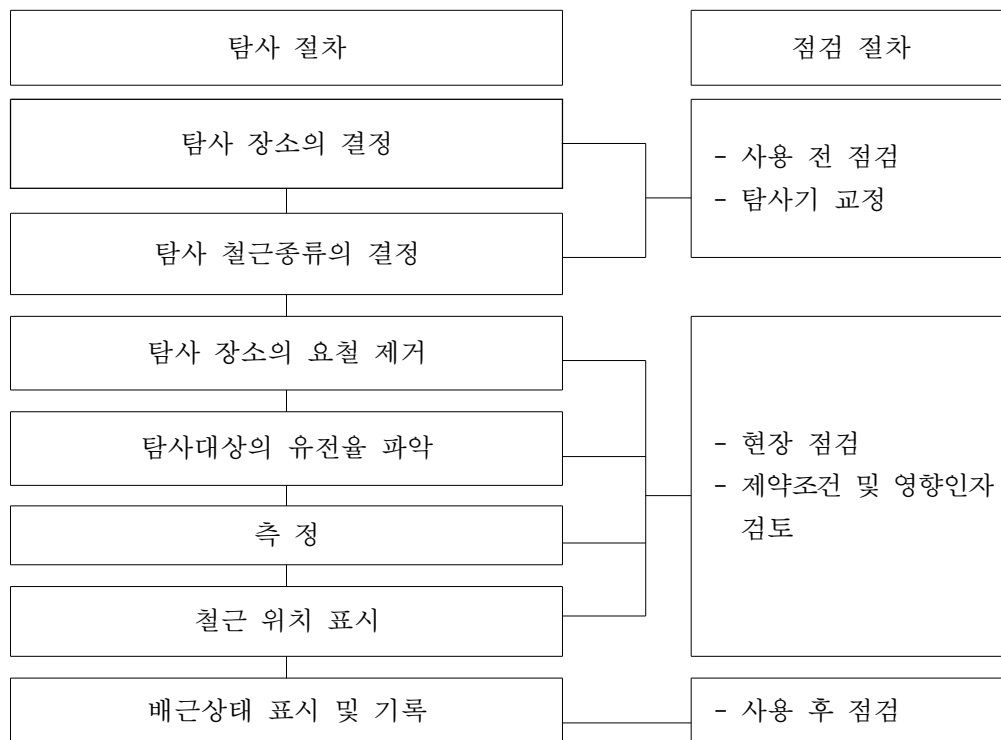
(2) 장 비

- 장비명 : 철근탐사기(RC-Radar)
- 모델명 : NJJ-95A
- 제작사 : 일본, 일본무선(주)

(3) 탐사 방법

- 측정대상 구조물의 측정하고자 하는 지점의 표면에 안테나를 밀착시키고 수평 및 수직 방향으로 진행시킨다.
- 안테나의 진행속도는 0.4m/s 이하를 유지한다.
- 화면을 필터링하여 철근 배근상태와 철근 피복두께를 확인한다.

(4) 탐사 절차



<그림 3.18> RC-Radar 탐사절차

(5) 탐사결과 분석

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

나. 시험결과



<사진 3.23> 철근탐사 현황

연번	구 분	철근종류	측정 (mm)		설계 (mm)		배근상태 (%)
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
1	S1	주철근	160	52	150	56	94
		배력근	115	44	125	40	109
2	S2	주철근	150	44	150	56	100
		배력근	130	40	125	40	96
3	S3	주철근	150	37	150	56	100
		배력근	114	32	125	40	110
4	S4	주철근	160	60	150	56	94
		배력근	130	44	125	40	96
5	S5	주철근	150	48	150	56	100
		배력근	125	40	125	40	100
6	S6	주철근	130	60	150	56	115
		배력근	107	44	125	40	117
7	S7	주철근	130	60	150	56	115
		배력근	102	44	125	40	123
8	S8	주철근	155	37	150	56	97
		배력근	117	48	125	40	107
9	S9	주철근	165	34	150	56	91
		배력근	124	41	125	40	101

<표 3.35> 철근탐사 결과

연번	구 분	철근종류	측정 (mm)		설계 (mm)		배근상태 (%)
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
10	A1 홍벽	수평근	100	100	100	117	100
		수직근	133	80	125	100	94
11	P1 기둥부	주철근	100	90	100	124	100
		띠철근	140	81	150	100	107
12	P2 기둥부	주철근	95	106	100	124	105
		띠철근	150	70	150	100	100
13	P3 기둥부	주철근	100	100	100	124	100
		띠철근	140	83	150	100	107
14	P4 기둥부	주철근	100	80	100	124	100
		띠철근	135	70	150	100	111
15	P5 코핑부	주철근	100	114	100	128	100
		배력근	153	76	150	100	98
16	P6 코핑부	주철근	100	112	100	128	100
		배력근	141	91	150	100	106
17	P7 기둥부	주철근	100	80	125	124	125
		띠철근	145	51	150	100	103
18	P8 기둥부	주철근	100	105	125	124	125
		띠철근	155	95	150	100	97

<표 3.35> 철근탐사 결과 - 계속

상부 바닥판과 하부 교대 및 교각에 대하여 철근배근 탐사결과, 상부 91%~123%, 하부 94%~125%로 설계도면과 비교시 배근간격은 설계 배근간격과 유사한 상태이며, 실측 피복 두께와 설계 피복두께도 설계도면과 유사한 상태로 분석되었다.

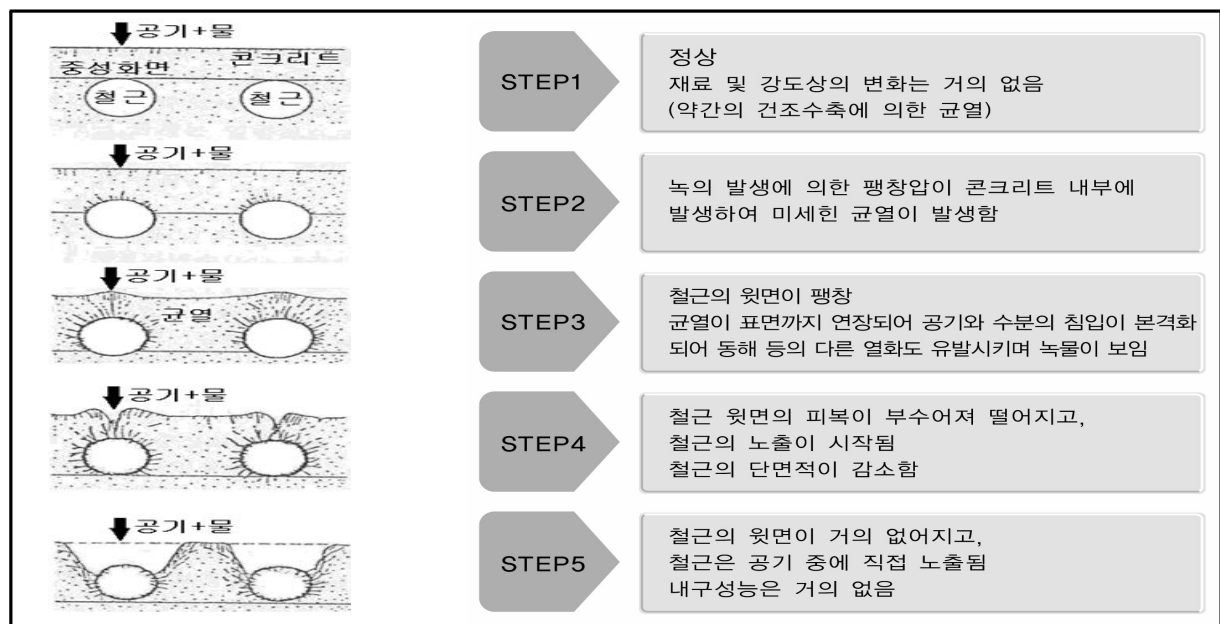
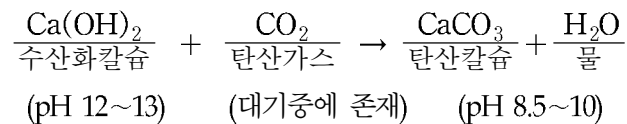
3.2.5 탄산화

가. 개 요

건전한 콘크리트는 경화시멘트 풀의 수산화합물 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘(Ca(OH)₂)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타낸다. 그러나 콘크리트가 대기 중에 노출되면 대기 중에 약 0.035% 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(CO₂)와 수산화칼슘이 반응하여 탄산칼슘(CaCO₃)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는데 이를 탄산화라고 정의한다.

이와 같이 콘크리트가 탄산화가 되면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되어 철근이 부식됨으로써 콘크리트의 내구성이 저하된다.

탄산화시험은 드릴링한 콘크리트면에 페놀프탈레인 1%를 섞은 알코올 용액을 분무한다. 탄산화된 콘크리트는 무색 반응을 보이는 반면에 탄산화가 진행되지 않은 건전한 콘크리트는 적색으로 변하게 되므로 탄산화의 유무를 판단할 수 있다.



〈그림 3.19〉 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘

(1) 탄산화 속도에 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건을 주원인으로 하는 외적요인과 콘크리트 자체의 성능·품질을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

구분	영향 인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트<보통 포틀랜드시멘트<중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	- 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름 - 강모래, 강자갈<강모래, 화산골재<화산골재
	계면활성제 종류	- 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	- 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	- 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	- 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	- 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도 빠름
환경 조건	온 도	- 온도상승 시 탄산화 속도 빠름 - 20~50℃ 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도 빠름 - 탄산가스농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습 도	- 상대습도 50~70%에서 탄산화속도가 최대
	실내, 실외	- 실내의 탄산화속도가 빠름.

〈표 3.36〉 탄산화 속도 영향 인자

(2) 시험 방법

콘크리트 표면에서 드릴링($\phi 20\text{mm}$ 이상) 실시하고 콘크리트 가루 등의 이물질들을 완전히 제거한 뒤, 페놀프탈레인 용액을 분무하여 무색반응을 보이는 콘크리트 깊이를 측정한다.

(3) 평가기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm이상~30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm이상~10mm미만	탄산화 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

〈표 3.37〉 탄산화 상태평가 기준

나. 시험결과

탄산화시험은 철근콘크리트 구조물에서 내구성을 평가하는 중요한 시험항목으로서 측정위치에 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 1% 페놀프탈레인용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정하였다.

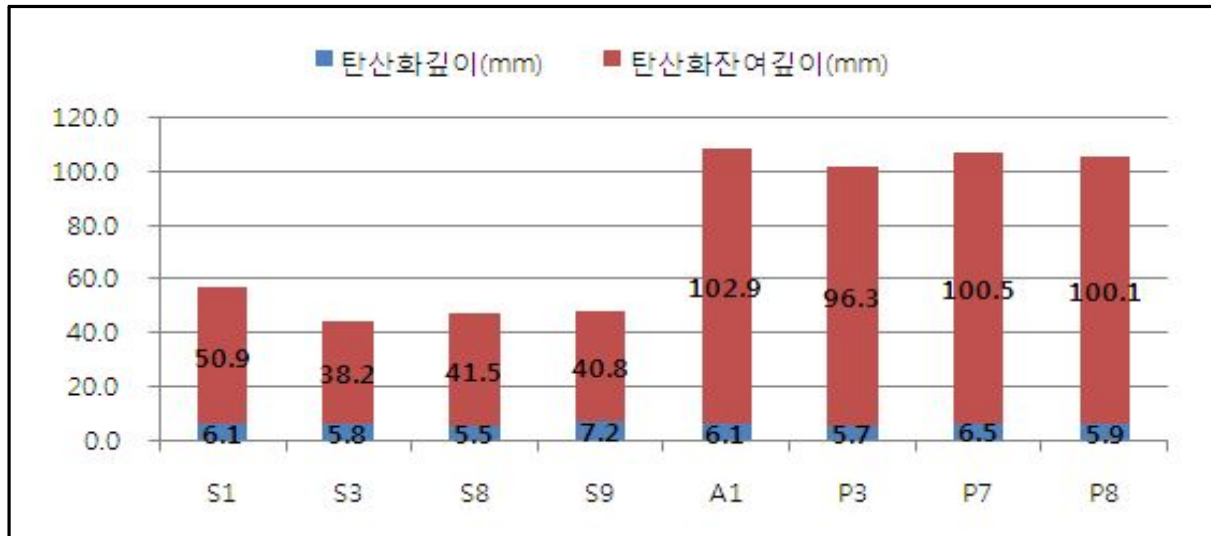


〈사진 3.24〉 탄산화 현황

구 분		실측 탄산화깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 기준	경과 년수 (년)	탄산화 속도계수 (mm/√년)	잔존수명 (년)
상부	S1 바닥판	6.1	57.0	50.9	a	11	1.84	50년 이상
	S3 바닥판	6.8	44.0	37.2	a	11	1.75	50년 이상
	S8 바닥판	5.5	47.0	41.5	a	11	1.66	50년 이상
	S9 바닥판	7.2	48.0	40.8	a	11	2.17	50년 이상
하부	A1 전면	6.1	109.0	102.9	a	11	1.84	50년 이상
	P3 기둥부	5.7	102.0	96.3	a	11	1.72	50년 이상
	P7 기둥부	6.5	107.0	100.5	a	11	1.96	50년 이상
	P8 기둥부	5.9	106.0	100.1	a	11	1.78	50년 이상

〈표 3.38〉 탄산화 시험 결과

- ※ 탄산화 잔여깊이 평가기준 ⇒ a등급 : 30mm이상, b등급 : 30mm~10mm, c등급 : 10mm~0mm
- ※ 탄산화 속도계수 ⇒ 탄산화 깊이/√경과시간(년)
- ※ 수명예측(년) ⇒ (철근피복/탄산화 속도계수)²
- ※ 잔존 수명예측(년) ⇒ 수명 예측년수 - 경과년수



<그림 3.20> 탄산화시험 결과분석

탄산화 시험결과, 상부구조의 탄산화 깊이는 5.5mm~7.2mm, 하부구조의 경우 5.9mm~6.5mm로 측정되었다. 탄산화 잔여깊이 30mm이상으로 탄산화 상태등급 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

전회 정밀점검과 탄산화 잔여깊이인 상부구조 3.0mm~4.0mm, 하부구조 3.0mm~5.0mm과 비교시 측정위치의 변화로 인해 값에 차이는 다소 있지만, 전반적으로 탄산화의 진행은 미미한 것으로 확인되었다.

3.2.6 염화물 함유량

가. 개 요

콘크리트가 탄산화 되거나 염화물이 침투하게 되면 철근 주위의 산소 차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재 표면이 활성화되면 철근의 부식이 시작된다. 일반적으로 부재의 단면이 작으면서 철근량이 많고 슬럼프가 큰 콘크리트를 사용하는 구조물에서는 염분에 의한 철근 부식이 일어나기 쉽다.

염화물에 의하여 발생하는 콘크리트의 염해는 강재 부식 등 심각한 문제를 일으킬 수 있으므로 콘크리트 구조물의 건전성 평가시 염해에 대한 평가가 필요하다. 염화물 함유량 분석은 주철근 깊이까지 깊이별로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 한다.

철근의 녹은 다공질에 흡수성이 있어 녹이 두껍게 형성되어도 부식을 억제하는 효과는 적으며, 녹슨 부분은 원래체적의 약 2.5~7배 팽창하기 때문에 피복 부분에 균열을 일으키고, 이에 따라 부식 작용은 더 가속화된다.

(1) 염화물의 구성

콘크리트 내 염화물의 구성은 수용성 염화물과 고정 염화물로 구성되어 있다. 이 2 종류의 염화물을 일컬어 전염화물이라고 하며 현재는 철근의 임계 발청농도를 전 염화물을 기준으로 정하고 있다.

- ① 수용성 염화물 (가용성 염화물) - 온수에 의해 추출
- ② 고정화된 염화물 - 질산용액에 의해 추출

(2) 분석 및 평가

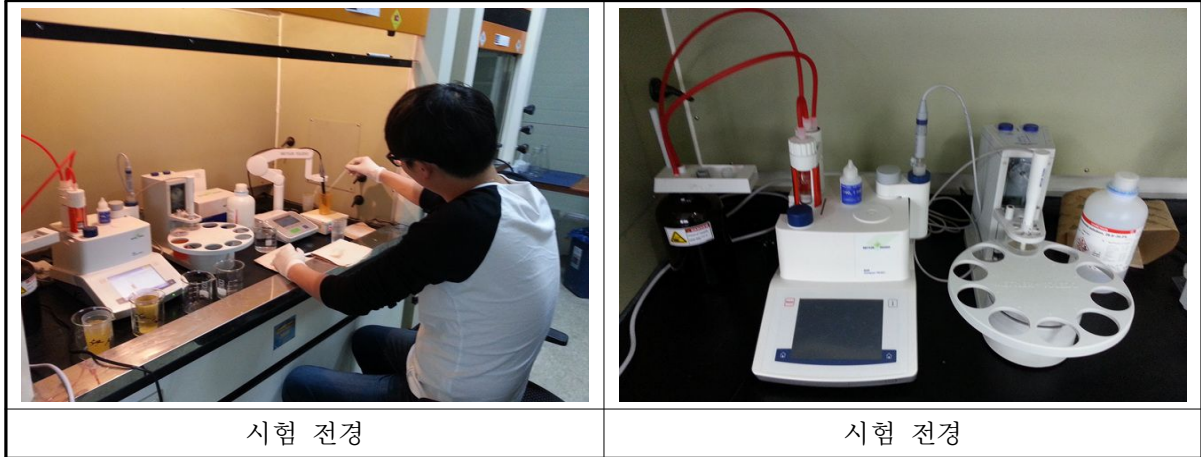
염해는 염분제거가 불충분한 해사의 사용에 의하여 콘크리트 내에 이미 염화물이 혼입된 경우와 외부환경으로부터 염화물이 콘크리트에 침투된 경우를 들 수 있다. 어느 경우라도 철근위치에 존재하는 염화물 이온량의 측정결과를 근거로 다음 표에 따라 염화물에 의한 손상을 판단한다.

등급	환산 염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	$0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	$1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식 발생 가능성 높음
d	염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	-	-

〈표 3.39〉 염화물 상태평가 기준

나. 시험 결과

콘크리트에 포함되어 있는 염분 함유량을 측정하여 내구성 저하원인 및 구조물 상태평가의 기초자료로 파악하고자 국가공인 품질시험기관에 의뢰한 결과는 다음과 같다.



시험 전경

시험 전경

〈사진 3.25〉 염화물 함유량시험 현황 (시험실 제공)

구 분			전 염화물 (%)	환산 염화물 함량 (kgf/m ³)	평가결과
상부구조	S9	0mm~20mm	0.0068	0.154	A
		20mm~40mm	0.0064	0.145	
		40mm~60mm	0.0061	0.138	
하부구조	A1	0mm~20mm	0.0073	0.165	A
		20mm~40mm	0.0064	0.145	
		40mm~60mm	0.0059	0.134	
	P2	0mm~20mm	0.0066	0.149	A
		20mm~40mm	0.0061	0.138	
		40mm~60mm	0.0057	0.129	

〈표 3.40〉 염화물 함유량 시험 결과

상부구조(바닥판 상면)와 하부구조(교대)에 대해서 시료를 채취하여 표층~심층으로 구분하여 염화물함량 분석을 실시하였다.

시험결과, S9 바닥판 상면과 A1 전면, P2 기둥부에서 모두 A등급(염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음)으로 분석되었다.

3.2.7 초음파속도법에 의한 균열깊이 평가

가. 개 요

이 시험은 콘크리트에 발생된 균열을 초음파속도를 이용하여 콘크리트의 균열깊이를 평가할 수 있다.

(1) 시험방법

① 사전준비

- 측정부위에 사전에 철근탐사시험으로 철근의 위치를 파악하여 둔다.
- 측정 전 측정기의 전원을 미리 켜놓고 안정된 상태에서 측정한다.(10-20분)
- 측정 전 Calibration Bar를 이용하여 0점 조정을 실시한다.

② 측 정

- 측정은 주로 간접법에 의해 측정되는 경우가 많으므로 간접법에 의한 측정방법을 기준으로 한다.
- 그라인딩은 콘크리트표면에 이물질을 제거하기 위하여 실시하며, 각 시험법에 따라 필요한 길이로 실시한다.
- 발·수신자 위치에 철근이 직접 놓이지 않도록 한다.
- 측정대상면에 접촉제(구리스 등)를 바르고 발·수신자를 밀착하여 측정한다.
- 측정자료가 안정될 때의 초음파 시간을 측정한다.

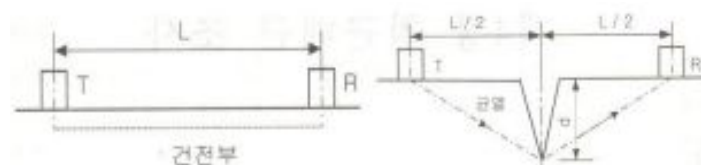
측정 시 특이한 상황에 대해서는 스케치하여 후에 자료 분석에 이용하도록 한다.

- 발생된 균열의 시점과 종점, 중간점에서 각각 측정하여 균열의 현황을 파악할 수 있도록 한다.

(2) 평가기준

Tc-To법은 수신자와 발신자를 균열을 중심으로 등간격 L/2로 배치한 경우의 전파시간 Tc와 균열이 없는 부근 L에서의 전파시간 To로부터 균열깊이 h를 다음 식에 의해 추정하는 방법으로 균열면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으면, 균열 주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것이다.

$$C = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_o^2)} - 1}$$



<그림 3.21> Tc-To법에 의한 균열깊이의 측정방법

나. 측정 결과

건전부의 전달시간을 측정한 후 균열부에서 Tc-To법으로 균열부에 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였다.

하부구조 교각 구체에 발생된 균열(cw=0.2mm이상)에 대하여 측정을 실시하였고, 결과는 아래와 같이 나타났으며, 균열 깊이의 정도를 비교하기 위해서 실측 피복두께와 함께 표시 하였다.



〈사진 3.26〉 균열 깊이 측정현황

구 분		측정 거리 (mm)	초음파 전달시간		균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열 폭 (mm)	비고
			건전부 To	균열부 Tc				
상부 구조	S3	150	35.4	101.5	20.1	38.0	0.2	
하부 구조	P4	150	34.1	95.7	19.7	89.0	0.3	

〈표 3.41〉 균열 깊이 측정결과

균열 깊이 측정결과, 측정부위의 균열 깊이는 콘크리트 피복두께 이하로 나타나 양호한 상태로 측정되었다.

3.2.8 강재 초음파탐상 (UT : Ultrasonic Testing)

가. 개 요

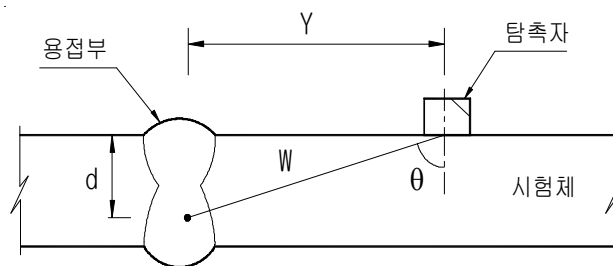
가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재여부 및 결함정보를 알아내는 검사방법이다.

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

(1) 시험 방법 (사각법)

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

본 시험에서는 70° 로 초음파를 입사하였다.



$$\begin{aligned} \text{계산식 } Y &= W \cdot \sin \theta \\ d &= W \cdot \cos \theta \end{aligned}$$

여기서 Y : 입사점-결함거리
d : 결함깊이
W : 초음파 이동거리
 θ : 입사각(70°)

〈그림 3.22〉 초음파탐상(사각법)시험 개요도

(2) 특 성

- ㄱ. 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.
- ㄴ. 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.
- ㄷ. 검사결과를 바로 알 수 있다.
- ㄹ. 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.
- ㅁ. 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.
- ㅂ. 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.
- ㅅ. 금속 조직의 영향을 많이 받는다.
- ㅇ. 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.
- ㅈ. 검사 결과의 기록보존이 어렵다.

(3) 평 가

초음파 탐상검사 방법 및 지시에 대한 등급분류는 <표 3.42>와 같다.

영역	결함의 크기 (mm)					
	II, III			IV		
판 두께 등 급	18이하	18~60	60이상	18이하	18~60	60이상
1 급	6이하	t/3이하	20이하	4이하	t/4이하	15이하
2 급	9이하	t/2이하	30이하	6이하	t/3이하	20이하
3 급	18이하	t 이하	60이하	9이하	t/2이하	30이하
4 급	3급을 초과하는 것					

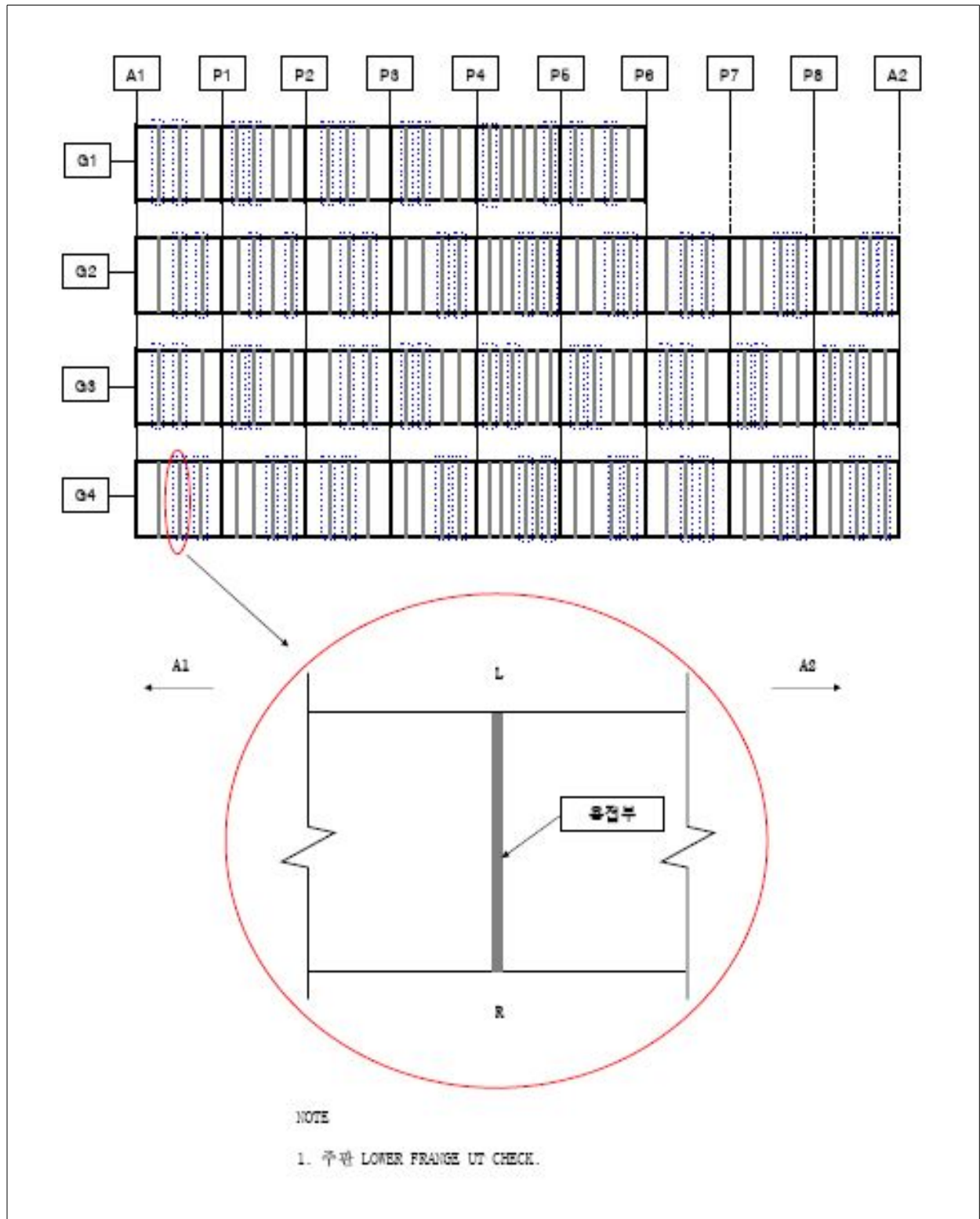
<표 3.42> 결함의 등급분류

(4) 합·부 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998. 건설교통부 제정) 기준

검사 부위	합 격 기 준	비 고
인장측	2급 이상	KS-B-0896
압축측	3급 이상	

<표 3.43> 용접부 결함의 합·부 판정기준



〈그림 3.23〉 강제 초음파탐상시험 위치도

나. 시험결과



〈사진 3.27〉 강재 초음파탐상시험 현황

번호	위치		수량	판정		등급	결함위치		결함길이	깊이	비고
				합	불		From	From			
1	G1	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
2	G1	P1~P2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
3	G1	P2~P3	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
4	G1	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
5	G1	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
6	G1	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
7	G2	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
8	G2	P1~P2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
9	G2	P2~P3	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		
10	G2	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		INDICATION		

〈표 3.44〉 강재 초음파탐상 시험결과

번호	위치		수량	판정		등급	결함위치		결함길이	깊이	비고
				합	불		From	From			
11	G2	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
12	G2	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
13	G2	P6~P7	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
14	G2	P7~P8	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
15	G2	P8~A2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
16	G3	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
17	G3	P1~P2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
18	G3	P2~P3	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
19	G3	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
20	G3	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
21	G3	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
22	G3	P6~P7	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
23	G3	P7~P8	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
24	G3	P8~A2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
25	G4	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
26	G4	P1~P2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
27	G4	P2~P3	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
28	G4	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
29	G4	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
30	G4	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
31	G4	P6~P7	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
32	G4	P7~P8	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
33	G4	P8~A2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
TOTAL			66개소				-- B L A N K --				

〈표 3.44〉 강재 초음파탐상 시험결과(계속)

현황	G1 / A1~P1-1
현황	G2 / P1~P2-1
현황	G3 / P4~P5-1
현황	G4 / P8~A2-2

〈사진 3.28〉 강재 초음파탐상 output date

본 과업대상 구조물의 용접부 강재 초음파 탐상시험 결과, 결함 등급은 1등급으로 조사되어 양호한 것으로 판단된다.

3.2.9 내구성시험 결과

구 분	내구성 조사 결과					평가의견	
콘크리트 압축 강도	시험 종류		측정결과 (MPa)			· 설계기준강도 상회	
			상부구조		하부구조		
	반발경도		28.8~32.0	24.5~28.1			
	초음파 강도		28.0~29.5	24.2~27.7			
	설계기준강도		27.0	24.0			
철근 탐사	철근종류		측정 (mm)		설계 (mm)		· 배근간격은 설계간격과 유사 설계간격 대비 91%~125%(평균:104%) · 피복두께 일부구간 부족 설계피복 대비 51%~120%(평균:87%)
			배근	피복	배근	피복	
	바닥판	주철근	130~165	34~60	150	56	
		배력근	102~130	32~48	125	40	
	교 대 홍 벽	수평근	100	100	100	117	
		수직근	133	80	125	100	
	교 각 코 평	주철근	100	112~114	100	128	
		배력근	141~153	76~91	150	100	
교 각 기 동	주철근	95~100	80~106	100	124		
	띠철근	135~155	51~95	150	100		
탄산화 시험	부 재	탄산화깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)		탄산화 잔여깊이(mm)	· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음	
	상부구조	5.5~7.2	44.0~57.0		38.2~50.9		
	하부구조	5.9~6.5	102.0~109.0		96.3~102.9		
염화물 함유량 시험	부 재	측정결과 (kgf/m³)	평가기준(kgf/m³)			· a등급 6개소 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음	
	상부구조	0.138~0.154	a등급 염화물≤0.3kg/m³				
	하부구조	0.129~0.165					
균열깊이	부 재	균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열폭 (mm)		· 균열 깊이가 피복두께 이하로 측정되어 양호함	
	상부구조	20.1	38.0	0.2			
	하부구조	19.7	89.0	0.3			
강재초음파탐상	부 재		검사개소		등급	· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		66		I		

제4장 상태평가

4.1 개요

4.2 상태평가 기준

4.3 상태평가 항목 및 절차

4.4 상태평가 결과

제4장 상태평가

4.1 개 요

시설물의 상태평가는 구조물의 정량적이고 객관적인 상태를 나타내기 위한 것으로, 상태평가 기준의 구성요소는 시설물의 육안조사를 통한 각 부재의 외관 상태변화 항목(결함, 손상, 열화)과 내구성 요소인 탄산화 시험 및 염화물함유량 시험 항목을 포함한다. 상태평가 기준은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(시설물편 제1장 교량), 2010.12』을 참고하였으며 책임기술자의 판단 하에 당 현장여건 및 구조형식에 맞는 평가기준을 적용하여 상태평가를 산정하였다.

4.2 상태평가 기준

정밀안전진단 구조물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하고 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가를 실시한다.

4.3 상태평가 항목 및 절차

4.3.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

4.3.2 부재별 상태평가 기준

가. 콘크리트 바닥판

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	· 균열 폭 0.1mm미만	· 망상균열 폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 균열 폭 0.1mm이상~0.3mm미만 · 균열율 2%미만	· 망상균열 폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열 폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 균열율 2%이상~10%미만	· 망상균열 폭 0.3mm이상	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만 · 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	· 균열 폭 0.5mm이상~1.0mm미만 · 균열율 10%이상~20%미만	· 망상균열 진전으로 인한 콘크리트박리 발생	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상 · 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	· 균열 폭 1.0mm이상 · 균열율 20%이상	· 망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭과괴 발생가능성	· 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판 안전성이 저하되는 경우

〈표 4.1〉 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

나. 강 거더

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%미만	· 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장탈락 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 보조부재 전반적 변형 및 파단 · 주부재의 국부적 변형 · 주탑하단부 연결 볼트 부식	· 보조부재 2%이상 ~ 10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장탈락 면적 10%이상 · 부식발생면적 2% 이상 ~ 10%미만
d	· 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 전반적 변형 및 파단 · 좌굴에 의한 주부재 변형 · 주탑하단부 연결 볼트 파단	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상 ~ 10%미만	· 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생면적 10%이상 · 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	· 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	· 좌굴에 의한 파대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	· 주부재 10%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	· 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

〈표 4.2〉 강 거더 상태평가 기준

다. 강 가로보와 세로보

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2% 미만	· 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장 탈락 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형, 충격에 의한 손상발생	· 보조부재 2 ~ 10% 미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접 불량 (기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장 탈락 면적 10%이상 · 부식 발생 면적 2 ~ 10%미만 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재 압축부 좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10% 이상 · 주부재 2% 이상	· 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식 발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
e	-	-	-	-	-

〈표 4.3〉 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

라. 교 대

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	· 구체 균열 폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 구체 균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 구체 균열 폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만 · 교대와 날개벽사이 폭 1.0mm이상의 균열발생	· 표면 손상면적 2% 이상 ~ 10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 구체 균열 폭 0.5mm 이상~1.0mm 미만 · 날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) · 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 구체 균열 폭 1.0mm 이상 · 날개벽 전도 위험 있음 · 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

〈표 4.4〉 교대 상태평가 기준

마. 콘크리트 교각

기준	균열	열화 및 손상, 철근노출
a	· 균열 폭 0.1mm 미만	· 없음
b	· 균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	· 표면 손상면적 2% 미만
c	· 균열 폭 0.3mm 이상~0.5mm 미만	· 표면 손상면적 2% 이상 ~ 10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만
d	· 균열 폭 0.5mm 이상~1.0mm 미만 · 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 균열 폭 1.0mm 이상 · 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

〈표 4.5〉 콘크리트 교각 상태평가 기준

바. 기 초

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	· 없음	· 없음
b	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	· 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm이상의 균열 및 단면손상 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	· 침하가 20mm미만 발생 · 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	· 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	· 침하가 20mm이상 발생 · 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 · 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	· 기초의 파손 및 침식을 인한 하부구조물의 안전성 저하	· 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

〈표 4.6〉 기초 상태평가 기준

사. 교량받침

기준	받침본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장탈색, 먼지 쌓임	· 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	· 측면 부풀음 · 받침두께의 0.3배미만의 전단 변형	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침콘크리트에 0.3mm 이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손, 단차, 균열 심화 · 받침두께 0.3배이상 전단변형 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침 본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부 공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인해 받침본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더 등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	-

〈표 4.7〉 교량받침 상태평가 기준

아. 신축이음

기준	본체	후타재
a	· 없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노화	· 미세균열 발생
c	· 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 · 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 · 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 · 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코평부에 이물질 퇴적 및 부식발생	· 균열이 50cm 이하의 간격으로 발생 · 국부적인 박리, 박락, 파손
d	· 강판유동 및 연결불량으로 이상을 발생 · 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 · 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 · 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	· 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 · 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

〈표 4.8〉 신축이음 상태평가 기준

자. 교면포장

기준	포장불량		배수
a	· 미세균열	· 없음	· 없음
b	· 포장균열 2%미만	· 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	· 포장균열 2%이상~10%미만	· 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	· 포장균열 10%이상	· 전반적인 재포장이 필요한 상태	· 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

〈표 4.9〉 교면포장 상태평가 기준

차. 배수시설

기준	상태기준 설명
a	· 양호
b	· 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	· 배수시설의 상태불량, 길이부족 · 많은 퇴적물, 누수 · 누수로 인하여 구조물 부식 발생 · 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 다른 위험 초래
d	· 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

〈표 4.10〉 배수시설 상태평가 기준

카. 난간 및 연석

기준	강재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장 불량 10%미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	· 경미한 손상, 폭 0.3mm이하 균열
c	· 도장 불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면 손상 10% 미만	· 파손 및 탈락 10% 미만	· 폭 0.3mm이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출 10%미만 · 철근부식손상 길이 2% 미만
d	· 부식으로 인한 단면 손상 10% 이상	· 파손 및 탈락 10% 이상 · 낙석으로 인한 손상발생 · 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	· 박리, 파손, 철근노출 10%이상 · 철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

〈표 4.11〉 난간 및 연석의 상태평가 기준

타. 탄산화

기준	탄산화 잔여깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm 이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm 이상 ~ 30mm 미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm 이상 ~ 10mm 미만	· 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm 미만	· 철근부식 발생
e	-	-

〈표 4.12〉 탄산화 상태평가 기준

파. 염화물

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	· 염화물 $\leq 0.3 \text{ kgf/m}^3$	· 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	· $0.3 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} < 1.2 \text{ kgf/m}^3$	· 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	· $1.2 \text{ kgf/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5 \text{ kgf/m}^3$	· 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 염화물 $\geq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	· 철근부식 발생
e	-	-

〈표 4.13〉 염화물 상태평가 기준

4.3.3 상태평가 절차

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

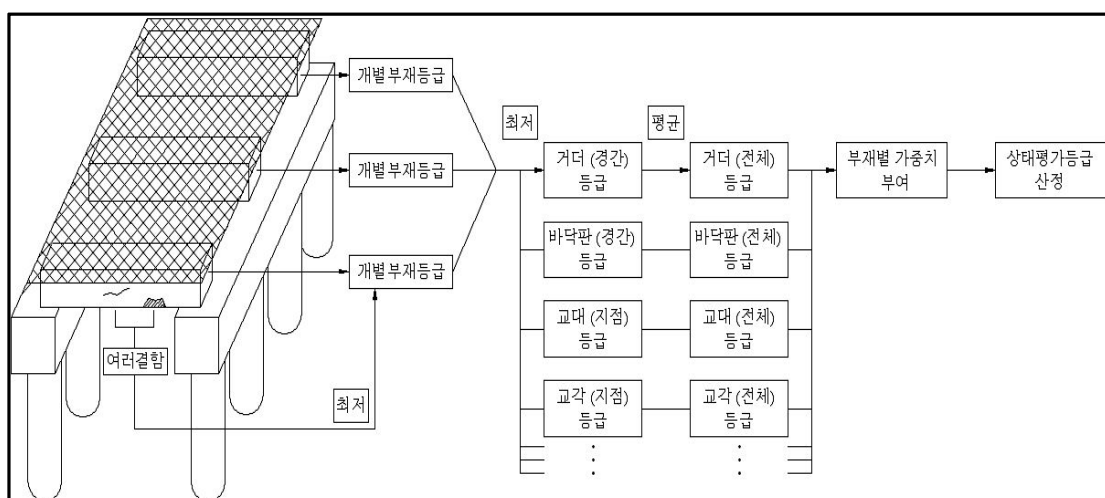
- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최댓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, <표 4.14>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

기 준	a	b	c	d	e
결함도지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

<표 4.14> 결함도 점수 범위에 따른 기준



<그림 4.1> 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

4.3.4 구조형식별 부재별 가중치

교량전체의 상태평가등급을 산정하기 위한 부재별 가중치는 전체 100점을 기준으로 <표 4.15>과 같이 구조형식별로 부재별 중요도를 달리하여 배분하였으며, 외관상태와 별도로 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목도 내구성 항목으로 취급하여 가중치를 적용하였다.

구분	결함도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판 거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20 21
	거더	-	20	25	37	18	20	23		-	21 23
	2차부재	-	5	-	11	5	3	5		-	5 -
하부	교대/교각	20	13	13	18	13		13		34	22 24
	기초	7	7	7	7	7		7		7	7 7
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3 3
기타	신축이음	10	9	9	-	9		9		3	3 3
	교면포장	7	7	7	-	7		7		7	7 7
	배수시설	3	3	3	-	3		3		3	3 3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2 2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)	-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)	
		하부	2(3)	2(3)	4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	염화물	상부	2(0)	2(0)	-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)	
		하부	1(0)	1(0)	3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

〈표 4.15〉 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

※ () : 정밀점검시 적용가중치

※ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.4 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	신축 이음	포장	배수 시설	난간 연석	교량 받침	교대 교각	기초	탄산화		염화물	
												(상)	(하)	(상)	(하)
S1,A1	STB	b	a	a	b	b	c	b	c	b	q	a	a	x	a
S2,P1	STB	b	b	a	x	b	c	c	b	b	q	a	a	x	x
S3,P2	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	a
S4,P3	STB	a	b	a	b	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S5,P4	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	c	q	a	a	x	x
S6,P5	STB	c	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S7,P6	STB	a	b	a	b	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S8,P7	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S9,P8	STB	b	a	a	x	b	b	c	b	b	q	a	a	a	x
A2	STB				b				c	b	q		x		x
평균		0.200	0.178	0.100	0.200	0.200	0.378	0.244	0.240	0.220	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18.000	20	5	9	7	3	2	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.036	0.036	0.005	0.018	0.014	0.011	0.005	0.022	0.044	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산 결함도 점수												0.197			
2. 상태평가 결과												B			

〈표 4.16〉 상태평가 결과표

나. 기 점검 상태평가 결과 비교

0	보수 불필요	0.13	부분 보수	0.26	보수	0.49	보강	0.79	재가설
A(최상)		B(양호)		C(보통)		D(불량)		E(위험)	
B등급 (0.197)				금회 정밀안전진단 상태평가 등급					
B등급 (0.176)				전회(2015년 정밀점검) 상태평가 등급					

〈표 4.17〉 전체 상태평가 결과

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태 인 “B” (결함도 지수:0.197)인 상태로 평가되었다.

전회(2015년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.176)와 비교시 일부 부재에서 신규 손상(바닥판하면, 교대 및 교각 손상 증가)에 따라 결함도 점수가 다소 상향된 것으로 평가되었다.

제5장 재하시험

5.1 개 요

5.2 재하시험 계획 및 실행

5.3 정적재하시험

5.4 동적주행시험

5.5 재하시험 결과분석

제5장 재하시험

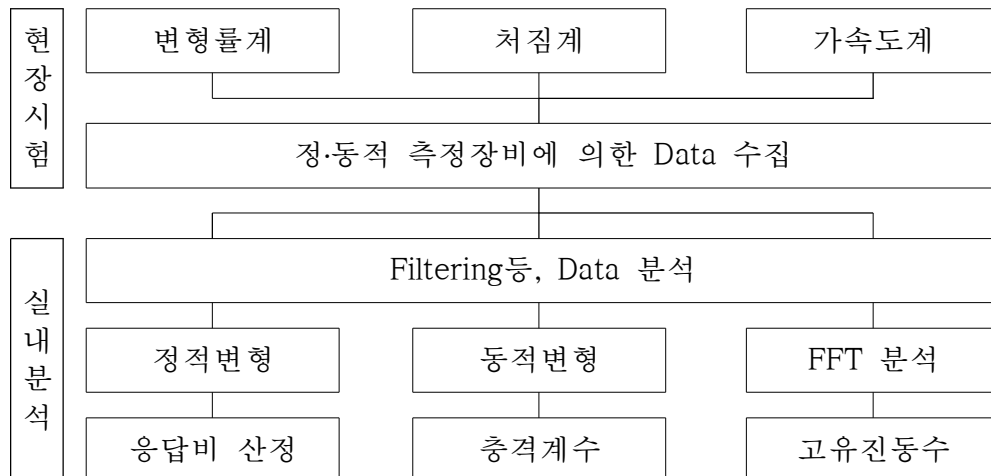
5.1 개 요

재하시험은 축중을 정한 시험차량의 재하에 따른 대상 구조물의 실거동을 측정함으로써 대상구조물의 정·동적 거동특성을 파악하고 공용 내하력을 평가하기 위하여 실시한다.

일반적으로 재하시험은 하중의 재하방법에 따라 정적재하시험 및 동적주행시험으로 대별된다.

정적재하시험은 정적재하시험과 동일하게 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동특성을 파악하고 정적변형률 및 응력의 응답비 등 내하력평가를 위한 제반계수를 산정하기 위하여 실시하며, 동적주행시험은 기본적인 구조물의 동적거동을 조사·측정하기 위한 것으로 대상교량의 실충격계수와 실고유진동수 등을 측정·분석하여 교량의 동적거동특성을 파악하기 위하여 실시한다.

정·동적 재하시험의 측정체계는 <그림 5.1>과 같다.



<그림 5.1> 정·동적 재하시험 측정체계

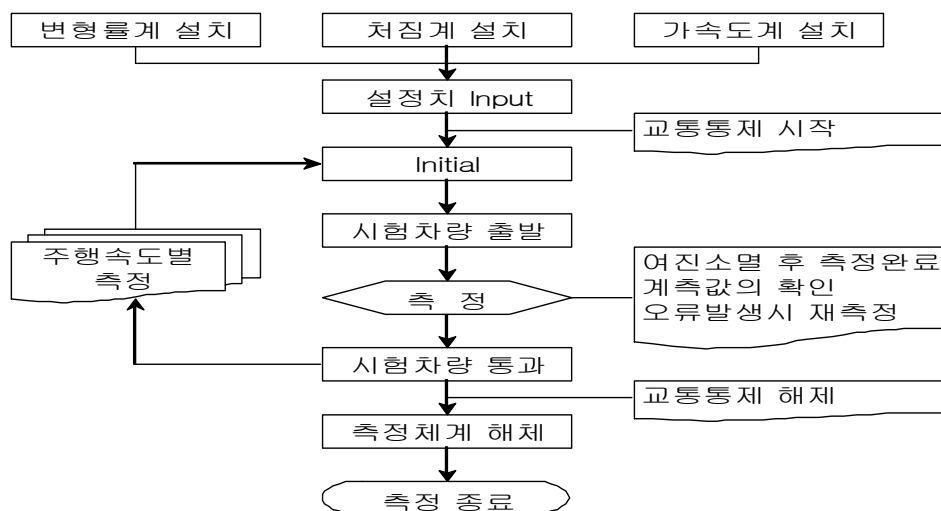
5.1.1 정적 재하시험

정적재하시험은 동적시험과 연계하여 수행할 수 있으며, 축중을 알고 있는 시험차량을 시험대상 경간에 저속으로 주행시키면서 계측한 후 응력파형상의 동적효과를 제거함으로써 정적효과를 얻을 수 있는 재하시험의 한 방법이다.

본 과업에서는 대상교량의 정적거동을 계측하기 위해 정적시험을 수행하여, 계측결과를 분석하여 대상교량의 정적거동특성 분석 및 내하력 평가시 응력보정을 위한 응답비를 구하기로 한다. 재하시험은 미리 선정된 지점에 측정하고자 하는 목적에 맞는 센서를 부착한 후, 시험차량을 임의의 위치를 기준으로 주행하여 교량의 처짐, 부재의 변형률 등을 측정하여, 교량의 중·횡방향 정적거동을 파악한다. 이 때 각종 센서의 부착위치 및 시험차량의 재하위치는 전문기술자의 지식 및 경험에 의해 결정되며, 대개는 최대 응답 발생 부위가 된다.

5.1.2 동적 재하시험

주행차량에 의한 교량의 동적거동을 파악하는 것은 실제 교량이 가지고 있는 저항능력, 강성 및 사용성의 한계를 평가하는데 매우 중요하다. 이와 같은 목적을 위해 실시되는 동적주행시험은 시험차량의 주행에 의해 유발되는 동적효과 및 제반 동특성을 추정하여 대상교량의 안전성 및 사용성 평가를 위한 기초자료를 도출하고자 실시한다. 동적재하시험은 동적거동특성을 파악하고자 하는 대상부재에 측정항목에 따른 센서를 부착하고 시험차량의 주행속도를 20km/hr부터 최고주행속도까지 단계적으로 증가하면서 주행하며, 이 때 측정 지점에 발생하는 처짐, 변형률 및 가속도 등을 측정하여 교량의 동적거동상태를 파악하고자 한다.



<그림 5.2> 재하시험의 절차

5.2 재하시험 계획 및 실행

5.2.1 재하시험 장비

본 교량의 재하시험에 사용될 측정기기 및 센서의 종류는 아래의 <표 5.1> 및 <표 5.2>와 같다.

기 기 명	모 델 명	용 도	비 고
Digital Strain Meter	TC 31k	센서의 이상유무 확인	일본, TML사
Data Logger	SDL-600R	정·동적 변형률, 처짐 및 가속도 측정기	한국, RADIANT
Software	MULTILOAD	데이터 분석, 저장, 디스플레이	한국, RADIANT

<표 5.1> 재하시험 측정기기

센 서 명	모 델 명	용 도	비 고
Strain Gauge	FLA-2-11-1L	강재 변형률 측정	일본, TML사
Displacement Meter	OU-30	정·동적 처짐 측정	일본, TML사
Accelerometer	AS-1GB	가속도 측정 (1축)	일본, KYOWA사

<표 5.2> 센서의 종류

5.2.2 시험차량 제원 및 축중

재하차량은 덤프트럭에 모래를 적재한 총중량 약 27톤의 덤프트럭 1대를 사용하였고, 시험에 이용된 시험트럭의 총중량은 설계하중의 약 62% 수준이다. <그림 5.3>, <표 5.3>에 재하차량의 제원 및 축중을 나타내었다.

<그림 5.3> 재하차량 제원

구 분	총중량 (tonf)	전륜 (tonf)	중륜 (tonf)	후륜 (tonf)	비 고
15ton 덤프트럭	26.970	6.540	10.215	10.215	

<표 5.3> 재하차량 제원

5.2.3 시험경간의 선정

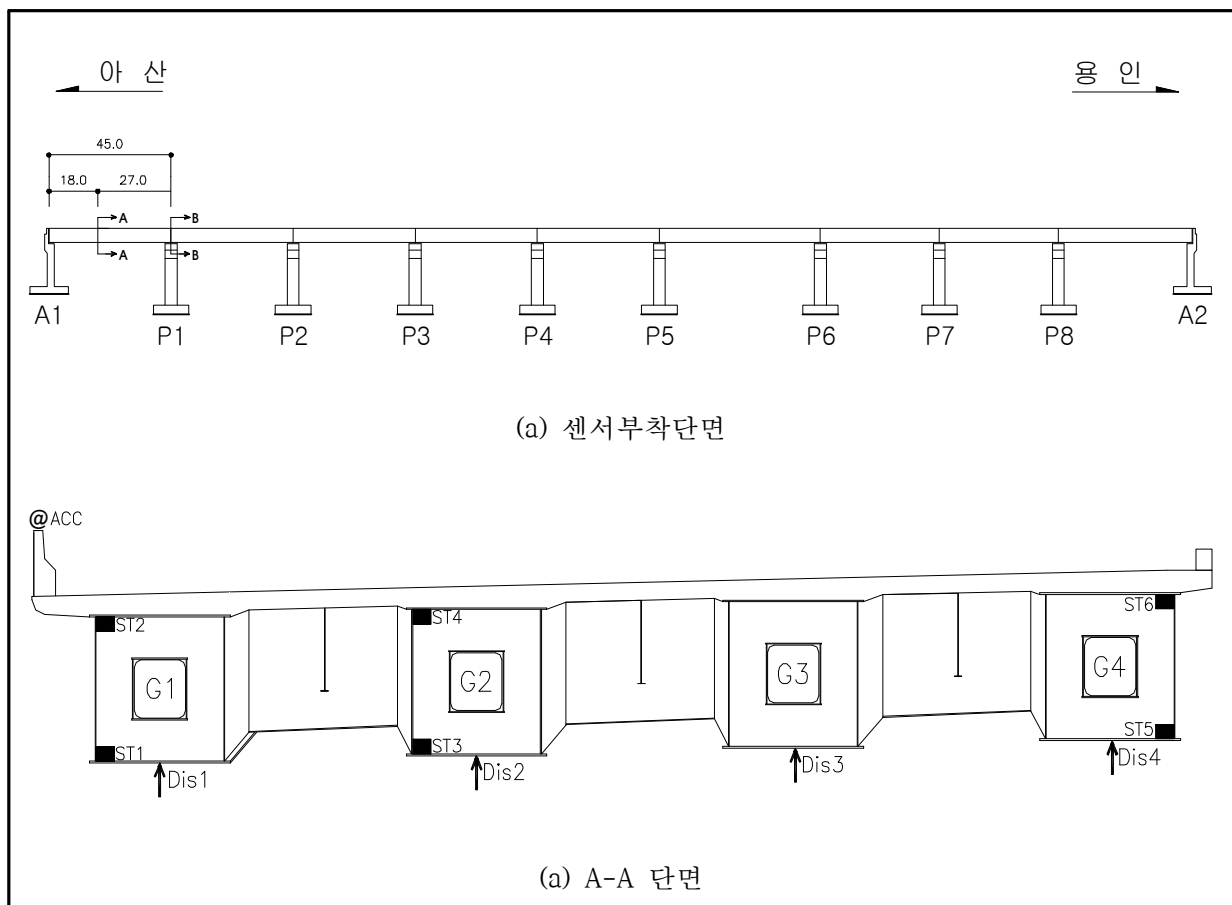
본 교량은 Steel Box Girder교 형식으로 이루어진 교량으로서 금회 정밀안전진단 재하시험 구간은 현장 조사 시 내하력 저하 등이 발생할 수 있는 손상은 발견되지 않아 최대 단면력의 발생 위치를 고려하여 <표 5.4>, <그림 5.4>와 같이 A₁~P₁(S₁경간, 용인→아산방향)구간을 선정하였다.

측정 경간		시험 항목	선정 사유
Steel Box Girder	S ₁ (A ₁ ~P ₁)	- 정적 재하시험 - 동적 주행시험	- 초기점검과 동일위치 - 게이지 설치 및 교통

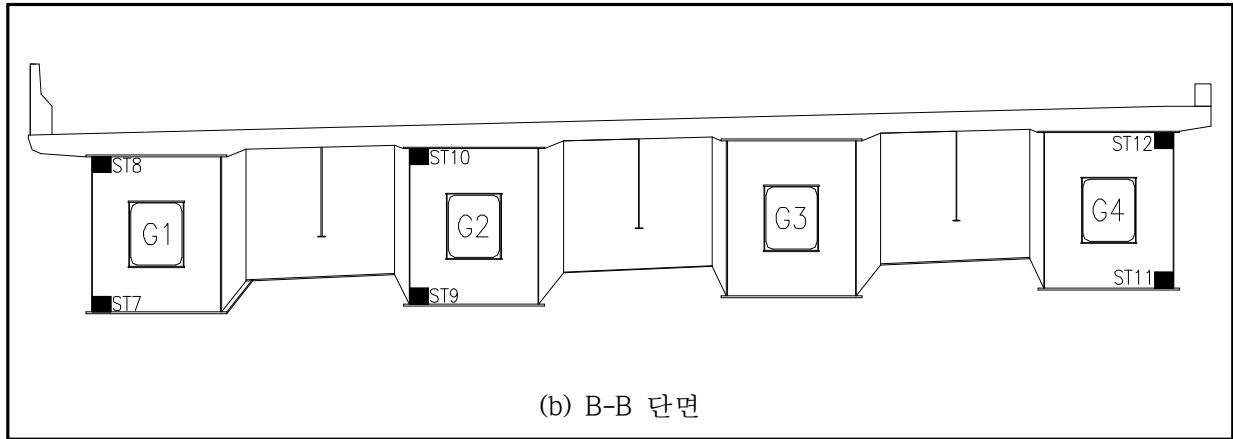
<표 5.4> 재하시험 대상경간

5.2.4 측정 센서의 부착위치

본 교량에서는 재하하중에 따른 단면력이 최대로 발생하는 측 경간(S₁) 정모멘트부(단면 A-A)와 지점부(P₁) 부모멘트부(단면 B-B)를 측정단면으로 선정하여 휨변형, 처짐 및 고유진동수를 얻을 수 있도록 하였다.



<그림 5.4> 게이지 부착위치



〈그림 5.4〉 게이지 부착위치(계속)

대상경간	Gauge No.	부착위치	측정목적
S ₁ 정모멘트부 (단면 A-A)	S1	G ₁ 좌측하연	교축방향 변형률
	S2	G ₁ 좌측상연	교축방향 변형률
	S3	G ₂ 좌측하연	교축방향 변형률
	S4	G ₂ 좌측상연	교축방향 변형률
	S5	G ₄ 우측하연	교축방향 변형률
	S6	G ₄ 우측상연	교축방향 변형률
	D1	G ₁ 중앙하연	처짐
	D2	G ₂ 중앙하연	처짐
	D3	G ₃ 중앙하연	처짐
	D4	G ₄ 중앙하연	처짐
	ACC1	G ₁ 방호벽상단	진동가속도
P ₁ 부모멘트부 (단면 B-B)	S7	G ₁ 좌측하연	교축방향 변형률
	S8	G ₁ 좌측상연	교축방향 변형률
	S9	G ₂ 좌측하연	교축방향 변형률
	S10	G ₂ 좌측상연	교축방향 변형률
	S11	G ₄ 우측하연	교축방향 변형률
	S12	G ₄ 우측상연	교축방향 변형률

〈표 5.5〉 재하시험 구간 Gauge 번호, 부착위치 및 목적

5.3 정적재하시험

5.3.1 시험방법 및 결과

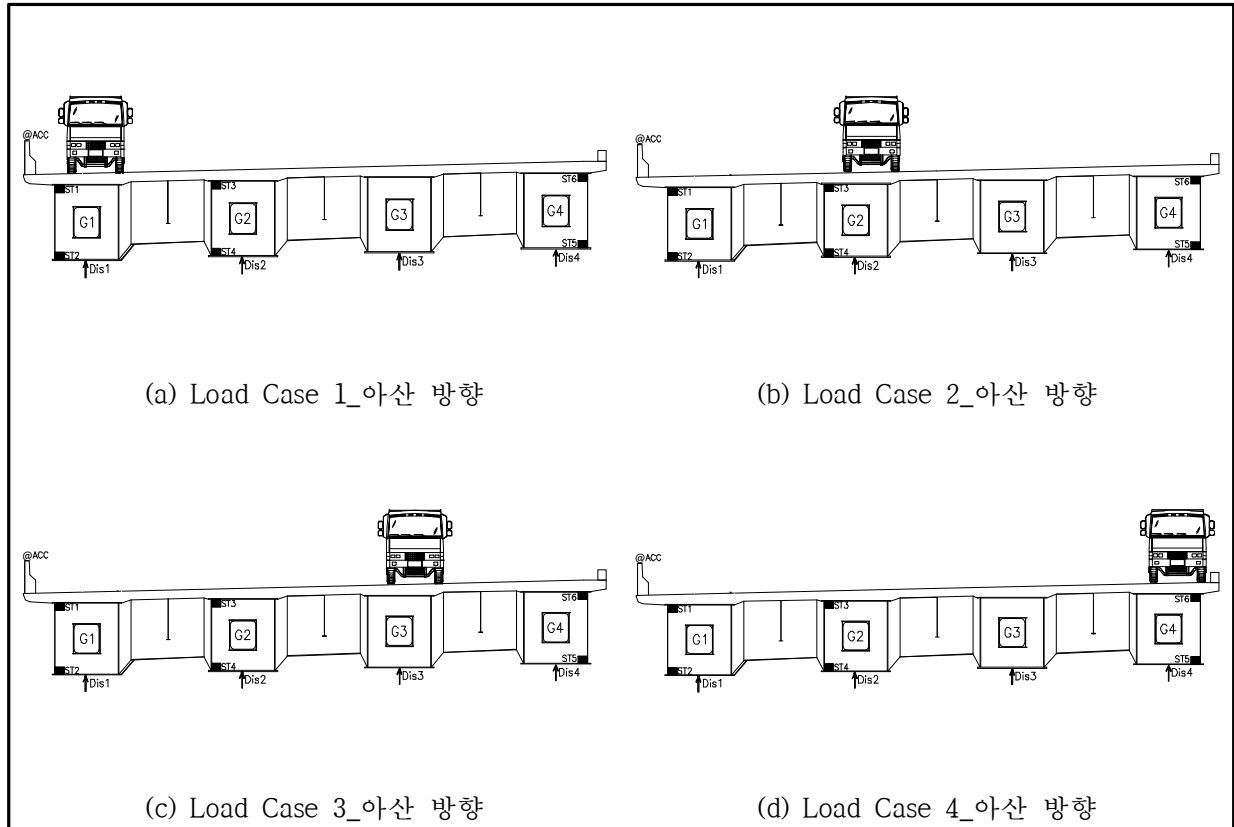
가. 시험방법

정적재하시험의 경우 1대의 재하차량을 이용하여 용인(A₂)에서 아산(A₁)방향으로 진행하며 LC1 ~ LC4 까지 총 4개의 하중조합으로 실시하였다.

정적재하시험의 재하경우는 다음 <표 5.6>과 같으며 <그림 5.5>은 차량 재하 방향 및 Load Case별 시험차량 위치를 나타내었다.

재하경우	주행방향	재하위치	비 고
LC1	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	G1	1대
LC2	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	G2	1대
LC3	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	G3	1대
LC4	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	G4	1대

<표 5.6> 정적재하시험 하중 재하 경우



<그림 5.5> Load Case별 재하위치

나. 정적재하시험 결과

본 교량에 대한 정적재하시험의 측정결과는 아래 <표 5.7>~<표 5.9>과 같으며 변형률의 경우 인장은 음(-), 변위의 경우 음(-)의 값은 하향의 처짐을 나타낸다.

구 분 하중경우	S ₁ 정모멘트부 [단위: $\mu \varepsilon$]						비 고
	G ₁		G ₂		G ₄		
	S1(하연)	S2(상연)	S3(하연)	S4(상연)	S5(하연)	S6(상연)	
LC1	-22.345	2.122	-6.778	4.475	-1.099	-0.204	
LC2	-11.377	0.260	-13.820	2.172	-4.703	0.739	
LC3	-6.421	0.479	-7.256	1.349	-11.785	1.560	
LC4	-1.884	0.380	-4.066	1.057	-21.780	0.588	

<표 5.7> 측 경간(S₁)의 정모멘트부 측정 결과 - 변형률

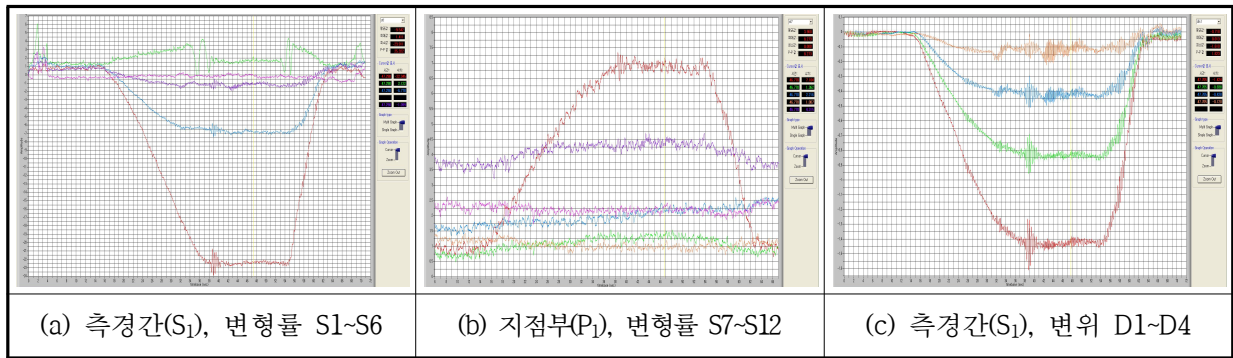
구 분 하중경우	P ₁ 부모멘트부 [단위: $\mu \varepsilon$]						비 고
	G ₁		G ₂		G ₄		
	S7(하연)	S8(상연)	S9(하연)	S10(상연)	S11(하연)	S12(상연)	
LC1	7.104	1.362	2.216	1.007	4.315	2.344	
LC2	4.175	0.123	1.018	0.066	1.782	-0.670	
LC3	1.919	-0.402	0.590	-0.130	2.088	-1.038	
LC4	1.117	0.563	1.218	0.491	5.376	0.043	

<표 5.8> P₁의 부모멘트부 측정 결과 - 변형률

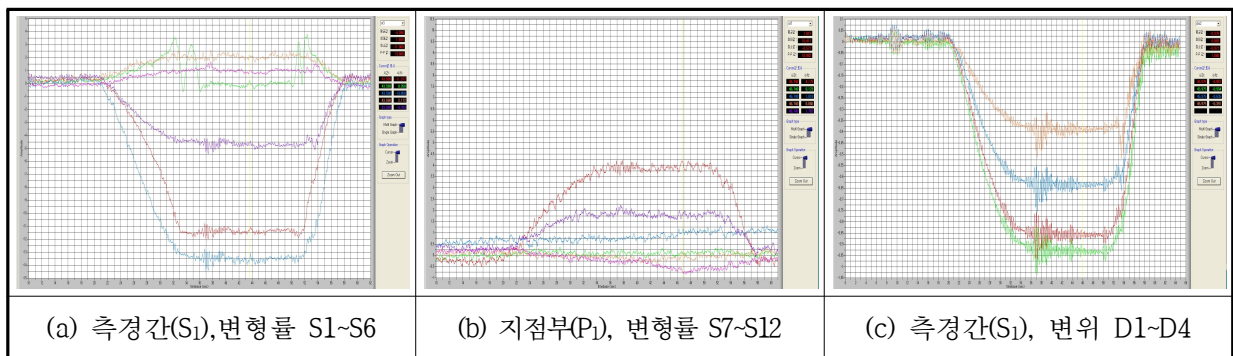
구 분 하중경우	S ₁ 정모멘트부 [단위:mm]				비 고
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	
	D1	D2	D3	D4	
LC1	-1.424	-0.838	-0.428	-0.120	
LC2	-0.857	-0.934	-0.635	-0.391	
LC3	-0.307	-0.621	-0.871	-0.740	
LC4	-0.095	-0.381	-0.852	-1.412	

<표 5.9> 측 경간(S₁)의 정모멘트부 측정 결과 - 변위

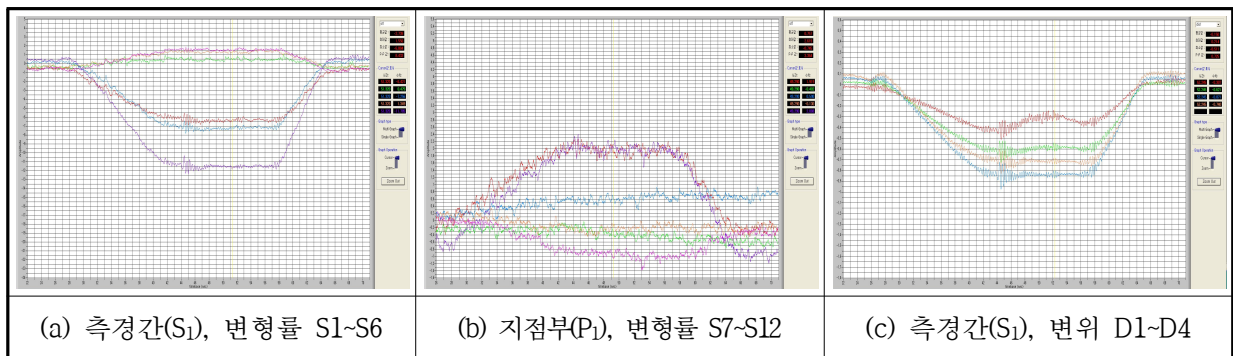
정적재하시험을 실시한 결과, 측 경간(S₁) 정모멘트부의 최대 변형률 및 최대 처짐은 $-22.345 \mu \varepsilon$ (인장), -1.424mm 로 나타났으며 지점부(P₁)에서의 최대변형률은 $7.104 \mu \varepsilon$ (압축)로 측정되었다. 다음 <그림 5.6>~<그림 5.9>에는 재하 경우 시 시간에 따른 변형률 및 변위의 응답곡선을 나타냈다.



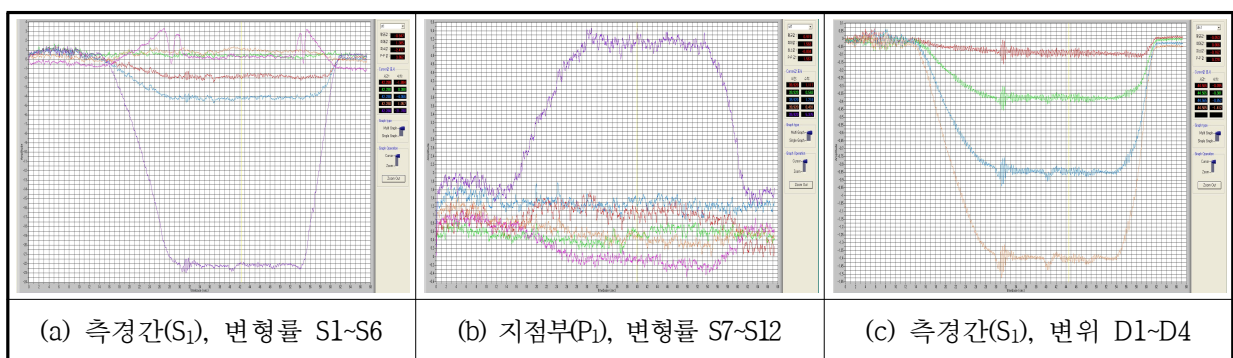
<그림 5.6> 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC1



<그림 5.7> 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC2



<그림 5.8> 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC3

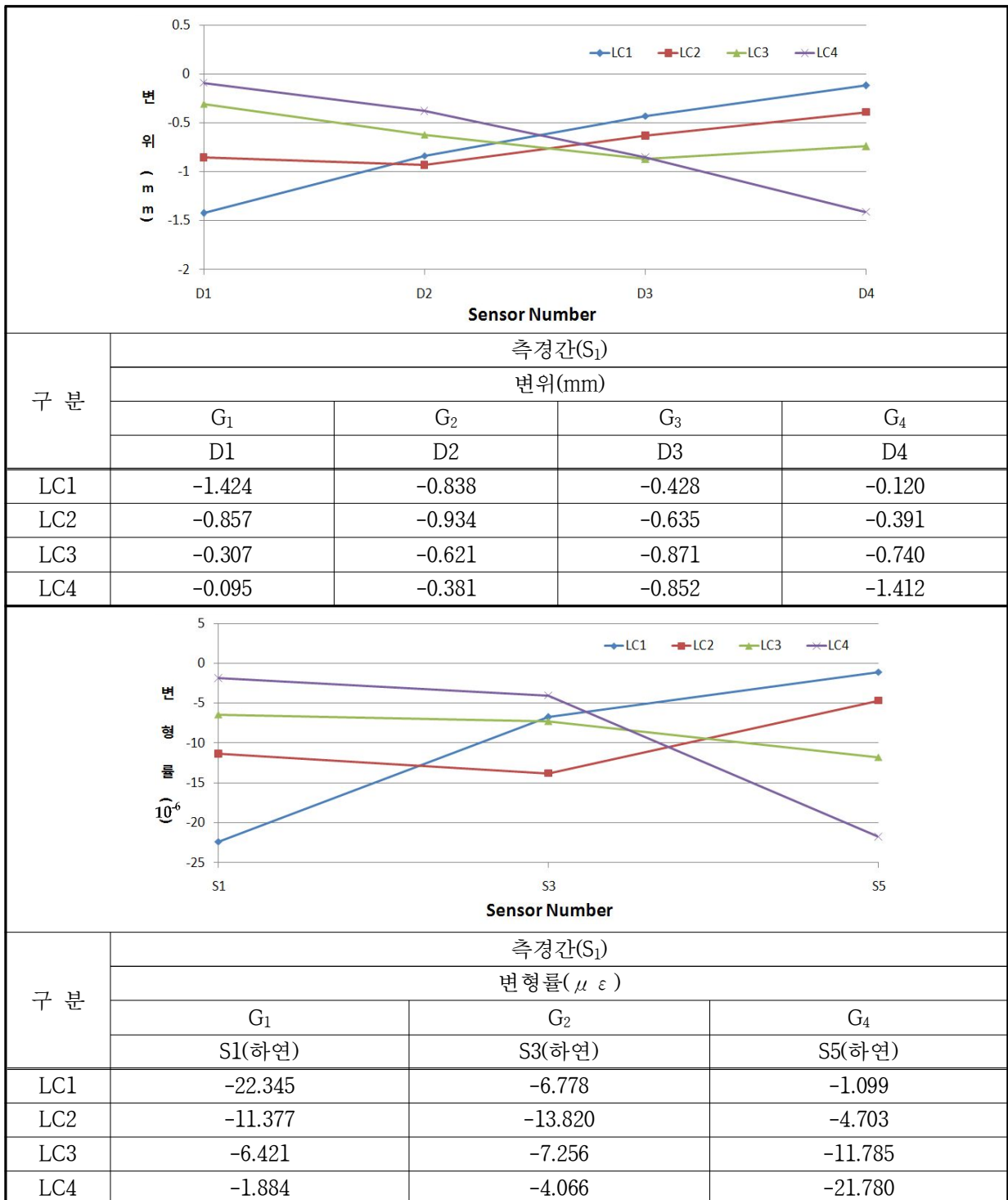


<그림 5.9> 정적 응답곡선(변형률, 변위) - LC4

다. 계측결과의 분석

1) 횡방향 거동 특성

정적재하시험결과를 바탕으로 본 교량의 횡방향 거동 특성을 파악하기 위해 변형을 및 변위의 분포를 분석한 결과, 각 재하 하중위치에 따른 변형률 및 변위의 횡방향 거동은 양호하게 나타나 특이한 구조거동은 없는 것으로 판단된다.

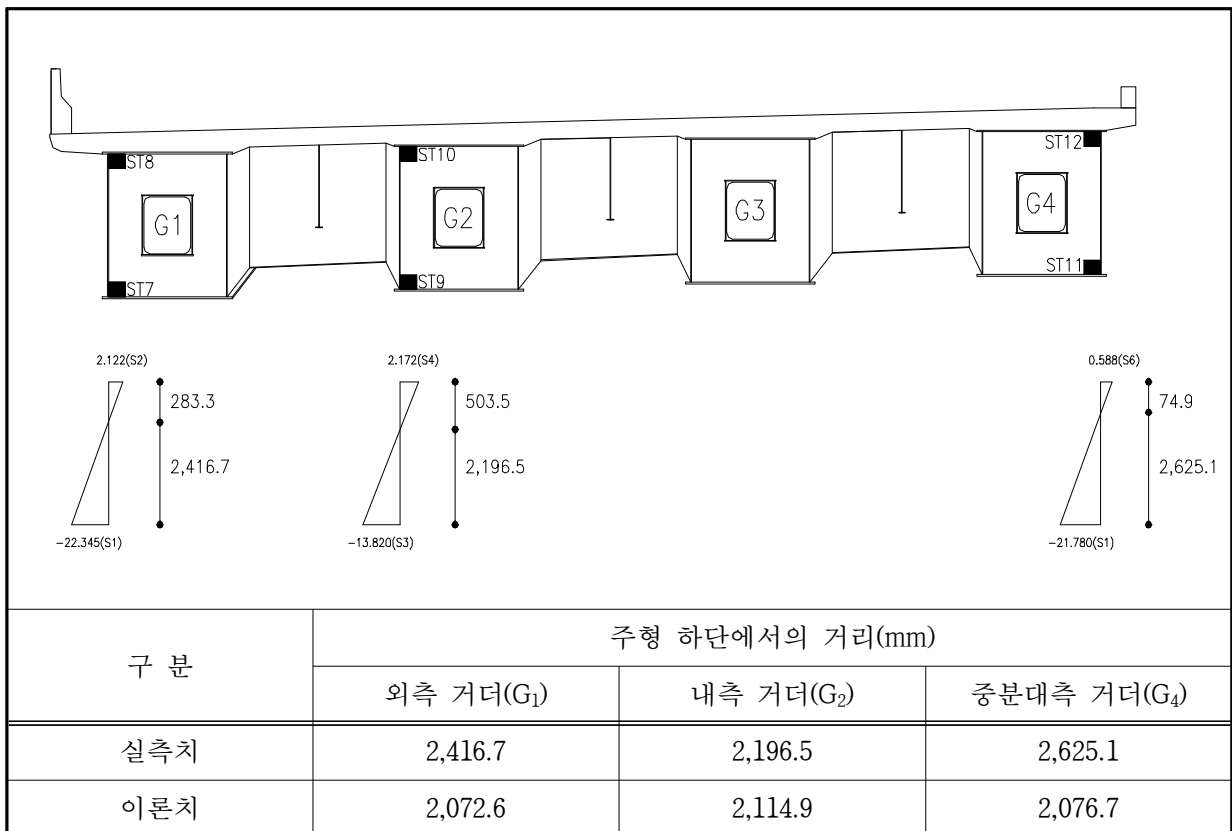


<표 5.10> 횡방향 거동분포

2) 중립축 위치분석

일반적으로 변형률의 측정값이 작을 경우 노이즈의 영향이 크므로 주형 상단에 설치된 변형률의 경우 응답값이 작아 중립축 위치 분석시 오차를 많이 포함하고 있으므로 정확하게 일치하지 않는 경향이 있다. 따라서, 본 측정구간에 대한 중립축 위치 분석은 주행위치에 있어 각 거더별 해당 LC를 이용하였다.

다음 <그림 5.10> 에는 주형 상하면에 부착한 변형률게이지 측정치를 직선 연결하여 구한 실측 중립축 위치(주형하단에서의 거리)를 도시하였고, 이론 중립축 위치와는 차이가 있으나 상대적으로 높게 나타나 재하차량에 대하여 단면이 양호한 거동을 하는 것으로 확인할 수 있다.



<그림 5.10> 측정간 중립축 위치분석

5.4 동적주행시험

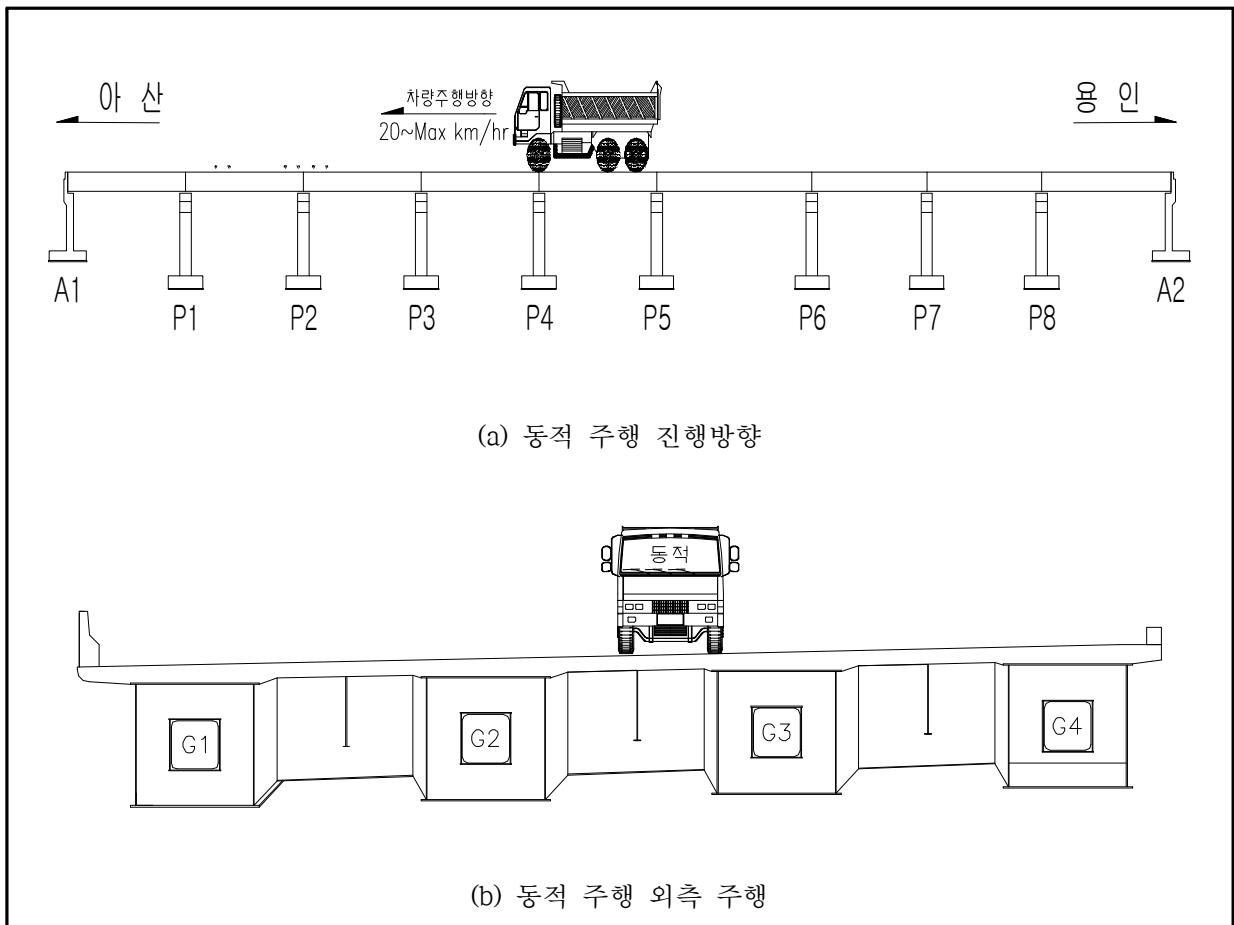
5.4.1 시험방법 및 결과

가. 주행시험 및 재하 경우

동적재하시험은 충격계수와 고유진동수 측정을 위하여 실시하였으며, 재하차량을 이용하여 20km/h에서 주행 가능한 최대속도 80km/h까지 속도를 증가하여 측정하였으며, 주행속도 및 주행방법은 <표 5.11> 및 <그림 5.11>에 나타내었다.

재하경우	주행방향	주행차선	주행속도(km/h)	비 고
LC1	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	3차선	20	
LC2	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	3차선	40	
LC3	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	3차선	60	
LC4	용인(A ₂) → 아산(A ₁)	3차선	80	최고속도

<표 5.11> 동적 재하시험 주행속도별 차량 진행 방향



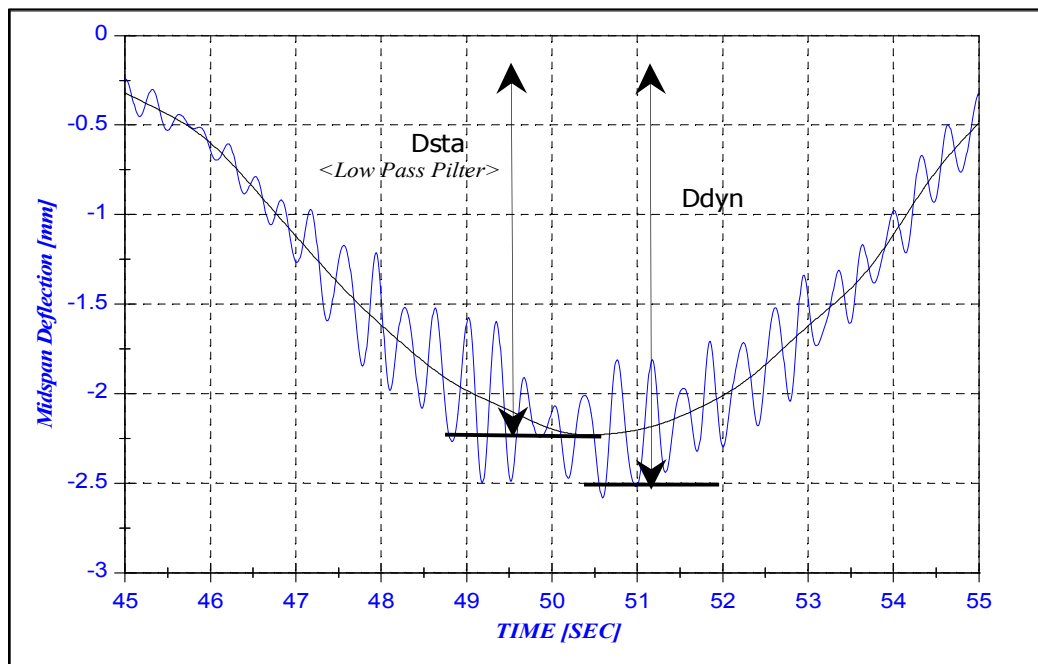
<그림 5.11> 동적 주행 방향 및 위치

나. 실측충격계수 분석

충격계수 산정시 5~10km 정도의 서행에 의한 응답을 정적응답치로 간주하고 이 값을 기준으로 속도별 응답치를 이용하여 충격계수를 산정하는 방법이 일반적으로 사용되나, 최초 서행시와 매 속도마다의 응답은 운전자의 숙달, 습관, 주행위치 이격 등으로 달라질 수 있다. 따라서 각 속도별 동적응답을 1.0Hz이하의 Low Pass Filter로 필터링하여 정적응답곡선을 구하고 필터링 전후의 값을 이용하여 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

산정방법은 <그림 5.12>와 같이 동적주행 시험의 각 속도별의 동적응답 곡선을 Low Pass Filter에 의해서 필터링한 최대정적응답 <Dsta(max)> 곡선을 기준으로 계측 최대 동적응답치<Ddyn(max)> 와 비교하여 실측충격계수를 산정한다.

$$\cdot \text{동적증폭율(D.L.F)} = \frac{D_{dyn}}{D_{sta(max)}}, \quad \cdot \text{실측충격계수 } i = D.L.F - 1$$



<그림 5.12> 응답 이력곡선

다. 동적재하시험 결과

1) 측 경간(S₁) 주행속도별 처짐 측정결과

동적재하시험 결과 시험차량에 의해 발생된 최대 처짐은 D3에서 40km/h 일 때 -0.978mm를 나타내었다.

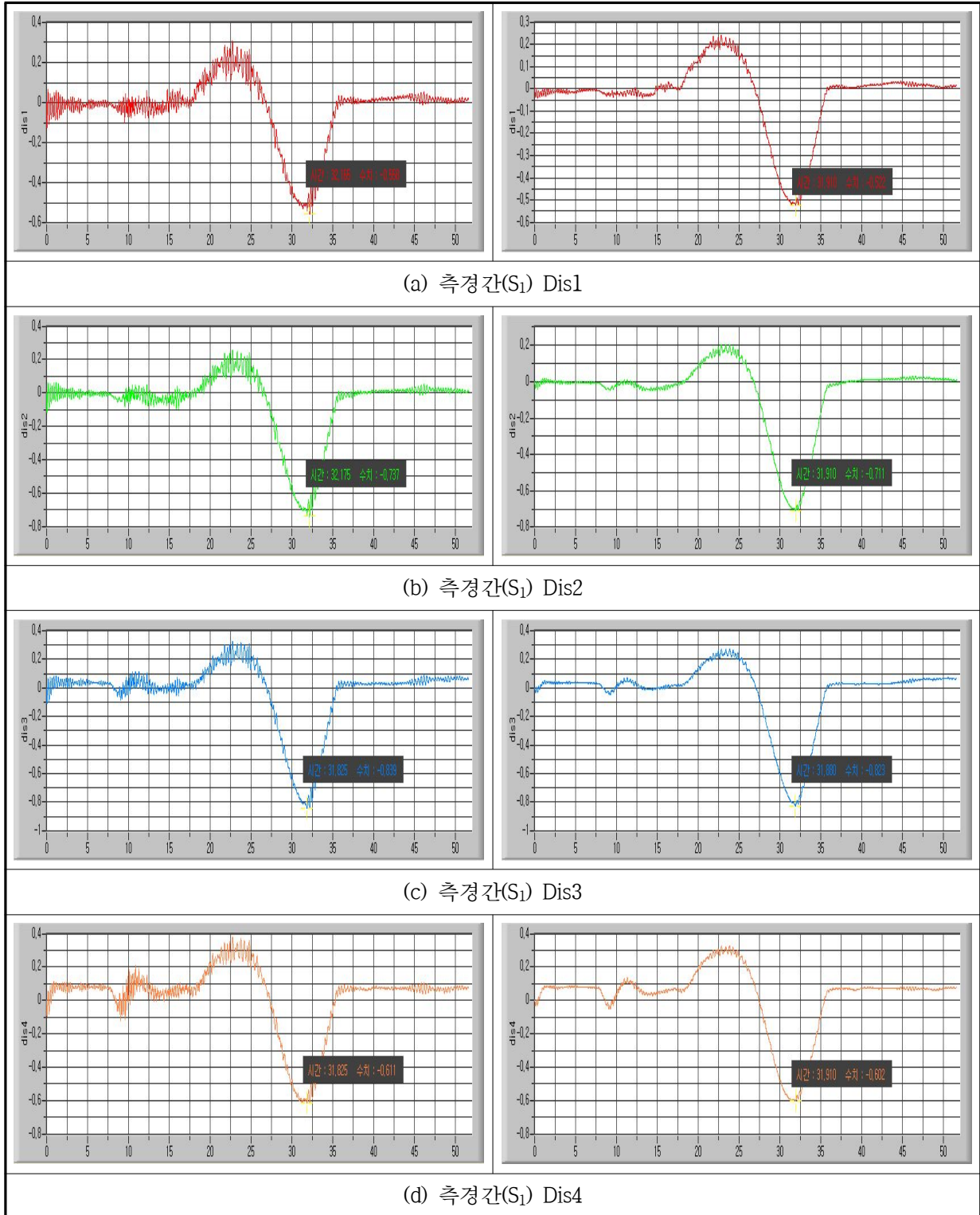
구 분 하중경우	S ₁ 정모멘트부 [단위:mm]				비 고
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	
	D1	D2	D3	D4	
LC 1(20km/h)	-0.558	-0.737	-0.839	-0.611	
LC 2(40km/h)	-0.725	-0.884	-0.978	-0.764	
LC 3(60km/h)	-0.601	-0.788	-0.915	-0.747	
LC 4(80km/h)	-0.517	-0.689	-0.878	-0.686	

<표 5.12> 측 경간(S₁)의 속도별 처짐 측정결과2) 측 경간(S₁) 주행속도별 충격계수 분석

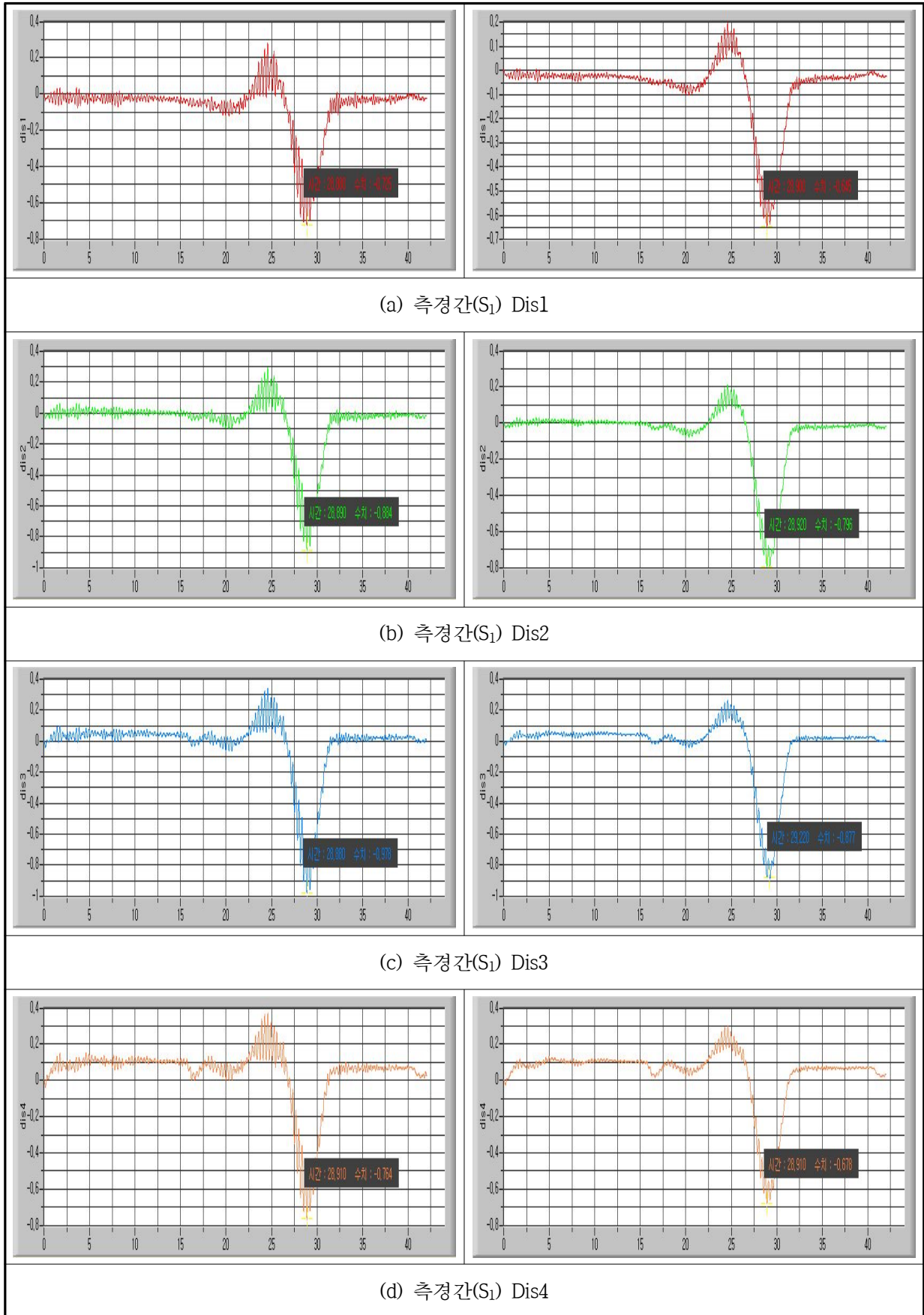
하중재하경우		측 경간(S ₁)			
		Dis1	Dis2	Dis3	Dis4
LC 1 (20km/h)	D _{dyn}	-0.558	-0.737	-0.839	-0.611
	D _{sta}	-0.522	-0.711	-0.823	-0.602
	D.L.F	1.069	1.037	1.019	1.015
	충격 계수(i)	0.069	0.037	0.019	0.015
LC 2 (40km/h)	D _{dyn}	-0.725	-0.884	-0.978	-0.764
	D _{sta}	-0.645	-0.796	-0.877	-0.678
	D.L.F	1.124	1.111	1.115	1.127
	충격 계수(i)	0.124	0.111	0.115	0.127
LC 3 (60km/h)	D _{dyn}	-0.601	-0.788	-0.915	-0.747
	D _{sta}	-0.529	-0.723	-0.852	-0.666
	D.L.F	1.136	1.090	1.074	1.122
	충격 계수(i)	0.136	0.090	0.074	0.122
LC 4 (80km/h)	D _{dyn}	-0.517	-0.689	-0.878	-0.686
	D _{sta}	-0.485	-0.672	-0.824	-0.635
	D.L.F	1.066	1.025	1.066	1.080
	충격 계수(i)	0.066	0.025	0.066	0.080
최대충격계수		0.136			
이론충격계수		0.176			

<표 5.13> 측 경간(S₁) 실측 충격계수

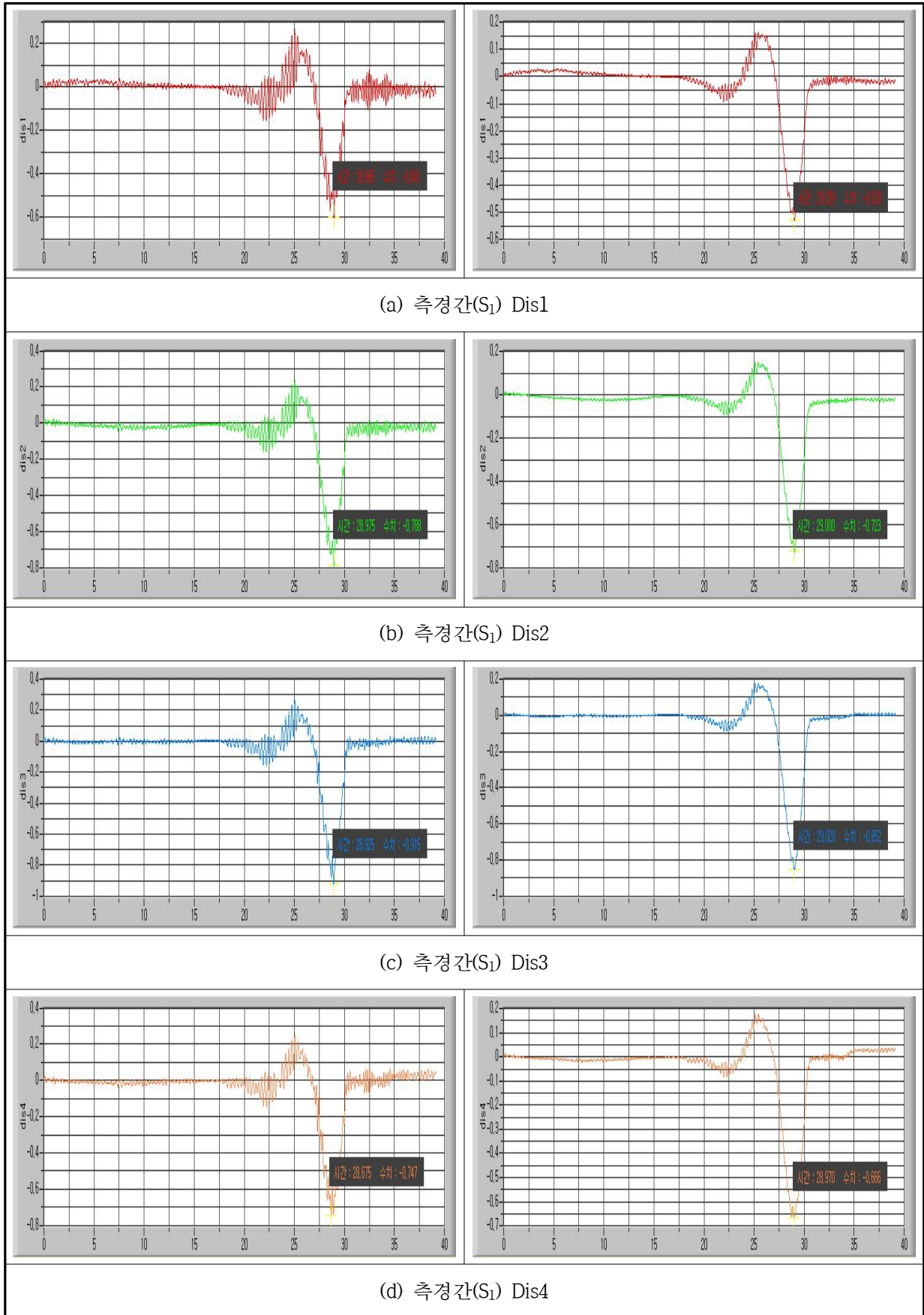
동적 주행시험결과 실측충격계수 최대값은 측 경간(S1)의 경우 60km/h 주행시 0.136로 나타나 도로교 설계기준에서 제시하는 이론충격계수 0.176보다 작게 분석되어 이동하중에 대한 영향은 양호한 것으로 판단된다. 각 속도별 충격계수를 <표 5.13>에 나타내었으며, 동적측정결과에 대한 필터링 전·후를 <그림 5.13>~<그림 5.16>에 도시하였다.



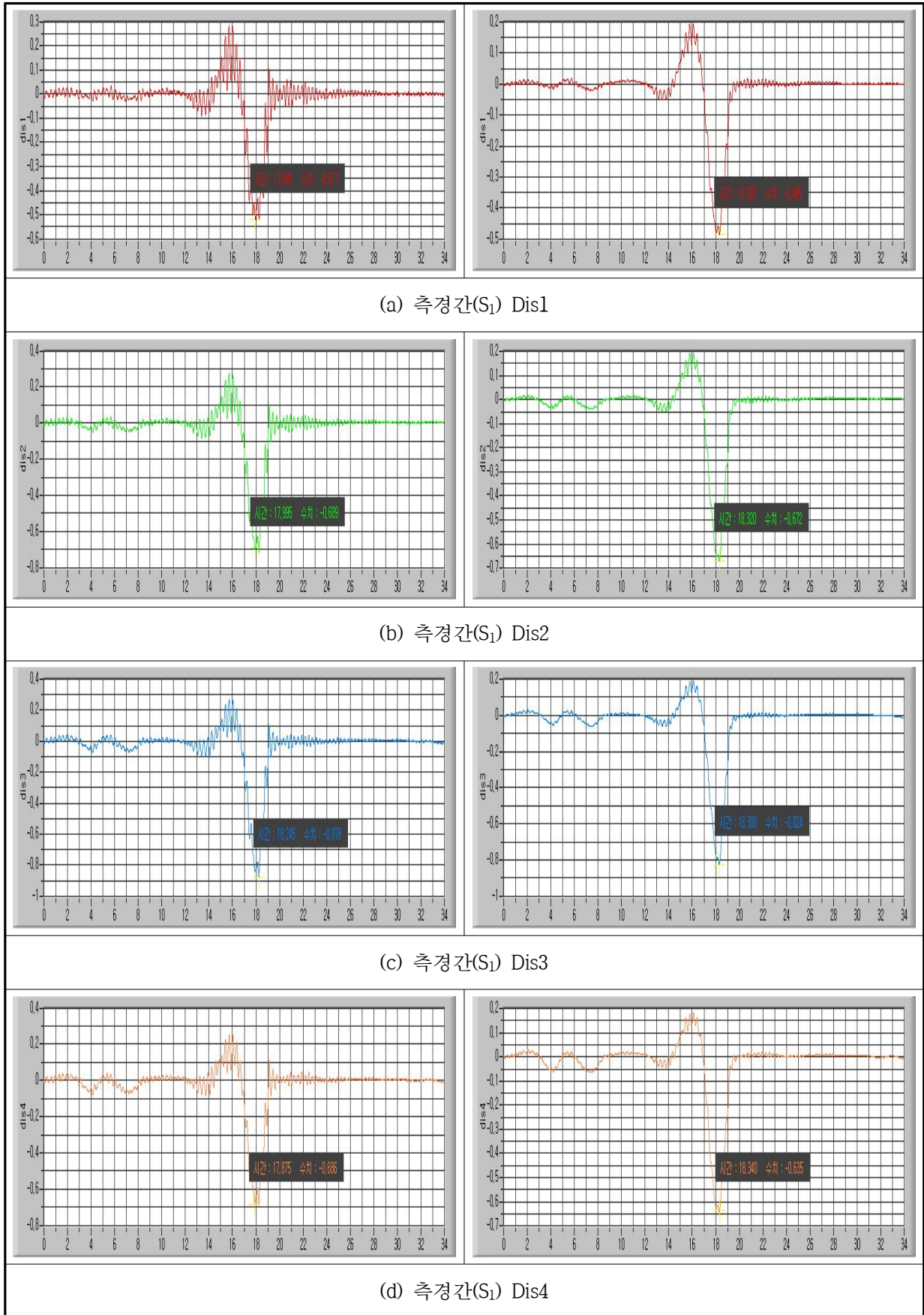
<그림 5.13> 필터링 전, 후 변위 응답 - 20km/h 주행



<그림 5.14> 필터링 전, 후 변위 응답 - 40km/h 주행



<그림 5.15> 필터링 전, 후 변위 응답 - 60km/h 주행



<그림 5.16> 필터링 전, 후 변위 응답 - 80km/h 주행

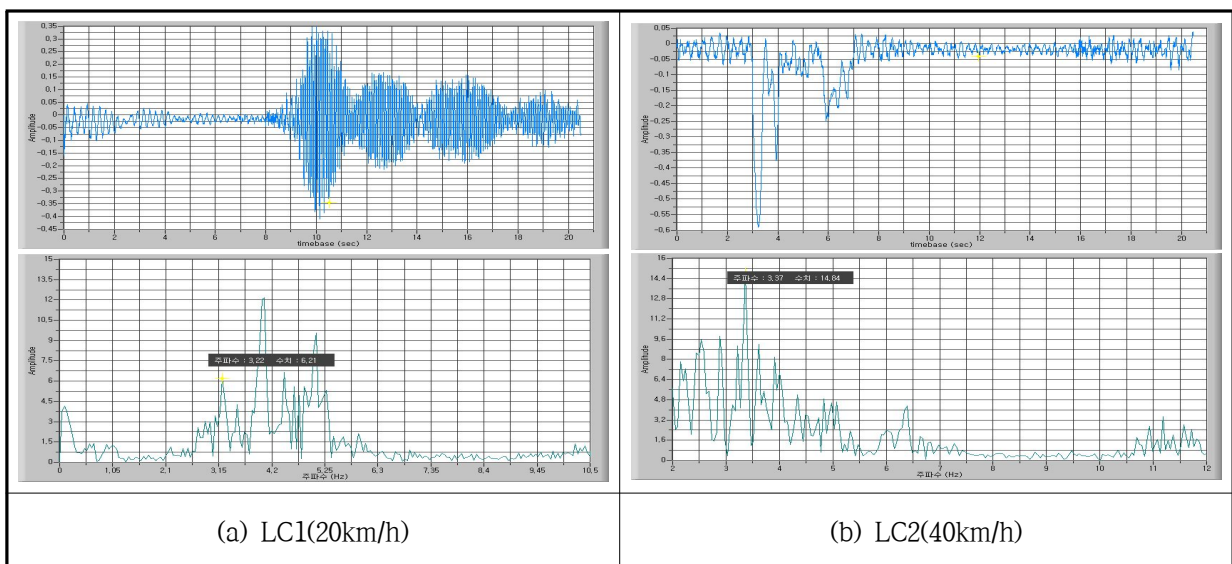
다. 고유진동수

대상교량의 고유진동수를 평가하기 위하여 측 구간(S_1) 정모멘트부에 가속도계를 1축 (연직방향)으로 부착하여 주행속도별로 진동가속도를 측정하였고 재하차량이 측정경간을 벗어나서 영향을 주지 않는 자유진동상태에서의 응답곡선으로 FFT 분석을 실시하였다. 분석결과 대상교량의 주행 속도에 따른 측정 고유진동수는 S_1 경간에서 2.93~3.37Hz로 나타나 해석고유진동수(3.196Hz)와 비슷하게 나타났다.

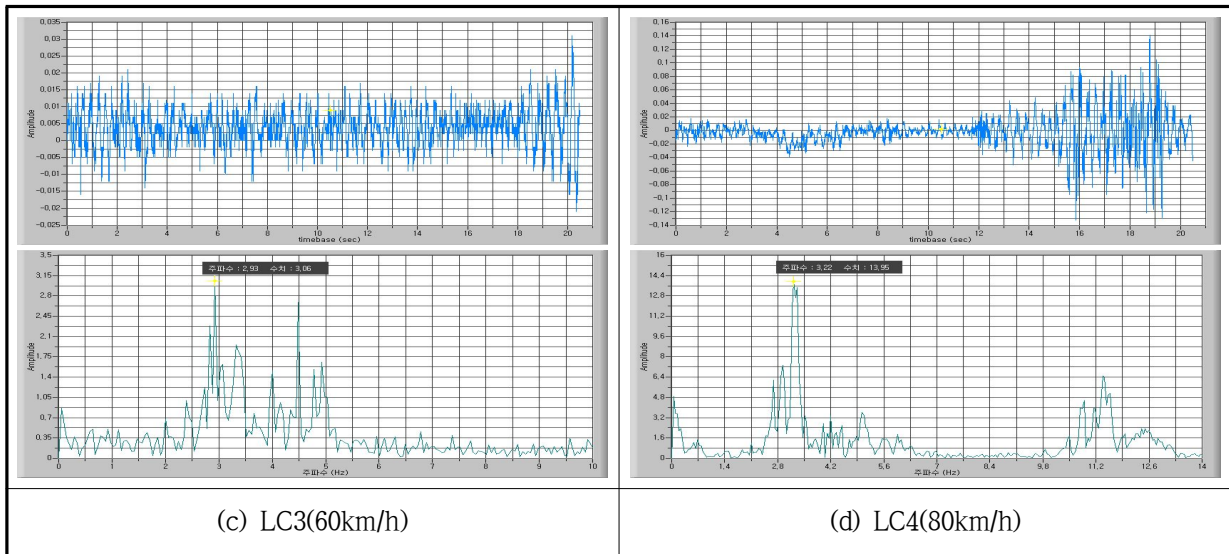
<표 5.14> 및 <그림 5.17>, <그림 5.18>에는 교량의 실측 및 계산 고유진동수를 비교한 것이며 합리적인 값으로 분석된다.

구분	ACCI(연직) 실측고유진동수(Hz)	해석고유진동수(Hz)	비 고
LC 1 (20km/h)	3.22	3.196	
LC 2 (40km/h)	3.37		
LC 3 (60km/h)	2.93		
LC 4 (80km/h)	3.22		

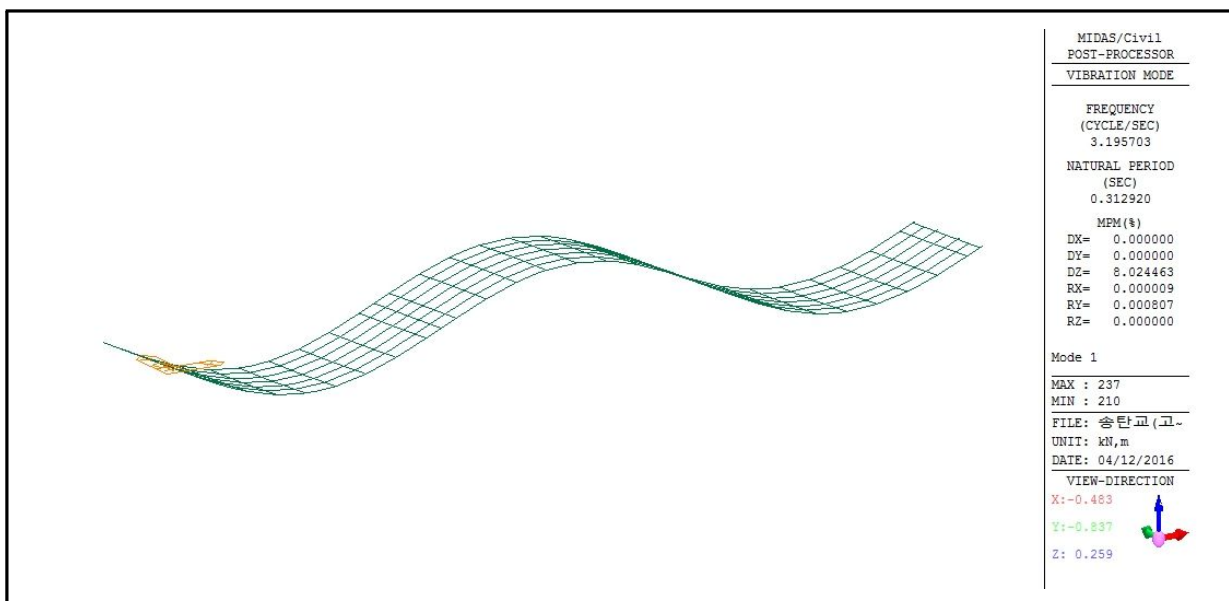
<표 5.14> 고유진동수 해석치 와 실측치 비교



<그림 5.17> 가속도 시간이력의 F.F.T 분석



〈그림 5.17〉 가속도 시간이력의 F.F.T 분석(계속)



〈그림 5.18〉 해석 고유진동수

5.5 재하시험 결과분석

5.5.1 재하시험 결과

송탄교(하행) 측 경간(S1)에 대한 금회 및 초기점검 재하시험 결과를 요약정리하면 다음과 같다.

시험구분	측정항목	Gauge No.	금회 정밀안전진단		2005년 초기점검		비 고
			측정치	측정최대치	측정치	측정최대치	
정적 재하시험	변형률 ($\mu \varepsilon$)	S1(하연)	-22.345	-22.345	-29.990	-29.990	
		S3(하연)	-13.820		-20.930		
		S5(하연)	-21.780		-		
		S2(상연)	2.122	4.475	6.982	6.982	
		S4(상연)	4.475		5.240		
		S6(상연)	1.560		-		
	처짐 (mm)	D1	-1.424	-1.424	-1.123	-1.123	
		D2	-0.934		-0.779		
		D3	-0.871		-0.736		
		D4	-1.412		-0.947		
동적 재하시험	처짐 (mm)	D1	-0.645	-0.877	-0.588	-0.774	
		D2	-0.796		-0.735		
		D3	-0.877		-0.774		
		D4	-0.678		-0.459		
	충격계수	D1	0.136	0.136	-	0.171	
		D2	0.111		-		
		D3	0.115		0.171		
		D4	0.127		-		
	고유진동수	ACC	2.39~3.37	3.37	2.63~3.41	3.41	

<표 5.15> 재하시험 결과분석

5.5.2 결과 고찰

- 1) 정적재하시험 결과 최대 휨모멘트 발생 구간에 대하여 처짐을 측정한 결과 최대 처짐은 LC1의 D1에서 -1.424mm가 발생했으며, 최대변형률은 LC1의 S1(하연)에서 인장 $-22.345 \mu \varepsilon$, LC1의 S4(상연)에서 압축 $4.475 \mu \varepsilon$ 가 발생하였다.
- 2) 동적재하시험 결과 시험차량에 의해 발생된 최대 처짐은 40km/h 일 때 D3에서 -0.877mm로 측정되었으며, 실측 충격계수는 0.136로 측정되어 시방서에서 규정하고 있는 설계 충격계수에 대한 기준치인 0.176 이내로 조사되었다. 실측 고유진동수는 2.39Hz로 측정되었다.

제 6 장 구조해석 및 안전성평가

6.1 개요

6.2 구조해석 및 안전성검토

6.3 내하력 평가

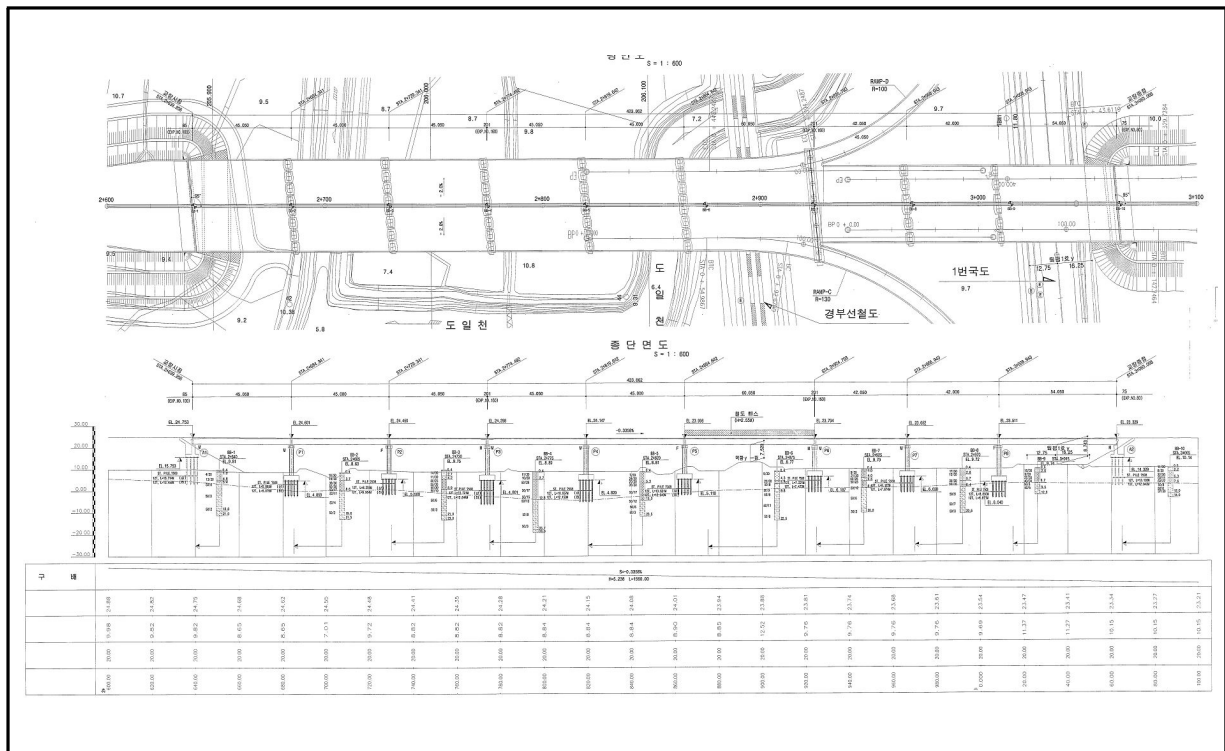
6.4 안전성 평가등급 산정

제 6 장 구조해석 및 안전성평가

6.1 개요

송탄교는 경기도 평택시 지제동에 위치한 국도 45호선 내의 교량으로 총 연장 423.3m, 폭 17.75~21.255m의 4~5차선으로서, 상부구조는 <그림 6.1>에 나타낸 것과 같이 강박스 거더교((45.05+45.0+45.05)+(45.05+45.0+60.05)+(42.05+42.0+54.05))로 구성되어 있다.

본 교량의 설계하중은 DB-24, DL-24로 현재 보유하고 있는 내하력은 2010년 개정된 도로교 설계기준으로 평가하였다.

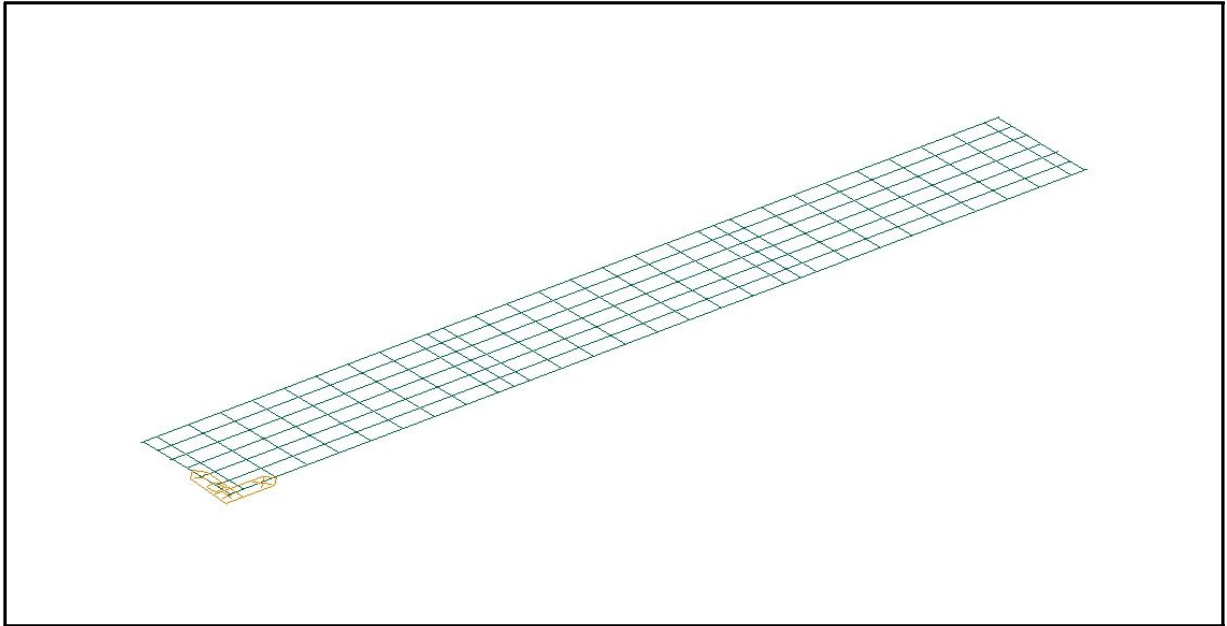


〈그림 6.1〉 송탄교 종평면도

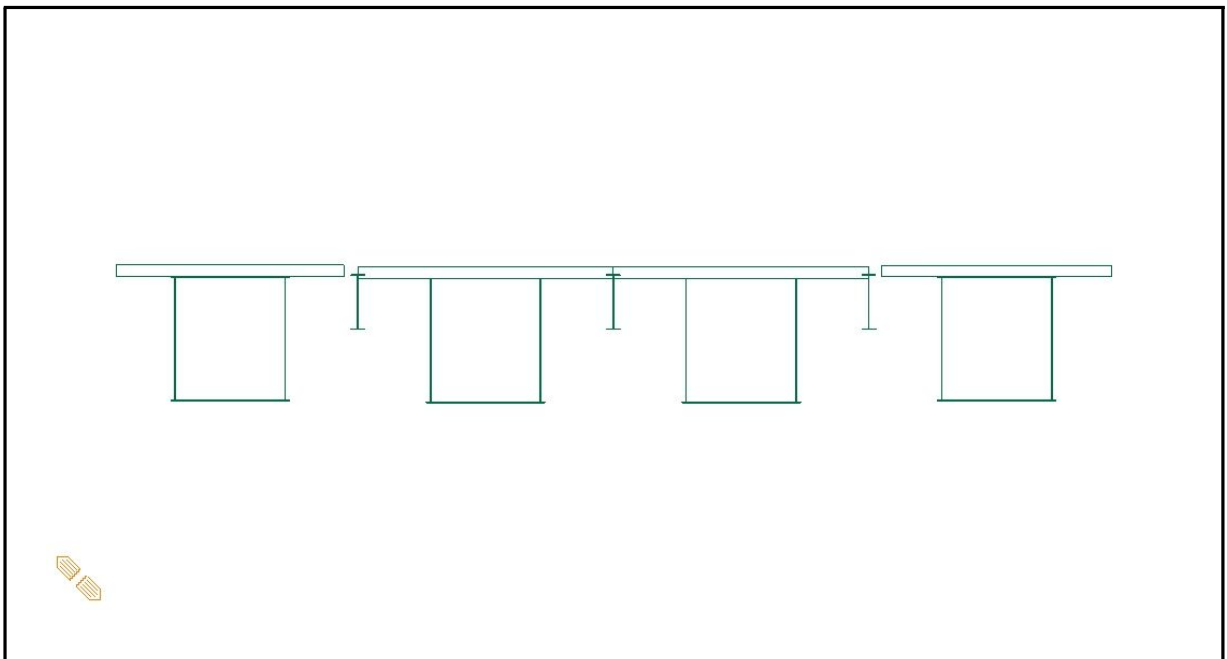
6.2 구조해석 및 안전성검토

6.2.1 구조해석 모델

대상교량에 대한 해석은 다음과 같이 주거더와 가로보 및 세로보를 보요소(Frame Element)를 사용하여 3차원으로 모델링하였고, 구조해석 모델은 강재 및 콘크리트의 자중을 하중으로 고려한 합성전 모델과 콘크리트와 강재가 일체로 거동하는 합성후 모델에 대하여 해석을 수행하였다.



〈그림 6.2〉 구조해석 모델링



〈그림 6.3〉 구조해석 모델 횡단면도

6.2.2 구조해석 조건

가. 구조형식 및 제원

- (1) 교량형식 : 3경간 연속 Steel Box Girder
- (2) 연 장 : $L = 3@45.0 = 135.0\text{m}$
- (3) 폭 원 : $B = 21.245\text{m}$
- (4) 교량등급 : 1등급(DB-24)

나. 사용재료

(1) 강재

- 종류 : 주부재 SM490, 부부재 SM400
- 탄성계수 : $E_s = 2.1 \times 10^5 \text{MPa}$
- 단위중량 : $\gamma_s = 78.5 \text{kN/m}^3$
- 허용응력 : 주부재 $f_{sa} = 190 \text{MPa}$, $\tau_a = 110 \text{MPa}$
부부재 $f_{sa} = 140 \text{MPa}$, $\tau_a = 80 \text{MPa}$

(2) 콘크리트

- 설계강도 : $f_{ck} = 27 \text{MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 26,701 \text{MPa}$ 여기서, $f_{cm} = f_{ck} + 4$
- 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 \text{kN/m}^3$
- 허용응력 : $f_{ca} = 0.4 f_{ck} = 10.80 \text{MPa}$, $f_{ta} = 0.07 f_{ck} = 1.89 \text{MPa}$

(3) 철근

- 종 류 : SD40
- 항복응력 : $f_y = 400 \text{MPa}$
- 탄성계수 : $E_r = 2.0 \times 10^5 \text{MPa}$
- 허용응력 : $f_{ta} = 160 \text{MPa}$, $f_{ca} = 180 \text{MPa}$

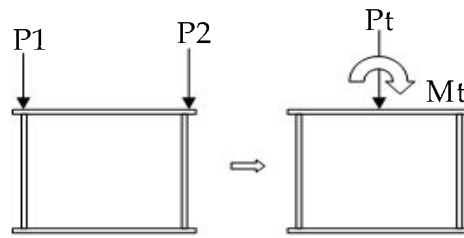
다. 하중조건

(1) 합성전 고정하중

① 강재자중

교량의 강재 자중은 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중을 포함하여 주부재 자중의 1.3배를 적용하였다.

② 바닥판 하중



구분	G1	ST1	G2	ST2
연직하중 (kN)	-31.700	-10.400	-30.000	-10.400
비틀림 (kN·m)	-1.100	-	0.500	-
구분	G3	ST3	G4	비고
연직하중 (kN)	-30.000	-10.400	-30.400	-
비틀림 (kN·m)	0.500	-	1.900	-

〈표 6.1〉 바닥판 하중

(2) 합성후 고정하중

구분	G1	ST1	G2	ST2
연직하중 (kN)	-8.900	-2.800	-7.200	-2.800
비틀림 (kN·m)	-1.600	-	0.100	-
구분	G3	ST3	G4	비고
연직하중 (kN)	-7.200	-2.800	-16.100	-
비틀림 (kN·m)	0.100	-	6.900	-

〈표 6.2〉 합성후 고정하중

(3) 활하중(DB-24, DL-24)

① 차량하중 (DB-24, DL-24)

- 프로그램내에서 Moving Load로 재하

② 충격계수

$$\cdot i = \frac{15}{40 + L_1} = \frac{15}{40 + 45.00} = 0.176$$

(4) 재하시험 차량하중

대상교량의 내하력을 평가하기 위해 재하차량에 대한 해석을 수행하였다. 제원은 보고서 재하시험 편에 수록되어 있으며 각 하중경우에 해당하는 최대응답을 산정하였다.

(5) 온도하중

온도하중은 합성형교에서 고려하는 일반적인 경우로서 바닥판 콘크리트와 강박스거더의 온도차이를 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 로 고려하였다.

(6) 크리프

합성단면으로서의 바닥판 콘크리트에 지속하중이 작용하는 경우 크리프에 의한 응력은 도로교 설계기준에 제시되어 있는 $\phi_1=2.0$ 을 사용하여 검토하였다.

(7) 건조수축

바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 응력의 계산에 사용하는 최종수축률 ϵ_s 는 도로교 설계기준에 제시되어 있는 27×10^{-5} , 크리프계수 ϕ_2 는 $\phi_2 = 2\phi_1 = 4.0$ 을 사용하여 검토하였다.

(8) 하중조합

대상교량의 구조안전성검토를 위해 고려된 하중조합은 다음과 같다.

- COMB 1 : 고정하중(합성전 + 합성후) + 활하중
- COMB 2 : 고정하중 + 활하중 + 크리프 + 건조수축
- COMB 3 : 고정하중 + 활하중 + 크리프 + 건조수축 + 온도변화(+10℃)
- COMB 4 : 고정하중 + 활하중 + 크리프 + 건조수축 + 온도변화(-10℃)

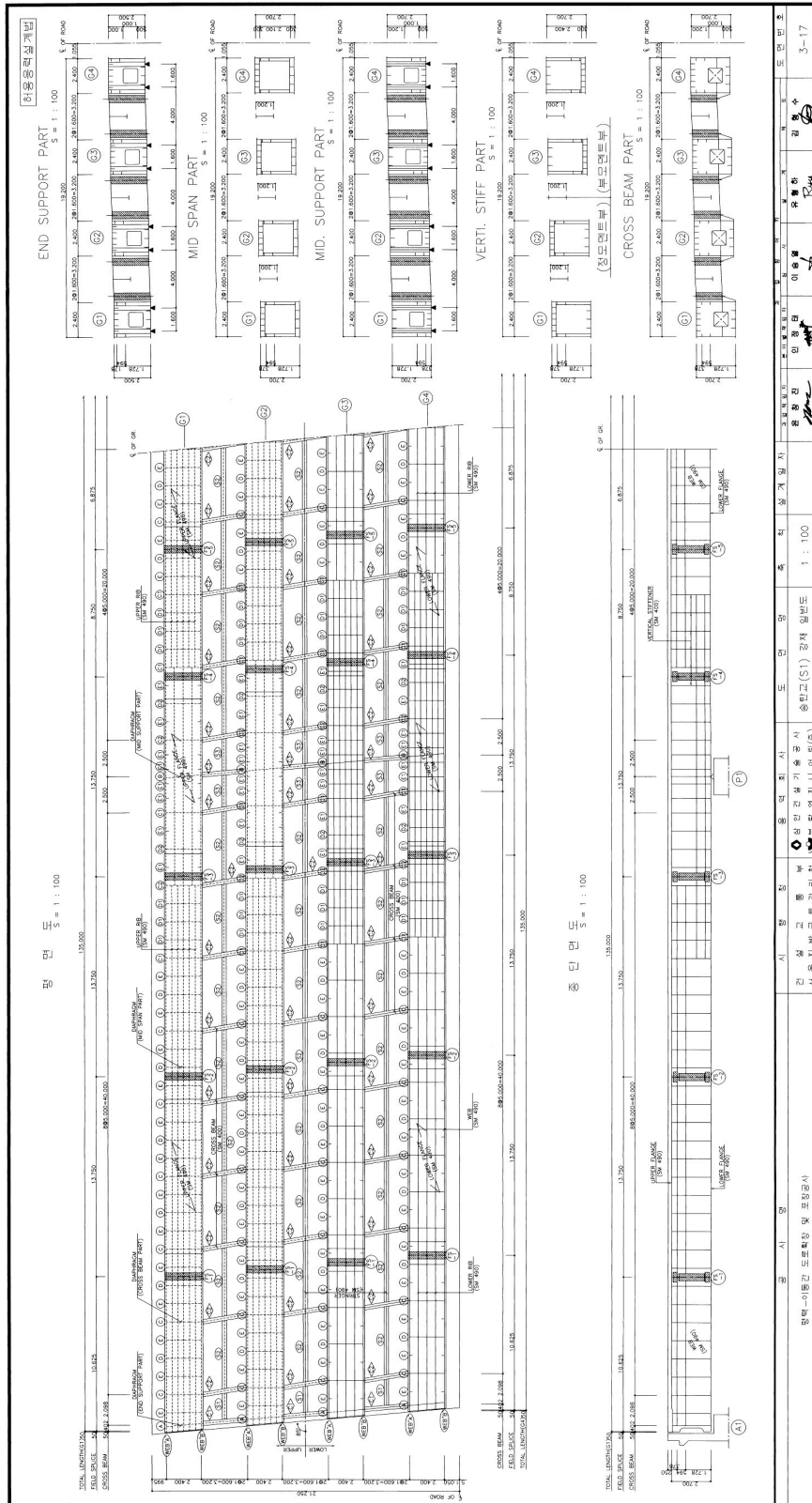
(9) 참고문헌

- 도로교 설계기준(한국도로교통협회, 2010)
- 콘크리트구조기준(한국콘크리트학회, 2012)
- 도로설계편람(제5편)(건설교통부, 2008)
- 도로설계요령(한국도로공사, 2009)

(10) 사용 Program

- 범용 구조해석 프로그램 MIDAS/CIVIL

6.2.3 검토단면



〈그림 6.4〉 검토단면

6.2.4 거더특성

가. 단면제원

	Bt =	2,600	mm
	Bb =	2,400	mm
	B1 =	100	mm
	Hw =	2,700	mm
	Bur, Blr =	150	mm
	Tur, Tlr =	14	mm
	바닥판 폭 =	4,995~5,600	mm
	바닥판 두께 =	250	mm

구 분			FLG.Th(mm)		Web Th (mm)	Nur (ea)	Nlr (ea)	단면적 A(mm ²)	중립축(mm)		단면2차모멘트 I _y (mm ⁴)
			T _u	T _l					Y _{su}	Y _{sl}	
외측 거더	SEC -A	합성전	12	12	12	5	3	149,760.0	1,300.3	1,423.7	183,976,700,000
		합성후						312,286.3	558.5	2,165.5	343,154,900,000
	SEC -B	합성전	16	18	12	5	3	175,760.0	1,353.9	1,380.1	232,936,800,000
		합성후						338,286.3	643.4	2,090.6	418,459,300,000
	SEC -C	합성전	14	14	12	5	3	160,160.0	1,306.3	1,421.7	203,334,600,000
		합성후						322,686.3	585.4	2,142.6	369,435,000,000
	SEC -D	합성전	14	14	12	5	5	170,120.0	1,364.0	1,364.0	213,828,300,000
		합성후						332,646.3	636.5	2,091.5	398,958,000,000
	SEC -E	합성전	22	22	12	3	5	201,760.0	1,417.8	1,326.2	281,296,000,000
		합성후						364,286.3	729.5	2,014.5	496,402,900,000
내측 거더	SEC -A	합성전	12	12	12	5	3	149,760.0	1,300.3	1,43.7	183,976,700,000
		합성후						331,971.7	518.0	2,206.0	351,908,700,000
	SEC -B	합성전	16	18	12	5	3	175,760.0	1,353.9	1,380.1	232,936,800,000
		합성후						357,971.7	601.1	2,132.9	429,544,400,000
	SEC -C	합성전	14	14	12	5	3	160,160.0	1,306.3	1,421.7	203,334,600,000
		합성후						342,371.7	544.6	2,183.4	378,900,800,000
	SEC -D	합성전	14	14	12	5	5	170,120.0	1,364.0	1,364.0	213,828,300,000
		합성후						352,331.7	593.9	2,134.1	409,837,800,000
	SEC -E	합성전	22	22	12	3	5	201,760.0	1,417.8	1,326.2	281,296,000,000
		합성후						383,971.7	685.7	2,058.3	510,141,800,000

〈표 6.3〉 강박스 거더의 단면성질

구 분			FLG.Th(mm)		Web Th (mm)	Nur (ea)	Nlr (ea)	단면적 A(mm ²)	중립축(mm)		단면2차모멘트 I _y (mm ⁴)
			T _u	T _l					Y _{su}	Y _{sl}	
중 앙 분 리 대 측 거 더	SEC -A	합성전	12	12	12	5	3	149,760.0	1,300.3	1,423.7	183,976,700,000
		합성후						314,075.9	554.6	2,169.4	343,995,500,000
	SEC -B	합성전	16	18	12	5	3	175,760.0	1,353.9	1,380.1	232,936,800,000
		합성후						340,075.9	639.3	2,094.7	419,519,600,000
	SEC -C	합성전	14	14	12	5	3	160,160.0	1,306.3	1,421.7	203,334,600,000
		합성후						324,475.9	581.5	2,146.5	370,342,500,000
	SEC -D	합성전	14	14	12	5	5	170,120.0	1,364.0	1,364.0	213,828,300,000
		합성후						334,435.9	632.4	2,095.6	399,999,500,000
	SEC -E	합성전	22	22	12	3	5	201,760.0	1,417.8	1,326.2	281,296,000,000
		합성후						366,075.9	725.3	2,018.7	497,712,500,000

〈표 6.3〉 강박스 거더의 단면성질 (계속)

나. 플랜지 유효폭 산정

응력과 변형을 계산하기 위한 유효폭은 강재플랜지의 유효폭과 바닥판의 유효폭으로 구분하여 계산하며, 도로교 설계기준에 따른다.

(1) 플랜지 유효폭

① 제1지간 중앙부

$$\cdot l = 0.8L_1 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$$

- 상부

$$\cdot b_1/l = 1.200 / 36.00 = 0.033 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L1} = b_1 = 1.200\text{m}$$

$$\ast \text{플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L1} + b_e) = 2.600\text{m}$$

- 하부

$$\cdot b_2/l = 1.200 / 36.00 = 0.033 \quad \therefore b_2/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L1} = b_2 = 1.200\text{m}$$

$$\ast \text{플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L1} + b_e) = 2.600\text{m}$$

② 제1지간 지점부

$$\cdot l = 0.2(L_1 + L_2) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m}$$

- 상부

$$\cdot b_1/l = 1.200 / 18.00 = 0.067 \quad \therefore 0.05 < b_1/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda S_1 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.040\text{m}$$

$$\text{※ 플랜지 유효폭} : 2(\lambda S_1 + b_e) = 2.280\text{m}$$

- 하부

$$\cdot b_2/l = 1.200 / 18.00 = 0.067 \quad \therefore 0.05 < b_2/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda S_1 = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 1.040\text{m}$$

$$\text{※ 플랜지 유효폭} : 2(\lambda S_1 + b_e) = 2.280\text{m}$$

③ 제2지간 중앙부

$$\cdot l = 0.6L_2 = 0.6 \times 45.00 = 27.00\text{m}$$

- 상부

$$\cdot b_1/l = 1.200 / 27.00 = 0.044 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L2} = b_1 = 1.200\text{m}$$

$$\text{※ 플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L2} + b_e) = 2.600\text{m}$$

- 하부

$$\cdot b_2/l = 1.200 / 27.00 = 0.044 \quad \therefore b_2/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L2} = b_2 = 1.200\text{m}$$

$$\text{※ 플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L2} + b_e) = 2.600\text{m}$$

④ 제2지간 지점부

$$\cdot l = 0.2(L_2 + L_3) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m}$$

- 상부

$$\cdot b_1/l = 1.200 / 18.00 = 0.067 \quad \therefore 0.05 < b_1/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda S_2 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.040\text{m}$$

$$\text{※ 플랜지 유효폭} : 2(\lambda S_2 + b_e) = 2.280\text{m}$$

- 하부

$$\cdot b_2/l = 1.200 / 18.00 = 0.067 \quad \therefore 0.05 < b_2/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda_{S_2} = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 1.040\text{m}$$

$$\ast \text{플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{S_2} + b_e) = 2.280\text{m}$$

⑤ 제3지간 중앙부

$$\cdot l = 0.8L_3 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$$

- 상부

$$\cdot b_1/l = 1.200 / 36.00 = 0.033 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L3} = b_1 = 1.200\text{m}$$

$$\ast \text{플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L3} + b_e) = 2.600\text{m}$$

- 하부

$$\cdot b_2/l = 1.200 / 36.00 = 0.033 \quad \therefore b_2/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_{L3} = b_2 = 1.200\text{m}$$

$$\ast \text{플랜지 유효폭} : 2(\lambda_{L3} + b_e) = 2.600\text{m}$$

(2) 바닥판 유효폭 (외측거더)

$$\cdot X_1 = 3.200\text{m}, X_2 = 0.995\text{m}, h = 0.050\text{m}, b_e = 0.100\text{m}$$

$$\cdot b_1 = [X_1 - 2(b_e + H)]/2 = 1.450\text{m}, b_2 = X_2 - b_e = 0.895\text{m}$$

① 제1지간 중앙부

$$\cdot l = 0.8L_1 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$$

$$\cdot b_1/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_1 = b_1 = 1.450\text{m}$$

$$\cdot b_2/l = 0.895 / 36.00 = 0.025 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50$$

$$\cdot \lambda_2 = b_2 = 0.895\text{m}$$

$$\ast \text{바닥판 유효폭} : \text{플랜지 유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.995\text{m}$$

② 제1지간 지점부

$$\begin{aligned} \cdot l &= 0.2(L_1 + L_2) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m} \\ \cdot b_1/l &= 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30 \\ \cdot \lambda_1 &= [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m} \\ \cdot b_2/l &= 0.895 / 18.00 = 0.050 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30 \\ \cdot \lambda_2 &= [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 0.816\text{m} \end{aligned}$$

$$\ast \text{ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.352\text{m}$$

③ 제2지간 중앙부

$$\begin{aligned} \cdot l &= 0.6L_2 = 0.6 \times 45.00 = 27.00\text{m} \\ \cdot b_1/l &= 1.450 / 27.00 = 0.054 \quad \therefore 0.05 < b_1/l \leq 0.30 \\ \cdot \lambda_1 &= [1.1 - 2(b_1/l) \times b_1] = 1.439\text{m} \\ \cdot b_2/l &= 0.895 / 27.00 = 0.033 \quad \therefore b_2/l \leq 0.05 \\ \cdot \lambda_2 &= b_2 = 0.895\text{m} \end{aligned}$$

$$\ast \text{ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.984\text{m}$$

④ 제2지간 지점부

$$\begin{aligned} \cdot l &= 0.2(L_2 + L_3) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m} \\ \cdot b_1/l &= 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30 \\ \cdot \lambda_1 &= [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m} \\ \cdot b_2/l &= 0.895 / 18.00 = 0.050 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30 \\ \cdot \lambda_2 &= [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 0.816\text{m} \end{aligned}$$

$$\ast \text{ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.352\text{m}$$

⑤ 제3지간 중앙부

$$\begin{aligned} \cdot l &= 0.8L_1 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m} \\ \cdot b_1/l &= 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05 \\ \cdot \lambda_1 &= b_1 = 1.450\text{m} \\ \cdot b_2/l &= 0.895 / 36.00 = 0.025 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50 \\ \cdot \lambda_2 &= b_2 = 0.895\text{m} \end{aligned}$$

$$\ast \text{ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.995\text{m}$$

(3) 바닥판 유효폭 (내측거더)

$$\begin{aligned} & \cdot X_1 = 3.200\text{m}, X_2 = 3.200\text{m}, h = 0.050\text{m}, b_e = 0.100\text{m} \\ & \cdot b_1 = [X_1 - 2(b_e + H)]/2 = 2.900\text{m}, b_2 = [X_2 - 2(b_e + H)]/2 = 2.900\text{m} \end{aligned}$$

① 제1지간 중앙부

$$\begin{aligned} & \cdot l = 0.8L_1 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m} \\ & \cdot b_1/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05 \\ & \cdot \lambda_1 = b_1 = 1.450\text{m} \\ & \cdot b_2/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50 \\ & \cdot \lambda_2 = b_2 = 1.450\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.600\text{m}$$

② 제1지간 지점부

$$\begin{aligned} & \cdot l = 0.2(L_1 + L_2) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m} \\ & \cdot b_1/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30 \\ & \cdot \lambda_1 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m} \\ & \cdot b_2/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30 \\ & \cdot \lambda_2 = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 1.206\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.792\text{m}$$

③ 제2지간 중앙부

$$\begin{aligned} & \cdot l = 0.6L_2 = 0.6 \times 45.00 = 27.00\text{m} \\ & \cdot b_1/l = 1.450 / 27.00 = 0.054 \quad \therefore 0.05 < b_1/l \leq 0.30 \\ & \cdot \lambda_1 = [1.1 - 2(b_1/l) \times b_1] = 1.439\text{m} \\ & \cdot b_2/l = 1.450 / 27.00 = 0.054 \quad \therefore 0.05 < b_2/l \leq 0.30 \\ & \cdot \lambda_2 = [1.1 - 2(b_2/l) \times b_2] = 1.439\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.578\text{m}$$

④ 제2지간 지점부

$$\cdot l = 0.2(L_2 + L_3) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m}$$

$$\cdot b_1/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda_1 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m}$$

$$\cdot b_2/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30$$

$$\cdot \lambda_2 = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 1.206\text{m}$$

$$\ast \text{바닥판 유효폭} : \text{플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.792\text{m}$$

⑤ 제3지간 중앙부

$$\cdot l = 0.8L_3 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$$

$$\cdot b_1/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_1 = b_1 = 1.450\text{m}$$

$$\cdot b_2/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50$$

$$\cdot \lambda_2 = b_2 = 1.450\text{m}$$

$$\ast \text{바닥판 유효폭} : \text{플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.600\text{m}$$

(4) 바닥판 유효폭 (중앙분리대측거더)

$$\cdot X_1 = 3.200\text{m}, X_2 = 1.050\text{m}, h = 0.050\text{m}, b_e = 0.100\text{m}$$

$$\cdot b_1 = [X_1 - 2(b_e + H)]/2 = 2.900\text{m}, b_2 = [X_2 - 2(b_e + H)]/2 = 0.950\text{m}$$

① 제1지간 중앙부

$$\cdot l = 0.8L_1 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$$

$$\cdot b_1/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$$

$$\cdot \lambda_1 = b_1 = 1.450\text{m}$$

$$\cdot b_2/l = 0.950 / 36.00 = 0.026 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50$$

$$\cdot \lambda_2 = b_2 = 0.095\text{m}$$

$$\ast \text{바닥판 유효폭} : \text{플랜지유효폭} + \lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.050\text{m}$$

② 제1지간 지점부

- $l = 0.2(L_1 + L_2) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m}$
- $b_1/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30$
- $\lambda_1 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m}$
- $b_2/l = 0.950 / 18.00 = 0.053 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30$
- $\lambda_2 = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 0.858\text{m}$

※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭 + $\lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.394\text{m}$

③ 제2지간 중앙부

- $l = 0.6L_2 = 0.6 \times 45.00 = 27.00\text{m}$
- $b_1/l = 1.450 / 27.00 = 0.054 \quad \therefore 0.05 < b_1/l \leq 0.30$
- $\lambda_1 = [1.1 - 2(b_1/l) \times b_1] = 1.439\text{m}$
- $b_2/l = 0.950 / 27.00 = 0.035 \quad \therefore b_2/l \leq 0.05$
- $\lambda_2 = b_2 = 0.950\text{m}$

※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭 + $\lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.039\text{m}$

④ 제2지간 지점부

- $l = 0.2(L_2 + L_3) = 0.2 \times (45.00 + 45.00) = 18.00\text{m}$
- $b_1/l = 1.450 / 18.00 = 0.081 \quad \therefore 0.02 < b_1/l \leq 0.30$
- $\lambda_1 = [1.06 - 3.2(b_1/l) + 4.5(b_1/l)^2] \times b_1 = 1.206\text{m}$
- $b_2/l = 0.950 / 18.00 = 0.053 \quad \therefore 0.02 < b_2/l \leq 0.30$
- $\lambda_2 = [1.06 - 3.2(b_2/l) + 4.5(b_2/l)^2] \times b_2 = 0.858\text{m}$

※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭 + $\lambda_1 + \lambda_2 + h = 4.394\text{m}$

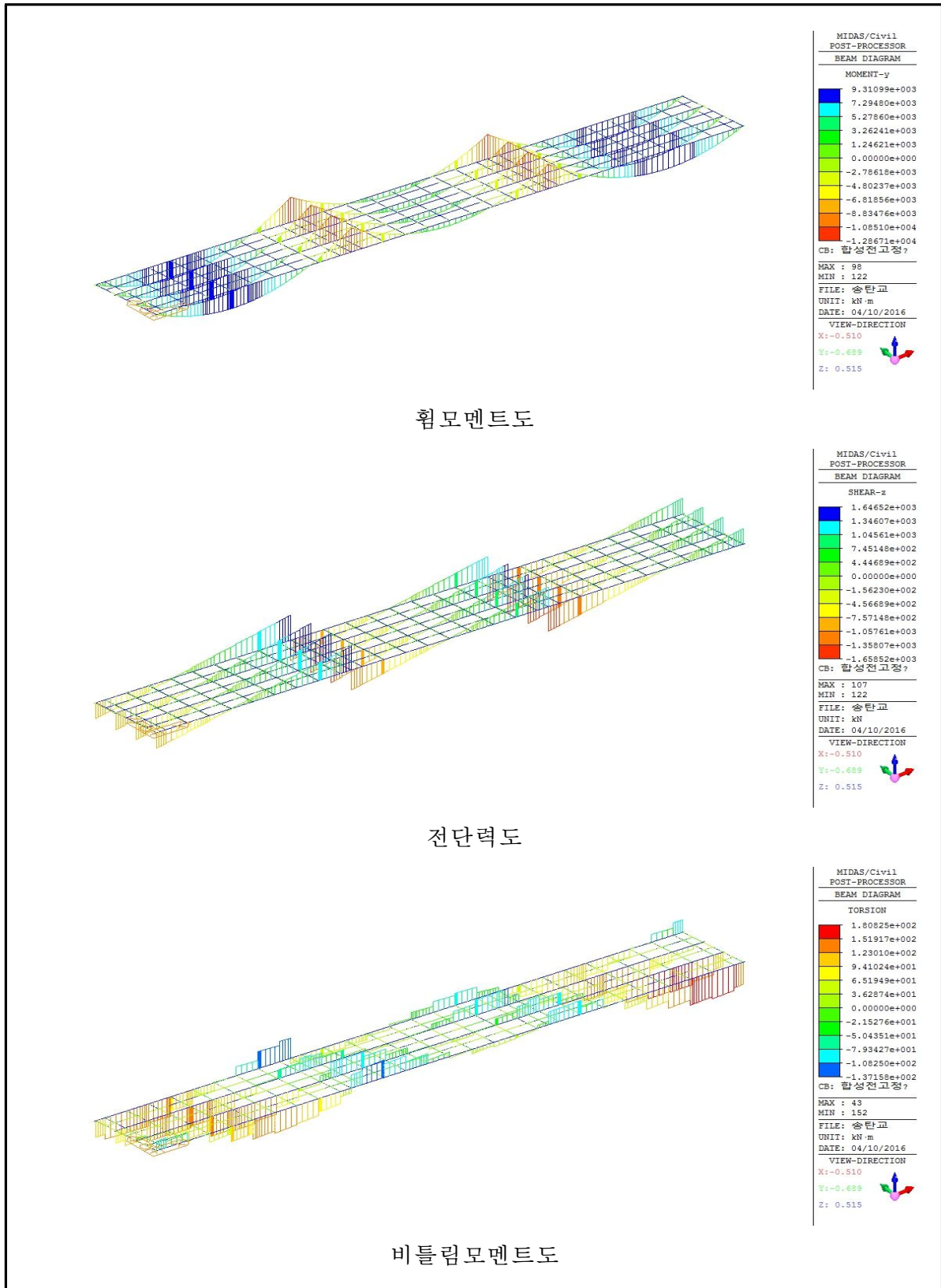
⑤ 제3지간 중앙부

- $l = 0.8L_3 = 0.8 \times 45.00 = 36.00\text{m}$
- $b_1/l = 1.450 / 36.00 = 0.040 \quad \therefore b_1/l \leq 0.05$
- $\lambda_1 = b_1 = 1.450\text{m}$
- $b_2/l = 0.950 / 36.00 = 0.026 \quad \therefore b_2/l \leq 0.50$
- $\lambda_2 = b_2 = 0.950\text{m}$

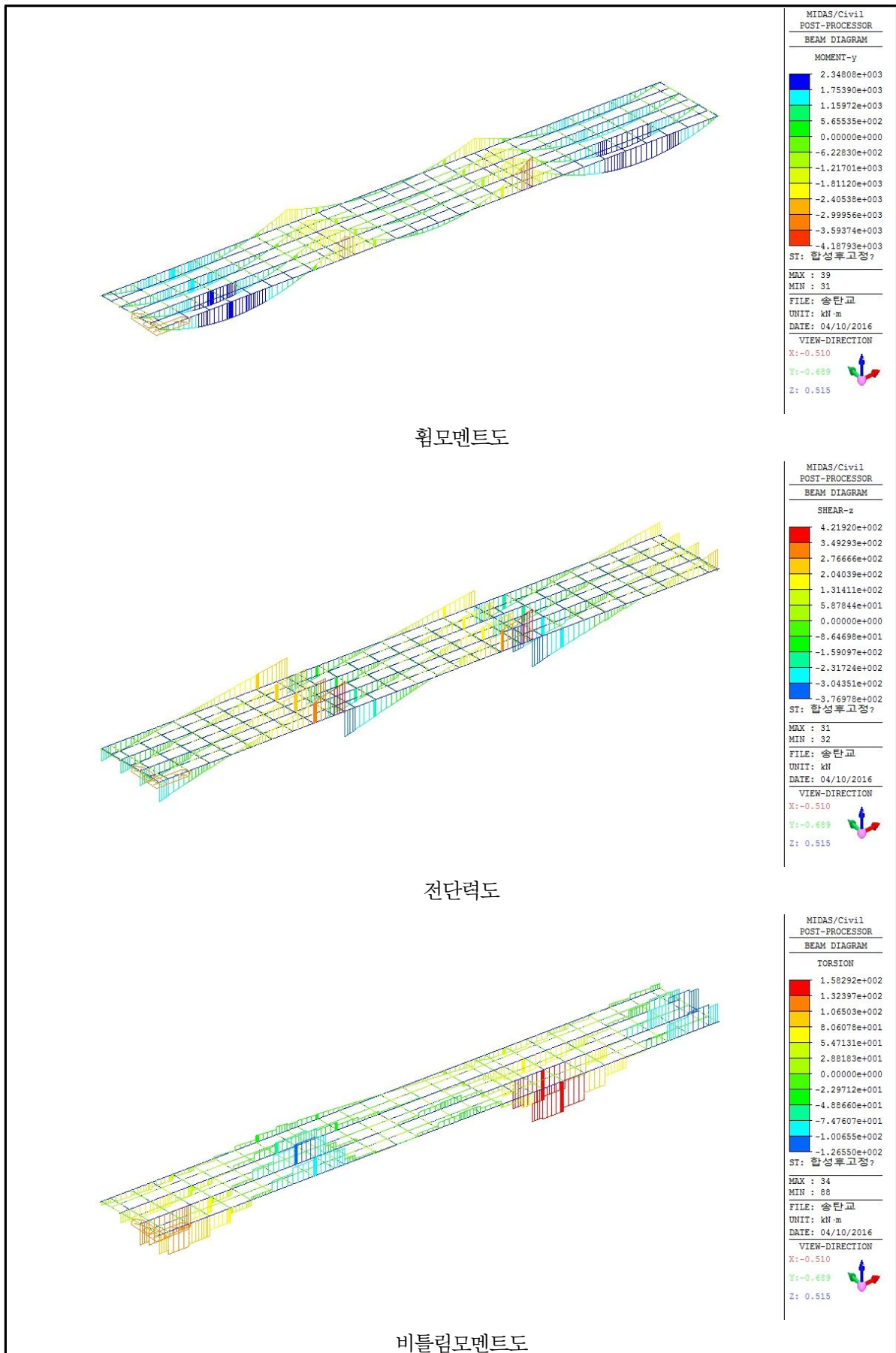
※ 바닥판 유효폭 : 플랜지유효폭 + $\lambda_1 + \lambda_2 + h = 5.050\text{m}$

6.2.5 구조해석 결과

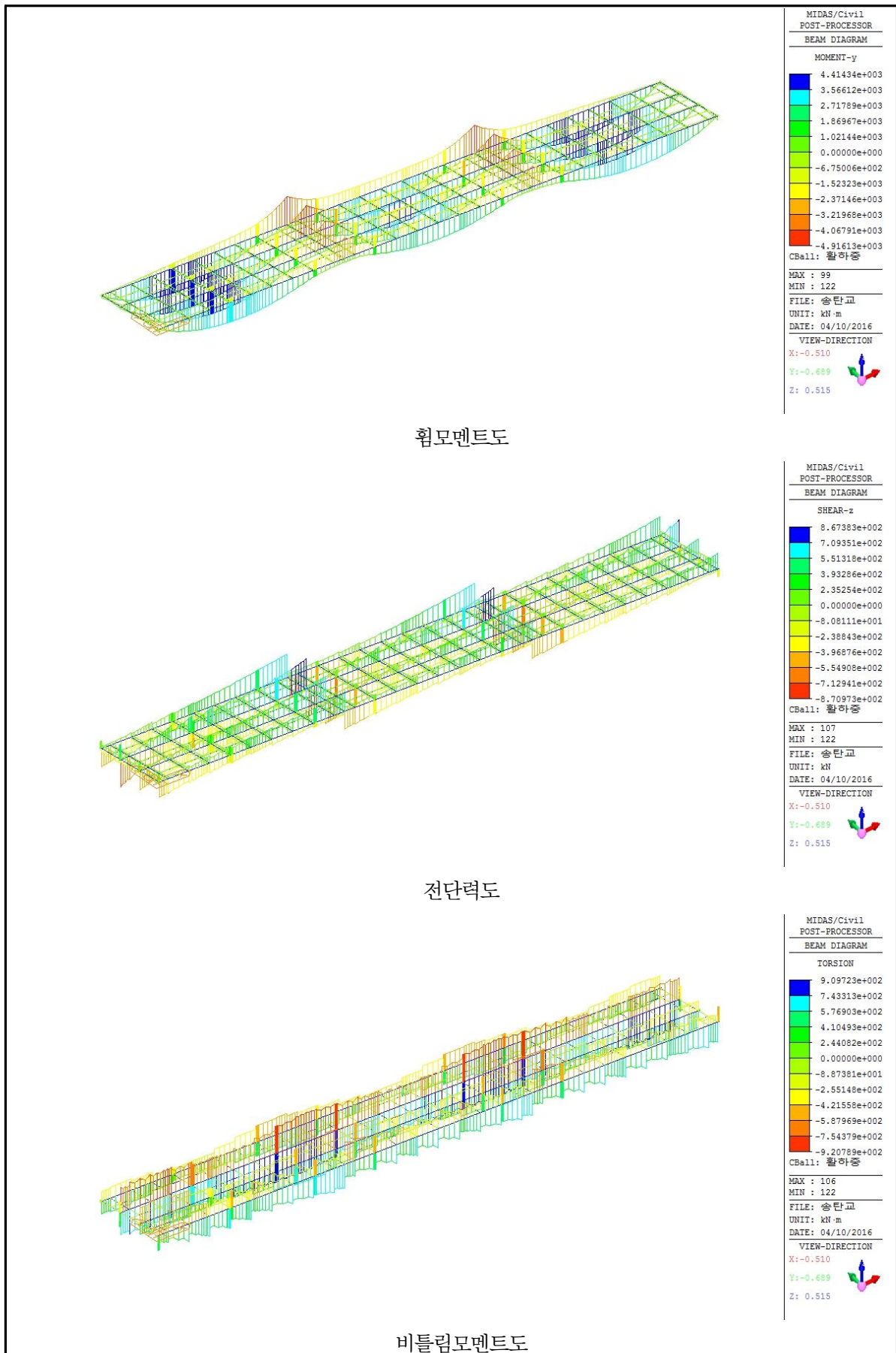
가. 단면력도



<그림 6.5> 합성전 고정하중에 의한 단면력도



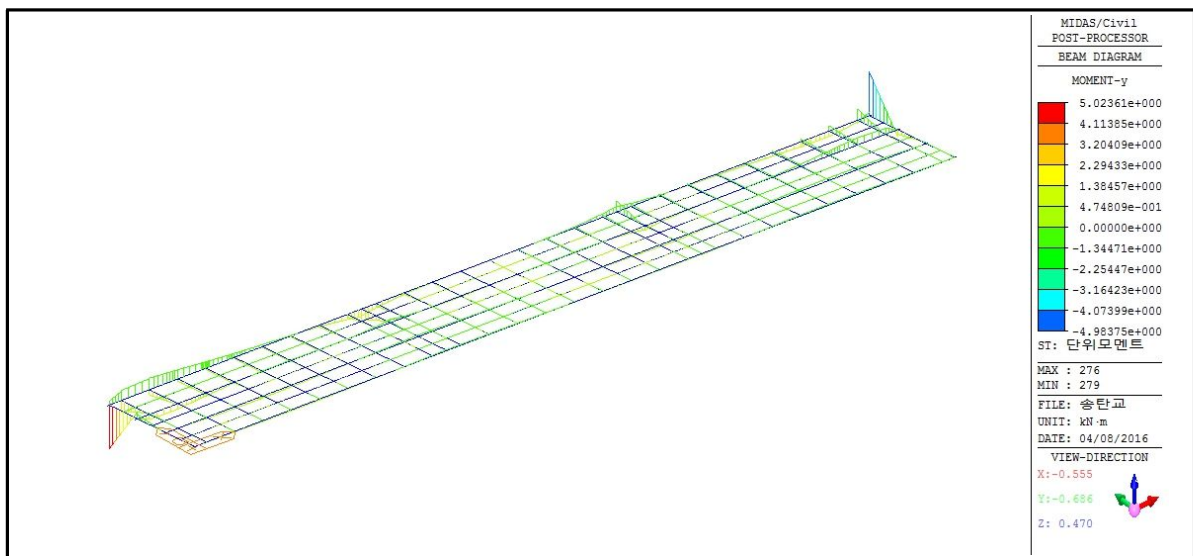
<그림 6.6> 합성후 고정하중에 의한 단면력도



<그림 6.7> 활하중에 의한 단면력도

콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트의 온도차에 의한 응력이 발생한다. 더구나, 강합성 거더교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축, 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차모멘트라고 한다. 정정계의 모멘트에 영향계수 k 를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 구할 수 있다. 다음 그림과 같이 양단에 단위모멘트 $M = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 을 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값으로 취한다.

각 검토위치에 작용하는 합성전 및 합성후 고정하중, 활하중에 의한 휨모멘트와 크리프, 건조수축 및 온도 하중의 영향을 검토하기 위한 영향계수를 다음 표에 나타내었다.



〈그림 6.8〉 단위모멘트 하중에 의한 모멘트도(영향계수 K)

나. 단면력 및 단면응력

거더에 대한 응력검토는 정, 부모멘트 및 모멘트 변화부위의 최대응력 발생부에 대한 검토결과를 수록하였다.

구 분		휨모멘트 (kN·m)	전단력 (kN)	비틀림 (kN·m)
정모멘트부 SEC- B	합성전 고정하중	9310.990	2.620	131.970
	합성후 고정하중	2348.080	2.830	5.070
	활 하 중	4414.340	385.06	663.750
모멘트 변화부 (정모멘트) SEC- D	합성전 고정하중	2994.47	-906.94	-27.62
	합성후 고정하중	1080.96	-177.83	139.49
	활 하 중	2864.98	649.67	884.47
부모멘트부 SEC- E	합성전 고정하중	-12867.15	-1658.52	-45.71
	합성후 고정하중	-4187.93	381.67	58.24
	활 하 중	1765.75	197.68	817.60
모멘트 변화부 (부모멘트) SEC- D	합성전 고정하중	-4691.83	-992.190	-50.90
	합성후 고정하중	-1724.47	295.35	17.37
	활 하 중	-2484.42	-593.00	-818.07

<표 6.4> 단면력집계

부호 : (+):인장, (-)압축

구분		합성전 고정하중 (MPa)	합성후 고정하중 (MPa)	활하중 (MPa)	크리이프 (MPa)	건조수축 (MPa)	온도차 (MPa)
정모멘트부 SEC- B	바닥판상연	-	0.597	1.123	-0.416	-1.724	-1.557
	바닥판하연	-	0.423	0.795	-0.243	-1.731	-1.571
	강거더상연	55.755	3.474	6.531	2.877	15.157	13.069
	강거더하연	-55.000	-11.775	-22.136	2.555	13.316	11.811
모멘트 변화부 (정모멘트) SEC- D	바닥판상연	-	2.938	0.896	-2.010	-1.690	-1.501
	바닥판하연	-	2.049	0.625	-1.130	-1.698	-1.5156
	강거더상연	19.674	16.791	5.118	14.708	15.958	13.510
	강거더하연	-19.674	-60.814	-18.536	13.011	13.952	12.167
부모멘트부 SEC- E	바닥판상연	-	-16.150	6.809	-7.732	21.446	0.444
	바닥판하연	-	-14.509	6.117	-7.503	20.758	-0.173
	강거더상연	-71.450	-14.029	5.915	-7.436	20.557	24.846
	강거더하연	68.448	20.609	-8.689	-2.602	6.035	11.813
모멘트 변화부 (부모멘트) SEC- D	바닥판상연	-	-18.736	7.900	-7.214	18.030	-1.780
	바닥판하연	-	-16.777	7.074	-7.165	17.893	-1.898
	강거더상연	-89.725	-16.083	6.781	-7.148	17.844	23.260
	강거더하연	85.275	25.032	-10.554	-6.125	14.962	20.778

<표 6.5> 응력집계

부호 : (+):인장, (-)압축

다. 하중조합에 의한 응력집계

강박스거더의 구조안전성 검토시 고려된 하중조합에 대한 응력검토결과는 다음과 같으며, 허용응력 이내로 검토되었다.

구분		작 용 응 력(MPa)				허 용 응 력(MPa)				검토 결과
		바닥판 상 연	바닥판 하 연	강거더 상 연	강거더 하 연	바닥판 상 연	바닥판 하 연	강거더 상 연	강거더 하 연	
정모멘트부 SEC- B	COMB 1	1.721	1.219	65.760	-88.911	10.800	10.800	186.100	190.000	O.K
	COMB 2	-0.420	-0.756	83.793	-73.039	1.890	1.890	214.015	190.000	O.K
	COMB 3	-1.977	-2.328	96.863	-61.228	2.174	2.174	241.930	218.500	O.K
	COMB 4	1.137	0.815	70.724	-84.851	12.420	12.420	241.930	218.500	O.K
	항복응력	4.544	-	122.142	-146.211	16.200	-	320.000	320.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 = 0.229 < 1.2$								O.K
	전단응력	$v = 11.094 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$								O.K
모멘트 변화부 (정모멘트) SEC- D	COMB 1	3.834	2.674	41.583	-99.025	10.800	10.800	172.171	190.000	O.K
	COMB 2	0.134	-0.155	72.249	-72.062	1.890	1.890	197.997	190.000	O.K
	COMB 3	-1.367	-1.671	85.759	-59.895	2.174	2.174	223.822	218.500	O.K
	COMB 4	1.634	1.361	58.739	-84.229	12.420	12.420	223.822	218.500	O.K
	항복응력	7.246	-	102.585	-156.655	16.200	-	320.000	320.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 = 0.341 < 1.2$								O.K
	전단응력	$v = 28.878 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$								O.K

구분		작 용 응 력(MPa)				허 용 응 력(MPa)			검토 결과
		RE-BAR 상 연	RE-BAR 하 연	강거더 상 연	강거더 하 연	RE-BAR	강거더 상 연	강거더 하 연	
부모멘트부 SEC- E	COMB 1	-9.341	-8.391	-79.564	80.368	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 2	4.374	4.864	-66.443	83.801	160.000	190.000	190.000	O.K
	COMB 3	4.818	4.691	-41.596	95.614	184.000	218.500	218.500	O.K
	COMB 4	3.929	5.037	-91.289	71.988	184.000	218.500	218.500	O.K
	항복응력	6.915	-	-123.252	112.339	400.000	320.000	320.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 = 0.249 < 1.2$							O.K
	전단응력	$v = 21.890 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$							O.K
모멘트 변화부 (부모멘트) SEC- D	COMB 1	-10.836	-9.703	-99.027	99.753	160.000	190.000	172.171	O.K
	COMB 2	-0.020	1.024	-88.331	108.590	160.000	190.000	172.171	O.K
	COMB 3	-1.800	-0.874	-65.071	129.369	184.000	218.500	197.997	O.K
	COMB 4	1.760	2.922	-111.591	87.812	184.000	218.500	197.997	O.K
	항복응력	-9.152	-	-146.231	150.323	400.000	320.000	320.000	O.K
	합성응력	$(f/f_a)^2 + (v/v_a)^2 = 0.467 < 1.2$							O.K
	전단응력	$v = 21.906 \text{ MPa} < v_a = 110 \text{ MPa}$							O.K

<표 6.6> 하중조합에 의한 안전성 검토

부호 : (+):인장, (-)압축

6.2.6 바닥판 안전성 검토

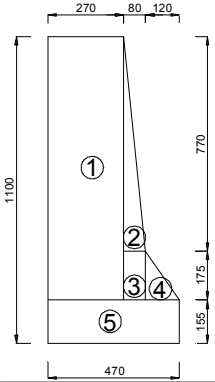
가. 캔틸레버부

(1) 바닥판 최소두께

· $h_{min} = (280L+180) = [(280 \times 0.190) + 180] = 233\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용

· 최소두께 검토 : $h_{min} = 233\text{mm} \leq h_{usc} = 300\text{mm} \therefore$ 최소슬래브 두께 만족

(2) 고정하중 모멘트

				· h1 = 1.000 m	· L1 = 0.470 m
				· h2 = 0.770 m	· L2 = 0.270 m
				· h3 = 0.175 m	· L3 = 0.080 m
				· h4 = 0.155 m	· L4 = 0.120 m
구분	작용하중			거리(m)	모멘트(kN·m)
①	$0.270 \times 0.945 \times 25.0$	=	6.379	0.335	2.137
②	$0.080 \times 0.770 \times 25.0 \times 0.5$	=	0.770	0.173	0.133
③	$0.080 \times 0.175 \times 25.0$	=	0.350	0.160	0.056
④	$0.120 \times 0.175 \times 25.0 \times 0.5$	=	0.263	0.080	0.021
⑤	$0.470 \times 0.155 \times 25.0$	=	1.821	0.235	0.428
M_d	= 9.583				2.775

(3) 활하중 모멘트

· 대상교량의 바닥판 지간 : $L=0.190\text{m}$

· 이론 충격계수 : $i = \frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+0.190} = 0.373 > 0.300$

· 후륜하중 : $P_r = 96 \times (1+0.3) = 124.8 \text{ kN}$

· 윤하중 분포폭 : $E = 0.8X+1.14 = 0.8 \times 0.190 + 1.14 = 1.292 \text{ m}$

· 활하중 모멘트 : $M_{l+i} = P_r / E \cdot X = 124.8 / 1.292 \times 0.200 = 19.320 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

(4) 휨강도(M_u) 검토

$$\cdot \text{극한모멘트} : M_u = 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i} = 1.3 \times 2.775 + 2.15 \times 19.320 = 45.146 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\cdot \text{사용철근량} : A_s = 1,588.8 \text{ mm}^2 \text{ (H16 C.T.C.125)}$$

$$\cdot \text{유효깊이} : d = 240 \text{ mm}$$

$$\cdot \text{등가깊이} : a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{1,588.8 \times 400}{0.85 \times 27 \times 1,000} = 27.692 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{설계모멘트} : \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.85 \times 1,588.8 \times 400 \times \left(240 - \frac{9.845}{2} \right) \\ &= 122.167 \text{ kN} \cdot \text{m} > 45.146 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

나. 중앙부

(1) 바닥판 최소두께

$$\cdot h_{\min} = (30L+130) = [(30 \times 1.600) + 130] = 178\text{mm와 } 220\text{mm 중 큰 값 적용}$$

$$\cdot \text{최소두께 검토} : h_{\min} = 220\text{mm} \leq h_{use} = 250\text{mm} \quad \therefore \text{최소슬래브 두께 만족}$$

(2) 고정하중 모멘트

$$\cdot w_d = 0.250 \times 25.0 + 0.080 \times 23.0 = 8.090 \text{ kN/m (포장두께 80mm)}$$

$$\cdot M_d = \frac{wl^2}{10} = \frac{8.090 \times 1.600^2}{10} = 2.071 \text{ kNm/m}$$

(3) 활하중 모멘트

$$\cdot i = 15/(40+L) = (15/40+1.600) = 0.361 \geq 0.3 \quad \therefore i = 0.3 \text{ 적용}$$

$$\begin{aligned} \cdot M_{l+i} &= \frac{L+0.6}{9.6} (1+i) \times 0.8 = \frac{1.600+0.6}{9.6} \times 96 \times 1.3 \times 0.8 \\ &= 22.880 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

(4) 휨강도(M_u) 검토

$$\cdot \text{극한모멘트} : M_u = 1.3 M_d + 2.15 M_{l+i} = 1.3 \times 2.071 + 2.15 \times 22.880 = 51.884 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\cdot \text{사용철근량} : A_s = 1,588.8 \text{ mm}^2 \text{ (H16 C.T.C.125)}$$

$$\cdot \text{유효깊이} : d = 190 \text{ mm}$$

$$\cdot \text{등가깊이} : a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_{ck} \times b} = \frac{1,588.8 \times 400}{0.85 \times 27 \times 1,000} = 27.692 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{설계모멘트} : \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.85 \times 1,588.8 \times 400 \times \left(190 - \frac{14.556}{2} \right) \\ &= 95.157 \text{ kN} \cdot \text{m} > 51.884 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

다. 검토결과

바닥판에 대한 안전성 검토결과는 <표 6.13>과 같다.

구분	휨모멘트(kN·m)		소요강도(M_u)	설계강도(ϕM_n)	안전율	안전성
	고정하중	활하중	1.3D+2.15L(1+i)			
켄틸레버판	2.775	19.320	45.146	122.167	2.706	O.K
중 앙 부	2.071	22.880	51.884	95.157	1.834	O.K
· 켄틸레버판 : $280L+180 = 280 \times 0.190+180 = 233\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $233\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $300\text{mm} \quad \therefore \text{O.K}$ · 연속판 : $30L+130 = 30 \times 1.600+130 = 178\text{mm}$ 와 220mm 중 큰 값 적용 $\therefore$ 바닥판 최소두께 = $220\text{mm} \leq$ 현(설계) 바닥판 = $250\text{mm} \quad \therefore \text{O.K}$						

<표 6.7> 바닥판의 안전성 검토결과

(단위: kN·m)

바닥판 최소두께의 규정은 현행 기준을 만족하고 있으며, 현행 도로교 설계기준에 의하여 강도설계법으로 검토한 결과, 강박스거더교 바닥판의 내하력이 설계하중인 DB-24를 만족하고 있어 바닥판의 안전성은 확보된 것으로 평가된다.

6.3 내하력 평가

6.3.1 개요

내하력 평가시 강박스 거더교의 강거더에 대해서는 허용응력법으로 내하력을 평가하며, 콘크리트 바닥판은 강도설계법으로 내하력을 평가하였다.

가. 허용응력법

허용 응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1+i)를 사용하여 하중계수를 각각 1.0으로 하며, 사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력, 콘크리트의 경우 실제 압축강도를 사용하여 도로교 설계기준에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 도로교설계기준에 의거하여 계산하였으며, 본 교량에서의 적용 활하중은 DB-24 및 DL-24이다.

허용응력법에 의한 교량부재의 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 내하율(RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_1 (1+i)}$$

여기서, f_a : 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

f_1 : 활하중에 의한 응력

i : 시방규정에 의한 이론적 충격계수

이 내하율로 부터 교량부재의 공용내하력은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s : \text{응력보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

P_r : 설계활하중

$\epsilon_{\text{계산}} (\epsilon_{\text{실측}})$: 이론적인 변형률(실측 변형률)

$i_{\text{계산}} (i_{\text{실측}})$: 설계기준에 의한 이론적인 충격계수(실측 충격계수)

나. 강도설계법

강도설계법으로 내하율을 산정할 때의 하중조합으로는 $1.3D + 2.15L(1+i)$ 을 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다. 단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산한다.

교량설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다. 그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_1 M_1 (1+i)}$$

여기서, ϕM_n : 설계모멘트 (RC-PC구조물의 휨부재 $\phi=0.85$)

M_d : 고정하중 모멘트

M_1 : 활하중 모멘트

γ_1 : 활하중 계수 = 2.15

γ_d : 고정하중 계수 = 1.30

i : 이론상의 충격계수

이 내하율로 부터 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\bullet \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s : \text{응력 보정계수} = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

P_r : 설계 활하중

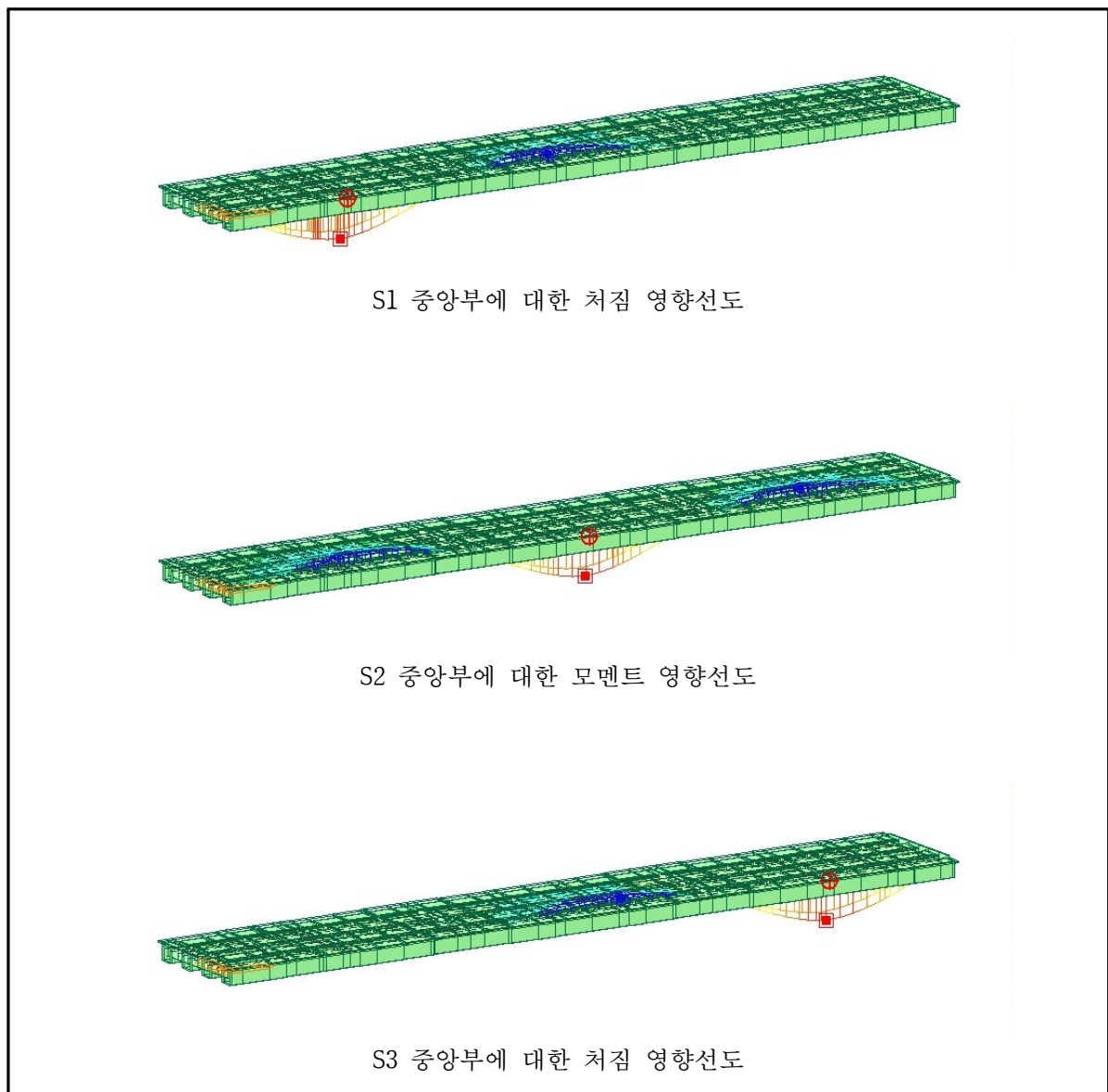
$\epsilon_{\text{계산}} (\epsilon_{\text{실측}})$: 이론적인 변형률(실측 변형률)

$i_{\text{계산}} (i_{\text{실측}})$: 설계기준에 의한 이론적인 충격계수(실측 충격계수)

6.3.2 응답비

가. 재하시험에 대한 구조해석

해석모델링은 공용중인 교량의 거동특성에 관한 것이므로 합성후에 대한 모델링을 사용하였고 해석된 고유진동수와 실측된 가속도의 FFT 분석을 실시하여 얻은 고유진동수와 비교하여 볼 때 앞장에서 언급한 것처럼 해석모델이 구조물의 동적특성을 적절히 반영된 것으로 판단된다. 재하시험이 의사정적으로 수행되어 이동하중해석을 통해 계측기 부착위치에 대한 영향선 해석으로 최대하중 재하위치를 산정하여 적용하였다. <그림 6.16>은 외측경간과 내측경간의 처짐에 대한 영향선도를 나타낸 것이다.



<그림 6.9> 위치별 영향선도

나. 응답비 산정

일반적인 응답비 산정은 처짐에 대한 해석치/실측치로 구하며 이 결과를 상호 비교하여 구조물의 전체적인 거동을 대표할 수 있도록 도출한다. 본 교량은 대칭인 3경간 연속에 대하여 재하시험을 실시하였으므로 거동을 파악하기 위하여 정모멘트부(S1)에 대하여 응답비를 산정하였다.

구 분	재하경우	거더No.	GagueNo.	실측치(mm)	해석치(mm)	응답비
S1 정모멘트	LC 1	G1	D1	-1.424	-2.354	1.653
	LC 2	G2	D2	-0.934	-1.506	1.612
	LC 3	G3	D3	-0.871	-1.502	1.724
	LC 4	G4	D4	-1.412	-2.330	1.650

〈표 6.8〉 처짐에 대한 응답비

주) 진한글자 : 시험차량 재하위치의 최대응답부로서 내하력평가에 사용된 응답비

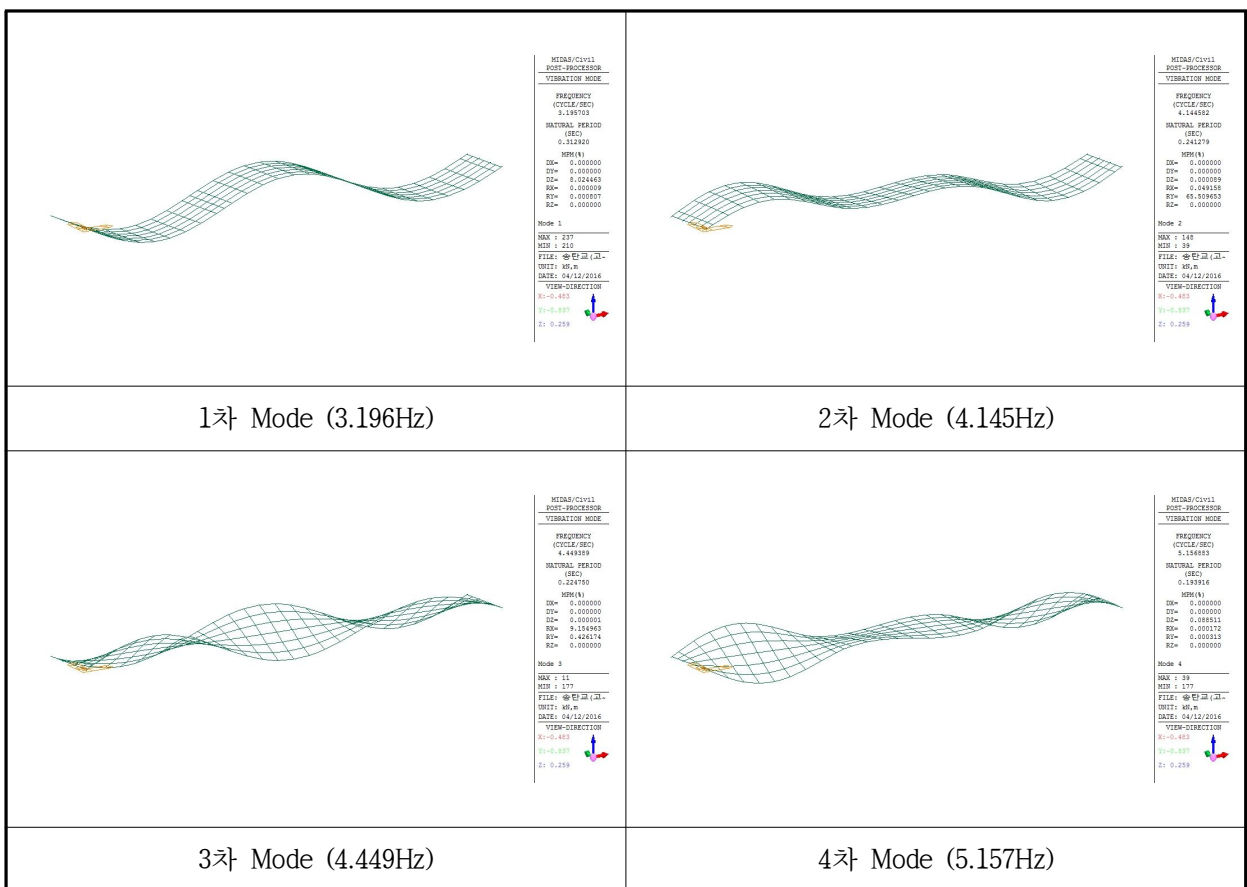
☐ 응답비 산정결과

시험차량에 의한 거더의 처짐을 측정하여 이론치와 비교한 결과 정·동적 거동특성은 양호한 것으로 판단됨.

6.3.3 이론 고유진동수

대상교량의 고유진동수 평가는 외측경간 3L/8지점과 내측경간 3L/8지점에 연직방향의 가속도계를 설치하여 동적응답을 획득하였으며, 재하차량이 대상경간을 벗어나 자유진동을 하고 있는 구간을 대상으로 FFT분석을 실시하였다.

고유치 해석결과 <표 6.20>과 같이 각 모드별 해석 고유진동수를 나타내었으며, 계측된 가속도 파형 및 FFT 분석결과로서 대상교량의 연직방향의 고유진동수는 2.93~3.37Hz로 추정되었으며, 연직방향 모드의 계산 고유진동수 3.196Hz으로 나타나 구조물에 대한 동적특성을 양호하게 반영된 것으로 판단된다.



<그림 6.10> Mode Shape

6.3.4 응답보정계수

변형률의 응답비는 재하시험에서 시험차량하중을 재하하였을 경우에 측정된 실 구조물의 변형에 대한 구조해석에서 해석 모델상에 동일한 시험차량 하중을 적용하였을 경우의 이론적인 변형의 비(계산치/실측치)를 말하며, 이 변형률의 응답비와 충격계수의 응답비(실측충격계수/이론충격계수)를 곱한 값이 응답보정계수이다.

재하시험시 측정된 변형은 계측장비 및 센서의 정밀도, 측정시의 기후조건, 교량의 기하학적 특성 및 차량재하시 하중집중으로 인한 국부적인 변형의 증가 등의 요인으로 인하여 오차를 포함하게 되므로 계측값이 큰 재하경우의 응답비를 이용하여 응답보정계수를 산정하는 것이 일반적이다.

재하시험에 의한 교량의 실제 거동을 반영한 공용내하력 산출을 위한 응력보정계수는 다음과 같이 산출하며, 본 교량의 경우 처짐에 대한 응답보정계수는 <표 6.21>과 같다.

$$K_s = \text{응력 보정계수} = \text{응답비} \cdot \frac{1 + i_{\text{계산}}}{1 + i_{\text{실측}}}$$

구 분	위치	재하경우	응답비	실측 충격계수	이론 충격계수	응답 보정계수
처짐	G1	LC1	1.653	0.136	0.176	1.711
	G2	LC2	1.612	0.111	0.176	1.706
	G3	LC3	1.724	0.115	0.176	1.818
	G4	LC4	1.650	0.127	0.176	1.722

<표 6.9> 처짐에 대한 응답보정계수

6.3.5 공용내하력 평가

응답비는 재하차량이 주행하는 거더에 대한 응답비를 선정하였으며, 처짐에 의한 계수값과 변형률에 의한 계수값 중 작게 산정된 응답보정계수를 이용하여 공용내하력 평가에 적용하였다.

구 분		기본 내하율	응답 보정계수	공용 내하율	공용 내하력	비 고
거 더	정모멘트부 SEC- B	$\frac{190.000 - 66.775}{22.136} = 5.567$	1.706	9.497	DB-24 이상	허용 응력법
	모멘트 변화부 (정 모멘트) SEC- D	$\frac{190.00 - 80.448}{18.536} = 5.908$	1.706	10.080	“	“
	부모멘트부 SEC- E	$\frac{190.00 - 89.057}{8.689} = 11.617$	1.706	19.819	“	“
	모멘트 변화부 (부모멘트) SEC- D	$\frac{190.00 - 110.307}{10.554} = 7.551$	1.706	12.882	“	“
바 닥 판	첸틸레버부	$\frac{122.167 - 1.3 \times 2.775}{2.15 \times 19.320} = 2.854$	1.706	4.869	“	강도 설계법
	연속부	$\frac{95.157 - 1.3 \times 2.071}{2.15 \times 22.880} = 1.880$	1.706	3.207	“	“

〈표 6.10〉 공용내하력

6.3.6 고찰

구조해석 및 재하시험 결과를 이용한 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 평가된다.

6.4 안전성 평가등급 산정

6.4.1 구조해석에 따른 안전성 평가

구조해석 결과에 따른 각 부재의 최대 단면력을 계산 각 구조부재의 위험 단면을 결정하고 허용응력설계법(Steel Box Girder)을 적용하여 안전성을 평가하였다.

교량의 안전성 평가는 내하력 평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로써 하중비에 따라 내하력의 변동 폭이 크게 변하므로 교량을 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서, 안전성 평가는 교량을 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1사이여 있어 재하시험에 의한 공용 내하력 평가를 실시한 경우 공용 내하력 산정결과에 따라 안전성 평가등급을 산정한다.

등 급	안전성 평가 기준	비 고
A	$SF > 1.0$	· 허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$ · 강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$
B	$0.9 \leq SF < 1$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	$0.9 \leq SF < 1$	
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	
E	$SF < 0.75$	

〈표 6.11〉 구조물의 안전성 평가 기준

6.4.2 안전성 평가결과

설계하중에 대한 안전율은 다음과 같이 계산된다.

가. 강거더 (허용응력법)

$$\cdot SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}} = \frac{2.174}{1.671} = 1.301 \quad \text{『A』}$$

나. 콘크리트 바닥판 (강도설계법)

$$\cdot SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u} = \frac{95.157}{51.884} = 1.834 \quad \text{『A』}$$

강박스 거더교에서 구조해석과 재하시험에 의한 안전성 평가결과는 <표 6.25>와 같다.

부 재	SF(안전율)	등 급
강 거 더	1.301	A
콘크리트 바닥판	1.834	A

<표 6.12> 안전성 평가결과

제7장 종합평가 및 안전등급 지정

7.1 종합평가

7.2 안전등급 지정

제7장 종합평가 및 안전등급지정

7.1 종합평가

7.1.1 개 요

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

교량 등 각 시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가 결과를 부여하게 된다.

따라서 본 장에서는 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시되는 경우에 대하여 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 객관적이고 정량적이며 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 합리적인 종합평가 결과가 결정될 수 있도록 종합평가 기준을 설정하고 그 평가방법 및 절차를 수립한다.

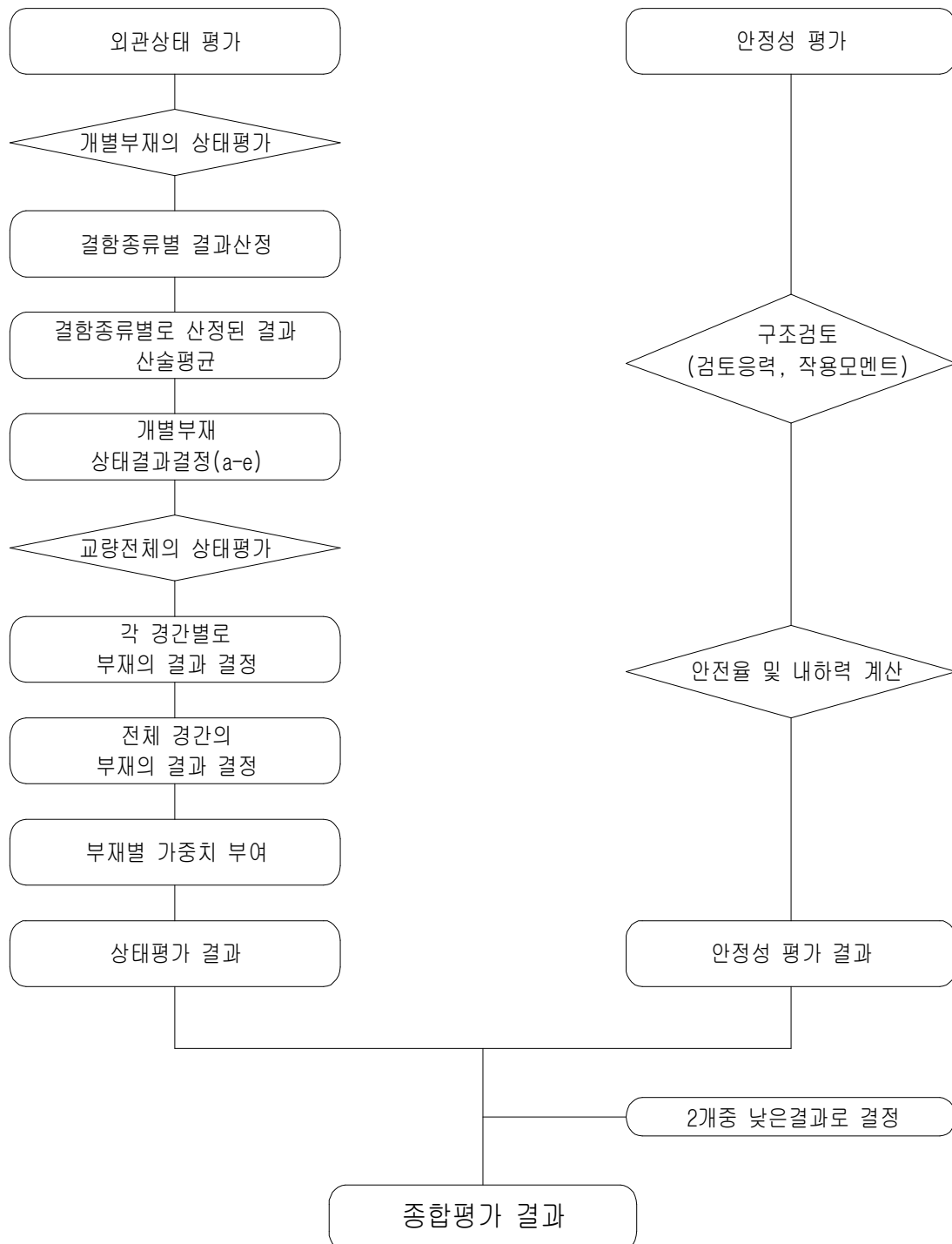
7.1.2 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

7.1.3 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

종합평가 결과 = MIN(상태평가 결과, 안전성평가 결과)



<그림 7.1> 종합평가 결과의 산정 흐름도

7.1.4 종합평가 결과

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수 보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

가. 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	신축 이음	포장	배수 시설	난간 연석	교량 받침	교대 교각	기초	탄산화		염화물	
												(상)	(하)	(상)	(하)
S1,A1	STB	b	a	a	b	b	c	b	c	b	q	a	a	x	a
S2,P1	STB	b	b	a	x	b	c	c	b	b	q	a	a	x	x
S3,P2	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	a
S4,P3	STB	a	b	a	b	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S5,P4	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	c	q	a	a	x	x
S6,P5	STB	c	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S7,P6	STB	a	b	a	b	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S8,P7	STB	b	b	a	x	b	c	b	b	b	q	a	a	x	x
S9,P8	STB	b	a	a	x	b	b	c	b	b	q	a	a	a	x
A2	STB				b				c	b	q		x		x
평균		0.200	0.178	0.100	0.200	0.200	0.378	0.244	0.240	0.220	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		18.000	20	5	9	7	3	2	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.036	0.036	0.005	0.018	0.014	0.011	0.005	0.022	0.044	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
1. 환산 결함도 점수												0.197			
2. 상태평가 결과												B			

〈표 7.1〉 상태평가 결과표

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태 인 “B” (결함도 지수:0.197)인 상태로 평가되었다.

전회(2015년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.176)와 비교시 일부 부재에서 신규 손상(바닥판하면, 교대 및 교각 손상 일부 증가)에 따라 결함도 점수가 다소 상향된 것으로 평가되었다.

나. 구조해석 및 안전성평가 결과

본 교량의 안전성평가결과, 부재별 발생응력이 허용응력 이내로 계산되어, 안전율 1.0이상인 안전성평가 A등급으로 구조물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 평가된다.

부 재	SF(안전율)	등 급
강 거 더	1.301	A
콘크리트 바닥판	1.834	A

〈표 7.2〉 안전성 검토결과

다. 종합평가 결과

구분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	결과	안전율	결과
	0.197	B	1.301	A
종합평가 결과	1. 종합평가 결과 = Min(상태평가 결과, 안전성평가 결과) 2. 시설물의 종합평가 등급은 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정한다. 종합평가 결과 : B등급			

〈표 7.3〉 종합평가 결과

본 과업대상 구조물의 상태평가 결과와 안전성 검토를 종합적으로 검토한 결과 ‘보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태’ 인 “B” 등급으로 평가되었다.

7.2 안전등급 지정

7.2.1 개 요

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 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

〈표 7.4〉 안전등급

7.2.2 안전등급 지정결과

본 과업대상 구조물의 종합평가 결과를 종합적으로 검토한 결과 ‘보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태’인 “B” 등급으로 평가되었다.

제8장 보수 · 보강 및 유지관리방안

8.1 개요

8.2 보수 · 보강방안

8.3 유지관리 방안

제8장 보수·보강 및 유지관리방안

8.1 개 요

8.1.1 일반사항

구조물은 건설 후 각종 자연환경 및 인위적인 사용 환경의 영향을 받아 시간경과와 함께 물리적, 화학적으로 열화 되어 사용성 및 안전성이 저하된다. 유지관리란 이렇게 열화, 손상되어 가는 구조물의 기능을 항상 양호한 상태로 유지하고 통행의 편의와 안전을 확보함은 물론 교통 흐름에 지장을 주는 요소를 사전에 발견, 제거하며, 점검을 통하여 이상이 발견된 개소에 대하여는 보수, 보강을 실시하는 작업을 말한다.

8.1.2 용어의 정의

유지관리와 관련된 용어의 정의는 다음과 같다.

○ 유지관리

: 구조물 건설당시의 성능 및 기능을 유지하기 위해 행하는 모든 행위

○ 예방 유지관리

: 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 행위

○ 사후 유지관리 : 손상발생 후 조치를 취하는 경우

○ 점 검 : 구조물 전체 또는 부재의 상태를 파악하기 위해 조사하는 행위

○ 일상조치 : 손상에 관계없이 주기적으로 행하는 조치

○ 보 수 : 손상을 회복시키거나 더 이상 진전되지 않도록 조치하는 행위

○ 보 강 : 구조물 변형과 내력을 개량하기 위하여 조치하는 행위

○ 교 체 : 성능 및 기능이 저하된 부재, 부위의 전부 또는 부분을 교체하는 것

8.2 보수·보강방안

8.2.1 개 요

가. 보수·보강 일반

공용 중 구조물에 발생한 손상에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강공법 및 보수·보강의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기위해서 구조물의 내하력을 확보하는 것을 말한다. 따라서 보수·보강을 위해서는 상태평가 결과와 안전성 평가결과 등을 정밀검토한 후에 보수·보강의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

나. 보수·보강 계획

(1) 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하며, 이를 위해 각종 기준(콘크리트 표준시방서 등)을 참조한다.

또한, 보강의 경우는 안전율을 기준 이상으로 회복시키기 위하여, 부재 단면의 확대 정도 등을 판단한다.

(2) 공법 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 내하력, 내구성, 기능 및 미관 등을 검토하여 결정한다. 이때, 중요한 것은 구조물의 결함 발생원인에 대한 정확한 추정이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서, 시설물 관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가결과를 기초로 하여, 결함의 발생원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선택하여야 한다.

(3) 보수·보강의 수준 결정

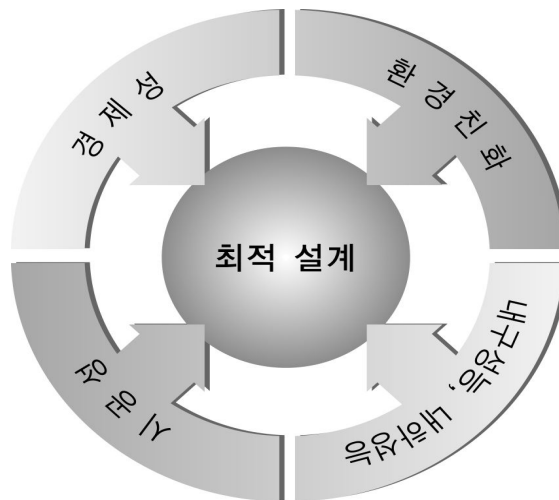
보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- | | |
|----------------|----------------------|
| • 현상 유지 (진행억제) | • 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 |
| • 초기수준 이상으로 개선 | • 개 축 |

(4) 우선순위 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대하여, 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 우선순위를 결정한다. 또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

(5) 선정시 고려사항



〈그림 8.1〉 보수·보강 방안 선정의 요건

내구성 내하성	•충분한 내구성 확보가 가능한 보수 방안 •충분한 내하력 확보가 가능한 보강 방안
환경 친화	•유해환경요소를 발생시키지 않는 방안 •재해의 피해를 최소화할 수 있는 방안 •미관이 양호한 방안
시공성	•시공성의 제약을 최소화 할 수 있는 방안 •시공이 간단한 방안 •보수·보강 품질이 확실한 방안
경제성	•경제적으로 유리한 방안 •공기를 단축시킬 수 있는 방안 •주변 민원발생을 최소화 할 수 있는 방안

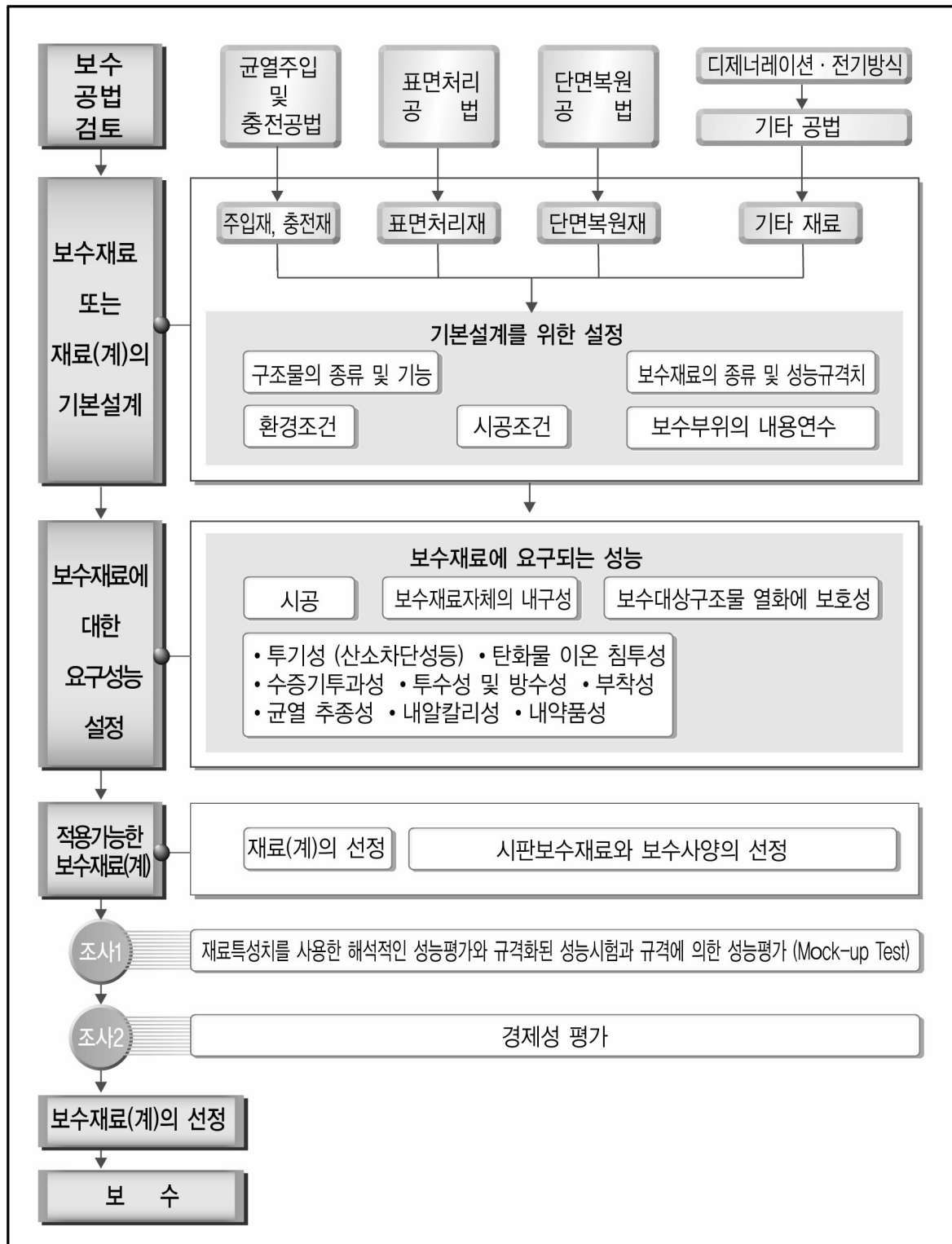
〈표 8.1〉 보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항

8.2.2 보수·보강 방안

가. 보수재료의 선정

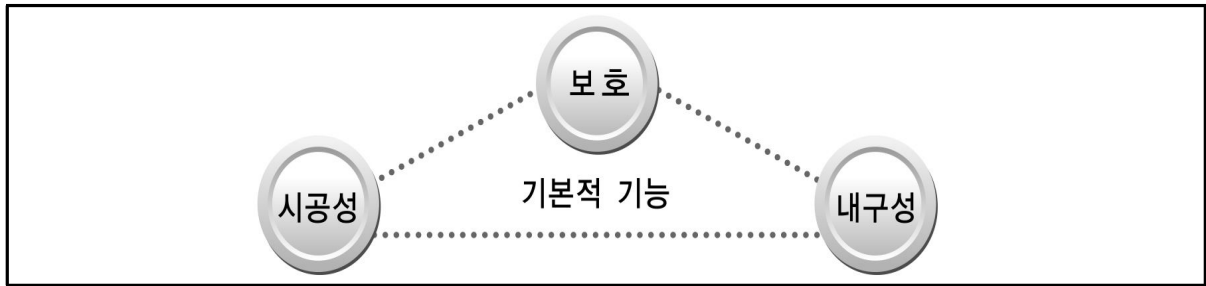
(1) 개 요

ㄱ. 보수재료의 선정흐름



<그림 8.2> 보수재료 선정흐름도

ㄴ. 보수재료의 요건



- 보수재료의 선택은 시공후의 성능과 내구성을 좌우하는 중요한 선택
- 재료의 선택은 물리적, 화학적 특성과 설계자가 요구하는 성능을 만족하는지, 주위의 환경에 적당한지 등의 사항을 고려

〈그림 8.3〉 보수재료의 요건

(2) 보수재료의 종류

ㄱ. 균열 보수재료

구 분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수지계 재료	폴리머 모르터			○
	에폭시수지		○	○
	가소성에폭시수지		○	○
	탄성실링재	○		○
	도막탄성방수재	○		
시멘트계 재료	폴리머시멘트슬러리		○	
	폴리머시멘트페이스트	○		
	폴리머시멘트모르터			○
	시멘트충전재	○		
	팽창시멘트주입재		○	

무기질계 재료	수지계 재료
• 폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터 • 시멘트 충전재 • 팽창시멘트주입재	• 에폭시계 • 폴리에스테르계 • 폴리우레탄계, 고무, 아스팔트계

〈표 8.2〉 균열 보수재료

ㄴ. 콘크리트 구체처리재

방수성을 개선시키거나 취약한 콘크리트의 표면을 강화시키며, 철근의 부식환경을 개선하는 등의 목적으로 콘크리트 표면에 도포하고 함침시키는 재료

침투성 흡수방지재	콘크리트 표면에 도포 함침하는 것에 의해 콘크리트 표층부에 흡수방지층을 형성하여 외부로부터의 물과 염화물 이온의 침투를 억제하는 재료
침투성 고화재	취약한 콘크리트의 표면층을 강화함과 동시에 마감재의 부착성을 개선할 수 있는 재료 사용시 취약층을 완전하게 강화할 필요가 있음
무기질 침투성방수재	콘크리트 표층부에 도포하는 것에 의해 재료중의 활성성분이 함침하고, 콘크리트 내부의 물에 용출하고 있는 칼슘이온과 반응해석, 표층부에 치밀한 방수층 형성
침투성 알칼리부여재	탄산화된 콘크리트에 알칼리성을 부여하여 철근을 보호하는 것으로, 콘크리트 표면에 도포하여 그 함침부분의 철근부식을 방지
도포형 방청재	염화물을 함유한 콘크리트의 철근부식환경을 개선하는 것으로, 콘크리트 혼화용의 방청재가 전기화학적 효과에 의해 철근의 부식을 억제
폴리머 함침재	폴리머계 함침재를 콘크리트에 함침시킨 후 중합조작을 거쳐 경화시키고, 콘크리트의 기공을 충전, 콘크리트 조직을 치밀하게 함과 동시에 내하력 개선효과가 우수

〈표 8.3〉 구체처리재의 종류

ㄷ. 단면복원재

- 단면복원재는 보수부위의 불건전부를 잘라낸 콘크리트 손상부를 메우기 위해서 사용되는 것으로 바탕콘크리트에 대한 접착성, 열화인자 침입의 억제효과가 기대
- 국부적인 열화로서 심도가 깊은 경우 부착성능이 우수하며, 콘크리트와 역학적인 성질이 유사한 단면복원재를 선택하여야 함
- 단면복원재는 열화 심도, 손상 범위 등에 따라 단순 단면복원방식과 구조물 성능개량 및 잔존수명 연장에 따라 보수와 보강의 효과가 기대되는 자재의 선정이 필요함.
- 콘크리트 열화가 전반적으로 발생되어 보수단면이 큰 경우와 구조적 측면의 보수를 하는 경우에는 열악한 환경적 요인과 구조적인 성질이 우수한 재료를 선택하여야 함

폴리머시멘트 모르터	SBR계, EVA계, PAE계 등의 폴리머시멘트모르터(방청제첨가제를 포함) 등이 있으며 재유화형 분말수지를 배합한 기 조합제품의 이용이 증가되고 있다.
폴리머모르터	폴리에스테르 수지계, 에폭시 수지계, 아크릴 수지계 등의 폴리머모르터(레진 모르터)등이 있으며, 경량골재를 사용한 것이 많다.
시멘트모르터	보통포틀랜드시멘트, 조강포틀랜드시멘트, 초속경포틀랜드시멘트, 골재, 혼화제 등을 배합한 보통시멘트모르터 또는 콘크리트가 사용된다.
복합재료	서로 다른 두가지이상의 소재(매트릭스와 강화재)를 조합하여 탁월한 기능을 갖는 재료를 의미하며, 주로 섬유강화에 의한 복합재료로서 FREP, 섬유부착 등이 사용된다.

〈표 8.4〉 단면복구재의 종류

ㄷ. 철근방청 처리재

- 철근방청처리재는 녹 제거작업이 되어있는 철근에 도포해서 사용되는 것으로 에폭시수지계, 타르 에폭시수지계 등의 방청도료 또는 방청제를 함유한 폴리머시멘트페이스트 및 모르터 등이 사용됨
- 일본의 경우 시스템화된 보수공법으로 최근에는 폴리머의 시멘트계의 비율이 증가하는 추세

폴리머시멘트계	합성수지계
• SBR계와 PAE계가 많이 시판 • SBR계는 방수성, 중성화 저항성 우수 • PAE계는 초기접착성, 시공성 우수	• 에폭시수지도료, 아크릴수지, 우레탄수지 • 경화가 빠르고, 도장작업 간단 → 공기단축 • 에폭시수지 → 철근부식 발생우려

〈표 8.5〉 철근방청처리재의 종류

항 목	폴리머시멘트계 방청처리재	에폭시수지계 방청처리재
방청성	도장방법 등에 주의가 필요함	경화제의 종류에 따라서 역효과 가능함
부착성, 방수성, 차염성	첨가되는 폴리머의 효과에 의한 것으로 그 종류 및 혼화량에 따라 상이함	수지의 효과에 의한 것으로 폴리머 시멘트계에 비해 성능이 우수함
내화성, 내열성	콘크리트와 같은 정도이나 폴리머의 혼화량이 많으면 내화성이 저하됨	온도가 높게 될수록 변형되기 쉬움

〈표 8.6〉 철근방청처리재의 특성

ㄱ. 바탕조정 보호재

- 바탕조정재는 열화된 표면을 깨어내고, 피복의 부족을 보완하는 것을 주목적으로 사용하였으나, 바탕조정을 겸하여 보호층을 형성시키기 위하여 사용되고 있는 것이 많으며, 단면복원과 상관없이 보호피복이 필요한 곳에도 사용됨
- 바탕조정재의 종류는 단면복원재와 마찬가지로 폴리머시멘트계와 합성수지계가 있다. 바탕조정재는 단면복원재의 기본성능 중 특히 피복으로써의 성능이 중요시 되어 중성화방지효과, 차염성, 접착 내구성 등이 중요함

(3) 보수 · 보강재료의 선정

ㄱ. 선정시 고려사항

재료특성	➡	강도, 탄성계수, 연신율, 부착강도 등
재료성질	➡	내구성, 내화성, 내화학적성, 차수성, 내염성 등
기 타	➡	경제성, 시공성, 미관, 시공실적 등

<표 8.7> 보수재료 선정시 고려사항

ㄴ. 보수 · 보강재료 선정

구 분		내 구 성		사 용 성		유지관리	
		보수효과	내구수명	친환경성	경관조화	유지관리	유사실적
균열보수재		수지계 재료	수지계 재료	수지계 재료	시멘트계 재료	시멘트계 재료	수지계 재료
구체처리재		폴리머 함침재	폴리머 함침재	침투성알카리부여재	도포형 방청재	폴리머 함침재	폴리머 함침재
단 면 복원재	국부적	폴리머 모르터	폴리머 모르터	폴리머 모르터	폴리머 시멘트모르터	폴리머 시멘트모르터	폴리머 모르터
	전반적	복합재료	복합재료	복합재료	복합재료	복합재료	복합재료
바탕조정 보호재		중성화 방지재	염해 방지재	중성화 방지재	도막재	중성화 방지재	중성화 방지재

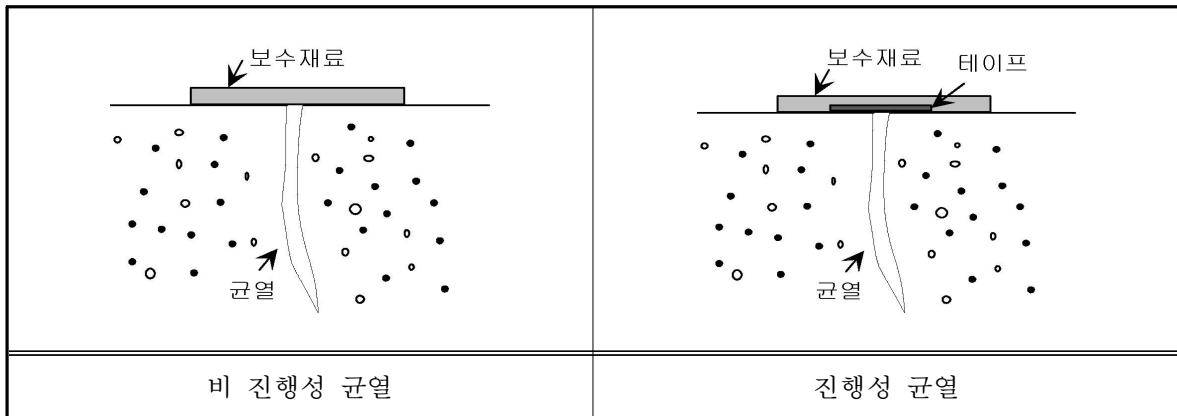
<표 8.8> 각 항목별 우수 보수재료 선정

나. 보수 · 보강공법 선정

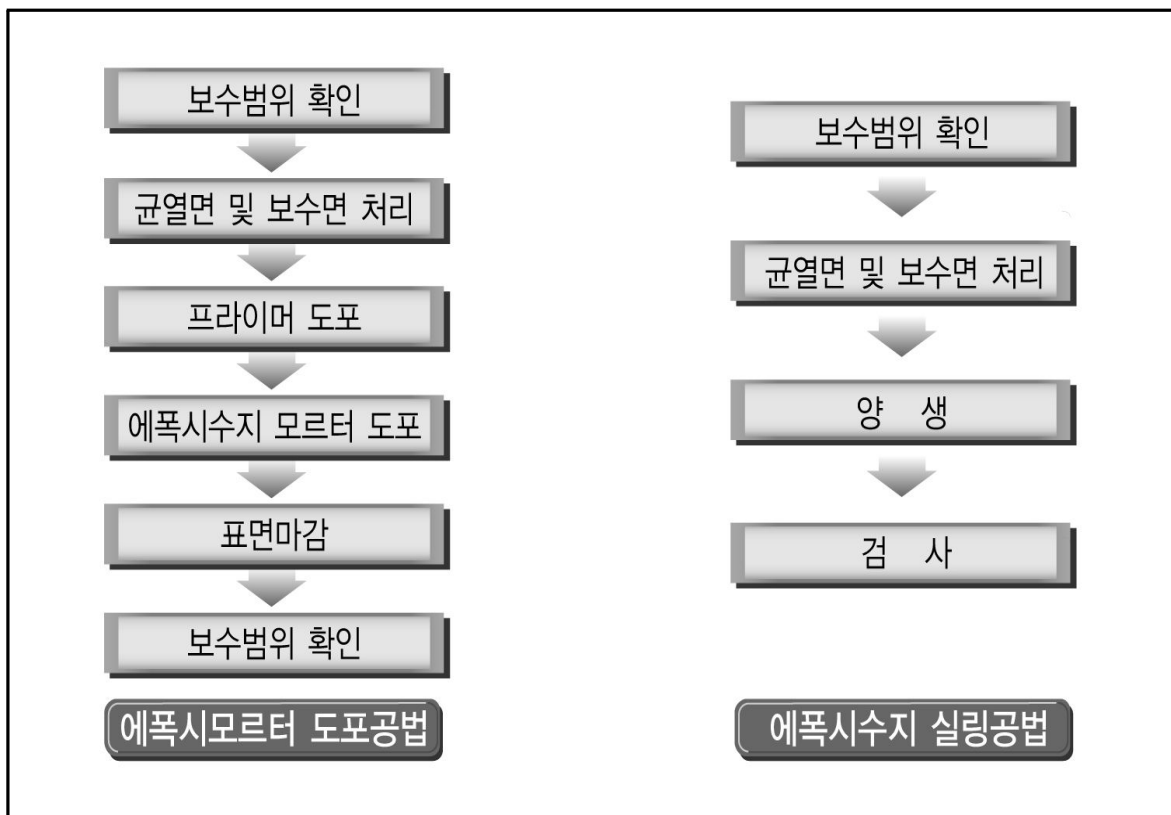
(1) 균열 보수공법

ㄱ. 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2mm이하)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.



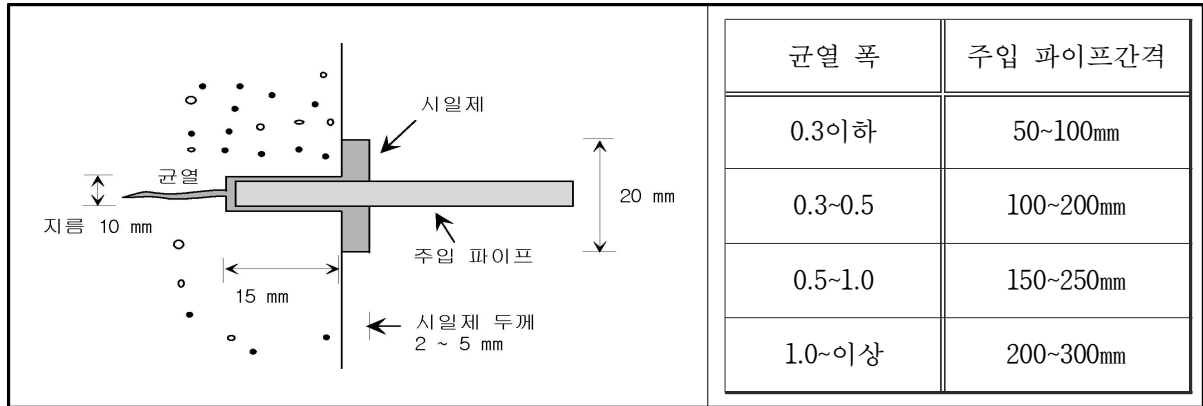
〈그림 8.4〉 균열 보수(표면처리) 보수개념도



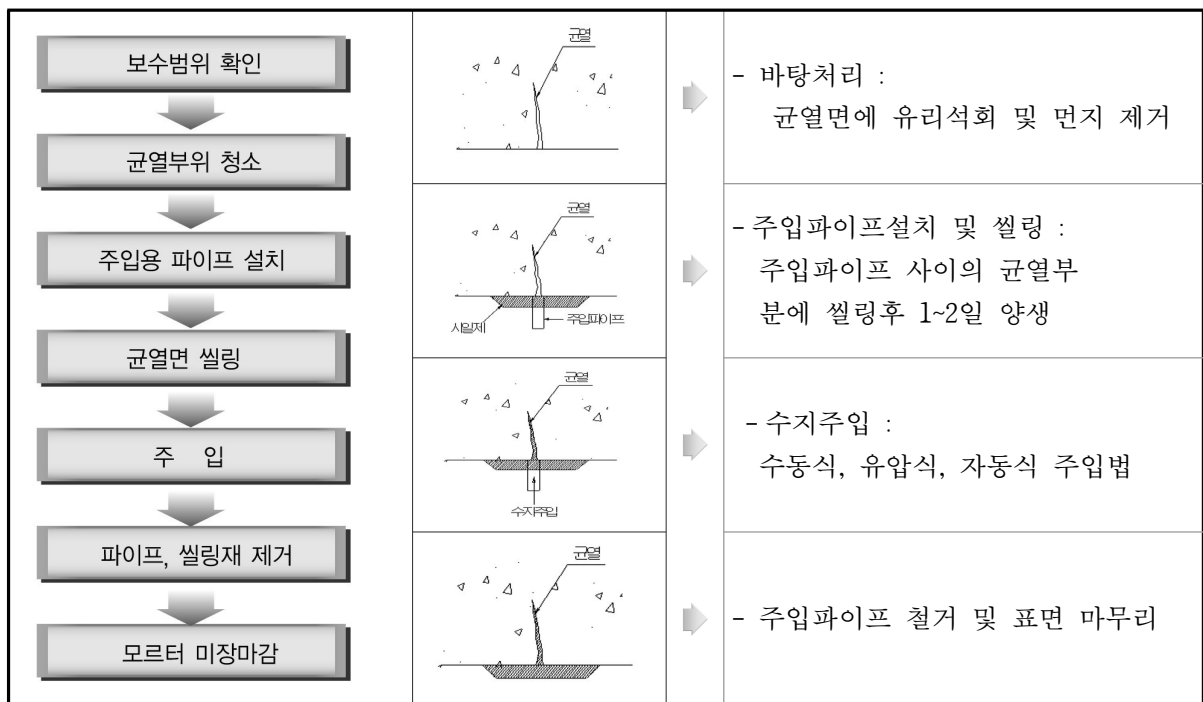
〈그림 8.5〉 균열보수 (표면처리) 시공 순서도

ㄴ. 주입 공법

주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다.



〈그림 8.6〉 균열 보수(주입공법) 개념도



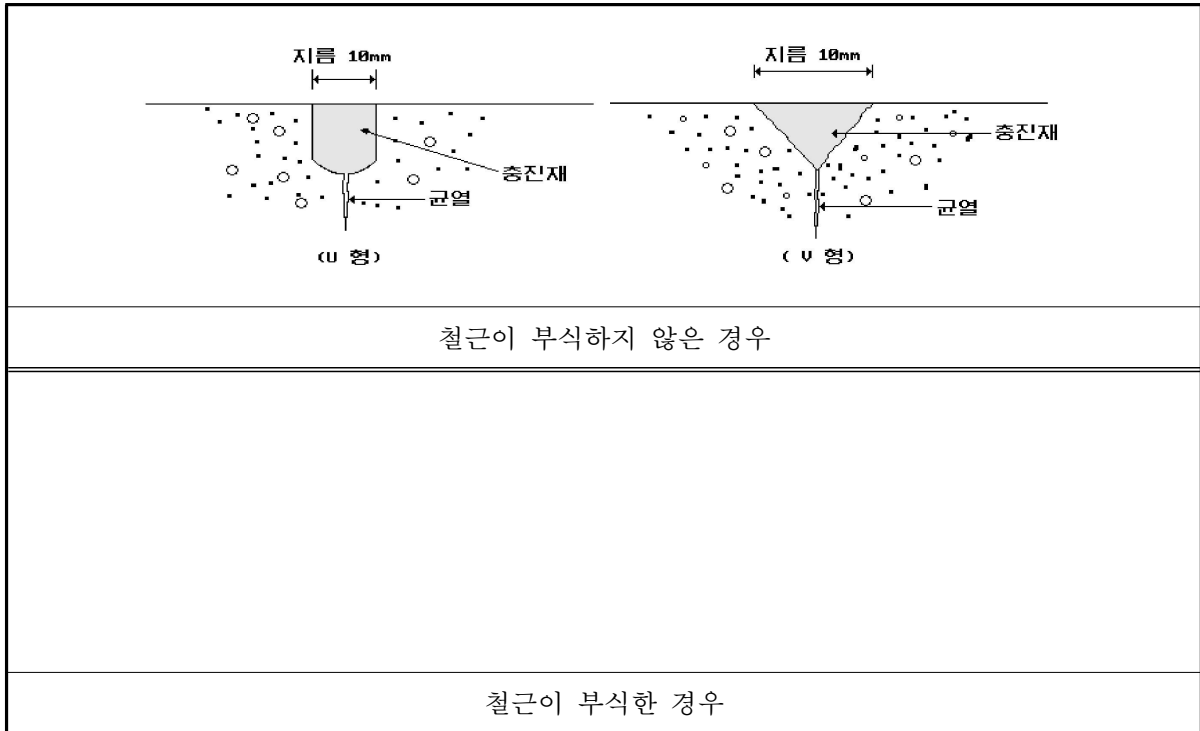
〈그림 8.7〉 균열 보수(주입공법) 시공 순서도 및 상세도

압 입 식	- 수동식 주입 : 인력 - 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 - 저압/저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 입력
흡 입 식	균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치해 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

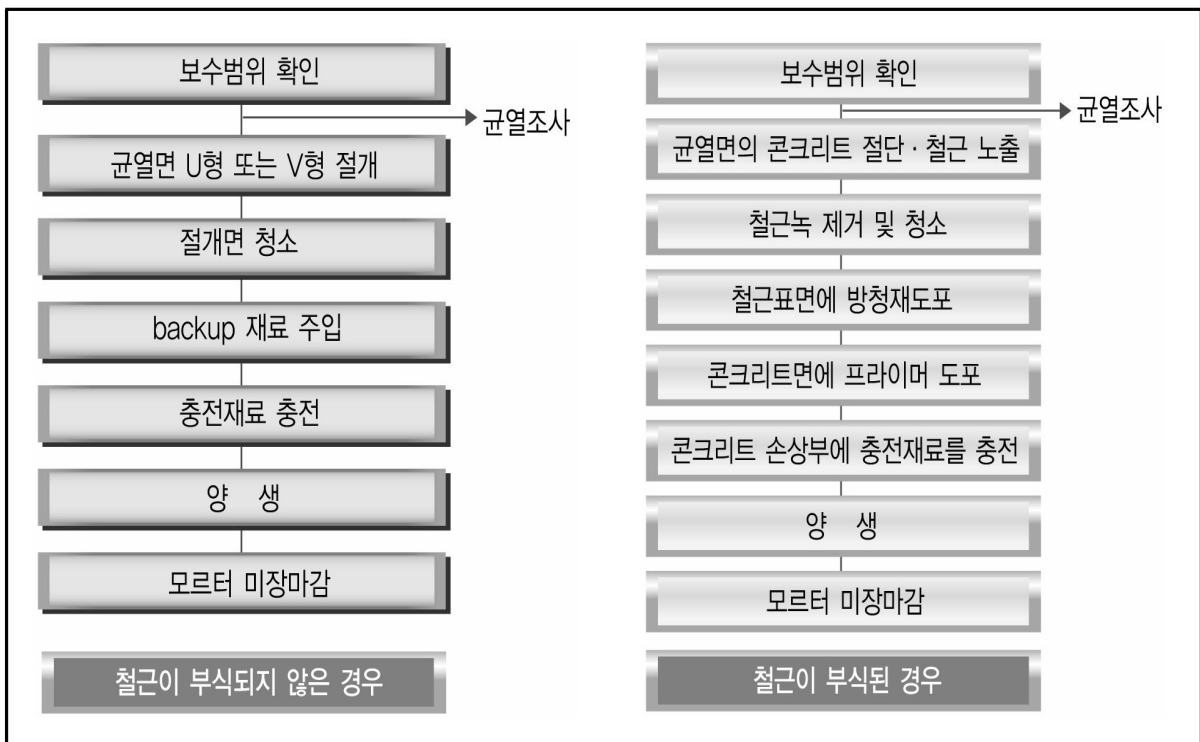
〈표 8.9〉 균열 보수(주입공법) 종류

㉔. 충전공법

충전공법은 균열의 폭이 0.5mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법

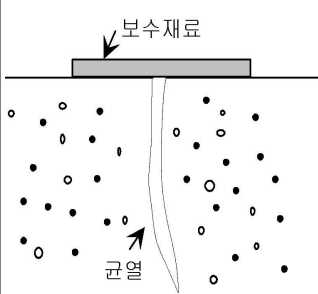
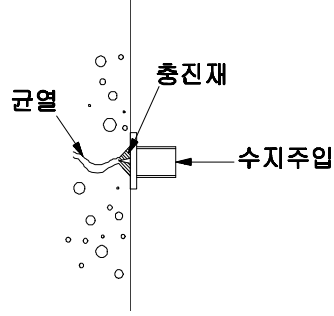
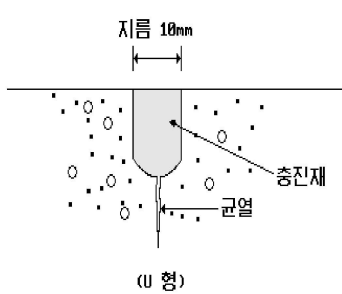


〈그림 8.8〉 균열 보수(충전공법) 개념도

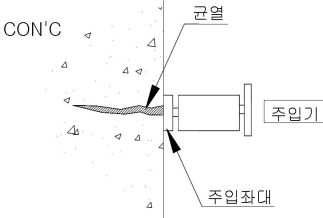
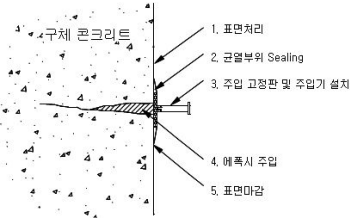
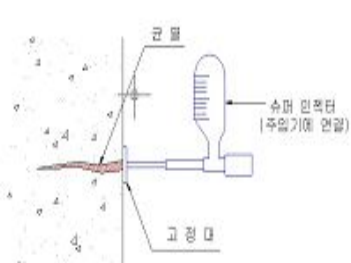


〈그림 8.9〉 균열 보수(충전공법) 시공 순서도

르. 균열 보수공법 비교

구 분	표면처리공법	주입공법	충전공법
공법 개요	미세균열(폭 0.2mm 이하) 위에 도막을 구성하여 방수성, 내구성을 향상 시키는 공법	폭 0.2mm 이상의 균열에 보수재를 주입하여 방수성, 내구성 향상시키는 공법	폭 0.5mm 이상의 균열 보수에 적당한 공법으로 균열 부위의 콘크리트를 cut 하고 그 부분에 보수재를 충전하는 공법
재료	• 도막탄성방수재, cement filler, polymer cement paste	• 에폭시 수지	• 시일재, 가소성 에폭시 수지, 폴리머 시멘트 몰탈
공법 개요도			
시공 순서	① 균열부위 청소 ② 균열면 충전 ③ 균열보수재 피복	① 균열부위 청소 ② 주입용 파이프 세트 ③ 균열면 채우기 ④ 보수재 주입 ⑤ 파이프·시일재 철거	① 콘크리트 깎아내기 ② 철근의 녹제거와 청소 ③ 방청재 도포 ④ 프라이머 도포 ⑤ 충전재 충전 ⑥ 양 생
특징	• 미세균열에 일반적으로 많이 적용, 시공 실적 다수 • 표면만 보수하므로 재균열 발생 가능 • 내구년수가 짧음 • 시공이 간편	• 일반적인 주입공법, 시공실적 다수 • 경화 후 재료 수축 현상이 거의 없음 • 기존 콘크리트와 물리적 성질 상이하여 재균열 발생 가능	• 시공이 간편 • 공사비가 다소 고가 • 유기질계로 시간에 따라 주입재의 변형이 생김 • 균열 폭에 상관없이 시공 가능

<표 8.10> 균열 보수공법 비교안

구분	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입 가능한 공법
시공 방법	표면처리 → V컷팅 → 주입좌대 고정 → 균열부 실링 → 초미립자 무기계 슬러리 주입 → 단면복구	표면처리 → 주입구 선정 → 균열부 썰링 → 고정판 설치 → 에폭시주입 → 표면정리	균열부위 면처리 → 에어건으로 먼지제거 → 균열부 실링 → 고정제 부착 → 실린더 고정판에 부착 → 슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입 → 고정대 제거 후 마감
특징	•무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사 하여 시공 후 온도/하중 변화에 의한 재 균열 발생 가능성이 없음. •습윤면 시공 불가능 •균열부 콘크리트 방청, 중성화 및 염해 방지 기능이 있음 •공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	•주입량 점점이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다. •건식, 습식, 수중 시공이 가능하다. •균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능하다. •압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대 되어 버릴 수 있음.	•각각의 시공 부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절 하면 완벽한 주입 가능 •자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능 •약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음. •시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다. •사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있다.

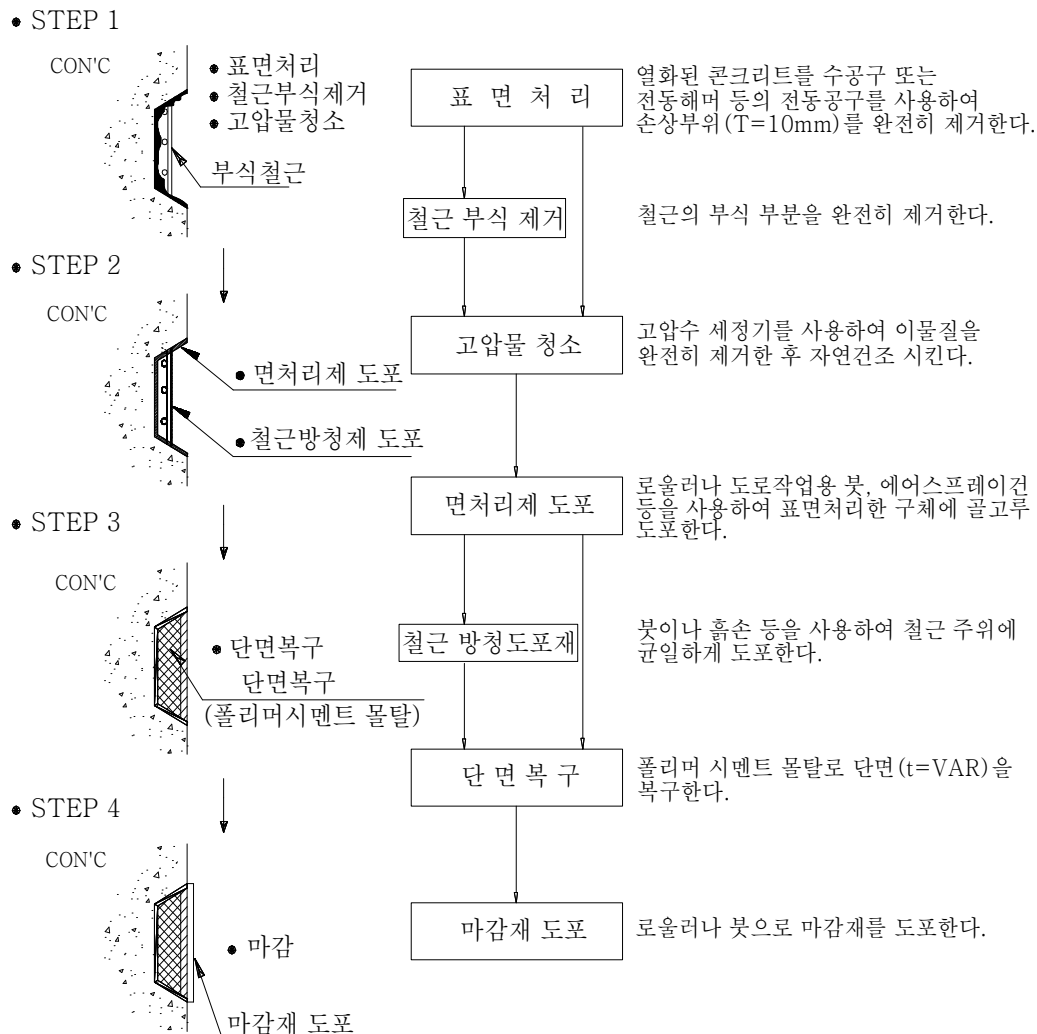
〈표 8.11〉 주입공법 비교안

(2) 단면복구공법

ㄱ. 개요

단면복구공법은 콘크리트 구체에 발생된 재료분리, 철근노출, 박리·박락, 표면열화 등의 손상부위를 제거하고, 철근의 부식이 진행된 경우에는 방청처리를 실시한 후 보수재료를 통하여 제거된 콘크리트 단면을 복원하는 공법이다.

ㄴ. 시공개요도



<그림 8.10> 단면복구공법 시공개요도

ㄷ. 단면복구공법의 선정 방법

단면복구공법은 손상이 발생된 기존콘크리트 부분을 폴리머몰탈 등의 재료로 치환하여 단면의 건전성을 회복하는 공법으로서, 현장 적용성, 시공성, 경제성, 유지관리 측면 등을 고려하여 적합한 공법을 선정하도록 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

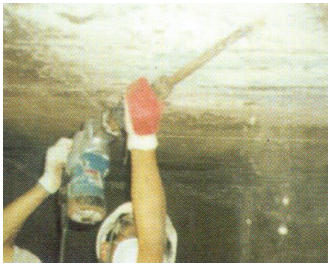
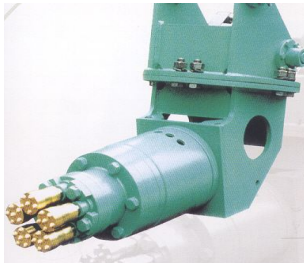
ㄴ. 사용재료의 선정

구 분	폴리머 몰탈 단면복구	에폭시 수지 몰탈 단면복구
장 점	· 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수 · 품질관리가 용이, 시공공정에 대한 재료 및 시방확보 · 콘크리트와 물성치가 비슷하여 모체와 일체성 확보 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함	· 인장강도, 휨강도가 콘크리트 보다 우수 · 접착성, 내마모성 우수 · 건조한 환경, 단면복구 두께가 작은 경우 등 간단한 시공에 유리 · 경화시간 빠름
단 점	· 에폭시 수지에 비해 재료의 단가가 높음 · 보통 형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐	· 경화제에 독성이 있고 유해가스의 발생 · 유기계 재료로 통기성 없어 부식 촉진 우려 · 습기가 있는 부분 접착력 떨어지며, 품질관리 어려움 · 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다르므로 기존모체와 일체화 어려움

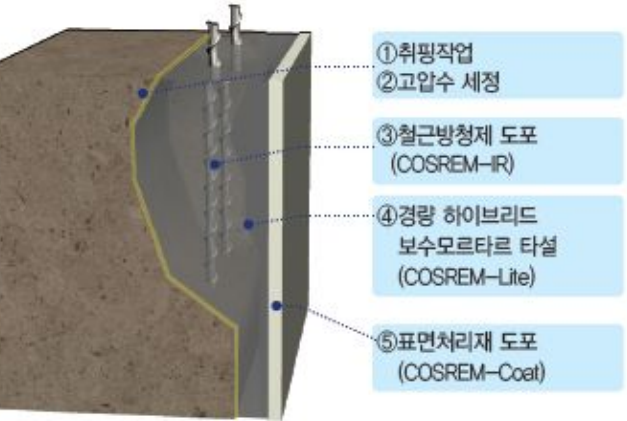
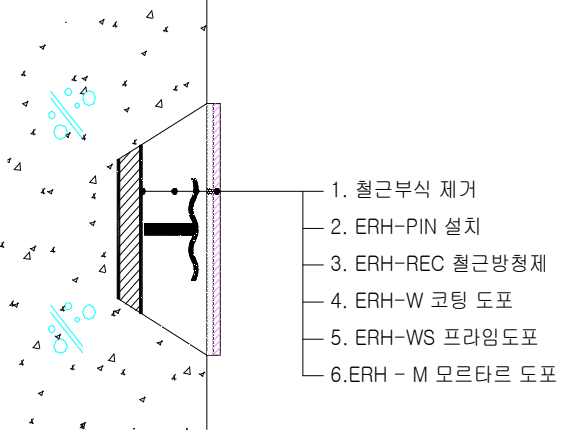
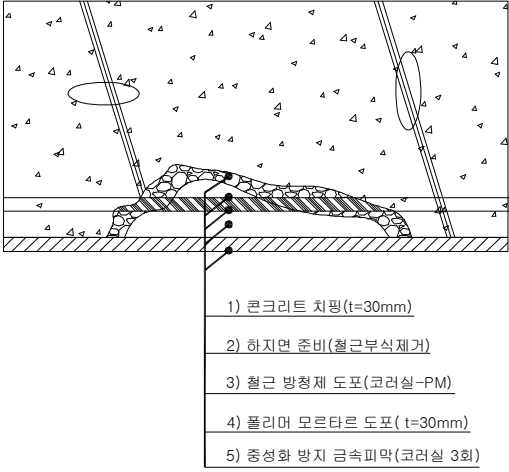
〈표 8.12〉 단면복구 사용재료 비교

구 분	최소 요구 품질 기준
압축강도(MPa)	10
표준 휨강도(MPa)	4
표준 접착강도(MPa)	1

〈표 8.13〉 폴리머 모르터 최소 품질 기준

구분	인력치핑(hand Breaker)	공기타격식방법(C&P공법)	Water Jet공법
공법 개요			
시공 방법	① 손상부위마킹 ② 치핑(hand breaker) ③ 물청소 및 청소	① 손상부위마킹 ② 장비조립 및 설치 ③ 기계화 평면치핑 및 요철치핑 ④ 물청소 및 청소	① 제거부위마킹 ② 살수차, Power Pack 설치 ③ Robot(Water Jet)설치 ④ Water Jet Chipping ⑤ 잔재수집 및 청소
장점	◦가장 일반적인 공법으로 소규모 물량에 적용 ◦공사비가 저렴	◦요철치핑으로 전단저항 증대 ◦공사비 절감, 공기단축으로 경제성이 우수하며 열화부 완전 제거로 품질이 우수	◦충격과 진동이 없어 인근구조물에 균열 등의 영향을 주지 않음 ◦철근의 손상 없이 콘크리트의 열화부위만을 선별하여 제거가 가능 ◦재래식 공법에 비해 시공속도 빠름 ◦보강 콘크리트의 부착력 좋음
단점	◦인력작업으로 작업속도가 느림 ◦열화부위가 완전히 제거되지 않을 수 있음	◦분진과 소음이 다소 있어 시가 지나 주요시설 주변의 까다로운 작업조건에는 부적합 ◦가격이 다소 고가	◦가격이 다소 고가 ◦소규모 물량에는 다소 비경제적임

〈표 8.14〉 열화부위 치핑 방안 비교

구 분	COSREM 공법 (신기술 제 596호, 2009년 12월, 3년)	FCSM 공법 (신기술 제 522호, 2007년 2월, 8년)	에코플래시 공법 (신기술 577호, 2009년 5월, 3년)	CORUSEAL 공법 (신기술 345호, 2002년 10월, 8년)
기술개요	페라이트계 경량골재, 나일론 보강 단섬유, 첨가제 등으로 구성된 경량 보수모르타르를 사용하여 보수함으로써 보수 모르타르의 기준 성능을 만족하고, 기존 보수 모르타르 대비 단위 중량을 30~35% 경량화하여 자중감소 및 첨가제 사용으로 구조물에 미세 진동 등이 존재하여도 초기 및 장기 부착성능을 유지하여 장기 내구성능을 향상시킨 콘크리트 보수공법.	PVA(Polyvinyl alcohol)단섬유와 구형의 경량비드, CSA(Calcium Sulpho Aluminate)팽창재 등을 첨가하여 제조된 보수모르타르와 이를 시공 할 수 있는 섬유투입장치, 배합수 공급장치, 교반속도 조절장치를 포함한 전용믹서와 이중추진방식의 스프레이건을 사용하여 구조물을 보수공법	삽입핀과 사각의 메쉬형 접착보강구조물이 결합된 접착보강판을 콘크리트 표면에 설치하고, 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 노즐에서 압축공기와 물이 공급되는 회전돌기형 믹싱샤프트건으로 건식 분사하여 타설하는 콘크리트 단면보수공법	철재 부식방지, 콘크리트 염해, 콘크리트 중성화 방지를 위한 금속혼합물 피막 접착공법으로 연성과 내마모성, 내식성이 좋은 산화알루미늄과 고강도 마이크로 혼합물을 특수 접착제와 복합화하여 철재, 콘크리트 표면에 개발된 혼합물을 분사하여 구조물의 표면을 보호하고 열화 외적인 요인을 차단시켜 구조물의 미관을 유지하고 내구성을 향상시키는 공법
개 요 도	 ①취핑작업 ②고압수 세정 ③철근방청제 도포 (COSREM-IR) ④경량 하이브리드 보수모르타르 타설 (COSREM-Lite) ⑤표면처리제 도포 (COSREM-Coat)	 5. 표면코팅제도포 4. 섬유복합보수모르타르 붓칠 3. 구체강화제도포 2. 고압수 세정 1. 표면처리	 1. 철근부식 제거 2. ERH-PIN 설치 3. ERH-REC 철근방청제 4. ERH-W 코팅 도포 5. ERH-WS 프라이밍도포 6. ERH-M 모르타르 도포	 1) 콘크리트 치핑(t=30mm) 2) 하지면 준비(철근부식제거) 3) 철근 방청제 도포(코러설-PM) 4) 폴리머 모르타르 도포 (t=30mm) 5) 중성화 방지 금속피막(코러설 3회)
장 점	- 단위중량을 30%이상 줄여 자중에 의한 처짐 감소 - 초.장기 뛰어난 부착성능으로 진동을 받는 구조물에 적용 가능 - 부착력 및 내구성, 내약품성 우수 - 전용장비 없이 기존 장비를 이용하여 시공 가능 - 콘크리트와 유사한 열팽창계수로 장기 내구성실현	- PVA 섬유의 3차원 가교작용으로 균열억제 - 건조수축 및 진동에 의한 균열저항성 이 우수 - 동결융해 저항성 우수 - 내염해성, 내산성, 내중성화, 내구성 탁월 - 구조물의 Life Cycle을 연장	- 보수콘크리트의 균열, 들뜸 억제 - 건식 압송장치로 모르타르 재료를 이송하고 노즐에서 압축공기와 물이 공급되는 회전 돌기형 믹싱샤프트건으로 분사함으로써 이송거리를 증대시키고 재료분리 현상을 저감시킨 콘크리트단면보수 공법.	- 방청성, 방수성, 내화확성이 우수하다. - 무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적성질이 유사하여 시공후 균열,탈락 등 재산상 발생가능성 적음 - 무용제형으로 환경친화적 소재이다.
단 점	- 최신 기술 적용 공법으로 정밀시공 요함.	- 섬유를 별도로 혼입하므로 작업이 번거롭다. - 숙련공에 의한 교반이 필요하다. - 섬유가 뭉치므로 고른 압축강도 확보 미흡 - 습윤면의 부착이 어려움	- 최근 개발된 제품으로 시공실적이 상대적으로 적다. - 시공시 별도의 특수 및 대형 장비가 필요 - 시공 공정이 번거롭다.	- 시공시 경험 및 기술을 필요로 한다. - 시공비가 고가이다.

<표 8.15> 단면복구 비교표

(3)강재 도장 보수

ㄱ. 개 요

도장 박리/박락은 거더 하면과 측면에 국부적으로 발생하였으며, 세척과 소지조정 작업이 적당치 못한 경우(물, 오일 등 잔류)에 주로 발생한다.

도장 긁힘/부식은 다리밑공간 통과차량이나 작업용 중장비 등에 의한 충격으로 도장이 훼손되어 발생한 것으로 재도장 보수가 필요한 상태이다.

ㄴ. 재도장 시스템의 선정

보수의 방법에는 부분적인 보수와 전면적인 보수로 분류할 수 있다. 강 거더 도장은 일률적으로 노화하는 경우는 없고 부위에 따라 노화정도가 다르므로 도막에 노화가 발견된 시점에서 즉시 그 부분을 보수하거나 또는 노화상태를 고려하여 전면적인 보수를 하여야 할 것인지를 결정하여야 한다.

ㄷ. 표면처리(전처리)

도료를 칠할 경우 강재표면을 청결히 하고 적당한 조도를 제공하기 위해서는 반드시 표면처리를 해야 하는데 이는 도료의 밀착이 잘되게 하여 도막의 녹방지 효과를 높이기 위해서이다. 재도장 전의 기존 도막의 경화가 진행된다면 재도장 도료가 부착되지 않아 갈라짐, 벗겨짐, 박리, 녹 등의 열화현상이 광범위하게 발생한다. 도장 보수를 위한 기계적 표면처리 시 기계 및 공구에 의한 SSPS-Sa 2.5 이상 표면처리기준은 다음과 같다.

방 법	등 급	SIS 055900	비 고
수동공구세정 (Hand-Tool Cleaning)		St2	수동공구, 치퍼, 디스케일러, 연마지, 와이어브러쉬와 그라인더를 사용하여 지시된 수준으로 들뜬 녹, 들뜬 흑피와 들뜬 도막을 제거한다.
동력공구세정 (Power Tool Cleaning)		St3	동력공구, 치퍼, 디스케일러, 연마지, 와이어브러쉬와 그라인더를 사용하여 지시된 수준으로 들뜬 녹, 들뜬 흑피와 들뜬 도막을 제거한다.
“완전나금속” 브라스트세정 (“White Metal” Blast Cleaning)	1급 조정	St3	모래, 그리트 및 쇼트를 사용하여 흰 또는 노즐에 의한 브라스트세정(건식 혹은 습식)으로 눈에 띄는 모든 녹, 흑피, 도막 및 기타 이 물질을 모두 제거한다.(세정을 위해 많은 비용을 투자할 수 있는 심한 부식환경에 놓여지는 피도물에 대하여)
“일반” 브라스트세정 (“Commercial” Blast Cleaning)	3급 조정	Sa2	표면적의 ⅔ 이상까지 눈에 띄는 모든 잔유물을 브라스트 세정한다.(비교적 심한 상황에 놓여지는 피도물에 대하여)
“브라쉬” 브라스트세정 (“Brush-Off” Blast Cleaning)	4급	Sa1	금속표면 전체에 고루 수많은 녹을 노출한 채 단단히 부착된 흑피, 녹 및 도막을 제외한 모든 것을 브라스트 세정한다.
“준나금속” (“Near White Metal” Blast Cleaning)	조정	Sa2½	표면적의 95%이상까지 눈에 띄는 모든 잔유물을 완전 나금속세정에 가까이 브라스트 세정한다.(높은 습도, 화학적인 환경, 해상 및 기타의 부식환경에 놓여지는 피도물에 대하여)

〈표 8.16〉 기계 및 공구에 의한 SSPS-Sa 2.5 이상 표면처리기준

표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- 완벽한 표면처리 후에 도장하는 것이 중요하며 표면에 물리적인 손상이 없어야 한다.
- 검사자는 도장전에 기존도막과 도장될 도료와의 부착력을 검토해야 하고 미비한 표면상태를 발견하면 다시 표면처리한 후 재도장 하도록 한다.
- 표면조도계측기 등을 사용하여 표면처리된 강재의 조도 등을 시각적으로 비교한다.
- 검사자는 주머니칼을 사용하여 부풀음이나 도막 밑에 부식이 생긴 것으로 추정되는 도막을 긁어봐서 경도를 검사한다. 이 방법은 주관적이어서 검사자의 경험에 영향을 받을 수 있다.

르. 재도장 작업

재도장 작업 관리의 주된 항목은 표면처리의 상태, 겹칠 간격, 시공 후의 도막외관, 도막두께, 도료의 사용량 등이다. 그러나 도막두께의 평가는 신설 도장시와는 다르며 적용하는 표면처리의 종류에 따라 평가방법을 다르게 해야 한다. 재도장에 있어서 품질관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다.

재도장 작업 시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- 도장에 필요한 최저 기온은 5℃이고, 도장하는 표면에 습기와 서리가 없도록 해야 한다.
- 표면온도, 도료온도, 도장 및 경화가 5℃ 이상 60℃ 이하에서 시공
- 상대습도 85% 이하
- 표면온도는 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상에서 시공
- 경화되는 순간에 온도가 최저치보다 내려가면 도막이 손상된다.
- 온도와 관련된 도막 손상 문제는 온도를 측정하지 않는데서 기인하기 때문에 지속적인 온도 측측이 필요하다.
- 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.
- 스프레이 할 때 풍향과 풍속으로 상부의 열차, 자동차, 보행자, 하부의 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다.
- 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.

기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 각 도료의 도장지시서에 따르며 도장완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다. 또한, 보수 도장을 실시한 후 3~5년 이후에는 반드시 발청상태를 재확인하는 것이 필요하므로 전문가에 의한 현장조사를 실시하여야 한다.

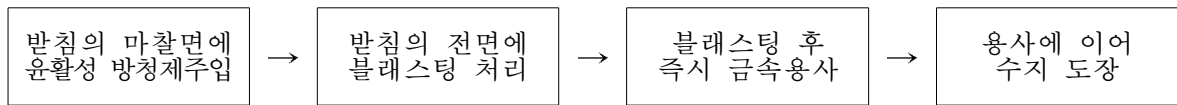
(4) 받침장치 도장 보수

ㄱ. 개 요

교량받침의 강재부식은 구조물의 신축과 회전을 방해하고 이로 인한 구조적인 문제점을 발생시키며, 받침의 기능 저하는 구조물의 안전성 저하의 원인으로 작용한다. 따라서 교량받침 주변 청소와 접촉면의 녹 제거 후 강재부식 방지를 위한 보수가 필요하다.

ㄴ. 보수방안

- 받침부식 보수순서



① 준비

블라스트, 용사, 도장처리 시 분진, 기타 제거물의 비산 등의 낙하를 방지하기 위해 받침 주위를 시트로 완전히 가려놓고 주의깊게 시공하여 공해 방지를 위해 각별히 유의하여야 한다.

② 받침 주위 청소

받침 강재의 녹을 소도구 또는 망치 등으로 털어낼 수 있을 정도까지 제거한다. 받침 주변은 빗물 및 먼지 등으로 오염되어 있기 때문에 작업에 앞서 주변청소를 깨끗이 한다. 이때 받침 외부도 점검하여 받침의 파손 여부를 확인한다.

③ 윤활제의 주입

받침의 마찰면의 기능을 회복시키고 이동회전의 기능을 활성화하기 위하여 블라스트 시공에 앞서 마찰면에 윤활제(이유화 모리브덴 용액)를 충분히 침투시킨다. 다음 공중의 작업은 윤활제가 충분히 말랐음을 확인 후 한다.

④ 블라스트 처리

에어블라스트법에 따라 하여야 하며, 연소재로서의 작업 후 주위의 오염과 분진 발생을 최소한으로 억제하고, 블라스트를 완전히 하기 위하여 블라스트용 자재는 동슬러그를 사용한다.

블라스트에 사용하는 콤프레샤는 노즐의 토출압력이 최저 5kg/cm² 이상이어야 한다.

⑤ 금속용사

용사법에 따라 아연 및 알루미늄 합금을 용사하여야 하며, 아연선은 Φ3 ~ 4mm를

사용하고 최저 피막 두께는 0.075m/m 이상이어야 한다.

⑥ 수지 도장

금속용사 피막 위에 미세한 공간을 메우고 방청효과를 높이기 위해 반드시 자재는 카보마스틱 15로 행하여야 한다.

⑦ 마무리

받침 주변의 잔존 연소제 및 분진 등을 말끔히 청소한다.

(5) 교면포장(아스콘) 보수 공법

ㄱ. 개 요

교면포장은 아스팔트포장으로 공용년수 증가에 따른 망상균열, 소성변형, 요철, 마모 등의 결함이 다수 조사되어 주행성 및 2차 손상에 대한 품질확보 측면에서 재포장이 필요할 것으로 판단된다.

ㄴ. 아스팔트 패칭공법

패칭이란 포트홀, 단차, 부분적인 망상균열 등 작은 면적의 손상된 곳을 직접 채우는 임시적인 방법과 불량부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법으로 구분할 수 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다. 사용하는 재료는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 시설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 때에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 좋다. 패칭재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할 때는 상온 아스팔트 혼합물도 사용된다.

① 가열혼합식방법

② 상온혼합식방법

시공방법

① 가열혼합식방법

가열혼합식방법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도

강하를 방지해야 한다.

(가) 시공순서

- 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 커트 등으로 장방형이나 수직으로 절취한다.
- 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.
- 젖어있는 경우는 버너 등을 사용하여 가열 건조시킨다.
- 택코우트를 실시한다.
- 가열 혼합물을 투입하여 고르게 편다.
- 전압기계를 사용하여 다진다.
- 표면온도가 손으로 댈 수 있을 정도가 되면 석분이나 가는 모래를 얇게 살포하고 교통을 개방한다.

(나) 주의사항

- 파손부 주위의 불량부 절취 최소면적은 1m×1m로 한다.
- 포장의 절취는 상판면까지 행하며 상판에 손상이 가지 않도록 주의한다.
- 택코우트는 상판면뿐만 아니라 측면까지 구석구석 잘 도포한다. 택코우트에는 아스팔트유제(PA-4, PK-4, 스트레이트, 아스팔트(100~200))를 사용한다.
- 골재의 최대입경은 5~10mm로 한다.
- 마무리면은 주변의 포장표면과 같이 되도록 시공한다. 포설시의 성토 여유 높이는 다짐시의 혼합물 온도가 적당할 경우 두께 3cm에 대하여 1cm의 비율로 포설하면 좋다.
- 포트홀의 깊이가 7cm이상이면 2층으로 시공한다. 압밀침하를 고려해서 깊이 5cm당 2~5mm 높게 마무리한다.

② 상온혼합식방법

상온혼합식방법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은

도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

(가) 시공순서

- 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 커트 등으로 장방형이나 수직으로 절취한다.
- 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.
- 젖어있는 경우는 버너 등을 사용하여 가열건조시킨다.
- 택코우트를 실시한다.
- 상온 혼합물을 투입하여 고르게 편다. 이때 상온 혼합물의 보존기간은 일반적으로 2~3개월간 저장이 가능하다.
- 전압기계를 사용하여 다진다. 이때 상온 혼합물이 안정되기 위해서는 수분의 증발, 용제의 휘발이 필요하며 이들의 적용을 촉진하기 위해서는 혼합물을 포설한 후에 공기에 노출시킨다든지 다짐작업에 충분한 시간을 주도록 하는 것이 좋다.

(나) 유의사항

- 마무리 면은 주위의 포장표면과 같은 높이가 되도록 시공한다.
- 전압 전에 버너로 약간 가열하는 것이 좋다.
- 압밀침하를 고려해서 여유 있게 성토하도록 한다.
- 가열 혼합물에 비해 안정성, 내구성이 떨어진다.

(다) 교통처리 방안

아스콘 보수 및 재포장시는 차량소통에 지장을 주지 않도록 교통처리방안을 수립 후 시공해야하며, 부분 보수시는 1차선씩 차단후 후방에 신호수 및 안전표지 시설을 설치 후 시공하며, 전면 재포장의 경우 상행,하행 분리후 차량을 우회후 시공해야한다.

㉔. 절삭후 덧씌우기

(가) 개요

망상균열 및 팻칭 보수공법으로 기인한 파손부의 재발생과 노면상승, 배수불량의 단점을 보완하기 위해서, 파손부위를 컷팅하고 이물질과 습기를 제거한 후 택코트(TACK COAT) 살포, 아스팔트 포설·다짐을 실시하는 공법이 아스팔트 절삭 덧씌우기 공법으로 아래 그림과 같이 도로의 기능과 미관을 최대한 유지할 수 있다.



(가) 시공방법

- 평균 소성변형 두께의 절삭, 표층 전체두께의 절삭, 표층 + 중간층(기층)일부 또는 전부의 절삭 방법 중 한 가지에 따라 포장을 절삭한다.
- 절삭한 두께에 포장강도부족두께를 합하여 포장두께로 한다.

(가) 주의 사항

- 절삭후덧씌우기를 실시하는 노선에 대하여 100m에 1개소 정도로 노상토를 조사하고, 덧씌우기 두께 설계법에 준하여 기존포장두께를 검토하고 절삭후에 덧씌우기하는 표층의 두께를 결정한다.
- 절삭폐재는 깨끗이 제거한다. 특히 절삭면의 흙에 남아있는 부스러기가 없도록 청소한다.
- 절삭 깊이가 깊은 경우에는 2번에 나누어 절삭하면 좋다.
- 덧씌우기로 인한 단차가 발생되지 않도록 주의하여 시공한다.

르. 아스팔트 실링공법

(가) 개요

포장균열을 방치해 두면 아스팔트 혼합물은 물과 공기에 의한 아스팔트의 점착력을 상실하여 박리발생 등 구조물로서의 포장수명이 단축된다. 이러한 것들을 방지하기 위하여 포장타르 등을 이용하여 균열을 매우는 것이 실링공법이다.

(나) 시공방법

- 균열부를 깨끗이 청소한다. 균열부 내부의 이물질 제거시에는 와이어브러시 및 대나무 등으로 후벼낸 후, 압축공기를 뿜어 날려버린다.
- 도로구배가 높은 곳으로부터 낮은 곳을 향해 주입한다.
- 가열주입재의 경우는 온도가 낮아지면 교통을 개방한다.

(다) 주의사항

주입재의 가열온도는 구성하는 재료에 따라 다르지만, 균열부에 주입하기 좋도록 유동성을 가질 때까지 가열하는 것이 좋다.

특히, 넓게 벌어진 균열부는 1회의 실링으로는 충분하지 않기 때문에 몇 번이고 충분히 실링해야 한다.

8.2.3 손상별 보수 · 보강방안 및 우선순위 선정

구 분		결함 및 손상현황	손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
교면포장		아스콘 균열	129.2m	주의관찰	3
		아스콘 망상균열	2824.0㎡	주의관찰	3
		아스콘 소성변형	34.0㎡	재포장	1
		아스콘 패임	0.09㎡	아스콘 패칭	1
		포트홀, 파손	0.3㎡	아스콘 패칭	1
		토사퇴적	47.2㎡	청소	3
방호벽	균 열	0.3mm미만	48.0m	표면처리	3
		0.3mm이상	6.0m	주입보수	3
	텔리네이터 파손		10개소	교체	3
	파손, 박리, 박락, 열화		181.85㎡	단면보수	3
	균열 백태		105.3m	습식균열보수	3
	망상균열		0.72㎡	표면처리	3
	교명판 유실		2개소	교체	3
배수시설	배수관 탈락		1개소	교체	3
	그레이팅 유실		1개소	교체	3
	배수구 막힘		15개소	청소	3
바닥판 하면	균 열	0.3mm미만	11.25㎡	표면처리	2
		표면열화	1.2㎡	단면보수	2
	데크플레이트 부식		1.8㎡	재도장	2
	백태		1.08㎡	표면처리	2
거더	외부	도장탈락, 박리, 손상, 굽힘	0.59㎡	재도장	3
		점부식, 부식	5.08㎡	재도장	3
		시건장치 미체결	8개소	시건장치 설치	2
	내부	도장손상 및 부식	0.8㎡	재도장	3
		환기구 볼트 체결 불량	28개소	볼트 재체결	3
		환기구 망 탈락	4개소	교체	3
		누수흔적 썰링제 미설치	250개소	실란트 충전	3
		이물질퇴적, 토사퇴적	172.25㎡	청소	3
		누수흔적	0.12㎡	청소	3
		재하시험 게이지 미제거	13개소	청소	3

〈표 8.17〉 보수 · 보강방안 및 우선순위 선정

구 분	결합 및 손상현황		손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
교 대 교 각	균열	0.3mm미만	167.65m	표면처리	2
		0.3mm이상	5.0m	주입보수	2
	범면 침하		0.5㎡	주의관찰	3
	망상균열		2,980.18㎡	표면처리	2
	철근노출 박락, 파손		0.01㎡	단면보수	2
	재료분리		3.0㎡	표면처리	2
	표면열화		5.64㎡	단면보수	2
	실란트 파손		6.0m	실란트 충전	2
	하단 방호벽 밀립		0.1m	주의관찰	3
신축이음장치	후타재 균열		46.67㎡	주의관찰	3
	유간 토사퇴적		81.5m	청소	3
	차수판 볼트 탈락		2개소	교체	3
	본체 부식		5.0m	주의관찰	3
받침장치	cw=0.3mm미만 균열		11.15m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열		0.6m	주입보수	2
	도장박리, 탈락, 부식		0.69㎡	재도장	3
	낙교방지장치 볼트길이부족		224개소	주의관찰	3
	들뜸, 파손, 탈락		0.5㎡	단면보수	3
	볼트 부식		19개소	재도장	3
	본체 고무재 탈락		2개소	주의관찰	3

〈표 8.17〉 보수·보강방안 및 우선순위 선정 (계속)

8.2.4 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
교면포장	아스콘 소성변형	재포장	34	m ²	39.1	m ²	60	2,346
	아스콘 패임	아스콘 패칭	0.09	m ²	0.1	m ²	60	6
	포트홀, 파손	아스콘 패칭	0.3	m ²	0.3	m ²	60	21
순공사비			2,373					
부대공 (순공사비 10% 이상)			237					
제경비 (순공사비 50% 이상)			1,187					
총공사비 (순공사비+제경비)			≒ 3,800					

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 15%적용 = 위험할증15%

*주) 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영

*주) 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의
실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

<표 8.18> 1순위 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
바닥판 하면	0.3mm미만 균열	표면처리	11.25	m	3.2	m ²	49	158
	표면열화	단면보수	1.2	m ²	1.4	m ²	210	290
	데크플레이트 부식	재도장	1.8	m ²	2.1	m ²	77	159
	백태	표면처리	1.08	m ²	1.2	m ²	49	61
거더 외부	시건장치 미체결	시건장치설치	8	개소	8.0	개소	10	80
교대 및 교각	0.3mm미만	표면처리	167.65	m	48.2	m ²	49	2,362
	0.3mm이상	주입보수	5	m	5.8	m	130	748
	망상균열	표면처리	2,980.18	m ²	3427.2	m ²	49	167,933
	철근노출박락,파손	단면보수	0.01	m ²	0.0	m ²	210	2
	재료분리	표면처리	3	m ²	3.5	m ²	49	169
	표면열화	단면보수	5.64	m ²	6.5	m ²	210	1,362
	실란트 파손	실란트 충전	6	m	6.9	m	10	69
받침장치	cw=0.3mm미만균열	표면처리	11.15	m	12.8	m ²	49	628
	cw=0.3mm이상균열	주입보수	0.6	m	0.7	m	130	90
순공사비			174,111					
제경비 (순공사비 10% 이상)			17,411					
제경비 (순공사비 50% 이상)			87,055					
총공사비 (순공사비+제경비)			≒ 278,500					

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 15%적용 = 위험할증15%

- 균열(표면처리) = 손상물량 × 1.15 × 0.25

*주) 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영

*주) 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의
실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

〈표 8.19〉 2순위 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
교면포장	토사퇴적	청소	47.2	m ²	54.3	m ²	10	543
방호벽	델리네이터 파손	교체	10	개소	10	개소	10	100
	교명판 유실	교체	2	개소	2	개소	30	60
	0.3mm미만	표면처리	48	m	13.8	m ²	49	676
	0.3mm이상	주입보수	6	m	6.9	m	130	897
	파손,박리,박락,열화	단면보수	181.85	m ²	209.1	m ²	210	43,917
	균열 백태	습식균열보수	105.3	m	121.1	m	270	32,696
	망상균열	표면처리	0.72	m ²	0.8	m ²	49	41
배수시설	배수관 탈락	교체	1	개소	1	개소	30	30
	그레이팅 유실	교체	1	개소	1	개소	10	10
	배수구 막힘	청소	15	개소	15	개소	10	150
거더외부	도장탈락,박리,손상,굽힘	재도장	0.59	m ²	0.7	m ²	77	52
	점부식, 부식	재도장	5.08	m ²	5.8	m ²	77	450
거더 내부	환기구 망 탈락	교체	4	개소	4	개소	30	120
	이물질퇴적,토사퇴적	청소	172.25	m ²	198.1	m ²	10	1,981
	누수흔적	청소	0.12	m ²	0.1	m ²	10	1
	재하 게이지 미제거	청소	13	개소	13	개소	10	130
	도장손상및 부식	재도장	0.8	m ²	0.9	m ²	77	71
	환기구 볼트 체결 불량	볼트 재체결	28	개소	28	개소	10	280
	누수흔적 씰링제 미설치	실란트 충전	250	개소	250	개소	10	2,500
신축이음	유간 토사퇴적	청소	81.5	m	93.7	m	10	937
	차수판 볼트 탈락	교체	2	개소	2	개소	10	20
받침장치	들뜸,파손,탈락	단면보수	0.5	m ²	0.6	m ²	210	121
	도장박리,탈락,부식	재도장	0.69	m ²	0.8	m ²	77	61
	볼트 부식	재도장	19	개소	19	개소	77	1,463
순공사비			87,307					
제경비 (순공사비 10% 이상)			8,730					
제경비 (순공사비 50% 이상)			43,653					
총공사비 (순공사비+제경비)			≒ 139,600					

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 15% 적용 = 위험할증 15%, - 균열(표면처리) = 손상물량 × 1.15 × 0.25

*주) 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영

*주) 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의
실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

<표 8.20> 3순위 개략공사비

구 분	1순위(단기)	2순위(중기)	3순위(장기)
순공사비	2,373	174,111	87,307
부 대 공(순공사비 × 10%)	237	17,411	8,730
제경비(순공사비 × 50%)	1,187	87,055	43,653
계	≒ 3,800	≒ 278,500	≒ 139,600
개략공사비<중대+1순위+2순위+3순위(만원 단위 절삭)>			421,900

<표 8.21> 개략공사비 합계 (제경비 50% 포함)

※ 1순위 : 교면포장 소성변형, 포트홀 등 / 1년 이내 보수 필요

※ 2순위 : 0.3mm미만 균열, 수량이 적은 0.3mm이상 균열, 망상균열 등 / 2년 이내 보수 필요(진전시)

※ 3순위 : 배수구 막힘, 토사퇴적, 이물질 퇴적 등 / 차후 점점 이후(진전시)

8.3 유지관리 방안

8.3.1 유지관리 업무

유지관리업무는 아래의 항목에 대하여 대상구조물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

가. 유지관리 업무

(1) 자료의 관리

관리주체는 효과적인 관리체계를 위하여 대상 구조물에 대하여 보수 이력 등 정확한 기록 및 자료를 반드시 보관하여야 한다.

ㄱ. 구조물에 필요한 자료

관리주체는 준공도면, 구조계산서, 특별시방서 등을 포함하여 아래에 명시한 구조물 관리에 필요한 자료를 보관하여야 한다.

구 분	내 용
설계도	- 시공 보수도면, 구조계산서 - 제작 및 작업도면, 붕괴유발부재를 포함한 각부재의 상세도면 - 최종 준공도면 - 설계 시공회사, 시공관할기관, 감독관
시방서	- 특별시방서
사진	- 정면 및 측면, 주요 결함부, 주요 시공사진
재료시험	- 시공재료의 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서 - 관리 및 선정시험 기록 - 비파괴시험 자료(재료의 강도, 염해도 등)
보수이력	- 날짜, 보수위치 및 공법, 물량 및 손상종류, 시공회사, 공사비, 계약번호
사고기록	- 날짜, 경위, 부재의 손상 및 보수현황
점검이력	- 날짜, 점검자, 관리주체, 점검의 종류 등 모든 점검활동 관련사항
구조물 관리대장	- 연도별 점검기록이 포함된 구조물관리기록
내하력평가 기록	- 내하력 평가방법의 종류 및 해석결과, 사용된 계수 등 제반기록 보관
계측 기록	- 계측 필요시 중요부재를 정하고 주기적인 계측을 시행하고 기록 보존

〈표 8.22〉 유지관리상 자료의 관리

ㄴ. 구조물 관리항목

구조물 관리대장의 관리항목에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.

구 분	내 용
구조물 구분	- 구조물명, 일련번호, 관리주체, 위치(행정구역), 이정, 교차코드 등
구조물 형식 및 사용재료	- 구조 형식, 형식, 높이 등
연령 및 공용성	- 착·준공 연월일, 상·하행 차선수 등
구조물 제원	- 연장, 총 폭원, 유효 폭원, 형하고 등
구조물분류, 내하력 및 통행제한	- 구조물등급, 설계하중, 내하력 평가방법 및 계산기록, 기본내하력, 공용하중, 안전도, 허용통과 하중 및 통행제한 여부, 재하시험 수행시 고유진동수, 충격계수
구조물상태 평가	- 바닥판, 상부구조, 하부구조, 유지관리활동 또한 제한사항 등을 포함한 구조물 상태에 대한 점검결과

〈표 8.23〉 유지관리상 구조물 관리항목

(2) 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

(3) 점검 및 진단

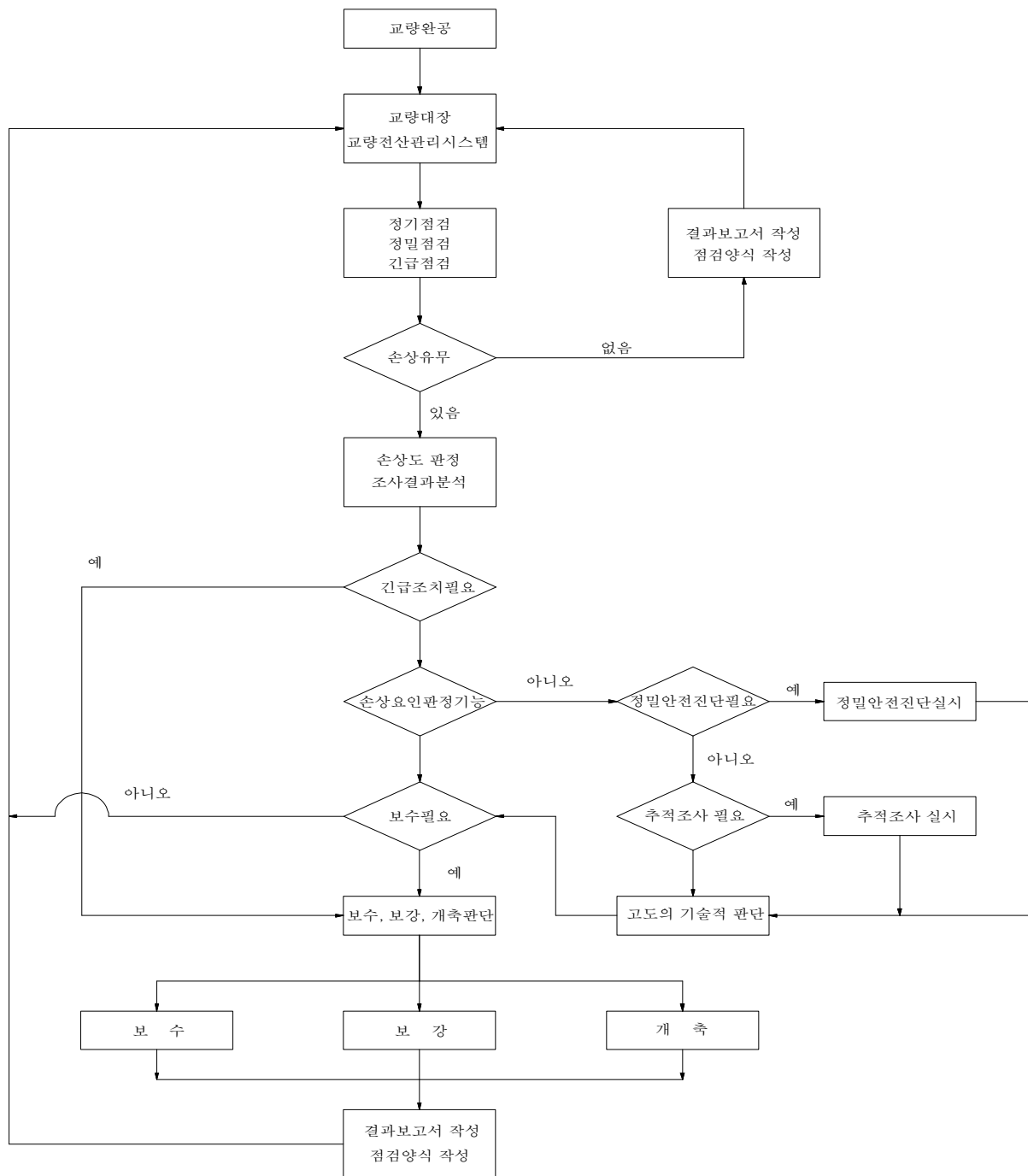
점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 교통을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여 점검이 필요하다.

점검은 일상점검, 정기점검, 정밀점검, 긴급점검으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

(4) 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수 · 보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수는 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능을 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

나. 유지관리 업무의 흐름



〈그림 8.11〉 유지관리 흐름도

8.3.2 점검 주기 및 주요 조사내용

점검 종류	점검 주기	주요 조사항목	범위
정기점검	반기1회	· 세심한 육안검사 수준의 점검 · 중대한 결함의 가능성 발견	테스트 해머 분필 등
정밀점검	2년 1회 이상	· 육안검사와 간단한 측정, 시험장비를 이용하여 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하고 사용요건 만족 여부 판단 · 상태평가등급결정 및 안전등급 지정	점검 및 주변현지 답사
긴급점검	필요시	· 손상점검과 특별점검으로 구분하여 재해나 사고 에 의해 비롯된 구조적 손상을 긴급하게 점검함	점검이 필요한 구간

〈표 8.24〉 점검 주기 및 주요 조사내용

가. 안전등급 결과에 따른 점검 실시시기

해당 시설물의 안전등급에 따라 다음 표의 실시주기에 의해서 정기적으로 정밀점검 및 진단을 실시 완료하여야 한다.

최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 하며, 정밀점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀점검의 실시주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

나. 안전등급 결과에 따른 진단 실시시기

준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함)을 기준으로 산정하여 10년이 지난 때부터 1년이 내에 실시 완료하여야 하며, 차회의 정밀안전진단은 전회의 정밀안전진단 완료일을 기준으로 해당 시설물의 안전등급에 따라 실시주기에 의해서 정기적으로 정밀안전진단을 실시 완료하여야 한다. 다음 〈표 8.25〉은 안전등급 결과에 따른 점검(진단) 실시시기를 나타내었다.

안전등급	정밀점검		정밀안전진단
	건축물	그 외 시설물	
A 등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B·C 등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D·E 등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

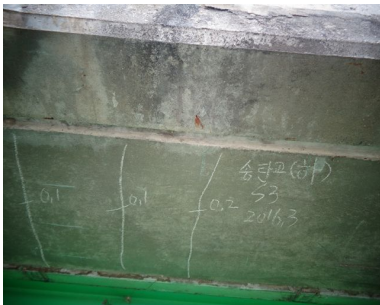
〈표 8.25〉 안전등급결과에 따른 점검 및 진단 실시시기

8.2.3 유지관리 방안

외관조사 결과 결함이 발견된 부재 또한 보수·보강을 실시한 부재에서 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로써 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 점검하여야 할 사항을 기술하였다.

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진	
교면 포장	• 아스콘 균열 • 아스콘 소성변형	• 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인	
		 (아스콘 소성변형)	 (아스콘 균열)
난간 연석	• 균열 • 균열/백태 • 열화	• 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인 • 균열부 및 열화부 손상 진전 및 신규 발생 여부 확인	
		 (균열)	 (열화)

〈표 8.26〉 유지관리시 점검항목

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진
배수 시설	- 배수구 막힘 - 배수관 탈락	- 상부 이물질퇴적에 의한 체수(차량 주행성 확보)발생 여부 확인 - 배수관 탈락에 의한 구조물 열화 여부 확인
		 (하부 배수관 탈락)  (상부 배수구 막힘)
신축 이음	- 후타재 균열 - 이물질퇴적	본체 및 후타재 손상에 의한 차량 주행성 확보 여부 확인
		 (후타재 균열)  (이물질 퇴적)
바닥판 하면	- 균열 - 백태	- 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인 - 균열부 손상 진전 여부 확인 - 상부(교면,보도부) 손상에 따른 누수/백태 발생 여부 확인
		 (콘크리트 균열)  (백태)

<표 8.26> 유지관리시 점검항목 (계속)

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진
거더	• 도장손상 • 노숙흔적	• 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인 • 시진장치 체결 확인
		  (도장손상) (노숙흔적)
받침 장치	• 받침 몰탈 파손 • 받침 몰탈 균열 • 받침 이동 상태	• 과도한 변형, 부풀음 및 갈라짐 발생 여부 확인 • 받침 이동 상태 및 연단 확보 여부 확인
		  (무수축몰탈 탈락) (받침 이동량 부족)
교대 교각	• 균열, 균열/백태 • 박리/박락 • 누수흔적 • 법면 이격	• 균열 및 단면손상부 손상 진전 여부 확인 • 신축이음 하부 누수에 의한 열화 발생 여부 확인 • 법면 이격 진전 여부 확인
		  (법면 이격) (망상균열)

〈표 8.26〉 유지관리시 점검항목 (계속)

제9장 종합결론

9.1 개 요

9.2 점검결과

9.3 종합결론 및 건의사항

제9장 종합결론

9.1 개 요

송탄교(하행선)는 경기도 평택시 지제동에 위치한 교량으로써, 2005년에 준공되어 약 11년의 공용기간이 경과되었고, 국도 45호선에 위치하고 있다. 교량의 연장은 423.3m의 9경간 1종 시설물으로써, 상부구조는 강박스 거더(STB)형식 3~4련으로 시공되어 있으며, 하부구조는 교각 8기(라멘식형, 다주식형)와 교대 2기(역T형)로 구성되어 있다.

9.2 점검결과

9.2.1 외관조사 결과

송탄교(하행선) 외관조사 결과 발생 손상 및 물량, 보수방안은 다음과 같다.

구 분	결합 및 손상현황		손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
교면포장	아스콘 균열		129.2m	주의관찰	3
	아스콘 망상균열		2824.0㎡	주의관찰	3
	아스콘 소성변형		34.0㎡	재포장	1
	아스콘 패임		0.09㎡	아스콘 패칭	1
	포트홀, 파손		0.3㎡	아스콘 패칭	1
	토사퇴적		47.2㎡	청소	3
방호벽	균 열	0.3mm미만	48.0m	표면처리	3
		0.3mm이상	6.0m	주입보수	3
	텔레네이터 파손		10개소	교체	3
	파손, 박리, 박락, 열화		181.85㎡	단면보수	3
	균열 백태		105.3m	습식균열보수	3
	망상균열		0.72㎡	표면처리	3
	교명판 유실		2개소	교체	3
배수시설	배수관 탈락		1개소	교체	3
	그레이팅 유실		1개소	교체	3
	배수구 막힘		15개소	청소	3
바닥판 하면	균 열	0.3mm미만	11.25㎡	표면처리	2
	표면열화		1.2㎡	단면보수	2
	데크플레이트 부식		1.8㎡	재도장	2
	백태		1.08㎡	표면처리	2

<표 9.1> 외관조사 결과

구 분		결합 및 손상현황	손상물량	대 책 방 안	보 수 우선순위
거더	외부	도장탈락, 박리, 손상, 굽힘	0.59㎡	재도장	3
		점부식, 부식	5.08㎡	재도장	3
		시건장치 미체결	8개소	시건장치 설치	2
	내부	도장손상 및 부식	0.8㎡	재도장	3
		환기구 볼트 체결 불량	28개소	볼트 재체결	3
		환기구 망 탈락	4개소	교체	3
		누수흔적 썰링제 미설치	250개소	실란트 충전	3
		이물질퇴적, 토사퇴적	172.25㎡	청소	3
		누수흔적	0.12㎡	청소	3
		재하시험 게이지 미제거	13개소	청소	3
교 대 교 각	균열	0.3mm미만	167.65m	표면처리	2
		0.3mm이상	5.0m	주입보수	2
	범면 침하		0.5㎡	주의관찰	3
	망상균열		2,980.18㎡	표면처리	2
	철근노출 박락, 파손		0.01㎡	단면보수	2
	재료분리		3.0㎡	표면처리	2
	표면열화		5.64㎡	단면보수	2
	실란트 파손		6.0m	실란트 충전	2
	하단 방호벽 밀림		0.1m	주의관찰	3
신축이음장치	후타재 균열		46.67㎡	주의관찰	3
	유간 토사퇴적		81.5m	청소	3
	차수판 볼트 탈락		2개소	교체	3
	본체 부식		5.0m	주의관찰	3
받침장치	cw=0.3mm미만 균열		11.15m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열		0.6m	주입보수	2
	도장박리, 탈락, 부식		0.69㎡	재도장	3
	낙교방지장치 볼트길이부족		224개소	주의관찰	3
	들뜸, 파손, 탈락		0.5㎡	단면보수	3
	볼트 부식		19개소	재도장	3
	본체 고무재 탈락		2개소	주의관찰	3

<표 9.1> 외관조사 결과 (계속)

9.2.2 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

외관조사결과 아스콘 균열, 소성변형, 포트홀, 파손, 패임, 토사퇴적 등이 발생한 것으로 조사되었다. 2015년 정밀점검 이후 포트홀 구간이 국부적인 보수가 실시된 것으로 추정되며, 정밀 시공이 이루어지지 않아 보수상태는 미흡한 것으로 판단된다. 바닥판하면에 포장 부 누수로 인한 손상(균열부 백태)은 진전이 없는 것으로 판단되며, 교면포장에 발생한 기 손상부는 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭, 실링 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석

외관조사결과 방호벽 균열 및 망상균열, 균열/백태, 박리 및 파손, 교명판 유실 등의 손상이 조사되었고, 발생한 균열/백태 구간은 전차와 비교하여 신규손상이 일부 추가 발생하였다. 균열은 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열이며 0.3mm이상 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하며, 0.3mm미만 균열 구간 및 균열/백태는 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상의 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 텔리네이트, 교명판 유실은 외부 충격 등에 의한 것으로 사용성 확보를 위하여 교체 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 박리 및 파손은 외부 충격으로 인하여 발생한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 배수시설

외관조사결과 배수구 막힘, 배수관 탈락, 그레이팅 유실 등이 조사되었으며, 배수구 막힘은 전구간에 걸쳐 발생한 손상으로, 공용 중 반복적인 통행 차량에 의한 토사퇴적으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성에 문제가 될 수 있으므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이다. A1에 발생한 배수관 탈락은 강우시 교대 법면으로 우수가 유입되어 법면 토사유실 등의 손상의 발생 가능성이 존재하므로, 배수관 교체 등의 조치가 요구된다.

라. 신축이음장치

외관조사결과 후타재 균열, 본체 부식, 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 볼트 탈락 등이 발생된 상태로 조사되었다. 후타재 균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 토사퇴적 및 부식 구간은 장기공용에 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

마. 바닥판

외관조사결과, 0.3mm미만 균열, 표면열화, 백태, 데크플레이트 부식 등이 발생된 상태로 조사되었다.

0.3mm미만 균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 판단되며, 기손상부는 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 표면열화 구간은 시공불량 및 장기 공용에 의한 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 콘크리트 백태 구간은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 조치가 요구된다. 데크플레이트 부식 구간은 현재 경미한 상태로 주의관찰을 요한다.

바. 거더 및 가로보, 세로보

외관조사결과, 가로보 및 세로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 도장 긁힘, 점부식 등이 조사되었고, 거더내부 이물질퇴적, 노숙흔적, 화재흔적, 도장불량, 우수유입흔적, 도장들뜸 및 부식 등이 조사되었다. 기 발생된 도장손상(도장긁힘, 도장부식, 도장들뜸, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장이 필요하며, 거더내부에 발생한 스플라이스부를 통한 우수유입은 청소 등의 정비가 필요하다. 이물질퇴적 및 화재흔적은 외부인 출입에 의한 손상으로 시건장치 체결을 통한 유지관리가 요망된다.

사. 받침장치

외관조사결과 본체 파손, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나, A1에서 신장량 다소 부족이 발생하였고, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 콘크리트 파손 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 재도장 등의 조치가 요망되며, 특히, P6-SH1 무수축물탈 탈락 구간은 원심 작용시 파손 형태와 다른 형상으로, 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 단면보수 등의 조치가 요구된다. A1의 이동량 부족은 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 진전여부 확인 후 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

받침장치의 이동량 검토결과, A1을 제외한 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다. A1의 SH1~SH8은 신장시 여유량이 부족하나, 여유량 부족으로 인한 손상(무수축물탈 파손) 등의 손상은 현재 없는 것으로 판단된다. A1의 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 확인 후, 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

아. 교대 및 교각

교대 및 교각은 0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 철근노출, 재료분리, 범면침하, 범면 하단부 밀림 등이 발생한 상태로 확인되었다. 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 주의관찰이 요망되나, 폭 0.3mm이상의 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 철근노출, 재료분리 등의 손상은 주기적인 관찰이 필요하며, 손상부 규모가 미미하므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 손상의 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 범면유실 및 범면 하단부 밀림 구간은 우수유입 및 시공시 정밀시공이 시행되지 않은 것으로 판단되며, 주기적인 관찰로 진행여부 확인 후 되메우기 등의 조치가 필요하다.

자. 부대시설

부대시설 외관조사 결과, 휨스는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, S1 가로등 기울음이 발생하였다. 가로등 기울음 손상은 시공불량에 의한 손상으로 진전시 교면포장으로 전도되어 주행차량에 사고 발생 가능성이 존재하므로, 재설치 등의 정비가 필요하다.

9.2.3 내구성시험 결과

구 분	내구성 조사 결과					평가의견	
콘크리트 압축 강도	시험 종류		측정결과 (MPa)			· 설계기준강도 상회	
			상부구조		하부구조		
	반발경도		28.8~32.0	24.5~28.1			
	초음파 강도		28.0~29.5	24.2~27.7			
	설계기준강도		27.0	24.0			
철근 탐사	철근종류		측정 (mm)		설계 (mm)		· 배근간격은 설계간격과 유사 설계간격 대비 91%~125%(평균:104%) · 피복두께 일부구간 부족 설계피복 대비 51%~120%(평균:87%)
			배근	피복	배근	피복	
	바닥판	주철근	130~165	34~60	150	56	
		배력근	102~130	32~48	125	40	
	교 대 홍 벽	수평근	100	100	100	117	
		수직근	133	80	125	100	
	교 각 코 평	주철근	100	112~114	100	128	
		배력근	141~153	76~91	150	100	
	교 각 기 동	주철근	95~100	80~106	100	124	
띠철근		135~155	51~95	150	100		
탄산화 시험	부 재	탄산화깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이(mm)		· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음	
	상부구조	5.5~7.2	44.0~57.0	38.2~50.9			
	하부구조	5.9~6.5	102.0~109.0	96.3~102.9			
염화물 함유량 시험	부 재	측정결과 (kgf/m³)	평가기준(kgf/m³)			· a등급 6개소 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음	
	상부구조	0.138~0.154	a등급 염화물≤0.3kg/m³				
	하부구조	0.129~0.165					
균열깊이	부 재	균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열폭 (mm)		· 균열 깊이가 피복두께 이하로 측정되어 양호함	
	상부구조	20.1	38.0	0.2			
	하부구조	19.7	89.0	0.3			
강재초음파탐상	부 재		검사개소	등급		· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		66	I			

9.2.4 상태평가 결과

0	보수 불필요	0.13	부분 보수	0.26	보수	0.49	보강	0.79	재가설
A(최상)		B(양호)		C(보통)		D(불량)		E(위험)	
B등급 (0.197)				금회 정밀안전진단 상태평가 등급					
B등급 (0.176)			전회(2015년 정밀점검) 상태평가 등급						

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태 인 “B”(결함도 지수:0.197)인 상태로 평가되었다.

전회(2015년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.176)와 비교시 일부 부재에서 신규 손상(바닥판 하면, 교대 및 교각 손상 증가)에 따라 결함도 점수가 다소 상향된 것으로 평가되었다.

9.2.5 구조해석 및 안전성평가 결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강 거 더	1.301	A
콘크리트 바닥판	1.834	A

강박스 거더 형식의 송탄교(하행선)에 대한 구조검토 및 내하력 평가 결과, 전 부재에서 설계하중 DB-24에 대한 안전성을 확보하고 있으며 재하시험 결과를 고려한 기본 및 공용 내하력도 측정된 전 부재에서 설계 기준인 DB-24이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

9.2.6 종합평가 및 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	결과	안전율	결과
	0.197	B	1.301	A
종합평가 결과	1. 종합평가 결과 = Min(상태평가 결과, 안전성평가 결과) 2. 시설물의 종합평가 등급은 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정한다. 종합평가 결과 : B등급			

9.3 종합결론 및 건의사항

송탄교(하행선)는 2005년 준공 후 지금까지 약 11년 동안 공용중인 구조물로써, 주요 손상으로는 교면포장 아스콘 파손, 배수시설 배수구 막힘, 신축이음 본체 부식, 거더내부 노숙흔적, 받침장치 콘크리트 파손 및 이동량 부족, 교대 법면 침하, 가로등 기울음 등이 확인되었으며, 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었다.

금회 외관조사 및 내구성조사 결과를 기초한 상태평가의 B등급과 안전성평가 A등급으로 종합평가는 “본 시설물은 현재 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 안전등급 B등급”으로 지정됨. 손상에 대한 보수 및 유지관리가 지속된다면 시설물의 기능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

송탄교(하행선)는 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로써 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.