

제 Ⅱ 편 시설물편

목 차

제 1 장 북삼교	1
1.1 정밀안전진단의 개요	1
1.1.1 시설물 위치도	1
1.1.2 시설물의 개요 및 이력사항	2
1.1.3 관련도면	3
1.2 자료수집 및 분석	18
1.2.1 관련자료 검토	18
1.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과 요약(FMS 점검진단실적 참조)	18
1.2.3 기존 진단·점검 실시결과	22
1.2.4 기 점검 결과와 비교·분석	32
1.2.5 보수·보강이력	32
1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인	33
1.2.7 시설물 주변 현황조사	33
1.3 외관조사 결과 및 결함(손상)의 발생원인 분석	34
1.3.1 개 요	34
1.3.2 근접조사를 위한 접근방안 및 제원조사	34
1.3.3 교면포장	35
1.3.4 난간 및 연석	37
1.3.5 신축이음장치	39
1.3.6 배수시설	44
1.3.7 바닥판하면	46
1.3.8 거더 및 가로보	49
1.3.9 받침장치	53
1.3.10 교대 및 교각	69
1.3.11 기 점검결과 비교·분석	73
1.4 재료시험	76
1.4.1 조사 및 측정위치	76
1.4.2 콘크리트 압축강도	79
1.4.3 코어 압축강도	82
1.4.4 철근배근상태 조사	84
1.4.5 탄산화 시험	87

1.4.6 염화물 함유량 시험	88
1.4.7 내구성조사 결과요약	90
1.5 상태평가	92
1.6 시설물의 안전성 평가	94
1.6.1 개 요	94
1.6.2 재하시험	94
1.6.3 PSCI Girder 안전성 검토	114
1.6.4 재하차량에 의한 구조해석	134
1.6.5 안전성 평가	136
1.6.6 내하력 평가	138
1.6.7 구조해석 및 내하력 평가 결과	140
1.7 내진성능평가	141
1.7.1 개 요	141
1.7.2 기초자료	142
1.7.3 현장조사	144
1.7.4 상세평가	153
1.8 종합평가	177
1.8.1 종합평가 결과	177
1.8.2 안전등급 지정	177
1.9 보수·보강방안 및 유지관리방안	178
1.9.1 보수·보강방안	178
1.9.2 중점 유지관리 방안	183
1.10 종합결론 및 건의	188
1.10.1 정밀안전진단 실시결과의 종합결론	188
1.10.2 시설물의 사용제한의 필요성 여부	189

표 차 례

<표 1.1.1> 과업대상 시설물 현황	2
<표 1.1.2> 시설물의 이력사항	2
<표 1.2.1> 이력조사에 사용한 관련자료 현황	18
<표 1.2.2> 기존 점검·진단 주요내용	19
<표 1.2.3> 2016년 정밀안전진단 외관조사 결과	22
<표 1.2.4> 2016 정밀안전진단 시험 및 측정결과	24
<표 1.2.5> 2016년 정밀안전진단 상태평가 결과	25
<표 1.2.6> 2016년 정밀안전진단 안전등급 및 종합평가	26
<표 1.2.7> 2016년 정밀안전진단 보수방안	26
<표 1.2.8> 2016년 정밀안전진단 보수방안	27
<표 1.2.9> 2020년 정밀안전점검 외관조사 결과	28
<표 1.2.10> 2020년 정밀안전점검 시험 및 측정결과	28
<표 1.2.11> 2020년 정밀안전점검 상태평가 결과	29
<표 1.2.12> 2020년 정밀안전점검 안전등급 및 종합평가	30
<표 1.2.13> 2020년 정밀안전점검 보수방안	30
<표 1.2.14> 기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교	32
<표 1.2.15> 주요 보수·보강 이력사항	33
<표 1.3.1> 교면포장 주요결함 및 손상 현황	36
<표 1.3.2> 난간 및 연석 주요결함 및 손상 현황	38
<표 1.3.3> 신축이음 주요결함 및 손상 현황	41
<표 1.3.4> 기본신축량 산정	43
<표 1.3.5> 신축량 검토결과	43
<표 1.3.6> 배수시설 주요결함 및 손상 현황	45
<표 1.3.7> 바닥판하면 주요결함 및 손상 현황	48
<표 1.3.8> 거더 및 가로보 손상 현황	51
<표 1.3.9> 받침장치 주요결함 및 손상 현황	55
<표 1.3.10> 기본신축량 산정	57
<표 1.3.11> 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)	57
<표 1.3.12> 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)	62
<표 1.3.13> 받침연단거리 검토	67
<표 1.3.14> 하부구조 주요결함 및 손상 현황	72

<표 1.4.1> 내구성 조사 및 시험 실시 수량	76
<표 1.4.2> 콘크리트 압축강도 조사결과 (상부구조)	79
<표 1.4.3> 콘크리트 압축강도 조사결과 (하부구조)	80
<표 1.4.4> 기 진단결과(반발경도)와의 비교	81
<표 1.4.5> 코어 압축강도 측정결과	82
<표 1.4.6> 보정계수 산정결과	82
<표 1.4.7> 부재별 보정계수를 이용한 추정압축강도	83
<표 1.4.8> 철근배근상태 조사결과	84
<표 1.4.9> 탄산화 조사결과	87
<표 1.4.10> 기 진단결과(탄산화시험)와의 비교	87
<표 1.4.11> 염화물 상태평가 기준	89
<표 1.4.12> 염화물함유량 분석결과	89
<표 1.5.1> 대상시설물의 상태평가 산정결과	92
<표 1.5.2> 기 점검결과와 비교 · 분석	93
<표 1.6.1> 재하시험 측정기기	98
<표 1.6.2> 센서의 종류	98
<표 1.6.3> 시험차량의 제원 및 축중하중	99
<표 1.6.4> 센서의 종류	101
<표 1.6.5> 동적재하시험 재하 경우	103
<표 1.6.6> 단면 A-A S3 정모멘트부 재하시 처짐(mm) 측정결과	104
<표 1.6.7> 단면 A-A S3 정모멘트부 재하시 변형률($\mu \epsilon$) 측정결과	105
<표 1.6.8> 복삼교 이론충격계수	108
<표 1.6.9> 동적재하시험 처짐(mm) 측정결과 및 충격계수	109
<표 1.6.10> 고유진동수 분석	110
<표 1.6.11> 재하시험 결과분석	112
<표 1.6.12> 재하시험 결과 비교분석	113
<표 1.6.13> 하중조합 및 결과	118
<표 1.6.14> 검토단면 거더 단부 단면상수	120
<표 1.6.15> 검토단면 거더 중앙부 단면상수	120
<표 1.6.16> 하중 재하 경우별 발생 처짐 비교	136
<표 1.6.17> 구조물의 안전성 평가기준	137
<표 1.6.18> 안전성 평가 결과 (거더) [단위 : MPa]	137
<표 1.6.19> 안전성 평가 결과 (바닥판) [단위 : kN.m]	137
<표 1.6.20> 충격 계수비 산정	139
<표 1.6.21> 처짐 응답비 산정	139

<표 1.6.22> 응답 보정계수 산정	140
<표 1.6.23> 거더의 공용 내하력 평가	140
<표 1.7.1> 교량 받침부 반력 (교각 상부 축하중, kN)	160
<표 1.7.2> 교각 축하중 (kN)	161
<표 1.7.3> 겹침이음 상세에 따른 극한변형을 및 최대공급변위연성도	162
<표 1.7.4> 콘크리트 재료모델	163
<표 1.7.5> 철근 재료모델	163
<표 1.7.6> P8 입력지반운동에 대한 탄성지진력	166
<표 1.7.7> P8 조합탄성지진력	166
<표 1.7.8> 교각의 거동 특성값	167
<표 1.7.9> 교각의 휨강도, 항복 및 극한변위	167
<표 1.7.10> 교각의 전단강도	167
<표 1.7.11> 교량받침 제원	169
<표 1.7.12> 앵커볼트 제원	169
<표 1.7.13> 교량받침 일반도면	170
<표 1.9.1> 개별부재별 보수대상 일람표	178
<표 1.9.2> 공용중 손상 보수 개략공사비	181
<표 1.9.3> 교면포장 및 바닥판하면 유지관리 방안	183

그림 차례

<그림 1.1.1> 시설물 위치	1
<그림 1.1.2> 종·평면도	3
<그림 1.1.3> 슬래브 일반도(1)	4
<그림 1.1.4> 슬래브 일반도(2)	5
<그림 1.1.5> 슬래브 배근도(1)	6
<그림 1.1.6> 슬래브 배근도(2)	7
<그림 1.1.7> PC 빔 일반도	8
<그림 1.1.8> PC 빔 배근도	9
<그림 1.1.9> 교대 일반도	10
<그림 1.1.10> 교대 배근도	11
<그림 1.1.11> 교각 일반도(1)	12
<그림 1.1.12> 교각 일반도(2)	13
<그림 1.1.13> 교각 배근도(1)	14
<그림 1.1.14> 교각 배근도(2)	15
<그림 1.1.15> Shoe 배치도	16
<그림 1.1.16> 탄성받침 상세도	17
<그림 1.3.1> 교면포장 손상현황 비교	36
<그림 1.3.2> 난간 및 연석 손상현황 비교	39
<그림 1.3.3> 신축이음장치 손상현황 비교	42
<그림 1.3.4> 신축유간 측정 개요도	43
<그림 1.3.5> 배수시설 손상현황 비교	45
<그림 1.3.6> 바닥판 및 캔틸레버 백태 현황	48
<그림 1.3.7> 바닥판하면 손상현황 비교	49
<그림 1.3.8> 거더 손상현황 비교	52
<그림 1.3.9> 가로보 손상현황 비교	52
<그림 1.3.10> 준공당시 교량받침 배치도	54
<그림 1.3.11> 받침장치 손상현황 비교	56
<그림 1.3.12> 교대 및 교각 손상현황 비교	72
<그림 1.4.1> 파괴 및 비파괴시험 위치도	77
<그림 1.4.2> 비파괴압축강도 측정결과 (상부구조-바닥판)	80
<그림 1.4.3> 비파괴압축강도 측정결과 (상부구조-거더)	80

<그림 1.4.4> 비파괴압축강도 측정결과 (하부구조)	81
<그림 1.4.5> 탄산화 조사 결과	87
<그림 1.5.1> 기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교	93
<그림 1.6.1> 정적 및 동적재하시험 데이터 측정체계	95
<그림 1.6.2> 정적재하시험 절차	96
<그림 1.6.3> 동적재하시험 절차	97
<그림 1.6.4> 시험차량의 제원	99
<그림 1.6.5> 재하시험 대상경간 및 게이지 부착위치	100
<그림 1.6.6> 단면별 게이지 부착 현황	100
<그림 1.6.7> 단면 A-A Load Case 1~3	102
<그림 1.6.8> 동적재하시험시 차량 진행방향 및 위치	103
<그림 1.6.9> 단면 A-A 재하시 처짐 측정 데이터	104
<그림 1.6.10> 단면 A-A 재하시 처짐 측정 데이터	105
<그림 1.6.11> 대칭성 분석 결과	106
<그림 1.6.12> 처짐 이력곡선	107
<그림 1.6.13> 동적재하시험 처짐 응답곡선	109
<그림 1.6.14> 실측고유진동수(60km/hr)	110
<그림 1.6.15> 구조해석에 의한 진동형상	111
<그림 1.6.16> 종 · 평면도	115
<그림 1.6.17> 횡단면도	115
<그림 1.6.18> 하중재하 Load Case	134
<그림 1.6.19> Load Case별 처짐	135
<그림 1.7.1> 모멘트-곡률관계곡선	162
<그림 1.7.2> 비선형 재료모델	163
<그림 1.7.3> 주요 모드 형상 (Mode Shape)	165
<그림 1.7.4> 교각의 파괴모드 결정	168

사 진 차 례

<사진 1.2.1> 시설물 주변 현황	33
<사진 1.3.1> 근접조사를 위한 접근장비현황	34
<사진 1.3.2> 제원조사 현황	35
<사진 1.3.3> 교면포장 주요결함 및 손상현황	36
<사진 1.3.4> 난간 및 연석 주요결함 및 손상현황	38
<사진 1.3.5> 신축이음시설 주요결함 및 손상현황	40
<사진 1.3.6> 신축이음시설 주요결함 및 손상현황	41
<사진 1.3.7> 신축이음 유간측정	44
<사진 1.3.8> 배수시설 주요결함 및 손상현황	45
<사진 1.3.9> 바닥판 하면 주요결함 및 손상현황	47
<사진 1.3.10> 거더 및 가로보 주요결함 및 손상현황	50
<사진 1.3.11> 교량받침 설치전경	54
<사진 1.3.12> 받침장치 주요결함 및 손상현황	54
<사진 1.3.13> 교대 및 교각 주요결함 및 손상현황	70
<사진 1.4.1> 파괴 및 비파괴시험 현황	78
<사진 1.4.2> 코어채취 현황	82
<사진 1.6.1> 재하시험 현황	101

제 1 장 복 삼 교

1.1 정밀안전진단의 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 외관조사 결과 및 결함(손상)의 발생원인 분석

1.4 재료시험

1.5 상태평가

1.6 시설물의 안전성평가

1.7 내진성능평가

1.8 종합평가

1.9 보수·보강방안 및 유지관리 방안

1.10 종합결론 및 건의

제 1 장 북삼교

1.1 정밀안전진단의 개요

1.1.1 시설물 위치도



노선	시설물명	위 치	제원(m)		형 식		준공 년도	설계 하중	종별
			연장	폭	상부	하부			
국도78호선	북삼교	경기도 연천군 군남면 삼거리	630.0	11.0	PSCI	라멘식	2007	DB-24	1종

〈그림 1.1.1〉 시설물 위치

1.1.2 시설물의 개요 및 이력사항

가. 시설물의 개요

본 과업대상 시설물의 현황 및 이력사항은 다음과 같다.

〈표 1.1.1〉 과업대상 시설물 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		북삼교		시설물번호		BR2003-0002632	
준공년도		2000년 12월 28일		종 별		1종	
위 치		경기도 연천군 군남면 삼거리					
설계하중		DB-24 / DL-24		노선명(이정)		국도78호선	
제원	연장	L = 630.0m(21@30.0)					
	폭	B = 11.0m (왕복 2차로)					
구조 형식	상부	PSCI		기초 형식	교대	강관파일기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 라멘식(π 형)			교각	강관파일기초(P1, P17~P20) 우물통기초(P2~P16)	
교량받침		탄성받침		신축이음		Rail Joint, Finger Joint(P18)	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		임진강		교차하천 최고수심		-	
부착시설내용		교각점검로					
기 타		하부통과 제한높이 12m					

나. 이력사항

본 과업의 대상시설물에 대한 유지관리 이력은 발주처에서 제공받은 시설물관리대장, 기 점검 보고서 및 현장조사를 통하여 정리하였으며, 주요이력사항은 다음과 같다.

〈표 1.1.2〉 시설물의 이력사항

구 분	주요이력 및 조사대상	비 고
설계도서	·설계도면, 감리보고서, 안전점검종합보고서, 구조계산서	
점검	·정밀점검(2002년, 2003년, 2005년, 2007년, 2009년, 2013년, 2015년, 2018년, 2020년) - 총 9회 ·정밀안전진단(2011년, 2016년) - 총 2회	
보수보강	·총 4회(2012년, 2015년, 2018년, 2020년)	

This architectural drawing illustrates a building complex, likely a school or institutional facility, with various components including a site plan, floor plan, and section view.

Site Plan (Top Left): Shows the building's location relative to surrounding roads and terrain. The building is situated on a plot bounded by roads on three sides. The scale is 1:1,000.

Floor Plan (Top Right): A detailed plan of the building's footprint, showing multiple rooms, corridors, and service areas. The scale is 1:1,000.

Section View (Bottom): A vertical cross-section of the building, showing the internal structure, including the roof, floors, and foundation. The scale is 1:1,000.

Legend (Bottom Left): A table defining the symbols used in the drawing:

Symbol	Description
[Symbol]	Building
[Symbol]	Roof
[Symbol]	Floor
[Symbol]	Wall
[Symbol]	Door
[Symbol]	Window
[Symbol]	Stair
[Symbol]	Corridor
[Symbol]	Room
[Symbol]	Service Area
[Symbol]	Foundation
[Symbol]	Roof Structure
[Symbol]	Floor Structure
[Symbol]	Wall Structure
[Symbol]	Door Structure
[Symbol]	Window Structure
[Symbol]	Stair Structure
[Symbol]	Corridor Structure
[Symbol]	Room Structure
[Symbol]	Service Area Structure
[Symbol]	Foundation Structure
[Symbol]	Roof Structure Detail
[Symbol]	Floor Structure Detail
[Symbol]	Wall Structure Detail
[Symbol]	Door Structure Detail
[Symbol]	Window Structure Detail
[Symbol]	Stair Structure Detail
[Symbol]	Corridor Structure Detail
[Symbol]	Room Structure Detail
[Symbol]	Service Area Structure Detail
[Symbol]	Foundation Structure Detail

Notes (Bottom Right): A list of notes providing additional information about the drawing, including references to other drawings and specifications.

Scale (Bottom Center): A scale bar indicating the dimensions of the drawing in meters.

Orientation (Bottom Left): A north arrow pointing towards the top of the drawing.

Project Information (Bottom Right): A table containing project details:

Project Name	Project Number	Project Date	Project Location
Korea	1000	1000	1000

Legend (Bottom Left): A table defining the symbols used in the drawing:

Symbol	Description
[Symbol]	Building
[Symbol]	Roof
[Symbol]	Floor
[Symbol]	Wall
[Symbol]	Door
[Symbol]	Window
[Symbol]	Stair
[Symbol]	Corridor
[Symbol]	Room
[Symbol]	Service Area
[Symbol]	Foundation
[Symbol]	Roof Structure
[Symbol]	Floor Structure
[Symbol]	Wall Structure
[Symbol]	Door Structure
[Symbol]	Window Structure
[Symbol]	Stair Structure
[Symbol]	Corridor Structure
[Symbol]	Room Structure
[Symbol]	Service Area Structure
[Symbol]	Foundation Structure

Notes (Bottom Right): A list of notes providing additional information about the drawing, including references to other drawings and specifications.

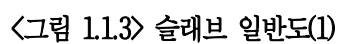
Scale (Bottom Center): A scale bar indicating the dimensions of the drawing in meters.

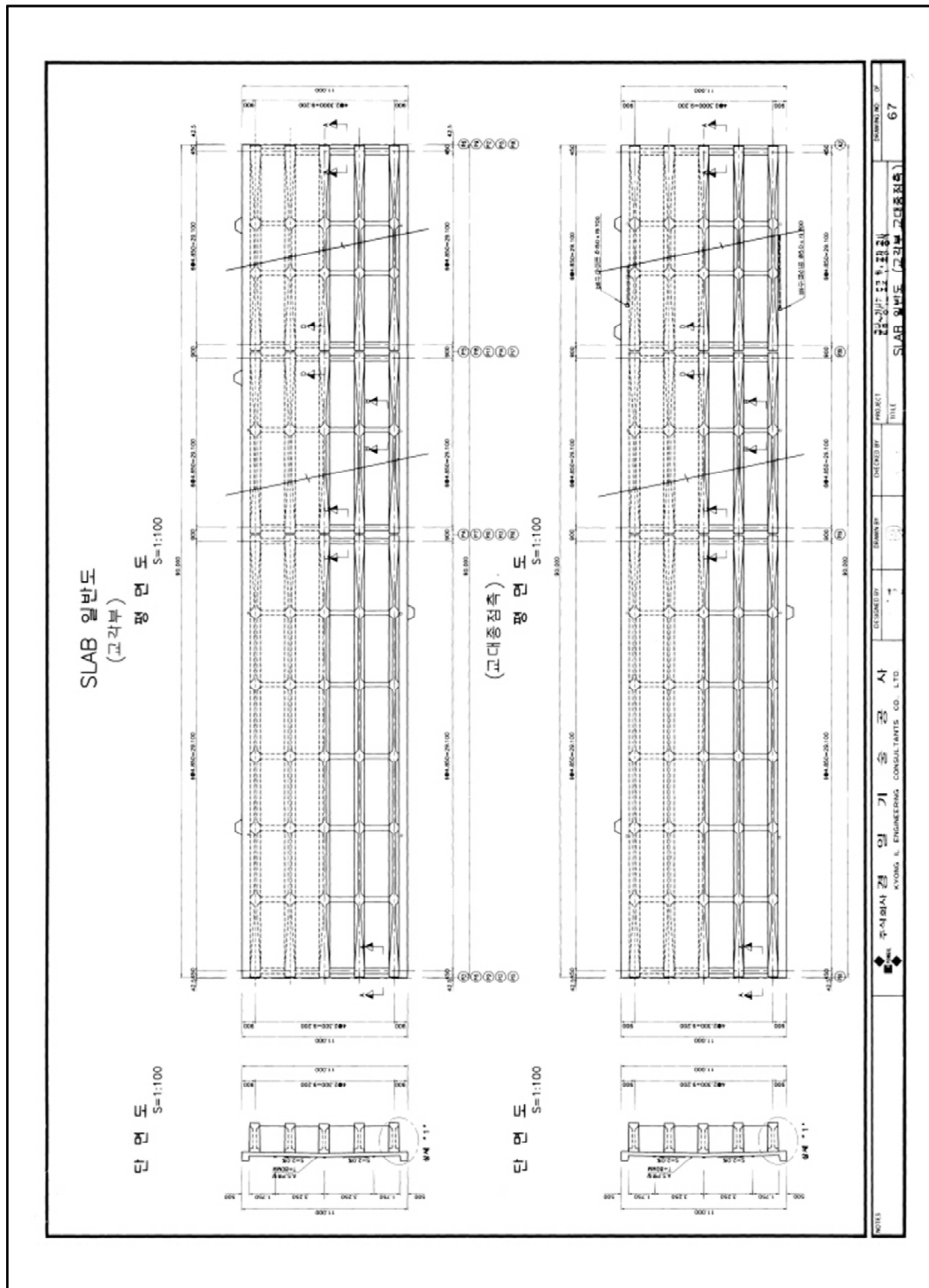
Orientation (Bottom Left): A north arrow pointing towards the top of the drawing.

Project Information (Bottom Right): A table containing project details:

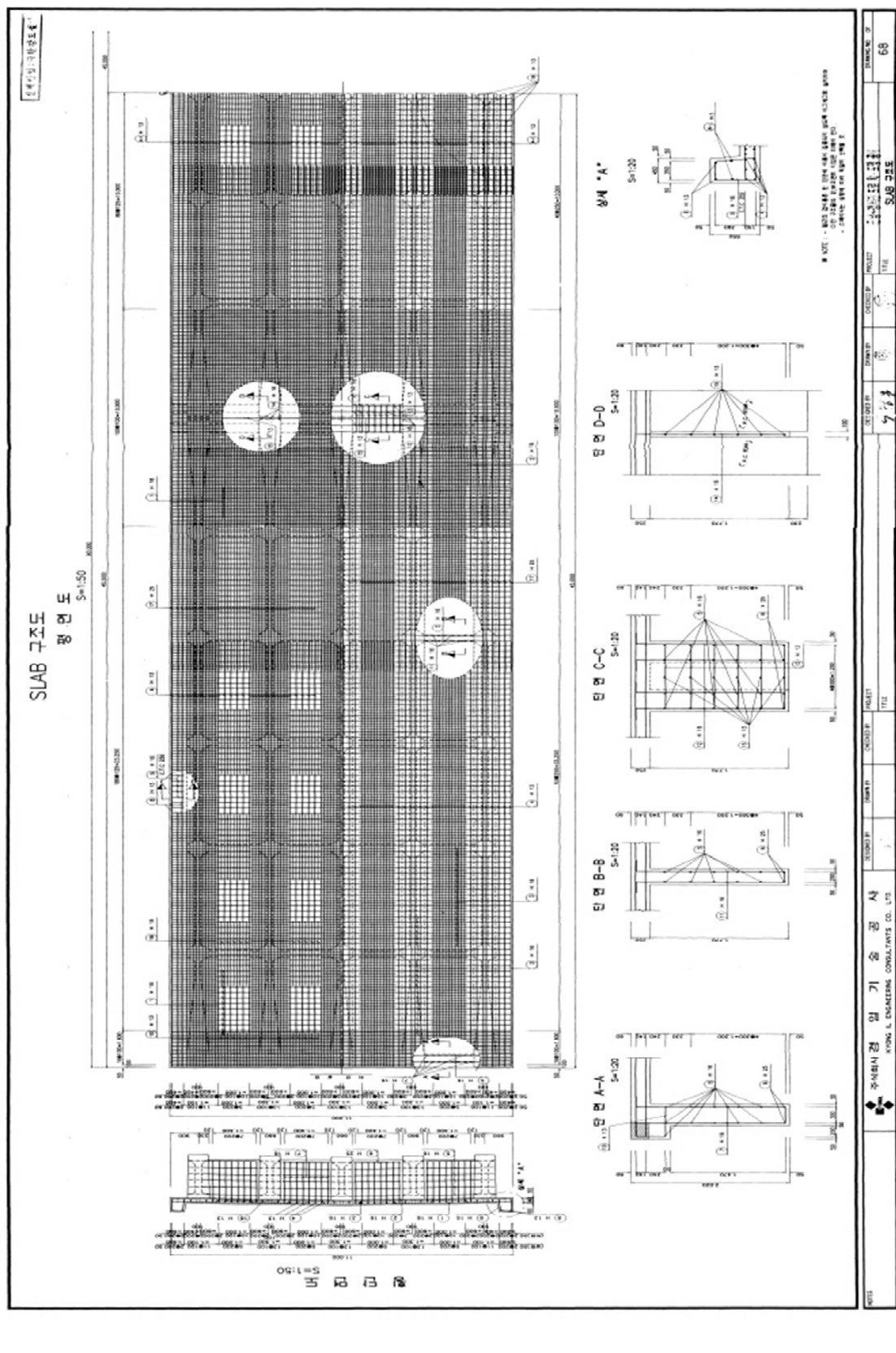
Project Name	Project Number	Project Date	Project Location
Korea	1000	1000	1000

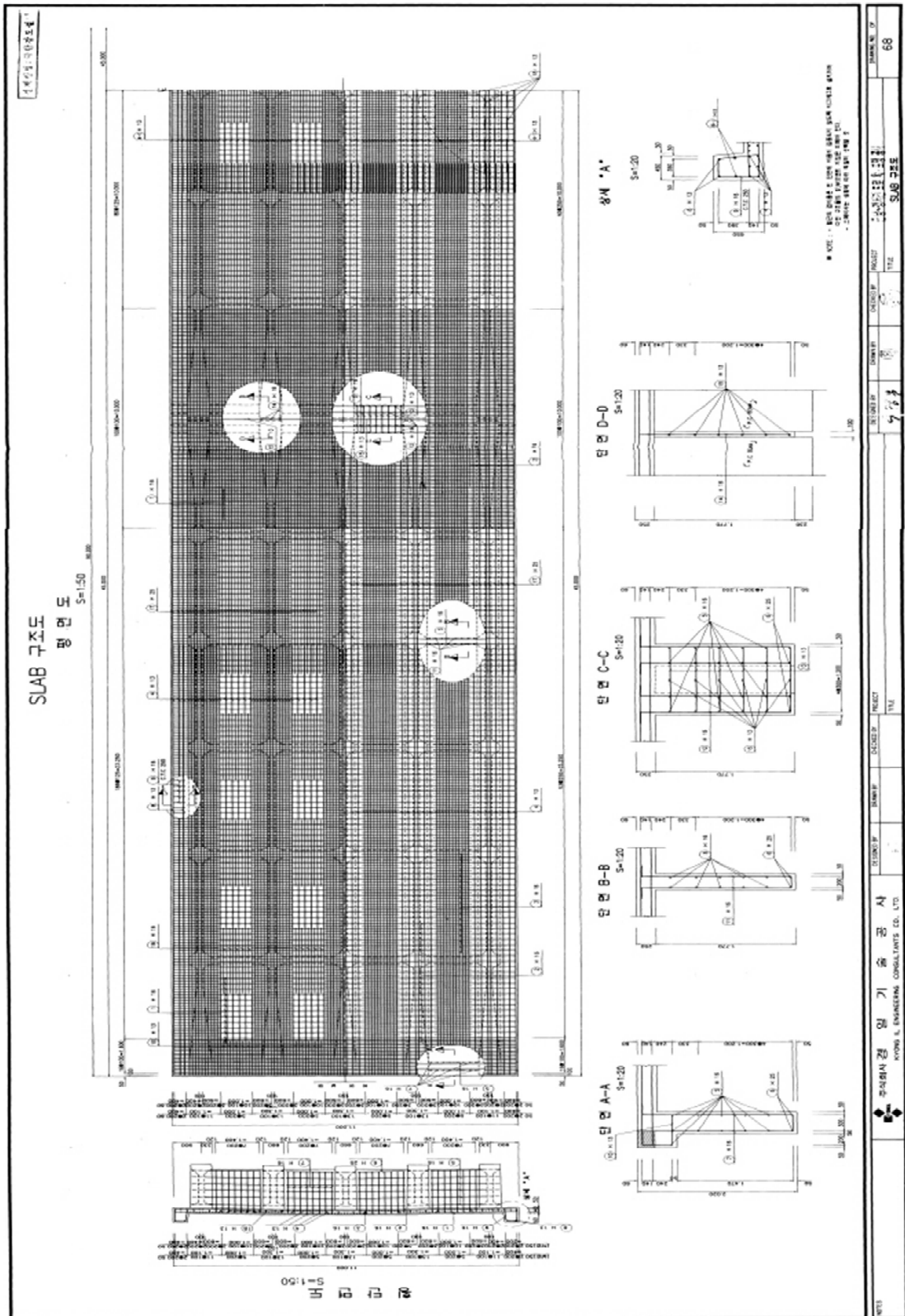
〈그림 1.1.2〉 종평면도





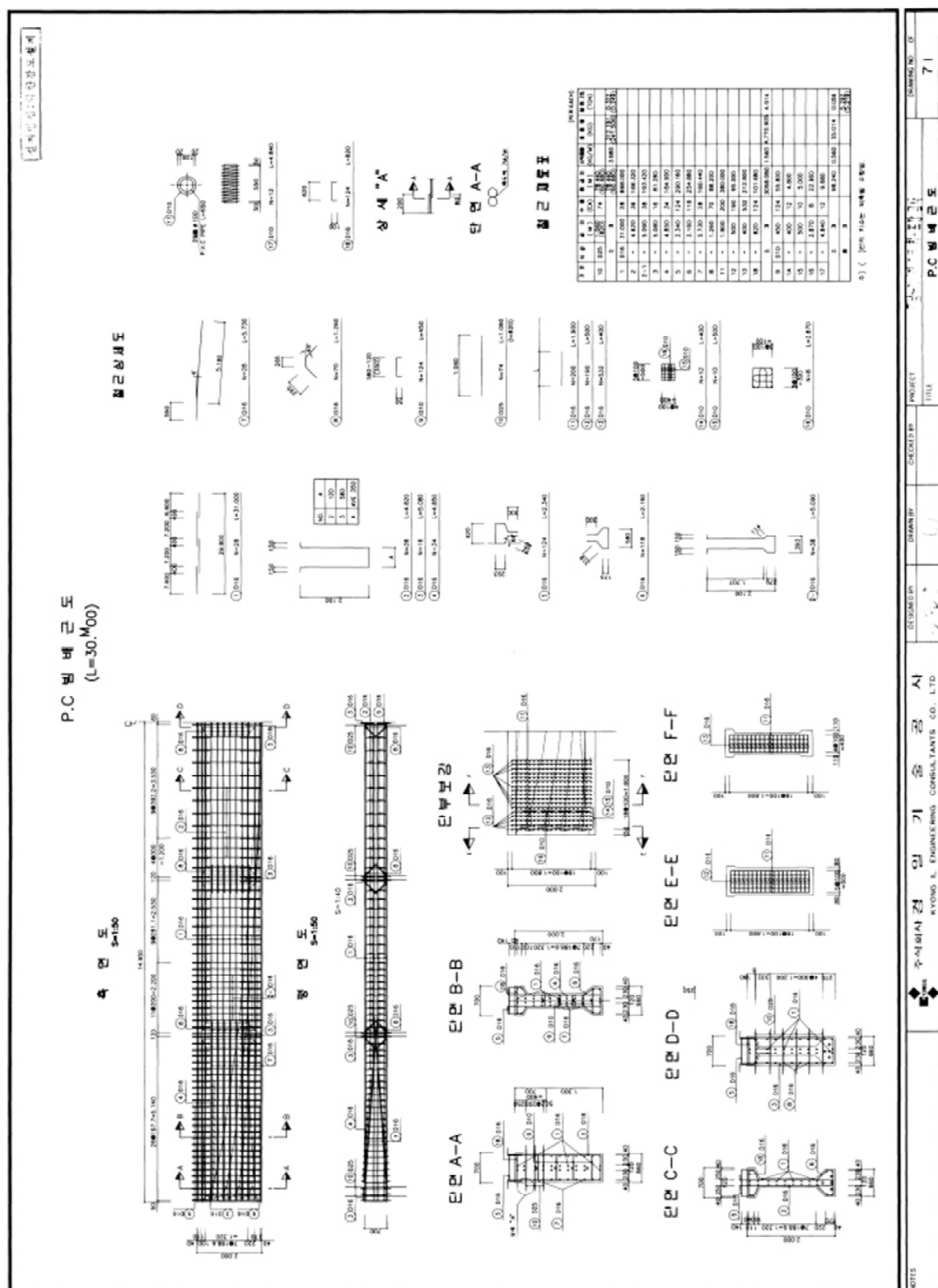
〈그림 1.14〉 슬래브 일반도(2)



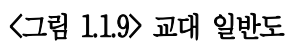


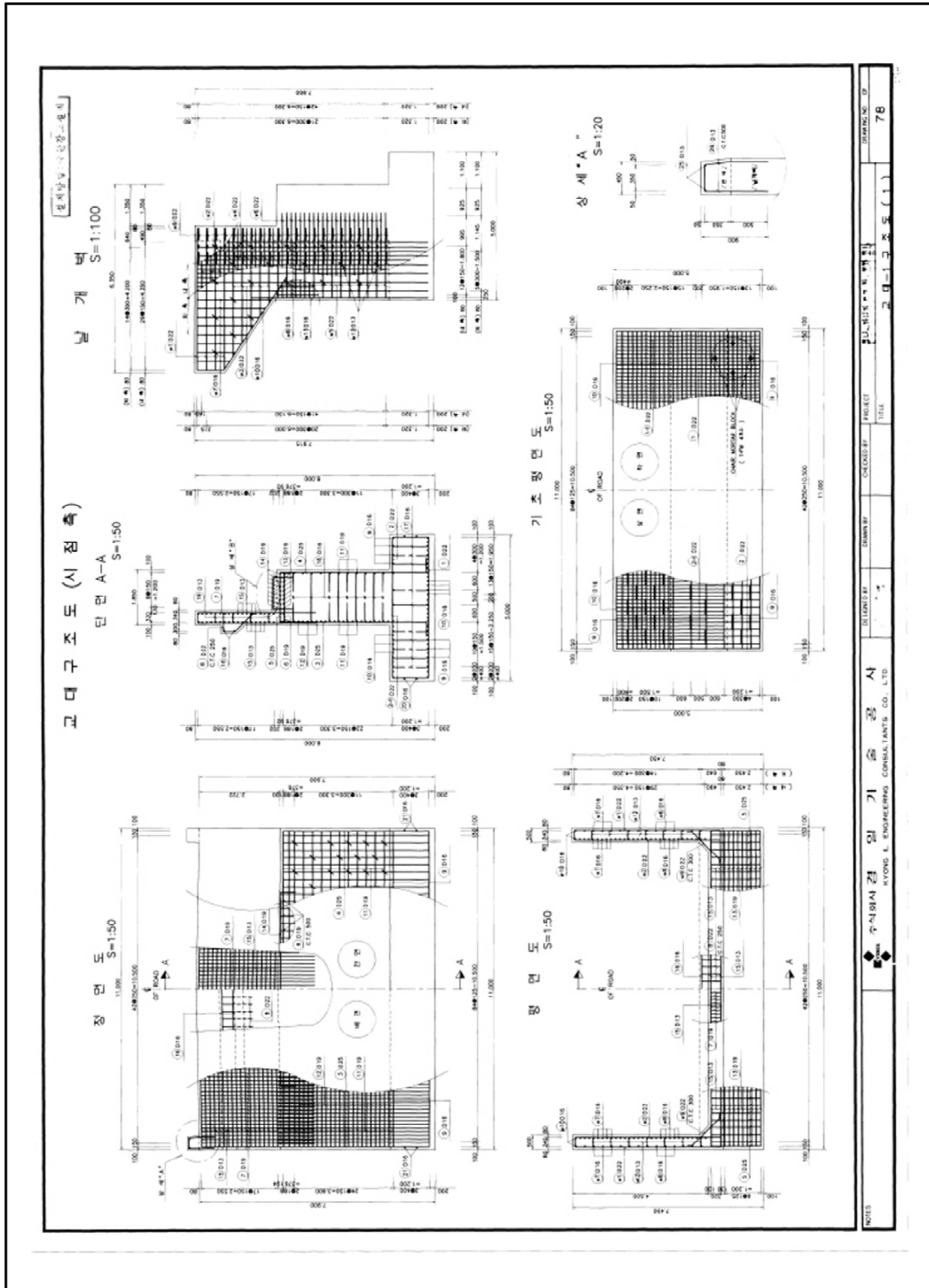
〈그림 1.16〉 슬래브 배근도(2)



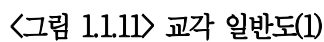


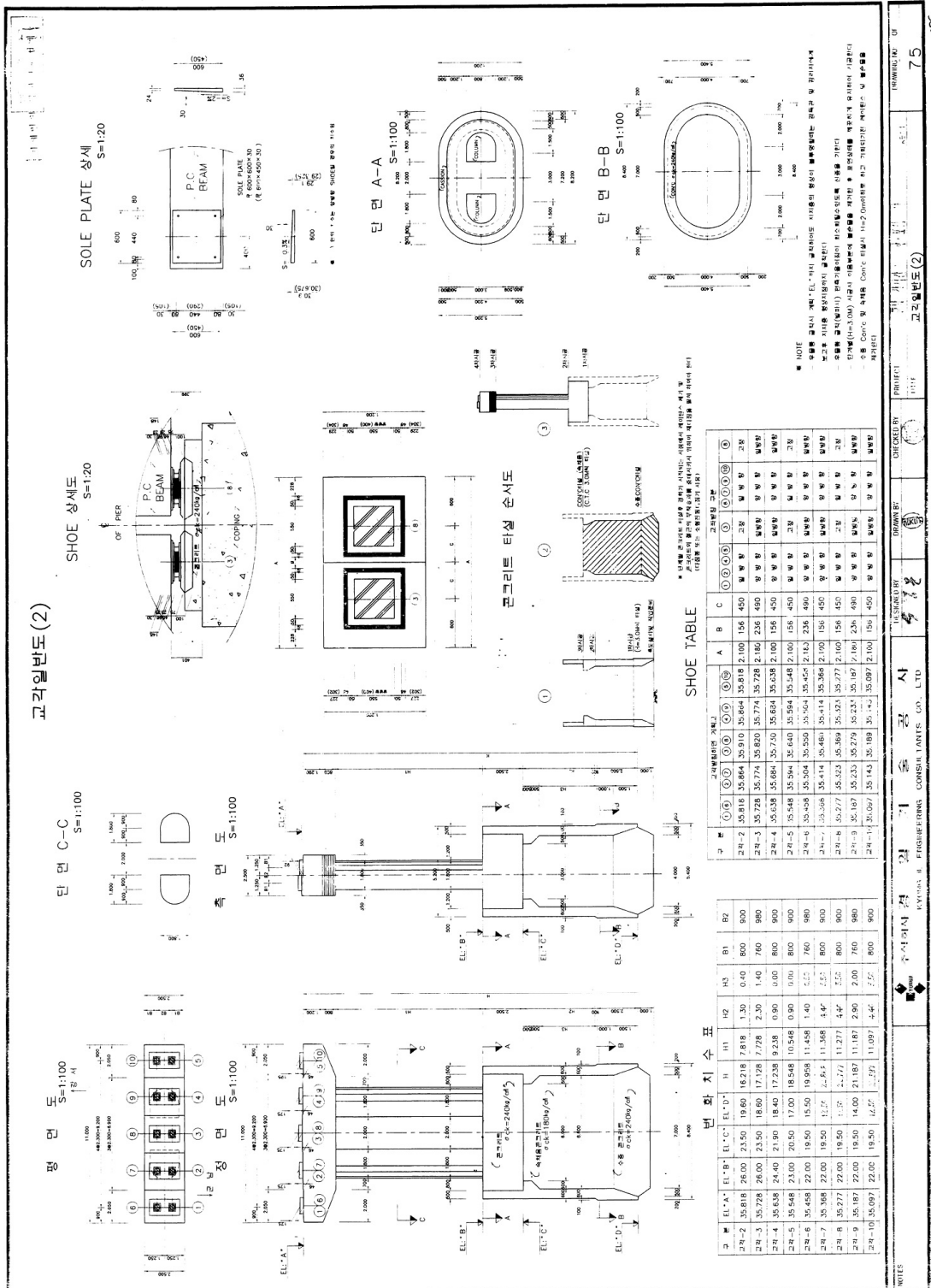
〈그림 1.1.8〉 PC 빔 배근도



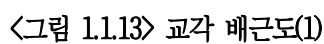


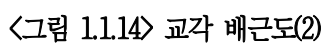
〈그림 1.1.10〉 교대 배근도



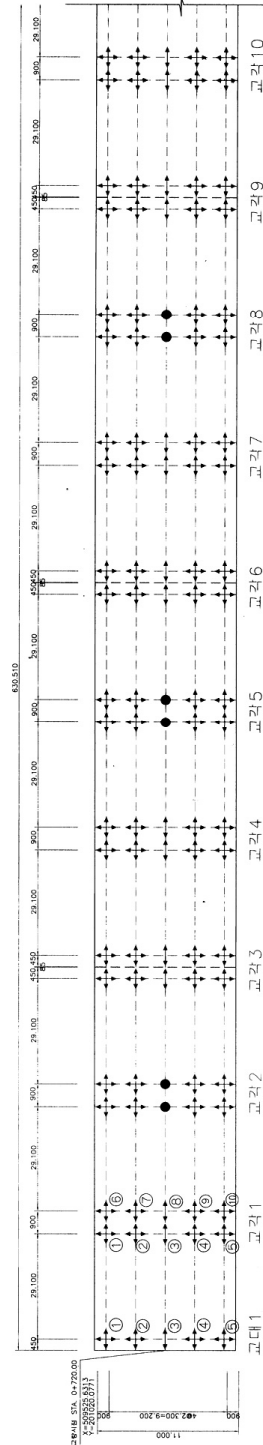


〈그림 1.1.12〉 교각 일반도(2)





수배지도(1)



범례		
●	고장	135ton
→	입방량	135ton
↔	출방량	135ton

SHOE 좌표

①	비고		②	비고		③	비고		④	비고		⑤	비고		⑥	비고		⑦	비고		⑧	비고		⑨	비고		⑩	비고	
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
2A-1	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-2	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-3	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-4	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-5	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-6	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-7	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-8	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-9	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169
2A-10	5053.000	2002.120	5052.137	2002.630	5052.181	2002.827	5052.180	2001.985	5052.179	2002.025	5052.178	2001.708	5052.177	2001.491	5052.176	2001.274	5052.175	2001.052	5052.174	2000.830	5052.173	2000.608	5052.172	2000.386	5052.171	2000.164	5052.170	2000.000	5052.169

NOTES

수시회사 경 일 기 술 공 사
KYONG L. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

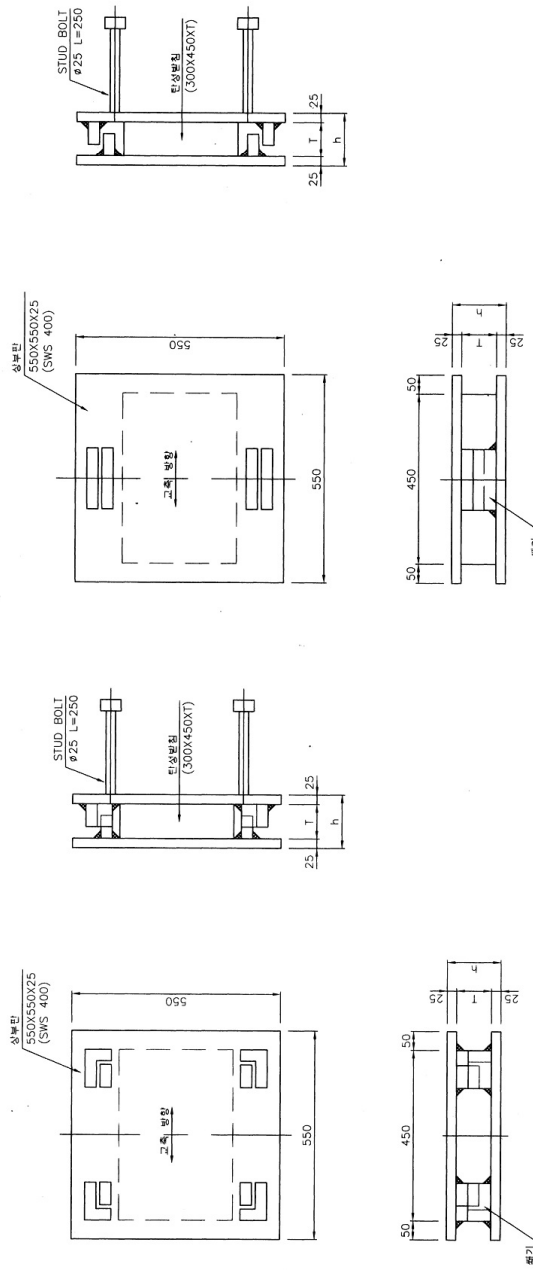
DESIGNED BY: DRAWN BY: CHECKED BY: PROJECT TITLE: 수배지도(1) DRAWING NO. OF: 102

<그림 1.1.15> Shoe 배치도

P.C BEAM 135TON, 300X450XT 탄성받침 상세도 (1)

입방향 (교축 방향) 기동단

고 정 단

*탄성받침 허용 압축응력 $\sigma_{ca} = 120\text{Kg/cm}^2$

*탄성받침의 전단 변형률은 70%를 초과할 수 없다.

*탄성받침의 상 하부 강판 및 확기 도장은 10531로 한다.

탄성받침 크기	T	h	신축량(확기)	G (단단강성계수)	수 평 력		Kv(압축강성계수)	Ka(단단소용계수)
					정사($\gamma \alpha = 70\%$)	지진사($\gamma \alpha = 150\%$)		
300X450	43	93	$\pm 21\text{mm}$	11,000kg/cm ²	10.1ton	21.60ton	380,000/m	490/m
	54	104	$\pm 28\text{mm}$				282,000/m	360/m
	65	115	$\pm 36\text{mm}$				222,000/m	280/m
	76	126	$\pm 44\text{mm}$				183,000/m	230/m
	87	137	$\pm 51\text{mm}$				156,000/m	200/m
	98	148	$\pm 59\text{mm}$				136,000/m	170/m

NOTES

주식회사 경 일 기 술 공 사
KYONG L ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

수령증

DESIGNED BY

DRAWN BY

PROJECT
TITLE
탄성받침 상세도 (1)DRAWING NO. OF
105

<그림 1.1.16> 탄성받침 상세도

1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 관련자료 검토

본 과업 대상 시설물은 공용기간이 20년 정도 경과된 구조물로서 본 시설물에 대한 이력조사는 발주처에서 제공받은 설계도면, 시설물관리대장, 기 진단 및 정밀점검 보고서 등의 관련 자료를 토대로 <표 1.2.1>과 같이 조사하였다.

이력사항에서 나타난 주요결함 및 손상 등을 참조하여 진단계획수립 및 현장조사를 실시하였다.

<표 1.2.1> 이력조사에 사용한 관련자료 현황

구 분	주요이력 및 조사대상		비 고
설계도서	·시설물관리대장 ·설계도면 ·구조계산서		
정밀점검 및 정밀안전진단	정밀점검	정밀안전진단	
	·2002년 고려구조엔지니어링 ·2003년 서경구조안전진단 ·2005년 명도엔지니어링(주) ·2007년 인본토건(주) ·2009년 일승시스템(주) ·2013년 서경구조안전진단 ·2015년 (주)동안기술 ·2018년 그린드림건설(주) ·2020년 (주)대한이앤씨	·2011년 (주)중앙종합안전기술연구원 ·2016년 주식회사 남양이앤씨	
보수보강	·2012년 미래씨엔알 ·2012년 지에스건설(주) ·2018년 (주)호연건설 ·2020년 대원건설 주식회사		

1.2.2 기존 점검 및 진단 실시결과 요약(FMS 점검진단실적 참조)

과업대상 시설물에 대한 이력조사결과, 공용기간동안 정기점검 및 정밀안전진단, 정밀점검을 실시하였으며, 관리주체에서 작성한 시설물관리대장의 주요 점검내용 및 기 실시한 보고서의 주요 점검내용을 간략히 정리하면 다음 <표 1.2.2>와 같다.

〈표 1.2.2〉 기존 점검·진단 주요내용

번호	점검 구분	점검일자	수행기관	등급	주요 점검 · 진단 결과
1	정기 안전점검	2020. 07. 01 ~ 2020. 12. 15	(주)동명기술 공단종합 건축사무소	양호	교면포장 : 균열, 망상균열, 파손 배수시설 : 배수관 탈락 난간,연석 : 연석파손/박리/백태, 균열, 방음판 변형 및 탈락 바닥판하면 : 균열, 무단점거, 상수관 보온관 파손, 열화 거더 및 가로보 : 균열, 망상균열, 인양홀 파손 교대 : 이격 교각 : 조류배설물 퇴적, 파손 교량받침 : 몰탈파손, 받침부식, 받침콘크리트 균열 신축이음 : 유간토사퇴적, 차수판파손, 후타재파손/박리/균열 점검통로 : 점검로 파손
2	정밀 안전점검	2020. 04. 07 ~ 2020. 07. 05	(주)대한 이앤씨		북삼교에 대한 외관조사 및 비파괴 조사 등을 실시하여 종합적으로 분석하고 상태평가를 수행한 결과, 전차 점검 이후 손상 중 일부가 보수된 것으로 확인되었으며, 공용기간 증가에 따라 신규 발생 손상도 조사되었다. 이로 인해 전차 점검과 상태평가 결과는 B등급으로 동일하나 평가지수가 하향된 것으로 산정되었다. 구조물에 발생한 손상은 공용기간 경과에 따라 발생한 비구조적인 손상이며, 구조적인 손상은 없는 것으로 판단되므로 본 교량의 사용성 및 내구성, 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 다만, 발생한 손상 중 구조물 내구연한 증진 측면에서 단면 손상을 단면보수공법, 폭 0.3mm 미만의 균열에 대해서는 표면처리 공법, 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해서는 주입보수 공법을 통한 보수 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그 외의 발생한 손상에 대해서 보고서 본문에서 제시한 보수공법을 통한 보수조치 후 지속적인 주의관찰을 통하여 유지관리를 실시한다면 해당 구조물은 교량으로써의 기능성과 안전성을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.
3	정기 안전점검	2020. 03. 12 ~ 2020. 06. 30	(주)동명기술 공단종합 건축사무소	양호	교면포장 : 균열, 망상균열, 파손 배수시설 : 배수관 탈락 난간,연석 : 연석파손/박리/백태, 균열, 방음판 변형 및 탈락 바닥판하면 : 균열, 무단점거, 상수관 보온관 파손, 열화 거더 및 가로보 : 균열, 망상균열, 인양홀 파손 교대 : 이격 교각 : 조류배설물 퇴적, 파손 교량받침 : 몰탈파손, 받침부식, 받침콘크리트 균열 신축이음 : 유간토사퇴적, 차수판파손, 후타재파손/박리/균열 점검통로 : 점검로 파손
4	정기 안전점검	2019-03-20 ~ 2019-06-30	(주)두우 엔지니어링	양호	본 대상 시설물인 북삼교는 2000년 준공후 약19년간 공용된 교량으로서 현장조사를 통한 종합평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생 하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 외관조사결과 아스콘망상균열, 연석균열,배수구막힘, 신축이음 후타재균열, 유간 토사퇴적, 방호판 변형 및 탈락등 이 조사되었다. 따라서 조사된 손상들에 대해서는 보수방안에 따른 적절한 보수를 실시하고 향후 주기적인 점검을 시행한다면 시설물의 공용에는 지장이 없을 것으로 판단된다.

〈표 1.2.2〉 기존 점검·진단 주요내용(계속)

번호	점검 구분	점검일자	수행기관	등급	주요 점검 · 진단 결과
5	정기 안전점검	2018-06-26 ~ 2018-12-07	(주)삼우 아이엠씨	양호	복삼교는 약 18년간 공용된 교량으로서 외관조사 결과 상부구조 균열 표부, 단면보수, 단면(방청)보수, 표면보수, 받침재 도장 등의 보수를 실시중인 것으로 조사되었으며, 포장부 아스콘 균열, 아스콘 망상균열, 배수시설 배수구 막힘, 그레이팅 망실, 배수관 탈락, 연석 균열, 파손, 방음판 변형/탈락, 신축이음 후타재 균열, 유간 토사퇴적, 바닥판하면 상수관 보호관 파손, 교량받침 콘크리트 및 몰탈 균열, 교대 및 교각, 자재 적치 파손, 이격, 점검로 파손 등의 보수중인 손상을 제외한 기존 및 신규(누락)손상이 조사되었다. 조사된 손상들은 비구조적인 손상들이나 구조물의 건전성 및 2차손상 방지 차원에서 보고서에 제시한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 특히 교각 P15에서 관찰된 점검로 파손은 보수불량으로 판단되며 점검자 및 보수공사 시 작업자의 안전확보 차원에서 보수가 판단된다.
6	정밀 안전점검	2018-03-08 ~ 2018-06-05	그린 드림건설(주)	B등급	점검대상 시설물은 공용기간의 증가와 기 보수에서 제외된 손상들로 인해 부재별 다수의 손상이 확인되었으며, 조사된 주요결함 및 손상부에 대하여 손상별 적합한 보수를 통해 구조물 내구성 확보가 요구된다. 복삼교의 상태평가기준에 따른 안전등급은 “B”등급에 해당하는 것으로 평가되었다. 금회 정밀점검결과 주요부재 및 보조부재에 일부 손상이 발생하여 보수가 필요한 상태이나 구조적인 문제점은 없는 것으로 조사되어 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성은 없는 것으로 판단된다.
7	정기 안전점검	‘17년 하반기	(주)용마 엔지니어링	보통	아스팔트 팹칭, 아스팔트 실링, 청소, 표면보수, 단면보수, 주입보수, 단면보수(방청) 등 필요
8	정기 안전점검	‘17년 상반기	(주)용마 엔지니어링	보통	패칭보수, 실링보수, 방음판재설치, 단면복구, 그레이팅재설치, 배수관정비, 표면치리, 받침재도장, 주입보수, 주의관찰 및 정기적인 점검을 통한 추가손상 예방 필요
9	정기 안전점검	‘16년 하반기	(주)태강	양호	팹칭보수, 주입보수, 표면치리, 철근방청+단면보수, 방음벽 재설치, 재도장 등 필요
10	정기 안전점검	‘16년 상반기	(주)태강	양호	주입보수, 철근방청+단면보수, 방음벽 재설치, 재도장 등 필요
11	정밀 안전진단	‘16년 03월	주식회사 남양이앤씨	B등급	지속적인 관찰 및 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 등의 확인을 통한 내구성 및 사용성 확보 차원의 보수 등이 필요할 것으로 판단됨.
12	정기 안전점검	‘15년 상반기	영동 이엔지(주)	양호	내구성 및 사용성 확보차원의 보수가 필요하며 지속적인 관찰요망
13	정밀 안전점검	‘15년 04월	(주)동안기술	양호	구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상은 없으나, 미관개선 및 장기적인 내구성확보 차원에서 보수가 필요한 결함, 손상이 확인됨.
14	정기 안전점검	‘14년 하반기	성원건설	양호	내구성 및 사용성 확보차원의 보수가 필요하며 지속적인 관찰요망
15	정기 안전점검	‘14년 상반기	성원건설	양호	내구성 및 사용성 확보차원의 보수가 필요하며 지속적인 관찰요망
16	정기 안전점검	‘13년 하반기	(주)토당건설	양호	내구성 및 사용성 확보차원의 보수가 필요하며 지속적인 관찰요망

〈표 1.2.2〉 기존 점검·진단 주요내용(계속)

번호	점검 구분	점검일자	수행기관	등급	주요 점검·진단 결과
17	정밀 안전점검	‘13년 03월	서경구조 안전진단(주)	B등급	교량의 건전성 및 사용성 증진을 위한 일부 보수, 보강이 필요한 상태 내구성 평가 결과는 전반적으로 양호
18	정기 안전점검	‘12년 하반기	성은 건설산업(주)	보통	주입보수, 단면보수 필요
19	정기 안전점검	‘12년 상반기	성은 건설산업(주)	보통	주입보수, 단면보수 필요
20	정기 안전점검	‘11년 하반기	(주)거명	양호	기존손상의 변화 및 추가손상 없음 신축이음장치 교체필요
21	정밀 안전진단	‘11년 04월	(주)중앙종합 안전기술 연구원	B등급	구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않았으 나 내구성 및 사용성 확보를 위해 주입보수, 단면보수 등 의 전반적인 보수가 필요
22	정기 안전점검	‘10년 하반기	(주)한양 이엔지	양호	지속적인 관찰 및 유지관리 필요
23	정기 안전점검	‘10년 상반기	(주)한양이엔 지	양호	지속적인 관찰 및 유지관리 필요
24	정기 안전점검	‘09년 하반기	세창건설 주식회사	보통	손상정도가 경미하며 지속적인 관찰 및 유지관리 필요
25	정밀 안전점검	‘09년 02월	일승 시스템(주)	B등급	구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않았으 나 신축이음 고무재 파손, 거더, 교각 균열, 받침파손 등에 보수가 필요함
26	정기 안전점검	‘08년 하반기	성보 종합건설(주)	보통	지속적인 관찰요망
27	정기 안전점검	‘08년 상반기	성보 종합건설(주)	양호	전반적으로 양호
28	정밀 안전점검	‘07년 하반기	인본토건(주)	A등급	대체적인 구조물의 상태는 양호하며 배수기능 확보를 위한 배수구 정비가 요구됨
29	정기 안전점검	‘07년 상반기	성보 종합건설(주)	보통	지속적인 관찰 및 유지관리 필요
30	정기 안전점검	‘06년 10월	인송건설(주)	양호	일부 손상에 대한 하자보수 필요 지속적인 유지관리 요망
31	정기 안전점검	‘06년 09월	인송건설(주)	양호	일부 손상에 대한 하자보수 필요 지속적인 유지관리 요망
32	정기 안전점검	‘06년 04월	인송건설(주)	양호	경미한 파손으로 지속관찰 필요
32	정밀 안전점검	‘05년 08월	명도엔지니 어링(주)	A등급	문제점이 없는 최상의 상태이나 내구성 확보차원의 일부 보수가 필요
33	정기 안전점검	‘05년 상반기	인송건설(주)	양호	전반적 양호
34	정기 안전점검	‘05년 상반기	인송건설(주)	양호	전반적 양호
35	정기 안전점검	‘04년 하반기	인송건설(주)	양호	전반적으로 양호한 상태이며 신축이음 유간의 토사퇴적 주기적인 점검 및 유지관리 필요
36	정기 안전점검	‘03년 하반기	태경개발(주)	양호	상부구조:양호 하부구조:양호

〈표 1.2.2〉 기존 점검·진단 주요내용(계속)

번호	점검 구분	점검일자	수행기관	등급	주요 점검 · 진단 결과
37	정밀 안전점검	‘03년 05월	서경구조 안전진단	B등급	교면;11,17,18경간패임배수;양호난간연석;양호슬레브하면;양 호교대;A1균열 교각;코핑부균열교좌;양호신축이음;후타재균열
38	정기 안전점검	‘02년 11월	고려구조 엔지니어링	양호	교면;양호배수;양호난간;양호바닥하면;양호주형및가로보;부 분적재료분리 교대교각;코핑부미세균열교좌;양호신축이음;유간내토사퇴적
39	정밀 안전점검	‘02년 05월	고려구조 엔지니어링	A등급	교대교각 코핑부에 건조 수축 균열과 일부주형 에 재료분 리 백태가 발생 하였으나 교량의 기능적 구조적 손상이 없 는 상태

1.2.3 기존 진단·점검 실시결과

가. 2016년 정밀안전진단 실시결과

1) 외관조사 결과

〈표 1.2.3〉 2016년 정밀안전진단 외관조사 결과

구분	항목	외관조사 결과
상부구조	바닥판	◦북삼교 바닥판하면은 T:300mm 콘크리트 슬래브로써 3경간 연속으로 시공되어 있다. ◦외관조사 결과 전반적은 바닥판하면의 상태는 양호한 것으로 판단되나, 일부구간에서 균열, 재료분리, 열화, 철근노출부 박락이 국부적으로 관찰되며, 7경간에서는 캔틸레버측 상수도관 보호캡 파손이 1개소 조사되었다.
	거더 및 가로보	◦북삼교의 거더는 포스트 텐션(Post Tension)공법으로 경간당 5열씩 시공되어 있으며, 가로보는 5m간격으로 7열로 시공되어 있다. ◦외관조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생되지 않는 상태로서, 지점부 인양홀 박리가 다수 관찰되며, 재료분리, 균열 등의 손상도 일부분 조사되었다. ◦또한, 가로보 조사결과 재료분리가 다수 조사되며, 균열, 박리, 박락, 들뜸, 백태 등의 손상도 일부분 관찰되었다.
하부구조	교대	◦교대는 역T형 형식으로 시점측 및 종점측에 2개소 시공되어 있다. ◦외관조사결과 A1은 전반적으로 양호한 것으로 확인되나, A2측에서 균열 및 백태가 일부분 조사되었다. ◦교대 전면부에 설치된 호안블럭은 전반적으로 양호한 것으로 조사되나, A2측에서 법면콘크리트 이격이 1개소 조사되었다.

〈표 1.2.3〉 2016년 정밀안전진단 외관조사 결과(계속)

구분	항목	외관조사 결과
하부구조	교각	◦교각은 π형 라멘으로 총 20기가 시공되어 있으며, P11~P15는 유심부에 위치해 있다. ◦외관조사 결과 균열 및 망상균열이 수개소 관찰되며, 표면불량, 박리, 표면오염, 기초부 박락이 국부적으로 조사되며, P15에서 철근노출도 2개소 조사되었다.
	교량받침	◦받침장치는 탄성받침으로 교대는 5개소, 교각은 10개소가 시공되었다. ◦외관조사결과 기발생된 손상에 대해서는 일부분 보수가 실시된 상태로서, 받침본체에는 이상 손상은 없는 것으로 조사되나, 상하부 플레이트 부식이 전반적으로 관찰되며, 몰탈균열 및 콘크리트 균열이 다수 조사되었다. 또한 P8, A2구간에서 경미한 들뜸이 2개소 조사되었다.
기타부재	신축이음	◦신축이음장치는 Rail, Finger Joint로서 3경간당 1개소씩 총 8개소가 설치되어 있으며 기존에 발생된 후타재부 손상에 대해서는 보수가 완료된 것으로 확인되었다. ◦외관조사 결과 대체로 유간부에 토사가 퇴적되어 있는 것으로 확인되나, 그 외 이상 손상은 발생되지 않았으며, 신축기능도 정상적으로 유지되고 있는 것으로 조사되어 신축이음장치의 전반적인 상태는 적절한 것으로 판단된다.
	교면포장	◦교면포장은 전구간 아스팔트 포장으로 시공되어 있으며, 현장확인 결과 포장의 두께는 80mm로 확인되었다. ◦외관조사 기발생 손상에 대해서는 대부분 보수가 완료된 것으로 확인되나, 포장부는 대체로 노후된 상태로서 기 보수시 누락된 포장접합부 균열이 다수 조사되며, 종균열 및 망상균열도 일부분 관찰되었다. ◦또한, 시종점부 접속슬래브구간 포장부는 전반적인 망상균열이 조사되었다.
	배수시설	◦배수시설은 경간당 4개소씩 총 84개소가 설치되어 있는 것으로 확인되며, 기존에 배수관 탈락구간에 대해서는 보수가 완료된 것으로 조사되었다. ◦외관조사결과 배수구 막힘 및 그레이팅 망실 일부분 관찰되며, 보수시 누락된 배수관탈락도 1개소 조사되었다.
	난간/연석	◦난간은 2단 알루미늄 난간으로 설치되어 있으며, 연석은 콘크리트로 시공되어 있는 상태로서, 현장 확인결과 난간 및 연석은 차량방호울타리(난간겸용) 설치기준인 110cm 이상으로 측정되어 설치기준을 만족하는 것으로 조사되었다. ◦난간은 파손, 변형, 망실 등의 이상 손상이 없는 양호한 상태이나, 종점측 일부구간에서 방음판 탈락이 일부분 관찰되었다. ◦연석부는 상면 및 차도부 측면에서 표면 박리가 국부적으로 관찰되며, 철근노출, 균열이 일부 조사되고, 시점측에서는 교명주 연석부 파손도 1개소 관찰되었다.

2) 재료시험 및 측정결과

〈표 1.2.4〉 2016 정밀안전진단 시험 및 측정결과

시 험 명		시험부위		시험 결과	책임기술자 의견
콘크리트	비파괴강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.3~53.9	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태임.
			초음파	27.5~54.4	
		하부 구조	반발경도	25.8~28.7	
			초음파	25.9~29.1	
	철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	100~200	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
			피복두께	45~52	
		하부 구조	배근간격	120~250	
			피복두께	70~95	
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.9~44.0	■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상 'a' 로 탄산화로 인한 내구성저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
		하부구조		70.0~80.0	
	염화물 함유량시험 (kg/m ³)	상부구조		0.282~0.420	■ 바닥판은 b등급, 교대 b등급으로 분석되어 염화물이 함유되어 있으나, 염화물에 의한 부식발생 가능성은 낮은 것으로 조사됨.
		하부구조		0.144~0.552	

3) 상태평가

상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B’ 인 것으로 검토되었다.

〈표 1.2.5〉 2016년 정밀안전진단 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				교량 받침	하부구조		내구성요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간	신축	받침	하부	기초	탄산화		염화물	
												상부	하부	상부	하부
S1(A1)	PSCI	a	b	b	a	c	a	b	b	b	Q	a	a	-	b
S2(P1)	PSCI	b	b	b	b	a	a	x	b	b	Q	-	-	-	b
S3(P2)	PSCI	b	b	b	b	a	a	x	b	b	Q	a	a	-	-
S4(P3)	PSCI	b	b	b	b	b	a	b	b	b	Q	-	-	-	-
S5(P4)	PSCI	b	b	b	b	b	a	x	b	b	Q	-	a	-	-
S6(P5)	PSCI	b	b	b	b	a	a	x	b	b	Q	a	-	-	-
S7(P6)	PSCI	b	b	b	b	a	a	b	b	b	Q	-	a	-	-
S8(P7)	PSCI	a	b	b	b	c	a	x	b	b	Q	a	-	-	-
S9(P8)	PSCI	b	b	b	b	a	a	x	b	b	Q	-	-	-	-
S10(P9)	PSCI	b	b	b	b	a	b	b	b	b	Q	-	-	-	-
S11(P10)	PSCI	a	b	b	b	a	b	x	b	b	b	-	-	-	-
S12(P11)	PSCI	a	b	b	b	b	b	x	b	b	a	a	-	-	-
S13(P12)	PSCI	b	b	b	b	a	b	b	b	b	a	-	-	-	-
S14(P13)	PSCI	a	b	a	b	a	a	x	b	b	a	-	-	-	-
S15(P14)	PSCI	a	b	a	b	b	a	x	b	b	a	-	-	-	-
S16(P15)	PSCI	b	b	a	b	a	b	b	b	b	a	-	-	-	-
S17(P16)	PSCI	a	b	b	b	a	a	x	b	b	Q	-	-	-	-
S18(P17)	PSCI	a	b	b	b	b	c	x	b	b	Q	-	-	b	-
S19(P18)	PSCI	a	b	a	b	a	b	b	b	b	Q	-	-	-	-
S20(P19)	PSCI	a	b	b	b	a	b	x	b	b	Q	-	-	-	-
S21(P20)	PSCI	a	a	a	b	b	b	x	b	b	Q	-	-	-	-
-(A2)	PSCI							b	b	b	Q		-	-	-
평균		0.15	0.20	0.18	0.20	0.16	0.15	0.2	0.2	0.2	0.12	0.1	0.1	0.2	0.2
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	13	7	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.027	0.040	0.009	0.014	0.005	0.003	0.018	0.018	0.026	0.008	0.002	0.002	0.004	0.002
1. 환산결함도 점수 =														0.178	
2. 상태평가 결과 =														B	

4) 안전등급 및 종합평가

〈표 1.2.6〉 2016년 정밀안전진단 안전등급 및 종합평가

안전등급 산정표			
시설물명		복삼교	
평가구분	결합점수 및 안전율	평가등급	비고
상태평가	F=0.178	B	-
안전성평가	SF=1.43(거더) SF=1.46(바닥판)	A	-
종합평가	-	B	-
종합평가결과	◦ 상태평가등급 및 안전성평가등급 중 최저등급으로 조합등급 결정 ◦ 안전등급 : B 등급		

5) 보수방안

〈표 1.2.7〉 2016년 정밀안전진단 보수방안

구 분	손상내용	단위	손상 물량	보수방안	보수물량 (할증20%)	단가 (천원)	공사비 (천원)	비고
포장	아스콘 망상균열	m ²	160.0	소파보수	192.0	60	11,520	금차
난간 연석	균열0.3mm미만	m	2.7	표면보수	3.24	45	146	향후
	철근노출	m ²	0.71	단면보수 (방청)	0.85	210	179	향후
	박리	m ²	0.15	단면보수	0.18	190	34	향후
	방음판 탈락, 변형	EA	12	방음판 재설치	12	200	2,400	향후
배수시설	배수구막힘	EA	4	청소	4	10	40	향후
	그레이팅 망실	EA	8	그레이팅 재설치	8	15	120	향후
	배수관탈락	EA	2	배수관 재설치	2	200	400	향후
신축이음	유간토사퇴적	m ²	8.8	청소	10.56	10	106	향후
바닥판하면	균열0.3mm미만	m	1.5	표면보수	1.80	45	81	향후
	열화	m ²	8	표면보수	9.60	45	432	향후
	철근노출	m ²	0.07	단면보수 (방청)	0.08	210	17	향후
	재료분리	m ²	4.55	단면보수	5.46	190	1,037	향후
거더, 가로보	균열0.3mm미만	m	12.6	표면보수	15.12	45	680	향후
	균열0.3mm이상	m	0.3	주입보수	0.36	115	41	향후
	들뜸, 박락, 파손	m ²	3.86	단면보수	4.63	190	880	향후

〈표 1.2.8〉 2016년 정밀안전진단 보수방안

구 분	손상내용	단위	손상 물량	보수방안	보수물량 (할증20%)	단가 (천원)	공사비 (천원)	비고
거더, 가로보	재료분리	m ²	5.25	단면보수	6.30	190	1,197	향후
	백태	m ²	0.31	표면처리	0.37	45	17	향후
받침 장치	플레이트 부식	EA	204	재도장	204	40	8,160	금차
	받침콘크리트균열	m	23.7	표면처리	28.44	45	1,280	향후
	물탈균열	m	5.3	표면처리	6.36	45	286	향후
	받침콘크리트 박락	m ²	0.28	단면보수	0.34	190	65	향후
교대	균열0.3mm미만	m	0.88	표면처리	1.06	45	48	향후
	백태	m ²	0.06	표면처리	0.07	45	3	향후
교각	균열0.3mm미만	m	20.2	표면처리	24.24	45	1,091	금차
	망상균열	m ²	22.18	표면처리	26.62	45	1,198	금차
	균열0.3mm이상	m	1.1	주입보수	1.32	115	152	향후
	표면불량	m ²	3.0	표면처리	3.60	45	162	향후
	재료분리	m ²	2.04	단면보수	2.45	190	466	향후
	박리, 박락	m ²	8.44	단면보수	10.13	190	1,925	향후
	철근노출	m ²	0.03	단면보수 (방청)	0.04	210	8	향후
	자재적치	EA	1	청소	1	30	30	향후
순공사비					34,201			
제경비(50%)					17,101			
개략공사비					51,302			

나. 2020년 정밀안전점검 실시결과

1) 외관조사 결과

〈표 1.2.9〉 2020년 정밀안전점검 외관조사 결과

구분	항목	외관조사 결과
상부구조	바닥판	◦균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 균열부백태(0.3mm미만), 백태, 박리, 철근노출, 보수부 박리, 잡철물노출, 상수관 보온관 탈락, 외부인 불법 설치
	거더	◦균열(0.3mm미만), 균열부백태(0.3mm미만), 망상균열, 보수부 망상균열, 파손, 박리, 재료분리
	2차부재	◦균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 백태, 파손, 박리, 박락, 재료분리
하부구조	교대 및 교각	◦균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 망상균열, 파손, 박리, 박락, 보수부 박리, 철근노출, 표면오염, 조류배설물, 자재적치, 이격
	교량받침	◦받침 도장박리, 부식, 몰탈 균열(0.3mm미만), 받침 콘크리트균열(0.3mm미만), 받침 콘크리트 보수부 망상균열, 받침 콘크리트 보수부 박리, 몰탈 박리, 받침 콘크리트 박리, 받침 콘크리트 철근노출
기타부재	신축이음	◦부식, 유간 토사퇴적, 후타재균열 및 박리, 박락
	교면포장	◦포장 균열, 포장 망상균열, 파손, 패임
	배수시설	◦배수관 탈락, 배수관 지지대 탈락, 배수관 고정부 파손, 배수관 고정핀 탈락
	난간/연석	◦변형, 균열(0.3mm미만), 균열부백태(0.3mm미만), 파손, 방음판탈락, 방음판 고정볼량, 방음판 변형

2) 재료시험 및 측정결과

〈표 1.2.10〉 2020년 정밀안전점검 시험 및 측정결과

구분	내구성 평가 결과			평가의견
반발경도 시험 (MPa)	부재별	2020년도 정밀점검 측정강도	설계기준 강도	적정
	바닥판	27.1~34.0	27.0	
	거더	41.9~51.8	40.0	
	교대/교각	24.2~35.0	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재별	2020년도 정밀점검 측정 결과	비고	철근부식 우려없음
	바닥판	42.55~75.83	a	
	거더	64.27~109.39	a	
	교대/교각	35.27~96.43	a	

3) 상태평가

상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B’ 인 것으로 검토되었다.

〈표 1.2.11〉 2020년 정밀안전점검 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				교량 받침	하부구조		내구성요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간	신축	받침	하부	기초	탄산화	
												상부	하부
S1(A1)	PSCI	b	b	b	b	a	a	b	a	a	Q	a	a
S2(P1)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	b	Q	a	a
S3(P2)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	a	b	Q	X	a
S4(P3)	PSCI	b	b	c	b	a	a	b	a	b	Q	a	a
S5(P4)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	b	Q	X	a
S6(P5)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	b	Q	a	a
S7(P6)	PSCI	c	b	b	b	a	a	b	b	b	Q	X	a
S8(P7)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	b	Q	a	X
S9(P8)	PSCI	b	b	b	b	a	c	X	b	c	Q	a	a
S10(P9)	PSCI	b	b	b	b	a	a	b	b	c	Q	X	X
S11(P10)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	b	a	X	a
S12(P11)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	c	b	a	X
S13(P12)	PSCI	b	b	b	b	a	b	b	b	b	a	a	X
S14(P13)	PSCI	b	b	b	b	a	a	X	b	c	a	a	X
S15(P14)	PSCI	a	b	b	b	a	a	X	b	b	a	a	X
S16(P15)	PSCI	a	b	b	b	a	a	b	b	b	a	X	a
S17(P16)	PSCI	c	b	c	b	a	a	X	b	c	Q	X	X
S18(P17)	PSCI	b	b	c	b	a	a	X	b	b	Q	a	X
S19(P18)	PSCI	c	b	b	b	a	b	c	b	c	Q	X	a
S20(P19)	PSCI	a	b	b	b	a	a	X	b	b	Q	X	X
S21(P20)	PSCI	a	a	b	b	a	a	X	b	b	Q	X	a
-(A2)	PSCI							c	a	b	Q	a	a
평균		0.210	0.195	0.229	0.200	0.100	0.124	0.267	0.182	0.250	0.117	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	13	7	4	3
(평균X가중치) /가중치합		0.038	0.039	0.011	0.014	0.003	0.002	0.024	0.016	0.033	0.008	0.004	0.003
1. 환산결함도 점수 =												0.196	
2. 상태평가 결과 =												B	

4) 안전등급 및 종합평가

〈표 1.2.12〉 2020년 정밀안전점검 안전등급 및 종합평가

안전등급 산정표			
시설물명		복삼교	
평가구분	결합점수 및 안전율	평가등급	비고
상태평가	F=0.196	B	
안전성평가	-	-	
종합평가	-	B	
종합평가결과	◦ 상태평가등급 및 안전성평가등급 중 최저등급으로 조합등급 결정 ◦ 안전등급 : B 등급		

5) 보수방안

〈표 1.2.13〉 2020년 정밀안전점검 보수방안

구 분	손상내용	보수공법	단 위	손상 수량	보수물량 (×1.5)	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
포장	아스콘 패임	패칭보수	m ²	0.24	0.36	75	27	②
	아스콘 파손	패칭보수	m ²	0.06	0.09	75	7	②
난간 및 연석	균열(0.3mm미만)	표면보수	m	0.30	0.12	70	8	②
	균열부백태 (0.3mm미만)	표면보수	m	2.50	0.95	70	66	②
	파손	단면보수	m ²	0.12	0.18	180	32	①
배수 시설	배수관 탈락	배수관 교체	EA	1.00	1.00	60	60	②
신축 이음	부식	재도장	m ²	1.00	1.50	20	30	①
	유간토사퇴적	청소	m	88.00	132.00	30	3,960	②
	후타재 균열	표면보수	m	46.60	69.90	70	4,893	②
	후타재 열화	단면보수	m ²	2.32	3.48	180	626	①
바닥판	균열(0.3mm미만)	표면보수	m	5.60	2.10	70	147	②
	균열(0.3mm이상)	주입보수	m	0.60	0.90	100	90	①
	균열부백태 (0.3mm미만)	표면보수	m	1.20	0.45	70	32	②
	백태	표면보수	m ²	9.56	14.34	70	1,004	②
	박리	단면보수	m ²	0.08	0.12	180	22	①
	보수부 박리	단면보수	m ²	11.55	17.33	180	3,119	①
	철근노출	단면보수 (방청)	m ²	0.27	0.41	230	93	①
	잡철물노출	단면보수	m ²	0.01	0.02	180	3	①
거더	균열(0.3mm미만)	표면보수	m	49.80	18.68	70	1,307	②
	균열부백태 (0.3mm미만)	표면보수	m	0.10	0.05	70	3	②
	망상균열	표면보수	m ²	6.85	10.28	70	719	②
	보수부 망상균열	표면보수	m ²	0.71	1.07	70	75	②
	파손	단면보수	m ²	0.20	0.30	180	54	①
	박리	단면보수	m ²	0.09	0.14	180	24	①
	재료분리	단면보수	m ²	0.57	0.86	180	154	①

〈표 1.2.13〉 2020년 정밀안전점검 보수방안(계속)

구 분	손상내용	보수공법	단 위	손상 수량	보수물량 (×1.5)	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
2차부 재	균열(0.3mm미만)	표면보수	m	40.50	15.20	70	1,064	②
	균열(0.3mm이상)	주입보수	m	4.50	6.75	100	675	①
	백태	표면보수	m ²	0.05	0.08	70	5	②
	파손	단면보수	m ²	0.01	0.02	180	3	①
	박리	단면보수	m ²	0.04	0.06	180	11	①
	박락	단면보수	m ²	0.13	0.20	180	35	①
	재료분리	단면보수	m ²	3.71	5.57	180	1,002	①
받침	Plate 부식	재도장	EA	10.0	10.00	20	200	②
	Plate 도장박리	재도장	m ²	0.21	0.32	20	6	②
	몰탈 균열 (0.3mm미만)	표면보수	m	6.00	2.25	70	158	②
	받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	표면보수	m	8.00	3.00	70	210	②
	받침콘크리트 보수부 망상균열	표면보수	m ²	0.12	0.18	70	13	②
	받침콘크리트 보수부 박리	단면보수	m ²	0.24	0.36	180	65	①
	몰탈 박리	단면보수	m ²	0.04	0.06	180	11	①
	받침콘크리트 박리	단면보수	m ²	0.01	0.02	180	3	①
	받침콘크리트 철근노출	단면보수 (방청)	m ²	0.01	0.02	230	3	①
교대/ 교각	균열(0.3mm미만)	표면보수	m	148.0	55.50	70	3,885	②
	균열(0.3mm이상)	주입보수	m	2.00	3.00	100	300	①
	망상균열	표면보수	m ²	60.52	90.78	70	6,355	②
	파손	단면보수	m ²	0.18	0.27	180	49	①
	박리	단면보수	m ²	4.00	6.00	180	1,080	①
	박락	단면보수	m ²	0.34	0.51	180	92	①
	보수부 박리	단면보수	m ²	0.90	1.35	180	243	①
	철근노출	단면보수(방 청)	m ²	0.24	0.36	230	83	①
순공사비					1순위		7,900	
					2순위		24,203	
재경비(순공사비×0.5)					1순위		3,950	
					2순위		12,101	
공사비					1순위		11,850	
					2순위		36,304	
					계		48,154	

1.2.4 기 점검 결과와 비교·분석

금회 현장조사 및 시험을 통한 상태평가 결과와 기존 진단(2016년) 및 점검(2020년)에 실시한 상태평가 결과와 비교·분석 결과 상태등급이 전차 진단과 동일한 “B”로 분석되었으며, 환산결함도 지수가 전회차 대비 증가(0.178(2016년) ⇨ 0.196(2020년) ⇨ 0.234(2020년)) 된 것으로 평가되었다. 환산 결함도 지수 감소를 유발시키는 주요 손상은 다음과 같다.

- 공용년수 증가에 따른 노후화 및 기 점검 시 관측된 손상 미 보수
- 바닥판, 포장, 받치장치 등에 추가 손상발생(균열, 철근노출 등)

〈표 1.2.14〉 기 점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교

구분			16년 정밀안전진단			20년 정밀안전점검			금회 정밀안전진단			비고
			가중치	등급	지수 ^D	가중치	등급	지수 ^D	가중치	등급	지수 ^D	
상부 구조	바닥판		18	b	0.027	18	b	0.038	18	b	0.038	
	거더		20	b	0.040	20	b	0.039	20	b	0.039	
	가로보		5	b	0.009	5	b	0.011	5	b	0.011	
기타 부재	포장		7	b	0.014	7	b	0.014	7	d	0.049	
	배수		3	b	0.005	3	a	0.003	3	b	0.006	
	난간/연석		2	b	0.003	2	a	0.002	2	b	0.005	
	신축이음		9	b	0.018	9	c	0.024	9	b	0.018	
받침	교량받침		9	b	0.018	9	b	0.016	9	b	0.018	
하부 구조	교대/교각		13	b	0.026	13	b	0.033	13	b	0.033	
	기초		7	a	0.008	7	a	0.008	7	a	0.007	
내구성	탄산화	상부	2	a	0.002	4	a	0.004	2	a	0.002	
		하부	2	a	0.002	3	a	0.003	2	a	0.002	
	염화물	상부	2	b	0.004	-	-	-	2	b	0.004	
		하부	1	b	0.002	-	-	-	1	b	0.002	
합계			100	B	0.178	100	B	0.196	100	B	0.234	

1) 지수 : (평균×가중치)/가중치 합

1.2.5 보수·보강이력

본 과업 대상 시설물에 대한 보수·보강은 발주처에서 제공받은 시설물관리대장 및 기 안전점검 보고서를 검토한 결과, 명문화 되어있는 보수·보강사항은 없는 것으로 검토되었다. 다만, 금번 진단에서 실시한 현장조사 결과 교대, 교각 및 방호벽 일부구간은 표면처리보수(하자보수 추정)가 이루어진 것으로 확인되었다.

〈표 1.2.15〉 주요 보수보강 이력사항

구분	년도	위치	공사내역	시공사
보수	2020년 상반기	상부	배수관 설치	대원건설 주식회사
보수	2018년 11월	상부	콘크리트 표면처리 : 166m 콘크리트 주입공법 : 0.3m 단면보수 일반 : 22㎡ 단면보수 철근노출부 : 0.3㎡ 콘크리트 중성화방지 : 63㎡ 솔플레이트 채도장 : 129개소	(주)호연건설
보수	2015년 12월	상부	후타재 보수 : 8㎡ 아스팔트 실링보수 : 453.2m 포트홀 보수 : 1㎡ 콘크리트 주입공법 : 2m 단면보수 철근노출부 : 0.1㎡ 배수관 재설치 : 11개소	지에스건설(주)
보수	2012년 9월	상부	에폭시 주입 : 2.9m 신축이음장치 교체 (P18)	미래씨엔알

1.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

본 과업 대상 시설물인 북삼교에 대한 자료를 통해 내진설계 여부를 확인한 결과, 내진설계가 적용된 것으로 검토되었다.

1.2.7 시설물 주변 현황조사

과업대상 교량의 주변현황에 대한 점검결과, 나대지 (S1~S10, S16~S20), 도로(S21), 임진강(S11~S16)을 횡단하고 있으며, 점검일 현재 교각 5기(P11~P15)가 유심부에 있는 것으로 현장 확인되었다.



나대지



임진강 횡단

〈사진 1.2.1〉 시설물 주변 현황

1.3 외관조사 결과 및 결함(손상)의 발생원인 분석

1.3.1 개 요

본 과업의 대상교량인 북삼교는 국도상의 도로교량으로서 경기도 연천시 왕징면 북삼리에 위치하고 있으며, 총연장 630.0m, 폭원 11.0m, 21경간(21@30.0) PSCI교이다.

2000년 준공 후 약 21년 정도 경과된 시설물로서 설계하중은 DB(DL)-24로 확인되었다.

대상 교량의 현장조사 및 시험은 본 조사를 실시하기 이전에 현장을 답사하여 시설물의 주변 환경과 현 상태를 파악하고, 시설물의 접근방법 및 관련 자료를 검토 후 외관조사를 통하여 물리적, 기능적 결함을 발견함과 동시에 안전성 확인을 위한 상세한 조사계획을 수립하였다.

물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단하기 위해 상부구조 및 하부구조, 부속 시설물 등 주요 구조부재의 현 상태와 교량의 안전성을 저해할 만한 결함 및 손상의 유무를 확인하였다.

교량의 구성부재별로 외관조사 결과를 외관조사망도와 손상 및 결함 총괄표, 사진을 중심으로 수록하였으며, 향후 교량점검 및 유지관리시에 효율적으로 활용할 수 있게 하였다.

1.3.2 근접조사를 위한 접근방안 및 제원조사

가. 근접조사를 위한 접근방안

과업대상 교량의 근접조사를 위한 접근방안으로 교통량 및 교량 하부조건을 감안하여 <사진 1.3.1>와 같이 교량점검차(Platform Type)와 고소점검차를 병행하여 작업원의 안전을 확보한 상태에서 근접조사를 실시하였다.



교량점검차를 이용한 현장조사



고소차를 이용한 현장조사

<사진 1.3.1> 근접조사를 위한 접근장비현황

나. 제원조사

과업대상 교량의 제원조사는 경기도 건설본부로부터 제공받은 관련자료를 토대로 교량의 연장, 폭, 각 부재의 규격 등 주요부분을 표본실측하고 비교·검토한 결과 전반적으로 준공도면의 주요제원과 일치하는 것으로 조사되었다.



거더 제원조사 현황



방호벽 제원조사 현황

〈사진 13.2〉 제원조사 현황

1.3.3 교면포장

가. 시공현황 및 이력사항

과업대상 교량은 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판 보호 목적으로 아스팔트포장(T=80mm)으로 시공되어 있으며, 준공도면상의 횡단구배는 2.0%로 형성되어 있다.

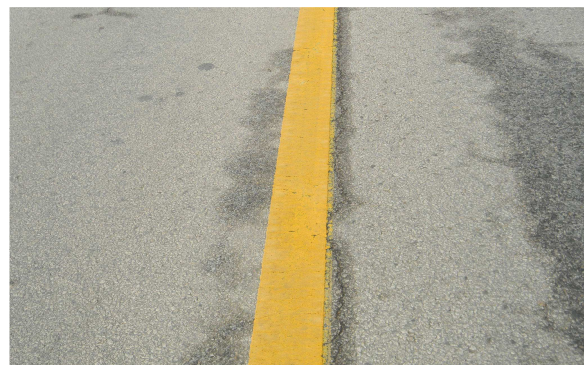
점검일 현재 육안상 각 지점의 부등침하나 경간 중앙부의 과도한 처짐은 없는 것으로 조사되었으며, 교면포장에 대한 이력조사결과 <표 1.2.15>에 보는 바와 같이 일부 구간에 아스팔트 실링보수, 포트홀 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

나. 외관조사 결과

교면포장에서 조사된 주요 손상은 아스콘 균열(185.00m/15개소), 아스콘 망상균열(3,604.60㎡/47개소), 아스콘 파손(0.06㎡/2개소), 아스콘 패임(0.24㎡/1개소)이 조사되었다.



S2 교면포장 아스콘 망상균열



S5 교면포장 아스콘 균열



S10 교면포장 아스콘 망상균열



S15 교면포장 아스콘 망상균열



S18 교면포장 아스콘 패임

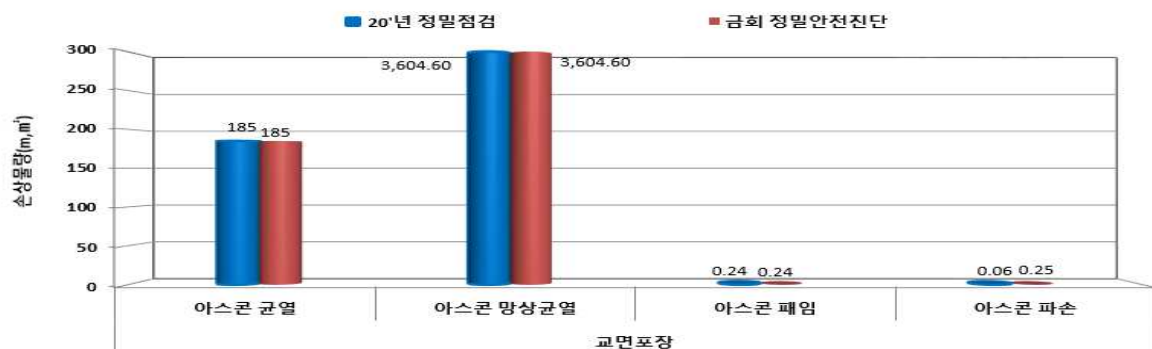


S19 교면포장 아스콘 파손

〈사진 1.3.3〉 교면포장 주요결함 및 손상현황

〈표 1.3.1〉 교면포장 주요결함 및 손상 현황

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
포장	아스콘 균열	15	185.00	m	S4~S12, S14, S15, S17, S21	전면 재포장 (방수층 포함)	
	아스콘 망상균열	47	3,604.60	m ²	S1~S21		
	아스콘 파손	2	0.06	m ²	S19		
	아스콘 패임	1	0.24	m ²	S18		



⇒ 전반적으로 발생 범위가 유사한 상태

⇒ 아스콘 파손 추가 발생

〈그림 1.3.1〉 교면포장 손상현황 비교

마. 교면포장 손상 발생원인 및 대책

아스팔트 교면포장에서 주로 발생하는 마모, 균열, 함몰, 포트 홀 등의 열화손상은 포장두께 부적정, 아스팔트 혼합물의 안정성부족, 다짐불량, 재료분리, 시공이음 위치 부적정 등의 시공결함과 교통량증가 및 중량화 등 환경적인 요인이 복합적으로 작용되어 발생하는 경우가 일반적이다.

교면포장에 관측된 손상정도 및 규모 등을 감안할 때 점검일 현재 전구간에 걸쳐 발생된 아스콘 망상균열 및 표층마모, 아스콘 균열 등의 열화손상은 공용기간이 증가함에 따라 손상의 범위가 점진적으로 확대될 경우 사용성, 주행성 저하뿐만 아니라 교면방수층 파손 및 바닥판하면의 추가적인 열화손상을 유발할 수 있으므로 전면 재포장(방수층 포함) 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다.

1.3.4 난간 및 연석

가. 시공현황 및 이력사항

본 교량은 주행중인 차량이 정상적인 경로를 벗어나 교량 바깥으로 벗어나는 것을 방지함과 동시에 탑승자와 차량의 피해를 최소화시킬 목적으로 양측에 콘크리트 연석, 난간 및 방음판이 설치되어 있으며, 난간 및 연석에 대한 이력조사결과 <표 1.2.15>에 보는 바와 같이 일부 구간에 표면처리 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

나. 외관조사 결과

난간 및 연석에 발생한 주요 손상은 균열($cw=0.2mm$)(1.30m/6개소), 균열부백태(6.60m/8개소), 계단 부분부식(1개소), 교각표지판 탈락(1개소), 박락($0.61m^2/5$ 개소), 보수부 들뜸($0.50m^2/1$ 개소), 보수부 망상균열($0.60m^2/1$ 개소), 파손($0.08m^2/3$ 개소), 방음판 탈락 및 변형, 고정 불량(19개소)이 조사되었다.



S1 연석 균열



S7 연석 박락



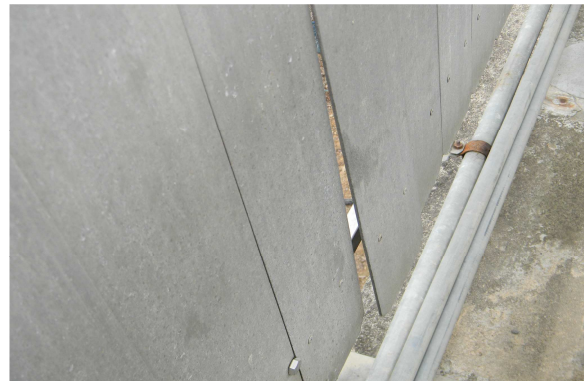
S11 연석 균열부백태



S21 연석 보수부 들뜸



S18 방음판 탈락



S19 방음판 고정불량

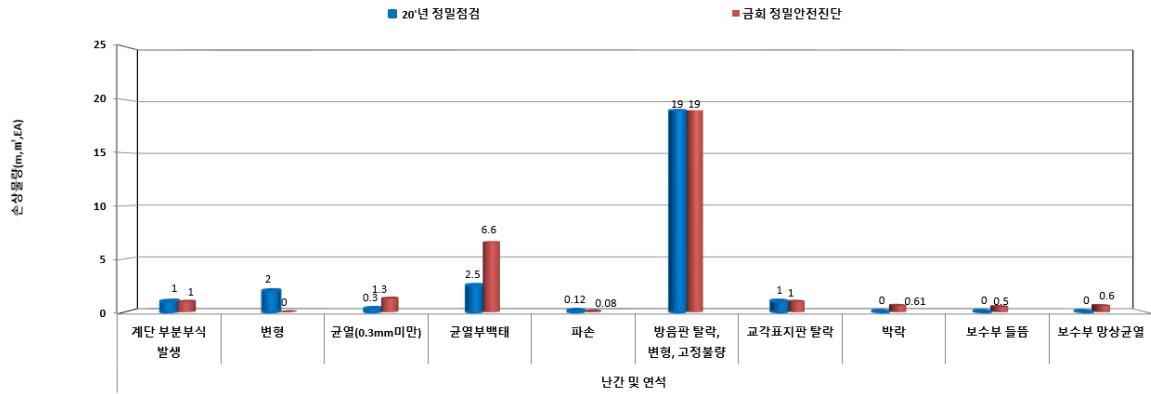
〈사진 1.34〉 난간 및 연석 주요결함 및 손상현황

다. 발생원인 및 대책

연석에서 조사된 수직균열은 얇은 벽체구조 특성을 감안 할 때 콘크리트의 건조수축과 바닥판의 구속작용이 주요원인으로 판단되며, 연석 파손 및 박락, 방음판 탈락 및 변형, 고정불량은 외부충격 등의 원인으로 발생한 것으로 판단된다. 또한, 표면처리 보수 부위에 공용기간 증가로 인해 보수부 들뜸 및 망상균열이 조사되었다. 콘크리트 연석 및 방음판에서 관측된 주요 손상부는 손상정도가 경미하여 보수는 불필요한 것으로 판단되며, 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다. 교각표지판 탈락은 향후 안전점검 및 유지관리 등의 효율성을 위해 재설치가 필요한 것으로 판단된다.

〈표 1.3.2〉 난간 및 연석 주요결함 및 손상 현황

부 재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
연석	균열(cw=0.2mm)	6	1.30	m	S1,S3,S8,S19	주의관찰	
	균열부백태	8	6.60	m	S11,S12	주의관찰	
	계단 부분부식 발생	1	1.00	EA	S18	주의관찰	
	교각표지판 탈락	1	1.00	EA	S13	재설치	
	박락	5	0.61	m ²	S7~S10	주의관찰	
	보수부 들뜸	1	0.50	m ²	S21	주의관찰	
	보수부 망상균열	1	0.60	m ²	S16	주의관찰	
	파손	3	0.08	m ²	S1,S2,S6	주의관찰	
방음판	방음판 탈락, 고정불량, 변형	19	19.00	EA	S18~S21	주의관찰	



⇒ 전반적으로 발생 범위가 유사한 상태

⇒ 균열부백태, 박락, 보수부 들뜸 및 망상균열 추가발생

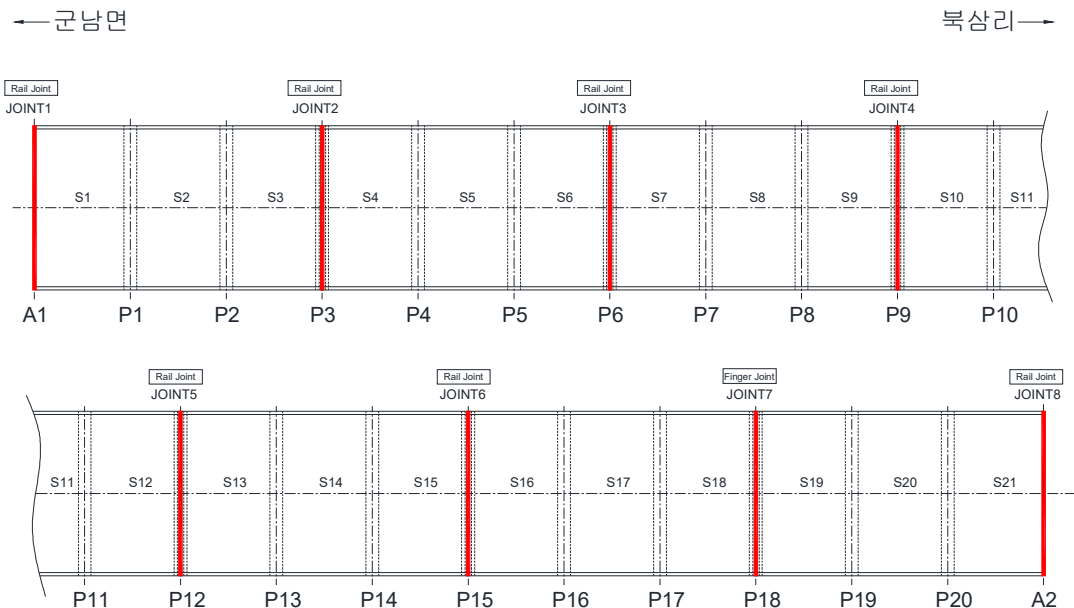
〈그림 13.2〉 난간 및 연석 손상현황 비교

1.3.5 신축이음장치

가. 시공현황 및 이력사항

대상 교량은 21경간(21@30.0m)으로 신축이음 장치는 총 8개소로 신축이음장치 형식은 Rail Joint(A1, P3, P6, P9, P12, P15, A2), Finger Joint(P18)가 설치되어 있으며, 발주처에서 제공받은 보수·보강 이력자료 및 기 정밀점검보고서(2020년)와 비교시 공용기간 동안 <표 1.2.15>에 보는 바와 같이 신축이음교체(P18), 일부구간 후타재 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

신축이음장치 배치현황은 다음과 같다.



나. 외관조사 결과

① 본 체

신축이음 본체에서 조사된 주요 손상은 토사퇴적(88.00m/8개소), 부식(2.62㎡/15개소)이 조사되었다.



A1 본체 부식



P3 본체 유간부 토사퇴적



P12 본체 부식



P18 본체 유간부 토사퇴적

〈사진 1.35〉 신축이음시설 주요결함 및 손상현황

② 후타재

신축이음 후타재에서 조사된 주요 손상은 후타재 균열(30.00m/2개소), 후타재 열화(2.32㎡/3개소), 후타재 파손(0.24㎡/1개소)이 조사되었다.



A1 후타재 균열



P3 후타재 균열



P18 후타재 열화



P18 후타재 파손

〈사진 1.3.6〉 신축이음시설 주요결함 및 손상현황

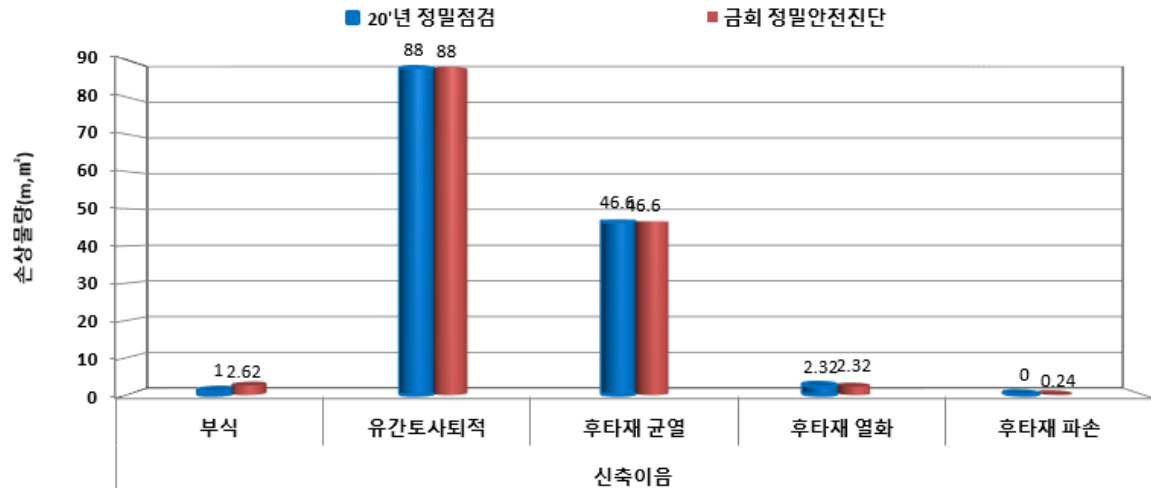
다. 발생원인 및 대책

신축이음장치 본체에 대한 점검결과 주행성 또는 신축기능상의 문제를 유발할 수 있는 파손, 유간협착 등의 손상은 없는 것으로 조사되었으나, 신축유간부에서 토사적체가 관측되어 일상적인 청소가 필요한 상태로 조사되었으며, 본체 단부에서 공용기간 증가로 인한 부식이 관측되었다.

후타재에서 관측된 균열의 경우 발생간격, 형태, 균열폭 등을 감안할 때 후타재의 충분한 양생부족, 건조수축 등 재료적 특성에 따른 초기결함에 해당하는 것으로 판단되며, 후타재 열화는 공용기간 증가 및 반복적인 차량 통행에 의한 손상으로 추정된다. 점검이력 대비 뚜렷한 상태변화는 없는 상태로써 단기적인 보수조치 보다는 주기적인 점검을 통해 상태변화를 확인한 후 유지관리방안을 수립함이 바람직한 것으로 판단되나, P18에서 관측된 후타재 파손 및 열화 부위는 손상확대 방지를 위해 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

〈표 1.3.3〉 신축이음 주요결함 및 손상 현황

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
본체	본체 부식	15	2.62	m ²	S1,S4,S7,S10, S13,S16,S19, S21	주의관찰	
	토사퇴적	8	88.00	m ²	S1,S4,S7,S10, S13,S16,S19, S21	청소	
후타재	균열((cw=0.1~0.2mm)	120	46.60	m	S1,S4,S7,S10, S13,S16,S19, S21	주의관찰	
	열화	3	2.32	m ²	S19	단면보수	
	파손	1	0.24	m ²	S19	단면보수	



⇒ 전반적으로 발생 범위가 유사한 상태
 ⇒ 공용기간 증가로 인한 본체부식, 후타재 파손 추가 발생

〈그림 13.3〉 신축이음장치 손상현황 비교

라. 신축유간 측정 및 신축여유량 검토

A1, P3, P6, P9, P12, P15, P18, A2 구간의 신축유간을 측정하고 온도변화를 고려한 상부구조의 신축량을 산정하여 대상 교량의 신축 여유량을 검토하였다.(도로설계요령 P316 참조, 한국도로공사)

1) 가동 여유량 검토

- ① 검토위치 : A1, P3, P6, P9, P12, P15, P18, A2
- ② 신축유간 측정 대기온도 : -2.4℃(2021. 02. 19)
- ③ 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방)
 - 최대 수축시 : (-2.4℃ - (-15℃)) = 12.6℃
 - 최대 팽창시 : (35℃ - (-2.4℃)) = 37.4℃
- ④ 선팽창계수 : 1.0×10^{-5} (콘크리트교)
- ⑤ 기본신축량 : 온도신축 $\Delta l = \text{온도변화}(\Delta T) \times \text{선팽창계수}(a) \times \text{신축들보 길이}(L)$
- ⑥ 기본신축량 산정

$$L=60.0\text{m 기준, 수축 } \Delta l = 12.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times (60.0 \times 1000) = 7.6\text{mm}$$

$$\text{신장 } \Delta l = 37.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times (60.0 \times 1000) = 22.4\text{mm}$$

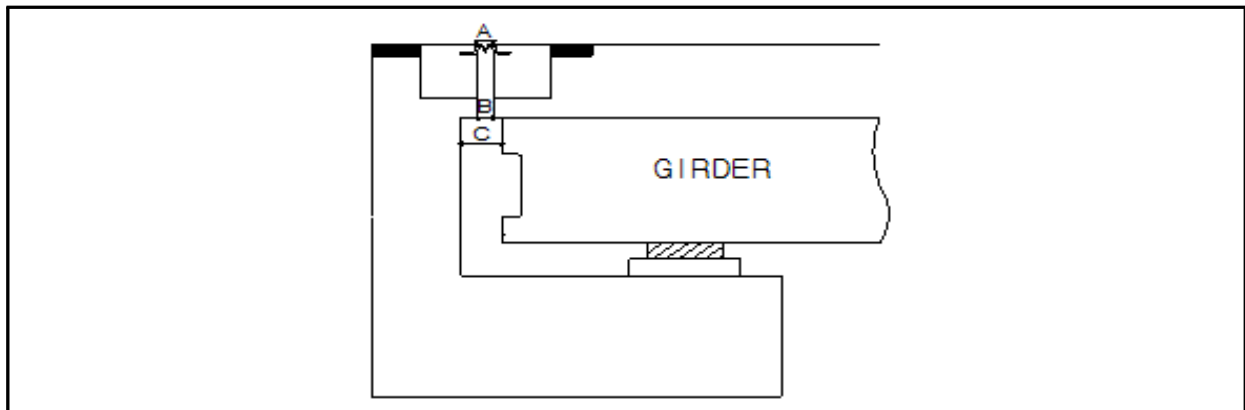
$$L=90.0\text{m 기준, 수축 } \Delta l = 12.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times (90.0 \times 1000) = 11.3\text{mm}$$

$$\text{신장 } \Delta l = 37.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times (90.0 \times 1000) = 33.7\text{mm}$$

〈표 1.3.4〉 기본신축량 산정

구분	신축장(m)	측정대기 온도(℃)	적용 온도(℃)		계산 신축량(mm)		비 고
			수축	신장	수축	신장	
A1	60.0	-2.4	12.6	37.4	7.6	22.4	
P3	90.0				11.3	33.7	
P6	90.0				11.3	33.7	
P9	90.0				11.3	33.7	
P12	90.0				11.3	33.7	
P15	90.0				11.3	33.7	
P18	90.0				11.3	33.7	
A2	60.0				7.6	22.4	

2) 신축유간 측정 개요도



〈그림 1.3.4〉 신축유간 측정 개요도

〈표 1.3.5〉 신축량 검토결과

위 치	신축유간 검토(mm)						검 토
	측정 유간			소요 신축량		설계 유간 (mm)	
	A(본체)	B(슬래브하면)	C(거더)	최대 수축시	최대 신장시		
A1	60	90	160	7.6	22.4	85	만족
P3	89	150	220	11.3	33.7	85	만족
P6	88	130	240	11.3	33.7	85	만족
P9	87	140	245	11.3	33.7	85	만족
P12	87	110	240	11.3	33.7	85	만족
P15	80	120	210	11.3	33.7	85	만족
P18	75	110	245	11.3	33.7	100	만족
A2	60	90	80	7.6	22.4	85	만족



신축이음 신축유간 측정



슬래브하면 신축유간 측정

〈사진 1.3.7〉 신축이음 유간측정

3) 검토결과

각 구간의 측정 신축유간 대비 신축여유량을 <표 1.3.5(c)>와 같이 검토한 결과 상부구조의 온도상승시 신축여유량을 만족하는 것으로 분석되었으며, 교대 홍벽 구간에서 신축유간 부족에 따른 파손, 균열, 변형 등의 손상은 관측되지 않은 점 등을 감안할 때 대상 교량의 신축유간은 적절한 것으로 판단된다.

1.3.6 배수시설

가. 시공현황 및 이력사항

배수시설은 우수 유입에 따른 교면포장 및 상부구조의 열화방지, 물고임에 따른 차량 사고방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설이다.

교량의 횡단구배에 따라 배수시설은 경간 당 2~3개소가 설치되어 있다.

나. 외관조사 결과

배수시설에서 발생된 주요 손상은 배수관 고정부 파손(1개소), 배수관 볼트 망실(1개소), 배수관 탈락(1개소), 배수관 지지대 탈락(1개소), 배수구 막힘(84개소)이 조사되었다.



S6 교량상부 배수구 막힘



S7 배수관 고정부 파손



S8 배수관 탈락



S11 배수관 볼트 망실

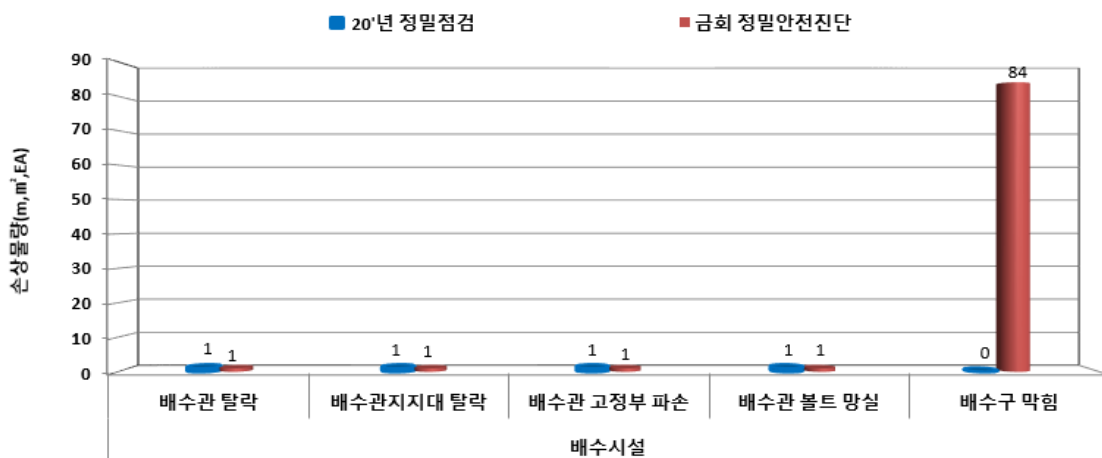
〈사진 13.8〉 배수시설 주요결함 및 손상현황

다. 발생원인 및 대책

배수구 막힘은 공용기간 증가로 인해 발생한 것으로 교면수의 원활한 배수기능 확보를 위한 청소 등의 일상적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 하부 배수관의 경우 배수관 및 지지대 탈락, 고정핀 탈락 등은 외부충격 및 시공미흡으로 인해 발생한 손상으로 판단되며 즉각적인 보수는 필요치 않으나 향후 재설치 등의 유지보수가 필요한 것으로 판단된다.

〈표 13.6〉 배수시설 주요결함 및 손상 현황

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
배수시설	배수관 고정부 파손	1	1.00	EA	S7	재설치	
	배수관 볼트 망실	1	1.00	EA	S11	볼트재설치	
	배수관 탈락	1	1.00	EA	S8	배수관 재설치	
	배수관 지지대 탈락	1	1.00	EA	S2	재설치	
	배수구 막힘	84	84.00	EA	S1~S21	청소	



- ⇒ 전반적으로 발생 범위가 유사한 상태
- ⇒ 공용기간 증가로 인한 배수구 막힘 추가발생

〈그림 13.5〉 배수시설 손상현황 비교

1.3.7 바닥판하면

가. 시공현황 및 이력사항

본 교량의 상부형식은 PSCI Girder(5열) 형식의 21경간으로 이루어져 있으며, 3경간 연속구조로 총연장은 630.0m(21@30.0)로 시공되어 있다. 바닥판 하면은 일부구간에 표면처리보수가 이루어진 상태로 현장조사 결과 확인되었다.

발주처에서 제공받은 보수·보강 이력자료 및 기 정밀점검보고서(2020년)와 비교시 공용기간 동안 <표 1.2.15>에 보는 바와 같이 일부 구간에 표면처리 및 주입보수, 단면보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

나. 외관조사 결과

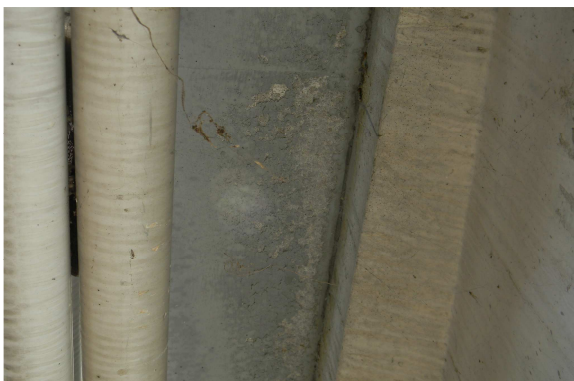
접근장비를 이용하여 바닥판하면에 대한 근접 외관조사 결과 바닥판에서 조사된 주요 손상은 균열(cw=0.2mm이하)(6.60m/9개소), 균열부백태(cw=0.2mm이하)(1.20m/2개소), 박리(0.14㎡/3개소), 백태(12.58㎡/31개소), 보수부 박리(11.55㎡/5개소), 상수관 보온관 파손(2.50m/1개소), 외부인 불법철치(4개소), 잡철물 노출(0.10㎡/4개소), 철근노출(0.20㎡/6개소)이 조사되었다.



S2 바닥판하면 백태



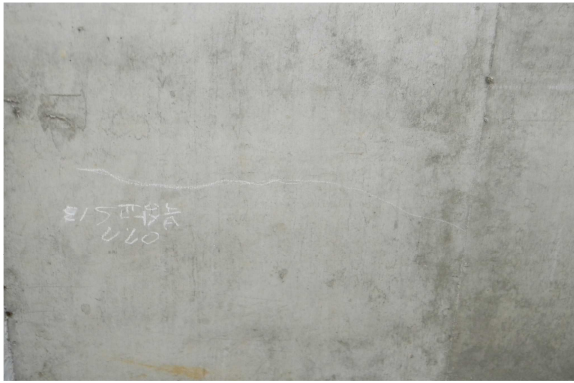
S3 바닥판하면 백태



S6 바닥판하면 보수부 박리



S6 바닥판하면 철근노출



S13 바닥판하면 균열(0.2mm이하)



S16 바닥판하면 박리



S16 바닥판하면 백태



S18 바닥판하면 외부인 불법설치

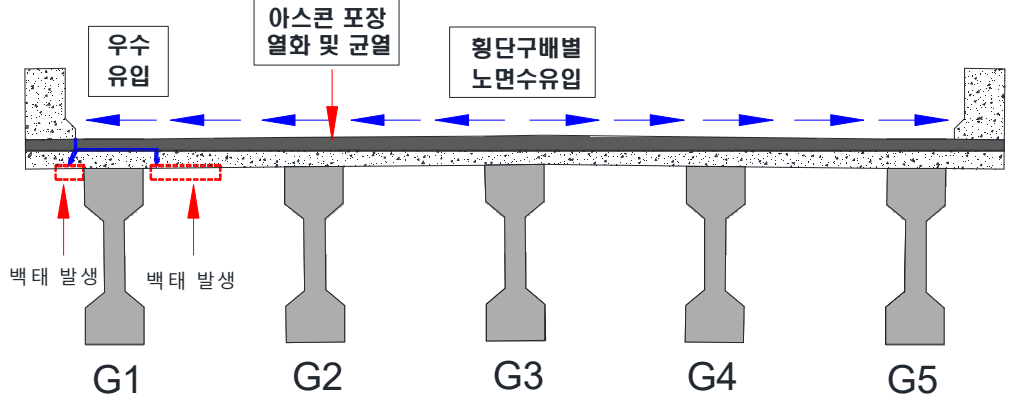
〈사진 13.9〉 바닥판 하면 주요결함 및 손상현황

다. 발생원인 및 대책

바닥판하면에서 발생한 균열은 건조축축, 양생조건 등의 내적요인에 의하여 시공초기 발생한 것으로 판단되며, 미세균열(폭 0.2mm이하)에 대해서는 손상정도가 경미하여 보수는 불필요한 것으로 판단되며, 손상 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

바닥판 하면에 조사된 백태는 상부 포장부 열화부 및 바닥판과 연석 이음부로 지속적인 우수유입으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 바닥판 하면에 추가적인 손상발생을 방지하기 위해 상부 재포장을 통해 우수유입을 차단한 후에 바닥판하면에 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 박리, 철근노출, 열화 등의 단면결함은 전반적으로 신축이음부 단부에서 조사되었으며, 발생 원인으로는 신축이음부로의 우수유입 및 피복부족으로 인해 발생한 것으로 추정되며, 철근노출의 손상은 내구성확보를 위한 보수는 필요한 것으로 판단된다. 그외 손상은 손상물량 및 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 향후 손상의 진전을 확인한 후에 보수가 시행되어야 할 것으로 판단된다.

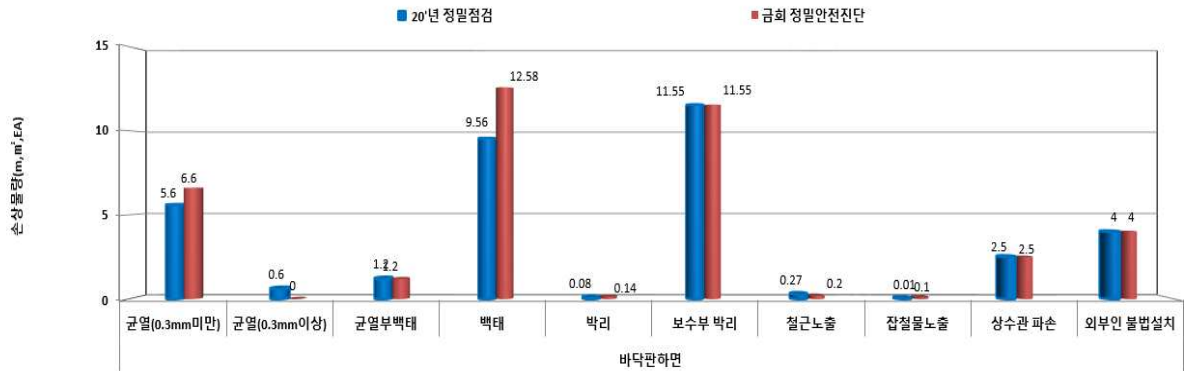
상수관 파손은 공용기간 증가로 인해 발생한 것으로 즉각적인 보수는 필요치 않으나, 향후 관로 보호를 위해 보수가 필요한 것으로 판단된다.

구분	연석측 캔틸레버	바닥판하면
손상 사진		
주요 원인 및 진행 형태		

〈그림 1.3.6〉 바닥판 및 캔틸레버 백태 현황

〈표 1.3.7〉 바닥판하면 주요결함 및 손상 현황

부 재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
바닥판하면	균열(cw=0.2mm이하)	9	6.60	m	S2,S6,S12,S13,S18,S19	주의관찰	
	균열부백태(cw=0.2mm이하)	2	1.20	m	S8,S17	주의관찰	
	박리	3	0.14	m ²	S7,S9,S18	단면보수	
	백태	31	12.58	m ²	S1~S6,S10~S12,S16~S19	표면처리	
	보수부 박리	5	11.55	m ²	S2,S3,S6	표면처리	
	상수관 보온관 파손	1	2.50	m	S7	보온관 재설치	
	외부인 불법설치	4	4.00	EA	S18	철거	
	잡철물 노출	4	0.10	m ²	S6,S12,S16	단면보수	
	철근노출	6	0.20	m ²	S6,S16,S18,S19	단면보수(방청)	



⇒ 바닥판하면 균열 및 백태 추가 발생

〈그림 13.7〉 바닥판하면 손상현황 비교

1.3.8 거더 및 가로보

가. 시공현황 및 이력사항

본 교량의 상부형식은 PSCI Girder(5열) 형식의 21경간으로 이루어져 있으며, PSCI Girder교로 거더의 높이(h=2.0m)는 전 구간 위치별로 동일한 것으로 확인되었다.

발주처에서 제공받은 보수·보강 이력자료 및 기 정밀점검보고서(2020년)와 비교시 공용 기간 동안 <표 1.2.15>에 보는 바와 같이 일부 구간에 표면처리, 단면보수가 이루어진 것으로 확인되었다.

나. 외관조사 결과

거더에 발생한 주요 손상은 균열(cw=0.2mm이하)(60.70m/49개소), 균열부백태(cw=0.2mm이하)(0.10m/1개소), 망상균열(13.60m²/6개소), 박리(0.09m²/2개소), 보수부 망상균열(0.71m²/5개소), 재료분리(0.99m²/11개소), 콘크리트 열화(0.06m²/1개소), 파손(0.39m²/18개소)이 조사되었다.

가로보에 발생한 주요 손상은 균열(cw=0.2mm이하)(40.50m/123개소), 균열(cw=0.3mm이상)(4.50m/14개소), 박락(0.04m²/1개소), 박리(0.04m²/2개소), 백태(0.05m²/1개소), 재료분리(3.77m²/30개소), 파손(0.01m²/1개소)이 조사되었다.



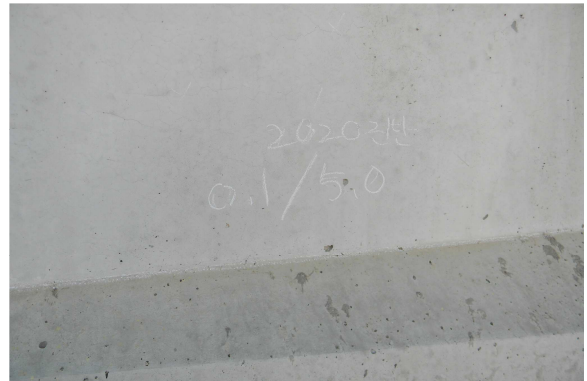
S1 G1 좌측면 파손



S2 G4 하면 재료분리



S5 G2 우측면 보수부 망상균열



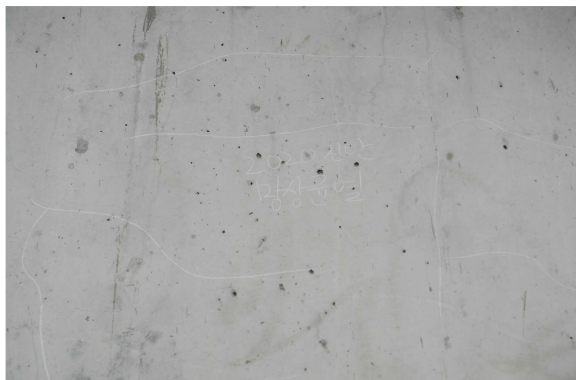
S5 G5 우측면 균열



S8 G5 우측면 파손



S10 G1 좌측면 균열



S13 G1 좌측면 망상균열



S17 G5 좌측면 재료분리

〈사진 1.3.10〉 거더 및 가로보 주요결함 및 손상현황



S1 G3~G4 가로보 하면 재료분리



S4 G3~G4 가로보 하면 균열



S8 G1~G2 가로보 배면 박리



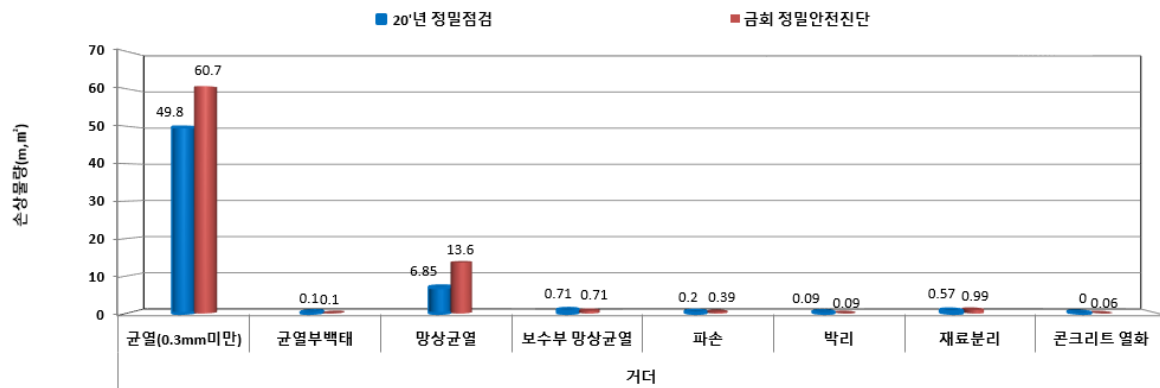
S11 G3~G4 가로보 배면 재료분리

〈사진 1.3.10〉 거더 및 가로보 주요결함 및 손상현황(계속)

〈표 1.3.8〉 거더 및 가로보 손상 현황

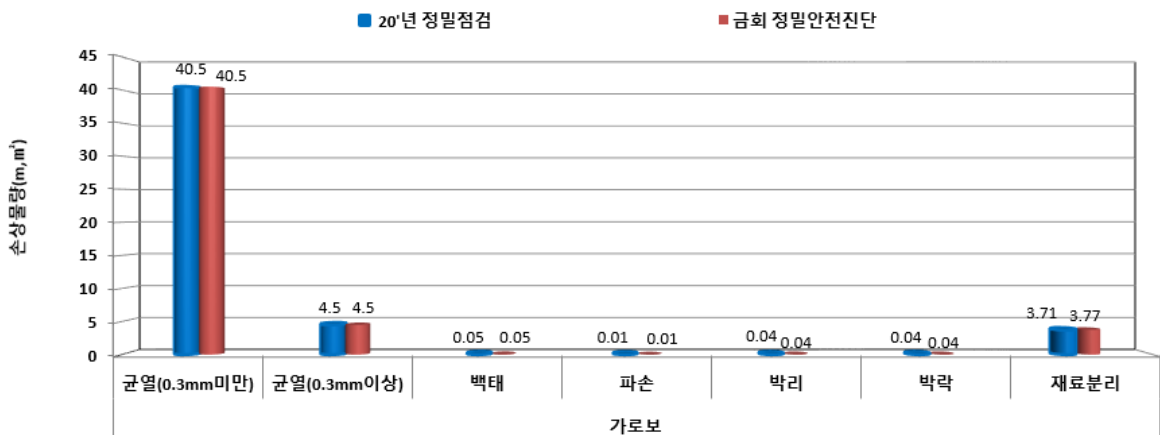
부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
거더	균열(cw=0.2mm이하)	49	60.70	m	S2~S7,S9~S12,S14,S16~S19	주의관찰	
	균열부백태(cw=0.2mm이하)	1	0.10	m	S17	주의관찰	
	망상균열	6	13.60	m ²	S9,S13,S14,S16,S17,S19	주의관찰	
	박리	2	0.09	m ²	S4,S19	단면보수	
	보수부 망상균열	5	0.71	m ²	S3~S5	주의관찰	
	재료분리	11	0.99	m ²	S2,S8,S15,S17,S20	단면보수	
	콘크리트 열화	1	0.06	m ²	S18	단면보수	
	파손	18	0.39	m ²	S1~S3,S5,S7~S9,S11,S14,S16,S19	단면보수	

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
가로보	균열(cw=0.2mm이하)	123	40.50	m	S2~S12,S14, S15~S21	주의관찰	
	균열(cw=0.3mm이상)	14	4.50	m	S4,S17,S18	주입보수	
	박락	1	0.04	m ²	S16	단면보수	
	박리	2	0.04	m ²	S8,S20	단면보수	
	백태	1	0.05	m ²	S19	표면처리	
	재료분리	30	3.77	m ²	S1,S4,S6~S13, S15,S20	단면보수	
	파손	1	0.01	m ²	S4	단면보수	



⇒ 전반적으로 발생 범위가 유사한 상태
⇒ 균열 및 망상균열, 단면손상 등 추가발생

〈그림 13.8〉 거더 손상현황 비교



⇒ 전반적으로 발생범위가 유사한 상태

〈그림 13.9〉 가로보 손상현황 비교

다. 발생원인 및 대책

거더 및 가로보에서 관측된 균열은 건조수축 등의 재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 추정되며, 미세균열(폭 0.2mm이하)에 대해서는 손상정도가 경미하여 보수는 불필요한 것으로 판단되나 가로보에서 발생한 균열(폭 0.3mm이상)은 즉각적인 보수는 필요치 않으나 향후 손상의 진전을 확인한 후 내구성 확보를 위한 보수는 필요한 것으로 판단된다. 또한, 파손 및 박리는 주변부재 변형, 균열 등의 특이할 만한 손상 또는 변형이 없다는 점 등을 감안할 때 시공초기 거더 운반 및 거치시 충격으로 인한 것으로 판단되며, 즉각적인 보수는 필요치 않으나 향후 구조물의 내구성 확보차원에서 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

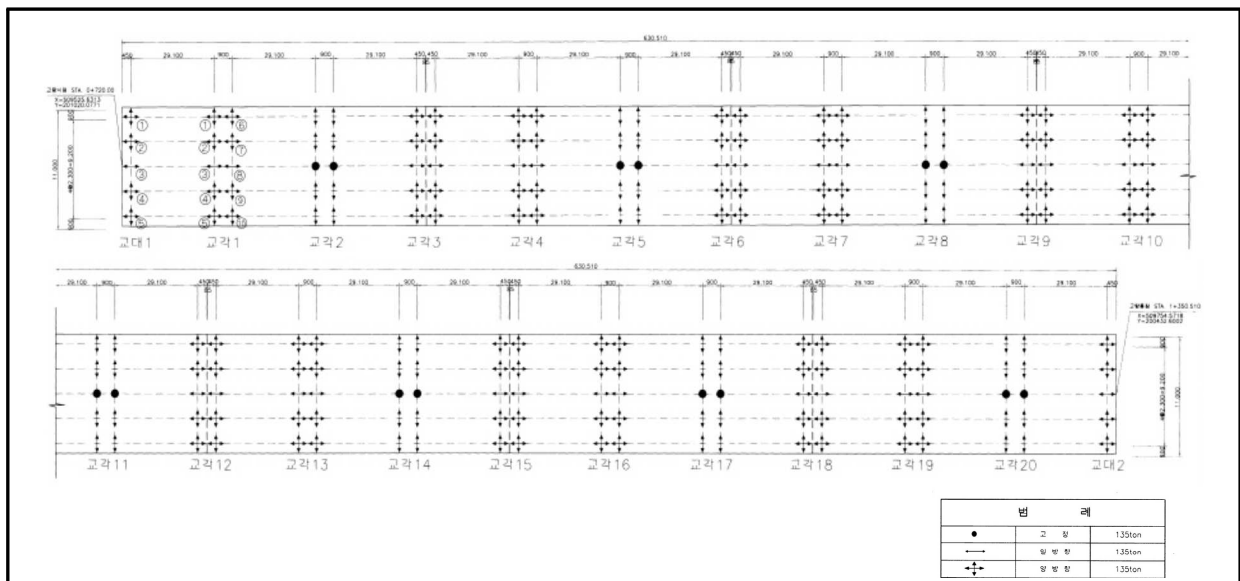
또한, 국부적인 재료분리는 콘크리트 타설시 다짐불량 등 시공결함 요인에 의해 발생된 초기결함으로써 교량의 환경영향 등을 종합적으로 감안할 때 장기 내구성확보를 위해서는 주의관찰 후 향후에 적절한 보수조치와 공용기간동안 주기적인 점검을 통해 체계적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

1.3.9 반침장치

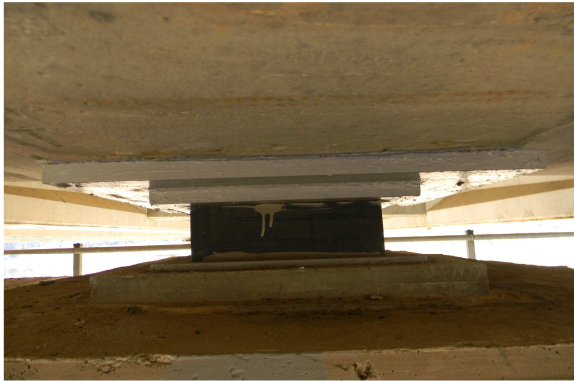
가. 시공현황 및 이력사항

대상교량의 반침장치는 탄성반침으로 총 210개소(교대(A1, A2): 각 5개소, 교각(P1~P20): 각 10개소)가 <그림 1.3.9(a)>와 같이 설치되어 있으며, P2, P5, P8, P11, P14, P17, P20에 고정단이 설치되어 있다.

발주처에서 제공받은 보수·보강 이력자료 및 기 정밀점검보고서(2020년)와 비교시 공용기간 동안 슬플레이트 재도장이 이루어진 것으로 확인되었다.



〈그림 1.3.10〉 준공당시 교량받침 배치도



양방향 탄성받침 전경(P4 Sh3)



양방향 탄성받침 전경(P12 Sh5)



일방향 탄성받침 전경(P19 Sh3)



고정단 탄성받침 전경(P2 Sh3)

〈사진 1.3.11〉 교량받침 설치전경

나. 외관조사 결과

교량받침에서 조사된 주요 손상은 Plate 부식(5개소), 받침몰탈 균열($cw=0.2\text{mm}$ 이하)(4.50m/45개소), 도장박리($0.27\text{m}^2/6$ 개소), 받침몰탈 박리($0.04\text{m}^2/2$ 개소), 받침부식(10개소), 받침콘크리트균열($cw=0.2\text{mm}$ 이하)(8.30m/25개소), 받침콘크리트균열($cw=0.3\text{mm}$ 이상)(0.80m/1개소), 받침콘크리트 박리($0.01\text{m}^2/1$ 개소), 받침콘크리트 보수부 망상균열($0.12\text{m}^2/1$ 개소), 받침콘크리트 철근노출($0.01\text{m}^2/1$ 개소), 받침콘크리트 파손($0.08\text{m}^2/1$ 개소)이 조사되었다.



P3 Sh5 받침장치 도장박리



P5 Sh5 받침콘크리트 균열

〈사진 1.3.12〉 받침장치 주요결함 및 손상현황



P8 Sh1 받침콘크리트 보수부 망상균열



P9 Sh6 받침장치 Plate 부식



P11 Sh10 받침물탈 균열

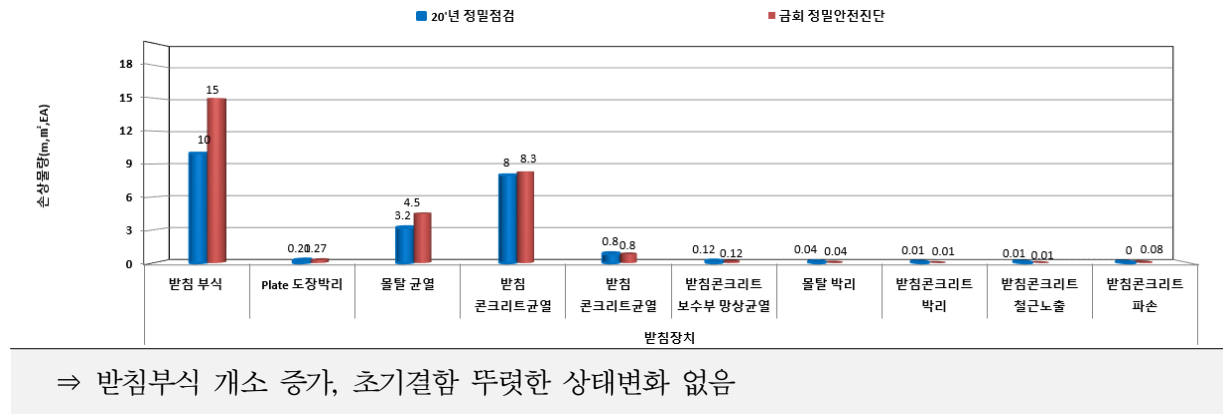


P14 Sh4 받침물탈 박리

〈사진 1.3.12〉 받침장치 주요결함 및 손상현황(계속)

〈표 1.3.9〉 받침장치 주요결함 및 손상 현황

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
받침장치	Plate 부식	5	5.00	EA	P9,P12,P15	재도장	
	받침물탈 균열(cw=0.2mm이하)	45	4.50	m	P5,P8,P10, P11,P13,P16, P18,P19	주의관찰	
	도장박리	6	0.27	m ²	P3,P4,P15	주의관찰	
	받침물탈 박리	2	0.04	m ²	P14,P15	주의관찰	
	받침 부식	10	10.00	EA	P18	재도장	
	받침콘크리트균열 (cw=0.2mm이하)	25	8.30	m	P4~P7,P11, P17~P20	주의관찰	
	받침콘크리트균열 (cw=0.3mm이상)	1	0.80	m	P9	주입보수	
	받침콘크리트 박리	1	0.01	m ²	P4	단면보수	
	받침콘크리트 보수부 망상균열	1	0.12	m ²	P8	주의관찰	
	받침콘크리트 철근노출	1	0.01	m ²	P18	단면보수(방청)	
	받침콘크리트 파손	1	0.08	m ²	P16	단면보수	



〈그림 13.11〉 받침장치 손상현황 비교

다. 발생원인 및 대책

교량받침은 전반적으로 양호하나 교대 일부 받침장치에 공용연수 증가와 우수유입으로 인해받침부식 및 도장박리가 발생되었으며, 받침부식은 즉각적인 보수는 필요치 않으나 손상진전시 손상확대 방지를 위한 재도장 조치가 필요할 것으로 판단된다.

받침콘크리트 및 물탈 균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화 등의 원인에 의해 발생된 것으로 추정되며, 미세균열(폭 0.2mm이하)에 대해서는 손상정도가 경미하여 보수는 불필요한 것으로 판단된다. 또한, 박리, 철근노출은 시공미흡으로 인한 손상으로 손상물량 및 손상정도가 경미하여 즉각적인 보수보다는 주의관찰후 향후 손상진전시 보수가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 받침콘크리트 및 물탈부의 보수부 손상은 보수미흡에 의한 손상으로 보수보다는 손상 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

라. 가동여유량 검토

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 주거더의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토하였다.

1) 검토조건

- ① 검토위치:가동단(A1, P1, P3, P4, P6, P7, P9, P10, P12, P13, P15, P16, P18, P19, A2)
- ② 가동여유량 측정 대기온도 : 1.2℃(2021. 02. 25), 18.6℃(2021. 05. 24)
- ③ 검토온도 : -15℃ ~ 35℃(한랭지방)
 - 최대 수축시 : (1.2℃ - (-15.0℃)) = 16.2℃, (18.6℃ - (-15.0℃)) = 33.6℃
 - 최대 팽창시 : (35.0℃ - 1.2℃) = 33.8℃, (35.0℃ - 18.6℃) = 16.4℃
- ④ 선팽창계수 : 1.0×10^{-5} (콘크리트교)
- ⑤ 가동여유량 : 온도신축 $\Delta l = \text{온도변화}(\Delta T) \times \text{선팽창계수}(a) \times \text{신축들보 길이}(L)$

⑥ 가동여유량 산정

〈표 1.3.10〉 기본신축량 산정

구 분	신축장(m)	계산 신축량 산정(mm)	비 고
수축 (동절기)	30.0	$\Delta l = 16.2 \times 0.000010 \times (30.0 \times 1000) = 4.9$	
	60.0	$\Delta l = 16.2 \times 0.000010 \times (60.0 \times 1000) = 9.7$	
수축 (하절기)	30.0	$\Delta l = 33.6 \times 0.000010 \times (30.0 \times 1000) = 10.1$	
	60.0	$\Delta l = 33.6 \times 0.000010 \times (60.0 \times 1000) = 20.2$	
신장 (동절기)	30.0	$\Delta l = 33.8 \times 0.000010 \times (30.0 \times 1000) = 10.1$	
	60.0	$\Delta l = 33.8 \times 0.000010 \times (60.0 \times 1000) = 20.3$	
신장 (하절기)	30.0	$\Delta l = 16.4 \times 0.000010 \times (30.0 \times 1000) = 4.9$	
	60.0	$\Delta l = 16.4 \times 0.000010 \times (60.0 \times 1000) = 9.8$	

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
A1	Sh1	↕	10 A2측	9.7	20.3	49	69	±59	만족	
	Sh2	↕	10 A2측	9.7	20.3	49	69	±59	만족	
	Sh3	↑	7 A2측	9.7	20.3	52	66	±59	만족	
	Sh4	↕	8 A2측	9.7	20.3	51	67	±59	만족	
	Sh5	↕	7 A2측	9.7	20.3	52	66	±59	만족	
P1	Sh1	↕	2 A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh2	↕	1 A2측	4.9	10.1	58	60	±59	만족	
	Sh3	↑	2 A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh4	↕	2 A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh5	↕	2 A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
P1	Sh6	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh7	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh8	↑	10 A2측	4.9	10.1	49	69	±59	만족	
	Sh9	↕	10 A2측	4.9	10.1	49	69	±59	만족	
	Sh10	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
P2	고 정 단									

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P3	Sh1	↕	10 A1측	4.9	10.1	69	49	±59	만족	
	Sh2	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh3	↑	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh4	↕	10 A1측	4.9	10.1	69	49	±59	만족	
	Sh5	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh6	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh7	↕	15 A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
	Sh8	↑	15 A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
	Sh9	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh10	↕	15 A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
P4	Sh1	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh2	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh3	↑	2 A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh4	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh5	↕	2 A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh6	↕	14 A2측	4.9	10.1	45	73	±59	만족	
	Sh7	↕	15 A2측	4.9	10.1	44	74	±59	만족	
	Sh8	↑	14 A2측	4.9	10.1	45	73	±59	만족	
	Sh9	↕	15 A2측	4.9	10.1	44	74	±59	만족	
	Sh10	↕	13 A2측	4.9	10.1	46	72	±59	만족	
P5	고 정 단									
P6	Sh1	↕	18 A1측	4.9	10.1	77	41	±59	만족	
	Sh2	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh3	↑	18 A1측	4.9	10.1	77	41	±59	만족	
	Sh4	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh5	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh6	↕	25 A2측	9.7	20.3	34	84	±59	만족	
	Sh7	↕	23 A2측	9.7	20.3	36	82	±59	만족	
	Sh8	↑	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh9	↕	25 A2측	9.7	20.3	34	84	±59	만족	
	Sh10	↕	23 A2측	9.7	20.3	36	82	±59	만족	

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P7	Sh1	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh2	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh3	↑	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh4	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh5	↕	0 -	4.9	10.1	59	59	±59	만족	
	Sh6	↕	3 A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh7	↕	3 A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh8	↑	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh9	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh10	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
P8	고 정 단									
P9	Sh1	↕	20 A1측	4.9	10.1	79	39	±59	만족	
	Sh2	↕	25 A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh3	↑	25 A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh4	↕	23 A1측	4.9	10.1	82	36	±59	만족	
	Sh5	↕	23 A1측	4.9	10.1	82	36	±59	만족	
	Sh6	↕	25 A2측	9.7	20.3	34	84	±59	만족	
	Sh7	↕	25 A2측	9.7	20.3	34	84	±59	만족	
	Sh8	↑	28 A2측	9.7	20.3	31	87	±59	만족	
	Sh9	↕	26 A2측	9.7	20.3	33	85	±59	만족	
	Sh10	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
P10	Sh1	↕	10 A1측	4.9	10.1	69	49	±59	만족	
	Sh2	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh3	↑	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh4	↕	10 A1측	4.9	10.1	69	49	±59	만족	
	Sh5	↕	10 A1측	4.9	10.1	69	49	±59	만족	
	Sh6	↕	15 A2측	4.9	10.1	44	74	±59	만족	
	Sh7	↕	15 A2측	4.9	10.1	44	74	±59	만족	
	Sh8	↑	10 A2측	4.9	10.1	49	69	±59	만족	
	Sh9	↕	13 A2측	4.9	10.1	46	72	±59	만족	
	Sh10	↕	10 A2측	4.9	10.1	49	69	±59	만족	
P11	고 정 단									

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P12	Sh1	↕	25 A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh2	↕	22 A1측	4.9	10.1	81	37	±59	만족	
	Sh3	↕	20 A1측	4.9	10.1	79	39	±59	만족	
	Sh4	↕	25 A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh5	↕	22 A1측	4.9	10.1	81	37	±59	만족	
	Sh6	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh7	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh8	↕	25 A2측	9.7	20.3	34	84	±59	만족	
	Sh9	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh10	↕	23 A2측	9.7	20.3	36	82	±59	만족	
P13	Sh1	↕	2 A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh2	↕	3 A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh3	↕	2 A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh4	↕	3 A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh5	↕	2 A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh6	↕	3 A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh7	↕	3 A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh8	↕	4 A2측	4.9	10.1	55	63	±59	만족	
	Sh9	↕	4 A2측	4.9	10.1	55	63	±59	만족	
	Sh10	↕	4 A2측	4.9	10.1	55	63	±59	만족	
P14	고 정 단									
P15	Sh1	↕	20 A1측	4.9	10.1	79	39	±59	만족	
	Sh2	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh3	↕	15 A1측	4.9	10.1	74	44	±59	만족	
	Sh4	↕	18 A1측	4.9	10.1	77	41	±59	만족	
	Sh5	↕	20 A1측	4.9	10.1	79	39	±59	만족	
	Sh6	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh7	↕	23 A2측	9.7	20.3	36	82	±59	만족	
	Sh8	↕	23 A2측	9.7	20.3	36	82	±59	만족	
	Sh9	↕	21 A2측	9.7	20.3	38	80	±59	만족	
	Sh10	↕	20 A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)		계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
					수축	신장	수축	신장			
P16	Sh1	↕	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh2	↕	2	A1측	4.9	10.1	61	57	±59	만족	
	Sh3	↑	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh4	↕	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh5	↕	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh6	↕	3	A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh7	↕	3	A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh8	↑	2	A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh9	↕	3	A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
	Sh10	↕	3	A2측	4.9	10.1	56	62	±59	만족	
P17	고 정 단										
P18	Sh1	↕	30	A1측	4.9	10.1	89	29	±59	만족	
	Sh2	↕	25	A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh3	↑	25	A1측	4.9	10.1	84	34	±59	만족	
	Sh4	↕	30	A1측	4.9	10.1	89	29	±59	만족	
	Sh5	↕	26	A1측	4.9	10.1	85	33	±59	만족	
	Sh6	↕	15	A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
	Sh7	↕	20	A2측	9.7	20.3	39	79	±59	만족	
	Sh8	↑	18	A2측	9.7	20.3	41	77	±59	만족	
	Sh9	↕	15	A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
	Sh10	↕	15	A2측	9.7	20.3	44	74	±59	만족	
P19	Sh1	↕	5	A1측	4.9	10.1	64	54	±59	만족	
	Sh2	↕	5	A1측	4.9	10.1	64	54	±59	만족	
	Sh3	↑	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh4	↕	5	A1측	4.9	10.1	64	54	±59	만족	
	Sh5	↕	3	A1측	4.9	10.1	62	56	±59	만족	
	Sh6	↕	1	A2측	4.9	10.1	58	60	±59	만족	
	Sh7	↕	1	A2측	4.9	10.1	58	60	±59	만족	
	Sh8	↑	2	A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh9	↕	2	A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
	Sh10	↕	2	A2측	4.9	10.1	57	61	±59	만족	
P20	고 정 단										

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(동절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
A2	Sh6	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh7	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	
	Sh8	↑	7 A2측	4.9	10.1	52	66	±59	만족	
	Sh9	↕	4 A2측	4.9	10.1	55	63	±59	만족	
	Sh10	↕	5 A2측	4.9	10.1	54	64	±59	만족	

〈표 1.3.12〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
A1	Sh1	↕	0 -	20.2	9.8	59	59	±59	만족	
	Sh2	↕	0 -	20.2	9.8	59	59	±59	만족	
	Sh3	↑	2 A2측	20.2	9.8	59	59	±59	만족	
	Sh4	↕	2 A2측	20.2	9.8	59	59	±59	만족	
	Sh5	↕	0 -	20.2	9.8	59	59	±59	만족	
P1	Sh1	↕	3 A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
	Sh2	↕	3 A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
	Sh3	↑	3 A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
	Sh4	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh5	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
P1	Sh6	↕	1 A2측	10.1	4.9	58	60	±59	만족	
	Sh7	↕	1 A2측	10.1	4.9	58	60	±59	만족	
	Sh8	↑	2 A2측	10.1	4.9	57	61	±59	만족	
	Sh9	↕	2 A2측	10.1	4.9	57	61	±59	만족	
	Sh10	↕	2 A2측	10.1	4.9	57	61	±59	만족	
P2	고 정 단									

〈표 1.3.12〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P3	Sh1	↕	15 A1측	10.1	4.9	74	44	±59	만족	
	Sh2	↕	19 A1측	10.1	4.9	78	40	±59	만족	
	Sh3	↑	19 A1측	10.1	4.9	78	40	±59	만족	
	Sh4	↕	15 A1측	10.1	4.9	74	44	±59	만족	
	Sh5	↕	18 A1측	10.1	4.9	77	41	±59	만족	
	Sh6	↕	14 A2측	20.2	9.8	45	73	±59	만족	
	Sh7	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh8	↑	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh9	↕	15 A2측	20.2	9.8	44	74	±59	만족	
	Sh10	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
P4	Sh1	↕	5 A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh2	↕	5 A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh3	↑	6 A1측	10.1	4.9	65	53	±59	만족	
	Sh4	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh5	↕	6 A1측	10.1	4.9	65	53	±59	만족	
	Sh6	↕	10 A2측	10.1	4.9	49	69	±59	만족	
	Sh7	↕	10 A2측	10.1	4.9	49	69	±59	만족	
	Sh8	↑	10 A2측	10.1	4.9	49	69	±59	만족	
	Sh9	↕	8 A2측	10.1	4.9	51	67	±59	만족	
	Sh10	↕	8 A2측	10.1	4.9	51	67	±59	만족	
P5	고 정 단									
P6	Sh1	↕	23 A1측	10.1	4.9	82	36	±59	만족	
	Sh2	↕	20 A1측	10.1	4.9	79	39	±59	만족	
	Sh3	↑	24 A1측	10.1	4.9	83	35	±59	만족	
	Sh4	↕	20 A1측	10.1	4.9	79	39	±59	만족	
	Sh5	↕	20 A1측	10.1	4.9	79	39	±59	만족	
	Sh6	↕	15 A2측	20.2	9.8	44	74	±59	만족	
	Sh7	↕	15 A2측	20.2	9.8	44	74	±59	만족	
	Sh8	↑	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh9	↕	14 A2측	20.2	9.8	45	73	±59	만족	
	Sh10	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	

〈표 1.3.11〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P7	Sh1	↕	6 A1측	10.1	4.9	65	53	±59	만족	
	Sh2	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh3	↑	6 A1측	10.1	4.9	65	53	±59	만족	
	Sh4	↕	6 A1측	10.1	4.9	65	53	±59	만족	
	Sh5	↕	5 A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh6	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh7	↕	5 A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh8	↑	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh9	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
	Sh10	↕	4 A1측	10.1	4.9	63	55	±59	만족	
P8	고 정 단									
P9	Sh1	↕	24 A1측	10.1	4.9	83	35	±59	만족	
	Sh2	↕	28 A1측	10.1	4.9	87	31	±59	만족	
	Sh3	↑	28 A1측	10.1	4.9	87	31	±59	만족	
	Sh4	↕	28 A1측	10.1	4.9	87	31	±59	만족	
	Sh5	↕	29 A1측	10.1	4.9	88	30	±59	만족	
	Sh6	↕	16 A2측	20.2	9.8	43	75	±59	만족	
	Sh7	↕	16 A2측	20.2	9.8	43	75	±59	만족	
	Sh8	↑	18 A2측	20.2	9.8	41	77	±59	만족	
	Sh9	↕	15 A2측	20.2	9.8	44	74	±59	만족	
	Sh10	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
P10	Sh1	↕	14 A1측	10.1	4.9	73	45	±59	만족	
	Sh2	↕	20 A1측	10.1	4.9	79	39	±59	만족	
	Sh3	↑	20 A1측	10.1	4.9	79	39	±59	만족	
	Sh4	↕	16 A1측	10.1	4.9	75	43	±59	만족	
	Sh5	↕	16 A1측	10.1	4.9	75	43	±59	만족	
	Sh6	↕	10 A2측	10.1	4.9	49	69	±59	만족	
	Sh7	↕	10 A2측	10.1	4.9	49	69	±59	만족	
	Sh8	↑	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
	Sh9	↕	8 A2측	10.1	4.9	51	67	±59	만족	
	Sh10	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
P11	고 정 단									

〈표 1.3.12〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
P12	Sh1	↕	30 A1측	10.1	4.9	89	29	±59	만족	
	Sh2	↕	27 A1측	10.1	4.9	86	32	±59	만족	
	Sh3	↕	26 A1측	10.1	4.9	85	33	±59	만족	
	Sh4	↕	29 A1측	10.1	4.9	88	30	±59	만족	
	Sh5	↕	27 A1측	10.1	4.9	86	32	±59	만족	
	Sh6	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh7	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh8	↕	12 A2측	20.2	9.8	47	71	±59	만족	
	Sh9	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh10	↕	10 A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
P13	Sh1	↕	7 A1측	10.1	4.9	66	52	±59	만족	
	Sh2	↕	8 A1측	10.1	4.9	67	51	±59	만족	
	Sh3	↕	7 A1측	10.1	4.9	66	52	±59	만족	
	Sh4	↕	7 A1측	10.1	4.9	66	52	±59	만족	
	Sh5	↕	7 A1측	10.1	4.9	66	52	±59	만족	
	Sh6	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
	Sh7	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
	Sh8	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
	Sh9	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
	Sh10	↕	5 A2측	10.1	4.9	54	64	±59	만족	
P14	고 정 단									
P15	Sh1	↕	26 A1측	10.1	4.9	85	33	±59	만족	
	Sh2	↕	22 A1측	10.1	4.9	81	37	±59	만족	
	Sh3	↕	22 A1측	10.1	4.9	81	37	±59	만족	
	Sh4	↕	25 A1측	10.1	4.9	84	34	±59	만족	
	Sh5	↕	25 A1측	10.1	4.9	84	34	±59	만족	
	Sh6	↕	14 A2측	10.1	4.9	45	73	±59	만족	
	Sh7	↕	15 A2측	10.1	4.9	44	74	±59	만족	
	Sh8	↕	15 A2측	10.1	4.9	44	74	±59	만족	
	Sh9	↕	15 A2측	10.1	4.9	44	74	±59	만족	
	Sh10	↕	15 A2측	10.1	4.9	44	74	±59	만족	

〈표 1.3.12〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)		계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
					수축	신장	수축	신장			
P16	Sh1	↕	8	A1측	10.1	4.9	67	51	±59	만족	
	Sh2	↕	8	A1측	10.1	4.9	67	51	±59	만족	
	Sh3	↑	8	A1측	10.1	4.9	67	51	±59	만족	
	Sh4	↕	10	A1측	10.1	4.9	69	49	±59	만족	
	Sh5	↕	10	A1측	10.1	4.9	69	49	±59	만족	
	Sh6	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh7	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh8	↑	3	A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
	Sh9	↕	3	A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
	Sh10	↕	3	A1측	10.1	4.9	62	56	±59	만족	
P17	고 정 단										
P18	Sh1	↕	35	A1측	10.1	4.9	94	24	±59	만족	
	Sh2	↕	30	A1측	10.1	4.9	89	29	±59	만족	
	Sh3	↑	30	A1측	10.1	4.9	89	29	±59	만족	
	Sh4	↕	35	A1측	10.1	4.9	94	24	±59	만족	
	Sh5	↕	30	A1측	10.1	4.9	89	29	±59	만족	
	Sh6	↕	8	A2측	20.2	9.8	51	67	±59	만족	
	Sh7	↕	10	A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh8	↑	13	A2측	20.2	9.8	46	72	±59	만족	
	Sh9	↕	10	A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
	Sh10	↕	10	A2측	20.2	9.8	49	69	±59	만족	
P19	Sh1	↕	10	A1측	10.1	4.9	69	49	±59	만족	
	Sh2	↕	12	A1측	10.1	4.9	71	47	±59	만족	
	Sh3	↑	10	A1측	10.1	4.9	69	49	±59	만족	
	Sh4	↕	12	A1측	10.1	4.9	71	47	±59	만족	
	Sh5	↕	10	A1측	10.1	4.9	69	49	±59	만족	
	Sh6	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh7	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh8	↑	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh9	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
	Sh10	↕	5	A1측	10.1	4.9	64	54	±59	만족	
P20	고 정 단										

〈표 1.3.12〉 받침 신축 여유량 검토결과(하절기)(계속)

구 분			실측이동량 (mm)	계산 가동량(mm)		신축 여유량(mm)		허용 변위 (mm)	검 토	비 고
				수축	신장	수축	신장			
A2	Sh6	↔	0 -	10.1	4.9	59	59	±59	만족	
	Sh7	↔	0 -	10.1	4.9	59	59	±59	만족	
	Sh8	↑	2 A2측	10.1	4.9	57	61	±59	만족	
	Sh9	↔	2 A2측	10.1	4.9	57	61	±59	만족	
	Sh10	↔	0 -	10.1	4.9	59	59	±59	만족	

2) 검토결과

대상 구간의 신축 여유량을 〈표 1.3.11〉, 〈표 1.3.12〉와 같이 검토한 결과 전반적으로 상부구조의 신축에 따른 가동 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

마. 연단거리 측정

대상교량의 받침장치와 하부구조 연단 사이의 거리를 산정하고 각 지점에서 측정된 연단거리를 측정 비교·검토하였다.

1) 연단거리 산정기준

- 거더의 경간길이 100m이하 : $S = 200 + (5 \times L)$

2) 연단거리 산정

- $L = 30.0m$ 기준, $S = 200 + (5 \times 30.0) = 350mm$

〈표 1.3.13〉 받침연단거리 검토

위치		경간길이 (m)	최소(계산) 연단거리 S(mm)	실측 연단거리(mm)					판정
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1	A2측	30.0	350.0	620	610	615	610	590	OK
P1	A1측	30.0	350.0	610	620	600	590	590	OK
	A2측	30.0	350.0	570	575	580	580	580	OK
P2	A1측	30.0	350.0	620	630	570	625	630	OK
	A2측	30.0	350.0	700	700	610	690	690	OK
P3	A1측	30.0	350.0	550	550	545	520	530	OK
	A2측	30.0	350.0	520	525	530	530	550	OK

〈표 1.3.13〉 받침연단거리 검토(계속)

위치		경간길이 (m)	최소(계산) 연단거리 S(mm)	실측 연단거리(mm)					판정
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
P4	A1측	30.0	350.0	590	575	580	570	580	OK
	A2측	30.0	350.0	570	570	575	580	580	OK
P5	A1측	30.0	350.0	630	630	595	640	640	OK
	A2측	30.0	350.0	650	650	595	670	650	OK
P6	A1측	30.0	350.0	550	550	550	550	560	OK
	A2측	30.0	350.0	550	545	540	530	530	OK
P7	A1측	30.0	350.0	560	560	555	550	550	OK
	A2측	30.0	350.0	610	615	620	630	630	OK
P8	A1측	30.0	350.0	640	650	580	650	650	OK
	A2측	30.0	350.0	650	650	580	660	660	OK
P9	A1측	30.0	350.0	600	570	560	540	520	OK
	A2측	30.0	350.0	500	520	525	530	560	OK
P10	A1측	30.0	350.0	600	600	600	600	600	OK
	A2측	30.0	350.0	600	585	570	560	560	OK
P11	A1측	30.0	350.0	650	640	570	640	640	OK
	A2측	30.0	350.0	670	660	580	675	660	OK
P12	A1측	30.0	350.0	500	480	480	500	500	OK
	A2측	30.0	350.0	600	605	590	580	570	OK
P13	A1측	30.0	350.0	630	620	615	600	590	OK
	A2측	30.0	350.0	550	550	560	570	570	OK
P14	A1측	30.0	350.0	650	645	580	650	655	OK
	A2측	30.0	350.0	645	650	590	650	650	OK
P15	A1측	30.0	350.0	590	570	575	560	555	OK
	A2측	30.0	350.0	500	510	540	545	560	OK
P16	A1측	30.0	350.0	540	570	580	580	600	OK
	A2측	30.0	350.0	585	590	590	560	560	OK

〈표 1.3.13〉 받침연단거리 검토(계속)

위치		경간길이 (m)	최소(계산) 연단거리 S(mm)	실측 연단거리(mm)					판정
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
P17	A1측	30.0	350.0	645	630	600	670	680	OK
	A2측	30.0	350.0	630	640	590	615	620	OK
P18	A1측	30.0	350.0	540	490	550	580	590	OK
	A2측	30.0	350.0	590	550	550	560	550	OK
P19	A1측	30.0	350.0	570	560	570	575	580	OK
	A2측	30.0	350.0	570	580	580	590	580	OK
P20	A1측	30.0	350.0	650	650	580	650	650	OK
	A2측	30.0	350.0	690	680	600	660	660	OK
A2	A1측	30.0	350.0	590	600	600	620	610	OK

3) 연단거리 검토결과

대상교량의 받침연단거리를 측정한 결과 〈표 1.3.12〉와 같이 도로교설계기준상의 최소 연단거리는 확보된 상태로 측정되었다.

1.3.10 교대 및 교각

가. 시공현황 및 이력사항

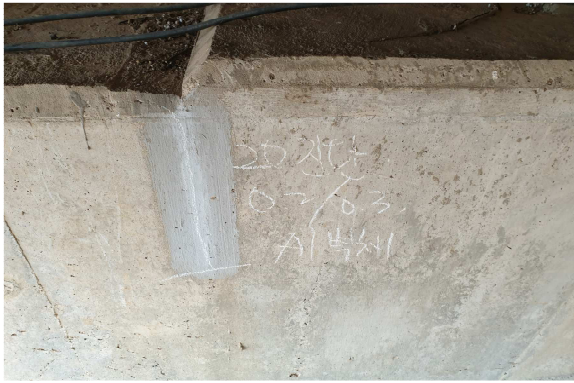
대상 교량의 교대1, 2의 형식은 역T형, 기초형식은 강관파일기초이며, 교각의 형식은 π 형, 기초형식은 강관파일기초, 우물통기초인 것으로 설계도면에서 확인되었다.

발주처에서 제공받은 보수·보강 이력자료 및 기 정밀점검보고서(2020년)와 비교시 공용 기간 동안 교대 및 교각에 대한 별도의 보수이력은 없는 것으로 조사되었다.

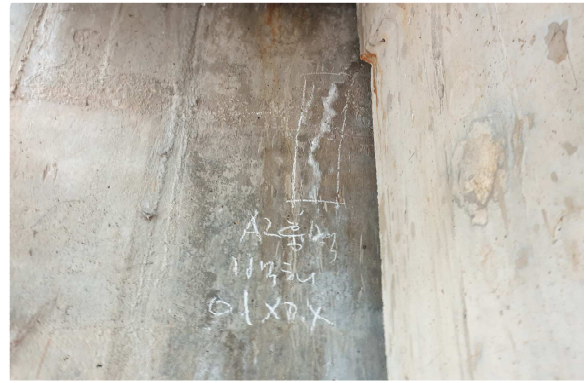
나. 외관조사 결과

교대에 발생한 손상은 보수부재균열($cw=0.2mm$ 이하)(0.30m/1개소), 균열($cw=0.2mm$ 이하)(0.40m/1개소), 이격(12.00m/1개소), 보수부 박리(0.30㎡/1개소), 백태(0.04㎡/1개소)가 조사되었다.

교각에서 발생한 주요 손상은 균열($cw=0.2mm$ 이하)(153.00m/142개소), 균열($cw=0.3mm$ 이상)(1.20m/3개소), 보수부재균열($cw=0.2mm$ 이하)(1.70㎡/2개소), 망상균열(60.52㎡/16개소), 박락(0.43㎡/3개소), 박리(4.00㎡/1개소), 보수부 박리(0.60㎡/1개소), 자재적치(점검로)(1개소), 재료분리(3.40㎡/1개소), 조류배설물 퇴적(0.02㎡/1개소), 철근노출(0.24㎡/3개소), 파손(0.18㎡/7개소), 표면오염(40.90㎡/16개소)이 조사되었다.



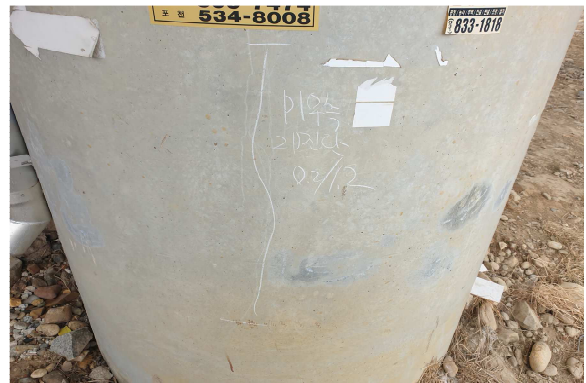
A1 벽체 보수부 재균열



A2 흙벽 백태



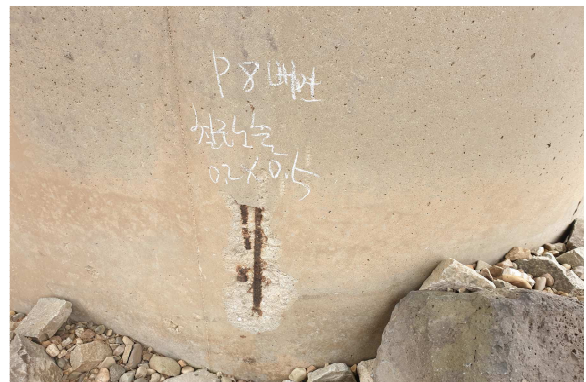
A2 구체 이격



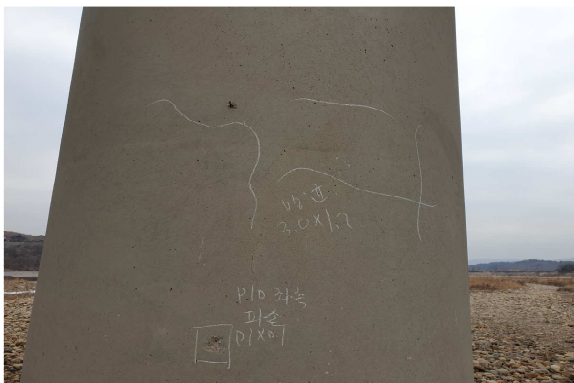
P1 기둥 균열



P2 기둥 파손



P8 기둥 철근노출



P10 기둥 망상균열



P11 기초 박락

〈사진 13.13〉 교대 및 교각 주요결합 및 손상현황



P11 기초 균열



P17 코핑 표면오염



P19 코핑 균열



P20 코핑 망상균열

〈사진 1.3.13〉 교대 및 교각 주요결함 및 손상현황(계속)

다. 발생원인 및 대책

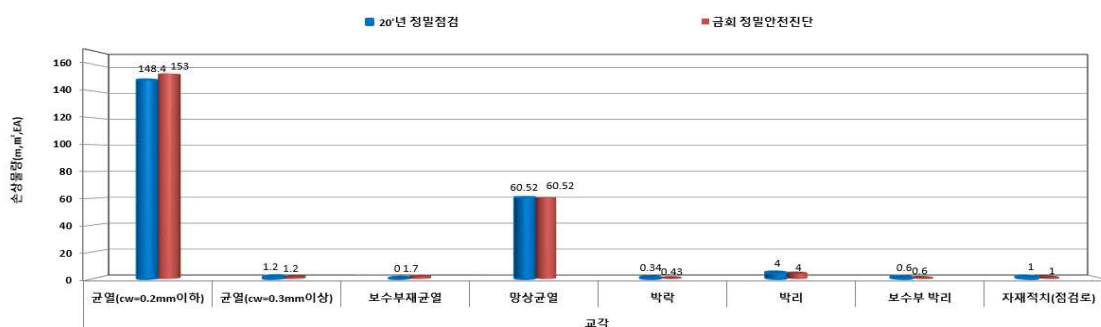
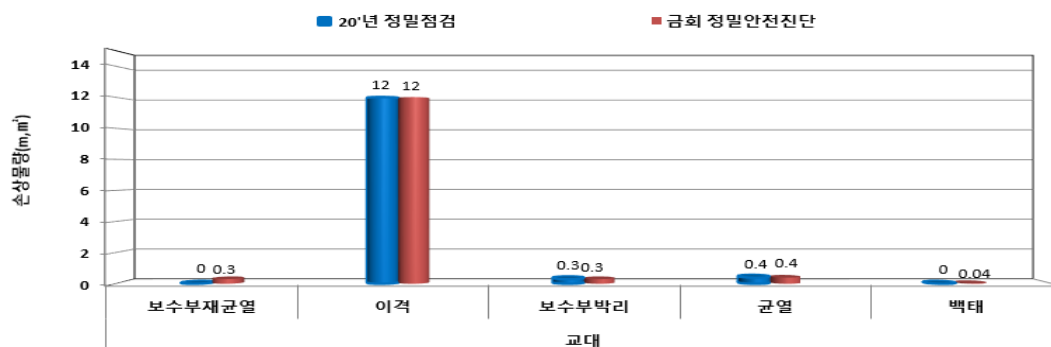
교대 및 교각에 발생한 균열은 전반적으로 시공당시 콘크리트 양생조건 및 공용기간 중 건조수축에 의한 콘크리트의 재료적 특성에 기인하여 발생한 것으로, 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 비구조적인 손상으로 판단되며, 폭 0.1~0.2mm이하의 균열에 대해서는 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단되며, 폭 0.3mm이상의 균열은 손상개소가 2개소로 손상물량이 경미하여 즉각적인 보수는 필요치 않으나 향후 구조물의 내구성 확보차원에서 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.

단면손상(철근노출, 파손, 박리, 박락 등)은 시공미흡, 외부충격, 공용기간 증가로 등으로 인해 발생한 것으로 추정되며, 하부구조의 손상 진전을 방지하고 추후 구조물의 장기적인 사용성 및 내구성 확보를 위해 철근노출은 단면보수(방청)가 필요한 것으로 판단되며, 그 외 단면손상은 즉각적인 보수는 필요치 않으나 향후 내구성확보를 위해 보수는 필요한 것으로 판단된다. 또한, 공용중 신축이음부 단부로 우수유입이 되어 표면오염, 콘크리트 열화 손상 등이 발생되어 유도배수시설 등의 차수기능 확보 후 보수를 실시하는 것이 보수성능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

교대 법면콘크리트의 이격은 기 점검과 비교했을 때 손상의 진전은 없는 것으로 확인되어 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.

〈표 1.3.14〉 하부구조 주요결합 및 손상 현황

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
교대	보수부재균열 (cw=0.2mm이하)	1	0.30	m	A1	주의관찰	
	균열(cw=0.2mm이하)	1	0.40	m	A2	주의관찰	
	이격	1	12.00	m	A2	주의관찰	
	보수부 박리	1	0.30	m ²	A2	주의관찰	
	백태	1	0.04	m ²	A2	주의관찰	
교각	균열(cw=0.2mm이하)	142	153.00	m	P1~P13, P16~P20	주의관찰	
	균열(cw=0.3mm이상)	3	1.20	m	P11,P13,P16	주입보수	
	보수부재균열 (cw=0.2mm이하)	2	1.70	m	P2,P14	주의관찰	
	망상균열	16	60.52	m ²	P1,P2,P5, P8~P10, P12~P16,P20	주의관찰	
	박락	3	0.43	m ²	P11	단면보수	
	박리	1	4.00	m ²	P18	단면보수	
	보수부 박리	1	0.60	m ²	P16	표면처리	
	자재적치(점검로)	1	1	EA	P19	청소	
	재료분리	1	3.40	m ²	P3	주의관찰	
	조류배설물 퇴적	1	0.02	m ²	P15	주의관찰	
	철근노출	3	0.24	m ²	P8,P9,P18	단면보수(방청)	
	파손	7	0.18	m ²	P2,P5,P8,P10,P20	단면보수	
	표면오염	16	40.90	m ²	P2~P6, P11~P17,P20	표면처리	



⇒ 전반적으로 발생범위가 유사한 상태이며, 미세균열 및 보수부재균열 등은 증가한 상태임(기점검시 미반영)

〈그림 1.3.12〉 교대 및 교각 손상현황 비교

1.3.11 기 점검결과 비교·분석

북삼교에 대한 점검결과 일부부재 또는 일부개소에서 조사된 주요손상은 점검이력대비 손상물량이 다소 증가하였거나 동일한 수준으로써 대부분 두릿한 상태변화는 없는 것으로 판단된다. 다만 거더에서의 균열 및 망상균열, 재료분리 등의 경우 점검이력에서 반영되지 않은 것으로 사료되며, 배수시설 배수구 막힘, 신축이음 부식 등의 경우 공용기간 증가에 따른 열화손상이 증가한 것으로 판단된다.

따라서 대상교량의 주요부재에서 조사된 일부 손상과 초기결함에 대해서는 내구성 및 사용성 확보와 예방적 유지관리 측면에서 일부 보수가 필요하며, 지속적인 점검을 통해 상태변화를 확인하고 각각의 평가결과에 따른 유지관리계획을 수립함이 바람직한 것으로 판단된다.

부재	손상내용	단위	2020년 정밀점검		금회		비고 (증감)	
			개소	물량	개소	물량		
교면포장	아스콘 균열	m	15	185.00	2	8.05	-	-
	아스콘 망상균열	m ²	47	3,604.60	47	3,604.60	-	-
	아스콘 패임	m ²	1	0.24	1	0.24	-	-
	아스콘 파손	m ²	2	0.06	1	0.25	▲	0.19
방호벽 및 중앙분리대	계단 부분부식 발생	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	변형	m	1	2.00	-	-	▼	2.00
	균열(0.3mm미만)	m	1	0.30	6	1.30	▲	1
	균열부백태 (0.3mm미만)	m	5	2.50	8	6.60	▲	4.1
	파손	m ²	1	0.12	3	0.08	▼	0.04
	방음판 탈락, 변형, 고정볼량	EA	19	19.00	19	19.00	-	-
	교각표지판 탈락	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	박락	m ²	-	-	5	0.61	▲	0.61
	보수부 들뜸	m ²	-	-	1	0.50	▲	0.5
	보수부 망상균열	m ²	-	-	1	0.60	▲	0.6
신축이음	부식	m ²	3	1.00	15	2.62	▲	1.62
	토사퇴적	m	8	88.00	8	88.00	-	-
	후타재 균열	m	120	46.60	120	46.60	-	-
	후타재 열화	m ²	3	2.32	3	2.32	-	-
	후타재 파손	m ²	-	-	1	0.24	▲	0.24
배수시설	배수관 탈락	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	배수관지지대 탈락	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	배수관 고정부 파손	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	배수관 볼트 망실	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	배수구 막힘	EA	-	-	84	84.00	▲	84

부 재	손상내용	단위	2020년 정밀점검		금회		비고 (증감)	
			개소	물량	개소	물량		
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	8	5.60	9	6.60	▲	1
	균열(0.3mm이상)	m	1	0.60	-	-	▼	0.6
	균열부백태 (0.3mm미만)	m	2	1.20	2	1.20	-	-
	백태	m ²	23	9.56	31	12.58	▲	3.02
	박리	m ²	3	0.08	3	0.14	▲	0.06
	보수부 박리	m ²	5	11.55	5	11.55	-	-
	철근노출	m ²	5	0.27	6	0.20	▼	0.07
	잡철물노출	m ²	4	0.01	4	0.10	▲	0.09
	상수관 파손	m	1	2.50	1	2.50	-	-
	외부인 불법설치	EA	4	4.00	4	4.00	-	-
거더	균열(0.3mm미만)	m	45	49.80	49	60.70	▲	10.9
	균열부백태 (0.3mm미만)	m	1	0.10	1	0.10	-	-
	망상균열	m ²	4	6.85	6	13.60	▲	6.75
	보수부 망상균열	m ²	5	0.71	5	0.71	-	-
	파손	m ²	10	0.20	18	0.39	▲	0.19
	박리	m ²	2	0.09	2	0.09	-	-
	재료분리	m ²	6	0.57	11	0.99	▲	0.42
	콘크리트 열화	m ²	-	-	1	0.06	▲	0.06
가로보	균열(0.3mm미만)	m	123	40.50	123	40.50	-	-
	균열(0.3mm이상)	m	14	4.50	14	4.50	-	-
	백태	m ²	1	0.05	1	0.05	-	-
	파손	m ²	1	0.01	1	0.01	-	-
	박리	m ²	2	0.04	2	0.04	-	-
	박락	m ²	1	0.04	1	0.04	-	-
	재료분리	m ²	27	3.71	30	3.77	▲	0.06

부 재	손상내용	단위	2020년 정밀점검		금회		비고 (증감)	
			개소	물량	개소	물량		
교량받침	받침 부식	EA	10	10.00	15	15.00	▲	5
	Plate 도장박리	m ²	5	0.21	6	0.27	▲	0.06
	몰탈 균열 (0.3mm미만)	m	32	3.2	45	4.50	▲	1.3
	받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	24	8.00	25	8.30	▲	0.3
	받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	m	1	0.80	1	0.80	-	-
	받침콘크리트 보수부 망상균열	m ²	1	0.12	1	0.12	-	-
	몰탈 박리	m ²	2	0.04	2	0.04	-	-
	받침콘크리트 박리	m ²	1	0.01	1	0.01	-	-
	받침콘크리트 철근노출	m ²	1	0.01	1	0.01	-	-
	받침콘크리트 파손	m ²	-	-	1	0.08	▲	0.08
교대	보수부재균열	m	-	-	1	0.30	▲	0.3
	이격	m	1	12.00	1	12.00	-	-
	보수부박리	m ²	1	0.30	1	0.30	-	-
	균열	m	1	0.40	1	0.40	-	-
	백태	m ²	-	-	1	0.04	▲	0.04
교각	균열(cw=0.2mm이하)	m	135	148.40	142	153.00	▲	4.6
	균열(cw=0.3mm이상)	m	3	1.20	3	1.20	-	-
	보수부재균열 (cw=0.2mm이하)	m	-	-	2	1.70	▲	1.7
	망상균열	m ²	16	60.52	16	60.52		0
	박락	m ²	2	0.34	3	0.43	▲	0.09
	박리	m ²	1	4.00	1	4.00	-	-
	보수부 박리	m ²	1	0.60	1	0.60	-	-
	자재적치(점검로)	EA	1	1.00	1	1.00	-	-
	조류배설물 퇴적	m ²	1	0.02	1	0.02	-	-
	철근노출	m ²	3	0.24	3	0.24	-	-
	파손	m ²	7	0.18	7	0.18	-	-
	표면오염	m ²	14	35.9	16	40.90	▲	5

1.4 재료시험

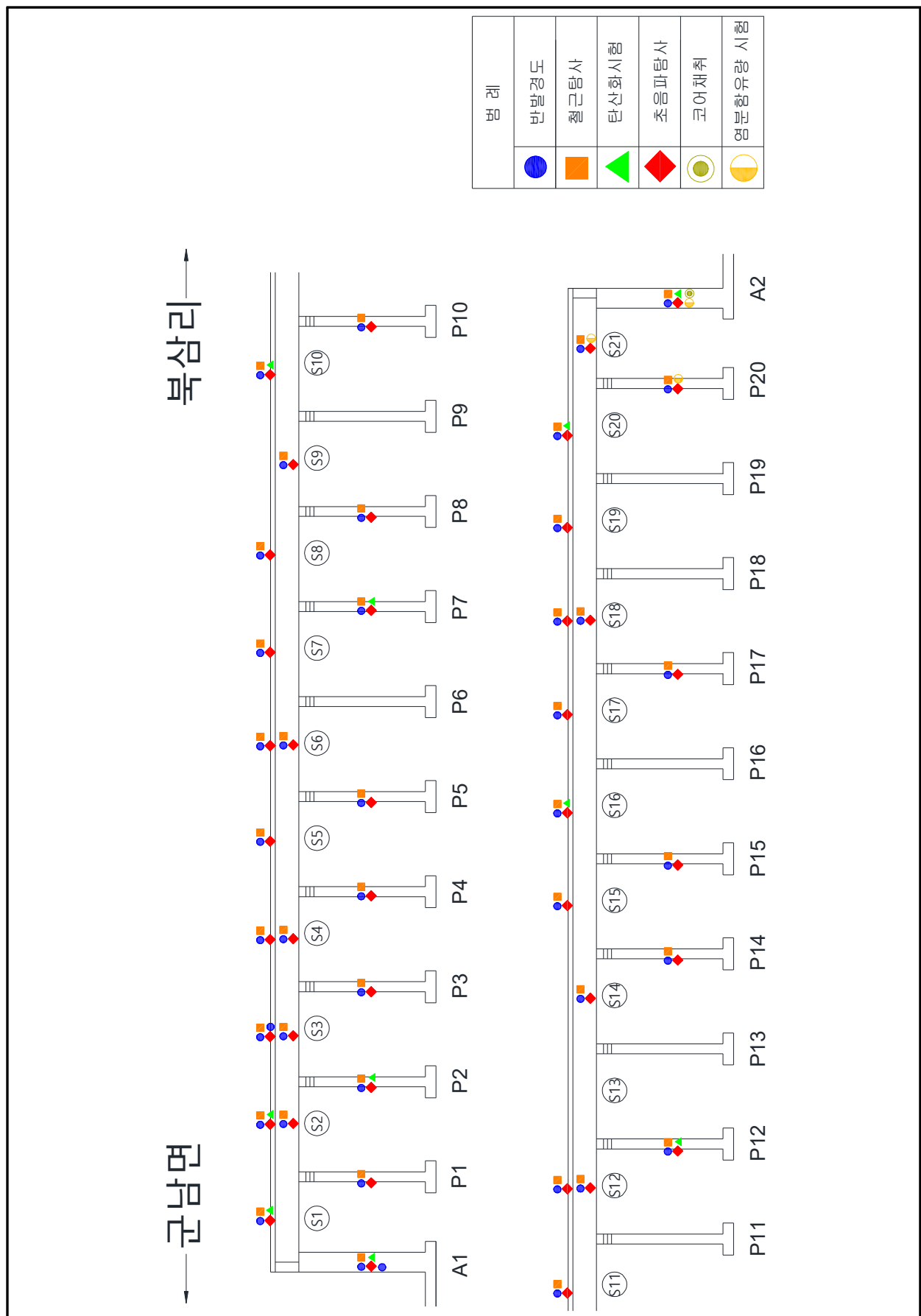
1.4.1 조사 및 측정위치

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

〈표 1.4.1〉 내구성 조사 및 시험 실시 수량

항 목		기준수량		수 량(개소)				비 고
		상부구조	하부구조	기준수량		실시수량		
				상부	하부	상부	하부	
콘 크 리 트	반발경도시험	•철근콘크리트:2개소/50m •강합성교: 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	13	27	16	동일 부위 시험
	초음파 전달속도시험	•철근콘크리트:2개소/50m •강합성교: 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	13	26	15	
	철근탐사시험	•철근콘크리트:2개소/50m •강합성교: 1개소/50m	•1개소/연장50m •교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	26	13	26	15	
	탄산화깊이 측정	•5경간 이내: 4~6개소 •5경간 이상: 6~9개소		6~9		5	5	
	염화물 함유량시험	•3개소 이상		3		1	2	
	코어 채취	•과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		-		-	3	



〈그림 14.1〉 파괴 및 비파괴시험 위치도



반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 현황



반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 현황



초음파속도법에 의한 콘크리트 강도조사 현황



철근탐사 현황



탄산화 측정 현황



코어채취 현황

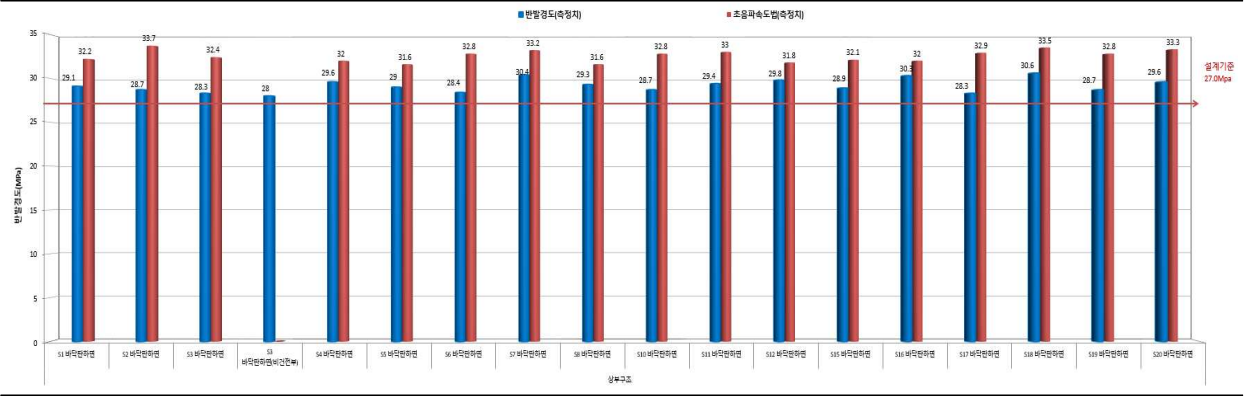
〈사진 1.4.1〉 파괴 및 비파괴시험 현황

1.4.2 콘크리트 압축강도

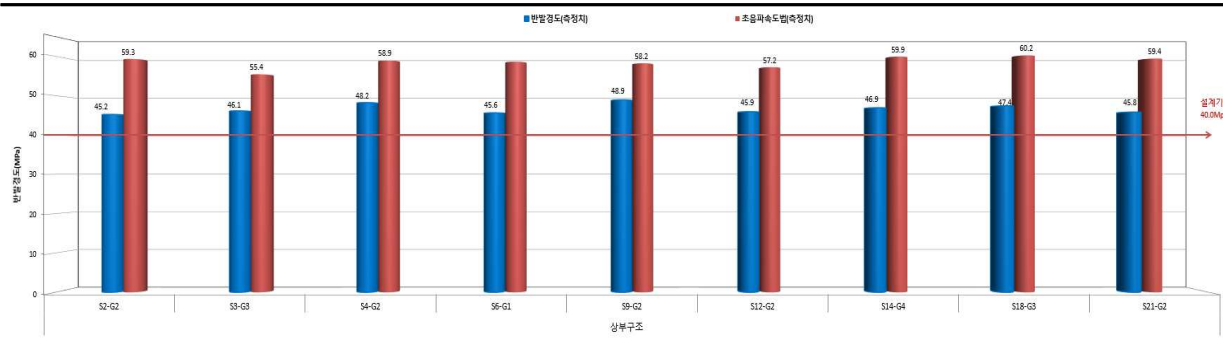
반발경도법 및 초음파속도법에 의한 비파괴압축강도 결과를 정리하면 다음과 같다.

〈표 1.42〉 콘크리트 압축강도 조사결과 (상부구조)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)					설계 기준 강도 (MPa)
		반발 경도 (Ro)	초음파 속도 (Vd)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	식⑦	식⑧	평균	
북삼교	S1 바닥판하면	50.7	4.203	29.2	29.0	29.1	28.4	31.2	31.8	37.5	32.2	27
	S2 바닥판하면	50.1	4.262	28.7	28.7	28.7	29.6	31.8	33.8	39.5	33.7	
	S3 바닥판하면	49.3	4.207	28.1	28.4	28.3	28.5	31.2	32.0	37.7	32.4	
	S3 바닥판하면 (비건전부)	48.8	-	27.7	28.2	28.0	-	-	-	-	-	
	S4 바닥판하면	51.4	4.194	29.8	29.4	29.6	28.2	31.1	31.5	37.2	32.0	
	S5 바닥판하면	50.4	4.175	29.0	28.9	29.0	27.8	30.9	30.9	36.6	31.6	
	S6 바닥판하면	49.4	4.226	28.2	28.5	28.4	28.9	31.4	32.6	38.3	32.8	
	S7 바닥판하면	52.7	4.240	30.8	29.9	30.4	29.2	31.5	33.1	38.8	33.2	
	S8 바닥판하면	51.0	4.179	29.4	29.1	29.3	27.8	30.9	31.0	36.7	31.6	
	S10 바닥판하면	50.0	4.225	28.6	28.7	28.7	28.8	31.4	32.6	38.3	32.8	
	S11 바닥판하면	51.1	4.234	29.6	29.2	29.4	29.0	31.5	32.9	38.6	33.0	
	S12 바닥판하면	51.7	4.188	30.0	29.5	29.8	28.0	31.0	31.3	37.0	31.8	
	S15 바닥판하면	50.3	4.199	28.9	28.8	28.9	28.3	31.1	31.7	37.4	32.1	
	S16 바닥판하면	52.5	4.193	30.7	29.8	30.3	28.1	31.1	31.5	37.2	32.0	
	S17 바닥판하면	49.3	4.228	28.1	28.4	28.3	28.9	31.4	32.7	38.4	32.9	
	S18 바닥판하면	53.1	4.255	31.1	30.1	30.6	29.5	31.7	33.6	39.3	33.5	
	S19 바닥판하면	50.0	4.224	28.7	28.7	28.7	28.8	31.4	32.5	38.3	32.8	
	S20 바닥판하면	51.4	4.245	29.8	29.3	29.6	29.3	31.6	33.2	39.0	33.3	
	평 균			50.73	4.22	29.24	29.03	29.14	28.65	31.31	32.28	
	표준편차			1.68	0.48	1.27	1.27	1.27	1.26	1.32	1.34	
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)					설계 기준 강도 (MPa)
		반발 경도 (Ro)	초음파 속도 (Vd)	식③	식④	평균	식⑤	식⑥	식⑦	식⑧	평균	
북삼교	S2-G2	48.3	5.296	44.6	45.7	45.2	51.9	42.3	68.9	74.2	59.3	40
	S3-G3	49.1	5.137	45.4	46.8	46.1	48.4	40.7	63.5	68.9	55.4	
	S4-G2	50.9	5.277	47.0	49.4	48.2	51.5	42.1	68.2	73.6	58.9	
	S6-G1	48.7	5.27	45.0	46.2	45.6	51.20	42.00	67.80	73.20	58.6	
	S9-G2	51.4	5.250	47.5	50.2	48.9	50.9	41.9	67.3	72.7	58.2	
	S12-G2	49.0	5.211	45.2	46.6	45.9	50.0	41.5	66.0	71.3	57.2	
	S14-G4	49.8	5.321	46.0	47.8	46.9	52.4	42.6	69.7	75.0	59.9	
	S18-G3	50.2	5.33	46.4	48.3	47.4	52.60	42.70	70.10	75.40	60.2	
	S21-G2	48.9	5.298	45.1	46.5	45.8	51.9	42.3	69.0	74.3	59.4	
	평 균			45.80	47.50	46.65	51.20	42.01	67.83	73.18	58.56	
	표준편차			2.26	2.30	2.28	2.39	2.16	2.75	2.85	2.55	



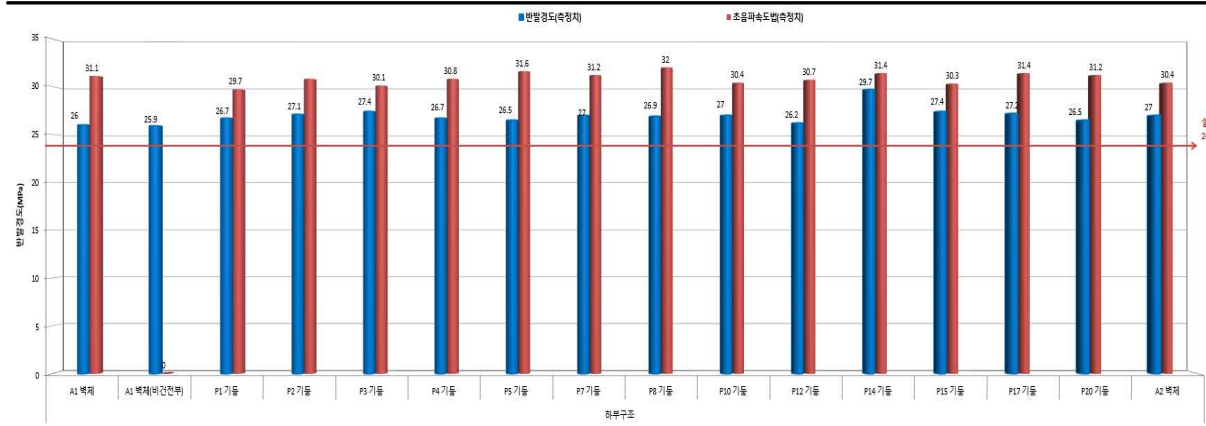
〈그림 1.4.2〉 비파괴압축강도 측정결과 (상부구조-바닥판)



〈그림 1.4.3〉 비파괴압축강도 측정결과 (상부구조-거더)

〈표 1.4.3〉 콘크리트 압축강도 조사결과 (하부구조)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)					설계 기준 강도 (MPa)
		반발 경도 (Ro)	초음파 속도 (Vd)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	식⑦	식⑧	평균	
복삼교	A1 벽체	45.7	4.156	25.2	26.8	26.0	27.4	30.7	30.2	36.0	31.1	24.0
	A1 벽체 (비건전부)	45.5	-	25.1	26.7	25.9	-	-	-	-	-	
	P1 기둥	46.8	4.101	26.1	27.2	26.7	26.2	30.1	28.4	34.1	29.7	
	P2 기둥	47.4	4.143	26.6	27.5	27.1	27.1	30.6	29.8	35.5	30.8	
	P3 기둥	47.9	4.118	27.0	27.8	27.4	26.5	30.3	28.9	34.7	30.1	
	P4 기둥	46.7	4.145	26.1	27.2	26.7	27.1	30.6	29.9	35.6	30.8	
	P5 기둥	46.4	4.175	25.8	27.1	26.5	27.8	30.9	30.9	36.6	31.6	
	P7 기둥	47.4	4.160	26.5	27.5	27.0	27.4	30.7	30.4	36.1	31.2	
	P8 기둥	47.1	4.192	26.3	27.4	26.9	28.1	31.1	31.5	37.2	32.0	
	P10 기둥	47.3	4.131	26.5	27.5	27.0	26.8	30.4	29.4	35.1	30.4	
	P12 기둥	45.9	4.1	25.4	26.9	26.2	27.0	30.5	29.7	35.5	30.7	
	P14 기둥	46.2	4.17	28.9	30.5	29.7	27.60	30.80	30.70	36.40	31.4	
	P15 기둥	48.0	4.123	27.0	27.8	27.4	26.60	30.40	29.10	34.90	30.3	
	P17 기둥	47.6	4.171	26.7	27.6	27.2	27.70	30.80	30.70	36.50	31.4	
	P20 기둥	46.5	4.16	25.9	27.1	26.5	27.40	30.70	30.40	36.10	31.2	
	A2 벽체	47.3	4.128	26.5	27.5	27.0	26.80	30.40	29.30	35.00	30.4	
평 균				26.35	27.51	26.93	27.17	30.60	29.95	35.69	30.85	
표준편차				1.28	1.31	1.30	1.30	1.38	1.37	1.49	1.39	



〈그림 1.44〉 비파괴압축강도 측정결과 (하부구조)

〈표 1.4.2~1.4.4〉에서 나타난 바와 같이 각각 조사방법에 따라 측정강도의 분포상태에서 차이를 보이고 있으며, 각각의 조사방법에 의한 측정압축강도가 상부구조 : 28.0~60.2 MPa, 하부구조 : 25.9~32.0 MPa로서 기 이력사항에서의 강도평가 결과와 유사한 결과를 나타내고 있다.

〈표 1.44〉 기 진단결과(반발경도)와의 비교

시 험 명	시험부위		시험결과			평가의견
			'16년 정밀안전진단	'20년 정밀점검	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.3~53.9	27.1~51.8	28.0~48.9	■ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재 하나, 콘크리트 강 도의 변화는 경미 함.
		초음파	27.5~54.4	-	31.6~60.2	
	하부 구조	반발경도	25.8~28.7	24.2~35.0	25.9~29.7	
		초음파	25.9~29.1	-	29.7~32.0	

측정강도는 설계기준강도(상부구조 : 27.0 MPa, 40.0 MPa, 하부구조 : 24.0 MPa)를 만족하는 것으로 측정되었으며, 건전부와 비건전부의 비교결과 강도저하가 없는 설계기준강도 100%이상으로 강도부족에 의한 내구성 저하는 없는 것으로 분석되었다.

1.4.3 코어 압축강도

본 과업대상 시설물에 대한 실측 코어강도 측정결과 교대 29.5~41.4MPa로 설계기준강도 24.0MPa의 122.9~172.5% 수준인 것으로 <표 1.4.5>와 같이 측정되 KSF2422 : 2017였다.

<표 1.4.5> 코어 압축강도 측정결과

위 치	시험압축강도 (길이보정)	보정계수			보정압축강도 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	비고 (%)
		채취방향	매입철근	코어크기			
A2 #1	29.5	0.92	1	0.97	26.3	24.0	109.6
A2 #2	41.4	0.92	1	0.97	36.9		153.8
A2 #3	35.5	0.92	1	0.97	31.7		132.1



<사진 14.2> 코어채취 현황

가. 보정계수 산정

하부구조에서 채취한 코어의 보정압축강도 측정결과를 토대로 보정계수(CT)의 산정은 코어강도를 기준으로 각각의 비파괴압축강도와 비로서 1.0에 근접하는 조사방법을 기준으로 측정 기준강도와 보정압축강도를 <표 1.4.6>와 같이 산정 되었다.

<표 1.4.6> 보정계수 산정결과

구 분	시험위치	시험방법별 측정강도(MPa) 및 보정계수			비고
		보정코어강도	반발경도법식	초음파전달속도법식	
하부	A2 #1	26.3	27.0	30.4	
	A2 #2	36.9	27.0	30.4	
	A2 #3	31.7	27.0	30.4	
	보정계수		0.974	86.5	

위 에서 나타난 바와 같이 각 방법에 의해 보정계수를 산정한 결과, 보정계수의 값이 1.0에 가장 근접한 값을 압축강도 측정결과의 보정계수로 적용하였다.

〈표 1.4.7〉 부재별 보정계수를 이용한 추정압축강도

구분	시험위치	① 측정압축강도 (MPa)	② 보정계수	보정강도(MPa) (① x ②)	비 고
하부	교대 및 교각	25.9~32.0	0.974	25.2~31.2	

나. 측정결과 평가

콘크리트의 압축강도 평가를 위하여 반발경도법과 초음파속도법, 코어압축강도를 측정하여 콘크리트강도의 정성적인 자료를 획득하고 그 결과를 상호 비교·분석하여 평가하였다.

일반적으로 기존 구조물에 대한 강도상의 안전성 판단은 평가된 압축강도가 설계기준강도의 90%의 이상을 만족하면 적정한 것으로 판단하며, 측정강도 범위 분포에 따른 표준편차 및 변동계수가 양호한 경우 콘크리트 타설시 품질관리 상태를 간접적으로 파악 할 수 있다.

조사대상 부재에 대한 보정계수를 감안한 하부구조 측정강도의 분석결과 설계기준강도의 최소 105%수준으로써 최소기준은 만족하는 것으로 나타났으며 측정강도는 기준강도를 확보하고 있는 것으로 나타나 콘크리트 압축강도상의 품질 상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.

1.4.4 철근배근상태 조사

각 구조 부재별 철근배근상태를 조사한 결과를 정리하면 다음과 같다.

〈표 1.48〉 철근배근상태 조사결과

위 치		배근종류	철근배근상태(mm)		철근덮개(mm)		비 고
			설계	측정	설계	측정	
상부 구조	S1 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	70-75	
		횡방향철근	100	110-115		55-60	
	S2 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	75-77	
		횡방향철근	100	105-115		55-60	
	S2-G2	수직철근	392.2	390-400	40	55-60	
		수평철근	188.6	190-200		60-70	
	S3 바닥판하면	종방향철근	100	95-105	50	70-75	
		횡방향철근	100	110-120		55-60	
	S3-G3	수직철근	392.2	390-400	40	55-60	
		수평철근	188.6	185-195		65-70	
	S4 바닥판하면	종방향철근	100	95-100	50	70-75	
		횡방향철근	250	240-250		55-60	
	S4-G2	수직철근	392.2	390-395	40	40-45	
		수평철근	188.6	185-190		50-55	
	S5 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	75-80	
		횡방향철근	250	235-250		55-60	
	S6 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	75-80	
		횡방향철근	250	250-255		55-60	
	S6-G1	수직철근	392.2	370-390	40	40-45	
		수평철근	188.6	180-190		50-55	
	S7 바닥판하면	종방향철근	100	95-100	50	70-75	
		횡방향철근	100	110-115		55-60	
	S8 바닥판하면	종방향철근	100	95-100	50	70-75	
		횡방향철근	250	235-250		55-60	
	S9-G2	수직철근	392.2	350-390	40	40-45	
		수평철근	188.6	180-190		50-55	
	S10 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	75-80	
		횡방향철근	100	115-120		65-70	

〈표 1.48〉 철근배근상태 조사결과(계속)

위 치		배근종류	철근배근상태(mm)		철근덮개(mm)		비 고
			설계	측정	설계	측정	
상부 구조	S11 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	-	
		횡방향철근	100	110-120		-	
	S12 바닥판하면	종방향철근	100	95-105	50	75-80	
		횡방향철근	100	110-115		55-60	
	S12-G2	수직철근	392.2	385-395	40	40-45	
		수평철근	188.6	185-195		45-50	
	S14-G4	수직철근	392.2	280-285	40	40-45	
		수평철근	188.6	185-195		45-50	
	S15 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	80-90	
		횡방향철근	100	110-115		60-65	
	S16 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	80-85	
		횡방향철근	100	110-120		65-70	
	S17 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	75-80	
		횡방향철근	100	110-115		60-65	
	S18 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	70-75	
		횡방향철근	100	115-120		60-65	
	S18-G3	수직철근	281.1	275-285	40	40-45	
		수평철근	188.6	180-190		32-37	
	S19 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	70-75	
		횡방향철근	100	115-120		55-60	
	S20 바닥판하면	종방향철근	100	100-105	50	70-75	
		횡방향철근	100	115-120		55-60	
	S21-G2	수직철근	392.2	385-395	40	40-45	
		수평철근	188.6	180-190		50-55	
하부 구조	A1벽체	수직철근	250	245-255	100	105-115	
		수평철근	300	295-300		95-100	
	A2교대	수직철근	250	245-255	100	90-95	
		수평철근	300	295-305		115-120	
	P1 교각	수직철근	125	130-135	100	130-135	
		수평철근	100	100-105		120-125	

〈표 1.48〉 철근배근상태 조사결과(계속)

위 치		배근종류	철근배근상태(mm)		철근덮개(mm)		비 고
			설계	측정	설계	측정	
하부 구조	P2 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-125	
		수평철근	100	100-110		90-110	
	P3 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-120	
		수평철근	200	200-205		95-100	
	P4 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-135	
		수평철근	200	200-205		115-120	
	P5 기둥	수직철근	125	120-135	100	130-135	
		수평철근	200	195-205		115-120	
	P7 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-125	
		수평철근	100	100-110		100-110	
	P8 기둥	수직철근	125	130-135	100	135-145	
		수평철근	200	200-210		105-115	
	P10 기둥	수직철근	125	125-135	100	125-135	
		수평철근	100	100-110		115-120	
	P12 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-135	
		수평철근	100	100-105		90-110	
	P14 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-120	
		수평철근	200	200-205		95-100	
	P15 기둥	수직철근	125	125-135	100	130-135	
		수평철근	100	100-105		105-110	
	P17 기둥	수직철근	125	125-135	100	125-130	
		수평철근	200	200-205		130-135	
	P20 기둥	수직철근	125	120-130	100	110-115	
		수평철근	100	100-105		95-105	

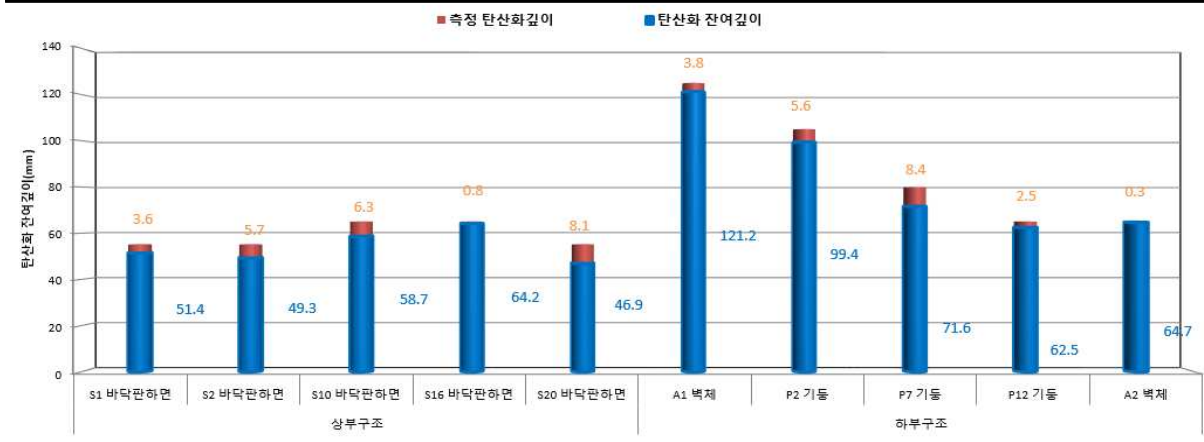
본 과업대상 구조물의 주요 구조부재별 철근배근상태 및 철근덮개 조사 자료와 설계도면과의 비교검토 결과 시공적인 요인에 의하여 위치별로 다소 차이를 보이고 있으나, 조사개소 전체의 평균치는 설계기준내에 들어오며 대체적으로 만족하고 있는 것으로 판단된다.

1.4.5 탄산화 시험

탄산화 깊이측정은 상·하부구조를 대상으로 드릴을 이용하여 탄산화 깊이 측정을 실시하였으며, 탄산화 깊이측정을 실시한 결과는 <표 1.4.9>와 같다.

<표 1.4.9> 탄산화 조사결과

위 치		조사방법	측정치의 탄산화깊이 (mm)	철근 최소피복두께 (mm)	잔여 깊이 (mm)	상태 평가
상부구조	S1 바닥판하면	드릴	3.6	55	51.4	a
	S2 바닥판하면	드릴	5.7	55	49.3	a
	S10 바닥판하면	드릴	6.3	65	58.7	a
	S16 바닥판하면	드릴	0.8	65	64.2	a
	S20 바닥판하면	드릴	8.1	55	46.9	a
하부구조	A1 벽체	드릴	3.8	125	121.2	a
	P2 기둥	드릴	5.6	105	99.4	a
	P7 기둥	드릴	8.4	80	71.6	a
	P12 기둥	드릴	2.5	65	62.5	a
	A2 벽체	코어	0.3	65	64.7	a



<그림 14.5> 탄산화 조사 결과

대상 교량의 상·하부 콘크리트 주요구조부재를 대상으로 탄산화깊이를 측정하여 탄산화 가 구조물에 미칠 수 있는 영향정도를 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.09) 탄산화 상태평가 기준’에 준하여 평가한 결과 상부구조 및 하부구조에서 ‘a’ 등급으로 평가되었다.

<표 1.4.10> 기 진단결과(탄산화시험)와의 비교

시 험 명	시험부위	시험결과			평가의견
		'16년 정밀안전진단	'20년 정밀점검	금회 정밀안전진단	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조	36.9~44.0	42.55~109.39	2.7~10.2	■ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, “a” 등급으로 평가
	하부 구조	70.0~80.0	35.27~96.43	62.5~121.2	

1.4.6 염화물 함유량 시험

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 철근부식이 일어나기 쉽다.

염화물에 의하여 발생하는 콘크리트의 염해는 강재부식등 구조물에 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.

나. 염화물 함유량 조사

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

다. 염화물의 구성

콘크리트내 염화물의 구성은 수용성 염화물과 고정 염화물로 구성되어 있다. 이 2종류의 염화물을 일컬어 전염화물이라고 하며 현재는 철근의 임계발청 농도를 전 염화물을 기준으로 정하고 있다.

2019년 09월 개정된 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에서는 경화콘크리트의 경우 철근의 임계방청 농도를 전염화물을 기준으로 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 으로 정하고 있다. 따라서 부식환경에 따른 전염화물량이 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 확률이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

라. 평가방법

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 다음의 <표 1.4.11>에 따라 염화물에 의한 손상을 판단한다.

▶ 염화물량 환산방법

염화물함유량 시험은 KS F2713의 규정에 의한 함유량시험 결과를 KS F2714에 의거하여 콘크리트 단위부피당 전염화물량(kg/m³)으로 환산하는 방법은 다음과 같다.

▷ 전염화물량(kg/m³)

$$= \text{염화물량}(\%) / 100 \times 2263(\text{보통중량 콘크리트 건조밀도} : \text{kg/m}^3)$$

〈표 1.4.11〉 염화물 상태평가 기준

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	·염화물 ≤ 0.3kg/m ³	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	·0.3kg/m ³ <염화물<1.2kg/m ³	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음.
c	·1.2kg/m ³ ≤염화물< 2.5kg/m ³	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	·염화물 ≥ 2.5kg/m ³	철근부식 발생
e	-	-

마. 측정결과

본 과업대상의 바닥판하면에서 채취한 시료에 대한 염화물함유량 시험결과는 다음 〈표 1.4.12〉과 같다.

〈표 1.4.12〉 염화물함유량 분석결과

위 치	분석대상	콘크리트 중의 환산염화물 함량(kg/m ³)	염화물상태평가기준 (kg/m ³)	상태평가	철근덮개 (mm)
S21	0~20mm	0.854	판정등급 a : 염화물≤0.3 b : 0.3< 염화물<1.2 c : 1.2≤염화물<2.5 d : 2.5≤염화물	b	50.0
	20~40mm	0.635		b	
	40~50mm	0.441		b	
P20	0~20mm	0.356		b	100.0
	20~40mm	0.275		a	
	40~60mm	0.280		a	
	60~80mm	0.294		a	
	80~100mm	0.288		a	
A2	0~20mm	0.269		a	80.0
	20~40mm	0.347		b	
	40~60mm	0.498		b	
	60~80mm	0.391		b	

전염화물 이온 시험결과와의 평가는 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단. 2019. 09)’ 기준을 근거로 평가하였으며, 염화물 함유량 분석은 깊이별로 단계를 구별하여 염화물 분포를 파악하였다.

콘크리트의 전염화물량에 대한 국내외 관련기준의 고찰결과 국내의 경우 철근부식방지를 위한 최대염소이온 비율(콘크리트 구조설계기준)을 0.3%(시멘트 질량에 대한 백분율), 철근위치의 염화물량(시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침)은 0.3kg/m³로 관리기준을 두고 있다. 시험 공시체의 염화물함유량 분석결과 상·하부에서 채취한 코어 시료의 외측 표면에서 부식가능성이 낮은 “b” 등급의 상태로 분석되었으며, 철근배근 위치에 해당하는 깊이에서는 양호한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 이는 시료 채취 위치 특성상 교면수가 유입될 수 있는 위치에 해당하며, 동절기시 살포된 결빙방지 제설제의 영향이 반영된 것으로 판단된다.

1.4.7 내구성조사 결과요약

가. 내구성조사 결과요약

구분	내구성 평가 결과				평가의견
비파괴 압축강도(MPa)	구분		반발경도법	초음파속도법	◦설계기준강도를 상회하는 양호 한 상태임.
	상부구조		28.0~48.9	31.6~60.2	
	하부구조		25.9~29.7	29.7~32.0	
코어강도시험 (MPa)	구분		코어강도		
	하부구조		29.5~41.4		
철근 탐사	일부구간은 피복두께에 다소 편차가 있는 것으로 평가되었으나, 전반적으로 설계도면과 유사함.				◦최소피복을 확 보함.
탄산화 깊이(mm)	시험위치	피복두께	탄산화깊이	잔여깊이	◦탄산화로 인한 내구성 저하 가 능성은 없는 것 으로 검토됨.
	상부구조	55.0~65.0	0.8~8.1	46.9~64.2	
	하부구조	65.0~125.0	0.3~8.4	62.5~121.2	
염화물 함유량 Cl-(kg/m³)	상부구조	0.441~0.854			◦상태평가 기준 상부구조 “b” 하부구조 “b”
	하부구조	0.269~0.498			
종합 평가	◦ 반발경도 에너지 및 피타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계된 여러 요인에 의해 크게 달라지며, 콘크리트 표면의 골재 유무, 콘크리트 내부의 공극 존재 유무, 시험자의 타격각도 오차 등의 차이로 판단되며, 금회 콘크리트 내구성 시험에서는 상·하부 모두 설계기준강도 이상으로 분석되었으며 콘크리트 강도 부족에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다. ◦ 기 정밀안전진단과의 비교·분석 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하며 설계피복을 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 판단된다. ◦ 2016년 정밀안전진단, 2020년 정밀안전점검에서 탄산화 깊이정도가 다소 차이를 보이는 이유는 조사자의 위치 차이 및 천공 후 콘크리트 시료의 미세거 오차, 공용년수 증가로 인한 탄산화 진행에 의한 것으로 판단된다.				

나. 기 진단(점검)결과 비교

시험명		시험부위		시험 결과			평가의견
				2016년 정밀안전진단	2020년 정밀안전점검	2020년 정밀안전진단	
콘크리트	비파괴 강도시험(MPa)	상부구조		27.3~54.4	27.1~51.8	28.0~60.2	◦ 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태임.
		하부구조		25.8~29.1	24.2~35.0	25.9~32.0	
	코어강도시험 (MPa)	하부구조		-	-	29.5~41.4	
	철근탐사 시험 (mm)	상부	배근 간격	100~200	-	95.0~400.0	◦ 시험위치별 편차 가 발생하나, 동일 위치는 유사한 결 과를 보임.
			피복 두께	45~52	52.0~111.8	32.0~90.0	
		하부	배근 간격	120~250	-	100.0~305.0	◦ 시험위치별 편차 가 발생하나, 동일 위치는 유사한 결 과를 보임.
			피복 두께	70~95	38.0~99.6	90.0~145.0	
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		36.9~44.0	42.55~109.39	46.9~64.2	◦ 탄산화로 인한 내 구성 저하 가능성 은 없는 것으로 검토됨.
		하부구조		70.0~80.0	35.27~96.43	62.5~121.2	
	염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부구조		0.282~0.420	-	0.441~0.854	◦ 상태평가 기준 상부구조 “b” 하부구조 “b”
		하부구조		0.144~0.552	-	0.269~0.498	
종합평가	◦ 2016년 정밀안전진단 및 2020년 정밀안전점검과의 콘크리트 압축강도 비교분석 결과, 다소 차이가 발생되었으나, 이는 측정위치에 따른 편차로 판단된다. 또한 반발경도에너지 및 피타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계된 여러 요인에 의해 크게 달라지며, 콘크리트 표면의 골재 유무, 콘크리트 내부의 공극 존재 유무, 시험자의 타격각도 오차 등의 차이로 판단되며, 금회 콘크리트 내구성 시험에서는 상·하부 모두 설계기준강도 이상으로 분석되었으며 콘크리트 강도 부족에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다. ◦ 2016년 정밀안전진단 및 2020년 정밀안전점검에서 탄산화 깊이정도가 다소 차이를 보이는 이유는 조사자의 위치 차이 및 천공 후 콘크리트 시료의 미제거 오차, 공용년수 증가로 인한 탄산화 진행에 의한 것으로 판단된다. 금회 탄산화 시험 결과, 전 개소에서 잔여 피복두께가 30mm이상으로 상태평가 기준 “a”로 평가되었으며, 전 개소에서 잔존수명은 100년 이상인 것으로 분석되었다.						

1.5 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 조사된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 시설물의 상태평가를 실시하였다.

〈표 1.5.1〉 대상시설물의 상태평가 산정결과

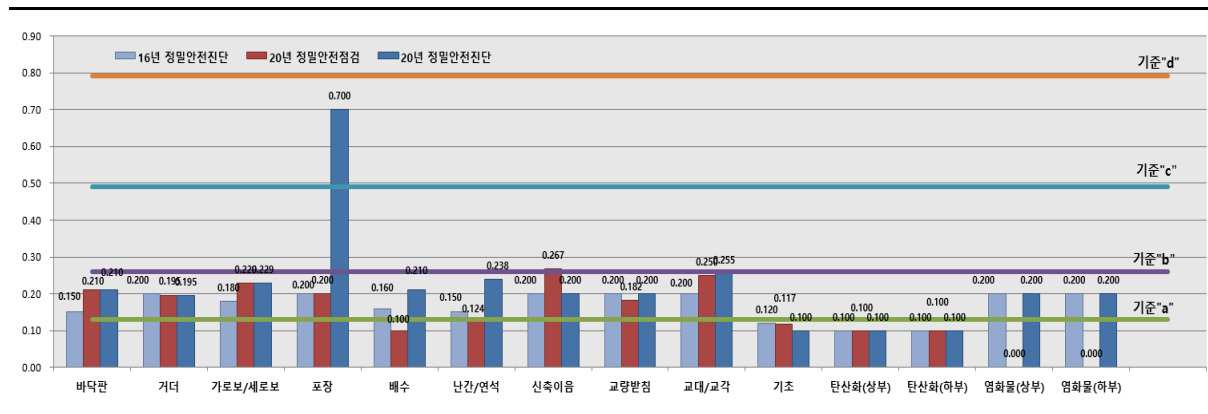
부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재			하부구조				내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄화 (상)	탄화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1/A1	PSCI	b	b	b	d	b	c	b	a	b	q	a	a	x	x
S2/P1	PSCI	b	b	b	d	b	c	x	a	b	q	a	x	x	x
S3/P2	PSCI	b	b	b	d	b	b	x	a	b	q	x	a	x	x
S4/P3	PSCI	b	b	c	d	b	a	b	b	b	q	x	x	x	x
S5/P4	PSCI	b	b	b	d	b	a	x	b	b	q	x	x	x	x
S6/P5	PSCI	c	b	b	d	b	c	x	b	b	q	x	x	x	x
S7/P6	PSCI	b	b	b	d	b	c	b	b	b	q	x	x	x	x
S8/P7	PSCI	b	b	b	d	c	c	x	b	b	q	x	a	x	x
S9/P8	PSCI	b	b	b	d	b	c	x	b	c	q	x	x	x	x
S10/P9	PSCI	b	b	b	d	b	c	b	c	c	q	a	x	x	x
S11/P10	PSCI	b	b	b	d	b	b	x	b	b	q	x	x	x	x
S12/P11	PSCI	b	b	b	d	b	b	x	b	c	b	x	x	x	x
S13/P12	PSCI	b	b	b	d	b	a	b	b	b	a	x	a	x	x
S14/P13	PSCI	a	b	b	d	b	a	x	b	c	a	x	x	x	x
S15/P14	PSCI	a	b	b	d	b	a	x	b	b	a	x	x	x	x
S16/P15	PSCI	c	b	b	d	b	b	b	b	b	a	a	x	x	x
S17/P16	PSCI	b	b	c	d	b	a	x	b	c	q	x	x	x	x
S18/P17	PSCI	b	b	c	d	b	b	x	b	b	q	x	x	x	x
S19/P18	PSCI	c	b	b	d	b	b	c	c	c	q	x	x	x	x
S20/P19	PSCI	a	b	b	d	b	b	x	b	b	q	a	x	x	x
S21/P20	PSCI	a	a	b	d	b	b	x	b	b	q	x	x	a	a
A2								b	a	b	q	x	a	x	a
평균		0.210	0.195	0.229	0.700	0.210	0.238	0.200	0.200	0.255	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	13	7	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치합		0.038	0.039	0.011	0.049	0.006	0.005	0.018	0.018	0.033	0.007	0.002	0.002	0.004	0.002
1. 환산결함도점수 =									0.234						
2. 상태평가 결과 =									B						

※ 노출이 되지 않은 기초는 상태등급 산정 시 “Q”를 사용하였음.

본 교량의 상태등급 산정 결과 〈표 1.5.1〉과 같이 교량전체의 환산결함도점수는 0.234로서 상태평가 산정기준에 의해 대상교량의 상태등급은 “B등급”에 해당되는 것으로 평가되었다.

〈표 15.2〉 기 점검결과와 비교·분석

구 분	2016년 정밀안전진단	2020년 정밀안전점검	2020년 정밀안전진단	비고
종합평가 결과	B(0.178)	B(0.196)	B(0.234)	
검토의견	- 기 점검결과와 금회 점검의 전체 상태평가 등급은 “B” 등급으로 동일하게 평가되었으나, 환산결합도점수는 2020년 정밀안전점검 대비 다소 증가된 것으로 분석되었다. 2016년 정밀안전진단부터 현재까지 환산결합도점수의 증가는 공용기간 증가에 따른 열화손상(교면포장, 배수구 막힘, 바닥판하면 등) 발생이 주 원인으로 분석되었으며, 각 부재별로 발생한 손상에 대해 적절한 보수조치를 실시한다면 환산결합도점수는 감소할 것으로 예상된다.			



〈그림 15.1〉 기 점검 결과와의 상태평가 결합도 점수 비교

1.6 시설물의 안전성 평가

1.6.1 개 요

북삼교는 국도78호선으로 경기도 연천시 왕징면 북삼리에 위치하고 있으며, 2000년에 준공되어 약 20년 경과한 시설물이다. 안전성 검토는 하나의 SEG로 이루어진 1, 2, 3경간에 대해 수행하였으며, 기 진단보고서(2016년 정밀안전진단)를 토대로 재하시험 구간은 S3 경간을 선정하였다. 상부형식은 PSCI Girder교, 총연장 630.0m(7@(3@30)), 총폭원 11.0m 2차로로 구성되어 있으며, 대상교량에 대한 내하력 평가는 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편(국토교통부, 2018년)]’에 준하여 시행하였다.

외관조사 및 비파괴시험에 의한 부재별 강도평가 결과를 구조 해석시 반영하였으며, 실제 구조물에 근접한 해석모델을 작성하여 설계하중과 시험트럭하중에 대한 해석을 실시한 후 정·동적 이론 및 실제 거동특성을 비교 검토하여 교량의 내하력을 평가하였다.

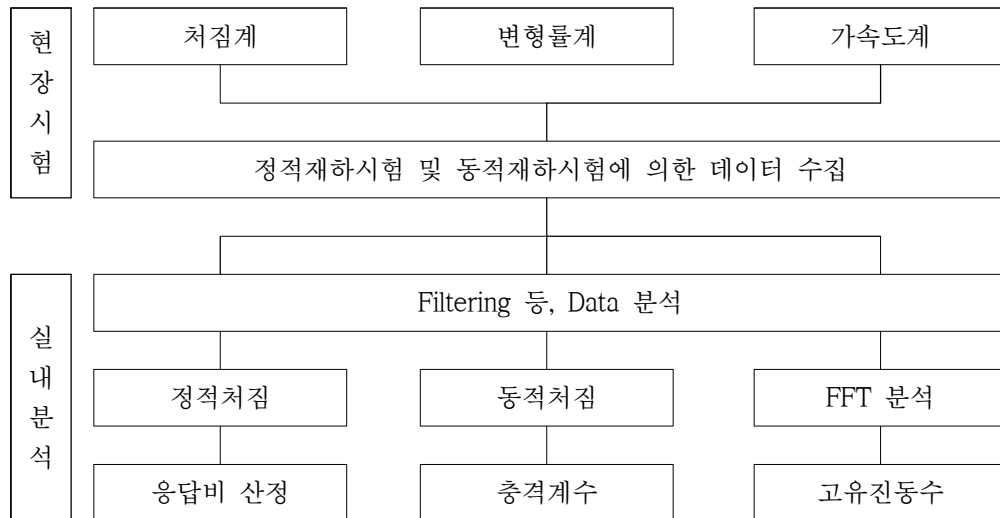
1.6.2 재하시험

가. 개요

재하시험은 축중을 정한 시험차량의 재하에 따른 대상 구조물의 실거동을 측정함으로써 대상구조물의 정·동적 거동특성을 파악하고 공용내하력을 평가하기 위하여 실시하는 시험으로 정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적 거동 특성을 파악하고 응력의 응답비 등 내하력 평가를 위한 제반계수를 산정하기 위하여 실시하며, 동적주행시험은 대상교량의 동적거동을 측정하여 충격계수와 고유진동수 등을 산출함으로써 교량의 동적거동특성을 파악하기 위하여 실시한다.

재하시험은 일반적으로 하중의 재하방법에 따라 정적재하시험 및 동적주행시험으로 대별되며, 최근에는 장비의 발달로 인해 정지하중에 의한 정적재하시험 대신에 재하차량을 10km/hr이하의 저속 주행시켜 종방향 이동 재하에 따른 교량의 정적거동을 연속적으로 측정하는 의사정적재하시험을 실시하는 경우도 있으나 본 교량에 대한 재하시험은 통행차량이 적은 주간에 실시하여 교통통제를 비교적 수월하게 할 수 있기에 일반적으로 수행하는 정적재하시험을 실시하였다.

정적재하시험 및 동적재하시험의 데이터 측정체계는<그림 1.6.1>과 같다.



〈그림 1.6.1〉 정적 및 동적재하시험 데이터 측정체계

나. 재하시험의 주요 목적

본 교량 재하시험의 주요 목적은 다음과 같다.

- ① 교량의 정적 및 동적 실거동 분석
- ② 해석값과 실측값을 통한 응답비 비교 및 분석
- ③ 충격하중에 따른 교량의 동적특성 파악
- ④ 내하력 평가를 위한 응력보정계수 도출 등

(1) 정적재하시험

1) 개요

정적재하시험은 작용외력에 대한 대상교량의 정적거동 상태를 파악하고 내하력 평가를 위한 처짐 및 응력(변형률)의 응답비 등을 구하기 위하여 실시하는 시험으로 시험차량의 재하위치는 최대 휨모멘트 발생부에 재하하는 것을 원칙으로 하고, 각 Load Case별 재하에 따른 하중의 횡분배를 측정할 수 있는 있도록 한다.

한편, 〈그림 1.6.2〉의 정적재하시험 절차에 따라 측정하며 시험차량을 소정의 Load Case에 재하 완료 후 구조체의 응답시간을 고려한 최소시간 대기하여 정적응답을 측정하고 예상하지 못한 오류발생 대한 대처 및 안정화된 측정치를 수집하기 위하여 각각의 Load Case별로 확인 후 재측정 한다.

2) 시험범위

- ① 내하력평가 기초자료 제공
- ② 과대처짐, 응력발생 부위, 부재의 도출

③ 구조거동의 분석

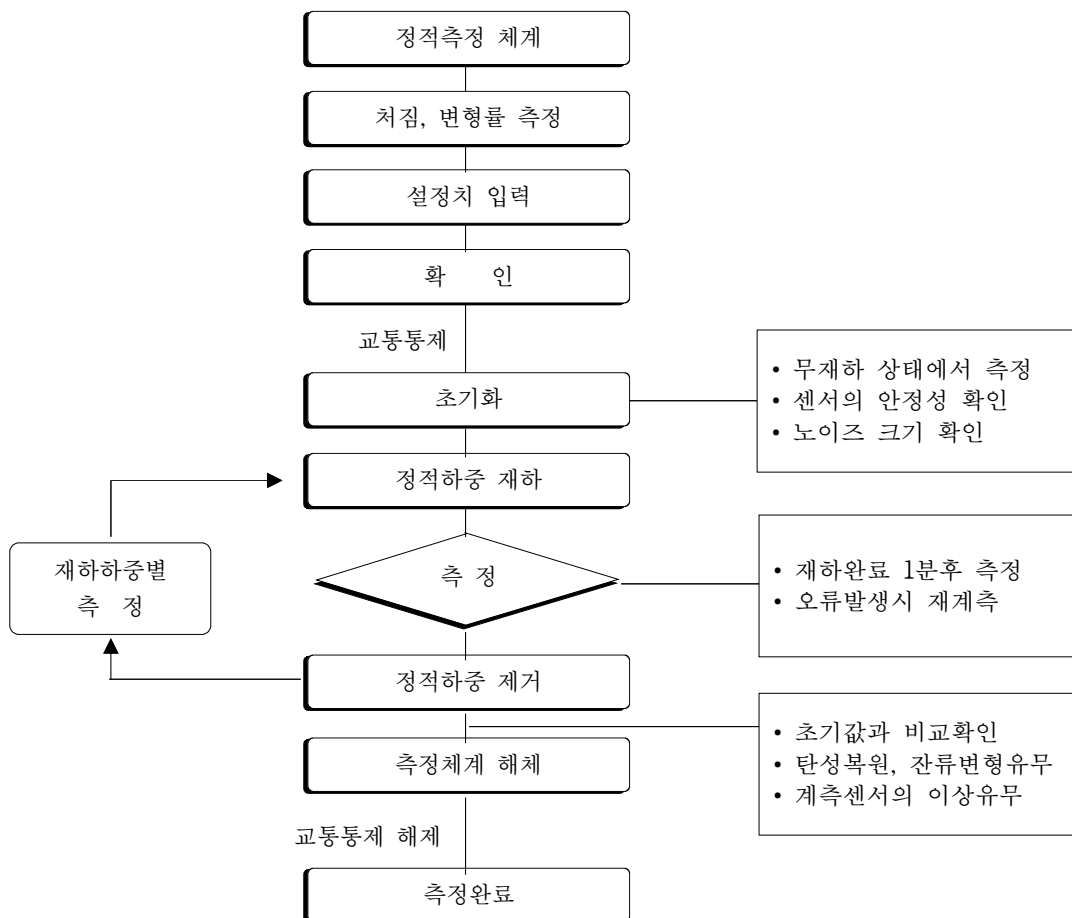
- 하중의 횡분배
- 부재의 강성
- 응력 및 처짐의 영향선

3) 측정항목

- 주부재의 응력 및 처짐

4) 시험방법

- ① 시험경간 내 재하차량 이외에 일반차량 등이 없는 상태에서 실시한다.
- ② 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 초기값을 설정한다.
- ③ 재하위치는 설계조건 등을 고려하여 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.



〈그림 1.6.2〉 정적재하시험 절차

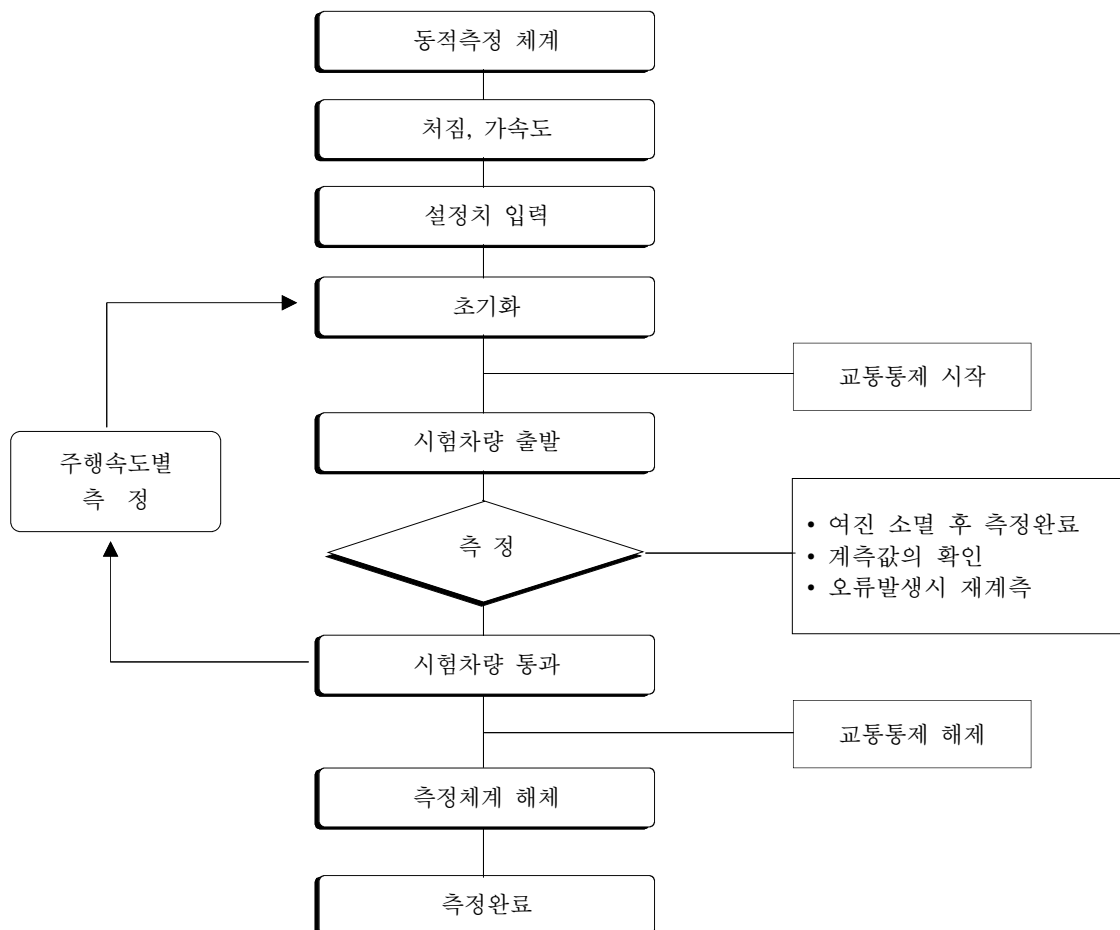
(2) 동적재하시험

1) 개요

시험차량에 의한 교량의 동적거동을 파악하는 것은 실제 교량이 가지고 있는 저항능력, 강성 및 사용성의 한계를 평가하는데 매우 중요하다. 이와 같은 목적을 위해 실시되는 동적재하시험은 시험차량의 주행에 의해 유발되는 동적효과 및 제반 동특성을 추정하여 대상교량의 안전성 및 사용성 평가를 위한 기초자료를 도출하고자 실시한다.

동적재하시험은 동적거동특성을 파악하고자 하는 대상부재에 시험목적에 따른 센서를 부착하였고, 재하차량의 주행속도는 교통량의 흐름, 가속구간의 확보 및 제동거리의 확보 등 안전을 고려하여 10km/hr부터 시작하여 10km/hr씩 증속하여 80km/hr까지 단계적으로 증가하면서 주행하여 처짐 및 가속도 등을 측정한다.

동적재하시험 측정체계는<그림 1.6.3>과 같다.



〈그림 1.6.3〉 동적재하시험 절차

2) 시험범위

- ① 교량의 동적특성 측정 : 충격계수
- ② 진동특성 측정 : 고유진동수

3) 시험방법

- ① 시험경간 내 재하차량 이외에 일반차량은 통제된 상태에서 실시한다.
- ② 실제 통행차량 주행방향을 고려하여 각 방향으로 재하한다.
- ③ 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 일체 재하되지 않은 상태에서 초기값을 설정한다.
- ④ 측정장비 및 설치위치는 정적재하 시험 시와 동일하게 한다.

(3) 재하시험 계획

1) 재하시험 장비

본 교량 재하시험에 사용된 측정기기 및 센서의 종류는 다음과 같다.

〈표 1.6.1〉 재하시험 측정기기

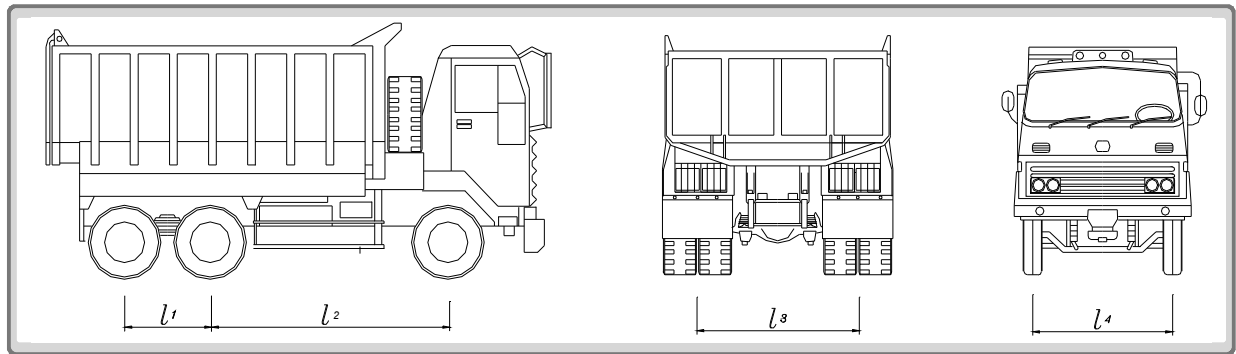
기 기 명	모 델 명	용 도	비 고
Digital Strain Meter	STC-16NB	정 · 동적 측정기	절연, 저항 check
Software	SAS 97	데이터 획득, 저장, 분석 등의 프로그램	Filtering, FFT 분석기능

〈표 1.6.2〉 센서의 종류

센 서 명	모 델 명	용 도	비 고
Displacement Meter	CDP-50	처짐 측정	
Strain	PL-60-11-1L	변형률(응력) 측정	

2) 시험차량

재하차량은 덤프트럭에 모래/토사를 적재한 총중량 259.60kN의 덤프트럭 1대를 사용하였고, 아래와 같은 재하차량의 제원 및 축중하중을 나타내었다.



〈그림 1.6.4〉 시험차량의 제원

〈표 1.6.3〉 시험차량의 제원 및 축중하중

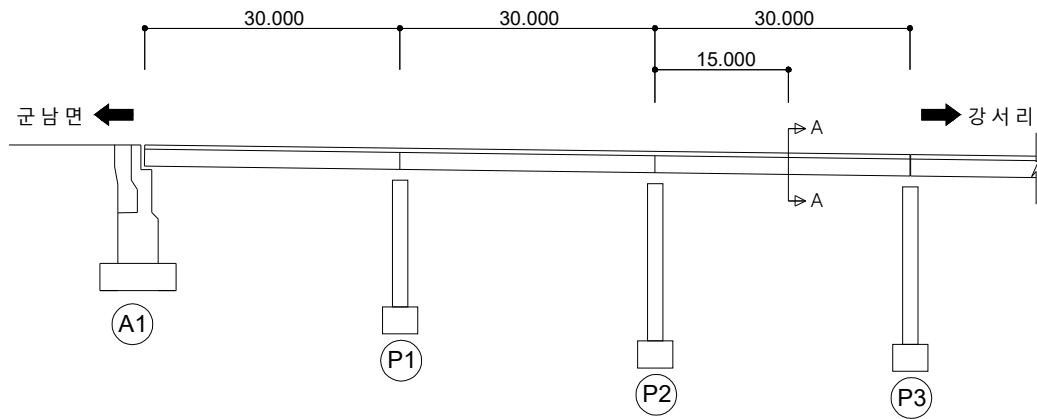
구 분	1 1 (m)	1 2 (m)	1 3 (m)	1 4 (m)	총중량 (kN)	전 륜 (kN)	중 륜 (kN)	후 륜 (kN)	비 고
북삼교	1.3	3.2	1.9	2.0	259.60	69.00	126.35	126.35	

(4) 재하시험 대상경간 및 센서 부착위치

1) 재하시험 대상경간의 선정

- ① 금회 안전성평가 대상에 초기치 확보가 가능한 위치선정
- ② 구조적으로 최대 단면력이 발생하는 단면을 측정단면으로 선정
- ③ 외관조사 결과 상대적으로 상태가 불량한 경간 선정
- ④ 접근장비 및 게이지부착의 용이성
- ⑤ 교통통제의 최소화
- ⑥ 동적주행시험 시 충분한 가속거리 및 제동거리를 확보
- ⑦ 재하시험을 위한 기타 제반여건이 양호하며 안전을 고려

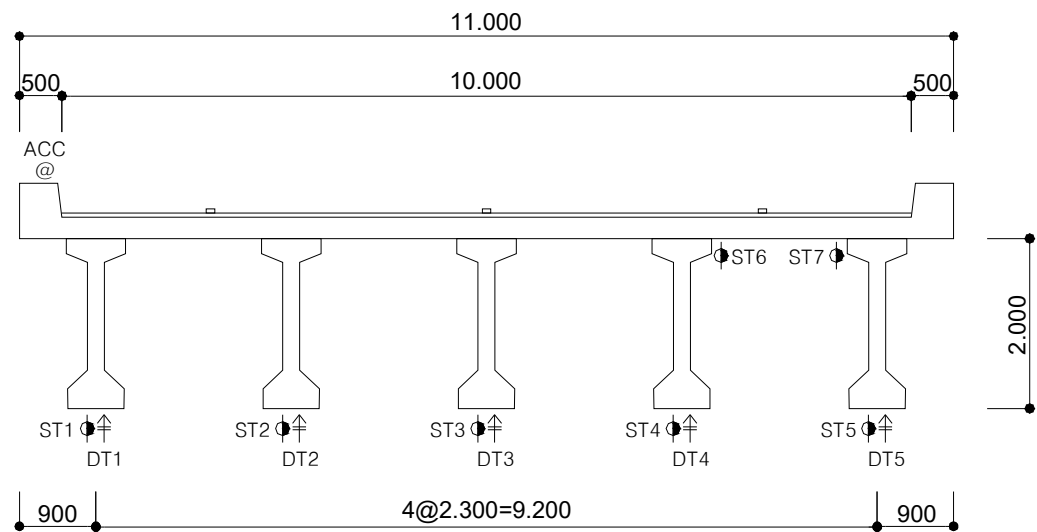
2) 재하시험 대상경간



재하시험 대상경간

〈그림 1.6.5〉 재하시험 대상경간 및 게이지 부착위치

3) 단면별 게이지 부착위치



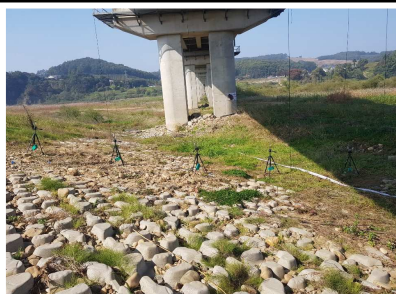
A-A 단면 정모멘트부

〈그림 1.6.6〉 단면별 게이지 부착 현황

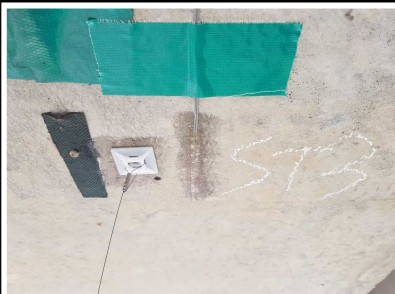
↑ : 처 짐 / ● : 변 형 른 / @ : 가속도계

〈표 1.6.4〉 센서의 종류

구분	센서명	센서 ID	센서 부착위치	측정내용
단면 A-A S3 정보멘트부	처짐계	Dt1	G1 거더하면	· S3 최대 처짐 측정
		Dt2	G2 거더하면	
		Dt3	G3 거더하면	
		Dt4	G4 거더하면	
		Dt5	G5 거더하면	
	변형률계	St1	G1 거더하면	· S3 최대 변형률(응력) 측정
		St2	G2 거더하면	
		St3	G3 거더하면	
		St4	G4 거더하면	
		St5	G5 거더하면	
		St6	G4 거더상면	
		St7	G5 거더상면	
	가속도계	Acc	S3 좌측 연석	· 고유진동수 측정



처짐 게이지 설치현황



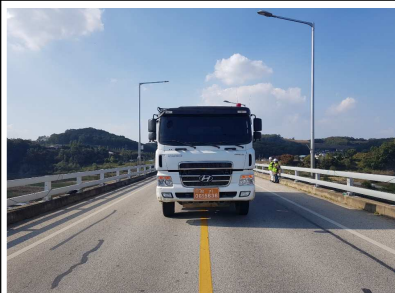
변형률 게이지 전경



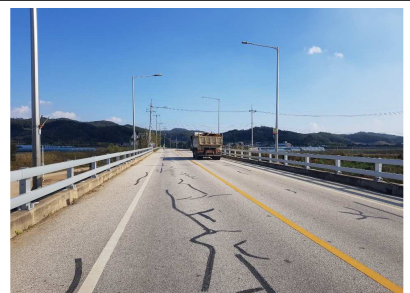
가속도 게이지 설치현황



재하시험 장비 운영현황



재하시험 차량(정적재하시험)



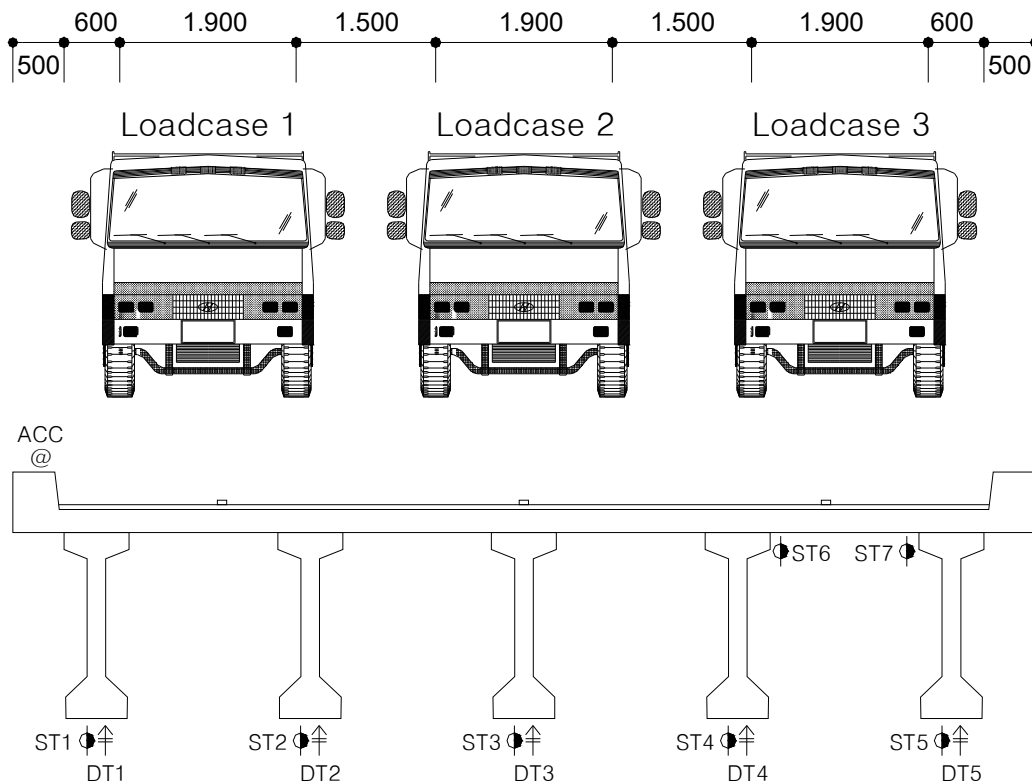
재하시험 차량(동적재하시험)

〈사진 1.6.1〉 재하시험 현황

(5) 하중 재하 경우

1) 정적재하시험 재하 경우

정적 재하시험에서는 259.6kN의 재하차량 1대를 이용하여 교량의 정모멘트에서 최대변형을 및 최대처짐 등 최대하중을 작용시켜 응답치를 얻고 횡분배의 특성을 가지도록 아래 그림과 같이 시험차량의 재하위치를 선정하였으며 재하위치에 따른 Load Case를 세분화하여 계획하였다.

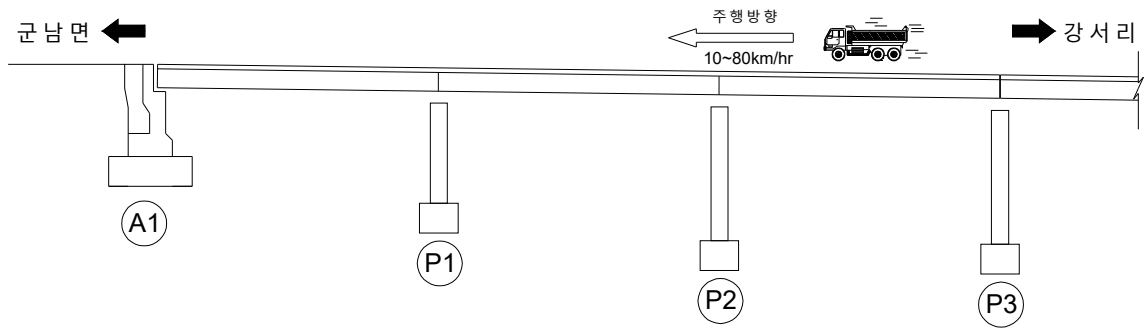


Load Case 1~3

<그림 16.7> 단면 A-A Load Case 1~3

2) 동적재하시험 재하 경우

동적주행시험은 대상교량의 동적거동을 측정하여 충격계수와 고유진동수 등을 산출함으로써 교량의 동적거동특성을 파악하기 위하여 실시하는 시험으로 시험차량의 최대 속도는 교량의 흐름, 가속구간의 확보 및 제동거리의 확보 등 안전사고를 고려하여 10km/hr부터 시작하여 10km/hr씩 단계적으로 증가하면서 80km/hr까지 주행하여 처짐 및 가속도 등을 측정한다.



a. 차량 주행 방향 (강서리 ➡ 군남면)

〈그림 1.6.8〉 동적재하시험시 차량 진행방향 및 위치

〈표 1.6.5〉 동적재하시험 재하 경우

하중 재하경우	주행속도 (km/hr)	주행방향	비 고
Load Case 1	10	A2 ➡ A1 (강서리 ➡ 군남면)	
Load Case 2	20		
Load Case 3	30		
Load Case 4	40		
Load Case 5	50		
Load Case 6	60		
Load Case 7	70		
Load Case 8	80		

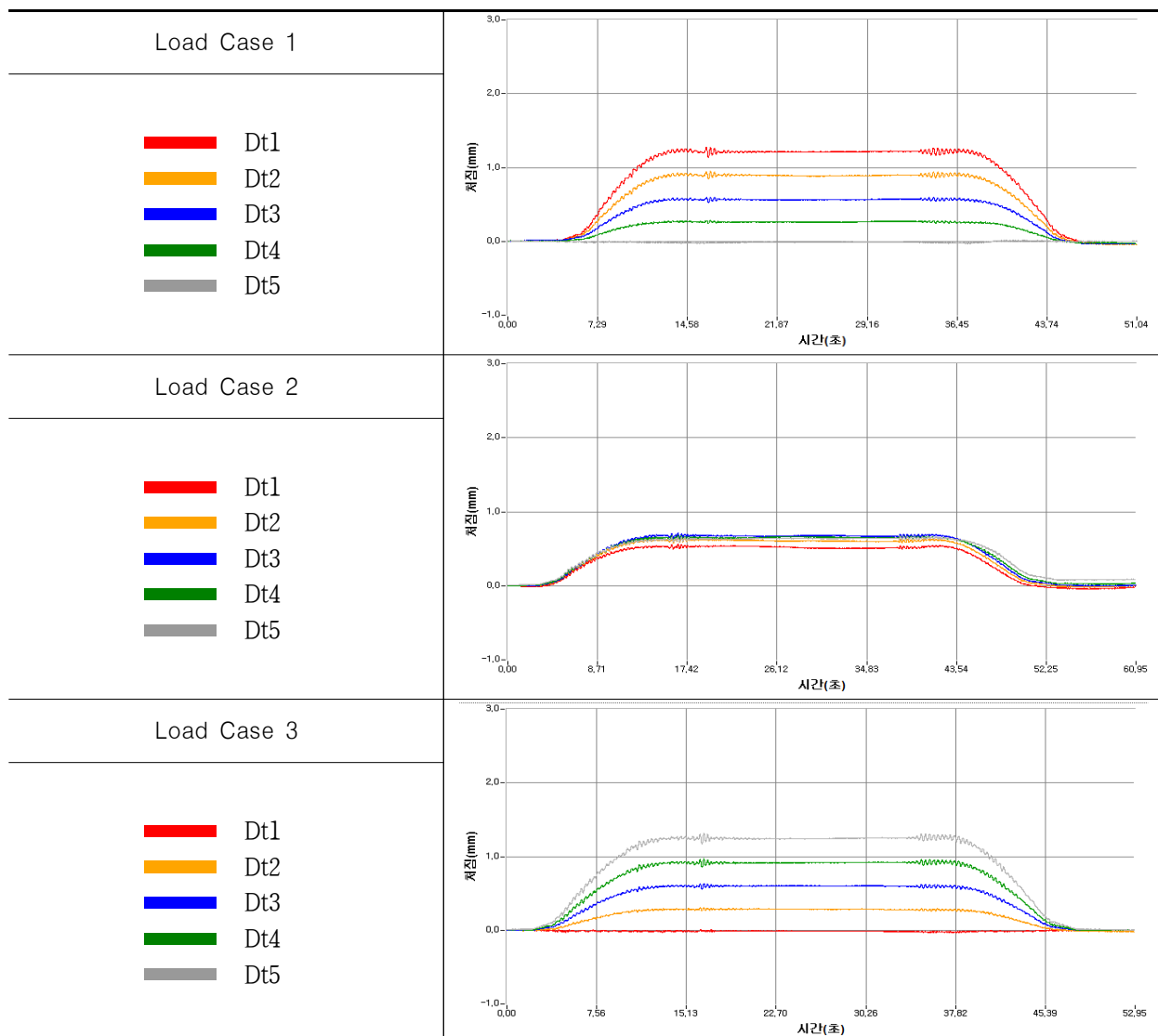
(6) 정적재하시험 결과

1) 정적재하시험 결과

① 처짐 측정결과

〈표 1.6.6〉 단면 A-A S3 정모멘트부 재하시 처짐(mm) 측정결과

구 분		L.C 1	L.C 2	L.C 3	비 고
단면 A-A S3 중양경간	Dt1	1.213	0.511	-0.014	
	Dt2	0.888	0.599	0.285	
	Dt3	0.564	0.669	0.597	
	Dt4	0.259	0.649	0.917	
	Dt5	-0.012	0.642	1.246	

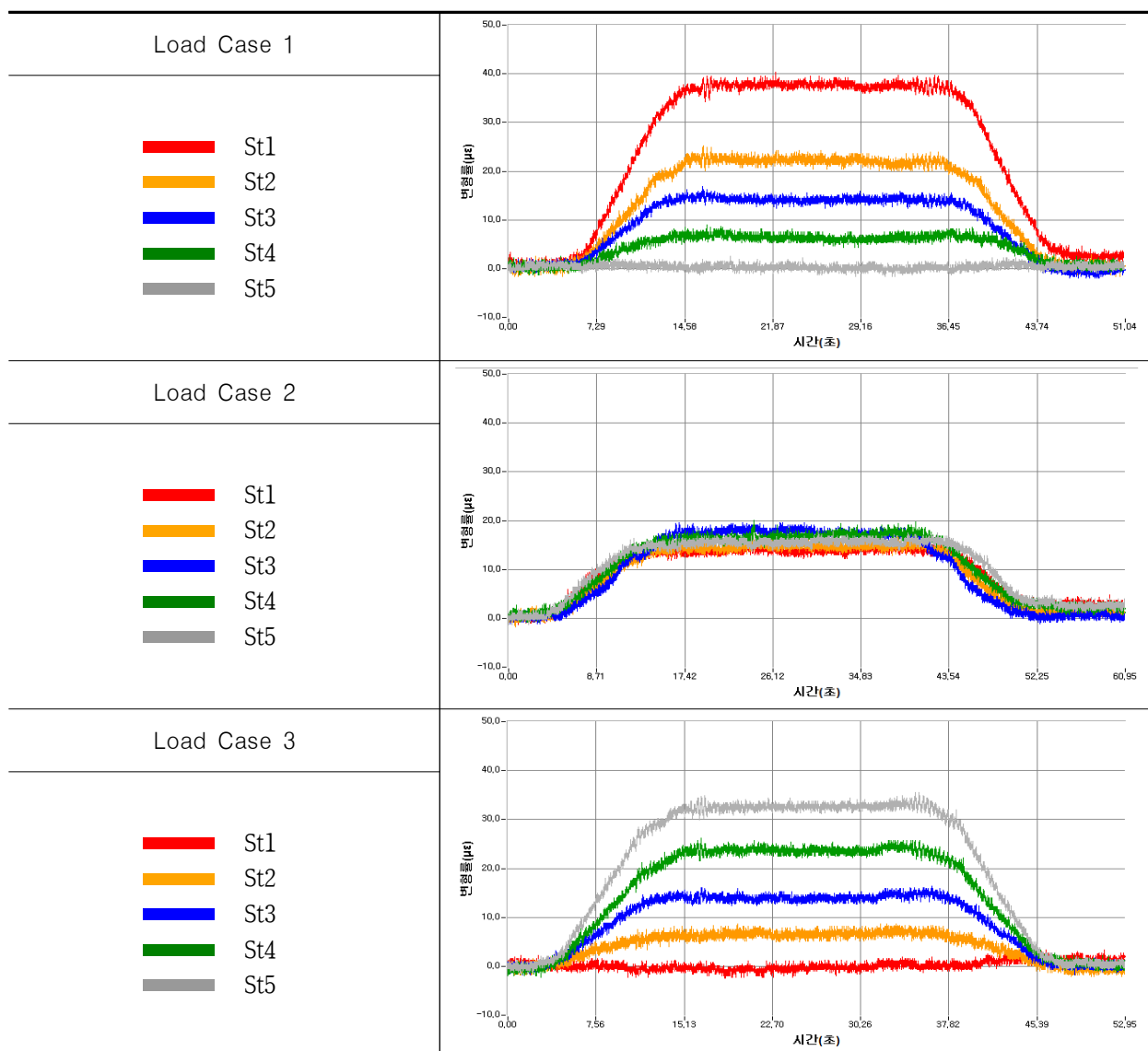


〈그림 1.6.9〉 단면 A-A 재하시 처짐 측정 데이터

② 변형률 측정결과

〈표 1.6.7〉 단면 A-A S3 정모멘트부 재하시 변형률($\mu\epsilon$) 측정결과

구 분			L.C 1	L.C 2	L.C 3	비 고
단면 A-A S3 중앙경간	거더 하연	St1	37.954	14.300	-0.268	G1
		St2	22.111	16.990	6.576	G2
		St3	14.002	17.037	13.757	G3
		St4	5.850	15.919	23.664	G4
		St5	0.028	15.671	33.760	G5
	거더 상연	St6	-0.998	-5.043	-5.255	G4
		St7	-2.057	-3.027	-4.475	G5



〈그림 1.6.10〉 단면 A-A 재하시 처짐 측정 데이터

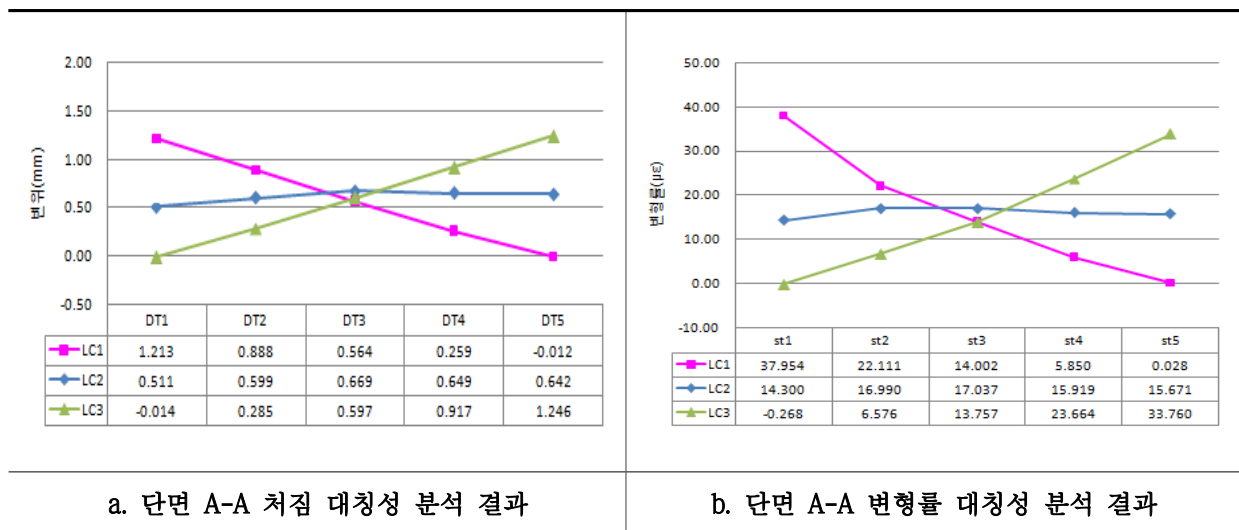
2) 구조적 거동 특성

교량부재에 하중 재하시 건전한 거동유무를 판단하며 현장에서 측정된 데이터를 토대로 얻어진 값들에 대한 신뢰성을 갖고 있는가를 확인하기 위해 대칭성 및 횡분배 분석을 수행하였다.

① 대칭성 및 횡분배 특성 분석

대칭성이란 대칭구조의 교량부재에 하중을 대칭으로 재하 시, 측정결과는 대칭성을 보여주게 되는데, 측정값이 합리적이고 충분한 신뢰성을 가지고 있다면 교량의 대칭거동 분석을 통해 구조물의 하중분배, 이상거동 유무를 판단하여 교량의 건전성을 판단하는 기초자료로 활용할 수 있다.

따라서 본 재하시험 측정 데이터를 이용한 대칭성 분석을 실시하여 현 상태의 교량 이상거동 유무를 검토하였으며 그 결과 다음 <그림 1.6.11>과 같다.



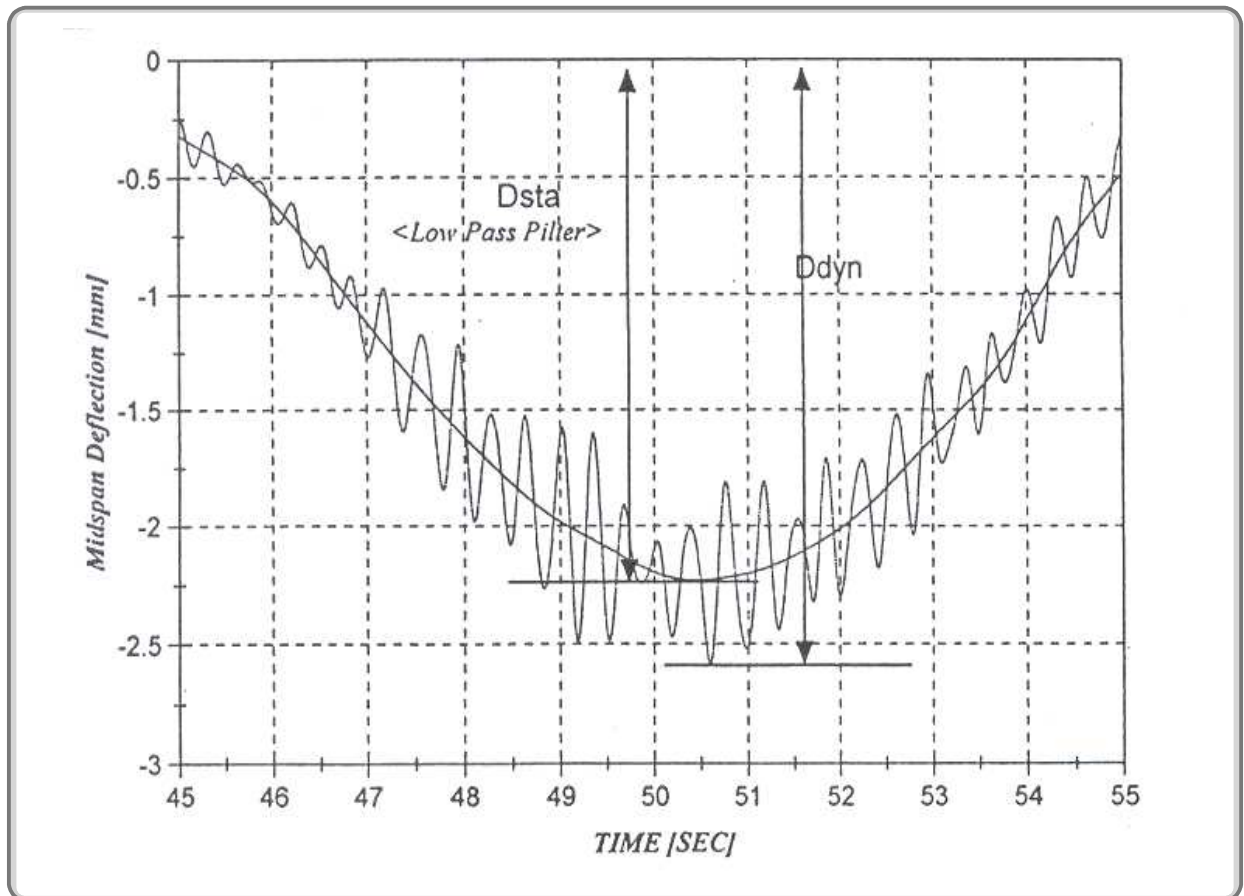
<그림 1.6.11> 대칭성 분석 결과

횡분배 분석 결과, <그림 1.6.11>을 보는바와 같이 하중 횡분배의 영향선은 이상이 없는 대칭선형을 보이고 있는 것으로 측정되었고, 미세한 센서의 차이 및 차량 재하시 재하 위치의 오차 등을 감안할 때 작용하중에 대한 거더가 부담하는 수직하중 분담율(횡분배율)은 양호한 상태인 것으로 판단된다.

(7) 동적재하시험 결과

1) 충격계수

교량의 노면상태, 차량의 주행속도, 지간장, 고정하중과 활하중비, 구조적 특성 등의 다양한 인자들로 인하여 정적하중에 비해 활하중에 의한 충격 정도를 본 교량에 더욱더 줄 수 있으므로 그 영향정도를 파악하기 위하여 동적 주행시험시 측정된 계측결과(처짐)를 이용하여 충격계수를 구하였다. 본 교량은 시험차량 속도를 10km/hr부터 60km/hr까지 10km/hr씩 변화시키면서 주행시험을 실시하여 얻어진 교량의 각 측정부재별 동적 최대응답치와 이를 Low Pass filtering하여 정적화한 응답곡선의 값과 비교하였다.



〈그림 1.6.12〉 처짐 이력곡선

$$\text{동적증폭율(Dynamic Load Factor)} : D.L.F = \frac{D_{dyn}(max)}{D_{sta}(max)}$$

$$\text{실측충격계수(Impact Factor)} : i = D.L.F - 1$$

① 실측 충격계수 획득 방법

- ① 방법 1 : 정적시험과 동적시험의 계측 결과를 비교하는 방법
- ② 방법 2 : 의사정적 시험의 동적응답곡선(Dynamic response)에서 동적효과를 제거한 정적효과(Filtered response)와 동적시험의 계측 결과를 비교하는 방법
- ③ 방법 3 : 동적재하시험의 동적응답곡선(Dynamic response)에서 충격효과를 제거한 곡선(Filtered response)과 동적계측 값을 비교하는 방법이 있다.
- ① 방법 1은 주행시험에서 운전자의 습관에 따라 주행경로의 오차로 인하여 오차 발생
 - ② 방법 2는 노면의 요철 등으로 오차 발생
 - ③ 방법 3은 계측된 동적 파형에서 직접적으로 산출하므로 안정적인 실측충격계수 분석을 제공 (세부지침해설서, 2012.12, 1-208)

② 적용

동적재하시험의 동적응답곡선(Dynamic response)에서 충격효과를 제거한 곡선(Filtered response)으로부터 최대 정적응답을 유추하였다.

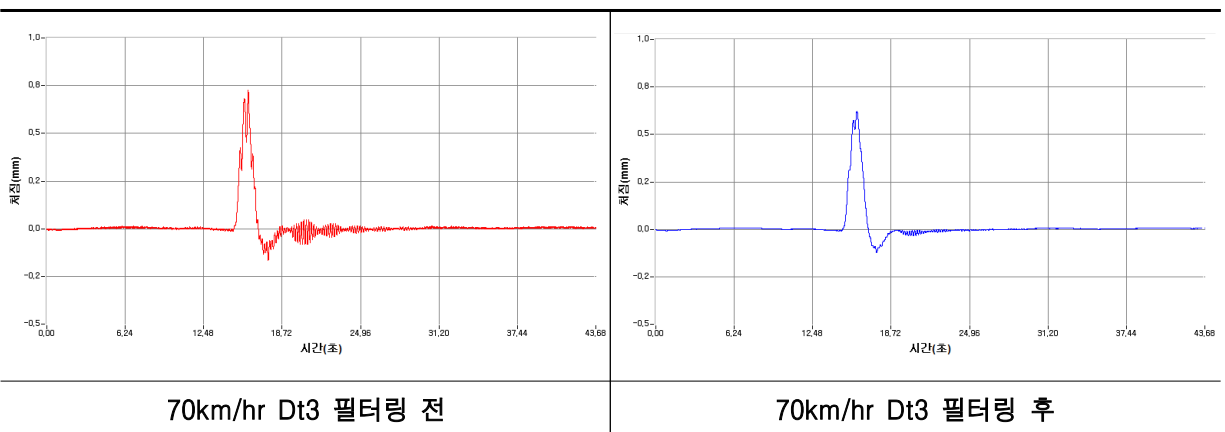
동적재하시험 결과 처짐에 대한 속도별 충격계수는 <표 1.6.9>와 같으며, 주행차량 위치에 설치된 게이지에 대하여 분석하였다. 이론충격계수 <표 1.6.8>과 비교시 작은 값으로 분석되었다.

<표 1.6.8> 복삼교 이론충격계수

구분	경간 위치	적용식	경간장(L)	이론충격계수
복삼교	S3	$i (\%) = \frac{15}{40 + L}$	30.0m	0.215

〈표 1.6.9〉 동적재하시험 처짐(mm) 측정결과 및 충격계수

구 분		주행 속도별 충격계수 (km/hr)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
DT1	δ dyn	1.010	1.026	0.934	0.976	1.022	1.043	1.096	1.047
	δ sta	0.951	0.979	0.895	0.902	0.961	0.931	0.959	0.914
	i	0.062	0.048	0.044	0.082	0.063	0.120	0.143	0.146
DT2	δ dyn	0.877	0.881	0.824	0.863	0.878	0.899	0.946	0.903
	δ sta	0.829	0.844	0.790	0.798	0.820	0.800	0.825	0.785
	i	0.058	0.044	0.043	0.081	0.071	0.124	0.147	0.150
DT3	δ dyn	0.682	0.673	0.640	0.680	0.691	0.695	0.725	0.694
	δ sta	0.645	0.645	0.611	0.627	0.646	0.623	0.623	0.607
	i	0.057	0.043	0.047	0.085	0.070	0.116	0.164	0.143



〈그림 1.6.13〉 동적재하시험 처짐 응답곡선

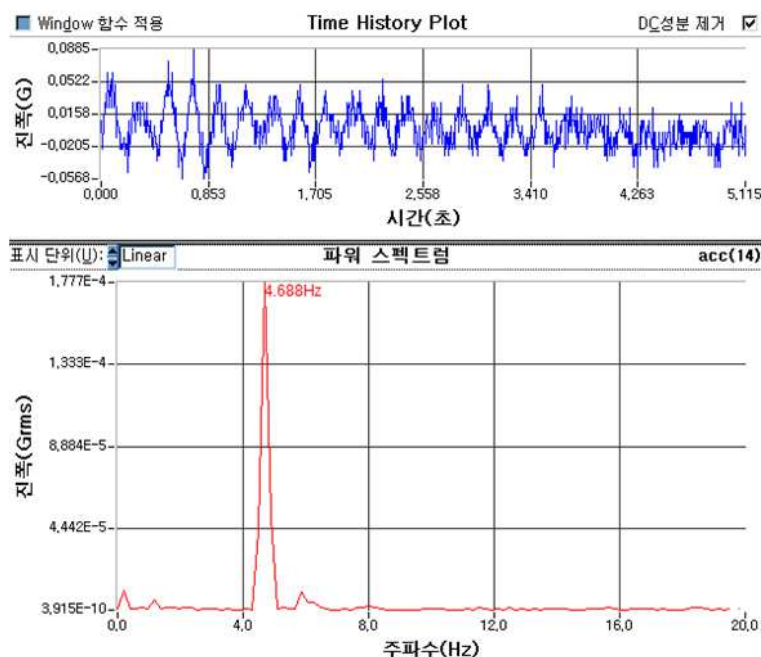
2) 고유진동수

진동테이터의 스펙트럼 해석이란 불규칙한 진동파형을 Fourier 변환하여 시간영역의 데이터를 진동수 영역의 데이터로 바꾸고, 진동파형에 포함되어있는 진동수 성분의 강도(F.F.T)를 구하는 것을 말하며 Window Function의 Hanning type 이용하여 교량에 설치한 가속도계로부터 재하차량이 측정경간을 벗어나 영향을 주지 않는 자유진동상태의 가속도 응답곡선을 이용하여 고유진동수를 구하였다.

구조물의 진동특성은 구조물의 질량과 강성에 관계되나 해석시 이상화된 해석모델과 달리 실제 구조물은 기하학적 형상이나 지지조건 및 부부재 등에 따라 매우 복잡한 진동을 하게 된다. <그림 1.6.14>는 계측결과 얻어진 구조물의 진동수를 나타낸 것이며 <그림 1.6.15>는 해석결과 제시된 구조물의 진동형상을 나타내었다.

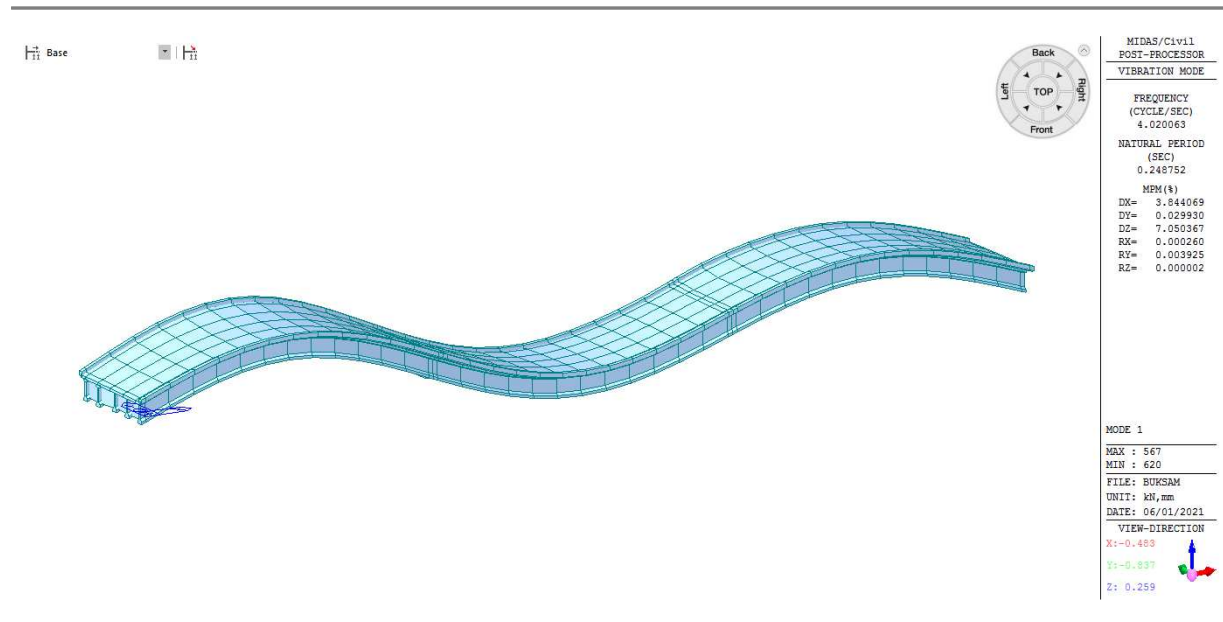
〈표 1.6.10〉 고유진동수 분석

구 분	10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	50km/hr	60km/hr	70km/hr	80km/hr
고유진동수	4.688	5.078	4.688	4.688	4.688	4.688	4.688	4.688



복삼교

〈그림 1.6.14〉 실측고유진동수(60km/hr)



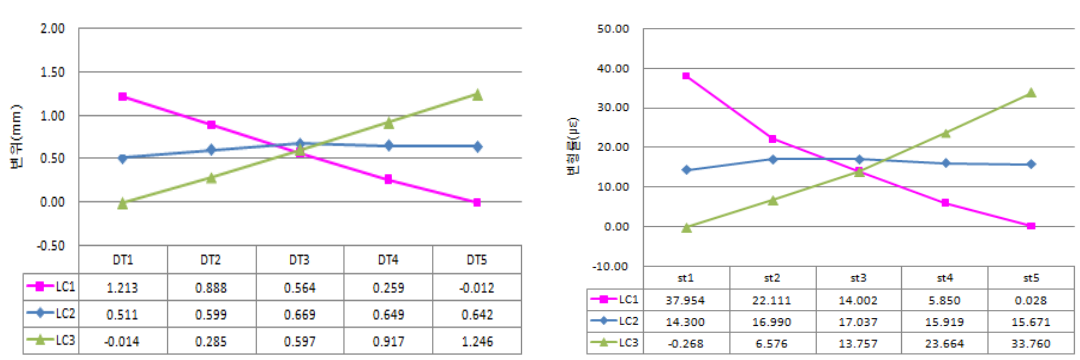
복삼교

〈그림 1.6.15〉 구조해석에 의한 진동형상

재하시험을 통한 대상경간의 실측 고유진동수는 4.688~5.078Hz으로 측정되어 해석치 4.020Hz와 비교시 상회하는 값으로 측정되었다.

(8) 재하시험 결과분석

〈표 1.6.11〉 재하시험 결과분석

구 분	분석결과	
재하경우별 처짐 및 변형률	· 덤프하중 - 시험 차량: 259.60 kN(설계하중의 약 60.1%)	
	구 분	측정 최대값
		처짐(mm) 변형률($\mu\epsilon$)
	S3	1.246 37.954
※ 처짐(mm) : (-)상향, (+)하향, 변형률($\mu\epsilon$) : (+)인장, (-)압축		
하 중 횡분배	 〈 S3경간 처짐에 의한 하중 횡분배 검토 〉 〈 S3경간 변형률에 의한 하중 횡분배 검토 〉	
	· 전반적으로 하중 횡분배는 양호한 것으로 판단됨	
중립축	· 계산 중립축 : 1,586~1,780 mm · 실측 중립축 : 1,637~1,766 mm ⇒ 거더와 바닥판의 합성거동 상태는 양호한 것으로 판단됨	
충격 계수	· 이론 충격계수 : S3 : 0.215 · 실측 충격계수 : S3 : 0.164 ⇒ 활하중에 의한 충격효과는 이론값보다 작게 발생되고 있는 것으로 분석됨	
고유 진동수	· 계산 진동수 : 4.020Hz · 실측 진동수 : 4.688~5.078Hz ⇒ 이론값보다 실측값이 크게 나타나 강성의 저하는 없는 것으로 판단됨	

(9) 전차 재하시험 결과 비교분석

2016년 실시된 정밀안전진단과 금회 정밀안전진단에서 실시한 재하시험 결과를 비교분석하였다.

〈표 1.6.12〉 재하시험 결과 비교분석

구 분		2011년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단	2020년 정밀안전진단	비 고
경간선정	시험경간	S1~ S2 (중점⇒시점)	S3 (시점⇒중점)	S3 (중점⇒시점)	금회차하중 2011 (88.0%) 2016 (90.5%)
	시험차량 (kN)	총중량 : 295.10 1 축 : 67.80 2,3축 : 114.15	총중량 : 287.000 1 축 : 77.480 2,3축 : 10.476	총중량 : 259.60 1 축 : 69.00 2,3축 : 126.35	2016년 하중 2011 (97.3%)
정적 재하시험	횡방향거동	처짐 및 변형률 양호	처짐 및 변형률 양호	처짐 및 변형률 양호	횡방향거동 및 중립축 양호 2016년 하중대비 처짐 및 변형률 크게 발생됨
	중립축 (mm)	하연부터 S1 : 1.688~1.846 S2 : 1.823~1.900	하연부터 1.604	하연부터 1.637~1.766	
	최대처짐 (mm)	S1 : 1.920 S2 : 1.690	2.539	1.246	
	최대변형률 ($\mu \epsilon$)	S1 : 30.590(G4) S2 : 28.950(G2)	49.800	37.954	
동적 재하시험	실측충격계수	실측 : 0.166(S1) 0.155(S2) 이론 : 0.215	실측 : 0.125 이론 : 0.215	실측 : 0.164 이론 : 0.215	이론치 보다 작게 분석됨
	고유진동수 (Hz)	실측:4.207~4.345 이론 : 4.234	실측:3.39~4.02 이론 : 3.446	실측:4.688~5.078 이론 : 4.020	2021년 실측치가 이론치보다 큼

1.6.3 PSCI Girder 안전성 검토

가. 구조해석시 적용 조건

1) 일반조건

- ① 구조형식 : PSCI Girder교
- ② 교량연장 : $L = 7@ (3@30) = 630.0\text{m}$
- ③ 교량폭원 : $B = 11.0\text{m}$
- ④ 주형간격 : 2.3m
- ⑤ 활 하 중 : 1등교 (DB-24, DL-24)
- ⑥ 충격계수 : $i = \frac{15}{40+L} < 0.3$

⑦ 단위중량

- 철근콘크리트 : 25.0kN/m^3
- Ascon 포 장 : 23.0kN/m^3
- 강 재 : 78.5kN/m^3

2) 재료의 허용응력

① 콘크리트

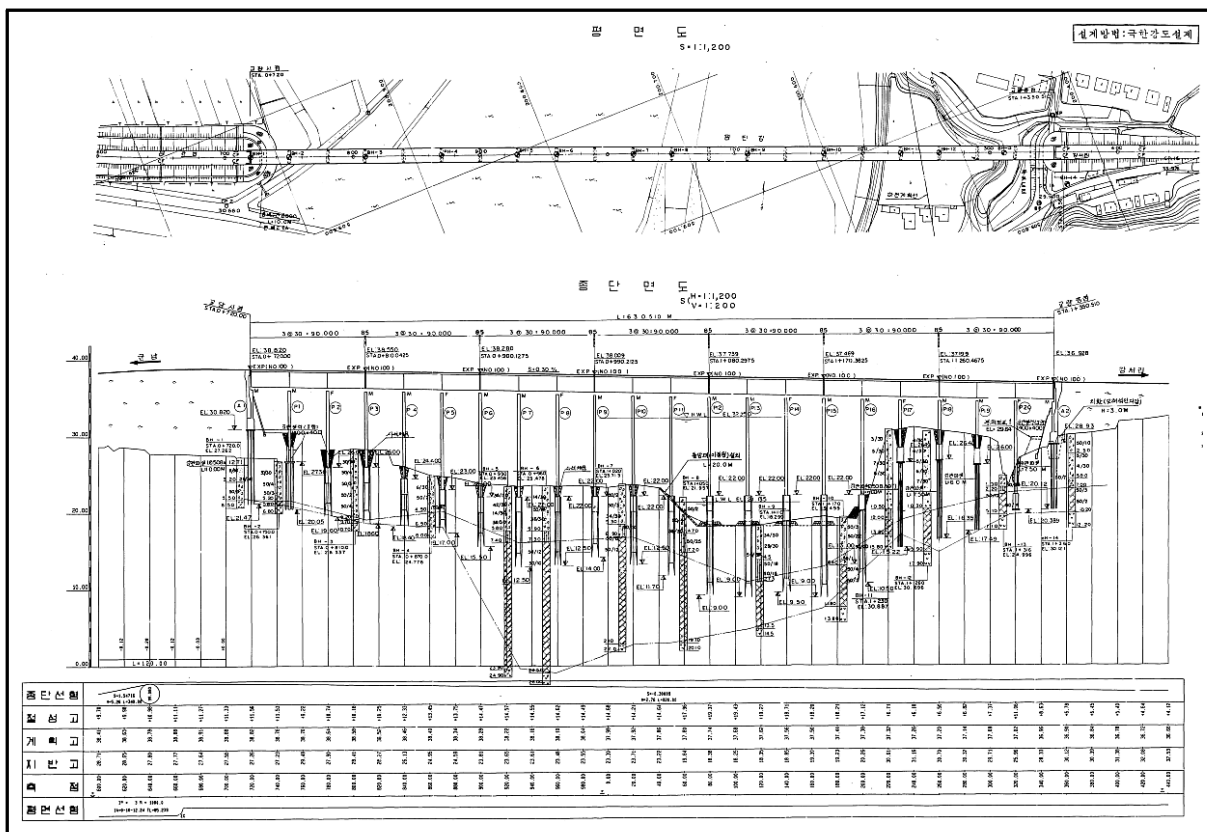
- $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$ (바닥판), $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$ (PSCI Girder)
- $E_c = 28,693 \text{ MPa}$ (바닥판), $E_c = 31,879 \text{ MPa}$ (PSCI Gierder)

② PC 강연선(SWPC 7B, 12.7mm)

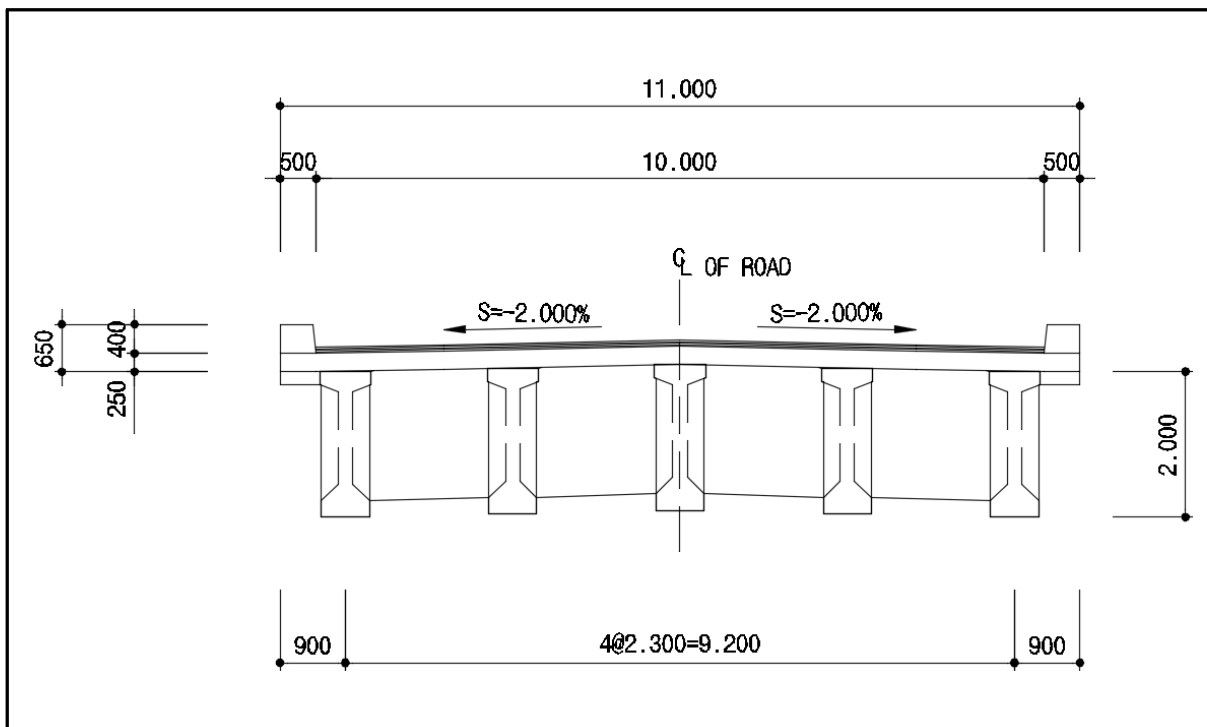
- 사용강선 : $\phi 12.7\text{mm} \times 12-4\text{ea}$
- 단 면 적 : $A_p = 98.71 \times 12 \times 4\text{ea} = 1,184.52 \times 4 = 4,738.08 \text{ mm}^2$
- 응 력 : $f_{pu} = 1,900 \text{ MPa}$, $f_{py} = 1,600 \text{ MPa}$
- 탄성계수 : $200,000 \text{ MPa}$
- 파상마찰계수 : $k = 0.0050 \text{ 1/m}$
- 곡률마찰계수 : $\mu = 0.2500 \text{ 1/rad}$

③ 철근

- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $E_s = 200,000 \text{ MPa}$



〈그림 1.6.16〉 종·평면도



〈그림 1.6.17〉 횡단면도

나. 바닥판 검토

콘크리트 바닥판의 콘크리트 압축강도는 비파괴압축강도 시험결과에서 검토된 바와 같이 평균 측정강도가 설계 기준강도 27MPa를 상회하는 것으로 측정되었으며, 해석상의 안전율을 고려하여 교량의 바닥판 검토시 적용기준강도는 설계기준강도인 27MPa를 적용하였다.

1) 중앙부

① 고정하중 모멘트

$$\cdot \text{철근콘크리트} : 0.25\text{m} \times 25.0 \text{ kN/m}^3 = 6.250 \text{ kN/m}^2$$

$$\cdot \text{아스팔트포장} : 0.08\text{m} \times 23.0 \text{ kN/m}^3 = 1.840 \text{ kN/m}^2$$

$$M_d = (1 / 10) \times 8.09 \times 1.600^2 = 2.071 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

② 활하중(DB-24)모멘트

$$\cdot \text{지간} : L = 1.600\text{m}$$

$$\cdot \text{활하중 모멘트} : M_{l+i} = \left(\frac{1.60+0.6}{9.6} \right) \times 96 \times (1+0.3) = 28.600 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\text{연속바닥판이므로 } M_{l+i} = 0.8 \times 28.600 = 22.880 \text{ kNm/m}$$

③ 극한 모멘트의 검토

$$\cdot M_u = 1.3M_d + 2.15(M_l + i) = 1.3 \times 2.071 + 2.15 \times 22.880 = 51.884 \text{ kNm/m}$$

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

$$\cdot \text{철근의 항복강도} : f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\cdot H = 250.0 \text{ mm}, \quad B = 1000.0 \text{ mm}, \quad D = 210.0 \text{ mm}, \quad D_c = 50.0 \text{ mm}$$

$$\cdot \text{철근비} : \rho = 0.00794, \quad \rho_{\min} = 0.00350, \quad \rho_{\max} = 0.02089 \quad \therefore \rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

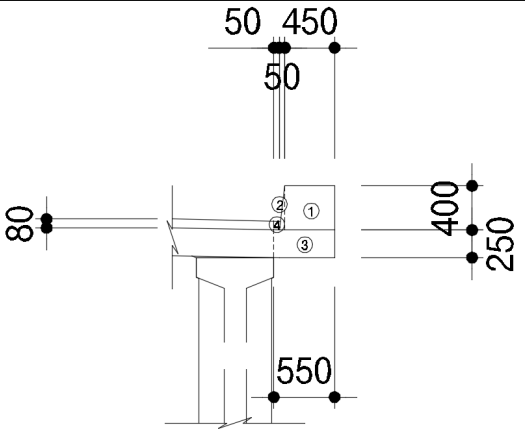
$$\cdot \text{등가깊이} : a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} = \frac{1588.8 \times 400}{0.85 \times 27 \times 1,000} = 27.692 \text{ mm}$$

·저항극한모멘트 :

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 100.559 \text{ kNm} > M_u = 51.884 \text{ kNm} \quad \therefore O.K$$

2) 캔틸레버부

① 고정하중 모멘트

	No.	작용하중(kN)	거리(m)	모멘트(kN·m)
	①	4.500	0.325	1.463
	②	0.250	0.083	0.021
	③	3.438	0.275	0.945
	④	0.092	0.025	0.002
	합계	8.280	-	2.431

· 총 고정하중 모멘트 : $M_d = 2.431 \text{ kN}\cdot\text{m}$

② 활하중(DB-24)모멘트

· 캔틸레버의 지간이 미소하여 활하중은 작용하지 않는다.

③ 충돌하중 모멘트

· 작용높이 : 1.205m

$$P_o = (V/60)^2 \times 7.50 + 2.50 = (40/60)^2 \times 7.50 + 2.50 = 7.029 \text{ kN/m}$$

$$M_o = 1.205 \times 5.833 = 7.029 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

· 작용높이 : 0.525m

· 직선부는 10kN/m 곡선부($R \leq 200\text{m}$)는 20kN/m 를 적용

$$M_o = 0.525 \times 10.00 = 5.250 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

· 적용 모멘트

$$M_o = 7.029 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

④ 풍하중 모멘트

· 작용높이 : 0.320m, 작용하중 : 3.000kN/m^2

$$P_w = 3.000 \times 0.320 = 0.960 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 0.960 \times \left(\frac{0.320 + 0.250}{2} + 0.080 \right) = 0.350 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

⑤ 하중조합 및 결과

〈표 1.6.13〉 하중조합 및 결과

하중조합	고정하중	활하중	충돌하중	풍하중	조합결과(kNm)
Case 1	1.30	2.15	-	-	3.160
Case 2	1.30	1.30	1.30	-	12.298
Case 3	1.30	-	-	1.30	3.616
Case 4	1.30	1.30	-	0.65	3.388
Case 5	1.20	-	1.20	1.20	11.773
Case 6	1.30	-	-	1.30	3.616

⑤ 극한 모멘트의 검토

·사용철근량 : $A_s = 1,588.8\text{mm}^2$ (H16@125)

·철근의 항복강도 : $f_y = 400\text{MPa}$

·H = 250.0mm, B = 1000.0mm, D = 250.0mm, Dc = 60.0mm

·철근비 : $\rho = 0.00836$, $\rho_{\min} = 0.00350$, $\rho_{\max} = 0.02089$ $\therefore \rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

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

·저항극한모멘트 :

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 95.157 \text{ kNm} > M_u = 12.298 \text{ kNm} \quad \therefore O.K$$

다. 거더의 검토

1) 개 요

안전성검토 대상구간은 3경간 연속 PSCI Girder교 형식으로, 구조해석시 범용해석 프로그램인 SAP2000을 이용하여 상부구조의 안전성 여부를 검토하였다.

2) 단면상수 산정

① 유효폭 산정

· 외측 Girder

--

· 내측 Girder

--

② 단면상수

〈표 1.6.14〉 검토단면 거더 단부 단면상수

구 분	순단면	P.S 강연선 환산단면적	바닥판 환산	
			외측	내측
A	1313675.22	1343400.53	1804686.06	1860940.39
y _{st}	-	-	959.68	934.44
y _t	993.82	996.28	709.68	684.44
y _b	-1006.18	-1003.72	-1290.32	-1315.56
I ₃₃	443144703497.56	443504013309.73	877625597292.57	915925310973.85
I ₂₂	48766698666.67	48766698666.67	179639147132.83	233595715133.38
Z _{st}	-	-	914502536.16	980182106.18
Z _t	445900764.68	445160363.73	1236657750.34	1338203387.92
Z _b	440422502.82	441859943.08	680158779.27	696226787.21
e _p	111.18	108.72	395.32	420.56
Z _p	3985799402.49	4079293327.85	2220012672.65	2177891557.76
K	0.00	0.00	10677083333.33	11979166666.67

〈표 1.6.15〉 검토단면 거더 중앙부 단면상수

구 분	순단면	P.S 강연선 환산단면적	바닥판 환산	
			외측	내측
A	657715.22	687440.53	1148726.06	1204980.39
y _{st}	-	-	834.45	801.33
y _t	1023.02	1060.51	584.45	551.33
y _b	-976.98	-939.49	-1415.55	-1448.67
I ₃₃	320391338735.66	341768542264.71	732138643895.05	759423738607.63
I ₂₂	14216459585.34	14216459585.34	145088908051.51	199045476052.06
Z _{st}	-	-	877390092.49	947704169.97
Z _t	313183003.94	322269553.67	1252695622.95	1377439650.37
Z _b	327939310.08	363779073.26	517211633.34	524221330.13
e _p	866.98	829.49	1305.55	1338.67
Z _p	369547159.08	412020121.63	560789668.32	567297177.29
K	8277540000.00	8277540000.00	18954623333.33	20256706666.67

3) 하중 산정

① 고정하중

· 거더본체 중량 및 가로보 중량

거더본체 중량	$593.15 / 29.100$	= 20.383kN/m
시점부 단부 가로보	$0.4 \times 1.770 \times 25.000$	= 17.700kN/m
종점부 단부 가로보	$0.4 \times 1.770 \times 25.000$	= 17.700kN/m
일반부 가로보	$0.3 \times 1.770 \times 25.000$	= 13.275kN/m
중간지점부 가로보	$1.300 / 2 \times 1.770 \times 25.000$	= 28.763kN/m

· 외측거더에 작용하는 슬래브 자중 : 13.957kN/m

· 내측거더에 작용하는 슬래브 자중 : 15.724kN/m

· 거더에 작용하는 합성후 고정하중

G1,G5	7.712kN/m	G2,G4	0.953kN/m	G3	3.696kN/m
-------	-----------	-------	-----------	----	-----------

② 활하중

〈DB 하중〉

(단위:kN/m)

구분	G1	G2	G3	G4	G5
DBL-1	0.964	1.136	-0.125	0.031	-0.005
DBL-2	0.915	1.532	1.345	0.243	-0.035
DBL-3	0.911	1.552	1.266	1.603	0.668
DBR-1	-0.005	0.031	-0.125	1.136	0.964
DBR-2	-0.035	0.243	1.345	1.532	0.915
DBR-3	0.668	1.603	1.266	1.552	0.911

〈DL 하중〉

(단위:kN/m)

구분	G1	G2	G3	G4	G5
DLL-1	1.434	1.732	-0.208	0.051	-0.008
DLL-2	1.371	2.265	2.099	0.304	-0.040
DLL-3	1.365	2.303	1.949	2.387	0.996
DLR-1	-0.008	0.051	-0.208	1.732	1.434
DLR-2	-0.040	0.304	2.099	2.265	1.371
DLR-3	0.996	2.387	1.949	2.303	1.365

③ 지점침하

· 합성후 단면에 대하여 각 지점 위치별 10mm의 부등침하를 조합하여 적용

4) 격자 해석결과

① G1 전단력 및 휨 모멘트(단위:kN)

구분	합성전		합성후		
	거더자중	고정하중	고정하중	활하중	지점침하
전단력	299.084	212.931	101.514	325.098	68.878
모멘트	2191.862	1622.391	327.249	1739.025	509.307

② G2 전단력 및 휨 모멘트(단위:kN)

구분	합성전		합성후		
	거더자중	고정하중	고정하중	활하중	지점침하
전단력	299.218	225.717	48.988	449.095	71.565
모멘트	2193.262	1582.938	330.264	1583.263	528.076

③ G3 전단력 및 휨 모멘트(단위:kN)

구분	합성전		합성후		
	거더자중	고정하중	고정하중	활하중	지점침하
전단력	299.267	224.009	64.788	384.700	71.547
모멘트	2193.830	1591.090	262.420	1533.612	528.217

④ G4 전단력 및 휨 모멘트(단위:kN)

구분	합성전		합성후		
	거더자중	고정하중	고정하중	활하중	지점침하
전단력	299.218	225.717	48.988	449.095	71.565
모멘트	2193.262	1582.938	330.264	1583.263	528.076

⑤ G5 전단력 및 휨 모멘트(단위:kN)

구분	합성전		합성후		
	거더자중	고정하중	고정하중	활하중	지점침하
전단력	299.084	212.931	101.514	325.098	68.878
모멘트	2191.862	1622.391	327.249	1739.025	509.307

5) Girder 검토

① 외력에 의한 응력 계산

- G1 응력 계산

구분	모멘트 (kN.m)	단면계수 (㎡)	콘크리트 단면 휨 응력 (MPa)				PS강연선 응력 (MPa)
			바닥판 상면	거더		PSC강선 도심위치	
				상면	하면		
거더자중	2191.862	0.3132		6.999			
		0.3279			-6.684		
		0.3695				-5.931	
합성전 고정하중	1622.391	0.3223		5.034			
		0.3638			-4.460		
		0.4120				-3.938	-24.704
합성후 고정하중	327.249	0.8774	0.373				
		1.2527		0.261			
		0.5172			-0.633		
		0.5608				-0.584	-3.661
활하중	1739.025	0.8774	1.982				
		1.2527		1.388			
		0.5172			-3.362		
		0.5608				-3.101	-19.455
지점침하	509.307	0.8774	0.580				
		1.2527		0.407			
		0.5172			-0.985		
		0.5608				-0.908	-5.698
계	6389.835		2.936	14.089	-16.123	-14.462	-53.517

- G2 응력 계산

구분	모멘트 (kN.m)	단면계수 (m^3)	콘크리트 단면 휨 응력 (MPa)				PS강연선 응력 (MPa)
			바닥판 상연	거더		PSC강선 도심위치	
				상연	하연		
거더자중	2193.262	0.3132		7.003			
		0.3279			-6.688		
		0.3695				-5.935	
합성전 고정하중	1582.938	0.3223		4.912			
		0.3638			-4.351		
		0.4120				-3.842	-24.103
합성후 고정하중	330.264	0.9477	0.348				
		1.3774		0.240			
		0.5242			-0.630		
		0.5673				-0.582	-3.652
활하중	1538.263	0.9477	1.671				
		1.3774		1.149			
		0.5242			-3.020		
		0.5673				-2.791	-17.509
지점침하	528.076	0.9477	0.557				
		1.3774		0.383			
		0.5242			-1.007		
		0.5673				-0.931	-5.840
계	6217.803		2.576	13.688	-15.697	-14.081	-51.104

- G3 응력 계산

구분	모멘트 (kN.m)	단면계수 (㎡)	콘크리트 단면 휨 응력 (MPa)				PS강연선 응력 (MPa)
			바닥판 상연	거더		PSC강선 도심위치	
				상연	하연		
거더자중	2193.830	0.3132		7.005			
		0.3279			-6.690		
		0.3695				-5.937	
합성전 고정하중	1591.090	0.3223		4.937			
		0.3638			-4.374		
		0.4120				-3.862	-24.227
합성후 고정하중	262.420	0.9477	0.277				
		1.3774		0.191			
		0.5242			-0.501		
		0.5673				-0.463	-2.902
활하중	1533.612	0.9477	1.618				
		1.3774		1.113			
		0.5242			-2.926		
		0.5673				-2.703	-16.960
지점침하	528.217	0.9477	0.557				
		1.3774		0.383			
		0.5242			-1.008		
		0.5673				-0.931	-5.842
계	6109.169		2.453	13.629	-15.497	-13.895	-49.931

- G4 응력 계산

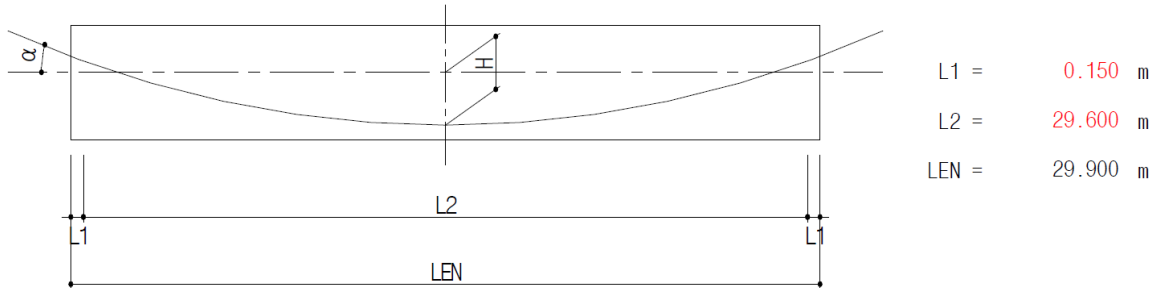
구분	모멘트 (kN.m)	단면계수 (m³)	콘크리트 단면 휨 응력 (MPa)				PS강연선 응력 (MPa)
			바닥판 상연	거더		PSC강선 도심위치	
				상연	하연		
거더자중	2193.262	0.3132		7.003			
		0.3279			-6.688		
		0.3695				-5.935	
합성전 고정하중	1582.938	0.3223		4.912			
		0.3638			-4.351		
		0.4120				-3.842	-24.103
합성후 고정하중	330.264	0.9477	0.348				
		1.3774		0.240			
		0.5242			-0.630		
		0.5673				-0.582	-3.652
활하중	1583.263	0.9477	1.671				
		1.3774		1.149			
		0.5242			-3.020		
		0.5673				-2.791	-17.509
지점침하	528.076	0.9477	0.557				
		1.3774		0.383			
		0.5242			-1.007		
		0.5673				-0.931	-5.840
계	6217.803		2.576	13.688	-15.697	-14.081	-51.104

- G5 응력 계산

구분	모멘트 (kN.m)	단면계수 (㎡)	콘크리트 단면 휨 응력 (MPa)				PS강연선 응력 (MPa)
			바닥판 상연	거더		PSC강선 도심위치	
				상연	하연		
거더자중	2191.862	0.3132		6.999			
		0.3279			-6.684		
		0.3695				-5.931	
합성전 고정하중	1622.391	0.3223		5.034			
		0.3638			-4.460		
		0.4120				-3.938	-24.704
합성후 고정하중	327.249	0.8774	0.373				
		1.2527		0.261			
		0.5172			-0.633		
		0.5608				-0.584	-3.661
활하중	1739.025	0.8774	1.982				
		1.2527		1.388			
		0.5172			-3.362		
		0.5608				-3.101	-19.455
지점침하	509.307	0.8774	0.580				
		1.2527		0.407			
		0.5172			-0.985		
		0.5608				-0.908	-5.698
계	6389.832		2.936	14.089	-19.123	-14.462	-53.517

6) 프리스트레스에 의한 응력 계산

① PS 강연선의 배치



NO	Hend	Hmiddle	H	l	a	α	L
1	1.500	0.200	1.300	29.600	0.0059	0.1739	29.752
2	1.086	0.080	1.006	29.600	0.0046	0.1351	29.691
3	0.700	0.080	0.620	29.600	0.0028	0.0836	29.635
4	0.294	0.080	0.214	29.600	0.0010	0.0289	29.604
계				118.400		0.4215	118.681
평균				29.600		0.1054	29.670

② PS 강연선과 쉬스 사이의 마찰에 의한 손실량

$x = L / 2 = 29.670 / 2 = 14.835\text{m}$ (정착단에서 거더 중심까지의 강연선 평균길이)

곡률 마찰계수 $\mu = 0.250(1/\text{rad})$

파상 마찰계수 $k = 0.005(1/\text{m})$

$$k \times x + \mu + \alpha = 0.005 \times 14.835 + 0.250 \times 0.105 = 0.1005$$

$$\therefore \Delta f_{pf} = f_{pt1} (1 - e^{-(kx + \mu\alpha)}) = 1234.888 \times (1 - e^{-0.1005}) = 118.097 \text{ MPa}$$

③ 정착장치 활동량에 의한 손실량

· PS강연선과 쉬스 사이에 마찰이 있는 경우

$$\Delta l = \frac{A_{EP}}{A_P \times E_{ps}}$$

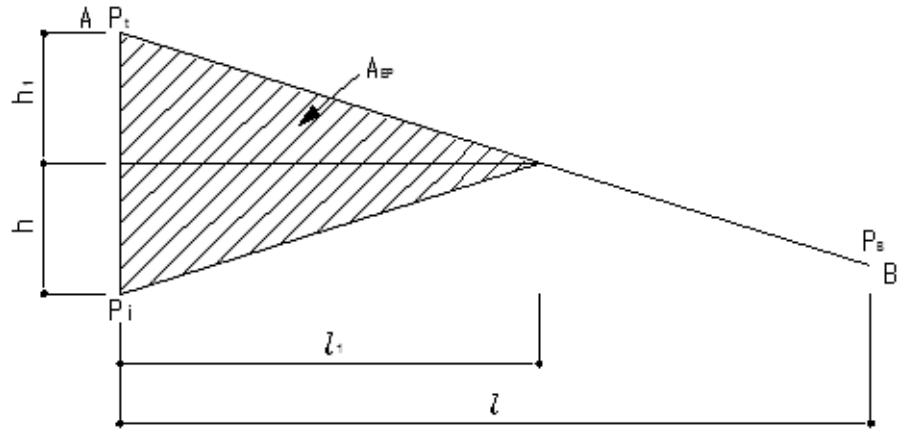
여기서, Δl : PS강재의 활동량(mm) [6.000mm]

A_{EP} : 빗금친 부분의 면적

A_p : PS강재의 단면적(mm^2) [4,738.080 mm^2]

E_p : PS강재의 탄성계수(MPa) [200,000 MPa]

$$\therefore A_{EP} = \Delta l \times A_P \times E_P = 6.0 \times 4738.080 \times 200000 = 5685.696 \text{ kN.m}$$



· 마찰에 의한 손실은 직선으로 변한다고 가정한다.

$$l = 14.835\text{m}$$

$$P_t = 1234.888 \times 4738.080 / 10^3 = 5851.000\text{kN}$$

$$P_B = (1234.888 - 118.097) \times 4738.080 / 10^3 = 5291.448\text{kN}$$

$$\Delta P_B = P_t - P_B = 5851.000 - 5291.448 = 559.552\text{kN}$$

$$l_1 : h_1 = 14.835 : 559.552 \Rightarrow h_1 = l_1 \times 559.552 / 14.835$$

$$A_{EP} = l_1 \times h_1 \times 2ea / 2$$

$$5685.696 = 559.552 / 14.835 \times l_1^2$$

$$\therefore l_1 = \sqrt{(5685.696 \times 14.835 / 559.552)} = 12.278\text{m}$$

∴ 정착 장치의 활동에 의한 손실이 중앙단면에는 영향을 미치지 않음

④ 콘크리트 탄성수축에 의한 손실량

$$f_{pel} = 0.5 \times \frac{E_{pss}}{E_{ci}} \times f_{cir} = 0.5 \times \frac{E_{pss}}{E_{ci}} \left(\frac{N-1}{N} f_{ctg'} + f_{dog} \right)$$

여기서, E_{pss} : PS 강연선의 탄성계수 (200,000.0 MPa)

E_{ci} : 프리스트레스 도입시의 콘크리트의 압축강도 (28,964.1 MPa)

f_{cir} : 프리스트레스 도입 직후 거더의 고정하중과 프리스트레스 힘에 의해 발생하는 긴장재 도심에서의 콘크리트 평균 압축응력

$f_{ctg'}$: 순단면에서 프리스트레스에 의한 PS 강연선 도심위치에서의 응력

f_{dog} : 거더 자중에 의한 PS 강연선 도심 위치에서의 응력

$$f_{pt} = f_{pt1} - f_{pf} - f_{ps} = 1234.888 - 118.097 = 1116.792 \text{ MPa}$$

$$P'_t = f_{pt} \times A_p \times N = 1116.792 \times 4738.080 = 5291.448 \text{ kN}$$

$$f_{ctg'} = \frac{P'_t}{A_c} + \frac{P'_t \times e_{p2}}{Z_{p2}} = \frac{5291.448}{657715.222} + \frac{5291.448 \times 866.984}{369547159.083} = 20.459 \text{ MPa (압축)}$$

$$f_{dog} = \frac{M_d}{Z_{p2}} = \frac{2193.830}{369547159.083} = -5.937 \text{ MPa (인장)}$$

$$f_{cir} = \frac{N-1}{N} f_{ctg'} + f_{dog} = \frac{3}{4} \times 20.459 - 5.937 = 9.408 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_{pel} = 0.5 \times \frac{E_{ps}}{E_{ci}} \times f_{cir} = 0.50 \times \frac{200000}{28964.1} \times 9.408 = 32.481 \text{ MPa}$$

⑤ PS 강연선의 초기 긴장응력

$$\begin{aligned} f_{pt} &= f_{pt1} - f_{pf} - f_{ps} - f_{pel} \\ &= 1234.888 - 118.097 - 0 - 32.481 = 1084.310 \text{ MPa} \end{aligned}$$

7) 프리스트레스의 시간적 손실 및 긴장재의 유효응력 결정

① 콘크리트 크리프에 의한 손실량

$$\therefore \Delta f_{pcr} = 12 \times f_{cir1} - 7 \times f_{cds}$$

(f_{cds} : 프리스트레스를 가할 당시 존재하는 고정하중을 제외한 모든 고정하중에 의해 발생하는 PS 강연선 도심에서의 콘크리트 평균 압축응력)

$$P_t = 1084.310 \times 4738.080 = 5137.549 \text{ kN}$$

$$f_{cir1} = \frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \times e_{p2}}{Z_{p2}} - \frac{M_d}{Z_{p2}}$$

구분	G1	G2	G3	G4	G5
f_{cir1} (MPa)	13.933	13.929	13.928	13.929	13.933
f_{cds} (MPa)	4.521	4.424	4.324	4.424	4.521
Δf_{pcr} (MPa)	135.548	136.183	136.863	136.183	135.548

② 콘크리트 건조수축에 의한 손실량

$$\therefore \Delta f_{psh} = 0.8 \times (119 - 1.05 \times H_r) = 36.400 \text{ MPa}$$

(H_r : 주위의 연평균 상대습도, 국내 평균 상대습도 = 70)

③ PS 강연선의 릴렉세이션에 의한 손실량

· 저릴렉세이션 강연선 사용

$$\therefore \Delta f_{pr} = 35 - 0.07 \times \Delta f_{pf} - 0.1 \times \Delta f_{pel} - 0.05 \times (\Delta f_{pcr} + \Delta f_{psh})$$

여기서, Δf_{pf} : 고려되는 시점인 $0.7f_{pu}$ 이하에서 마찰손실에 의한 응력 감소량

Δf_{pel} : 콘크리트 탄성수축에 의한 손실량

Δf_{pcr} : 콘크리트 크리프에 의한 손실량

Δf_{psh} : 콘크리트 건조수축에 의한 손실량

구분	G1	G2	G3	G4	G5
Δf_{pr} (MPa)	14.888	14.856	14.822	14.856	14.888

④ PS 강연선의 유효응력

$$f_{pe} = f_{pt} - \Delta f_{pcr} - \Delta f_{psh} - \Delta f_{pr}$$

$$\text{유효계수 } \eta = \frac{f_{pe}}{f_{pt}}$$

구분	G1	G2	G3	G4	G5
f_{pe} (MPa)	897.474	896.872	896.225	896.872	897.474
η	0.828	0.827	0.827	0.827	0.828

8) 프리스트레스의 영향을 고려한 재하단계별 응력계산

① 프리스트레스 도입 직후의 콘크리트 응력

· 프리스트레스에 의한 콘크리트 응력

$$P_t = f_{pt} \times A_p \times N = 1084.310 \times 4738.080 / 10^3 = 5137.549 kN$$

$$f_{ct} = \frac{P_t}{A_c} - \frac{P_t \times e_{p2}}{Z_{t2}} = -6.411 kN, f_{cb} = \frac{P_t}{A_c} + \frac{P_t \times e_{p2}}{Z_{b2}} = 21.394 kN$$

· 거더 자중에 의한 콘크리트 응력

$$f_{ct} = \frac{M_d}{Z_{t2}} = 7.005 kN, f_{cb} = \frac{M_d}{Z_{b2}} = -6.690 kN$$

∴ 프리스트레스 도입 직후의 콘크리트 응력

$$f_{ct}(\text{상면응력}) = -6.411 + 7.005 = 0.594 \text{ MPa}$$

$$f_{cb}(\text{하면응력}) = 21.394 + -6.690 = 14.704 \text{ MPa}$$

② 유효 프리스트레스

구분	G1	G2	G3	G4	G5
f_{ct} (MPa)	-5.306	-5.303	-5.299	-5.303	-5.306
f_{cb} (MPa)	17.707	17.695	17.683	17.695	17.707

③ 설계하중 작용시의 휨응력검토

· 외측거더 (G1)

(단위:MPa)

구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	거더 자중	계	유효 프리스트레스	총하중	계
PSC 거더	상연	-6.411	7.005	0.594	-5.306	14.089	8.783
	하연	21.394	-6.690	14.704	17.707	-16.123	1.584
PS콘크리트 허용응력		(인장) 1.32 < 계 < 16.80 (압축)			(인장) 3.16 < 계 < 18.00 (압축)		
바닥판						2.936	2.936
바닥판 콘크리트 허용응력					(인장) 0.00 < 계 < 10.80 (압축)		

· 외측거더 (G2)

(단위:MPa)

구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	거더 자중	계	유효 프리스트레스	총하중	계
PSC 거더	상연	-6.411	7.005	0.594	-5.303	13.688	8.385
	하연	21.394	-6.690	14.704	17.695	-15.697	1.998
PS콘크리트 허용응력		(인장) 1.32 < 계 < 16.80 (압축)			(인장) 3.16 < 계 < 18.00 (압축)		
바닥판						2.576	2.576
바닥판 콘크리트 허용응력					(인장) 0.00 < 계 < 10.80 (압축)		

· 외측거더 (G3)

(단위:MPa)

구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	거더 자중	계	유효 프리스트레스	총하중	계
PSC 거더	상연	-6.411	7.005	0.594	-5.299	13.629	8.330
	하연	21.394	-6.690	14.704	17.683	-15.497	2.186
PS콘크리트 허용응력		(인장) 1.32 < 계 < 16.80 (압축)			(인장) 3.16 < 계 < 18.00 (압축)		
바닥판						2.453	2.453
바닥판 콘크리트 허용응력					(인장) 0.00 < 계 < 10.80 (압축)		

· 외측거더 (G4)

(단위:MPa)

구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	거더 자중	계	유효 프리스트레스	총하중	계
PSC 거더	상연	-6.411	7.005	0.594	-5.303	13.688	8.385
	하연	21.394	-6.690	14.704	17.695	-15.697	1.998
PS콘크리트 허용응력		(인장) 1.32 < 계 < 16.80 (압축)			(인장) 3.16 < 계 < 18.00 (압축)		
바닥판						2.576	2.576
바닥판 콘크리트 허용응력					(인장) 0.00 < 계 < 10.80 (압축)		

· 외측거더 (G5)

(단위:MPa)

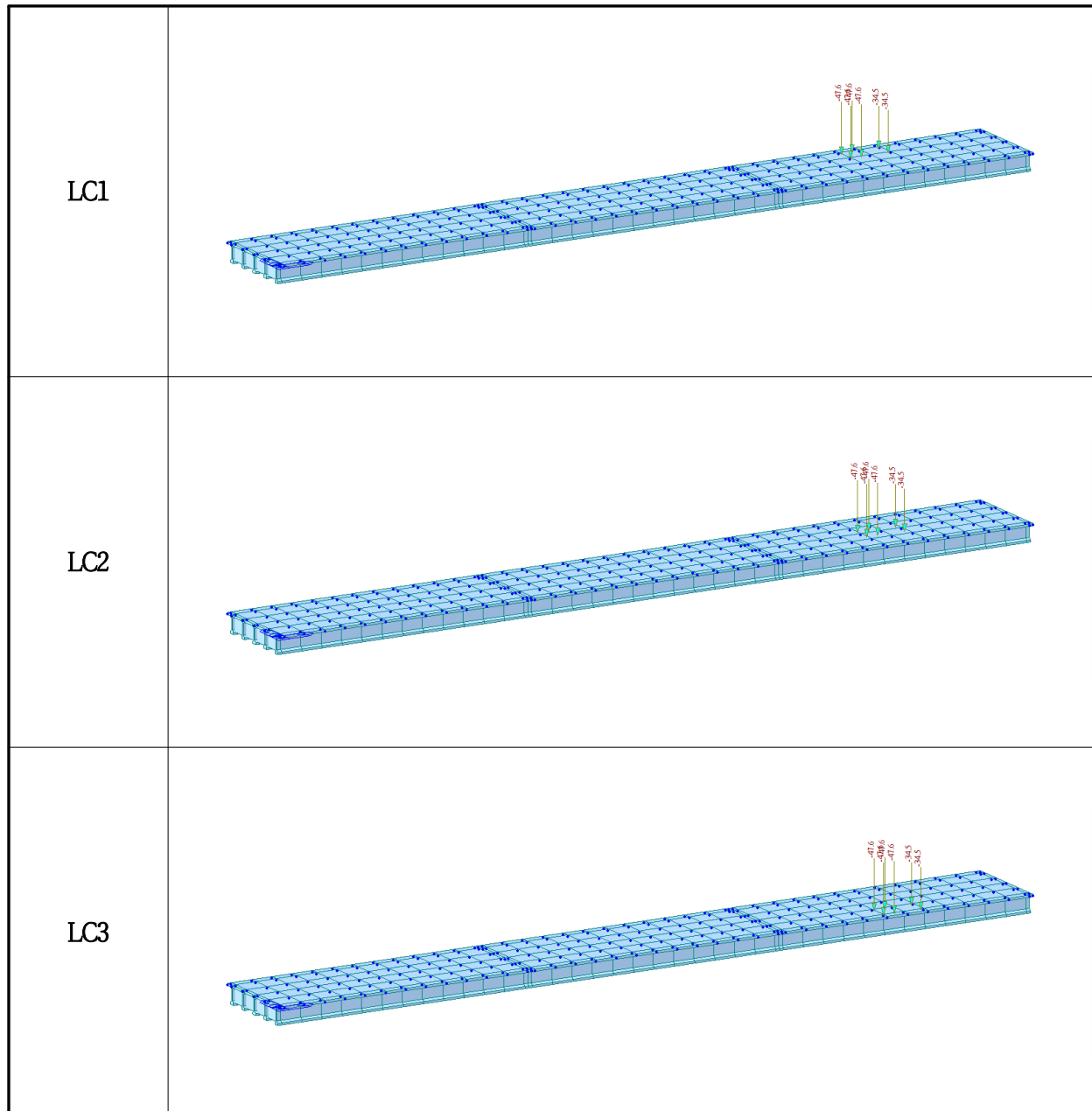
구분		프리스트레스 도입 직후			설계하중 작용시		
		프리스트레스	거더 자중	계	유효 프리스트레스	총하중	계
PSC 거더	상연	-6.411	7.005	0.594	-5.303	14.089	8.786
	하연	21.394	-6.690	14.704	17.707	-16.123	1.584
PS콘크리트 허용응력		(인장) 1.32 < 계 < 16.80 (압축)			(인장) 3.16 < 계 < 18.00 (압축)		
바닥판						2.936	2.936
바닥판 콘크리트 허용응력					(인장) 0.00 < 계 < 10.80 (압축)		

(-) : 인장 , (+) : 압축

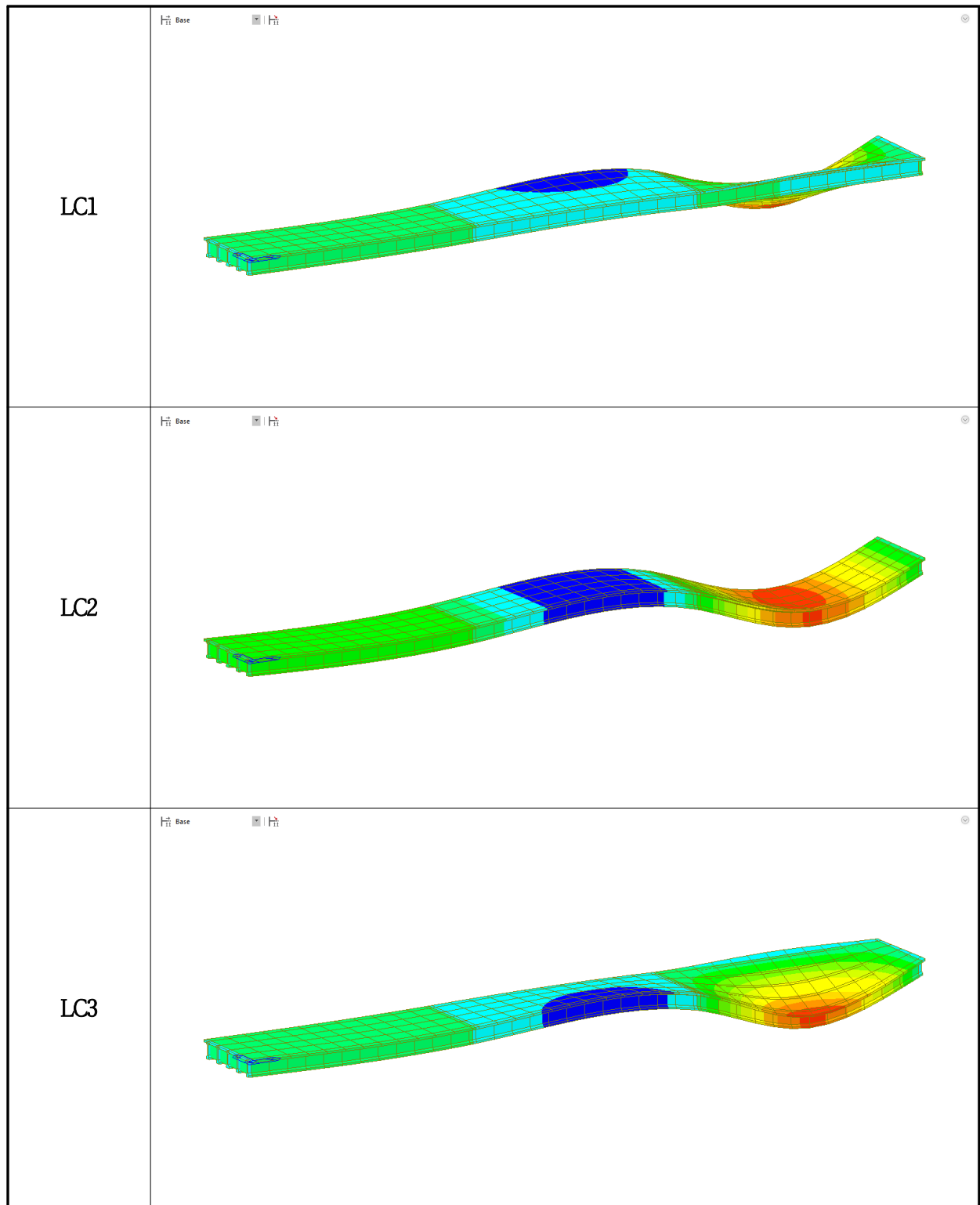
1.6.4 재하차량에 의한 구조해석

가. 모델링

공용내하력 산정 시 FEM 구조계산상의 응력과 정적재하시험 시 실측된 응력을 비교하기 위해 재하시험과 동일한 재하 하중경우에 대해 구조해석을 실시하였다. 실제 시험에 사용된 차량하중을 경우별로 재하하여 결과값을 얻었으며, <그림 1.6.4(a)>은 하중재하 Load Case를 나타낸 그림이다.



<그림 1.6.18> 하중재하 Load Case



〈그림 1.6.19〉 Load Case별 처짐

나. 처짐 검토

〈표 1.6.16〉 하중 재하 경우별 발생 처짐 비교

구 분	측정위치		계산 처짐(mm)	실측 처짐(mm)	비고
S3 중앙경간	LC1	Dt1	1.670	1.213	
		Dt2	1.435	0.888	
		Dt3	1.202	0.564	
		Dt4	0.982	0.259	
		Dt5	0.778	-0.012	
	LC2	Dt1	1.195	0.511	
		Dt2	1.222	0.599	
		Dt3	1.228	0.669	
		Dt4	1.169	0.649	
		Dt5	1.100	0.642	
	LC3	Dt1	0.823	-0.014	
		Dt2	0.954	0.285	
		Dt3	1.128	0.597	
		Dt4	1.373	0.917	
		Dt5	1.607	1.246	

*상향(-), 하향(+)

1.6.5 안전성 평가

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다.

가. 안전성평가 기준

〈표 1.6.17〉 구조물의 안전성 평가기준

등 급	안전성평가 기준	비 고
A	$SF > 1.0$	◦허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
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	$SF < 0.75$	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

나. 안전성 평가 결과

대상교량의 최대 단면력 발생위치에서 안전성 평가를 수행하였으며, 검토대상 대상위치의 발생응력이 허용응력 이내로서 안전성 평가기준에 의해 평가한 결과 $SF > 1.0$ 에 해당되어 대상교량의 안전성 평가등급은 ‘A’에 해당되는 것으로 분석되었다.

〈표 1.6.18〉 안전성 평가 결과 (거더)

[단위 : MPa]

구 분		발생응력	허용응력	안전율(S.F)	평가등급
외측	상연	8.783	-3.16(인장) < 발생응력 < 18.00(압축)	2.049	a
	하연	1.584		11.364	a
내측	상연	8.385		2.147	a
	하연	1.998		9.009	a

〈표 1.6.19〉 안전성 평가 결과 (바닥판)

[단위 : kN.m]

구 분		설계모멘트(ϕMn)	극한모멘트(Mu)	안전율(S.F)	평가등급
바닥판	중앙부	100.600	51.900	1.938	a
	캔틸레버부	95.200	12.300	7.740	a

1.6.6 내하력 평가

가. 개 요

평가대상 교량은 PSCI Girder교로 거더는 허용응력법에 의해 내하력을 평가하였다.

1) 허용응력법

허용응력법에 의한 교량 상부의 내하력 평가 시 하중조합은 D+L(1+i)를 사용하며 하중계수는 각각 1.0, 사용재료의 허용응력은 재료의 항복응력을 적용하여 도로교 표준시방서 규정에 의거하여 산정 하였다.

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

여기서, f_a : 허용응력

f_d : 고정하중에 의한 응력

f_l : 설계 활하중(DB-24, DL-24)에 의한 응력

i : 충격계수는 설계 충격계수를 적용한다.

2) 공용 내하력

$$\text{공용 내하력(P)} = K_s \times \text{RF} \times \text{Pr}$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}, \quad K_s = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

나. 기본 내하력 산정

1) 거더

① 내측경간 중앙부

구 분			f_a (MPa)	f_{d+ps} (MPa)	$f_l(1+i)$ (MPa)	내하율(RF)	비 고
S3	외측	상연	18.000	6.988	1.689	6.519	
		하연	-3.160	5.930	-4.092	2.222	
	내측	상연	18.000	6.853	1.398	7.972	
		하연	-3.160	6.026	-3.675	2.499	

다. 공용 내하력 산정

1) 응력 보정 계수

① 충격계수비

〈표 1.6.20〉 충격 계수비 산정

구 분	i(계산)	i(실측)	충격계수비	비고
S3	0.217	0.164	1.046	

② 처짐응답비

〈표 1.6.21〉 처짐 응답비 산정

구 분			계산처짐량(mm)	실측처짐량(mm)	처짐응답비	비 고
S3	LC1	G1	1.670	1.213	1.377	
		G2	1.435	0.888	1.616	
		G3	1.202	0.564	2.131	
		G4	0.982	0.259	3.792	
		G5	0.778	-0.012	-	
	LC2	G1	1.195	0.511	2.339	
		G2	1.222	0.599	2.040	
		G3	1.228	0.669	1.836	
		G4	1.169	0.649	1.801	
		G5	1.100	0.642	1.713	
	LC3	G1	0.823	-0.014	-	
		G2	0.954	0.285	3.347	
		G3	1.128	0.597	1.889	
		G4	1.373	0.917	1.497	
		G5	1.607	1.246	1.290	

2) 응답 보정계수

〈표 1.6.22〉 응답 보정계수 산정

구분	충격계수비	응답비	응답보정계수(Ks)	비고
S3	1.046	1.290	1.348	

3) 거더의 공용 내하력 평가

〈표 1.6.23〉 거더의 공용 내하력 평가

구분	기본내하율(RF)	응력보정계수(Ks)	기본내하력	공용내하력
외측거더	2.222	1.348	DB-24	DB-24이상
내측거더	2.499	1.348	DB-24	DB-24이상

1.6.7 구조해석 및 내하력 평가 결과

1) 상부구조에 대해 고정하중 및 활하중(DB-24, DL-24)를 적용하여 중요 위치별로 허용응력법으로 검토한 결과 각각의 단면은 모두 허용응력 이내로 소요강도를 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

2) 교량의 고유 진동수 검토결과 구조해석 고유진동수가 실제 동적 재하시험에 의한 가속도의 FFT 분석시의 고유진동수를 하회하는 것으로 분석되었다.

3) 교량의 안전성 평가 결과 안전율(SF)이 거더는 최소 2.049이상, 바닥판은 최소 1.938이상으로 평가등급 “A”에 해당된다.

4) 교량의 내하력 평가 결과 기본내하력과 공용내하력이 DB-24 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

1.7 내진성능평가

1.7.1 개 요

가. 시설물의 개요

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		북삼교		시설물번호		BR2003-0002632	
준공년도		2000년 12월 28일		종 별		1종	
위 치		경기도 연천군 군남면 삼거리					
설계하중		DB-24 / DL-24		노선명(이정)		국도78호선	
제원	연장	L = 630.0m(21@30.0)					
	폭	B = 11.0m (왕복 2차로)					
구조 형식	상부	PSCI		기초 형식	교대	강관파일기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : 라멘식(π 형)			교각	강관파일기초(P1, P17~P20) 우물통기초(P2~P16)	
교량받침		탄성받침		신축이음		Rail Joint, Finger Joint(P18)	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		임진강		교차하천 최고수심		-	
부착시설내용		교각점검로					
기 타		하부통과 제한높이 12m					



1.7.2 기초자료

가. 시설물의 위치도

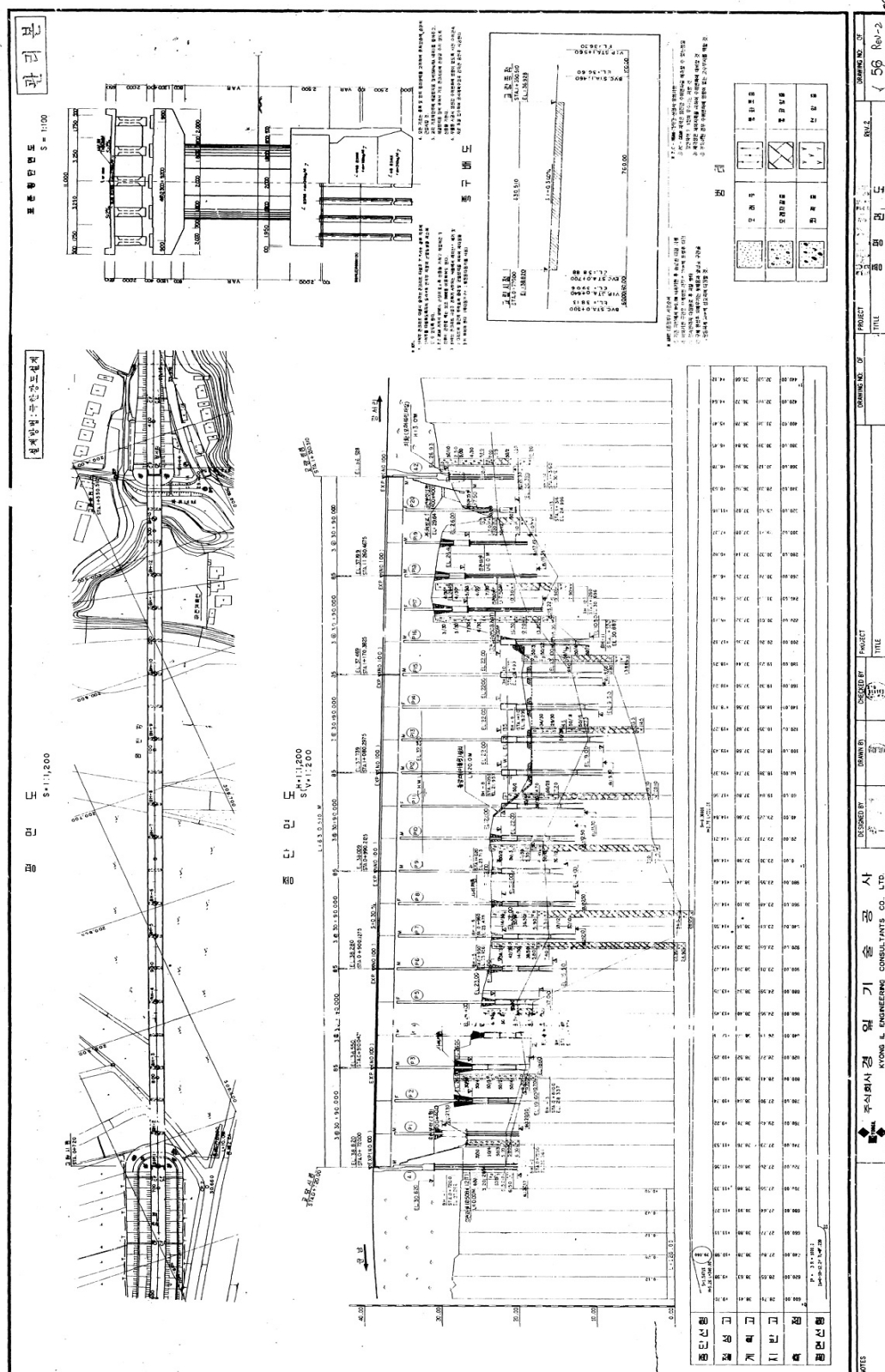


나. 기초자료 현황

수집 자료			관리주체	비 고
1	준공도면	◎	경기도건설본부 북부도로과	
2	기점점 및 진단 보고서	◎		
3	보수·보강 이력	◎		

다. 주요도면

평면도 및 종단면도



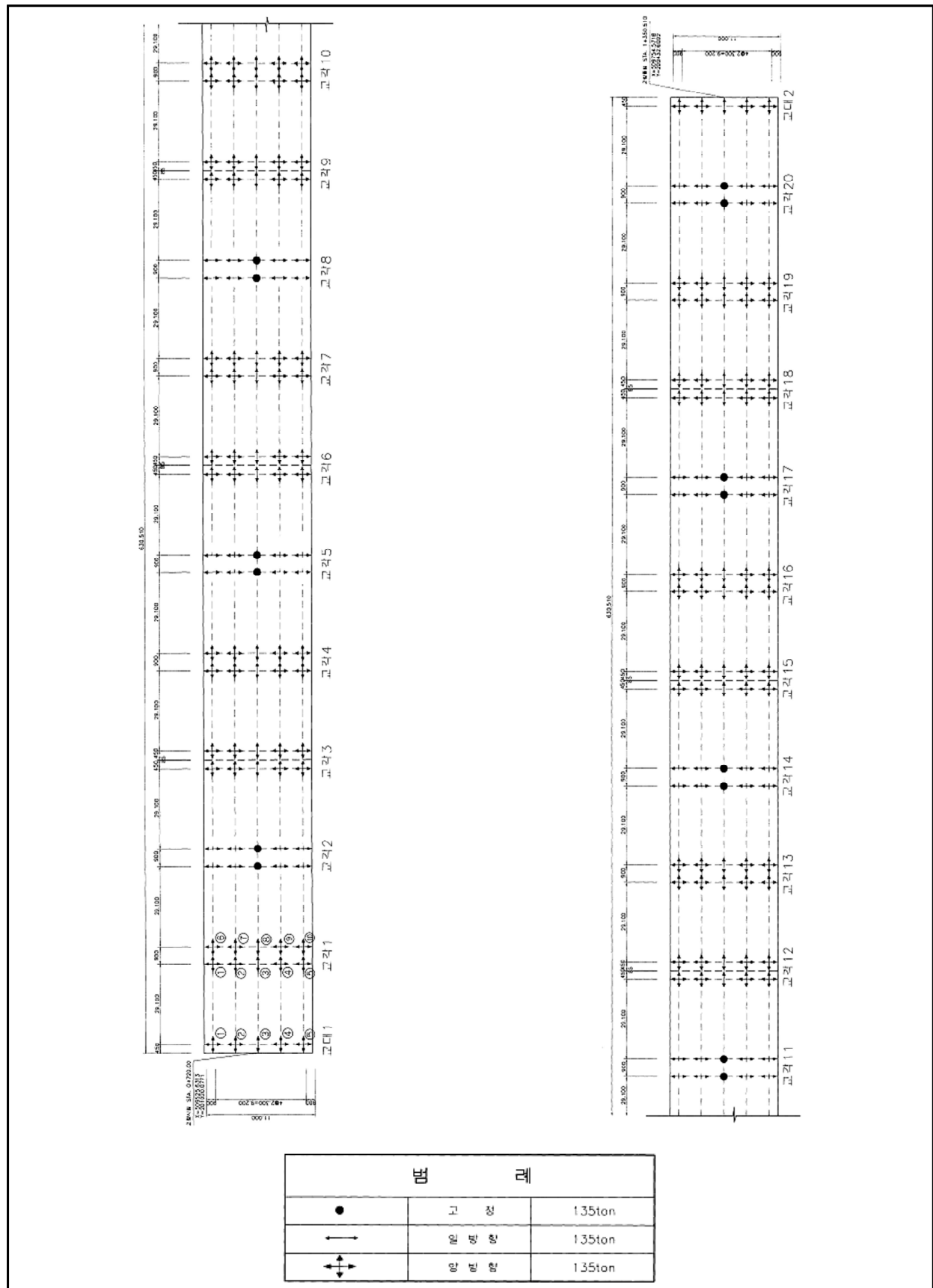
1.7.3 현장조사

가. 현장조사 사진

현장조사 사진	
	
점검차를 이용한 근접조사	고소차를 이용한 근접조사
	
신축이음 전경	교량받침 전경
	
교량받침 전경	연단거리 조사

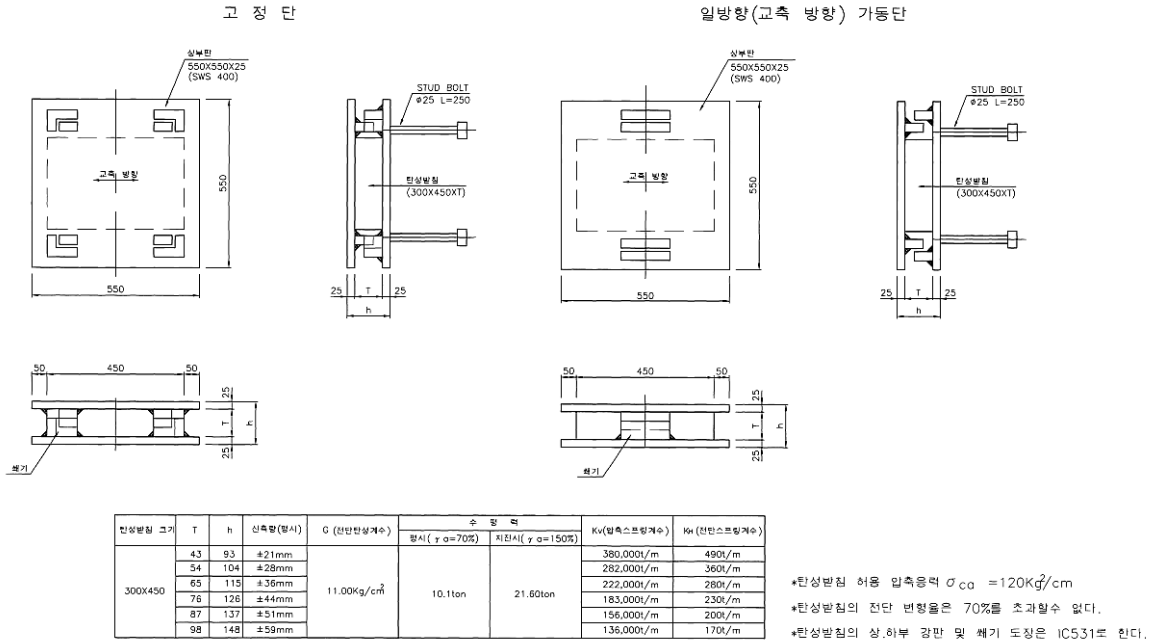
나. 교량받침

1) 받침 배치도



2) 받침 제원

P.C BEAM 135TON, 300X450XT 탄성받침 상세도(1)



NOTES

주식회사 경 일 기 술 공 사
KYONG R. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.DESIGNED BY
김경문DRAWN BY
(인)CHECKED BY
(인)

PROJECT

탄성받침 상세도(1)

DRAWING NO. OF
112

P.C BEAM용 135TON, 300X450XT 탄성받침 상세도(2)

일방향(교축 직각 방향) 가동단

양방향 가동단

NOTES

주식회사 경 일 기 술 공 사
KYONG R. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.DESIGNED BY
김경문DRAWN BY
(인)CHECKED BY
(인)

PROJECT

탄성받침 상세도(2)

DRAWING NO. OF
113

3) 연단거리 측정

위 치		연단거리(mm)		
		계산치(mm)	실측 최소연단거리(mm)	연단거리 검토결과
A1		350.0	590.0	OK
P1	A1측	350.0	760.0	OK
	A2측	350.0	700.0	OK
P2	A1측	350.0	805.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P3	A1측	350.0	830.0	OK
	A2측	350.0	820.0	OK
P4	A1측	350.0	790.0	OK
	A2측	350.0	830.0	OK
P5	A1측	350.0	830.0	OK
	A2측	350.0	800.0	OK
P6	A1측	350.0	850.0	OK
	A2측	350.0	830.0	OK
P7	A1측	350.0	880.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P8	A1측	350.0	800.0	OK
	A2측	350.0	790.0	OK
P9	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P10	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P11	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P12	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK

위 치		연단거리(mm)		
		계산치(mm)	실측 최소연단거리(mm)	연단거리 검토결과
P13	A1측	350.0	880.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P14	A1측	350.0	800.0	OK
	A2측	350.0	790.0	OK
P15	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P16	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P17	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P18	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P19	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
P20	A1측	350.0	870.0	OK
	A2측	350.0	810.0	OK
A2		350.0	610.0	OK
결 론		▶ 거더의 경간길이 100m 이하 일 때 : $S = 200 + 5L$ ▶ 거더의 경간길이 100m 이상 일 때 : $S = 300 + 4L$ - $200 + 5 \times 40 = 400\text{mm}$ - $200 + 5 \times 50 = 450\text{mm}$ 연단거리 측정결과 연단거리는 시방기준의 최소 연단거리 이상을 확보하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하는 것으로 검토되었다.		

다. 하부구조 (교대 및 교각)

외관조사 결과 보수부재균열, 균열, 이격, 보수부 박리, 백태 등의 유지관리 수준의 경미한 손상이 일부 조사되었으며, 기 정밀점검 이후 특별한 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었다.

교대 (A1) 전경



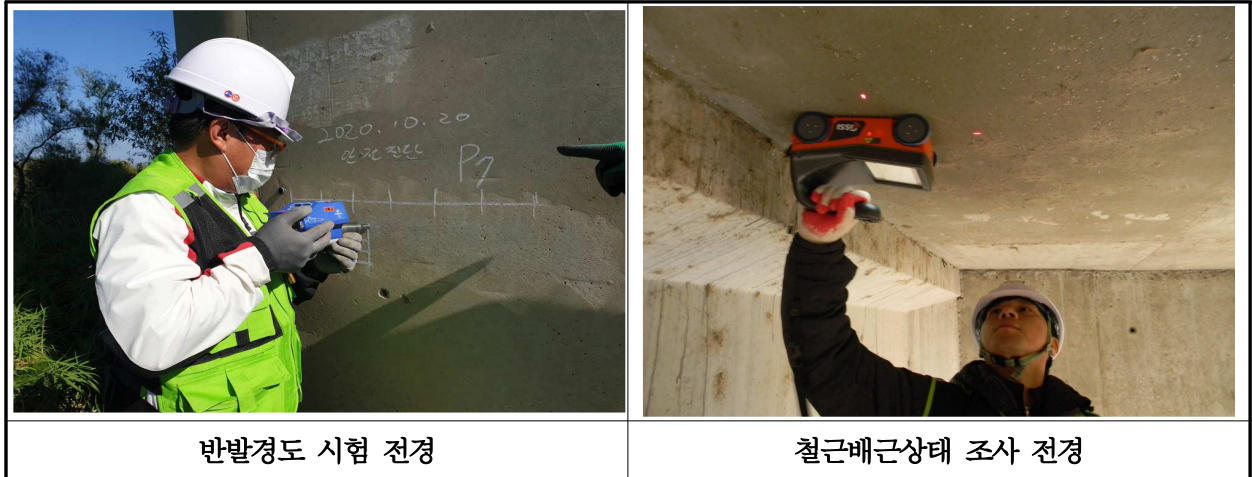
교각 전경



라. 재료특성 조사

본 용역에서는 주요부재에 대한 콘크리트 품질상태, 시공상태, 내구성 등을 평가하기 위하여 각 부재에 콘크리트 강도시험(반발경도법, 초음파속도법), 철근배근상태조사를 실시하였다.

1) 내구성조사 사진



2) 콘크리트 강도시험

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)					설계 기준 강도 (MPa)
		반발 경도 (Ro)	초음파 속도 (Vd)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	식⑦	식⑧	평균	
북삼교	A1 벽체	45.7	4.156	25.2	26.8	26.0	27.4	30.7	30.2	36.0	31.1	24.0
	A1 벽체 (비건전부)	45.5	-	25.1	26.7	25.9	-	-	-	-	-	
	P1 기둥	46.8	4.101	26.1	27.2	26.7	26.2	30.1	28.4	34.1	29.7	
	P2 기둥	47.4	4.143	26.6	27.5	27.1	27.1	30.6	29.8	35.5	30.8	
	P3 기둥	47.9	4.118	27.0	27.8	27.4	26.5	30.3	28.9	34.7	30.1	
	P4 기둥	46.7	4.145	26.1	27.2	26.7	27.1	30.6	29.9	35.6	30.8	
	P5 기둥	46.4	4.175	25.8	27.1	26.5	27.8	30.9	30.9	36.6	31.6	
	P7 기둥	47.4	4.160	26.5	27.5	27.0	27.4	30.7	30.4	36.1	31.2	
	P8 기둥	47.1	4.192	26.3	27.4	26.9	28.1	31.1	31.5	37.2	32.0	
	P10 기둥	47.3	4.131	26.5	27.5	27.0	26.8	30.4	29.4	35.1	30.4	
	P12 기둥	45.9	4.1	25.4	26.9	26.2	27.0	30.5	29.7	35.5	30.7	
	P14 기둥	46.2	4.17	28.9	30.5	29.7	27.60	30.80	30.70	36.40	31.4	
	P15 기둥	48.0	4.123	27.0	27.8	27.4	26.60	30.40	29.10	34.90	30.3	
	P17 기둥	47.6	4.171	26.7	27.6	27.2	27.70	30.80	30.70	36.50	31.4	
	P20 기둥	46.5	4.16	25.9	27.1	26.5	27.40	30.70	30.40	36.10	31.2	
	A2 벽체	47.3	4.128	26.5	27.5	27.0	26.80	30.40	29.30	35.00	30.4	
	평균			26.35	27.51	26.93	27.17	30.60	29.95	35.69	30.85	
	표준편차			1.28	1.31	1.30	1.30	1.38	1.37	1.49	1.39	

반발경도 시험결과 평균압축강도는 25.4~29.7MPa로 추정설계기준강도인 24.0MPa의 100% 이상을 확보하고 있는 상태로 조사되었다.

3) 철근배근상태 조사

위 치		배근종류	철근배근상태(mm)		철근덮개(mm)		비 고
			설계	측정	설계	측정	
하부 구조	A1 교대	수직철근	250	245-255	100	105-115	
		수평철근	300	295-300		95-100	
	A2 교대	수직철근	250	245-255	100	90-95	
		수평철근	300	295-305		115-120	
	P1 교각	수직철근	125	130-135	100	130-135	
		수평철근	100	100-105		120-125	
	P2 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-125	
		수평철근	100	100-110		90-110	
	P3 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-120	
		수평철근	200	200-205		95-100	
	P4 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-135	
		수평철근	200	200-205		115-120	
	P5 기둥	수직철근	125	120-135	100	130-135	
		수평철근	200	195-205		115-120	
	P7 기둥	수직철근	125	125-135	100	120-125	
		수평철근	100	100-110		100-110	
	P8 기둥	수직철근	125	130-135	100	135-145	
		수평철근	200	200-210		105-115	
	P10 기둥	수직철근	125	125-135	100	125-135	
		수평철근	100	100-110		115-120	
	P12 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-135	
		수평철근	100	100-105		90-110	
	P14 기둥	수직철근	125	125-135	100	115-120	
		수평철근	200	200-205		95-100	
	P15 기둥	수직철근	125	125-135	100	130-135	
		수평철근	100	100-105		105-110	
	P17 기둥	수직철근	125	125-135	100	125-130	
		수평철근	200	200-205		130-135	
	P20 기둥	수직철근	125	120-130	100	110-115	
		수평철근	100	100-105		95-105	

본 과업대상 구조물의 주요 구조부재별 철근배근상태 및 철근덮개 조사 자료와 설계도면과의 비교검토 결과 시공적인 요인에 의하여 위치별로 다소 차이를 보이고 있으나, 조사개소 전체의 평균치는 설계기준내에 들어오며 대체적으로 만족하고 있는 것으로 판단된다.

마. 현장조사 결과

1) 교량받침 조사결과

교량받침은 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.

2) 하부구조 조사결과

외관조사 결과 보수부재균열, 균열, 이격, 보수부 박리, 백태 등의 유지관리 수준의 경미한 손상이 일부 조사되었으며, 기 정밀점검 이후 특별한 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었다.

3) 재료시험 결과

콘크리트 강도시험(반발경도법, 초음파속도법) 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 확인되었으며, 철근탐사 시험결과 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 전반적으로 철근간격 및 피복두께는 설계기준내에 들어오며 대체적으로 만족하고 있는 것으로 판단된다.

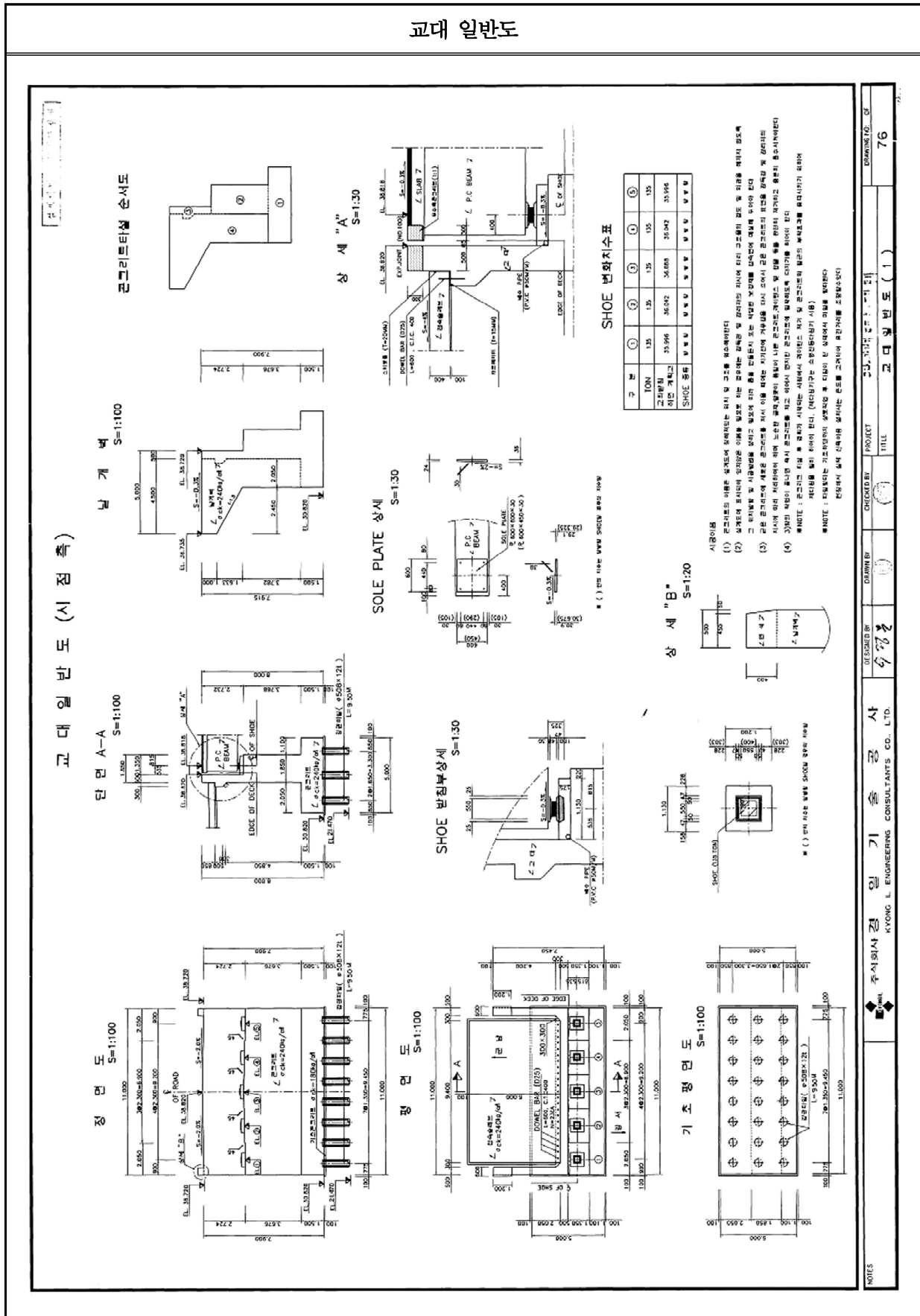
1.7.4 상세평가

가. 일반현황

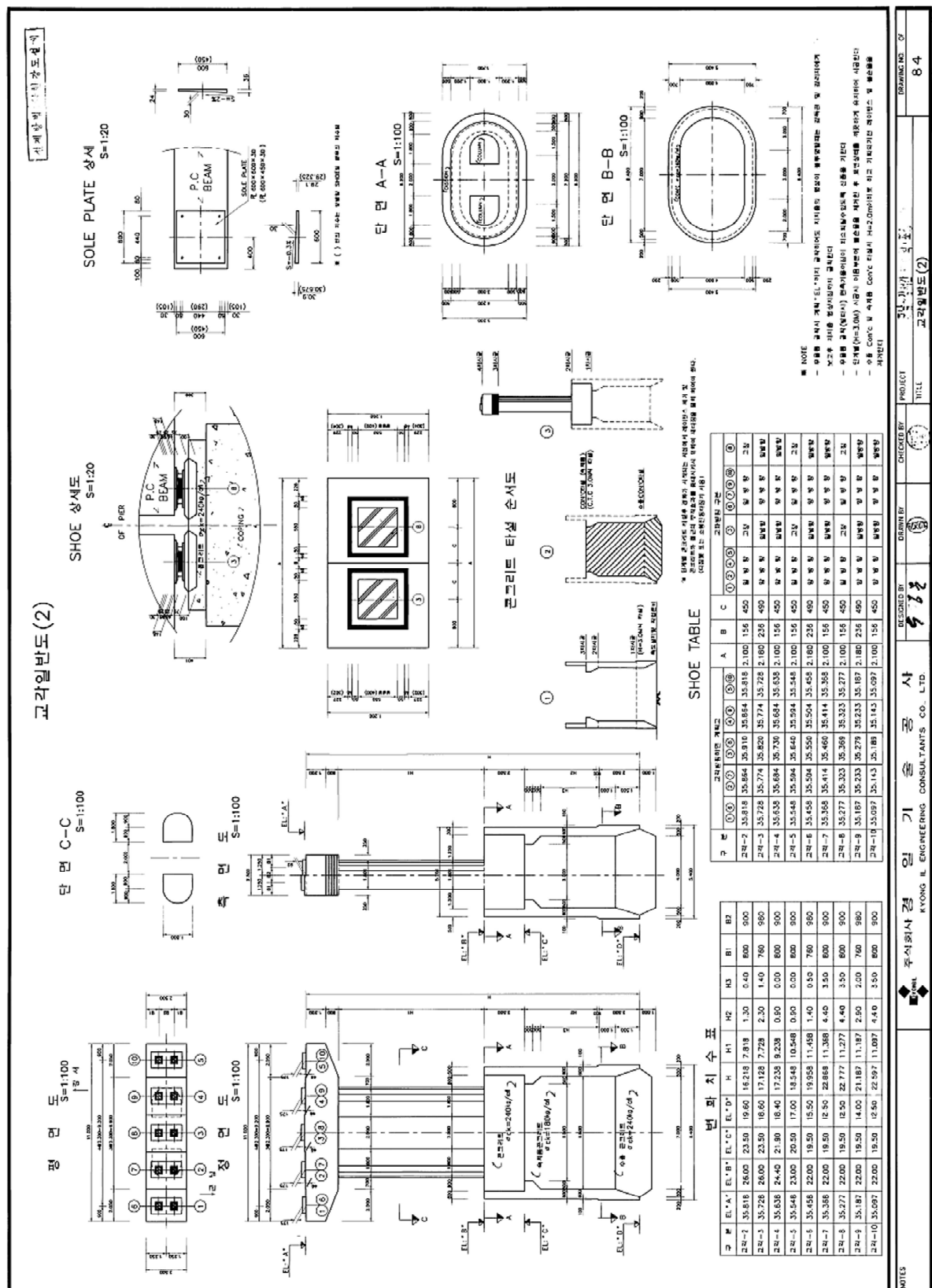
구 분		내 용		구 분	내 용
교 량 명		북삼교		시 공 자	GS건 설(주)
관리주체		경기도건설본부 북부도로과			
소 재 지		경기도 연천군 군남면 삼거리		설 계 자	(주)만영엔지니어링
준공년도		2000년 12월 28일			
상부 구조	형식	PSCI : 총 연장 L=630.0m (21@30.0) = 630.0m			
	폭	11.0m			
	차로수	왕복 2 차로	신축이음	Rail joint, Finger Joint	
	경사	-2.0000%			
하부 구조	교대	역T형	기 초	강관파일기초	
	교각	라멘식(π 형)		강관파일기초(P1, P17~P20) 우물통기초(P2~P16)	
교량받침		탄성받침	설계하중	DB-24	
교차시설		임진강	부착시설	교각점검로	
교각형식 (P1~P9)		- 기둥형상 : 반트랙형 - 기둥제원 : B = 1.80m - 교각높이 : H = 5.977~13.458m			
받침제원		- 탄성받침 1350kN			
최소지지길이 (mm)		- 1200mm			

나. 관련도면

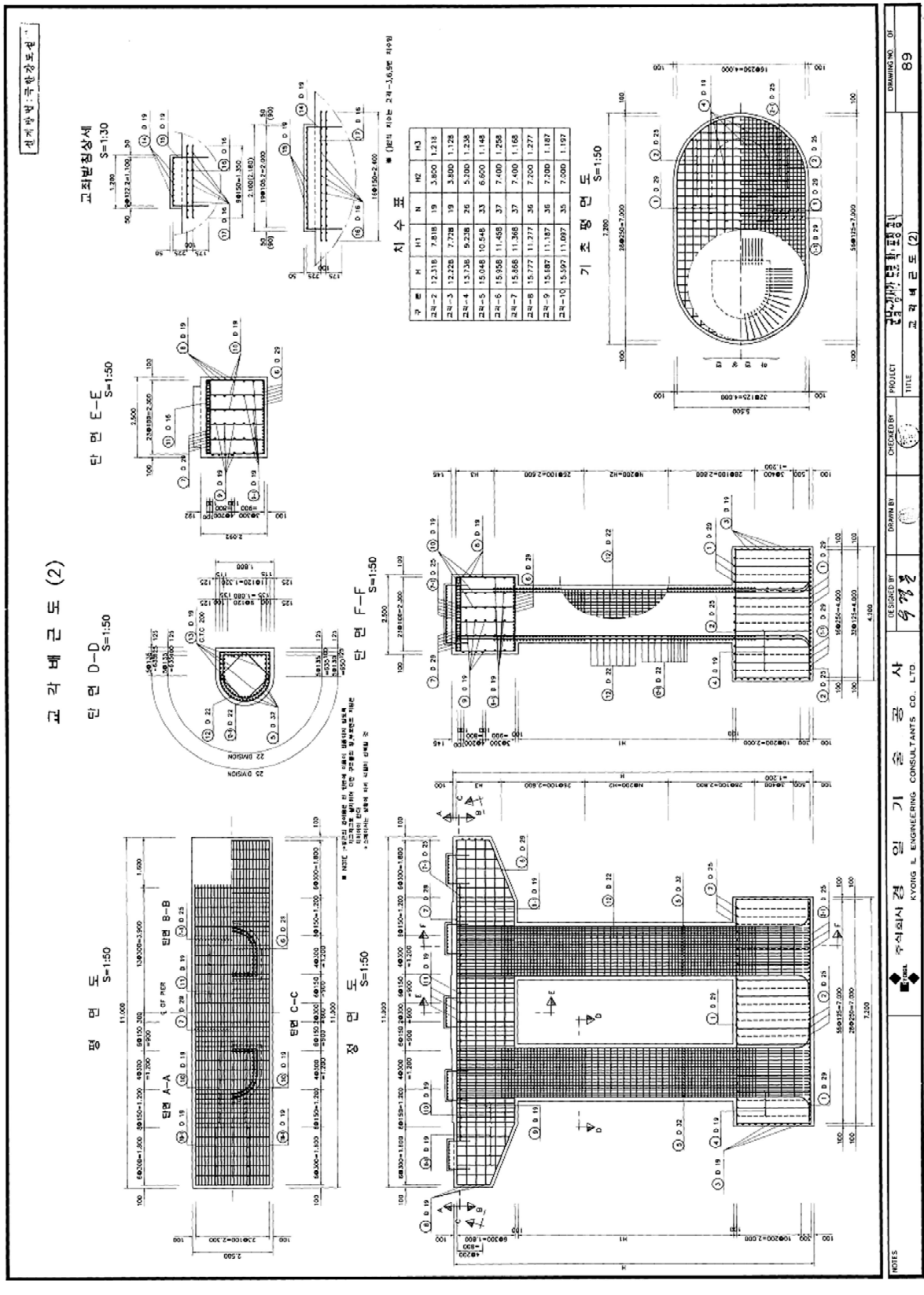
교대 일반도



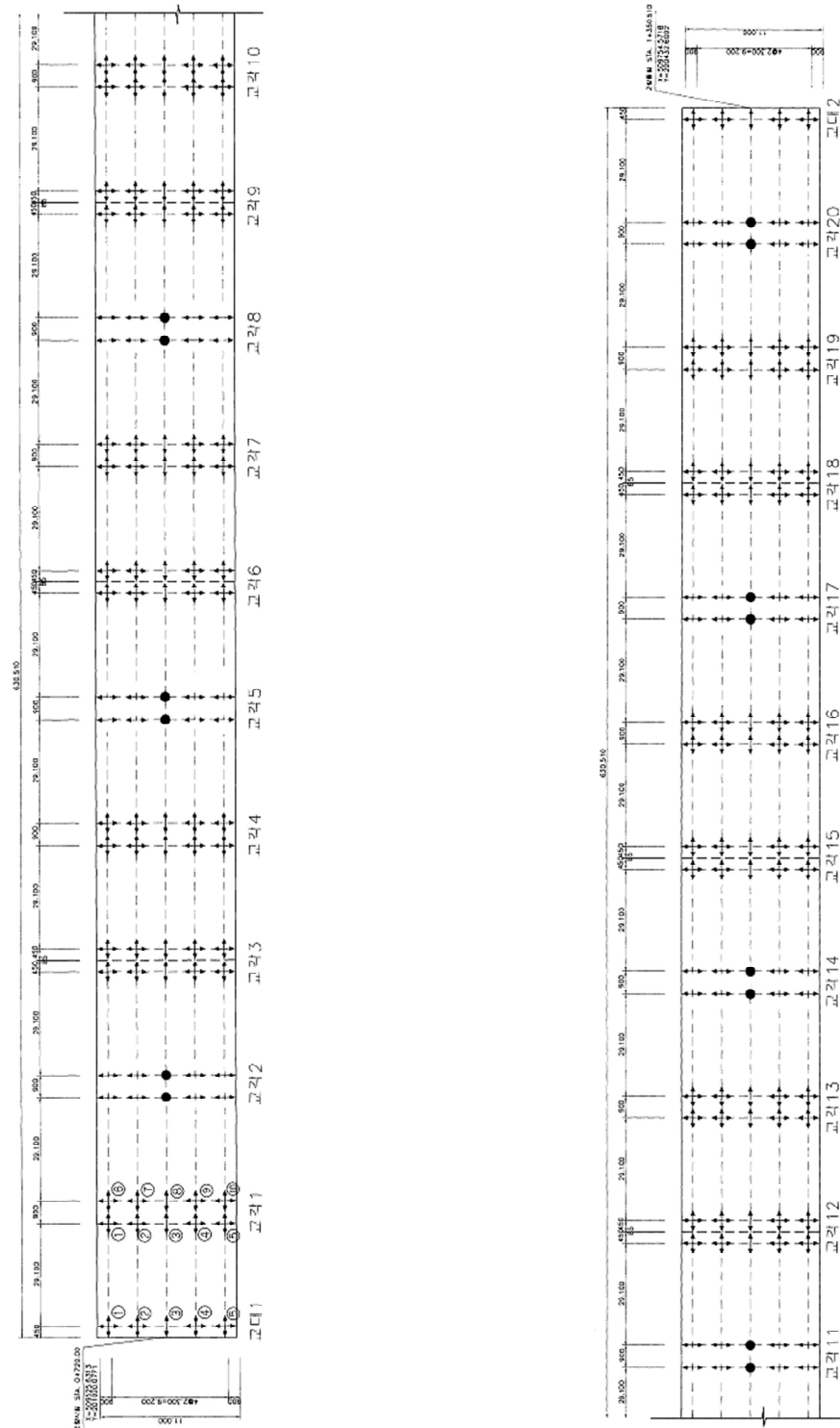
교각 일반도



교각 배근도



교량받침 배치도



단면		
●	단면	135ton
↑	단면	135ton
↕	단면	135ton

다. 평가조건

1) 검토기준

- | | | |
|----------------------------|---|----------------------|
| ① 콘크리트구조기준.해설 | : | 한국콘크리트학회(2012) |
| ② 교량내진설계기준 | : | 국토교통부(2017) |
| ③ 도로교설계기준 | : | 대한토목학회(2010) |
| ④ 기존시설물(교량)내진성능평가요령·해설및예제집 | : | 국토교통부/한국시설안전공단(2019) |

2) 사용재료

① 하부구조

- 콘크리트

- | | | | |
|----------------------|---|--------|--------------------|
| · 설계압축강도(f_{ck}) | : | 24.0 | MPa(강도시험에서확인) |
| · 탄성계수(E_c) | : | 26,637 | MPa(콘크리트구조기준3.4.3) |
| · 단위중량(γ_c) | : | 25.0 | kN/m ³ |

- 철근

- | | | | |
|-----------------|---|----------|--------------------|
| · 항복강도(f_y) | : | 300.0 | MPa |
| · 탄성계수(E_s) | : | 200000.0 | MPa(콘크리트구조기준3.4.3) |

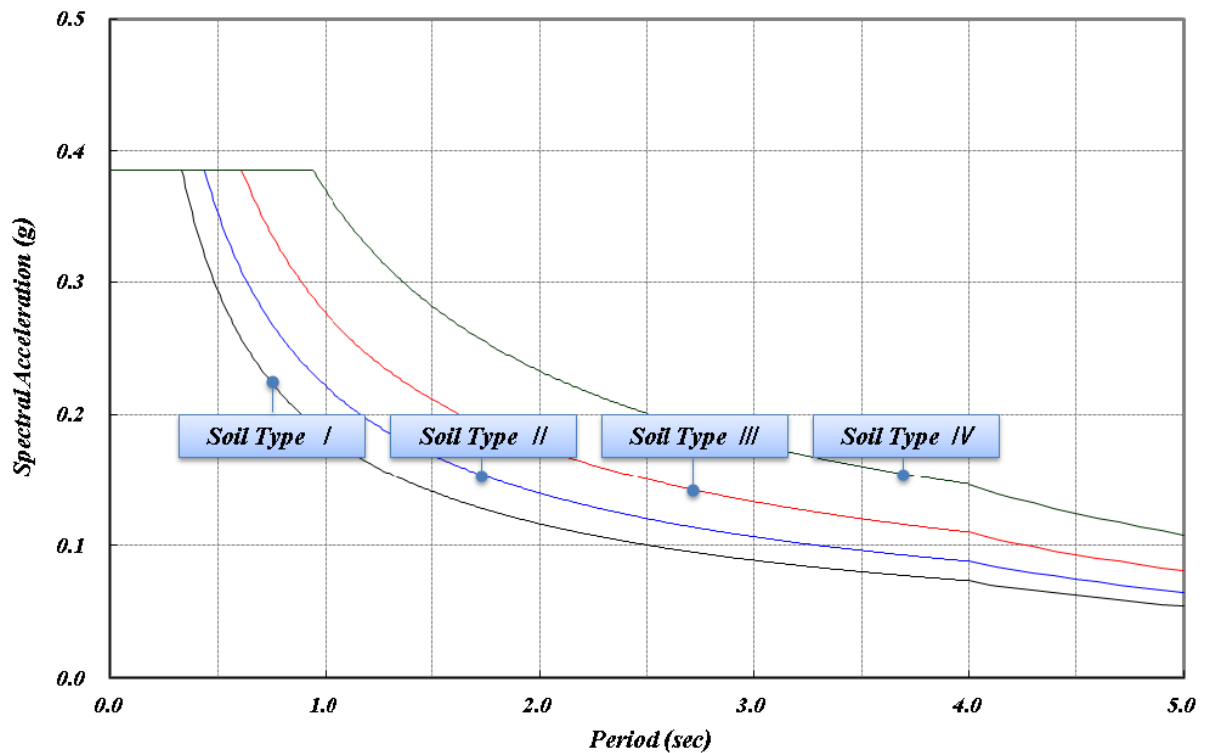
3) 평가하중

- | | | |
|-----------|---|---|
| ① 교량 내진등급 | : | 내진 I 등급 |
| ② 지진 구역계수 | : | $Z = 0.11$ (지진구역 I : 경기도) |
| ③ 위험도 계수 | : | $I = 1.4$ (재현주기 1,000년) |
| ④ 가속도 계수 | : | $A = Z \times I = 0.11 \times 1.4 = 0.154g$ |
| ⑤ 지 반 계 수 | : | $S = 1.50$ (지반종류 II) |

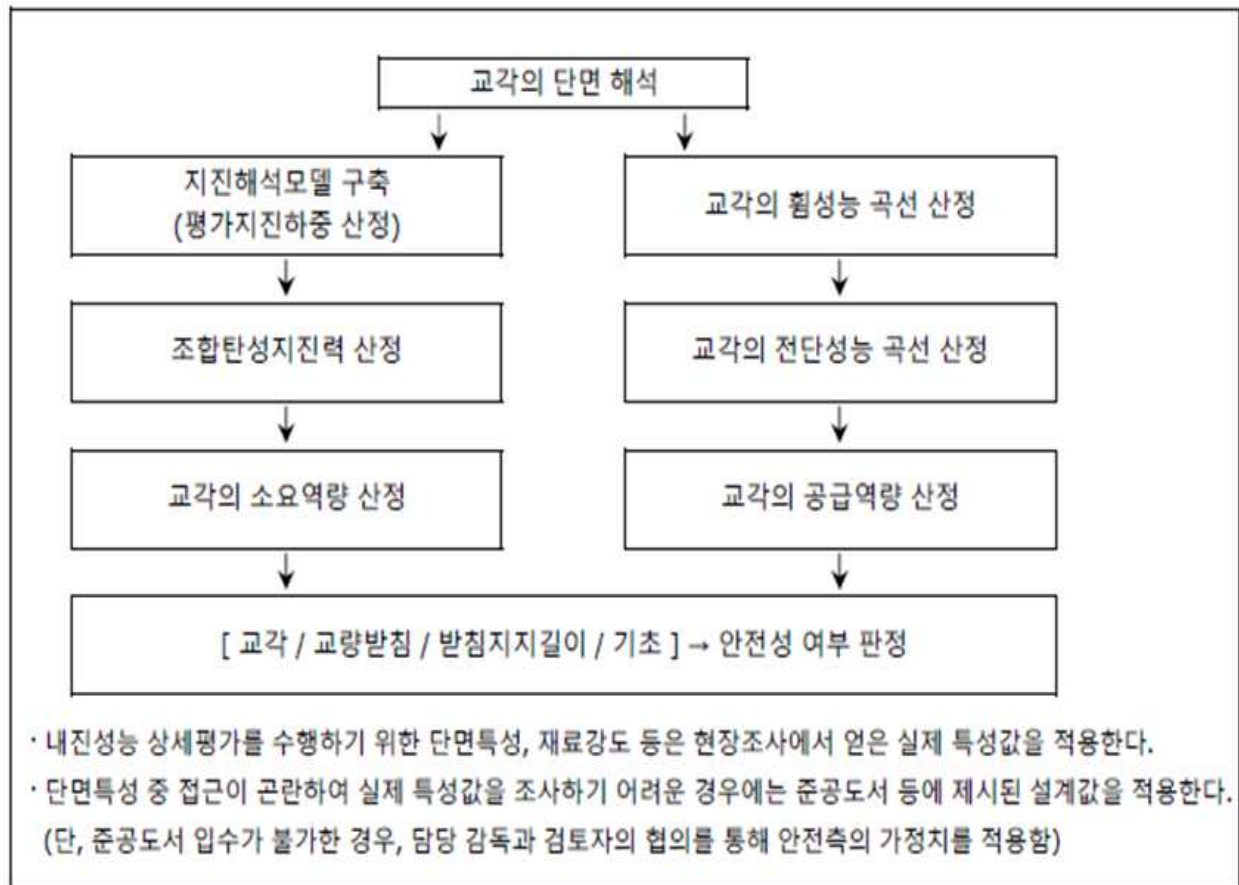
4) 해석방법

- | | | |
|-------------|---|-------------------------------------|
| ① 고유치 해석방법 | : | Eigen Value Analysis |
| ② 지 진 해석방법 | : | 응답스펙트럼해석법 |
| ③ MODE 조합방법 | : | CQC(Complete Quadratic Combination) |

5) 평가응답 스펙트럼



6) 내진성능 상세평가 절차

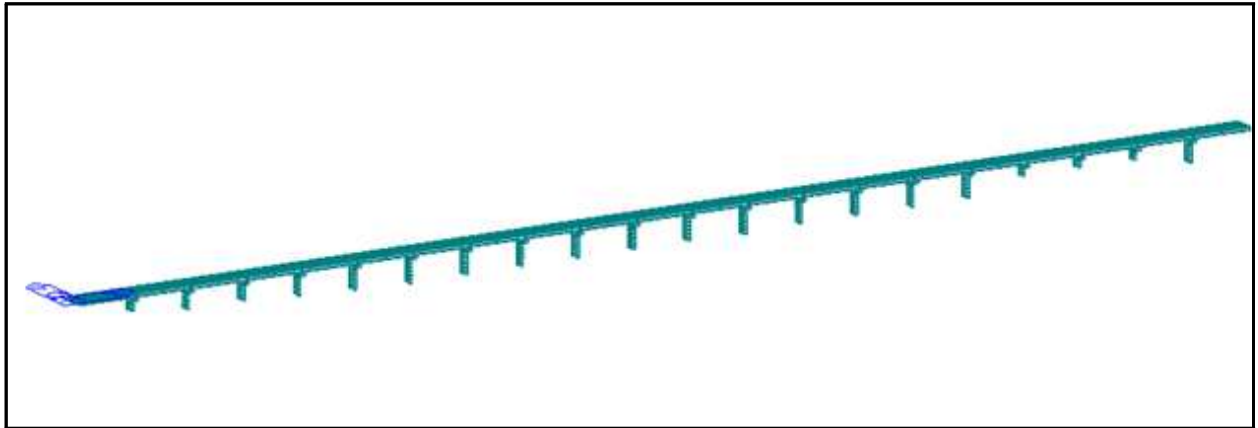


라. 구조해석 모델 및 축하중 산정

1) 대상교량의 구조해석 모델링 방법

- ① 대상교량은 3차원 격자요소로 모형화
- ② 지반의 영향은 입력지진하중에 지반계수를 적용하여 고려
- ③ 교각 하부(기초상부)는 고정단으로 모형화
- ④ 교량받침은 실제 거동특성과 일치되도록 Link를 사용하여 모형화
- ⑤ 교각기둥의 강성은 축하중 산정 시 전체강성을 적용 후 지진 해석 시 항복유효강성 적용

2) 구조해석 모델



3) 교량 받침부 반력

〈표 1.7.1〉 교량 받침부 반력 (교각 상부 축하중, kN)

받침번호	P1	P7	P8	P20	비 고
1	646.828	646.828	638.965	638.965	
2	646.419	646.419	638.502	638.502	
3	646.344	646.344	638.518	638.518	
4	646.419	646.419	638.502	638.502	
5	646.828	646.828	638.965	638.965	
6	638.965	638.965	646.828	646.828	
7	638.502	638.502	646.419	646.419	
8	638.518	638.518	646.344	646.344	
9	638.502	638.502	646.419	646.419	
10	638.965	638.965	646.828	646.828	

4) 교각 축하중

〈표 1.7.2〉 교각 축하중 (kN)

구 분	P1	P7	P8	P20	비 고
교각하부	5670.31	6091.44	6082.73	6120.58	

마. 교각 단면해석 및 조합 탄성지진력

1) 모멘트-곡률(M- ϕ) 해석 개요

① 모멘트-곡률해석

ㄱ) 교각의 모멘트-곡률해석은 지진하중에 의해 교각기둥의 최대 휨모멘트가 발생하는 단부의 기둥단면에 대하여 고정하중이 작용하는 상태에서 수행한다.

ㄴ) 콘크리트와 철근의 재료모델은 교각의 비선형성을 적절히 고려하여야 하며, 『기존 시설물(교량)평가요령.해설』의 〈표 1.7.3〉과 같이 축방향 철근의 이음상세와 횡방향철근에 의한 횡구속정도를 고려하여 콘크리트의 극한변형률과 최대공급 변위연성도로 극한상태를 정의 하여야 한다.

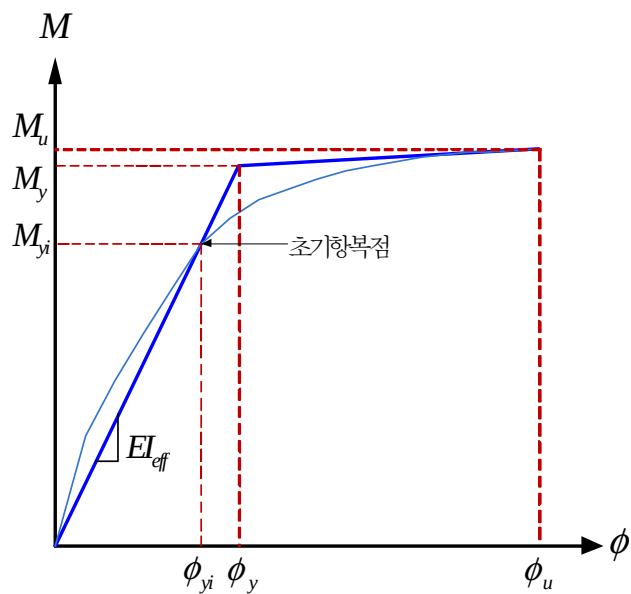
ㄷ) 교각의 모멘트-곡률해석을 통해 구한 비선형 모멘트-곡률관계 곡선은 『기존시설물(교량)평가요령.해설』의 〈그림 1.7.1〉의 굵은 점선과 같으며, 이를 이용하여 변위연성도를 산정하기 위해서는 항복점(항복휨모멘트(M_y), 항복곡률(ϕ_y))을 알고 있어야 한다.

ㄹ) 항복점은 초기항복점(초기항복휨모멘트(M_{yi}), 초기항복곡률(ϕ_{yi}))과 극한점(극한휨모멘트(M_u), 극한곡률(ϕ_u))을 이용하여 〈그림 1.7.1〉의 실선과 같이 2개의 직선으로 이상화함으로써 구할 수 있으며, 이상화하는 방법은 여러 연구에 의해 제안된 적절한 방법을 선택하여 적용할 수도 있다.

ㅁ) 이때, 원점과 초기항복점을 지나 항복점까지 이어지는 직선의 기울기가 항복유효강성 $E \cdot I_{y,eff}$ 이다.

〈표 17.3〉 겹침이음 상세에 따른 극한변형률 및 최대공급변위연성도

구 분			콘크리트 극한변형률					최대공급 변위연성도	
종류	배근 상태	비율	ϵ_u					$\mu_{\Delta}, \max$	
단일 철근	모두	0%	$0.004 + \alpha_{sh} \left(\alpha_{sh} = \frac{1.4\rho_{sh}f_{sh}\epsilon_{su}}{f_{cc}'} \right)$					제한 없음	
겹침 이음 철근	2단 이상 배근	50%	원 형	$l_{sp}/D > 0.5$		$0.0043l_{sp}/D + 0.00085 \leq 0.004$			0.003
				$l_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 l_{sp} 모를 때		사각형			
	1단 이상 배근	100%	원 형	$l_{sp}/D > 0.5$		$0.0086l_{sp}/D - 0.00023 \leq 0.004$			1.80
				$l_{sp}/D \leq 0.5$ 또는 l_{sp} 모를 때		0.002			
			사 각 형	교 축 방 향	벽 식		$4 \leq B/H$		0.0007
					천 이	$1.5 < B/H < 4$	$0.00278 - 0.00052B/H$		$1.8 - 0.2B/H$
일 반	$B/H < 1.5$	0.002			1.50				
교직방향									



〈그림 17.1〉 모멘트-곡률관계곡선

② 재료모델

ㄱ) 콘크리트 재료모델 : Mander Concrete Model 적용

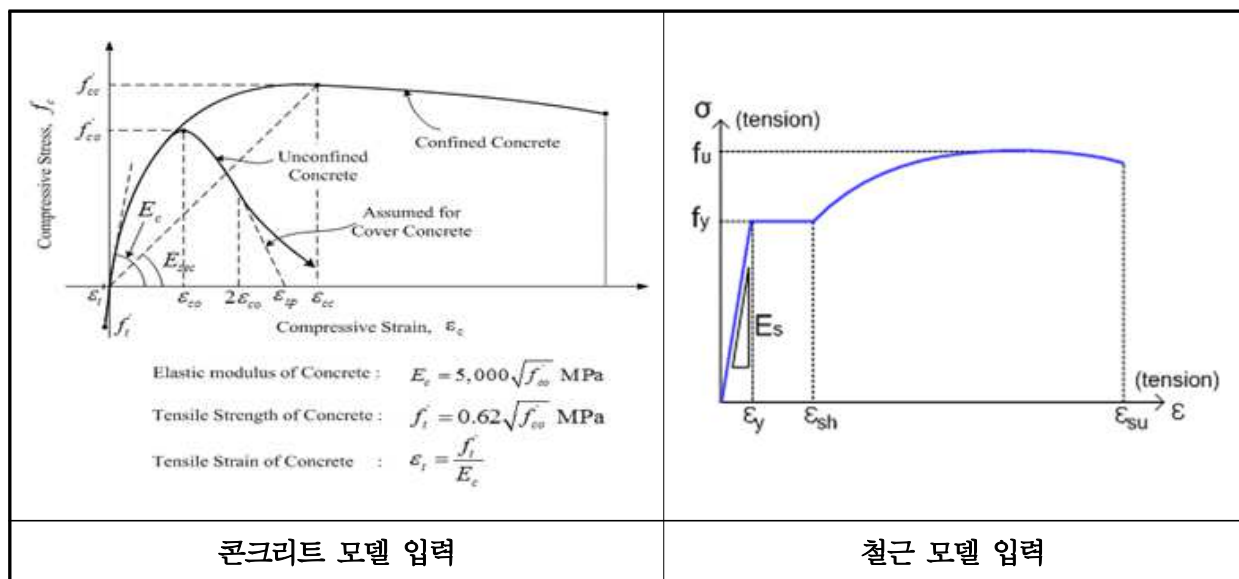
〈표 1.7.4〉 콘크리트 재료모델

구 분	설계강도 f_{ck}	최대압축강도 $f_{ck}' = f_{cc}'$	항복변형률 $\epsilon_{cy} = 0.7\epsilon_{cc}$	최대변형률 $\epsilon_{cc} = \epsilon_{co}$	극한변형률 ϵ_{cu}	비고
교축방향	24MPa	24MPa	0.0028	0.0040	0.0040	
교축직각방향			0.0028	0.0040	0.0040	

ㄴ) 철근 재료모델: Parabolic Strain Hardening Steel Model(Park 등 제안 모델) 적용

〈표 1.7.5〉 철근 재료모델

항복강도 f_y	극한강도 $f_{su} = 1.5f_y$	경화시변형률 $\epsilon_y = f_y / E_s$	경화시변형률 ϵ_{sh}	극한변형률 ϵ_{su}	탄성계수 E_s	비고
300MPa	440MPa	0.0015	0.0115	0.125	200,000MPa	

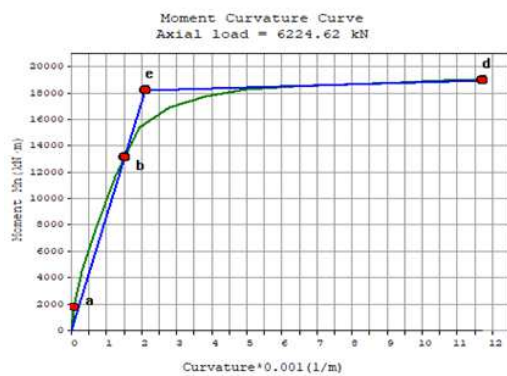


〈그림 1.7.2〉 비선형 재료모델

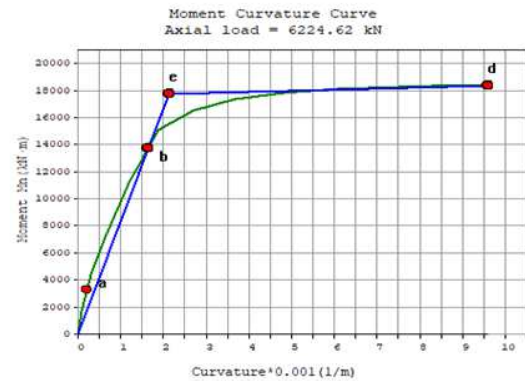
2) 모멘트-곡률(M- ϕ) 해석 결과

① P8교각(고정단) 기둥하부 해석결과

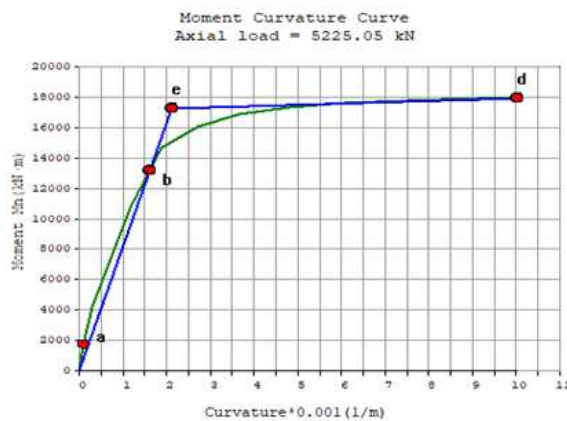
구 분		모멘트(Moment)		곡률(Curvature)	
교축방향	초기항복시	13,137.7	kN-m	0.001525	m^{-1}
	항복시	18,987.0	kN-m	0.011719	m^{-1}
	극한시	18,987.0	kN-m	0.011719	m^{-1}
교직방향	초기항복시	13,695.7	kN-m	0.001635	m^{-1}
	항복시	18,382.9	kN-m	0.009584	m^{-1}
	극한시	18,382.9	kN-m	0.009584	m^{-1}
교직방향 (상부)	초기항복시	13,125.4	kN-m	0.001600	m^{-1}
	항복시	17,946.8	kN-m	0.010027	m^{-1}
	극한시	17,946.8	kN-m	0.010027	m^{-1}



교축방향 해석



교축직각방향(하단) 해석

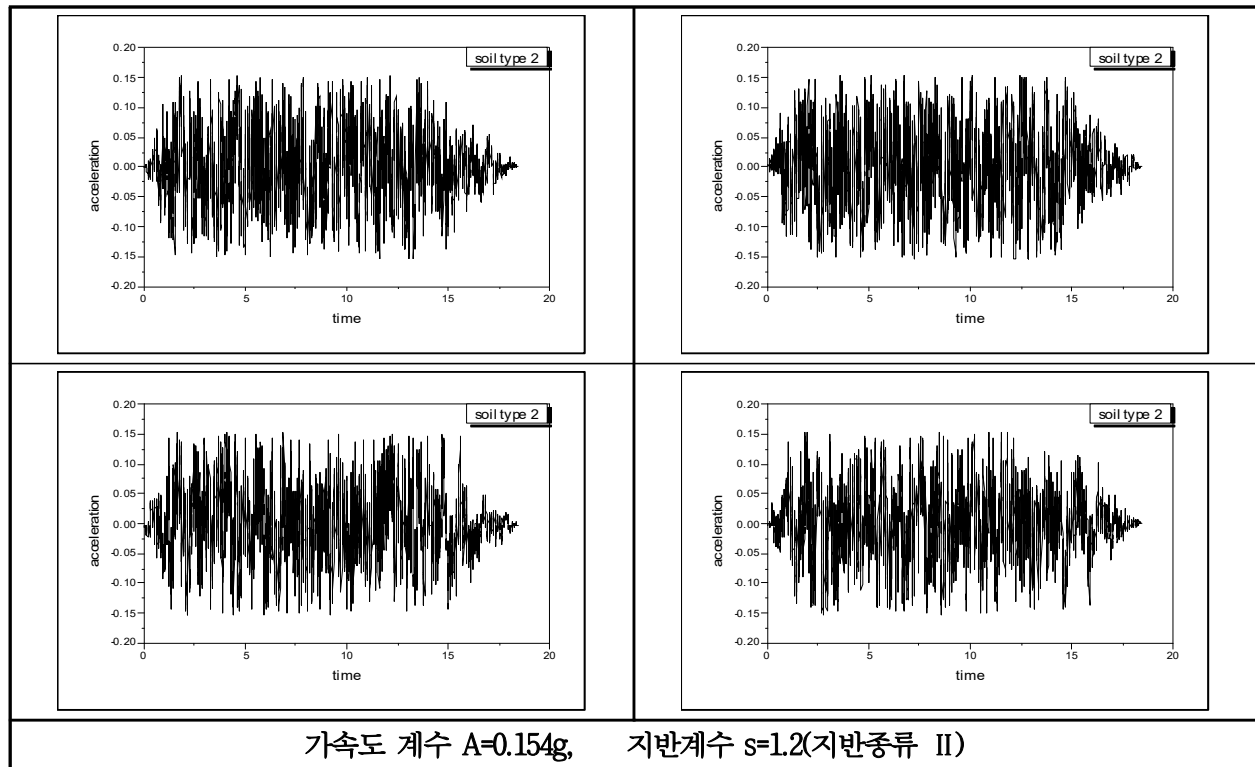


교축직각방향(상단) 해석

③ P8교각(고정단) 유효단면2차모멘트 산정

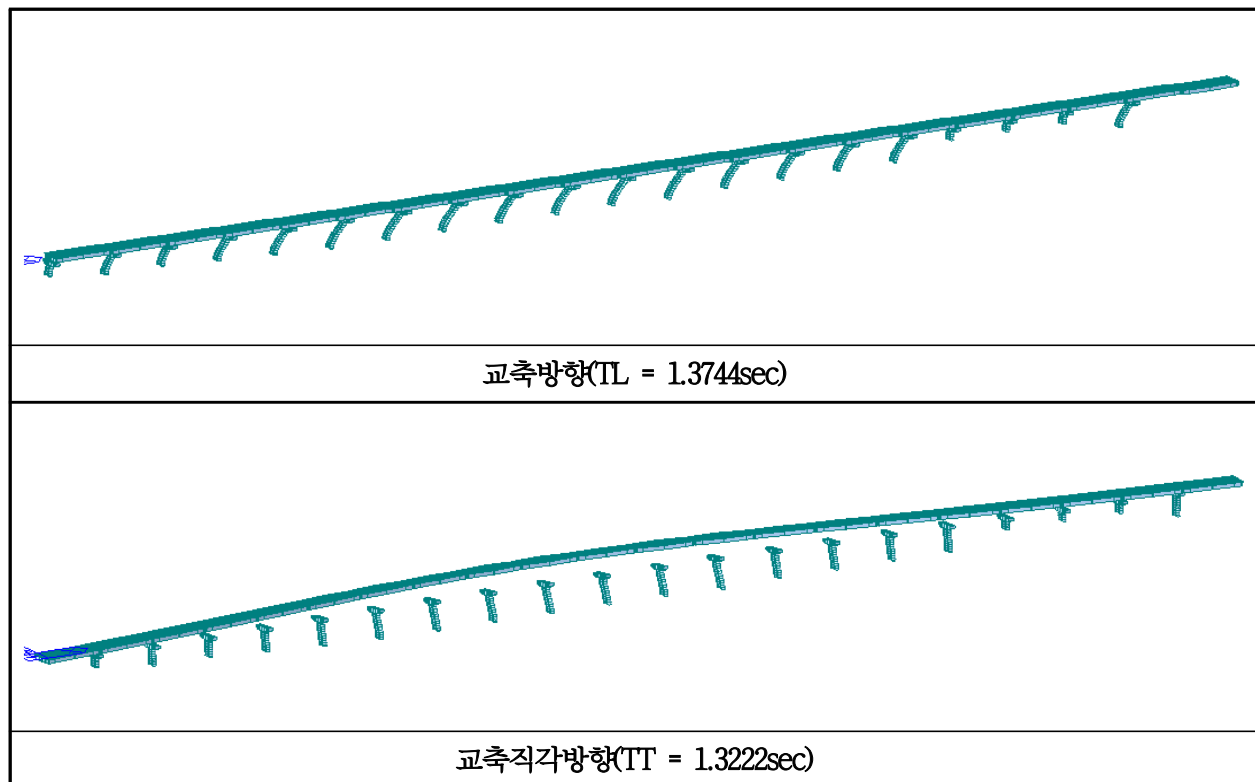
구 분	교축 방향	교축직각 방향	비 고
유효강성 (I_{eff}, m^4)	0.323	0.314	

3) 입력지진하중



4) 지진해석결과 (고정하중+지진하중)

① 고유치 해석결과



〈그림 17.3〉 주요 모드 형상 (Mode Shape)

② 지진해석결과 (고정하중+지진하중)

〈표 1.7.6〉 P8 입력지반운동에 대한 탄성지진력

부재력		교축방향 지진하중 재하시		교축직각방향 지진하중 재하시	
		$[F_E^L]_L$	$[F_E^T]_L$	$[F_E^L]_T$	$[F_E^T]_T$
축하중 (kN)	교각 상부	4,301.69		4,301.69	
	교각 하부	6,082.73		6,082.73	
받침 상단 변위(mm)		79.38	0.01	0.81	80.14
전단력 (kN)	기둥 상부	548.68	0.33	1.17	653.92
	기둥 하부	606.97	0.39	1.26	742.84
모멘트 (kN·m)	기둥 상부	1,610.89	2.58	7.07	3,629.14
	기둥 하부	5,012.49	1.51	7.04	4,391.61

③ 교각(고정단)의 조합탄성지진력

ㄱ) 하중경우별 탄성지진력 조합 (30% 규정 적용)

$$[F_E^L]_{COM1} = 1.0 \times [F_E^L]_L + 0.3 \times [F_E^L]_T, \quad [F_E^L]_{COM2} = 0.3 \times [F_E^L]_L + 1.0 \times [F_E^L]_T$$

$$[F_E^T]_{COM1} = 1.0 \times [F_E^T]_L + 0.3 \times [F_E^T]_T, \quad [F_E^T]_{COM2} = 0.3 \times [F_E^T]_L + 1.0 \times [F_E^T]_T$$

단, 교각부 축하중은 30% 규정 적용에서 제외

ㄴ) 조합탄성지진력

$$\text{교 축 방 향} : [F_E^L]_{COMB} = \max < [F_E^L]_{COM1}, [F_E^L]_{COM2} >$$

$$\text{교축직각방향} : [F_E^T]_{COMB} = \max < [F_E^T]_{COM1}, [F_E^T]_{COM2} >$$

〈표 1.7.7〉 P8 조합탄성지진력

부재력		교축방향지진력	교축직각방향지진력	비고
		[F _E ^L]comb	[F _E ^T]comb	
축하중 (kN)	교각상부 P _{TOP}	4,301.69		kN
	교각하부 P	6,082.73		
받침상부변위 [ΔE]COMB		80.61	80.37	mm
전단력	기둥상부 [V _E]COMB,TOP	562.28	718.52	kN
	기둥하부 [V _E]COMB,BOT	624.18	808.93	
모멘트	기둥상부 [M _E]COMB,TOP	1,837.87	4,109.98	kN · m
	기둥하부 [M _E]COMB,BOT	5,161.20	4,656.40	kN · m

바. 구성요소의 내진성능평가

내진성능평가 대상교각으로 조합탄성지진력과 교량전반의 구조적 거동 등을 전반적으로 고려하여, 하부구조의 최대부재력을 나타내는 P8(고정단)에 대한 평가를 실시하였다.

1) 교각 내진성능평가

① 교각의 거동 특성값

〈표 1.7.8〉 교각의 거동 특성값

구 분	교축방향	교축직각방향	비 고
거동형태	라멘식	라멘식	
교각유효높이 He(m)	13.277	14.802	하중작용점 높이
진동주기(sec)	1.3744	1.3222	해석결과

*교각의 유효높이는 교축방향은 교각의 높이이며, 교축직각방향은 상부구조의 질량 중심까지의 높이이다.

② 교각의 휨성능

〈표 1.7.9〉 교각의 휨강도, 항복 및 극한변위

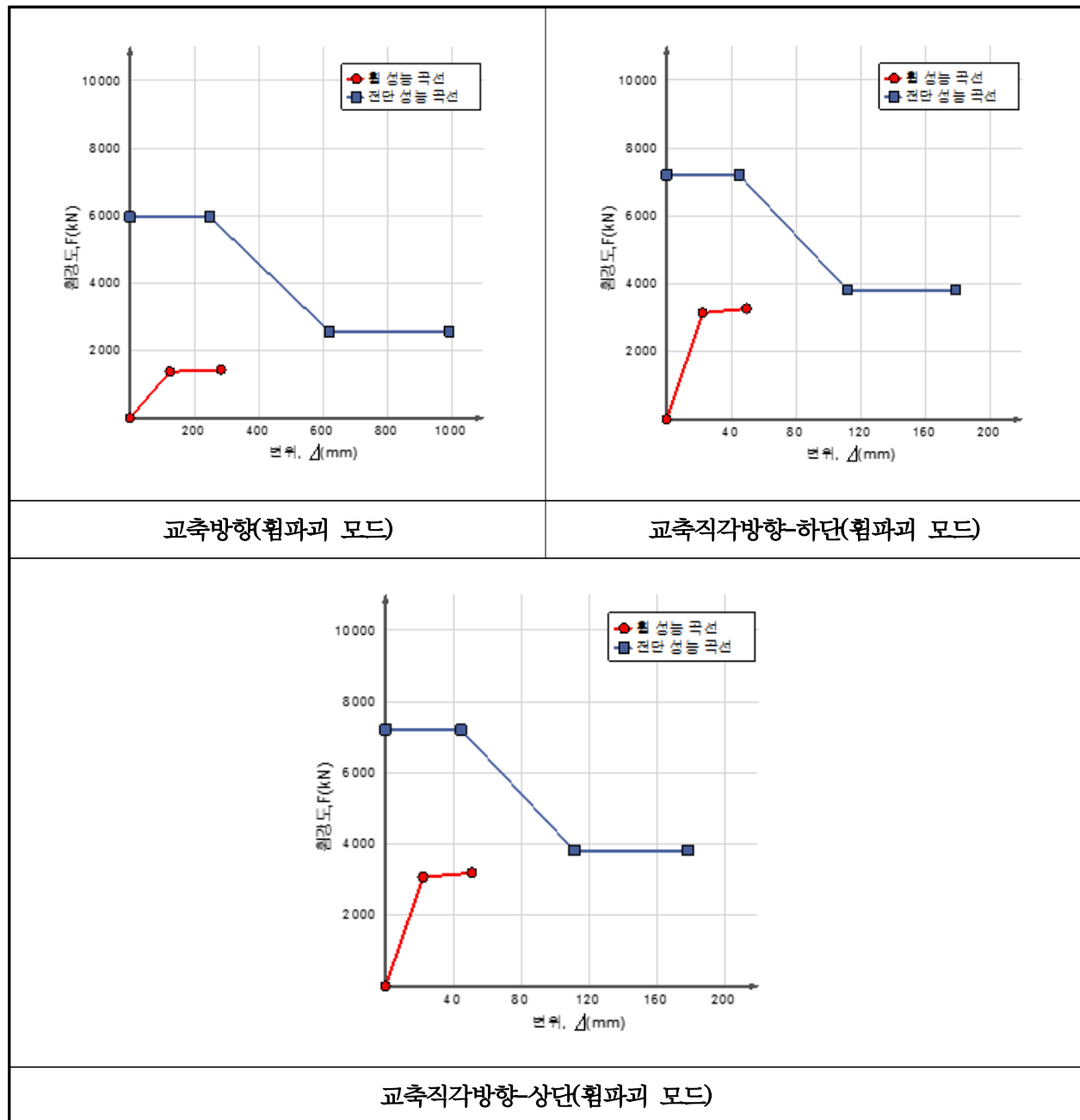
구 분	교축방향		교축직각방향(하단)		교축직각방향(상단)		비고
	항복시 (y)	극한시 (u)	항복시 (y)	극한시 (u)	항복시 (y)	극한시 (u)	
휨강도 F(kN)	1,372.743	1,430.069	3,142.151	3,260.240	3,063.535	3,182.910	
변위 Δ (m)	0.1243	0.2839	0.0224	0.0494	0.0223	0.0509	

③ 교각의 전단성능

〈표 1.7.10〉 교각의 전단강도

구 분	$\mu \Delta = 0$	$\mu \Delta = 2$	$\mu \Delta = 5$	$\mu \Delta = 8$
교축 방향(kN)	5,955	5,955	2,555	2,555
교축직각방향 기둥하부(kN)	7,205	7,205	3,804	3,804
교축직각방향 기둥상부(kN)	7,205	7,205	3,804	3,804

④ 교각의 파괴모드 결정



〈그림 1.7.4〉 교각의 파괴모드 결정

⑤ 교각의 내진성능평가

ㄱ) 공급역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{P,C}^L = \mu_{\Delta_c}^L = 2.284$$

$$\cdot \text{교축직각방향(하단)} : F_{P,C1}^T = V_{n1}^T = 2.207$$

$$\cdot \text{교축직각방향(상단)} : F_{P,C2}^T = V_{n2}^T = 2.284$$

ㄴ) 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{P,D}^L = \mu_{\Delta_D}^L = 1.000$$

$$\cdot \text{교축직각방향(하단)} : F_{P,D1}^T = V_{n1}^T = 1.000$$

$$\cdot \text{교축직각방향(상단)} : F_{P,D2}^T = V_{n2}^T = 1.000$$

ㄷ) 교각의 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{P,C}^L}{F_{P,D}^L} = \frac{\mu_{\Delta_C}^L}{\mu_{\Delta_D}^L} = 2.280 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향(하단)} : \frac{F_{P,C1}^T}{F_{P,D1}^T} = \frac{\mu_{\Delta_C}^T}{\mu_{\Delta_{D1}}^T} = 2.210 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향(상단)} : \frac{F_{P,C2}^T}{F_{P,D2}^T} = \frac{\mu_{\Delta_C}^T}{\mu_{\Delta_{D2}}^T} = 2.280 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

2)교량받침 내진성능평가

① 교량받침 및 앵커볼트 제원

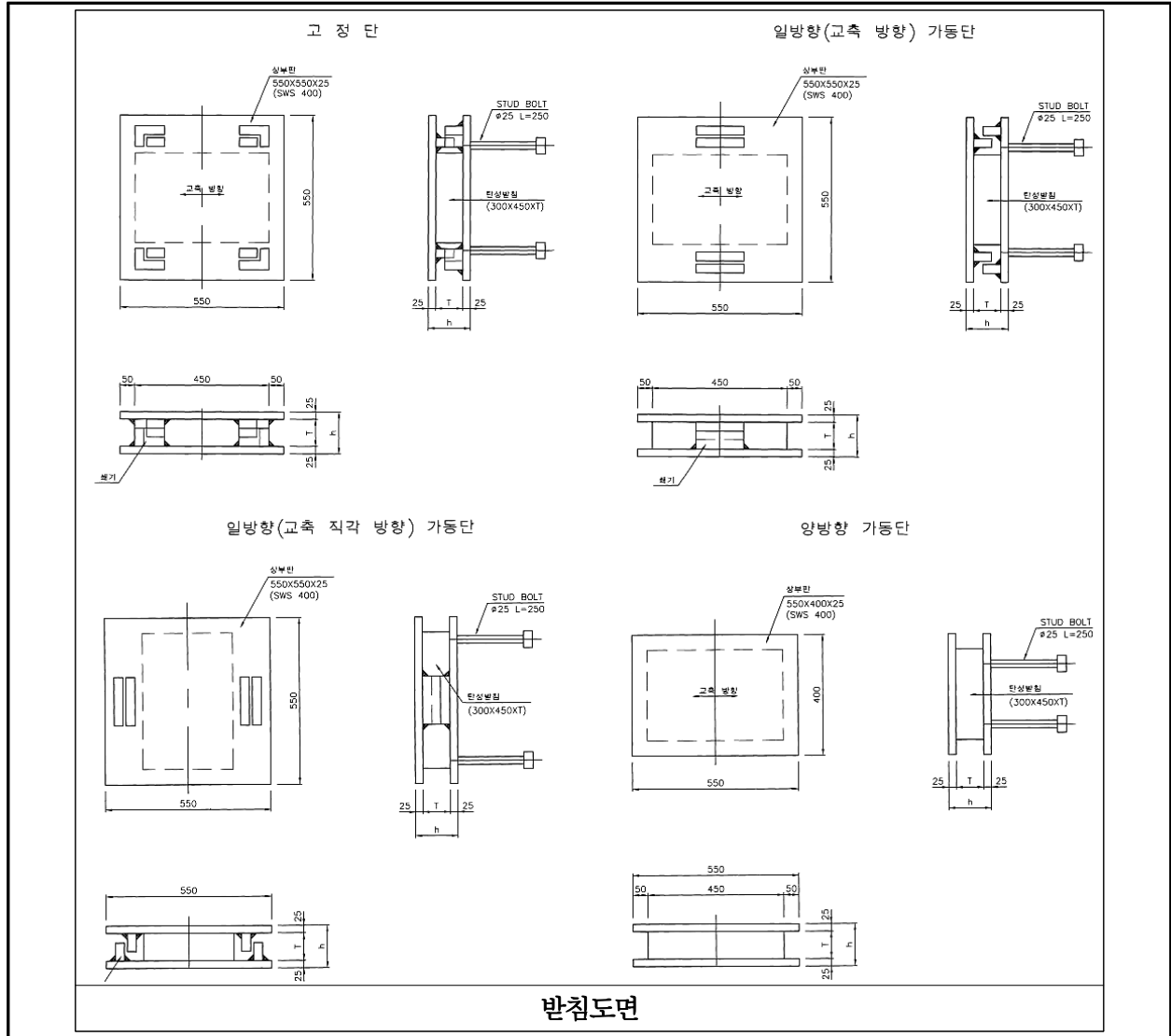
〈표 1.7.11〉 교량받침 제원

구 분	받침종류	받침수직용량 (kN)	받침수평용량 (kN)	저항받침개수	수평저항력 (kN)
교각(P8)	탄성받침	1,350	216.0	10	2,160
교대(A1)	탄성받침	1,350	216.0	5	1,080

〈표 1.7.12〉 앵커볼트 제원

구 분	개수 (개소당)	직경 (mm)	유효물힘길이 (mm)	인장강도 (MPa)	비 고
교각(P8)	4	25	250	410	
교대(A1)	4	25	250	410	

〈표 1.7.13〉 교량받침 일반도면



② 교각부 (P8-고정단) 교량받침 내진성능평가 결과

ㄱ) 받침본체 내진성능평가

● 수평저항력

- 공급역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{B,C}^L = 2,160\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{B,C}^T = 2,160\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{B,D}^L = \text{MIN}[F_n^L, V_E^L]_{\text{COMB, TOP}} = 1,125\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{B,D}^T = \text{MIN}[F_n^T, V_E^T]_{\text{COMB, TOP}} = 1,437\text{kN}$$

- 수평저항력 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{B,C}^L}{F_{B,D}^L} = 1.921 > 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{B,C}^T}{F_{B,D}^T} = 1.503 > 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

ㄴ) 앵커볼트 내진성능평가

• 강재파괴

$$- \text{공급역량} : V_{sa} = n_A \cdot 0.6 \cdot A_{se,V} \cdot f_{uta}$$

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AS,C}^L = V_{sa}^L = 483\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AS,C}^T = V_{sa}^T = 483\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AS,D}^L = \frac{F_{BD}^{L_{BD}}}{n^{L_B}} = 112\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AS,D}^T = \frac{F_{BD}^{T_{BD}}}{n^{T_B}} = 144\text{kN}$$

- 강재파괴 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{AS,C}^L}{F_{AS,D}^L} = 4.295 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{AS,C}^T}{F_{AS,D}^T} = 3.361 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

• 콘크리트 파괴

$$- \text{공급역량} : \text{전단력을 받는 앵커의 콘크리트 파괴강도 } V_{bg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vo}} \cdot \psi_{ed,V} \cdot V_b$$

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AC,C}^L = V_{bg}^L = 1,776\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AC,C}^T = V_{bg}^T = 450\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AC,D}^L = F_{AS}^L \times n_{BC}^L = 562\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AC,D}^T = F_{AS}^T \times n_{BC}^T = 287\text{kN}$$

- 콘크리트 파괴 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{AC,C}^L}{F_{AC,D}^L} = 3.159 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{AC,C}^T}{F_{AC,D}^T} = 1.564 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

• 콘크리트 프라이아웃 파괴

- 공급역량 : 전단력을 받는 앵커의 콘크리트 프라이아웃강도 $V_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AP,C}^L = V_{cp}^L = 568\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AP,C}^T = V_{cp}^T = 1,033\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AP,D}^L = F_{AS,D}^L \times n_{BP}^L = 112\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AP,D}^T = F_{AS,D}^T \times n_{BP}^T = 287\text{kN}$$

- 콘크리트 프라이아웃파괴 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{B,C}^L}{F_{B,D}^L} = 5.051 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{B,C}^T}{F_{B,D}^T} = 3.593 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

③ 교대부 (A1) 교량받침 내진성능평가 결과

ㄱ) 받침본체 내진성능평가

• 수평저항력

- 공급역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{B,C}^L = 1,080\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{B,C}^T = 1,080\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{B,D}^L = \text{MIN}[F_n^L, V_E^L]_{\text{COMB, TOP}} = 136\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{B,D}^T = \text{MIN}[F_n^T, V_E^T]_{\text{COMB, TOP}} = 110\text{kN}$$

- 수평저항력 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{B,C}^L}{F_{B,D}^L} = 1.592 < 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{B,C}^T}{F_{B,D}^T} = 1.970 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

ㄴ) 앵커볼트 내진성능평가

• 강재파괴

$$\cdot \text{공급역량} : V_{sa} = n_A \cdot 0.6 \cdot A_{se, V} \cdot f_{uta}$$

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AS,C}^L = V_{sa}^L = 483\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AS,C}^T = V_{sa}^T = 483\text{kN}$$

- 소요역량

$$\cdot \text{교 축 방 향} : F_{AS,D}^L = \frac{F_{BD}^L}{n} = 136\text{kN}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : F_{AS,D}^T = \frac{F_{BD}^T}{n} = 110\text{kN}$$

- 강재파괴 내진성능평가 결과

$$\cdot \text{교 축 방 향} : \frac{F_{AS,C}^L}{F_{AS,D}^L} = 3.561 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\cdot \text{교축직각방향} : \frac{F_{AS,C}^T}{F_{AS,D}^T} = 4.405 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

- 콘크리트 파괴

- 공급역량 : 전단력을 받는 앵커의 콘크리트 파괴강도 $V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vo}} \cdot \psi_{ed,V} \cdot V_b$

· 교 축 방 향 : $F_{AC,C}^L = V_{cbg}^L = 2,175\text{kN}$

· 교축직각방향 : $F_{AC,C}^T = V_{cbg}^T = 252\text{kN}$

- 소요역량

· 교 축 방 향 : $F_{AC,D}^L = F_{AS}^L \times n_{BC}^L = 678\text{kN}$

· 교축직각방향 : $F_{AC,D}^T = F_{AS}^T \times n_{BC}^T = 110\text{kN}$

- 콘크리트 파괴 내진성능평가 결과

· 교 축 방 향 : $\frac{F_{AC,C}^L}{F_{AC,D}^L} = 3.208 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$

· 교축직각방향 : $\frac{F_{AC,C}^T}{F_{AC,D}^T} = 2.299 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$

- 콘크리트 프라이아웃 파괴

- 공급역량 : 전단력을 받는 앵커의 콘크리트 프라이아웃강도 $V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg}$

· 교 축 방 향 : $F_{AP,C}^L = V_{cpg}^L = 561\text{kN}$

· 교축직각방향 : $F_{AP,C}^T = V_{cpg}^T = 554\text{kN}$

- 소요역량

· 교 축 방 향 : $F_{AP,D}^L = F_{AS,D}^L \times n_{BP}^L = 136\text{kN}$

· 교축직각방향 : $F_{AP,D}^T = F_{AS,D}^T \times n_{BP}^T = 110\text{kN}$

- 콘크리트 프라이아웃파괴 내진성능평가 결과

· 교 축 방 향 : $\frac{F_{B,C}^L}{F_{B,D}^L} = 4.138 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$

· 교축직각방향 : $\frac{F_{B,C}^T}{F_{B,D}^T} = 5.048 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$

3) 받침지지길이

① 교대(A1)

ㄱ) 공급역량

- $N_C = 1,215\text{mm}$

ㄴ) 소요역량

- 도로교설계기준의 최소 받침지지길이 공식

$$\cdot N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) \times (1 + 0.000125\theta^2) = 325\text{mm}$$

ㄷ) 받침지지길이 평가결과

$$\cdot \frac{N_C}{N_D} = 3.74 \geq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

사. 내진성능 평가결과

- 교 량 명 : 북삼교
- 내진등급 : 내진1등급교
- 설계하중 : DB-24
- 교량폭원 : 11.0m
- 교량위치 : 경기도 (지진 I 구역)
- 지반종류 : II
- 연속경간 : 21@30=630.0m
- 사 각 : 0°

1) 내진성능 평가결과 요약

구 분	내진성능평가구간
대상교량 특징	- 상부형식: PSC-I - 내진성능평가 교각: P8(고정단) - 교각형식 : π 형교각 기초형식 : 말뚝기초, 우물통기초 - 교각단면 : 반트랙형단면 ☞ 교각:1,350kN(10EA) ■ 교각부 : OK, 받침부 : OK

구 분		공급역량	소요역량	비 고	
P8 고정단 교각부 평가					
변위연성도 평가	교축방향	2.284	1.000	2.284	OK
	교축직각방향 (하단)	2.207	1.000	2.207	OK
	교축직각방향 (상단)	2.284	1.000	2.284	OK

구 분			공급역량	소요역량	안전율	평 가
받침부 평가						
P8 교각부(kN)	받침본체 - 수평력	교축방향	2,160	1,125	1.921	OK
		교축직각방향	2,160	1,437	1.503	OK
	앵커볼트 - 강재파괴	교축방향	483	112	4.295	OK
		교축직각방향	483	144	3.361	OK
	앵커볼트 - Con'c 파괴	교축방향	1,776	562	3.159	OK
		교축직각방향	450	287	1.564	OK
	앵커볼트 - 프라이아웃파괴	교축방향	568	112	5.051	OK
		교축직각방향	1,033	287	3.593	OK
A1 교대부(kN)	받침본체 - 수평력	교축방향	1,080	678	1.592	OK
		교축직각방향	1,080	548	1.970	OK
	앵커볼트 - 강재파괴	교축방향	483	136	3.561	OK
		교축직각방향	483	110	4.405	OK
	앵커볼트 - Con'c 파괴	교축방향	2,175	678	3.208	OK
		교축직각방향	252	110	2.299	OK
	앵커볼트 - 프라이아웃파괴	교축방향	561	136	4.138	OK
		교축직각방향	554	110	5.048	OK
받침지지길이 평가						
교대 받침지지길이(mm)			1215	325	3.74	OK

1.8 종합평가

1.8.1 종합평가 결과

구 분	상태평가	안전성평가	비 고
평가내용	결함도 점수 범위 : $0.130 \leq 0.234 < 0.260$	$1.00 < SF$	
평가결과	B	A	
종합평가 결과	B		

1.8.2 안전등급 지정

과업대상 교량에 대한 정밀안전진단 결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가한 결과 현재 대상구조물의 안전등급은 ‘B 등급’ 으로서 개별부재에서 조사된 일부 결함 또는 열화손상 개소에 대해서는 내구성확보를 위한 보수가 수행된다면 안전등급은 상향조정이 될 것이며, 유지보수 후 에도 추가손상 발생유무에 대한 주의관찰은 필요한 것으로 판단된다.

안전등급	시설물의 상태	안전등급 지정
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	B 등급
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 보수보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

1.9 보수·보강방안 및 유지관리방안

1.9.1 보수·보강방안

가. 보수방안

주요 손상 및 결함에 따른 보수방법은 <표 1.9.1>와 같다.

<표 1.9.1> 개별부재별 보수대상 일람표

부 재		손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
교면포장		아스콘 균열	15	185.00	m	S4~S12,S14,S15,S17,S21	전면 재포장	
		아스콘 망상균열	47	3,604.60	m ²	S1~S21		
		아스콘 파손	2	0.06	m ²	S19		
		아스콘 패임	1	0.24	m ²	S18		
연석		균열(cw=0.2mm)	6	1.30	m	S1,S3,S8,S19	주의관찰	
		균열부백태	8	6.60	m	S11,S12	주의관찰	
		계단 부분부식 발생	1	1.00	EA	S18	주의관찰	
		교각표지판 탈락	1	1.00	EA	S13	재설치	
		박락	5	0.61	m ²	S7~S10	주의관찰	
		보수부 들뜸	1	0.50	m ²	S21	주의관찰	
		보수부 망상균열	1	0.60	m ²	S16	주의관찰	
		파손	3	0.08	m ²	S1,S2,S6	주의관찰	
방음판		방음판 탈락, 고정볼량, 변형	19	19.00	EA	S18~S21	주의관찰	
신축 이음	본체	본체 부식	15	2.62	m ²	S1,S4,S7,S10,S13,S16,S19,S21	주의관찰	
		토사퇴적	8	88.00	m ²	S1,S4,S7,S10,S13,S16,S19,S21	청소	
	후타재	균열((cw=0.1~0.2mm)	120	46.60	m	S1,S4,S7,S10,S13,S16,S19,S21	주의관찰	
		열화	3	2.32	m ²	S19	단면보수	
		파손	1	0.24	m ²	S19	단면보수	
배수시설		배수관 고정부 파손	1	1.00	EA	S7	재설치	
		배수관 볼트 망실	1	1.00	EA	S11	볼트재설치	
		배수관 탈락	1	1.00	EA	S8	배수관 재설치	
		배수관 지지대 탈락	1	1.00	EA	S2	재설치	
		배수구 막힘	84	84.00	EA	S1~S21	청소	
바닥판 하면		균열(cw=0.2mm이하)	9	6.60	m	S2,S6,S12,S13,S18,S19	주의관찰	
		균열부백태 (cw=0.2mm이하)	2	1.20	m	S8,S17	주의관찰	
		박리	3	0.14	m ²	S7,S9,S18	단면보수	
		백태	31	12.58	m ²	S1~S6,S10~S12,S16~S19	표면처리	
		보수부 박리	5	11.55	m ²	S2,S3,S6	표면처리	
		상수관 보온관 파손	1	2.50	m	S7	보온관 재설치	
		외부인 불법설치	4	4.00	EA	S18	철거	
		잡철물 노출	4	0.10	m ²	S6,S12,S16	단면보수	
		철근노출	6	0.20	m ²	S6,S16,S18,S19	단면보수 (방청)	

〈표 1.9.1〉 개별부재별 보수대상 일람표(계속)

부 재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
거더	균열(cw=0.2mm이하)	49	60.70	m	S2~S7,S9~ S12,S14,S16~S19	주의관찰	
	균열부백태 (cw=0.2mm이하)	1	0.10	m	S17	주의관찰	
	망상균열	6	13.60	m ²	S9,S13,S14,S16,S17,S19	주의관찰	
	박리	2	0.09	m ²	S4,S19	단면보수	
	보수부 망상균열	5	0.71	m ²	S3~S5	주의관찰	
	재료분리	11	0.99	m ²	S2,S8,S15, S17,S20	단면보수	
	콘크리트 열화	1	0.06	m ²	S18	단면보수	
	파손	18	0.39	m ²	S1~S3,S5,S7~S9,S11, S14,S16,S19	단면보수	
가로보	균열(cw=0.2mm이하)	123	40.50	m	S2~S12,S14, S15~S21	주의관찰	
	균열(cw=0.3mm이상)	14	4.50	m	S4,S17,S18	주입보수	
	박락	1	0.04	m ²	S16	단면보수	
	박리	2	0.04	m ²	S8,S20	단면보수	
	백태	1	0.05	m ²	S19	표면처리	
	재료분리	30	3.77	m ²	S1,S4,S6~S13,S15,S20	단면보수	
	파손	1	0.01	m ²	S4	단면보수	
받침 장치	Plate 부식	5	5.00	EA	P9,P12,P15	재도장	
	받침몰탈균열 (cw=0.2mm이하)	45	4.50	m	P5,P8,P10,P11,P13, P16,P18,P19	주의관찰	
	도장박리	6	0.27	m ²	P3,P4,P15	주의관찰	
	받침몰탈 박리	2	0.04	m ²	P14,P15	주의관찰	
	받침 부식	10	10.00	EA	P18	재도장	
	받침콘크리트균열 (cw=0.2mm이하)	25	8.30	m	P4~P7,P11, P17~P20	주의관찰	
	받침콘크리트균열 (cw=0.3mm이상)	1	0.80	m	P9	주입보수	
	받침콘크리트 박리	1	0.01	m ²	P4	단면보수	
	받침콘크리트 보수부 망상균열	1	0.12	m ²	P8	주의관찰	
	받침콘크리트 철근노출	1	0.01	m ²	P18	단면보수 (방청)	
	받침콘크리트 파손	1	0.08	m ²	P16	단면보수	

〈표 1.9.1〉 개별부재별 보수대상 일람표(계속)

부재	손상내용	개소	물량	단위	발생위치	필요 조치사항	비고
교대	보수부재균열 (cw=0.2mm이하)	1	0.30	m	A1	주의관찰	
	균열(cw=0.2mm이하)	1	0.40	m	A2	주의관찰	
	이격	1	12.00	m	A2	주의관찰	
	보수부 박리	1	0.30	m ²	A2	주의관찰	
	백태	1	0.04	m ²	A2	주의관찰	
교각	균열(cw=0.2mm이하)	142	153.00	m	P1~P13,P16~P20	주의관찰	
	균열(cw=0.3mm이상)	3	1.20	m	P11,P13,P16	주입보수	
	보수부재균열 (cw=0.2mm이하)	2	1.70	m	P2,P14	주의관찰	
	망상균열	16	60.52	m ²	P1,P2,P5,P8~P10, P12~P16,P20	주의관찰	
	박락	3	0.43	m ²	P11	단면보수	
	박리	1	4.00	m ²	P18	단면보수	
	보수부 박리	1	0.60	m ²	P16	표면처리	
	자재적치(점검로)	1	1	EA	P19	청소	
	재료분리	1	3.40	m ²	P3	주의관찰	
	조류배설물 퇴적	1	0.02	m ²	P15	주의관찰	
	철근노출	3	0.24	m ²	P8,P9,P18	단면보수 (방청)	
	파손	7	0.18	m ²	P2,P5,P8,P10,P20	단면보수	
	표면오염	16	40.90	m ²	P2~P6,P11~P17,P20	표면처리	

나. 개략공사비

공사비 산출은 상세한 설계에 의한 것이 아닌 소요 예산의 추정을 위하여 실시하였으며, 각 보수공법(일반적인) 적용 시 단위 평균공사비를 기술하였다. 같은 공법으로 공사하더라도 교량의 위치, 규모, 주변 환경조건에 따라 가설비, 부대공사비가 차이가 많이 나므로 단위평균공사비만을 적용하여 대상구조물의 추정 공사비를 산출한 것이므로 보수설계를 통해 보다 상세한 보수 공사비를 산정함이 바람직할 것으로 판단된다.

〈표 1.9.2〉 공용중 손상 보수 개략공사비

부 재	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)	우선 순위
교면포장	아스콘 균열	전면 재포장	185	6,300	m ²	50	315,000	1
	아스콘 망상균열		3,604.60					
	아스콘 파손		0.06					
	아스콘 패임		0.24					
연석	교각표지판 탈락	재설치	1	1.00	EA	10	10	3
후타재	토사퇴적	청소	88	105.60	m ²	15	1,584	3
	열화	단면보수	2.32	2.78	m ²	285	793	1
	파손	단면보수	0.24	0.29	m ²	285	82	1
배수시설	배수관 고정부 파손	재설치	1	1.00	EA	50	50	3
	배수관 볼트 망실	볼트재설치	1	1.00	EA	10	10	3
	배수관 탈락	배수관 재설치	1	1.00	EA	150	150	3
	배수관 지지대 탈락	재설치	1	1.00	EA	50	50	3
	배수구 막힘	청소	84	84.00	EA	15	1,260	2
바닥판 하면	박리	단면보수	0.14	0.17	m ²	285	48	3
	백태	표면처리	12.58	15.10	m ²	48	725	3
	보수부 박리	표면처리	11.55	13.86	m ²	48	665	3
	상수관 보온관 파손	보온관 재설치	2.5	3.00	m	50	150	3
	외부인 불법설치	철거	4	4.00	EA	300	1,200	3
	잡철물 노출	단면보수	0.1	0.12	m ²	285	34	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.2	0.24	m ²	300	72	1
거더	박리	단면보수	0.09	0.11	m ²	285	31	3
	재료분리	단면보수	0.99	1.19	m ²	285	339	3
	콘크리트 열화	단면보수	0.06	0.07	m ²	285	21	3
	파손	단면보수	0.39	0.47	m ²	285	133	3

〈표 1.9.2〉 공용중 손상 보수 개략공사비(계속)

부 재	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	금액 (천원)	우선 순위
가로보	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	4.5	5.40	m	82	443	3
	박락	단면보수	0.04	0.05	m ²	285	14	3
	박리	단면보수	0.04	0.05	m ²	285	14	3
	백태	표면처리	0.05	0.06	m ²	48	3	3
	재료분리	단면보수	3.77	4.52	m ²	285	1,289	3
	파손	단면보수	0.01	0.01	m ²	285	3	3
받침장치	Plate부식	재도장	5	5.00	EA	24	120	3
	받침 부식	재도장	10	10.00	EA	24	240	3
	받침콘크리트균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	0.8	0.96	m	82	79	3
	받침콘크리트 박리, 파손	단면보수	0.09	0.11	m ²	285	31	3
	받침콘크리트 철근노출	단면보수(방청)	0.01	0.01	m ²	300	4	1
교각	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	1.2	1.44	m	82	118	3
	박락	단면보수	0.43	0.52	m ²	285	147	3
	박리	단면보수	4	4.80	m ²	285	1,368	3
	보수부 박리	표면처리	0.6	0.72	m ²	48	35	3
	자재적치(점검로)	청소	1	1.00	EA	15	15	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.24	0.29	m ²	300	86	1
	파손	단면보수	0.18	0.22	m ²	285	62	3
	표면오염	표면처리	40.9	49.08	m ²	48	2,356	3
계						① 순위	315,966	
						② 순위	1,260	
						③ 순위	11,606	
잡비(50%)							164,416	
합 계							493,248	

※ 보수물량은 손상물량의 20% 할증을 적용함.

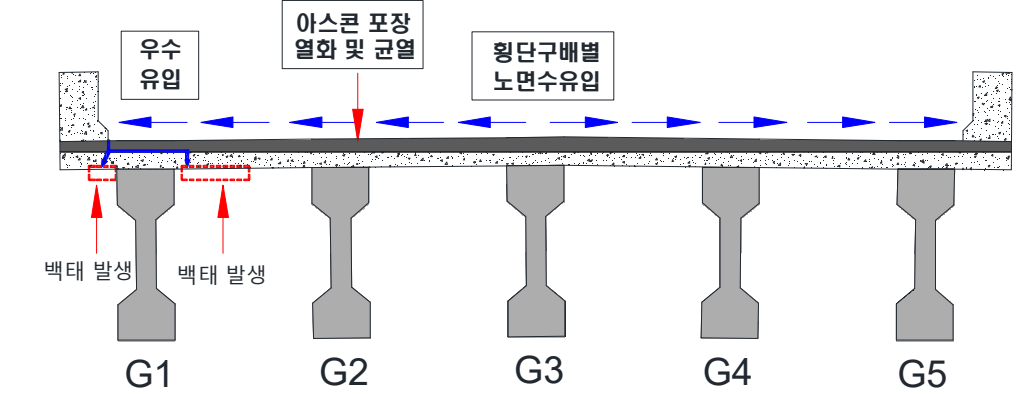
※ 개략공사비는 정밀안전진단시 제한되고 한정된 조건을 적용하여 분석·검토된 내용으로, 향후 실시 설계시 변경될 수 있음.

1.9.2 중점 유지관리 방안

가. 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

금회 정밀안전진단 결과, 본 교량의 안전성을 저해할만한 손상은 발생하지 않은 전반적으로 건전한 상태로 조사되었으나 향후 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함 부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 차원에서 중점적인 유지관리 항목 및 방안을 제시하였다.

〈표 1.9.3〉 교면포장 및 바닥판 하면 유지관리 방안

구 분	교면포장 및 바닥판 하면 손상 현황		
주요 원인 및 진행 형태			
손상현황	◦아스콘 열화 및 이방향균열, 바닥판 하면 백태 및 보수부 박리		
보수방안	◦전면 재포장, 표면처리		
점검항목	◦교면포장 아스콘 균열 및 이방향균열 손상 확대유무 및 진전유무 ◦바닥판 하면 백태 및 보수부 박리 손상 확대유무 및 진전유무		
점검도구	◦펼기도구(점검야장), 사진기		
현황사진			

나. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량의 향후 공용기간 동안 주요 구조부재에 대한 중점유지관리 사항을 요약하면 다음과 같다.

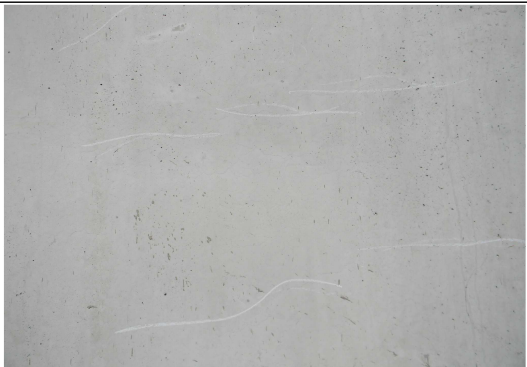
구 분	교면포장 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	교면포장 아스콘 망상균열	교면포장 아스콘 파손
점검방법	◦도보를 이용한 근접 육안조사 및 테스트 햄머를 이용한 타격시험	
점검항목	◦포장면 균열 및 망상균열의 진전여부 확인 ◦추후 포장면 추가 손상 발생여부 확인	
중 점 점검사항	· 아스팔트 교면포장에서 주로 발생하는 균열, 파손, 포트홀 등의 열화손상은 포장두께 부적정, 아스팔트 혼합물의 안정성부족, 다짐불량, 재료분리 등과 같은 시공결함과 교통량증가 및 중량화 등 환경적인 요인이 복합적으로 작용되어 발생된 것으로 추정되며, 주행성 및 사용성 확보와 바닥판 상면의 열화손상 방지를 위해서는 효율적인 유지관리가 필요.	

구 분	난간 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	연석 균열	연석 보수부 들뜸
점검방법	◦도보를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦콘크리트 균열, 철근노출, 파손 등의 손상발생 유무 ◦연석 보수부 재손상 및 진전유무	
중 점 점검사항	◦관측된 균열부 및 단면손상부에 대해서는 손상의 확대 및 진전유무에 대한 주의관찰 필요	

구 분	신축이음 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	본체 녹발생	후타재 균열
점검방법	◦도보를 이용한 근접 육안조사 ◦측정기(버어니어캘리퍼스, 줄자 등)를 이용한 온도변화에 따른 신축량 측정	
점검항목	◦온도변화에 따른 신축 여유량 확보 여부 ◦본체 차수기능 상실에 따른 하부구조 우수유입 발생 유무 ◦후타재 전·후 단차 발생 및 균열, 파손 발생 유무	
중 점 점검사항	◦교량 좌·우측 노면부 신축이음 녹발생 발생구간 손상 진전여부 ◦신축이음 후타재 균열부 손상 진전으로 인한 파손 발생 여부	

구 분	배수시설 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	교량상부 배수구 막힘	배수관 탈락
점검방법	◦도보 및 사다리를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦배수구 주변 거더 및 바닥판상태 확인 ◦배수구 토사적체, 배수관 부식 및 탈락 등의 손상유무	
중 점 점검사항	◦배수구 막힘으로 인한 교면수가 원활하게 배출되지 못함으로써 교면수가 장시간 체수될 수 있으므로 배수성능 확보를 위해서는 청소 등의 일상적인 유지관리 필요.	

구 분	바닥판하면 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	바닥판하면 백태	바닥판하면 철근노출
점검방법	◦교량점검차를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦바닥판하면 철근노출 및 박리, 균열, 백태 발생유무 및 기타 결함발생 유무 등 ◦바닥판하면의 탄산화, 염화물 등 철근부식환경에 대한 조사·측정 등	
중 점 점검사항	◦균열 상태변화(균열확산, 균열부 백태, 박리 등) 점검 ◦백태, 박리, 박락, 철근노출 등 발생 및 진전유무	

구 분	거더 및 가로보 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	거더 균열	거더 파손
점검방법	◦교량점검차를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦거더 및 가로보 균열, 파손, 박리 등의 손상발생 유무 ◦거더 받침부 주변 균열 및 박리, 중앙부 균열 등 손상발생 유무 점검 ◦거더 이상처짐, 변형 등에 대한 상태확인	
중 점 점검사항	◦거더 균열 및 파손, 재료분리 등 손상진전 및 확대 유무	

구 분	받침장치 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	받침장치 부식	받침물탈 균열
점검방법	◦교량점검차 및 교각점검로를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦받침장치 가동, 회전 등 성능확보 상태 확인 ◦받침콘크리트 균열, 파손 등의 손상발생 유무 ◦받침장치 주변 및 교대, 교각 두부 인장영역의 균열, 파손발생 유무	
중 점 점검사항	◦받침콘크리트 및 물탈균열, 단면손상 진전여부 ◦받침장치 부식 진전여부	

구 분	교대 및 교각 중점 점검사항	
현황사진		
손상현황	교각 기둥 균열	교각 기둥 철근노출
점검방법	◦도보 및 교량점검차를 이용한 근접 육안조사	
점검항목	◦교대 및 교각 균열, 백태, 파손 등의 손상발생 유무 ◦받침장치 주변 균열, 파손 등 이상결합 발생유무	
중 점 점검사항	◦교대 및 교각 균열 등 초기결합개소에 대해서는 내구성저하 방지를 위한 적절한 유지보수와 균열 상태변화에 대해서는 지속적인 주의관찰 필요	

1.10 종합결론 및 건의

1.10.1 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

본 교량은 외관조사, 내구성조사를 통해 시공 중과 공용 중에 발생되었을 것으로 추정되는 결함 및 손상을 조사하였고 교량의 안전성과 내구성에 미치는 영향을 종합적으로 판단하여 보수·보강 방법과 유지관리 방안을 제시하였다.

1) 외관조사결과 대상교량의 개별부재에서 조사된 주요 손상 및 결함은 적절한 보수를 통해 구조물의 내구성 및 사용성을 확보하여야 할 것으로 판단된다. 또한, 구성 재료의 품질상태와 내구성 등을 평가하기 위하여 콘크리트에 대한 비파괴조사를 실시하였고 그 결과를 준공도면과 비교 검토한 결과 콘크리트의 품질상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

2) 본 과업대상 시설물에 대한 외관조사 및 비파괴조사를 토대로 시설물에 대한 상태평가를 실시한 결과 환산결함도 점수는 0.234이며, 상태평가 산정기준에 의해 대상 시설물의 안전등급을 산정한 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B”등급에 해당하는 것으로 평가되었다.

3) 정밀안전진단의 과업 목적에 따라 북삼교에 대한 안전성평가결과 기본내하력 및 공용내하력은 모두 DB-24 이상을 확보하고 있어 안전성 평가 등급은 “A” (SF>1.0)등급에 해당되는 것으로 평가되었다.

4) 내진성능평가 결과 교각부 : O.K, 받침부 : O.K, 최소받침 지지길이 : O.K, 로 평가되었다.

5) 북삼교에 대한 상태평가 결과 “B” 등급으로 평가되었으며, 안전성평가는 공용내하력 DB-24를 상회하는 “A” 등급으로 평가되어, 전체 교량의 안전등급은 양호한 상태인 “B” 등급 으로 평가되었다. 따라서 발생한 결함에 대해서는 제안한 바와 같이 보수·보강이 이루어진다면 대상구조물의 안전등급은 상향될 수 있을 것을 판단되며, 보수 후에도 정기적인 점검 및 지속적인 유지관리를 통해 구조물의 내구연한을 연장시켜 안전성 및 사용성을 최대한 확보하고, 문제점 발생시에는 즉각적인 대책을 수립·강구하여야 할 것으로 판단된다

1.10.2 시설물의 사용제한의 필요성 여부

정밀안전진단결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태로 조사되어 시설물의 사용제한 필요성은 없는 것으로 판단된다