

37. 신월릉교

- 37.1 시설물 개요
- 37.2 자료수집 및 분석
- 37.3 현장조사
- 37.4 콘크리트 내구성조사
- 37.5 상태평가
- 37.6 종합평가 및 안전등급 지정
- 37.7 보수·보강 및 유지관리 방안
- 37.8 종합결론

37. 신월릉교

37.1 시설물의 개요

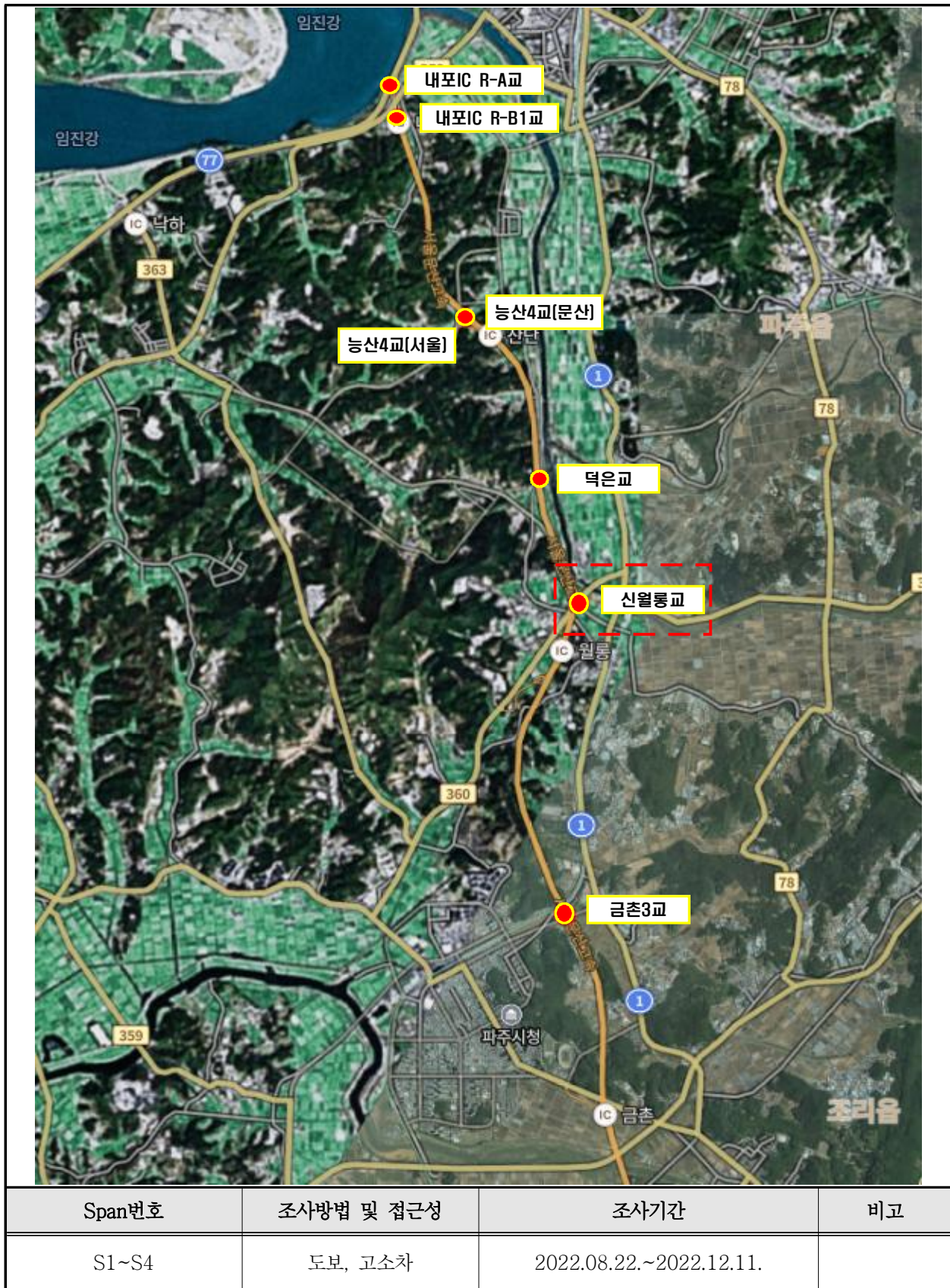
본 시설물은 경기도 파주시 월릉면 위전리 287-8에 위치한 교량으로 총 연장 430.6m, 폭 24.4m로 시공되어 있다.

37.1.1 일반사항

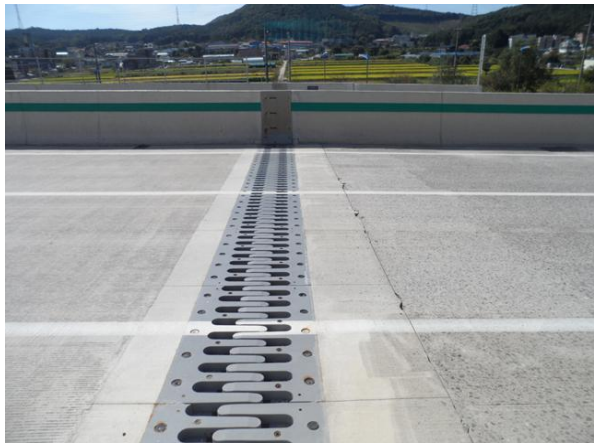
【표 37.1.1】 신월릉교 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2020-0000144		관리번호		-	
시설물위치		경기도 파주시 월릉면 위전리 287-8		준공년월일		2020. 11. 06	
시점이정		-		노 선 명		고속국도 17호선	
제원	연장	L=430.6m(82.3m+128.0m+135.0m+85.3m=430.6m)					
	폭	B=24.4m, 4차로					
구조 형식	상부	PSC BOX		기초 형식	교 대	내부굴착강관말뚝기초 직접기초	
	하부	교대: 역T형, 교각: 단주식중공사각			교 각	내부굴착강관말뚝기초 직접기초	
교량받침		지진격리받침		신축이음		강팽거요인트	
교차시설물		휴암로, 금월로		통과높이		-	
부착시설내용		-		설계하중		DB-24/DL-24	
시 공 자		(주)대우건설		설 계 자		(주)신성엔지니어링	
감 리 자		(주)신성엔지니어링(오영식)		관리주체		서울문산고속도로주식회사	
							
측면 전경				상부 전경			

37.1.2 위치도 및 전경사진



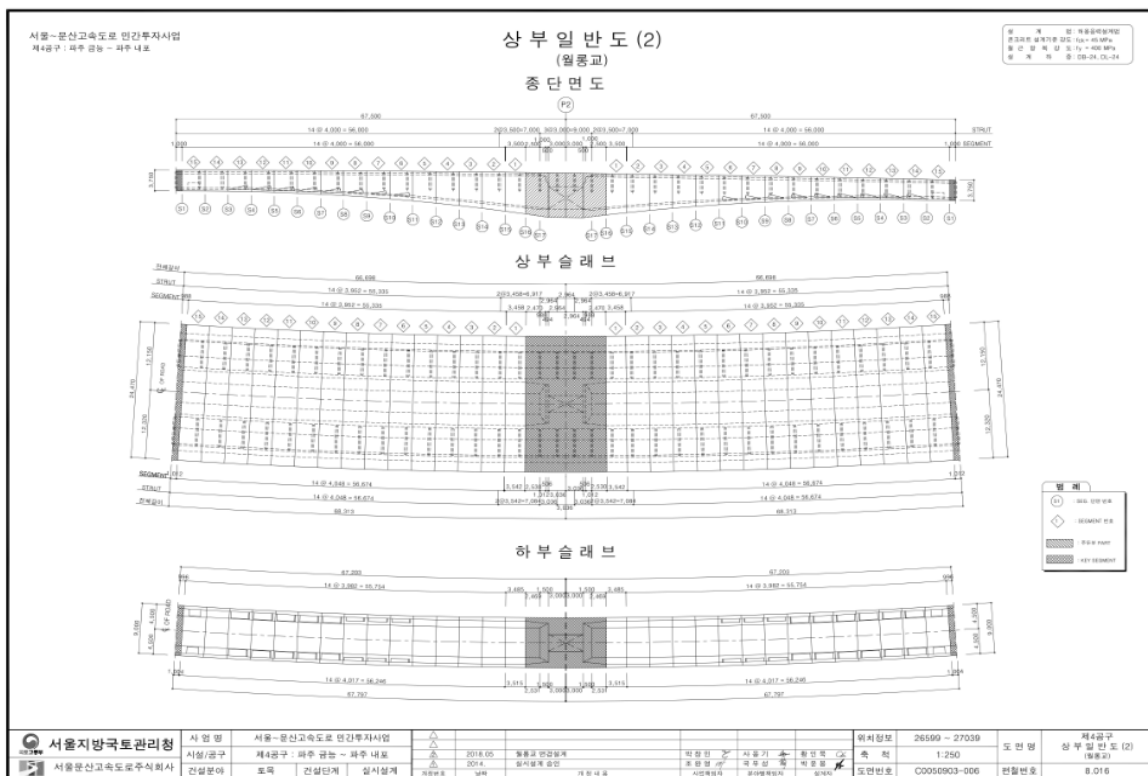
【그림 37.1.1】 위치도

	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	배수관 전경

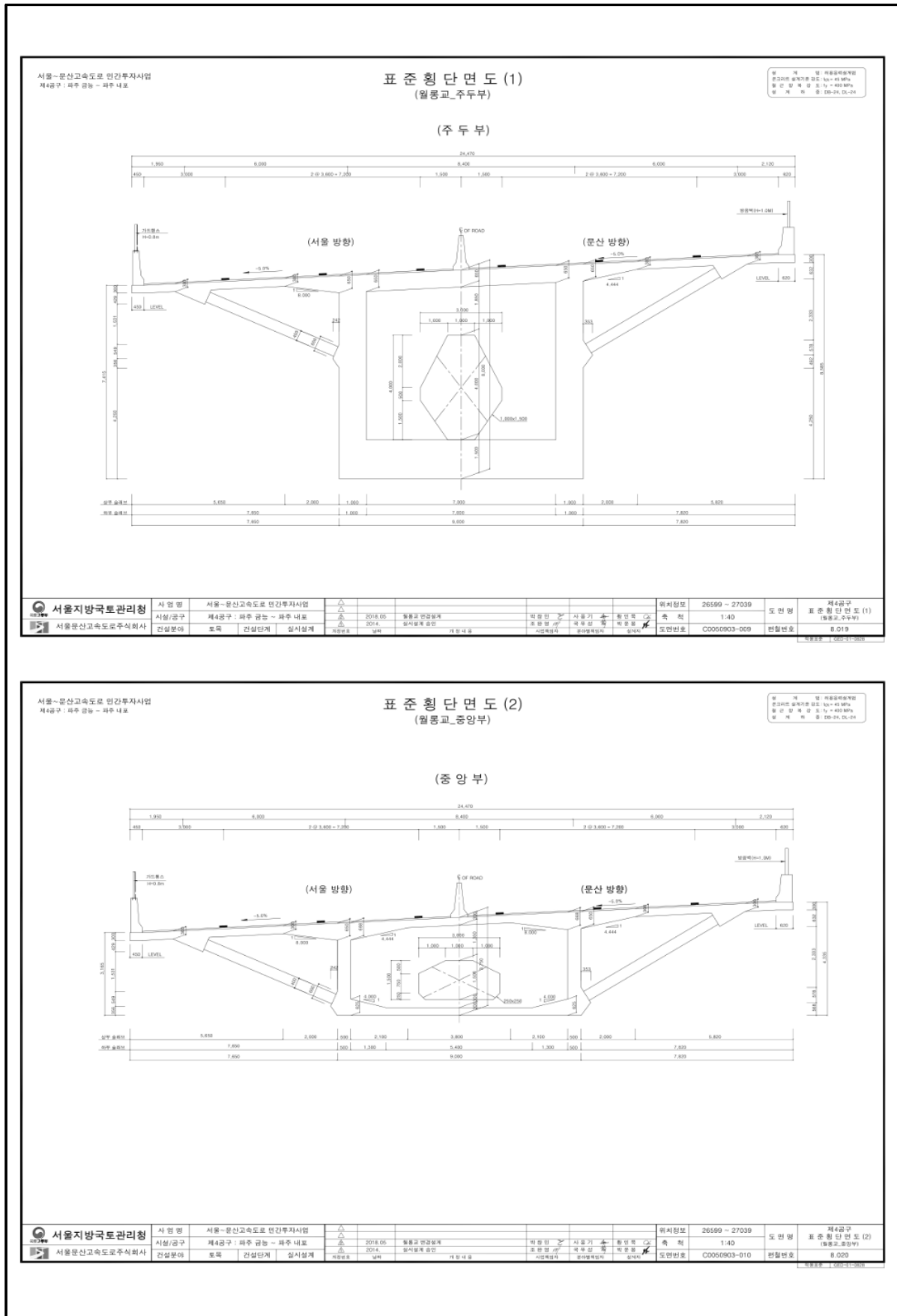
【그림 37.1.2】 부재별 현황

[illegible]

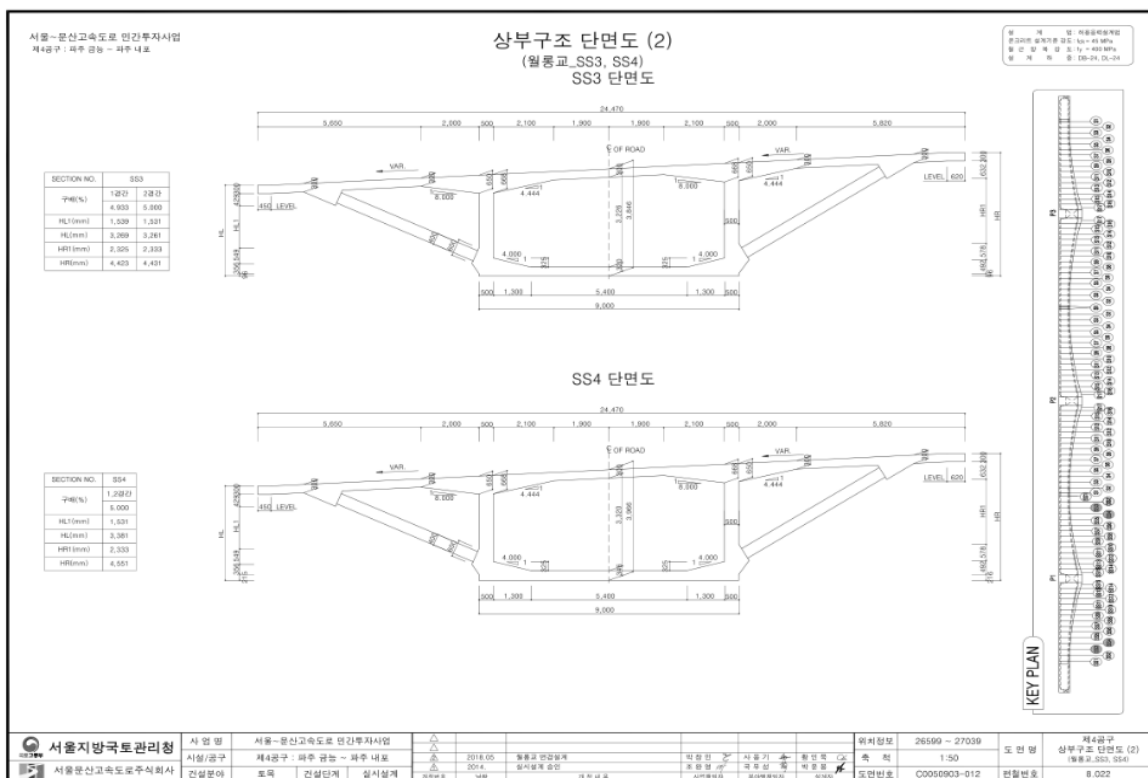
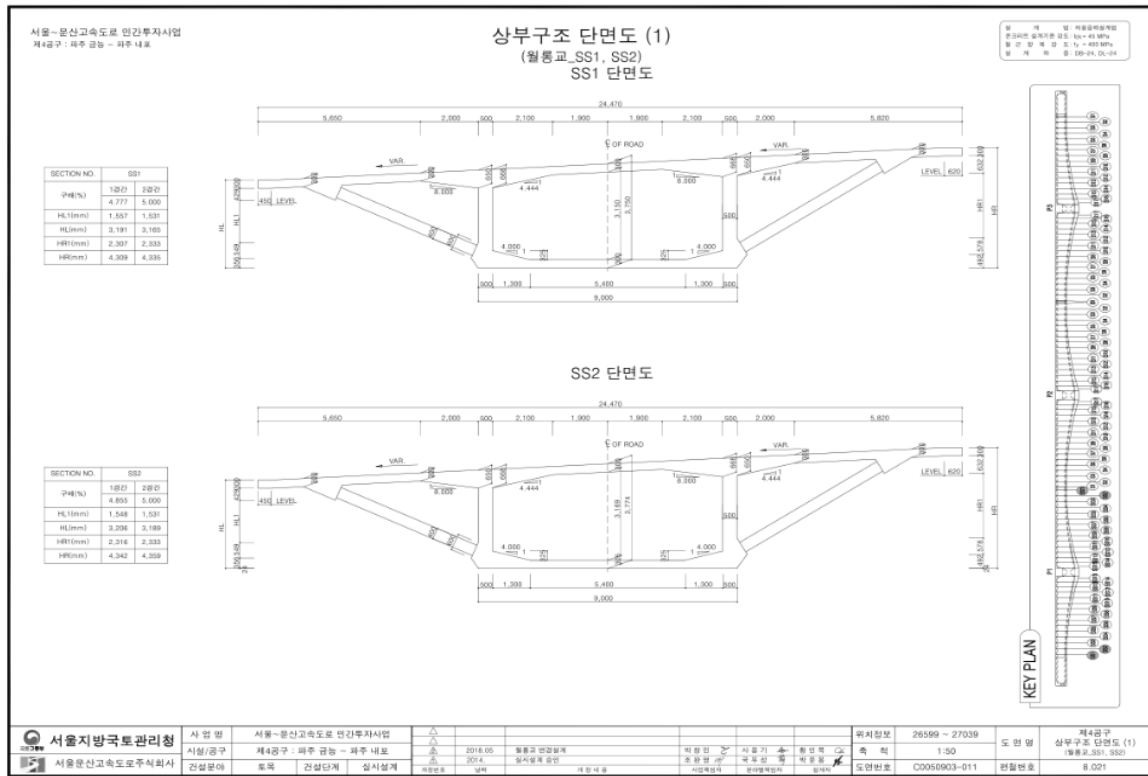
【그림 37.1.3】 평면 및 종단면도



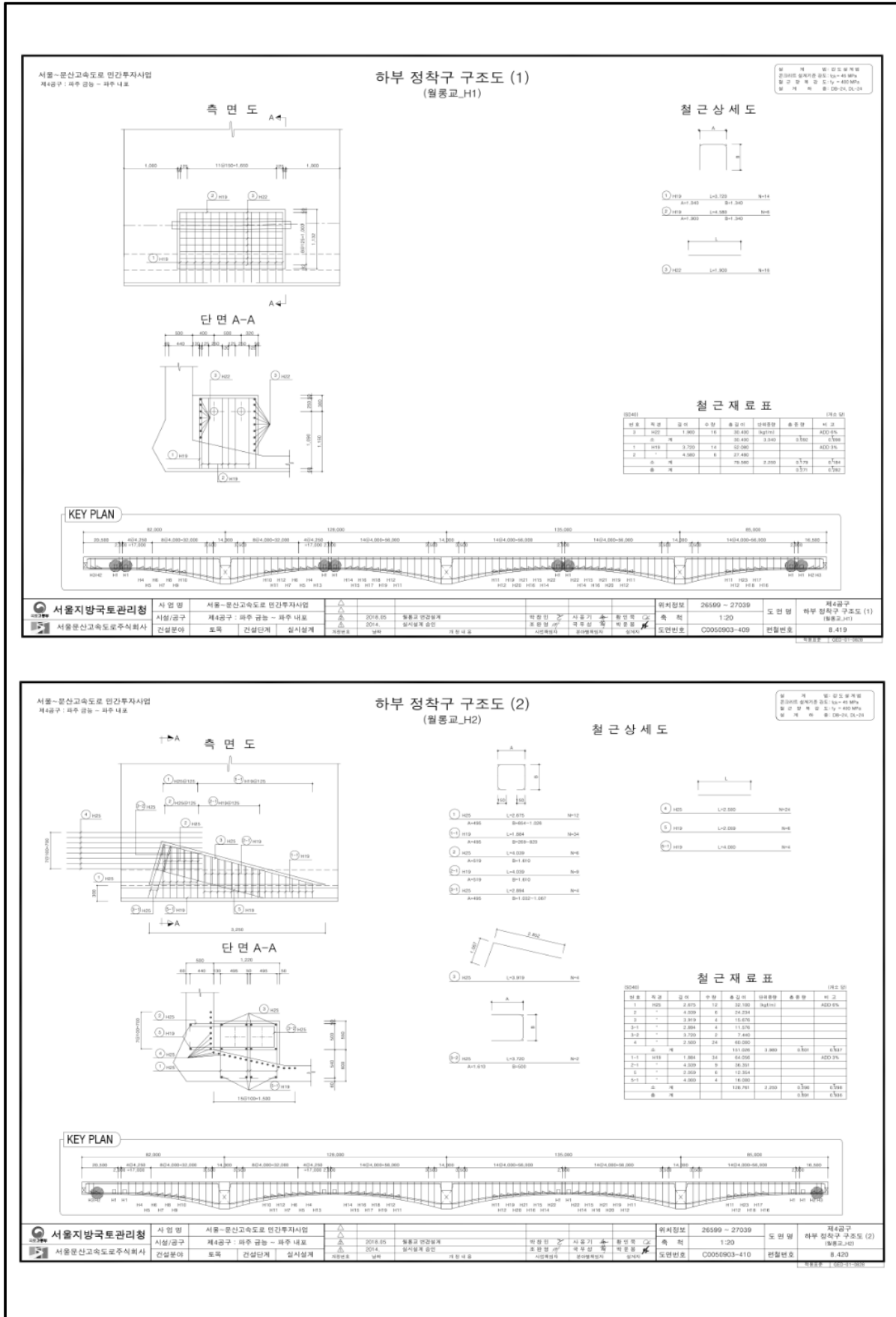
【그림 37.1.2】 바닥판하면 일반도 및 상세도

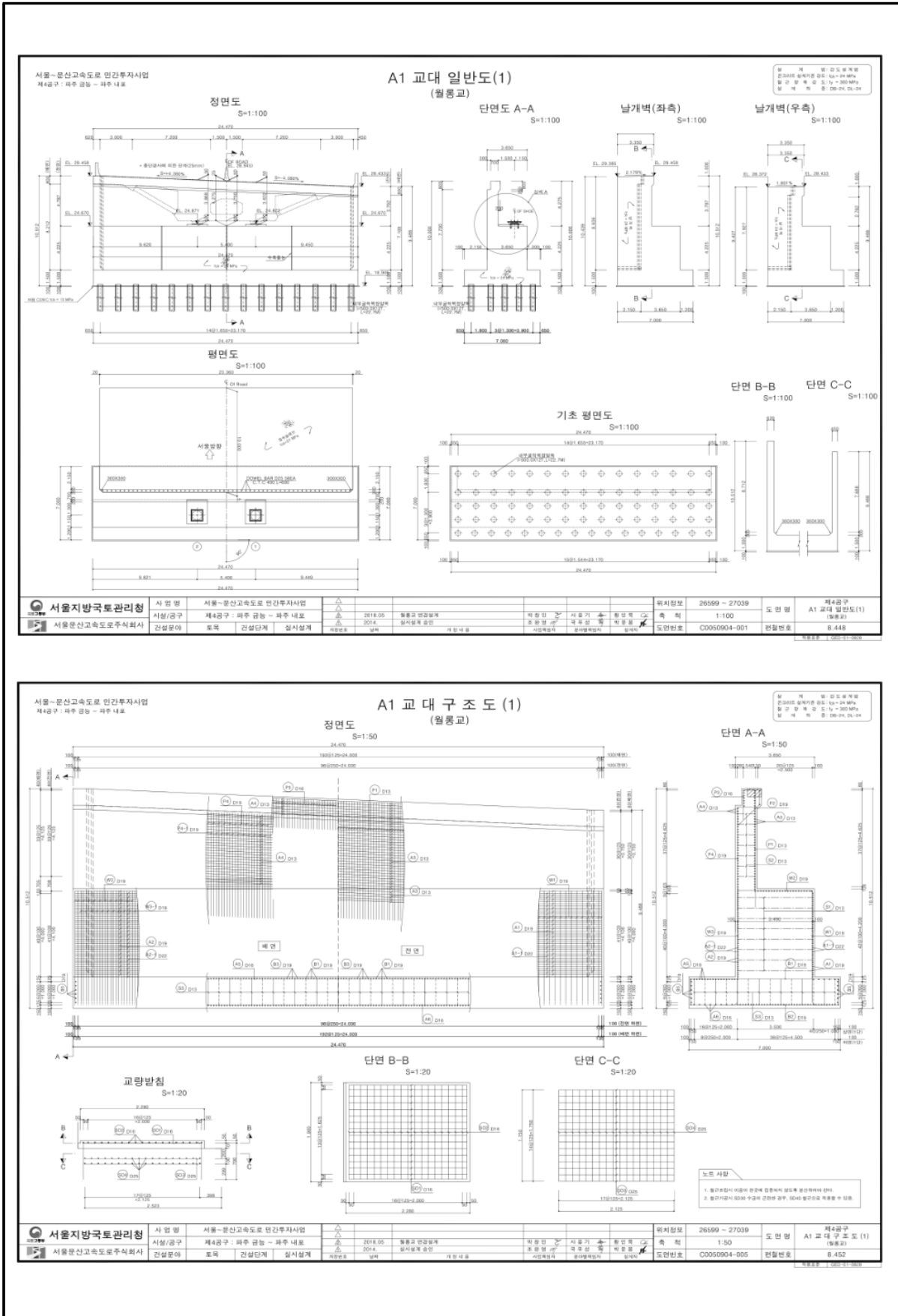


【그림 37.1.3】 표준횡단면도 및 상세도

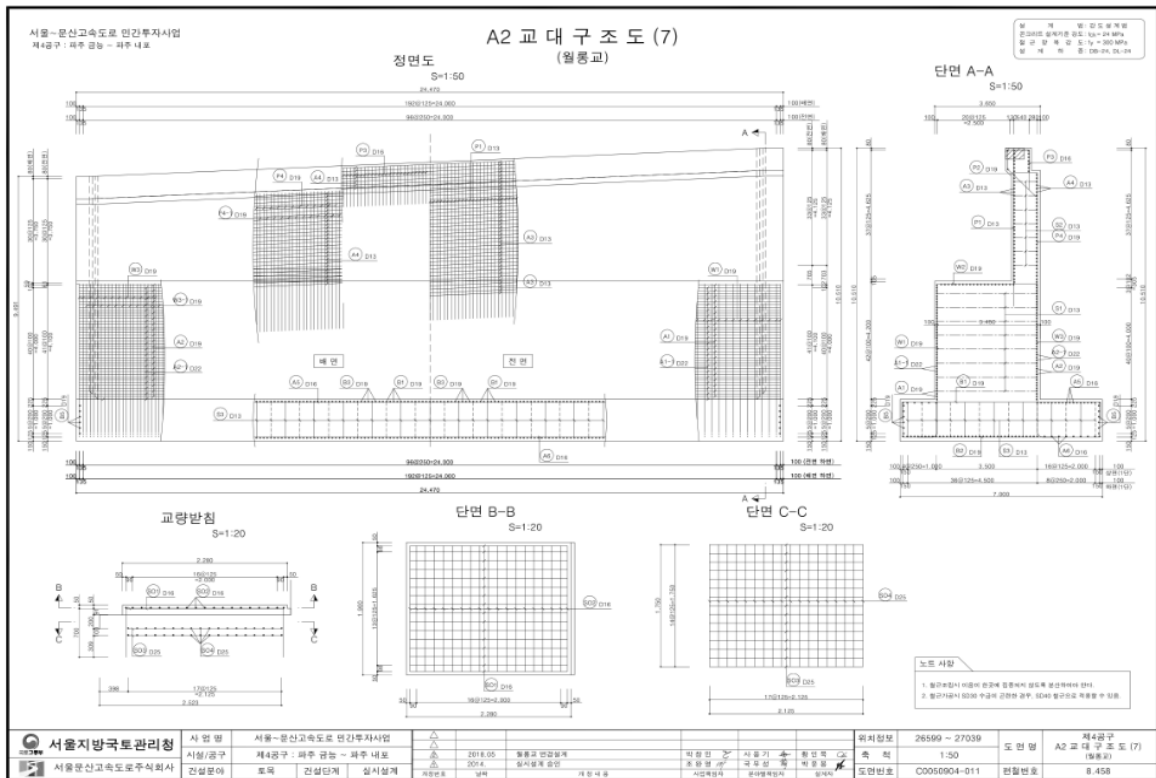
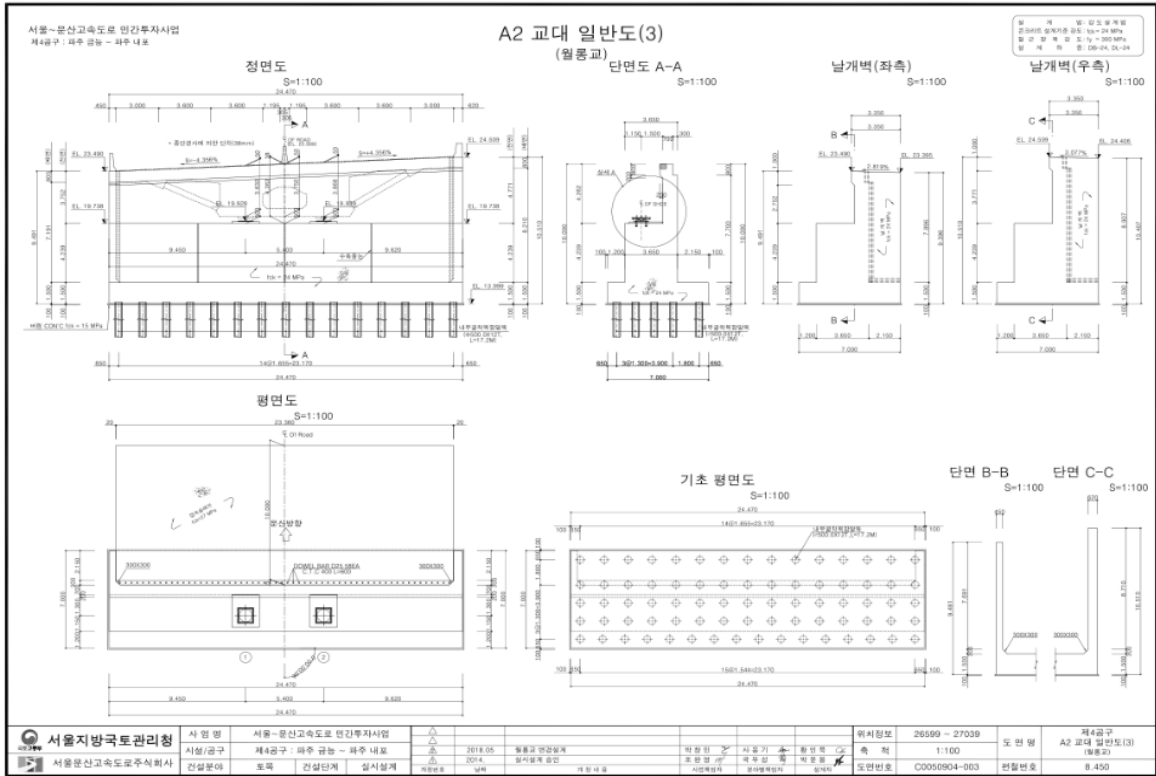


【그림 37.1.4】 상부구조 단면도 및 상세도(문산방향)

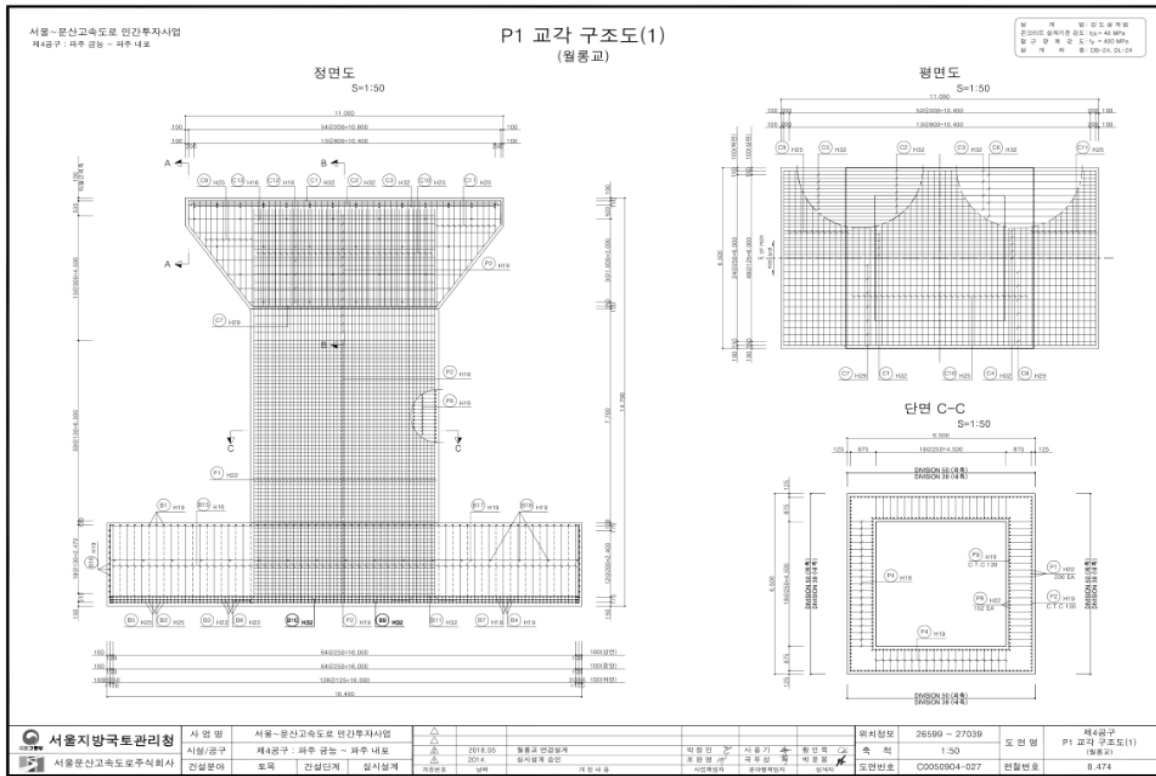
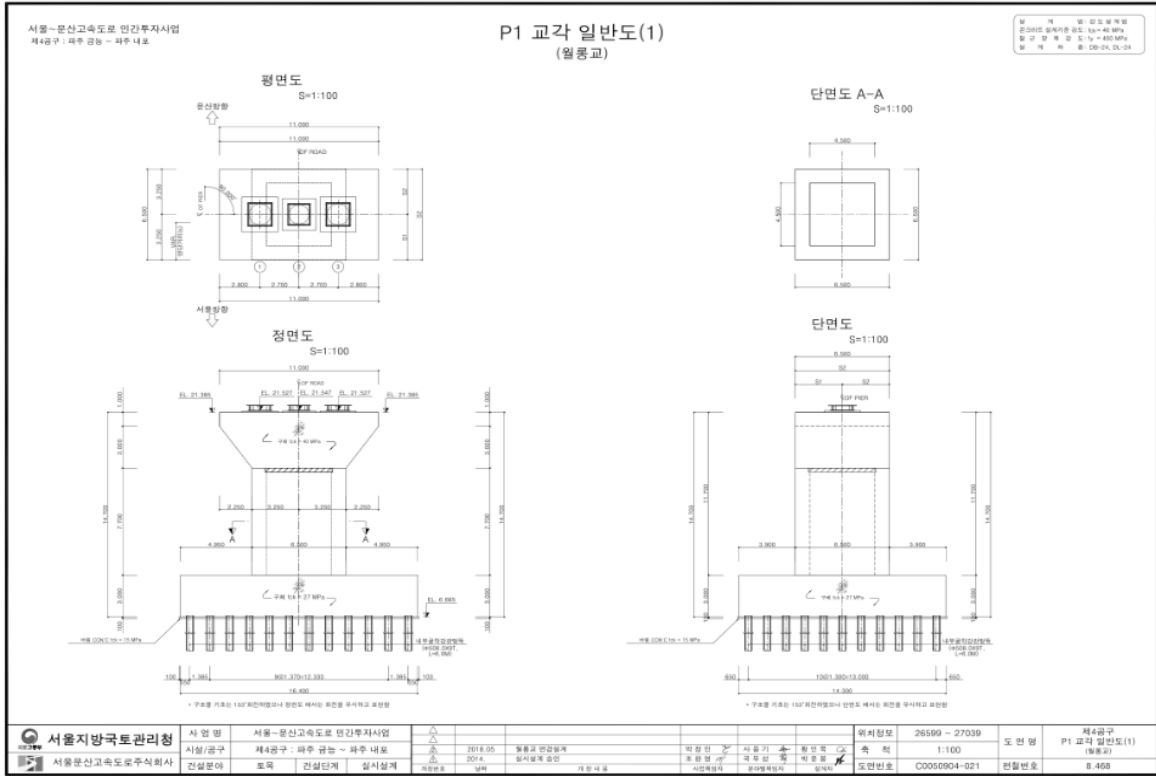




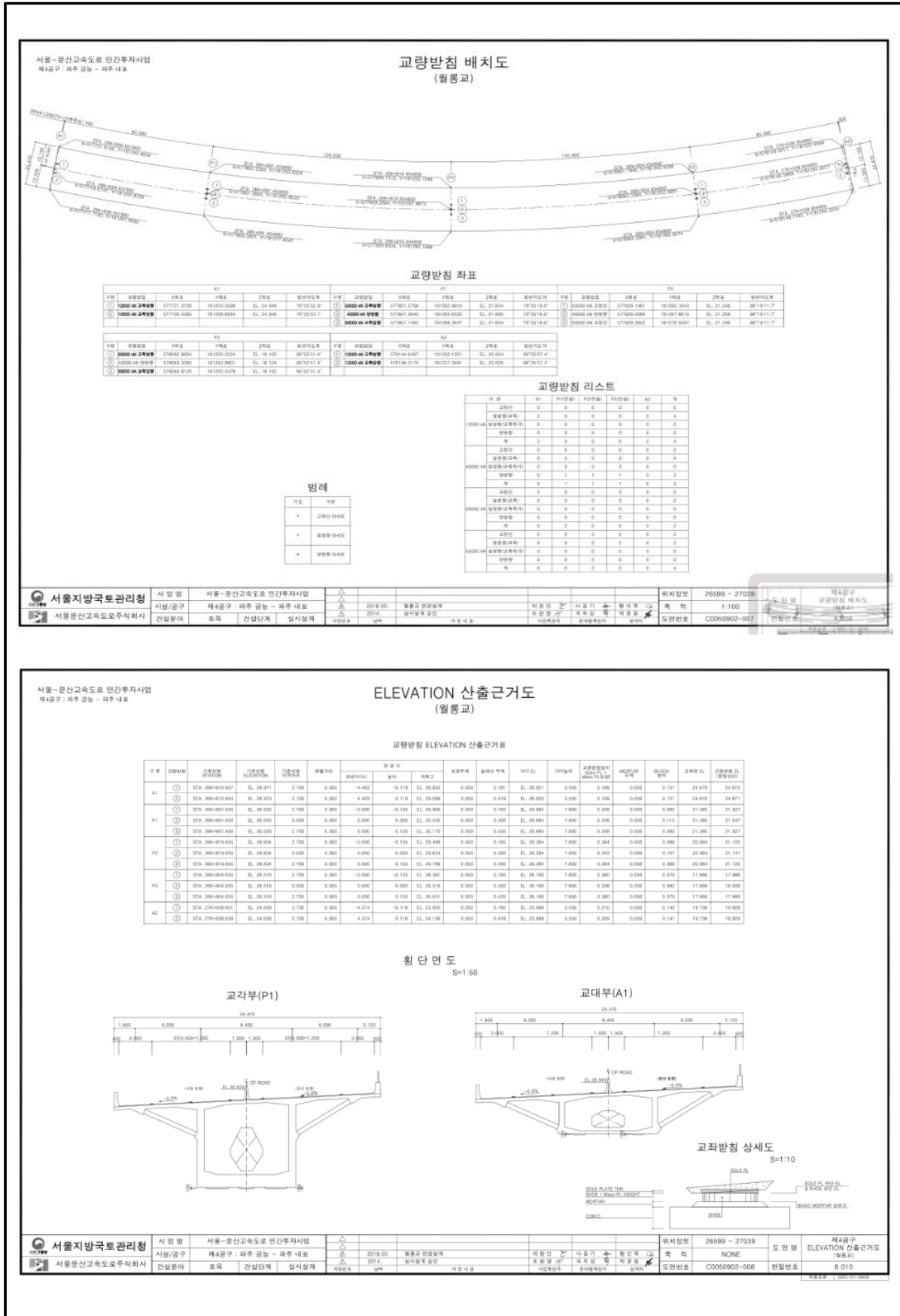
【그림 37.1.6】 교대 일반도 및 구조도



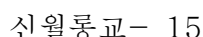
【그림 37.1.7】 교대 일반도 및 구조도



【그림 37.1.8】 교각 일반도 및 구조도



【그림 37.1.9】 교량받침 배치도 및 ELEVATION 산출근거도



제 4 편 상세 및 보완조사

- 사업구간 보
- 산계 및 수

2.1.2 터널구간

○산계 및 수계 분석

• 금호타일 시험부 구간은 노출노두 및 단상시 지역으로 전리로 개성시 아예미 조사 불가 → 시흥 중 조사 계획 수립

0116-942

산 계	▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방	▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방
수 계	▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방	▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방

○지침 분석

검토도 분석 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방	검토도 분석 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방 ▲지방자치단체와 지역별 양수구·고분산·농촌산·농림산 등을 복속·지방행정·지방·지방
--	--

■ 지층조사

구분	중량함도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 및 TC/R/D
매질 층	0.0	0.5~2.0	심각한 모래	13/30
점토 층	0.0~0.5	0.4~3.3	심미질 점토	4/70~9/30
회색 층	2.0	1.5	심미질 점토	4/70~5/30
충돌 토	0.4~0.8	5.6~6.7	심미질 점토	13/30~15/20

20.9~30.4	0.5%	202.9~247.5	7.9%
38.4~52.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~68.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%
68.1~89.9	0.2%	337.5~380.0	7.2%

총 합	2.0~2.5	0.1~2.5	일반형 30대	50/7
연 합	2.0~3.8	1.6~2.7	콘크리트	69~100%/19~31%
보 통 합	3.5~3.6	2.9~4.0	콘크리트	83~100%/58~66%
경 합	3.5~12.5	13.5~54.4	콘크리트	87~100%/30~100%

본책결과 • 시업구간의 경사방안은 고른 분포를 나타내며 경사도는 9.2° 이내로 안전한 상태를 보임

79 서울문신고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

2.2 시험글조사 및 핸드오거보링

개요 • 자음의 구성 상태 및 성모 재료로서의 직합 여부와 다짐 특성 파악

구분	원인	구분별 승인금액 (천원)	별교과별 간다양화율		교과별 승인금액 (천원)	교과당 승인금액 (천원)	비고
			교과별 승인금액 (천원)	교과당 승인금액 (천원)			
구분1	TP-1 1.8	승인금액 18.70	19.70	12.08	17.66	9.912	
구분2	TP-2 1.5	승인금액 18.42	19.54	10.42	17.62	8.871	
	TP-3 1.5	승인금액 18.42	18.42	10.77	18.42	8.740	
구분3	TP-4 1.8	승인금액 14.47	16.47	12.08	13.80	8.038	
	TP-5 1.8	승인금액 17.00	20.08	14.57	17.70	8.857	
구분4	TP-6 1.5	승인금액 17.21	19.78	18.08	18.98	8.990	
	TP-7 2.0	승인금액 16.54	17.69	13.03	13.70	7.950	
구분5	TP-8 1.5	승인금액 14.73	16.73	12.08	15.48	8.038	
	TP-9 1.8	승인금액 14.73	16.31	12.08	14.61	8.086	

○ 신규교과서 자료

구분	단위 (km ²)	교외인구			교외면적			비율
		인구(백만 명)	면적(천km ²)	인구/면적(km ² /백만 명)	인구(백만 명)	면적(천km ²)	인구/면적(km ² /백만 명)	
전국	NT-1	1.0	594	17,688	14.39	6.22	2,300	
1급	NT-2	1.0	SM	17,698	15.49	14.22	1,246	1,044
2급	NT-3	1.0	SM	18,814	16.80	13.62	1,229	1,340
3급	NT-4	1.0	SM	19,402	17.42	13.62	1,244	1,317
4급	NT-5	1.0	SM	19,874	18.44	14.90	1,320	1,231
5급	NT-6	1.0	SM	18,255	15.72	13.91	1,188	1,312
6급	NT-7	1.0	SM	18,017	15.05	12.99	1,154	1,304
7급	NT-8	1.0	SM	18,127	15.29	14.89	1,220	1,247
8급	NT-9	1.0	SM	18,217	15.99	12.65	1,259	1,443

* '별교외인구의 순인구비율'은 14.13~18.70%(NT-1, NT-9)로, '별교외면적의 순인구비율'은 14.90~20.69%(NT-1, NT-9)로 나타났다.
 * '교외인구/면적의 순인구비율'은 12.08~17.02%(NT-1, NT-9)로, '별교외인구'는 10.39~19.05%(NT-1, NT-9)로 나타났다.
 * (비율: 0.79~1.443%) 범위 내이다.

국토교통부 120

제 4 편 상세 및 보완조사

제 4 편 상세 및 보완조사

제4권 상세 및 보완조사

2.2.2 핸드오거보링

제 3 장 물리탐사

3.1.2 토공구간

3.1.1 터널구간

○ 본선 평가구간(SL-44 : STA. 23+720~24+040)

구분	한계파속도 (m/s)	추정파고 (m)	총 손실	영역 (km)
보시	700 이하	3.4~13.0	3.6~8.4	8.2
라임강(통제지)	700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	6.9
전역	1,200~1,800	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1

● 종단 실험 결과

SL-395(SL, 21x200~21x350)

SL-395(SL, 21x500~21x800)

구분	원수탁수도 (mg/L)	시점		시점		시점	
		총부유물질 농도 (mg/L)	시점	총부유물질 농도 (mg/L)	시점	총부유물질 농도 (mg/L)	시점
도시	700 이하	0.9~3.2	0.9~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
지하수	700~2,500	3.3~4.3	0.9~3.3	2.0	1.4~4.8	0.9~3.5	0.9
강물	1,200~9,000	3.2~7.6	0.9~3.3	2.0	2.7~6.6	0.9~2.8	1.5
폐하수	1,900~2,900	0.6~8.1	0.9~0.7	0.5	3.7~21.1	0.4~0.8	0.5

항목	단위	1990 이후	19.4~22.0 이후	23~26	3~6	
*4차선 도로변에 종단방향의 1차도로의 총길이	km	3.4	13.0	4.0	0.2	0.0
*4차선 도로변에 횡단방향의 2차도로의 총길이	km	2.3	4.4	0.9	0.0	0.0
*4차선 도로변에 4차선, 2차도로의 7개교량의 총길이	km	3.4	0.6	0.0	0.0	0.0
*도로변 3차도로의 총길이	km	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
*도로변 3차도로의 총면적	㎡	1,474	0	0	0	0

○ 부산 학기구간(9L~4S : STA. 24+120~24+305)

교차로

높이 (m)

거리 (m)

구분	합계	2,901 이상	3,6~6,1 이상	7~10	11~20	21 이상
■ 분석결과						
• 타설 시, 중점부에 비하여 타설 중점부로 갈수록 리딩값 또는 밀링타임이 지표에 노출되는 경향을 보임						
• 타설 10m 지점부에서 측정한 지점부 0.7~3.2m(평균 1.9m), 중점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리딩값242초에 측정한 지점부 0.8~3.0m(2.0m), 중점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)로 나타났다. 밀링타임은 지표의 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨						
• 타설 중점부의 사후조사 결과와 비교하였을 때 한 단계 향상(15~30)결과와 일치하는 것으로 확인됨						

목 차	700 이하	700~1,200	1,200~1,800	1,800~2,300	2,300 이상
리합금(종합합)	5.9~13.2	5.9~13.2	5.9~13.2	5.9~13.2	5.9~13.2
연 합	11.4~20.4	11.4~20.4	11.4~20.4	11.4~20.4	11.4~20.4
분 합	17.9~26.3	17.9~26.3	17.9~26.3	17.9~26.3	17.9~26.3
복 합	24.0~42.0	24.0~42.0	24.0~42.0	24.0~42.0	24.0~42.0
발 발	27.4~30.4 이상	27.4~30.4 이상	27.4~30.4 이상	27.4~30.4 이상	27.4~30.4 이상

*모사율 포함하는 종합합금의 총합은 5.9~13.2(평균 8.7%), 종합합금 2 속도합의 총합은 5.9~17.9(평균 6.8%), 연합합금의 7속도합의 총합은 11.4~20.4(평균 17.3)이며(여기서 나열된 것만 예외)

141 서울문신고속도로주식

143 서울문산고속도로주식회사

다. 구조계산서 및 내진설계

제1장 월릉교

1.1 설계개요

1.1.1 교량현황

- 1) 교량형식 : PSC박스기둥교
- 2) 가설방법 : FCM(Free Cantilever Method)공법
- 3) 연 장 : $82.0 + 128.0 + 135.0 + 85.0 = 430.0$ m
- 4) 폭 폭 : $B = 24.47$ m
- 5) 형 고 : $H = 3.75 \sim 8.00$ m
- 6) 내진등급 : 내진 1 등급

1.1.2 사용재료 및 허용응력

(1) 콘크리트

- 1) 설계기준강도 : $f_{ck} = 45$ MPa
- 2) 단위중량 : $\gamma_c = 25$ KN/m³
- 3) 탄성계수 : $E_c = 8500 \sqrt{f_{ck}} = 31900$ MPa
- 4) 프리스트레스 도입시 압축강도 : $f_{ci} = 28$ MPa 이상
 - 긴장력 도입 콘크리트 재령 = 5 일
 - $f_{ci}(t) = \beta_{ci}(t) \cdot f_{ci} = \exp[\beta_{ci}(t-1-\sqrt{(28/t)})] \times f_{ci}$, $\beta_{ci} = 0.25$
 - $f_{ci}(5) = \exp[0.25 \{1 - \sqrt{(28/5)}\}] \times 28 = 37.7$ MPa > $f_{ci} = 28$ MPa

(2) 허용응력

항목	가설중	가설중 (단위: MPa)	
		가설중	사용하중 작용시 (손실발생 후)
휨 압축응력		$0.6 f_{ck}$	$0.45 f_{ck}$
		$= 16.80$	$= 20.25$
휨 인장응력		$0.25 \sqrt{f_{ck}}$	$0.25 \sqrt{f_{ci}}$
		$= 1.32$	$= 2.65$
		$0.50 \sqrt{f_{ci}}$	$0.63 \sqrt{f_{ck}}$
		$= 2.65$	$= 4.23$

(2) P.S강연선

1) 사용강재 및 강도

구분	상부	하부	Edge 부	활판상
강재	SWPC78 $\phi 15.2$ mm(0.6") - 19	SWPC78 $\phi 15.2$ mm(0.6") - 22	SWPC78 $\phi 15.2$ mm(0.6") - 7	SWPC78 $\phi 15.2$ mm(0.6") - 4
DUCT SIZE	100/103 mm	110/113 mm	63/66 mm	19x70mm
공칭단면적($\phi 15.2$ mm)	$A_p = 138.7$ mm ²			
항복강도	$f_{py} = 1600$ MPa			
인장강도	$f_{pu} = 1900$ MPa			
탄성계수	$E_p = 2.0 \times 10^5$ MPa			

1.2 설계하중

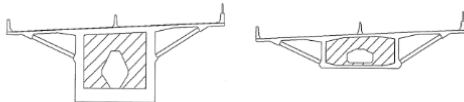
1.2.1 고정하중

(1) 자 중

- 1) 거더자중 : 프리스트레스에서 자중산정 ($\gamma_s = 25$ KN/m³)

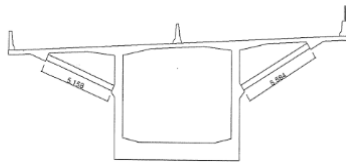
(2) 다이어트 자중

- 중간지점부
- 단지점부



$$W_{d1} = 32.45 \times 25 = 811.3 \text{ KN/m} \quad W_{d2} = 20.14 \times 25 = 503.5 \text{ KN/m}$$

(3) 스트럿 자중



$$W_{d3} = \pi/4 \times 0.400^2 \times 5.371 \times 25.00 \times 2 = 33.747 \text{ KN}$$

(4) 하부정각구 자중

$$\begin{aligned} W_{d4} &= 1.685 \times 25 \times 2 = 84.3 \text{ KN} && \text{Key-Seq 블록} \\ W_{d5} &= 0.408 \times 25 \times 2 = 20.4 \text{ KN} && \text{정각구 1개소 블록} \\ W_{d6} &= 0.740 \times 25 \times 2 = 37.0 \text{ KN} && \text{정각구 2개소 블록} \end{aligned}$$

(4) 2차 고정하중

- 방호울타리 : $W_0 = 0.399 \times 25.00 \times 1 = 9.955$ KN/m
- 포 장 : $W_1 = 22.790 \times 0.05 \times 23.5 = 26.778$ KN/m
- 중앙분리대 : $W_2 = 0.421 \times 25.00 \times 1 = 10.525$ KN/m
- 방울벽기초 : $W_3 = 0.500 \times 25.00 \times 1 = 12.500$ KN/m
- 방 울 관 : $W_4 = 1.000$ KN/m
- 방울벽 설치구간 : $= 9.955 + 26.778 + 10.525 + 12.500 + 1.000 = 60.76$ KN/m

2) 마찰계수

구 분	국물 마찰계수(μ) (/rad)	파상 마찰계수(μ) (/m)
상부, Edge부 강연선	0.20	0.0015
하부 강연선	0.25	0.0050
활판상 강연선	0.25	0.0050

3) 허용응력

- 정착각구 정각구에서의 응력 : $f_{st} = 0.7 f_{py} = 1120.0$ MPa
- 손실이 일어난 후 사용하중상태에서의 응력 : $f_{st} = 0.8 f_{py} = 1280.0$ MPa
- 4) 도입강재 : $f_{st} = 1330.0$ MPa (상부 활판상 강연선, 활판상강연선)
- $f_{st} = 1387.0$ MPa (하부 활판상 강연선)

- 5) 활판세어선율 : 최종 5%
- 6) 정착각구 : $\phi 6$ mm

(3) 강 보

- 1) 사용기준 : KSD 3505

2) 활판강도 및 인장강도

구 분	활판강도(P ₁)	인장강도(P ₂)
$\phi 36$	1099 KN	1252 KN

(4) 철 근

- 1) 항복강도 : $f_y = 400$ MPa
- 2) 탄성계수 : $E_s = 200000$ MPa

(2) 프리스트레스 하중

1) Jacking Force

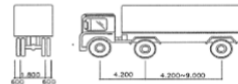
- 상부 강연선 : $P_1 = 0.70 P_s (= 199.7 \text{ KN/strand})$ 인장강도의 70%
- 하부 강연선 : $P_2 = 0.70 P_s (= 199.7 \text{ KN/strand})$ 인장강도의 70%
- Edge부 강연선 : $P_3 = 0.70 P_s (= 199.7 \text{ KN/strand})$ 인장강도의 70%
- 활판상 강연선 : $P_4 = 0.70 P_s (= 184.5 \text{ KN/strand})$ 인장강도의 70%

2) 프리스트레스 손실

- 즉시손실 : 정착각구에서의 슬랩형 PS강재의 워셔사이의 마찰
- 탄성수축에 의한 손실
- 시간적 손실 : 콘크리트의 크리프
- 콘크리트의 건조수축
- PS강재의 활판세어선

1.2.2 활하중

- (1) 역분할하중 : DB-24 표준역분하중, DL-24 차선하중, 전차하중(80급수), 전차트레일러



< 표준역분하중 DB-24 >

(2) 하중강도 및 충격계수

- 1) DB-24 : $P_1 = 24$ KN , $P_2 = 96$ KN
- 2) DL-24 : $w = 12.7$ KN/m , $P_s = 108$ KN , $P_s = 156$ KN

3) 충격계수

- 충격간 ($L = 83.0$ m) : $I_1 = 15 / (40 + L) = 0.122$
- 충격간 ($L = 85.0$ m) : $I_1 = 15 / (40 + L) = 0.120$
- 중앙경간 ($L = 128.0$ m) : $I_2 = 15 / (40 + L) = 0.089$
- 중앙경간 ($L = 135.0$ m) : $I_2 = 15 / (40 + L) = 0.086$

(3) 설계차선수

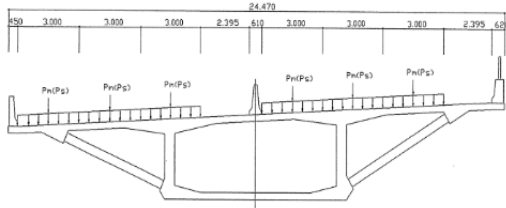
$$W_s = 24.470 - 0.450 - 0.620 = 23.400 \text{ m} , 20.1 \leq W_s < 23.8 \therefore 6 \text{ 차선}$$

(4) 설계차선폭

$$W = W_s / N = 23.400 / 6 = 3.900 \text{ m} \quad \therefore W = 3.600 \text{ m}$$

다만 국선의 영향을 고려하여 차량의 중심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차선폭이나 설계차선폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준정유하중인 3.0m 마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어나지 않도록 제한한다. ($\rightarrow W = 3.0$ m 적용)

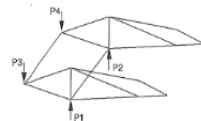
(5) 하중제하



좌우 편기 하중 위치를 재하하여 가장불리한 하중 경우 조합

1.2.3 Form Traveller 하중

(1) F/T Main Frame반력(F/T계산서 반력 참조)



P1 = 2059.5 KN P2 = 2068.7 KN P3 = 1070.9 KN P4 = 1066.1 KN

1) 교축직각방향 작용력 선정

$$P = (2059.5 + 2068.7) - (1070.9 + 1066.1) = 1991.2 \text{ KN}$$

$$e = (1070.9 + 1066.1) \times 4.5 / 1991.2 = 4.83 \text{ m}$$

$$M = 1991.2 \times 4.8 = 9616.5 \text{ KN-m}$$

2) 교축방향 작용력 선정

$$P = (2059.5 - 1070.9) - (2068.7 - 1066.1) = -14.0 \text{ KN}$$

$$e = 4.20 \text{ m}$$

$$M = -14.0 \times 4.2 = -58.8 \text{ KN-m}$$

(2) F/T 거푸집 Rear 반력(F/T계산서 반력 참조)

P = 비덕거푸집 반력 + 내부거푸집 반력 + 외부거푸집 반력

7) 설계 풍하중

· P1 방호울타리 구간

$$P = 5 \times (10^{-4}) \cdot 1.25 \cdot 32.855^2 \cdot 1.78 \cdot 1.9 = 2.256 \text{ KN/m}^2$$

단면높이 (m)	교량총높이 (m)	단면중하중 (KN/m ²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	5.070	2.256	1.215	11.438	13.897
3.774	5.094	2.256	1.227	11.492	14.101
3.846	5.166	2.256	1.263	11.654	14.719
3.966	5.286	2.256	1.323	11.925	15.777
4.135	5.455	2.256	1.408	12.306	17.321
4.337	5.657	2.256	1.509	12.762	19.251
4.582	5.902	2.256	1.631	13.315	21.717
4.870	6.190	2.256	1.775	13.965	24.788
5.200	6.520	2.256	1.940	14.709	28.535
5.573	6.893	2.256	2.127	15.551	33.069
5.998	7.308	2.256	2.334	16.487	38.481
6.446	7.766	2.256	2.563	17.52	44.904
6.947	8.267	2.256	2.814	18.65	52.472
7.420	8.740	2.256	3.050	19.717	60.137
8.000	9.320	2.256	3.340	21.026	70.227

· P2.3 방호울타리 구간

단면높이 (m)	교량총높이 (m)	단면중하중 (KN/m ²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	5.070	2.256	1.215	11.438	13.897
3.769	5.089	2.256	1.225	11.481	14.058
3.827	5.147	2.256	1.254	11.612	14.556
3.923	5.243	2.256	1.302	11.828	15.394
4.057	5.377	2.256	1.369	12.131	16.601
4.230	5.550	2.256	1.455	12.521	18.218
4.441	5.761	2.256	1.561	12.997	20.282
4.691	6.011	2.256	1.686	13.561	22.857
4.979	6.299	2.256	1.830	14.211	25.999
5.306	6.626	2.256	1.993	14.948	29.791
5.671	6.991	2.256	2.176	15.772	34.312
6.074	7.394	2.256	2.377	16.681	39.651
6.516	7.836	2.256	2.598	17.678	45.927
6.996	8.316	2.256	2.838	18.761	53.244
7.448	8.768	2.256	3.064	19.781	60.609
8.000	9.320	2.256	3.340	21.026	70.227

1.2.4 풍하중

(1) 상부에 작용하는 풍하중

1) 풍하중 (도표교설계기준 p2-12)

$$P = 5 \times 10^{-7} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot C_d \cdot G$$

ρ : 공기밀도 (1.25 N · s²/m³)
 V_s : 설계기준풍속
 C_d : 항력계수
 G : 거스트 응답계수

2) 지역별 기본풍속 (도표교설계기준 p2-17)

I 지역 내륙 적용

$$V_{10} = 30 \text{ m/s}$$

3) 지표조도 구분 (도표교설계기준 p2-18)

II 지역(개활지, 농지, 관목) 적용

$$a = 0.16, \quad Z_0 = 600 \text{ m}, \quad Z_b = 10 \text{ m}$$

4) 설계기준풍속 (도표교설계기준 p2-15)

$$V_s = 1.925 \cdot [Z/Z_0]^{0.6} \cdot V_{10}, \quad Z \geq Z_0$$

교량상부구조 평균높이 Z ≈ 17.67 m ≥ Z_b = 10 m

$$= 1.925 \times [17.7 / 600.0]^{0.6} \times 30 = 32.86 \text{ m/s}$$

5) 거스트계수

$$G = 1.9$$

6) 항력계수

$$C_d = 2.1 - 0.1 (B/D), \quad 1 \leq B/D < 8$$

$$\text{상부슬래브 폭(B)} = 24.470 \text{ m} \quad \text{중앙부형고} = 3.75 \text{ m}$$

$$\text{방호벽 높이} = 1.320 \text{ m} \quad \text{저점부형고} = 8.0 \text{ m}$$

$$\text{방음벽 높이} = 2.550 \text{ m}$$

$$\text{방호울타리 구간: } C_d = 2.1 - 0.1 (24.47 / ((3.75 + 8) / 2 + 1.32)) = 1.76$$

$$\text{방음벽 구간: } C_d = 2.1 - 0.1 (24.47 / ((3.75 + 8) / 2 + 2.55)) = 1.81$$

· P1 방음벽 구간

$$P = 5 \times (10^{-4}) \cdot 1.25 \cdot 32.855^2 \cdot 1.81 \cdot 1.9 = 2.32 \text{ KN/m}^2$$

단면높이 (m)	교량총높이 (m)	단면중하중 (KN/m ²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	6.300	2.32	0.600	14.616	8.77
3.774	6.324	2.32	0.612	14.672	8.979
3.846	6.396	2.32	0.648	14.839	9.616
3.966	6.516	2.32	0.708	15.117	10.703
4.135	6.685	2.32	0.793	15.509	12.291
4.337	6.887	2.32	0.894	15.978	14.276
4.582	7.132	2.32	1.016	16.546	16.811
4.870	7.420	2.32	1.160	17.214	19.968
5.200	7.750	2.32	1.325	17.98	23.824
5.573	8.123	2.32	1.512	18.846	28.484
5.998	8.538	2.32	1.719	19.808	34.05
6.446	8.996	2.32	1.948	20.871	40.657
6.947	9.497	2.32	2.199	22.033	48.44
7.420	9.970	2.32	2.435	23.13	56.322
8.000	10.550	2.32	2.725	24.476	66.697

· P2.3 방음벽 구간

단면높이 (m)	교량총높이 (m)	단면중하중 (KN/m ²)	단면상부로부터 하중중심까지 거리 (m)	풍하중 (KN/m)	모멘트 (KN · m/m)
3.750	6.300	2.32	0.600	14.616	8.77
3.769	6.319	2.32	0.610	14.66	8.935
3.827	6.377	2.32	0.639	14.795	9.447
3.923	6.473	2.32	0.687	15.017	10.309
4.057	6.607	2.32	0.754	15.328	11.55
4.230	6.780	2.32	0.840	15.73	13.213
4.441	6.991	2.32	0.946	16.219	15.335
4.691	7.241	2.32	1.071	16.799	17.983
4.979	7.529	2.32	1.215	17.467	21.214
5.306	7.856	2.32	1.378	18.226	25.115
5.671	8.221	2.32	1.561	19.073	29.763
6.074	8.624	2.32	1.762	20.008	35.254
6.516	9.066	2.32	1.983	21.033	41.708
6.996	9.546	2.32	2.223	22.147	49.233
7.448	9.998	2.32	2.449	23.195	58.605
8.000	10.550	2.32	2.725	24.476	66.697

2. 설계대상 교량

2.1 설계조건

○ 교량 제형

(1) 구조형식

상 부 형 식	구 조 형 식		하 부 형 식	교각형식	
	구조형식	PSC BOX		교각형식	중공Box 교각
	자간구성	82.0 + 128.0 + 135.0 + 85.0 = 430.0m		사용재료	콘크리트 $f_{ck}=40$ MPa
	사용재료	콘크리트 $f_{ck}=45$ MPa		기조형식	직립기조
				사용재료	콘크리트 $f_{ck}=27$ MPa

(2) 내진등급과 설계지진 수준

내진등급	위험도계수	가속도계수	지반계수
I	0.11	1.4	II (내진1.2면진1.5)
		구역계수 x 위험도계수 = 0.154g	

(3) 해석 방법

구 분	내진설계	연진설계
입력지진	지반계수에 맞는 응답스펙트럼	4개의 인공지진파
해석방법	다중모드 응답 스펙트럼 해석	시간이력 해석
	5% 감쇠비를 적용하였으며	5% 감쇠비를 적용하였으며
	Ritz Vector 해석법 사용	Ritz Vector 해석법 사용
	질량참여율 90% 이상	질량참여율 90% 이상

(4) 적용 반침

구 분	연진설계(SPI)
적용 반침	SPI(Sliding Pendulum Isolators)

2.2 참고문헌

- ① 도로교 설계기준 (한국도로교통협회, 2010년)
- ② 콘크리트 구조설계기준 (건설교통부, 2007년)
- ③ 도로설계요령 (한국도로공사, 2002년)
- ④ 설계 실무 자료집 (한국도로공사, 1996년)

4.3 복원력 검토

우리나라 도로교 설계기준에는 아직 제시되어 있지 않지만 AASHTO 및 European Standard에서는 교량구조물이 지진하중에 적당히 원위치 복원력을 제공하도록 제시하고 있다. 이에 본 검토서에서는 AASHTO에 제시된 수평복원력의 만족여부를 체크하는데 그 목적이 있다. 우리나라 도로교설계기준에는 다음과 같이 명시하고 있다. "지진리발침은 원칙적으로 지진후에 교량의 기능에 악영향을 주는 잔류변위치 발생하지 않도록 설계해야 한다."

※ "AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design" 12.2 Lateral Restoring Force
: The restoring force at d shall be greater than the restoring force at 0.5d by not less than W/80

구 분	K2	설계변위	발침수향	W
12000(R=3.5)	12,000	13.5	4	22,080
40000(R=4.0)	40,000	42.9	3	68,400
50000(R=4.0)	50,000	54.4	2	60,000
55000(R=4.0)	55,000	70.6	4	158,400
합 계			13	308,880

○ 필요 RESTORING FORCE(K2, need)

$$(K2 \times d) - (K2 \times 0.5 \times d) > W/80$$

$$0.5 \times K2 \times d > W/80$$

$$K2 > W/40d$$

$$K2 \text{ need } > 308,880 / 600 = 514.80 \text{ kN/cm}$$

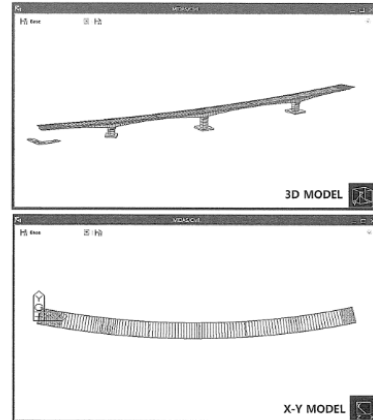
○ 발침복원강성(K2.capacity)

12000(R=3.5)	K2.capacity =	복원강성 x 발침수향	54.0
40000(R=4.0)	K2.capacity =	복원강성 x 발침수향	128.6
50000(R=4.0)	K2.capacity =	복원강성 x 발침수향	108.8
55000(R=4.0)	K2.capacity =	복원강성 x 발침수향	282.4
합 계			573.8

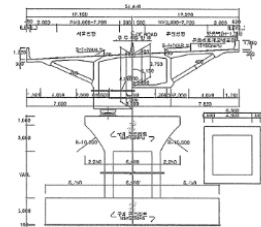
$$\text{※ } K2, \text{ need} = 514.80 \text{ kN/cm} < K2, \text{ capacity} = 573.78 \text{ kN/cm} \quad \text{O.K.}$$

3. 해석 모델

3.1 모델링



3.2 단면 특성



6. 내진해석 결과

6.1 발침 부재력 해석결과

교각	발침	용량	교각방향 해석시		교각직각방향 해석시	
			교축	교직	교축	교직
A1	1	SPI 12,000	345	272	276	348
	2	SPI 12,000	346	272	277	348
	3	SPI 50,000	1,613	1,243	1,295	1,553
	4	SPI 40,000	1,273	981	1,016	1,224
	5	SPI 50,000	1,616	1,243	1,293	1,553
P1	6	SPI 55,000	1,975	297	222	1,876
	7	SPI 40,000	1,268	194	159	1,210
	8	SPI 55,000	1,967	299	291	1,876
P2	9	SPI 55,000	1,977	1,444	1,502	1,855
	10	SPI 40,000	1,272	942	973	1,198
	11	SPI 55,000	1,979	1,444	1,477	1,855
A2	12	SPI 12,000	345	274	275	342
	13	SPI 12,000	346	274	275	342

6.2 발침 부재력 허용 조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 x 교축방향 지진 + 0.3 x 교각직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 x 교축방향 지진 + 1.0 x 교각직각방향 지진

교각	발침	용량	하중경우 1		하중경우 2		허용 수평력	판정	용량수정 계수, R	비 고
			교축	교직	교축	교직				
A1	1	SPI 12,000	535	470	474	537	1,050.0	O.K	0.8	
	2	SPI 12,000	536	470	476	537	1,050.0	O.K	0.8	
	3	SPI 50,000	2,002	1,709	1,779	1,925	2,800.0	O.K	1.0	
P1	4	SPI 40,000	1,578	1,349	1,398	1,519	2,200.0	O.K	1.0	
	5	SPI 50,000	2,004	1,708	1,777	1,925	2,800.0	O.K	1.0	
	6	SPI 55,000	2,042	859	815	1,965	3,500.0	O.K	1.0	
P2	7	SPI 40,000	1,316	557	540	1,269	2,200.0	O.K	1.0	
	8	SPI 55,000	2,054	862	881	1,966	3,500.0	O.K	1.0	
	9	SPI 55,000	2,428	2,000	2,096	2,288	3,500.0	O.K	1.0	
P3	10	SPI 40,000	1,564	1,301	1,354	1,480	2,200.0	O.K	1.0	
	11	SPI 55,000	2,422	2,000	2,071	2,288	3,500.0	O.K	1.0	
A2	12	SPI 12,000	535	470	473	529	1,050.0	O.K	0.8	
	13	SPI 12,000	535	470	473	529	1,050.0	O.K	0.8	

6.3 발침변위

교각	발침	용량	(단위 : mm)			
			교축방향 해석시		교직방향 해석시	
			교축	교직	교축	교직
A1	1	SPI	12,000	61.5	7.5	10.1
	2	SPI	12,000	61.9	7.5	10.8
P1	3	SPI	50,000	58.8	3.7	5.3
	4	SPI	40,000	59.0	3.7	5.1
	5	SPI	50,000	59.2	3.7	5.3
P2	6	SPI	55,000	58.7	0.6	0.4
	7	SPI	40,000	58.6	0.6	0.5
	8	SPI	55,000	58.6	0.6	0.6
P3	9	SPI	55,000	58.6	3.5	4.3
	10	SPI	40,000	58.7	3.5	4.1
	11	SPI	55,000	58.9	3.5	4.0
A2	12	SPI	12,000	61.6	8.4	9.4
	13	SPI	12,000	61.8	8.4	9.3

6.4 발침변위 하중조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 × 교축방향 지진 + 0.3 × 교축직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 × 교축방향 지진 + 1.0 × 교축직각방향 지진

								(단위 : mm)		
교각	발침		용량	하중경우 1		하중경우 2		허용 범위	결과	비 고
				교축	교직	교축	교직			
A1	1	SPI	12,000	64.6	26.5	28.5	65.8	150	O.K	
	2	SPI	12,000	65.2	26.5	29.4	65.8	150	O.K	
P1	3	SPI	50,000	60.4	18.0	23.0	48.7	150	O.K	
	4	SPI	40,000	60.5	18.0	22.8	48.7	150	O.K	
	5	SPI	50,000	60.8	18.0	23.0	48.7	150	O.K	
P2	6	SPI	55,000	58.8	14.0	18.0	45.0	150	O.K	
	7	SPI	40,000	58.8	14.0	18.0	45.0	150	O.K	
	8	SPI	55,000	58.8	14.0	18.1	45.0	150	O.K	
P3	9	SPI	55,000	59.9	16.1	21.8	43.1	150	O.K	
	10	SPI	40,000	60.0	16.1	21.8	43.1	150	O.K	
	11	SPI	55,000	60.1	16.1	21.7	43.1	150	O.K	
A2	12	SPI	12,000	64.4	26.0	27.9	61.3	150	O.K	
	13	SPI	12,000	64.6	26.0	27.8	61.2	150	O.K	

7.5 기둥 상단 변위

구 분	교각	높이	교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
			교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	1.3	0.8	0.6	1.7		
P2	12.7	3.5	0.5	0.3	3.9		
P3	9.2	1.8	1.2	0.9	2.3		

7.6 기둥 상단 변위 하중조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 × 교축방향 지진 + 0.3 × 교축직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 × 교축방향 지진 + 1.0 × 교축직각방향 지진

구 분	교각	높이	하중경우 1		하중경우 2		비 고
			교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	1.5	1.3	1.0	1.9		
P2	12.7	3.6	1.6	1.4	4.0		
P3	9.2	2.1	1.9	1.5	2.6		

7.7 상부변위

구 분	교각	높이	교축방향 해석시		교축방향 해석시		비 고
			교축	교직	교축	교직	
A1	-	59.8	12.1	4.8	66.3		
P1	7.7	61.6	9.0	2.1	56.2		
P2	12.7	61.8	1.2	0.8	56.7		
P3	9.2	61.6	9.0	2.3	51.6		
A2	-	60.5	13.5	4.8	61.1		

7.8 상부변위 하중조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 × 교축방향 지진 + 0.3 × 교축직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 × 교축방향 지진 + 1.0 × 교축직각방향 지진

구 분	교각	높이	하중경우 1		하중경우 2		비 고
			교축	교직	교축	교직	
A1	-	61.2	31.9	22.7	69.9		
P1	7.7	62.3	25.8	20.6	58.8		
P2	12.7	62.0	18.2	19.4	57.1		
P3	9.2	62.3	24.5	20.8	54.3		
A2	-	61.9	31.9	22.9	65.2		

7. 하부구조 내진해석 결과

7.1 교각하단 부재력

구분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	교각	
P1	7.7	73,804	46,931	6,816	3,115	42,430	90,852	3,633	6,148	
P2	12.7	114,134	15,051	7,704	826	10,876	122,966	671	7,359	
P3	9.2	85,430	58,198	7,349	3,426	51,964	101,730	3,929	6,785	

※ 교각의 높이는 크릴과 기초를 제외한 높이임.

7.2 교각하단 부재력 하중조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 × 교축방향 지진 + 0.3 × 교축직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 × 교축방향 지진 + 1.0 × 교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		모멘트(kN-m)		전단력(kN)		
교각	높이	교목	교적	교목	교적	교목	교적	교목	교적	
P1	7.7	86,534	74,187	7,906	4,959	64,572	104,932	5,677	7,082	
P2	12.7	117,397	51,941	7,905	3,033	45,116	127,481	2,983	7,607	
P3	9.2	101,019	88,717	8,528	5,461	77,593	119,189	6,134	7,813	

※ 교각의 높이는 크릴과 기초를 제외한 높이임.

7.3 교각상단 부재력

구 분		교축방향 해석시				교축직각방향 해석시				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교축	교직	교축	교직	교축	교직	교축	교직	
P1	7.7	22,201	19,138	6,344	4,493	13,700	38,797	3,864	7,050	
P2	12.7	21,137	4,165	7,591	1,075	2,440	37,194	705	9,640	
P3	9.2	21,887	21,306	7,027	4,323	15,056	40,532	4,165	7,844	

※ 교각의 높이는 크릴과 기초를 제외한 높이임.

7.4 교각상단 부재력 하중조합

- 1) 하중경우 1 : 1.0 × 교축방향 지진 + 0.3 × 교축직각방향 지진
- 2) 하중경우 2 : 0.3 × 교축방향 지진 + 1.0 × 교축직각방향 지진

구 분		하중경우 1				하중경우 2				비고
		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		모멘트(kN·m)		전단력(kN)		
교각	높이	교측	교적	교측	교적	교측	교적	교측	교적	
P1	7.7	26,310	30,777	7,504	6,608	20,360	44,539	5,767	8,398	
P2	12.7	21,869	15,323	7,803	3,966	8,781	38,444	2,982	9,962	
P3	9.2	26,403	33,465	8,277	6,676	21,622	46,924	6,273	9,141	

※ 교각의 높이는 크릴과 기초를 제외한 높이임.

7.9 교량 여유간격

: 지진시에 상부구조와 교대 혹은 연결하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘될 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

$$\Delta L = d + 0.6 \Delta L_s + \Delta L_s + \Delta L_c$$

여기서, ΔL : 상부구조의 여유간격

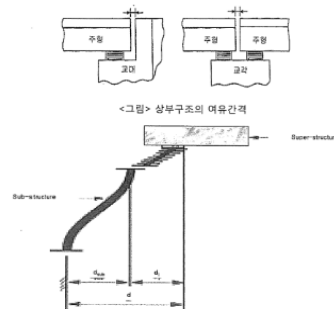
d : 지반에 대한 상부구조의 변위 ($d = d_{sub}$)
 ΔL_s : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량 (mm)
 ΔL_c : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량 (mm)
 ΔL_t : 온도변화에 의한 이동량 (mm)

○ 상부구조의 여유간격 검토

상부구조의 여유간격은 도로설계기준 2.4.1.3 page 42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동범위의 이동량보다 커야 하며, 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

구 분	상부 구조물의 종변위 (d)	콘도변위 (0.4L)	여유간격 (ΔL)	설계유간	설치유간	검 도
A1	62.3	33.6	96	300	350	O.K
A2	61.9	35.2	97	300	350	O.K

* 설치유간 = 설계유간 + (슬래브와 주구조의 간격)



<그림> 지반에 대한 상부구조의 종변위 ($d = d_{sub}$)

■ 결과 요약

■ 압축 안전검토 및 용적검토

구분	하중값	발생값	비고
평상시	허용지하력(kN/EA)	1977.500	911.977 0.K
	허용인발력(kN/EA)	250.470	- 0.K
	활중력(MPa)	133.000	124.964 0.K
	전단중력(MPa)	76.000	14.695 0.K
	수평면력(mm)	15.000	12.654 0.K
지진시	허용지하력(kN/EA)	2118.400	1013.230 0.K
	허용인발력(kN/EA)	375.710	-30.043 0.K
	활중력(MPa)	199.500	124.211 0.K
	전단중력(MPa)	114.000	20.176 0.K
	수평면력(mm)	15.000	8.790 0.K

■ 단면 형 설계

단면위치	깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. A_s (mm ²)	사용철근량 (mm ²)	M_u (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	안전도	비고	
면면저판	1500	150	1299.13	2292	444.061	779.171	1.755	0.K	
후면저판	1500	100	1578.89	2292	558.988	808.394	1.446	0.K	
벽체 (H=9.012)	3650	100	1634.28	2292	1474.424	2064.963	1.401	0.K	
총벽	1000	80	1594.82	2292	369.331	527.853	1.429	0.K	
좌측날개	A(T=620 mm)	620	80	964.439	158.8	131.059	214.045	1.833	0.K
	B(T=620 mm)	620	80	698.172	158.8	95.224	214.045	2.248	0.K
	C(T=620 mm)	620	80	926.78	1304	126.007	179.028	1.421	0.K
	A(T=450 mm)	450	80	1208.11	2292	111.248	206.4	1.855	0.K
우측날개	B(T=450 mm)	450	80	1028.94	2292	95.095	206.4	2.17	0.K
	C(T=450 mm)	450	80	1208.6	2292	111.292	206.4	1.855	0.K

■ 사용성 검토

구분	인장중력 (fs)	허용중력 (fss)	철근간격 (S)	최대간격 (Sq)	비고	
면면저판	95.173	150	125	476.192	0.K	
후면저판	115.708	150	125	454.345	0.K	
벽체 (H=9.012)	88.685	150	125	661.724	0.K	
총벽	109.224	150	125	544.744	0.K	
좌측날개	A(T=620 mm)	95.709	150	125	642.808	0.K
	B(T=620 mm)	69.54	150	125	905.958	0.K
	C(T=620 mm)	109.858	150	150	536.836	0.K
	A(T=450 mm)	84.313	150	125	747.213	0.K
우측날개	B(T=450 mm)	72.071	150	125	874.136	0.K
	C(T=450 mm)	84.347	150	125	746.918	0.K

■ 기둥의 단면 설계

단면위치		P _{use}	P _u (kN)	φP _n (kN)	안전도	비고
교축방향	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	0.K
	모멘트최대	0.006	134324.483	414892.851	3.089	0.K
	전상설계	0.006	88494.725	501776.575	6.669	0.K
	관성최대	0.006	84069.989	414676.484	4.333	0.K
	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	0.K
	모멘트최대	0.006	115043.143	414892.851	3.606	0.K
교축직각방향	전상설계	0.006	88494.725	602937.356	6.813	0.K
	관성최대	0.006	84069.989	410166.181	4.879	0.K
	축력최대	0.006	146931.513	414892.851	2.824	0.K
	모멘트최대	0.006	134324.483	414892.851	3.089	0.K
	전상설계	0.006	88494.725	524792.906	5.930	0.K
	관성최대	0.006	84069.989	379055.991	4.509	0.K
합성부재	모멘트최대	0.006	115043.143	414892.851	3.606	0.K

■ 결과 요약

■ 압축 안전검토 및 용적검토

구분	하중값	발생값	비고
평상시	허용지하력(kN/EA)	976.900	889.482 0.K
	허용인발력(kN/EA)	289.980	- 0.K
	활중력(MPa)	133.000	123.207 0.K
	전단중력(MPa)	76.000	14.603 0.K
	수평면력(mm)	15.000	11.525 0.K
지진시	허용지하력(kN/EA)	1465.400	993.583 0.K
	허용인발력(kN/EA)	430.460	-35.847 0.K
	활중력(MPa)	199.500	124.697 0.K
	전단중력(MPa)	114.000	20.170 0.K
	수평면력(mm)	15.000	8.970 0.K

■ 단면 형 설계

단면위치	H(mm)	dc(mm)	Req. As(mm ²)	사용철근량(Mu, k)	φMn(kN.m)	안전도	비고		
면면저판	1500	150	1272.07	2292	434.877	779.171	1.792	0.K	
후면저판	1500	100	1569.51	2292	555.696	808.394	1.455	0.K	
벽체 (H=9.010)	3650	100	1633.99	2292	1474.166	2064.963	1.401	0.K	
총벽	1000	80	1584.46	2292	367.008	527.853	1.438	0.K	
좌측날개	A(T=450 mm)	450	80	1211.5	2292	111.553	206.4	1.85	0.K
	B(T=450 mm)	450	80	1038.18	2292	95.931	206.4	2.152	0.K
	C(T=450 mm)	450	80	1206.69	2292	111.121	206.4	1.857	0.K
	A(T=620 mm)	620	80	968.513	1588.8	131.605	214.045	1.625	0.K
우측날개	B(T=620 mm)	620	80	708.044	1588.8	96.558	214.045	2.217	0.K
	C(T=620 mm)	620	80	921.712	1588.8	125.327	214.045	1.708	0.K

■ 사용성 검토

구분	인장중력(f _s)	허용중력(f _{ss})	철근간격(S)	최대간격(S _q)	비고	
면면저판	92.599	150	125	499.194	0.K	
후면저판	114.987	150	125	458.613	0.K	
벽체 (H=9.010)	87.46	150	125	674.157	0.K	
총벽	108.537	150	125	549.307	0.K	
좌측날개	A(T=450 mm)	84.544	150	125	745.173	0.K
	B(T=450 mm)	72.705	150	125	866.515	0.K
	C(T=450 mm)	84.217	150	125	748.07	0.K
	A(T=620 mm)	96.108	150	125	639.393	0.K
우측날개	B(T=620 mm)	70.513	150	125	893.448	0.K
	C(T=620 mm)	91.523	150	125	680.443	0.K

■ 단면 설계

단면위치		깊 (mm)	이벽 (mm)	Req. As	Use. As	Mu(kN.m)	φMn(kN.m)	안전도	비고
두 부분	좌측내안보	4000.0	100.0	92883.721	102451.800	-	-	38.252	0.K
	우측내안보	4000.0	100.0	92883.721	102451.800	-	-	38.252	0.K
	좌측내안보+수평	6500.0	100.0	87.333	4415.200	190.034	9597.729	50.505	0.K
	우측내안보+수평	6500.0	100.0	87.333	4415.200	190.034	9597.729	50.505	0.K
기초	교축방향	3000.0	150.0	84799.722	154619.300	78526.450	141230.552	1.799	0.K
	교축-지점부	3000.0	150.0	122295.418	260591.200	111385.362	229868.196	2.064	0.K

■ 사용성 검토

단면위치		인장중력 (fs)	허용중력 (fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비고
두 부분	좌측내안보	2.252	180.000	127.451	27971.304	0.K
	우측내안보	2.252	180.000	127.451	27971.304	0.K
	좌측내안보+수평	6.826	180.000	400.000	9229.000	0.K
	우측내안보+수평	6.826	180.000	400.000	9229.000	0.K
기 초	교축방향	164.158	180.000	125.191	135.971	0.K
	교축-지점부	131.261	180.000	126.549	264.351	0.K

■ 두부분: 정면 스트럿-타이 해석

○ UJ.01

→ 용근단위 검토결과

부재	Astreq	Astuse	n ₁ req	최대유율률	Sreq	Suse	비고
6	18,003	32,762	-	-	-	-	0.K

→ 스트럿 검토결과

부재	β _s	θ	Fu(kN)	φ	f _{req} (mm)	f _{prov} (mm)	비고
1	1.00	0.00	6121.20	0.75	36.90	364.00	0.K
2	1.00	0.00	15374.10	0.75	92.80	364.00	0.K
3	1.00	0.00	15374.10	0.75	92.80	364.00	0.K
4	1.00	0.00	6121.20	0.75	36.90	364.00	0.K
9	1.00	90.00	77990.10	0.75	470.50	1075.00	0.K
10	1.00	90.00	21083.80	0.75	127.30	1350.00	0.K
11	1.00	90.00	42187.60	0.75	254.50	1000.00	0.K
12	1.00	90.00	21083.80	0.75	127.30	1350.00	0.K
13	1.00	90.00	60904.90	0.75	367.50	1075.00	0.K

3. 설계 조건

3.1 일반 사항

- 1) 구조 형식 : T형 교각
- 2) 상부 형식 : PSC BOX
- 3) 교량 등급 : 1 등교
- 4) 기초 형식 : 말뚝기초

3.2 하중

- 1) 활하중(콘크리트의 단위중량) : $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ [도로교 설계기준 2.1.2]
- 2) 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20 \text{ kN/m}^3$ [도로교설계요령 제2편 P366]
- 3) 교량법정 마찰계수 : $f_s = 0.05$

3.3 지반 조건

- 1) 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$: 위험도 계수 x 지진구역계수
 - 내진 용량 : 1 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
 - 지진 구역 : 1 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사용 재료 강도

- 1) 콘크리트 설계기준 강도 : $f_{ck} =$ 두부보 : 40 MPa
 기둥 : 40 MPa
 기초 : 27 MPa
 - 탄성계수 : $E_c =$ 두부보 : 31579.1 MPa
 기둥 : 31579.1 MPa
 기초 : 28693.4 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
- 2) 철근의 항복 강도(SD400) : $f_y =$ 두부보 : 400 MPa
 기둥 : 400 MPa
 기초 : 400 MPa
 - 탄성계수 : $E_s = 200000 \text{ MPa}$ [도로교 설계기준 2.3.3]

3.5 설계 방법

- 1) 단면 설계 : 허용응력 설계법
- 2) 단면 설계 : 극한강도 설계법

3.6 참고 문헌

- 1) 도로교 설계기준 : 건설교통부 (2007)
- 2) 콘크리트구조 설계기준 : 국토교통부 (2010)
- 3) 도로설계 관행 : 국토교통부 (2008)
- 4) 도로 설계 요령 : 한국도로공사 (2009)

5. 하중 계산

5.1 상부면역 및 교각자중

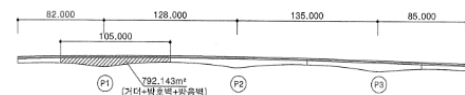
교각번호	교각하중(0)	활하중(L)		
		안전하중(L1)	완속완재하(L2)	무속완재하(L3)
1	29996.300	7033.300	8090.300	349.700
2	25447.000	3174.400	1900.600	1914.000
3	20838.300	4624.100	78.500	7487.600
계	76281.600	14831.800	10069.400	9751.300

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 표준그림에서 자동제하

5.2 풍 하중

1) 교각직각방향 (R-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중



- 상부에 작용하는 풍하중 : 2.256 kN/m² (상부구조계산서 참조)
 - 교각에 작용하는 풍하중 : 2.256 kN/m² × 792.143 = 1787.075 kN
 - 풍하중 작용높이 : (변경사 고려된 거더높이 + 방호벽높이 + 방음벽높이) / 2 + 방음벽높이
 : (8.56m + 1.000m + 1.000m) / 2 + 0.600m = 5.893m

$P_1 = 1787.075 \text{ kN}$
 작용위치 $h = 5.893 \text{ m}$
 작용모멘트 $M_y = P_1 \times h = 1787.075 \times 5.893 = 10531.233 \text{ kN.m}$

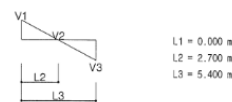
※ 작용모멘트는 수직적으로 환산하여 교량법정에 치환한다. (※ 수직력 산정 참조)

구분	1	2	3
수직력	-1950.23	0	1950.23

② 하부구조에 작용하는 풍하중

$W_{\text{coupling}} = 3.000 \times 4.000 \times 6.500 = 78 \text{ kN}$
 $W_{\text{column}} = 3.000 \times 6.500 = 19.5 \text{ kN/m}$ (풍상속)
 ※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2를 적용 한다.

※ 수직력 산정 : 교각직각방향 모멘트를 연직면력으로 변환



$$\begin{aligned} W &= V1 \times L1 + V2 \times L2 + V3 \times L3 \\ V2 &= (V1 + V3) \times L2 / L3 - V3 \\ \Sigma V &= V1 + V2 + V3 \\ -V3 &= V1 + V2 = 0 \\ &= V1 + (V1 + V3) \times L2 / L3 - V3 \end{aligned}$$

※ ④식에서 $V3 = \alpha V1 \rightarrow$ ⑤식의 형태로 수립한다.
 ⑤식을 ④식에 대입하고, ②식을 식⑤에 대입한다

$$\begin{aligned} W &= \beta \times V1 \\ V1 &= W / \beta \\ \text{※ } V1 \text{ 값을 ②식, ⑤식에 대입한다.} \end{aligned}$$

연립방정식의 결과는 다음과 같다.
 $V1 = 0.185 \times W$
 $V2 = 0.000 \times W$
 $V3 = -0.185 \times W$

2) 교각방향 (W-L0)

① 하부구조에 작용하는 풍하중

$W_{\text{coupling}} = 111.750 \text{ kN}$ (Coupling 높이에 따라 계산)
 $W_{\text{column}} = 3.000 \times 6.500 = 19.5 \text{ kN/m}$
 ※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2를 적용 한다.

5.3 온도하중 산정

1) 교각직각방향 (G-TR)

연평균 온도변화량 $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ 적용

2) 교각방향 (G-L0)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수온력

$$\delta = \alpha \times \Delta T \times L = 0.00010 \times 20.0 \times 128.000 = 0.0256 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \quad P_s = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

$$P_h = 3 \times 31579100 \times 114.58333 \times 1E4 \times 0.0256 / 11.700^3 \times \sin 90.0$$

$$= 175159.468 \text{ kN}$$

② 교량법정에 의한 수온력

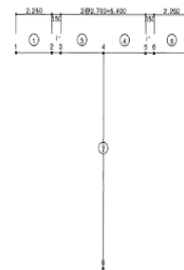
상부교정하중 : $V_d = 76281.600 \text{ kN}$
 교량법정 마찰계수 : $\mu = 0.050$
 $P_h = \mu \times W = 76281.600 \times 0.050 \times \sin 90.0$
 $= 3814.08 \text{ kN}$
 ※ 수온력은 ①, ②중 작은값 3814.080 kN을 적용한다.

③ 작용 모멘트

$$M_h = 3814.080 \times (0.500 + 1.000/2) = 3814.08 \text{ kN.m}$$

6. 구조 해석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z
1	0	11.2	5	8.2	11.2
2	2.25	11.2	6	6.75	11.2
3	2.8	11.2	7	11	11.2
4	5.5	11.2	8	5.5	0

6.3 단면 좌표

구분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I22(m ⁴)	I33(m ⁴)	특성값
①	6.500	1.000	6.500	22.885417	0.541667	1.7
②	6.500	4.000	26.000	91.541667	34.666667	2-6
③	6.500	6.500	22.000	114.583333	114.583333	기둥상단
④	6.500	6.500	22.000	114.583333	114.583333	기둥하단

37.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 금회 점검은 최초의 정밀안전점검 이다. 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회를 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 37.2.1】 신월릉교 점검이력사항

번호	기 간	구 분	점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	신월릉교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침물탈 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 받침콘크리트재료분리, 교대 균열(0.3mm 이상), 백태, 체수, 교각 균열(0.3mm 이상), 균열부백태, 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	신월릉교의 주요 손상현황으로는 교량받침 받침물탈 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만), 받침콘크리트재료분리, 교대 균열(0.3mm 이상), 백태, 체수, 교각 균열(0.3mm 이상), 균열부백태, 백태가 조사되었다. 기 발생한 손상은 초기건조수축, 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 판단되며 주의관찰 및 내구성 확보차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	교량받침 받침콘크리트 재료분리 교대 균열($c_w=0.3\text{mm}$ 이상), 백태, 체수 교각 균열($c_w=0.3\text{mm}$ 이상), 균열부백태, 백태 배수시설 배수관 막힘 및 월류, 변형, 이음부 실링파손 신축이음 신축이음 하부 누수	양호

37.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○ 관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장소사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○ 안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○ 점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○ 일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○ 금회 점검에서는 시설물의 하중 변화 여부, 신규손상 발생 여부, 비파괴 시험 등에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○ 중대결함 : 없음 ○ 구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○ 점검일 현재 정기점검은 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적정하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

37.2.5 시설물 보수 이력

【표 37.2.2】 신월릉교 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	—

37.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 37.2.3】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	Y	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미 실시 된 것으로 확인되었다.			

37.3 현장조사

37.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 고소차를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S4	도보, 고소차	2022.08.22.~2022.12.11.	
			
작업전경		작업전경	
			
연단거리 측정		비파괴시험	

【사진 37.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

37.3.2 서울방향 현장조사 결과

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 신월릉교는 4경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=430.6m 폭 24.4m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 고소점검차로 근접조사를 실시하였다.



【사진 37.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면 현장조사 결과 국부적인 균열(0.3mm미만), 균열부백태가 조사되었다.

【표 37.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열부백태 (m/개소)	
S1	2.00	2	—	—
S2	—	—	—	—
S3	—	—	0.20	2
S4	—	—	—	—
합계	2.00	2	0.20	2

	
바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)	바닥판 하면 S1 균열(Cw=0.3mm미만)
	
바닥판 하면 S3 균열부백태(0.2×0.5×2EA)	바닥판 하면 S3 균열부백태(0.2×0.5×2EA)

【사진 37.3.3】 바닥판하면 전경

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

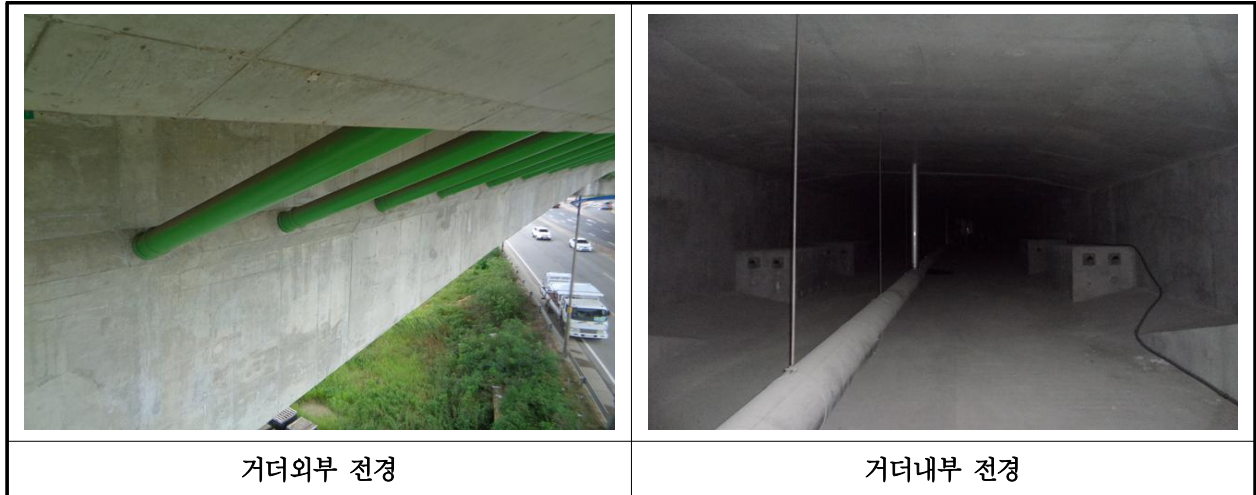
4) 검토의견

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSC BOX는 철근콘크리트로 시공되었으며, 도보 및 고소점검차로 외관조사를 실시하였다.



【사진 37.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과 거더외부 백태, 거더내부 체수 및 백태가 조사되었다.

【표 37.3.2】 거더외부 현장조사 결과

구분		백태 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
	S4	0.06	1
합계		0.06	1

【표 37.3.3】 거더내부 현장조사 결과

구분		체수 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
거더 내부	S1	9.00	1	—	—
	S2	—	—	—	—
	S3	6.25	1	0.12	3
	S4	6.25	1	—	—
합계		21.50	3	0.12	3

	
거터외부 S4 백태(0.2×0.3)	거터내부 S4 백태(0.2×0.2×3EA)
	
거터내부 S1 바닥채수(3.0×3.0)	거터내부 S4 바닥채수(2.5×2.5)

【사진 37.3.5】 거터 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 거터내부에 조사된 채수, 백태는 내부에 설치된 배수시설 배수관의 누수, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 및 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 거터외부에 조사된 백태는 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거터의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 스트럿으로 시공되어 있으며, 조사방법은 거터와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.



가로보 스트럿 전경

【사진 37.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 거터에 대한 현장조사 결과 거터외부 백태, 거터내부 채수 및 백태가 조사되었다.

【표 37.3.4】 가로보(스트럿) 현장조사 결과

구분		상태양호	
가로보 (스트럿)	S1	—	—
	S2	—	—
	S3	—	—
	S4	—	—
합계		—	—

	
가로보 스트럿 상태양호	가로보 스트럿 상태양호

【사진 37.3.7】 가로보(스트럿) 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 가로보(스트럿)는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 신월릉교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 내부굴착강관말뚝기초로 시공되어있다. 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



【사진 37.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3mm이상 균열 및 백태가 보수되었고 국부적인 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 체수 등이 조사되었다.

【표 37.3.5】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m/개소)		체수 (m/개소)	
A1	6.00	5	29.46	2	—	—
A2	—	—	6.00	1	2.00	2
합계	6.00	5	35.46	3	2.00	2

	
교대 A1 균열(Cw=0.3mm미만)	교대 A1 균열(Cw=0.3mm이상) 보수
	
교대 A2 망상균열(3.0×2.0)	교대 A2 체수(1.0×10.0)

【사진 37.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

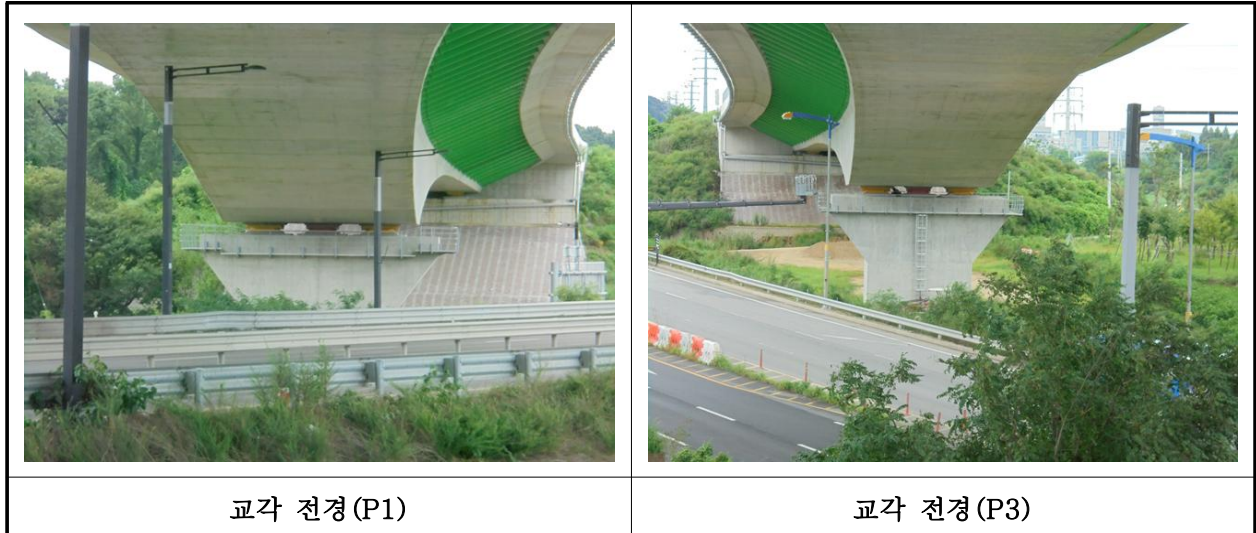
4) 검토의견

- 교대에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 체수는 초기 건조수축, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 신월릉교 교각은 단주식중공사각으로 시공되어있으며, 기초는 내부굴착강관말뚝기초 및 직접기초로 시공되어있다. 교각에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.



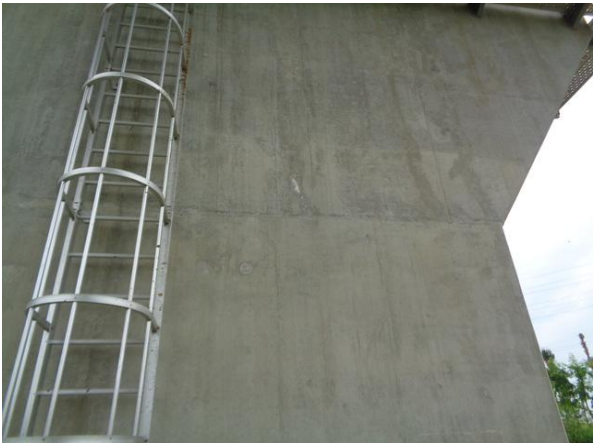
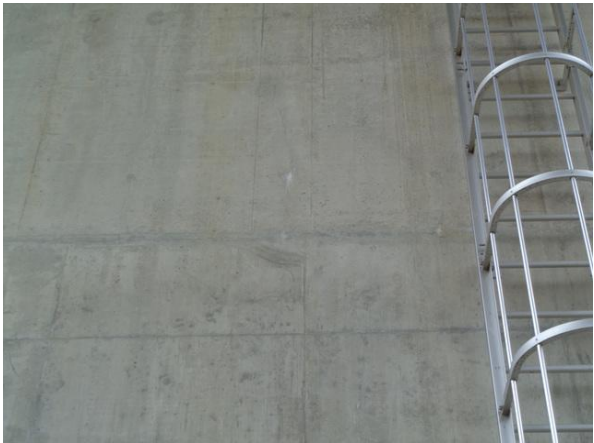
【사진 37.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3mm이상, 폭0.3mm미만 균열이 보수되었고 국부적인 폭0.3mm이상 균열, 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태, 균열부백태, 보수부 박리 등이 조사되었다.

【표 37.3.6】 교각 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		균열(0.3mm이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 및 균열부백태 (㎡/개소)		보수부 박리 (㎡/개소)	
P1	38.30	23	2.00	1	—	—	0.02	1	—	—
P2	21.70	13	4.00	2	—	—	0.80	2	—	—
P3	6.30	6	0.40	1	3.00	1	0.22	4	0.51	1
합계	66.30	42	6.40	5	3.00	1	1.04	7	0.51	1

	
교각 P1 균열 ($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)	교각 P3 망상균열 (1.2×2.5)
	
교각 P3 균열부백태 (0.2×0.4)	교각 P3 백태 (0.1×0.2)

【사진 37.3.11】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

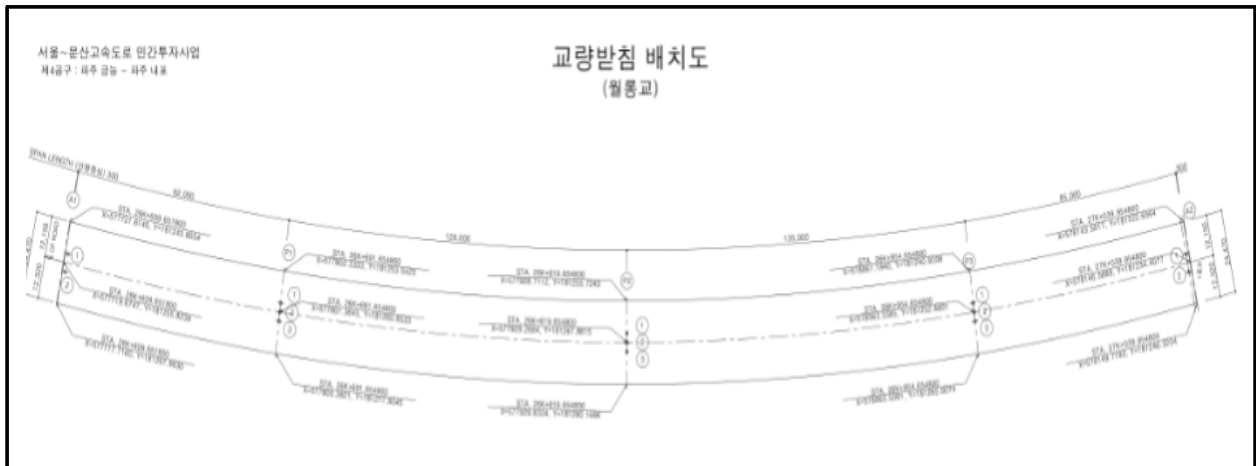
4) 검토의견

- 교각에 조사된 폭 0.3mm 미만 균열, 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리는 초기 건조 수축, 온도변화, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 신월릉교의 받침은 지진격리받침으로 총 13기가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 37.3.1】 교량받침 배치도



【사진 37.3.12】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침물탈균열이 보수되고, 기 손상인 받침콘크리트 재료분리가 조사되었고, 신규 손상 및 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다.

【표 37.3.7】 교량받침 현장조사 결과

구분	받침콘크리트 재료분리 (m ² /개소)	
A1	—	—
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
A2	0.12	1
합계	0.12	1

	
P1-Sh1 받침물탈균열 보수	P2-Sh3 받침물탈균열 보수
	
A2-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.6×0.2)	A2-Sh1 받침콘크리트 재료분리(0.6×0.2)

【사진 37.3.13】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

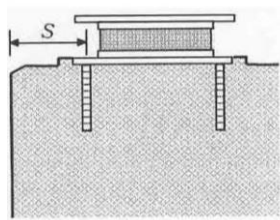
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

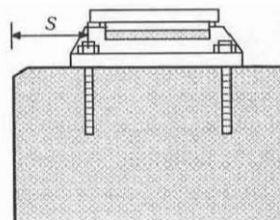
- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 재료분리는 초기 다짐불량, 온도변화, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침



(b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
- 여기서, L은 경간길이(m)

【그림 37.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

【사진 37.3.14】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=82.3m) : $200+5 \times 82.3 = 612(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=128.0m) : $300+4 \times 128.0 = 812(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=135.0m) : $300+4 \times 135.0 = 840(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=85.3m) : $200+5 \times 85.3 = 627(\text{mm})$

【표 37.3.8】 연단거리 측정 결과

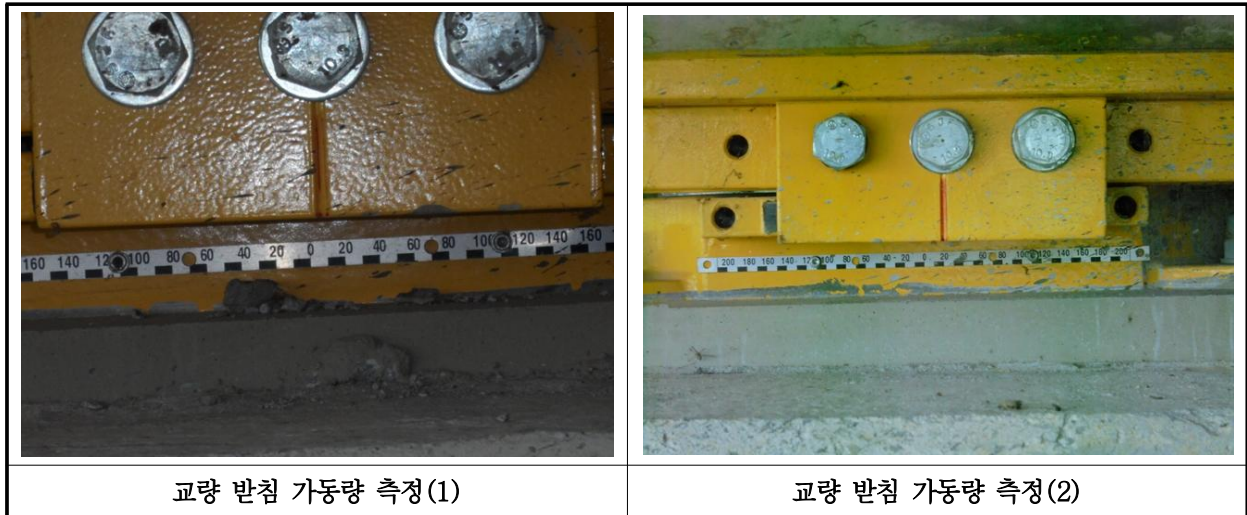
구 분		설계 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)			검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	
A1		612	820	820		O.K
P1	A1측	612	2590	2600	2600	O.K
	A2측	812	2550	2550	2560	O.K
P2	A1측	812	2640	2640	2640	O.K
	A2측	840	2650	2650	2650	O.K
P3	A1측	840	2640	2640	2640	O.K
	A2측	627	2600	2610	2600	O.K
A2		627	810	810		O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.



【사진 37.3.15】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(−15℃ ~ 35.0℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

【표 37.3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	34.4	15.6	0.00001	210.3	72.3	32.8	
P1	34.4	15.6	0.00001	128.0	44.0	20.0	
P2	고정단						
P3	34.4	15.6	0.00001	135.0	46.4	21.1	
A2	34.4	15.6	0.00001	220.3	75.8	34.4	
1) 조사당시 온도 : 24.8℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 파주)							
2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)							

【표 37.3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	실측 받침 가동여유량		최대 받침 이동량		허용 변위 (mm)	검토 결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A1	SH1	+20	220	180	72.3	32.8	±200	OK
	SH2	+20	220	180			±200	OK
P1	SH1	-20	130	170	44.0	20.0	±150	OK
	SH2	-20	130	170			±150	OK
	SH3	-20	130	170			±150	OK
P2	고정단							
P3	SH1	+20	170	130	46.4	21.1	±150	OK
	SH2	+20	170	130			±150	OK
	SH3	+20	170	130			±150	OK
A2	SH1	-5	195	205	75.8	34.4	±200	OK
	SH2	-5	195	205			±200	OK
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

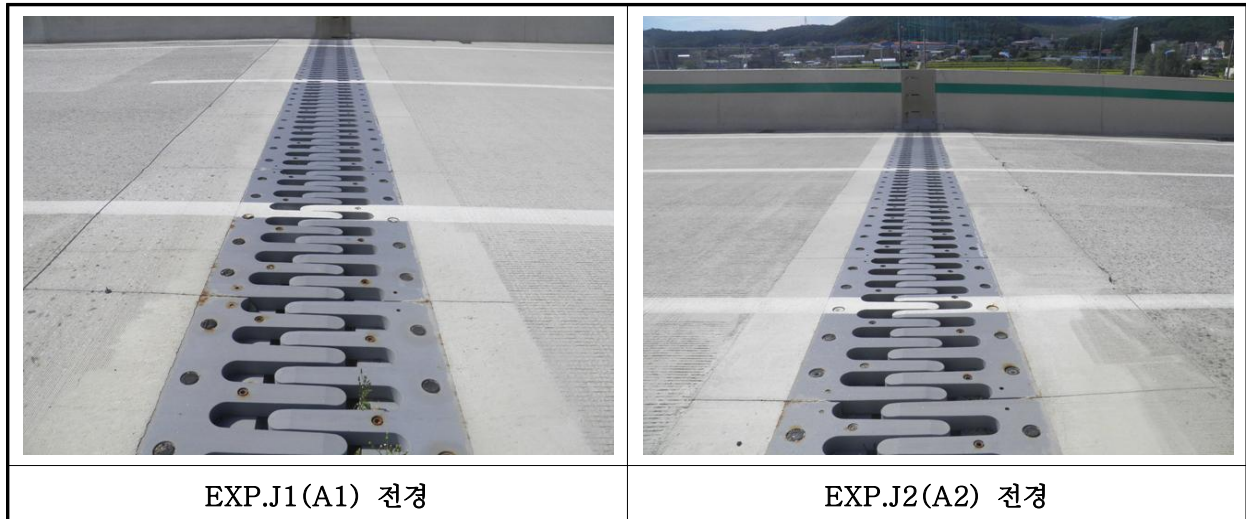
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2 모두 강평거조인트로 시공된 상태이다.



【사진 37.3.16】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음에 대한 현장조사 결과 기 손상인 후타재 균열이 조사 되었고, 신규로 추가 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락이 조사되었다.

【표 37.3.11】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 파손 (㎡/개소)		차수판 앵커탈락 (EA/개소)	
A1 (EXP J1)	12.50	29	—	—	1.00	1
A2 (EXP J2)	3.50	7	0.10	1	5.00	5
합계	16.00	36	0.10	1	6.00	6

	
신축이음 A1 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)	신축이음 A2 후타재 균열($C_w=0.3\text{mm}$ 미만)
	
신축이음 A2 후타재 파손(0.2×0.5)	신축이음 A2 차수판 앵커탈락(3EA)

【사진 37.3.17】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

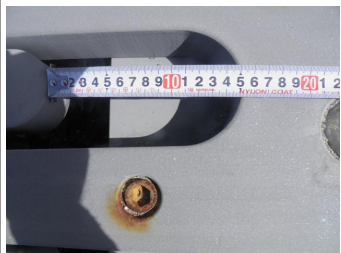
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축, 온도 변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법	비고																			
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} L : 신축보의 길이(mm)																				
소요 신축량	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2022. 09. 26. 기온 적용: 16.2℃(일평균) ΔT(신장시) : 35.0℃-16.2℃ = 18.8℃ ΔT(수축시) : -15.0℃-(16.2℃) = 31.2℃ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)<table><tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팅창계수 α (/℃)</th></tr><tr><td rowspan="2">강 교</td><td>상로교</td><td>-10~+40</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td>하로교, 강바닥판교</td><td>-10~+50</td><td>-20~+40</td><td>1.2×10^{-5}</td></tr><tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5~+35</td><td>-15~+35</td><td>1.0×10^{-5}</td></tr></table>	교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	 
교량형식		보통지방	한랭지방	선팅창계수 α (/℃)																	
강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
	하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}																	
RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}																	

【사진 37.3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 37.3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		신축이음 실측유간 (mm)	바닥판 실측유간 (mm)	거더 실측유간 (mm)	비고
	동절기	하절기			동절기	하절기				
A1	31.2	18.8	0.00001	210.3	65.6	39.5	150	265	480	
A2	31.2	18.8	0.00001	220.3	68.7	41.4	150	290	490	
1) 조사당시 온도 : 19.4℃(조사일 : 2022년 08월 29일, 평균온도, 파주) 2) 검토온도 : −15℃ ~ 35℃(한랭지방)										

【표 37.3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 싹출유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	신축이음	65.6	39.5	150	300	84.4	110.5	O.K
	바닥판			265	－	－	225.5	O.K
	거더			480	－	－	440.5	O.K
A2	신축이음	68.7	41.4	150	300	81.3	108.6	O.K
	바닥판			290	－	－	248.6	O.K
	거더			490	－	－	448.6	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 신월릉교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.



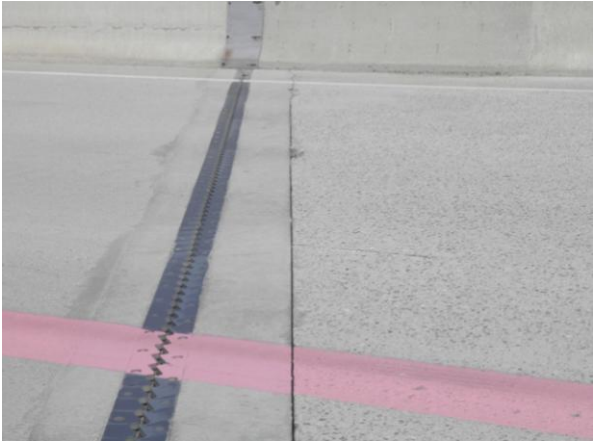
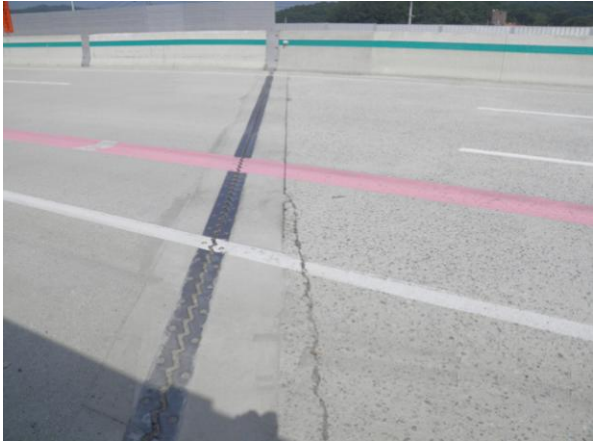
【사진 37.3.19】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과 접속도로 파손, 접속도로 포장박리, 접속부 이격, 포장균열, 포장 망상균열, 화재 흔적이 신규 조사되었다.

【표 37.3.14】 교면포장 현장조사 결과

구분	접속도로 파손 (㎡/개소)		접속부 이격 (㎡/개소)		접속도로 포장박리 (㎡/개소)		포장균열 (m/개소)		포장 망상균열 (㎡/개소)		화재흔적 (㎡/개소)	
S1	—	—	18.00	2	—	—	—	—	10.00	1	—	—
S2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.00	1
S3	—	—	—	—	—	—	55.00	11	690.0	1	—	—
S4	0.25	1	—	—	2.50	1	—	—	600.0	1	—	—
합계	0.25	1	18.00	2	2.50	1	55.00	11	1300.0	3	1.00	1

	
S1(A1) 접속도로 파손(0.1 × 0.1 × 2EA)	S1(A1) 접속도로 파손(0.3 × 4.0)
	
S1(A2) 접속도로 파손(0.3 × 4.5)	S1 교면포장 상태 양호

【사진 37.3.20】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 교면포장에 발생한 접속도로 파손, 접속부 이격, 접속도로 포장박리, 포장 균열, 포장 망상균열, 화재흔적은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 교통사고 흔적 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 충전보수, 표면처리, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 신월릉교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 PSC BOX 내부에 배수시설이 설치되어 있다.



【사진 37.3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과 국부적인 배수관 누수가 조사되었다.

【표 37.3.15】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수관누수 (EA/개소)	
S1	3.00	3
S2	1.00	1
S3	1.00	1
S4	1.00	1
합계	6.00	6

	
배수시설 S1 배수관 누수 3EA	배수시설 S4 배수관 누수 1EA

【사진 37.3.22】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 배수시설 배수관에 조사된 배수관 누수는 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조이며, 방호벽 상면에 방음벽이 설치되어있다.



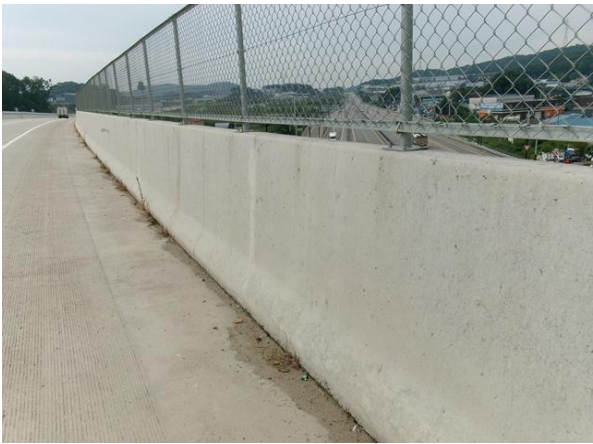
【사진 37.3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 균열(0.3mm미만), 백태, 균열부백태, 화재 흔적, 접속부 단차, 접속부 실란트 파손이 조사되었다.

【표 37.3.16】 방호벽 및 중앙분리대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		백태 및 균열부백태 (㎡/개소)		접속부 단차 (m/개소)		접속부 실란트 파손 (m/개소)		화재 흔적 (㎡/개소)	
S1	45.50	32	—	—	—	—	1.50	1	—	—
S2	36.00	24	0.45	3	—	—	—	—	0.50	2
S3	42.00	28	0.75	5	—	—	—	—	—	—
S4	32.00	21	2.30	16	1.50	1	1.50	1	—	—
합계	155.50	105	3.50	24	1.50	1	3.00	2	0.50	2

	
방호벽 S1 균열 (Cw=0.3mm미만)	방호벽 S3 균열부백태 (0.1 × 1.5 × 3EA)
	
방호벽 S4 실란트파손 (L=1.5m)	방호벽 S2 화재흔적 (0.5 × 0.5)

【사진 37.3.24】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

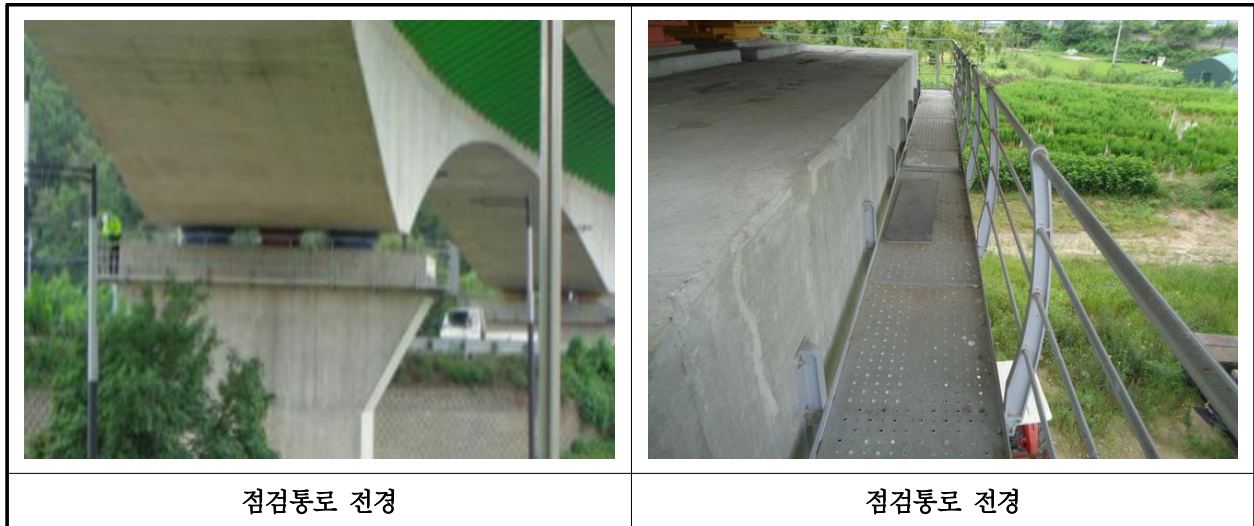
4) 검토의견

- 방호벽에 발생한 균열 (0.3mm미만), 균열부백태, 실란트파손, 접속부 단차, 화재흔적은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 재충진, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 신월릉교의 점검통로는 교량 하부 사다리를 이용하여 출입가능하며, P1~P3에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.



【사진 37.3.25】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 전반적인 상태는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 37.3.17】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
합계	—	—

	
점검로 상태양호	점검로 상태양호

【사진 37.3.26】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 정밀안전점검이 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

타. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 추락방지시설, 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

37.3.3 현장조사 총괄표

【표 37.3.18】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열 (0.3mm미만)	m	2.00	2	
		균열부백태	m²	0.20	1	
거더	외부	백태	m²	0.06	1	
	내부	백태	m²	21.50	3	
		체수	m²	0.12	3	
가로보 (스트럿)		상태양호	—	—	—	
교대		균열 (0.3mm미만)	m	6.00	5	
		망상균열	m²	35.46	3	
		체수	m²	2.00	2	
교각		균열 (0.3mm미만)	m	66.30	42	
		균열 (0.3mm이상)	m	6.40	5	
		망상균열	m²	3.00	1	
		백태 및 균열부백태	m²	1.04	7	
		보수부 박리	m²	0.51	1	
교량받침		받침콘크리트 재료분리	m²	0.12	1	
신축이음		후타재 균열	m	16.00	36	
		후타재 파손	m²	0.10	1	
		차수판 앵커탈락	EA	6.00	6	
교면포장		접속도로 파손	m²	0.25	1	
		접속부 이격	m²	18.00	2	
		접속도로 포장박리	m²	2.50	1	
		포장균열	m	55.00	11	
		포장망상균열	m²	1300.00	3	
		화재흔적	m²	1.00	1	
배수시설		배수관누수	EA	6.00	6	
방호벽		균열 (0.3mm미만)	m	155.50	105	
		백태 및 균열부 백태	m²	3.50	24	
		접속부 단차	m	1.50	1	
		접속부 실란트 파손	m	3.00	2	
		화재흔적	m²	0.50	2	
교량점검시설		상태양호	—	—	—	

37.3.4 전회차 손상물량 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.4 콘크리트 내구성 조사

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

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2021. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

37.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 37.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	50m 마다	연장 50m마다	9	9	9	9	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		1	2	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

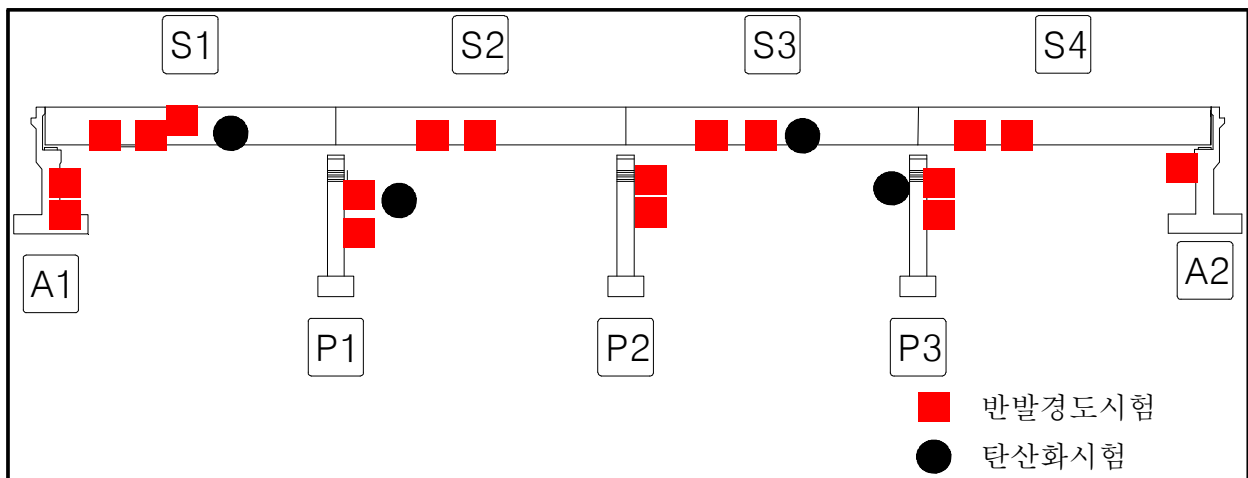
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 점검차, 사다리 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 교량은 전반적으로 양호한 상태이기 때문에 건전부에서 각 1회씩 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진



【사진 37.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 37.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

37.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 각 방향별로 상·하부구조에서 반발경도시험(총 18개소)을 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 37.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	54.1	46.6	57.5	0.67	45.0	
	S1 캔틸레버	54.7	47.2	58.5			
	S2 캔틸레버	54.0	46.5	57.3			
	S3 캔틸레버	53.9	46.3	57.1			
	S4 캔틸레버	52.7	45.2	55.3			
	S1 거더	52.9	45.4	55.7			
	S2 거더	53.0	45.4	55.7			
	S3 거더	53.4	45.8	56.4			
	S4 거더	53.9	46.4	57.2			

【표 37.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 교대	42.6	24.1	27.0	0.67	24.0	
	A1 교대	42.8	24.4	27.1			
	A2 교대	43.3	24.8	27.3			

【표 37.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	과학기술부	권영웅 외	재령보정 계수		
하부 구조	P1 교각	48.6	41.1	49.0	0.67	40.0	
	P1 교각	48.8	41.3	49.3			
	P2 교각	48.6	41.1	49.0			
	P2 교각	48.9	41.3	49.4			
	P3 교각	48.6	41.1	49.0			
	P3 교각	49.0	41.4	49.6			

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 45.2~58.5MPa, 하부구조 교대 24.1~27.3MPa, 교각 41.1~49.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부구조: 45.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 37.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판, 거더	45.2 ~ 58.5	45.0	100.4 ~ 130.0
하부구조	교대	24.1 ~ 27.3	24.0	100.6 ~ 113.8
	교각	41.1 ~ 49.6	40.0	102.7 ~ 123.9

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 37.4.7】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	1.0	40.0	39.0	a	0.71	100년이상	
	S3 바닥판하면	1.5	40.0	38.5	a	1.06	100년이상	
하부구조	P1 코핑부	3.0	100.0	97.0	a	2.12	100년이상	
	P3 코핑부	1.5	100.0	98.5	a	1.06	100년이상	

- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 37.4.6】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	1.0~1.5	38.5~39.0	
하부구조	1.5~3.0	97.0~98.5	

② 기 점검결과와의 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 37.4.7】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판, 거더	45.2~58.5	45.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	24.1~27.3	24.0	
		교각	41.1~49.6	40.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.5~39.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		97.0~98.5	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다

37.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 현장조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2021. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

37.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 'B등급' 으로 산정되었다.

【표 37.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PSC BOX	b	a	a	b	b	b	b	a	b	q	a	-
S2	P1	PSC BOX	a	a	a	a	b	b	-	a	c	q	-	a
S3	P2	PSC BOX	b	a	a	c	b	b	-	a	c	q	a	-
S4	P3	PSC BOX	a	b	a	c	b	b	-	a	c	q	-	a
	A2	PSC BOX							c	b	b	q	-	-
평균			0.150	0.125	0.100	0.275	0.200	0.200	0.300	0.120	0.320	-	0.100	0.100
가중치			20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.030	0.025	0.003	0.019	0.006	0.004	0.027	0.011	0.064	-	0.004	0.003
													0.196	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.196) < 0.260$

나. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 37.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결합도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결합도점수 X 연장비
신월릉교	0.196	B	431	4	1,722	1.000	0.196
합계(Σ)			431	4	1,722	1.000	0.196
1. 평가지수 =							0.196
2. 상태평가결과 =							B

37.5.2 기 점검 결과와의 비교

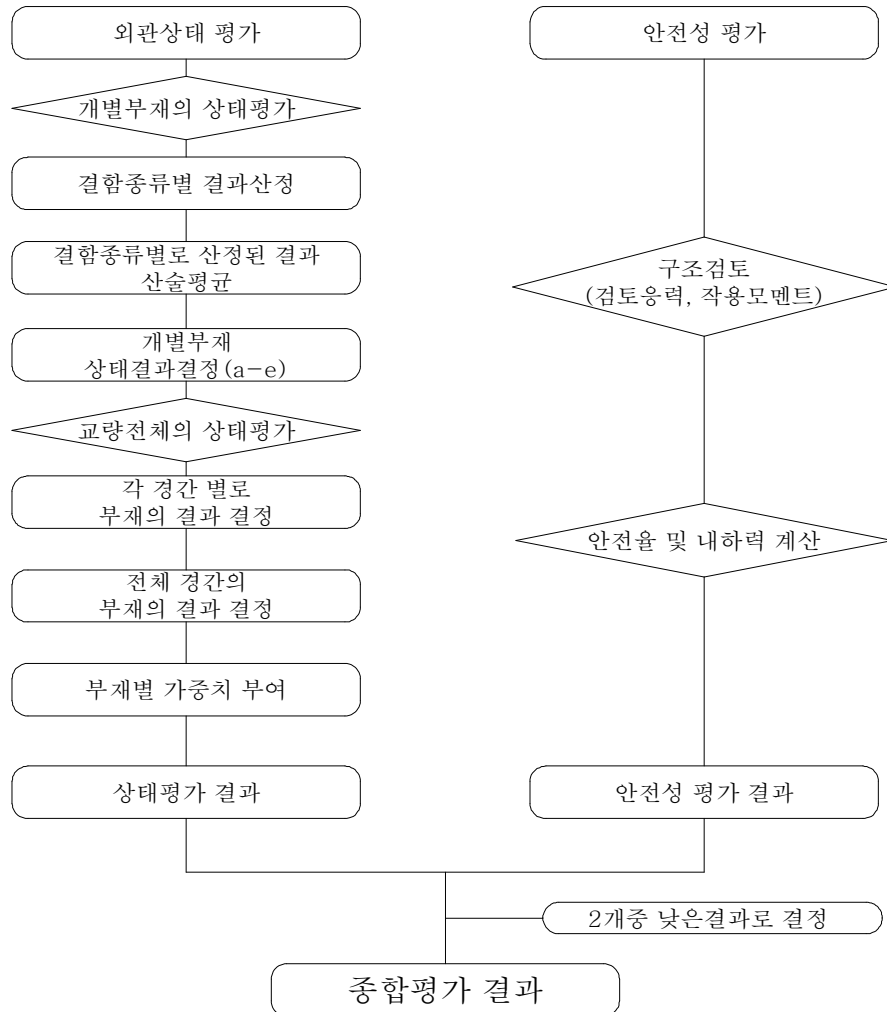
- 금회 정밀안전점검은 최초의 정밀안전점검이다.

37.6 종합평가 및 안전등급 지정

37.6.1 종합평가 결과 산정방법

현장조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 37.6.1】 종합평가 결과 산정절차

37.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 현장조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 37.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
신월릉교	0.196	B	—	—	B
종합평가	•현장조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

37.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 37.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

37.7 보수·보강 및 유지관리방안

37.7.1 보수·보강 방안

【표 37.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	2.00	2	표면처리	하자
		균열부백태	m	0.20	1	표면처리	하자
거더	외부	백태	㎡	0.06	1	표면처리	하자
	내부	백태	㎡	21.50	3	표면처리	하자
		채수	㎡	0.12	3	정비	하자
가로보		상태양호	—	—	—	—	—
교대		균열(0.3㎜미만)	m	6.00	5	단면보수	하자
		망상균열	㎡	35.46	3	표면처리	하자
		채수	㎡	2.00	2	정비	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	m	66.30	42	표면처리	하자
		균열(0.3㎜이상)	m	6.40	5	주입보수	하자
		망상균열	㎡	3.00	1	표면처리	하자
		백태 및 균열부백태	㎡	1.04	7	표면처리	하자
		보수부 박리	㎡	0.51	1	단면보수	하자
교량받침		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.12	1	단면보수	하자
신축이음		후타재 균열	m	16.00	36	표면처리	하자
		후타재 파손	㎡	0.10	1	단면보수	하자
		차수판 앵커탈락	EA	6.00	6	정비(재설치)	하자
교면포장		접속도로 파손	㎡	0.25	1	단면보수	하자
		접속부 이격	㎡	18.00	2	실링재충전	하자
		접속도로 포장박리	㎡	2.50	1	단면보수	하자
		포장균열	m	55.00	11	표면처리	하자
		포장망상균열	㎡	1300.00	3	표면처리	하자
		화재흔적	㎡	1.00	1	정비	하자
배수시설		배수관누수	EA	6.00	6	정비(재설치)	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	m	155.50	105	표면처리	하자
		백태 및 균열부 백태	㎡	3.50	24	표면처리	하자
		접속부 단차	m	1.50	1	실링재충전	하자
		접속부 실란트 파손	m	3.00	2	실링재충전	하자
		화재흔적	㎡	0.50	2	정비	하자
교량점검시설		상태양호	—	—	—	—	—

37.7.2 개략공사비

【표 37.7.2】 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	표면처리	2.00	0.75	㎡	—	—	하자
		균열부백태	주입보수	0.20	0.30	㎡	—	—	하자
거터	외	균열부백태	표면처리	0.06	0.09	㎡	—	—	하자
	내	백태	표면처리	21.50	32.25	㎡	—	—	하자
		채수	정비	0.12	0.12	㎡	—	—	하자
교대		균열(0.3㎜미만)	표면처리	6.00	2.25	㎡	—	—	하자
		망상균열	표면처리	35.46	53.19	㎡	—	—	하자
		채수	정비	2.00	3.00	㎡	—	—	하자
교각		균열(0.3㎜미만)	표면처리	66.30	24.86	㎡	—	—	하자
		균열(0.3㎜이상)	주입보수	6.40	9.60	m	—	—	하자
		망상균열	표면처리	3.00	4.50	㎡	—	—	하자
		백태 및 균열부백태	표면처리	1.04	1.56	㎡	—	—	하자
		보수부 박리	단면보수	0.51	0.77	㎡	—	—	하자
교량받침	받침콘크리트 재료분리		단면보수	0.12	0.18	㎡	—	—	하자
신축이음		후타재 균열	표면처리	16.00	6.00	㎡	—	—	하자
		후타재 파손	단면보수	0.10	0.15	㎡	—	—	하자
		차수판 앵커탈락	정비(재설치)	6.00	6.00	EA	—	—	하자
교면포장		접속도로 파손	단면보수	0.25	4.13	㎡	—	—	하자
		접속부 이격	실링재충전	18.00	27.00	m	—	—	하자
		접속도로 포장박리	단면보수	2.50	3.75	㎡	—	—	하자
		포장균열	표면처리	55.00	82.50	㎡	—	—	하자
		포장망상균열	표면처리	1300.00	1950.00	㎡	—	—	하자
		화재흔적	정비	1.00	1.50	㎡	—	—	하자
배수시설	배수관누수		정비(재설치)	6.00	6.00	EA	—	—	하자
방호벽		균열(0.3㎜미만)	표면처리	155.50	58.31	㎡	—	—	하자
		백태 및 균열부 백태	표면처리	3.50	5.25	㎡	—	—	하자
		접속부 단차	실링재충전	1.50	2.25	m	—	—	하자
		접속부 실란트 파손	실링재충전	3.00	4.50	m	—	—	하자
		화재흔적	정비	0.50	0.75	㎡	—	—	하자
개략 공사비 (천원)		구 분	1순위		2순위		3순위		
		순공사비	—		—		—		
		재경비 (순공사비의 50%)	—		—		—		
		합계	—		—		—		
개략공사비 총계(천원)			—						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

37.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 37.7.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심)
방호벽	• 방호벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

① 교각 균열(0.3mm 이상) - 진전 여부확인	② 교량받침 받침콘크리트 재료분리 - 진전 여부확인	② 교대 망상균열 - 진전 여부확인
③ 교면포장 포장 망상균열 및 접촉도로 파손 - 진전 여부확인		

37.8 종합결론

본 시설물은 경기도 파주시 월릉면 위전리 287-8에 위치한 교량으로 총 연장 430.6m, 폭 24.4m의 PSC BOX거더 교량으로, 2020년도에 준공되어 약 2년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

37.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 바닥판하면에 조사된 균열(0.3mm미만), 균열부백태는 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

2) 거더

- 거더내부에 조사된 체수, 백태는 내부에 설치된 배수시설 배수관의 누수, 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 및 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 거더외부에 조사된 백태는 우수유입, 수분접촉 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

3) 가로보

- 가로보는 현재 손상이 없는 양호한 상태이며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

4) 교대

- 교대에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3mm이상 균열 및 백태가 보수되었고 국부적인 폭 0.3mm미만 균열, 망상균열, 체수 등이 조사되었다.
- 교대에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 체수는 초기 건조수축, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리 및 정비(신축이음과 연계) 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

5) 교각

- 교각에 대한 현장조사 결과 기 손상인 폭0.3mm이상, 폭0.3mm미만 균열이 보수되었고 국부적인 폭0.3mm이상 균열, 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태, 균열부백태, 보수부 박리 등이 조사되었다.
- 교각에 조사된 폭0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태 및 균열부백태, 보수부 박리는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 신축이음부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 및 2차부재 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

6) 교량받침

- 교량받침에 대한 현장조사 결과 받침물탈균열이 보수되고, 기 손상인 받침콘크리트 재료분리가 조사되었고, 신규 손상 및 기 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었다.
- 교량받침에 조사된 받침콘크리트 재료분리는 초기 건조수축, 온도변화, 시공미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열, 후타재 파손, 차수판 앵커탈락의 경우, 초기 건조수축, 온도변화, 주행차량의 윤하중 및 충격, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보 및 2차부재의 추가 손상 방지를 위해 표면처리, 단면보수, 정비(재설치 등)를 실시하는 것이 필요하다.
- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 접속도로 파손, 접속부 이격, 접속도로 포장박리, 포장 균열, 포장 망상균열, 화재흔적은 초기 건조수축, 시공미흡, 주행차량의 윤하중 및 충격, 다짐불량, 교통사고 흔적 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 및 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수, 충전보수, 표면처리, 정비 등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

9) 배수시설

- 배수시설 배수관에 조사된 배수관 누수는 시공 미흡, 공용기간 경과 및 추량통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 정비(재설치)등의 보수를 실시하는 것이 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열(0.3mm미만), 균열부백태, 실란트파손, 접속부 단차, 화재흔적은 초기 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 우수유입, 시공미흡 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보를 위한 표면처리, 단면보수, 재충진, 정비를 실시하는 것이 필요하다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설은 현재 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

13) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 45.2~58.5MPa, 하부구조 교대 24.1~27.3MPa, 교각 41.1~49.6MPa 로 측정되었으며, 설계기준 압축강도(상부구조: 45.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 40.0MPa)를 상회하므로, 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 1.0~1.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 1.5~3.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 신월릉교의 상태평가 결과는 환산결함도 점수가 0.196인 “B” 로 산정되었다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 신월릉교에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 현장조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

37.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

37.8.3 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.