

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사

3.3 내구성시험

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

원남교(상)는 충청남도 아산시 음봉면 원남리에 위치하며, 2004년에 준공되어 약 11년 동안 공용중인 교량이며, 연장은 330m이고 편도2차선으로 구성되어 있다. 하부구조는 교대의 경우 역T형, 교각은 T형으로 구성되어있다.

본 장의 세부내용은 다음과 같다.

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

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

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

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

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

3.2 외관조사

	
교량점검차를 이용한 현장조사 ①	교량점검차를 이용한 현장조사 ②
	
사다리를 이용한 현장조사 ①	사다리를 이용한 현장조사 ②
	
단면 제원 조사	도보 점검

〈사진 3.1〉 외관조사 현황

3.2.1 부재별 외관조사 결과

가. 교면포장 및 보도부

원남교(상)는 7경간의 편도2차선 교량으로 총 연장 330.0m, 전체 폭 10.5m의 교량이다.



〈사진 3.2〉 교면포장 전경

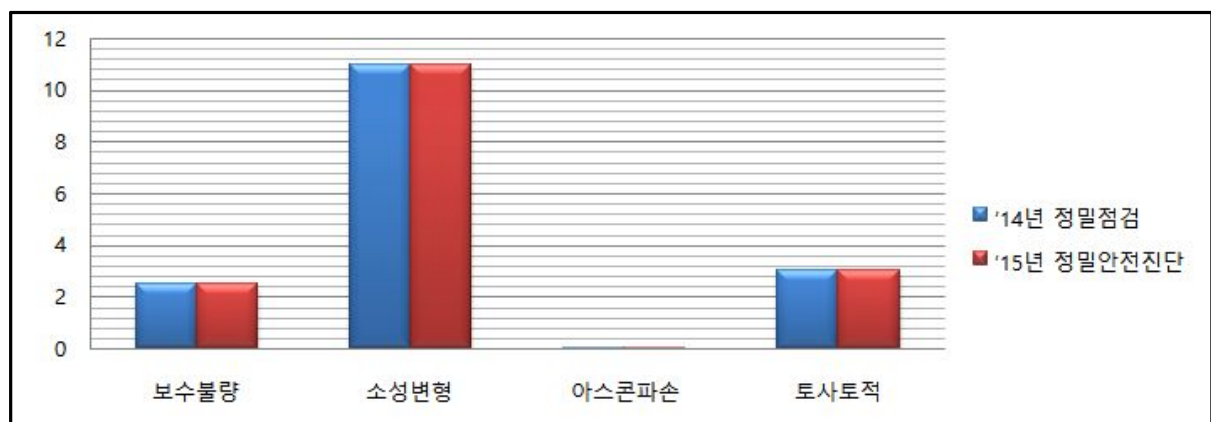
본 교량의 교면은 보수불량, 소성변형, 아스콘 파손, 토사퇴적 등이 발생된 것으로 조사되었다. 2014년 정밀점검 이후 기존 손상의 진전은 없는 것으로 판단되며, 손상의 원인은 장기간 공용 및 시공시 다짐불량으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 상태는 경미한 정도이므로 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭 등의 조치가 필요하다.

〈표 3.1〉 교면포장 물량표

손상명	보수불량(㎡/개소)	소성변형(㎡/개소)	아스콘파손(㎡/개소)	토사퇴적(㎡/개소)
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	0.5/1	0.5/1	-	1.0/1
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	1.0/1	6.0/1	-	-
S7	1.0/1		0.06/1	2.0/1
합계	2.5/3	11.0/2	0.06/1	3.0/2

〈표 3.2〉 교면포장 전차 물량 비교

손상명	‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
보수불량(m ² /개소)	2.5/3	2.5/3
소성변형(m ² /개소)	11.0/2	11.0/2
아스콘파손(m ² /개소)	0.06/1	0.06/1
토사퇴적(m ² /개소)	3.0/2	3.0/2



〈그림 3.1〉 교면포장 전차 물량 비교

			
현황	S3 보수불량	현황	S3 소성변형
대책	지속적 관찰 후 조치(아스콘 패칭)	대책	지속적 관찰 후 조치(아스콘 패칭)

〈사진 3.3〉 교면포장 외관조사결과

			
현황	S3 토사퇴적	현황	S6 보수불량
대책	청소	대책	지속적 관찰 후 조치(아스콘 패칭)
			
현황	S6 소성변형	현황	S7 보수불량
대책	지속적 관찰 후 조치(아스콘 패칭)	대책	지속적 관찰 후 조치(아스콘 패칭)

〈사진 3.3〉 교면포장 외관조사결과 (계속)

나. 난간 및 연석

난간은 콘크리트 방호벽으로 교량 우측에 시공되어 있으며, 좌측에는 가드레일로서 중앙 분리대가 설치되어 있는 상태이다.



〈사진 3.4〉 난간 전경

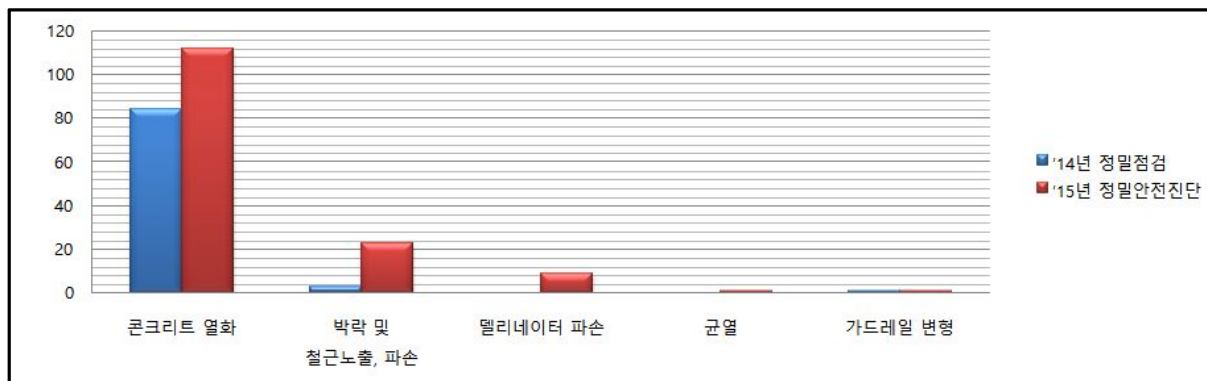
외관조사결과 방호벽 콘크리트 열화, 균열, 박락 및 철근노출, 파손, 텔리네이트 탈락 등이 조사되었고, 콘크리트 열화는 전차점검에 비해 증가하였다. 콘크리트 열화 및 철근노출은 방호벽의 사용성 및 내구성 증진을 위하여 하단부 전구간 단면보수 및 내구수명 연장을 위한 표면처리 등의 조치가 권장된다. 텔리네이트 및 가드레일 변형은 외부충격에 의한 손상으로 사용성 확보를 위해 교체가 필요하며, 신규로 발생한 균열은 손상이 경미하므로 지속적 관찰 후 진전시 균열보수가 필요하다.

〈표 3.3〉 방호벽 물량표

구분	콘크리트 열화 (㎡/개소)	박락 및 철근노출, 파손 (㎡/개소)	델리네이터 탈락 (개소)	균열 (m/개소)	가드레일 변형 (개소)
S1	16.0/1	3.5/7	1	1.0/1	-
S2	16.0/1	3.1/10	2	-	-
S3	20.0/1	1.39/11	1	-	1
S4	16.0/1	7.86/5	1	-	-
S5	16.0/1	-	1	-	-
S6	16.0/1	5.6/10	1	-	-
S7	16.0/1	1.5/10	2	-	-
합계	116.0/7	22.95/53	9	1.0/1	1

〈표 3.4〉 방호벽 전차 물량 비교

손상명	‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
콘크리트 열화(㎡/개소)	84.0/44	116.0/7
박락 및 철근노출, 파손(㎡/개소)	3.14/46	22.95/53
델리네이터 파손(개소)	-	9
균열(m/개소)	-	1.0/1
가드레일 변형(개소)	1	1



〈그림 3.2〉 방호벽 전차 물량 비교

			
현황	S1 균열	현황	S1 텔리네이터 탈락
대책	지속적 관찰 후 조치(주입보수)	대책	교체
			
현황	S1 측면 전구간 열화	현황	S5 측면 전구간 열화
대책	단면보수+표면처리	대책	단면보수+표면처리
			
현황	S4 철근노출	현황	S7 철근노출
대책	단면보수	대책	단면보수

〈사진 3.5〉 난간 및 연석 외관조사결과

다. 배수시설

배수시설은 16개소가 설치되어 있으며, 상부 집수구는 이물질 침투 방지를 위해 그레이팅이 설치되어 있고, 하부 배수관은 육교형으로 시공되어 있는 상태이다.



〈사진 3.6〉 배수시설 전경

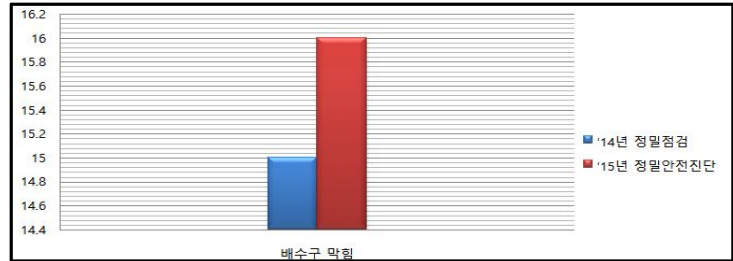
외관조사결과 배수구 막힘이 조사되었으며, 이는 공용중 토사퇴적에 의한 것으로 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성을 저하시키므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태다.

〈표 3.5〉 배수시설 물량표

구분	배수구 막힘(개소)
S1	2
S2	2
S3	3
S4	2
S5	3
S6	2
S7	2
합계	16

손상명	배수구 막힘 (개소)
‘14년 정밀점검	15
‘15년 정밀안전진단	16

<표 3.6> 배수시설 전차 물량 비교



<그림 3.3> 배수시설 전차 물량 비교

			
현황	S1 배수구 막힘	현황	S2 배수구 막힘
대책	청소	대책	청소
			
현황	S6 배수구 막힘	현황	S7 배수구 막힘
대책	청소	대책	청소

<사진 3.6> 배수시설 외관조사결과

라. 신축이음장치

(1) 외관조사 결과

원남교(상)의 신축이음은 A1(NO.100), A2(NO.100), P3(NO.160) 3개소 Rail Joint(마개바) 형식으로 설치되어 있다.



〈사진 3.7〉 신축이음 전경

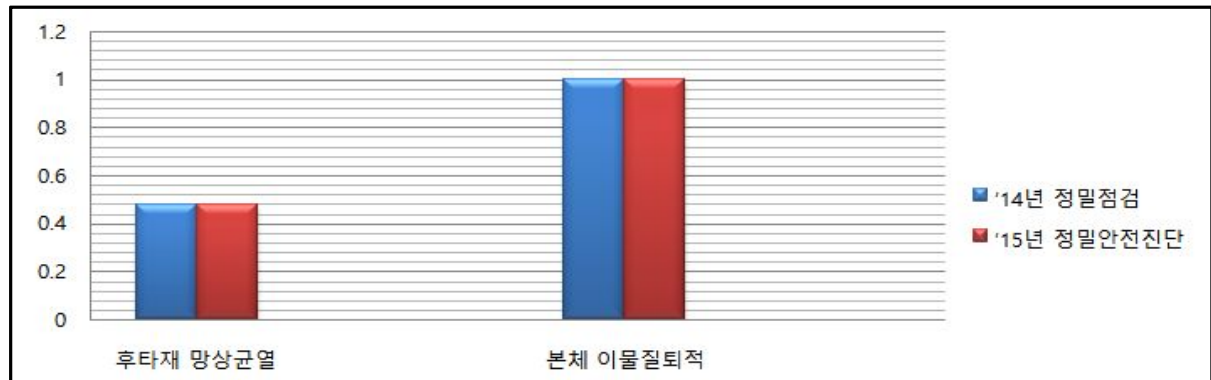
외관조사결과 후타재 망상균열, 본체 토사퇴적이 발생된 상태이다. 후타재 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 손상으로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 본체 토사퇴적은 장기간 공용으로 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

〈표 3.7〉 신축이음 물량표

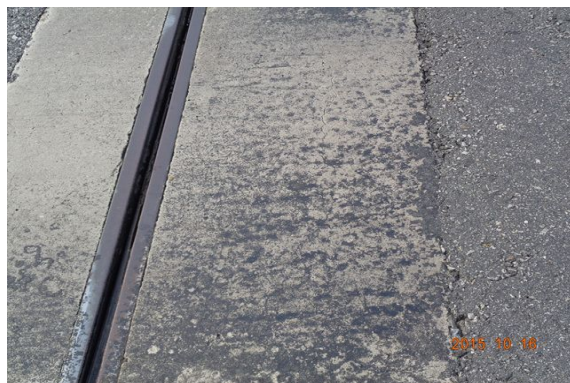
구분	후타재 망상균열 (m ² /개소)	본체 토사퇴적 (m/개소)
A1	5.4/2	
A2	4.8/2	1.5/1
P3	3.6/2	2.5/1
합계	13.8/6	4.0/2

〈표 3.8〉 신축이음 전차 물량 비교

손상명	‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
후타재 망상균열(m ² /개소)	13.8/6	13.8/6
본체 토사퇴적(m/개소)	4.0/2	4.0/2



〈그림 3.4〉 신축이음 전차 물량 비교

			
현황	A1 후타재 망상균열	현황	A2 후타재 망상균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	P3 이물질퇴적	현황	A2 이물질퇴적
대책	청소	대책	청소

〈사진 3.8〉 신축이음 외관조사결과

(2) 신축 유간 분석

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

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

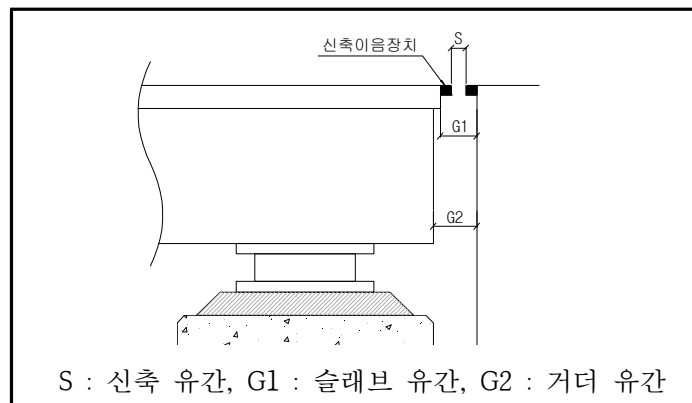
① 조사 방법

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

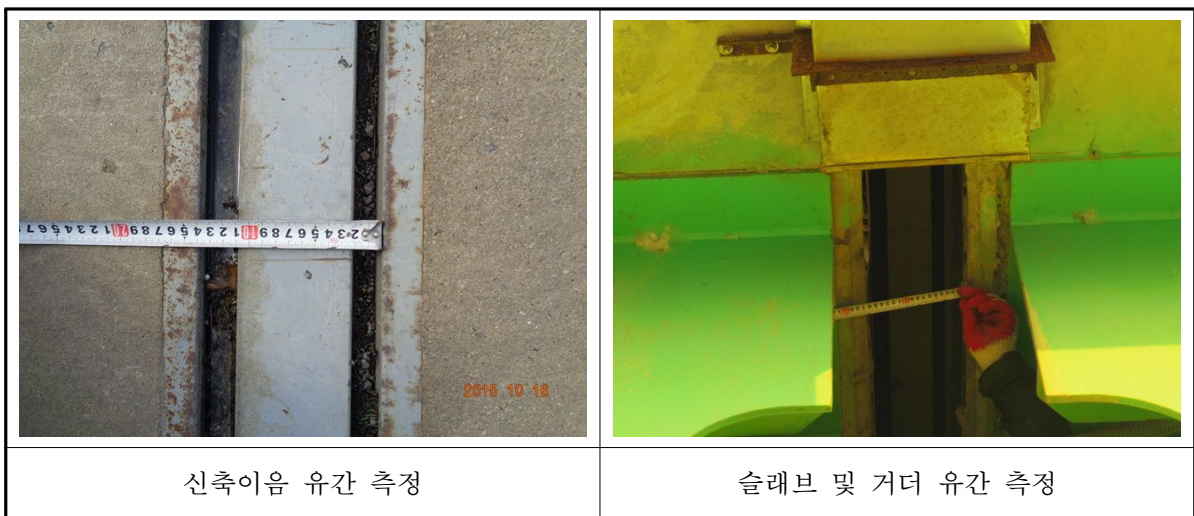
여기서, ΔT : 온도변화량

α : 선팽창계수

L : 신축거더 길이



<그림 3.5> 유간거리 측정방법



신축이음 유간 측정

슬래브 및 거더 유간 측정

<사진 3.9> 신축 유간 조사현황

〈표 3.9〉 지역별 온도변화 범위

교량 종류	온도변화		선팅창계수
	보통지방	한랭한 지방	
콘크리트교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강 교	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
- 2015년 10월 16일 11시, 측정시 온도 : 19℃			

② 이론 신축량 산정

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

- 적용 온도 : +40℃ 적용 (강교)
- $\Delta T_s = 40^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C} = 21^\circ\text{C}$
- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)
- 신축들보의 길이 (L)

- A1 : 40m+50m = 90.0m (A1~P2)
- P3 : 50m+2@50m = 150.0m (P2~P5)
- A2 : 50m+40m = 90.0m (P5~A2)

- 계산 신장량

- A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 21 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 22.68\text{mm}$
- P3 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 21 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 150,000 = 37.80\text{mm}$
- A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 21 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 22.68\text{mm}$

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

- 적용 온도 : -10℃ 적용 (강교)
- $\Delta T_s = 19^\circ\text{C} - (-10.0^\circ\text{C}) = 29^\circ\text{C}$
- $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)
- 신축들보의 길이(L) $\Rightarrow$ 위와 동일
- 계산 수축량

- A1 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 29 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 31.32\text{mm}$
- P3 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 29 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 150,000 = 52.20\text{mm}$
- A2 : $\Delta l_t = \Delta T_s \times \alpha_s \times L = 29 \times (1.2 \times 10^{-5}) \times 90,000 = 31.32\text{mm}$

③ 유간 측정결과

〈표 3.10〉 유간 측정결과

위 치	측정 결과 (mm)			이론 계산량 (mm)		허용 이동량 (mm)	평가
	S	G1	G2	최대 신장시	최대 수축시		
A1	30	150	200	22.68	31.32	100	O.K
P3	50	150	260	37.80	52.20	160	O.K
A2	30	160	210	22.68	31.32	100	O.K
- 2015년 10월 16일 11시, 측정시 온도 : 19℃							

※ 유간 S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더

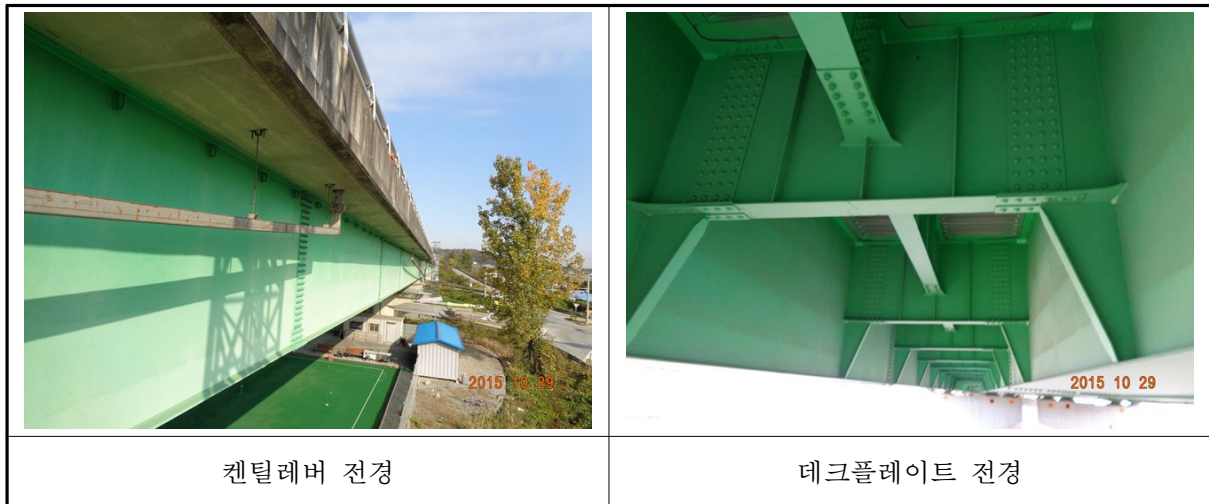
◎ 측정 유간 > 최대 신장시 이론 계산량 ⇒ 양호

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

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

마. 바닥판

바닥판 하면은 7경간으로써 바닥판하면 전구간에 Deck Plate가 설치되어있다. 그 외 캔틸레버는 Deck Plate가 미설치되어있다.



〈사진 3.10〉 바닥판하면 전경

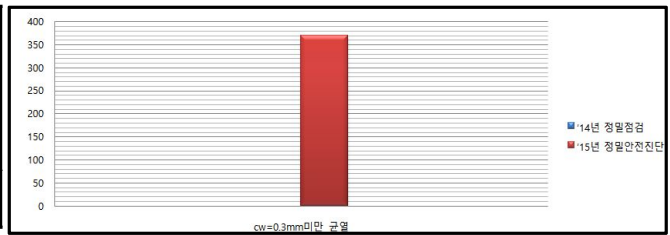
외관조사결과, 캔틸레버에 미세균열이 발생된 상태로 조사되었다.

미세균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다.

〈표 3.11〉 바닥판하면 물량표

구분	cw=0.3mm미만 균열 (m/개소)
S1	50/50
S2	60/60
S3	40/40
S4	40/40
S5	60/60
S6	60/60
S7	60/60
합계	370.0/370

손상명	cw=0.3mm미만 균열 (m/개소)
‘14년 정밀점검	-
‘15년 정밀안전진단	370.0/370



<표 3.12> 바닥판하면 전차 물량 비교

<그림 3.6> 바닥판하면 전차 물량 비교

현황	S1 중앙측 캔틸레버 균열	현황	S1 캔틸레버 균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
현황	S5 캔틸레버 균열	현황	S7 캔틸레버 균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)

<사진 3.11> 바닥판 외관조사결과

바. 거더 및 가로보

원남교(상)의 거더는 2련의 Steel Box형식으로 시공되어 있으며, 가로보의 경우 경간당 8~10행이 시공되어 있다.



〈사진 3.12〉 거더 및 가로보 전경

거더 및 가로보 외관조사결과 거더외부 및 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더 내부는 누수흔적, 도장손상(박리, 긁힘), 매공미처리, 변형, 조명등 탈락 등이 조사되었다.

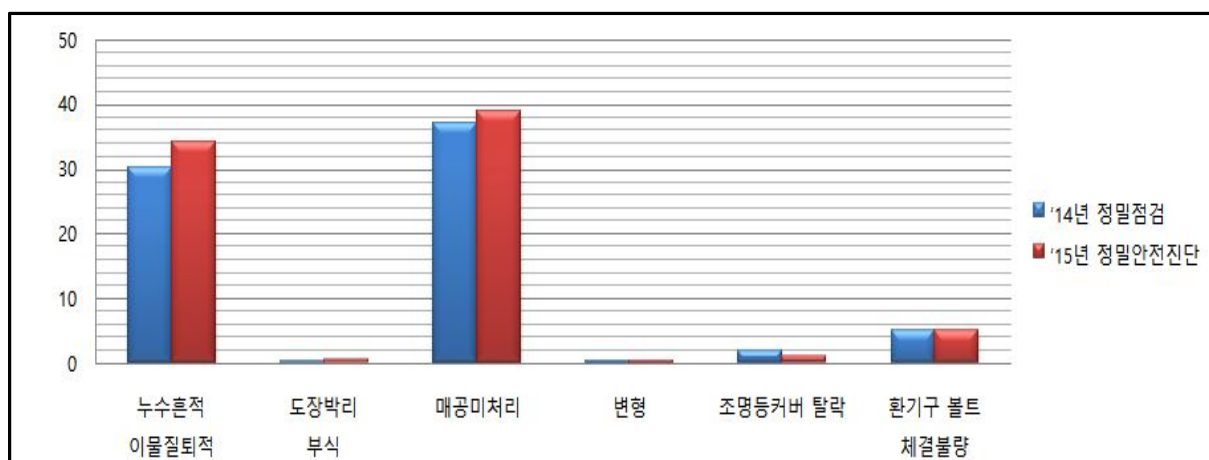
도장손상(긁힘, 박리)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장을 실시하는 것이 바람직하며, 우수유입, 매공미처리, 누수흔적은 시공초기 및 공용 중에 발생한 손상으로 정비(청소)가 필요하며, 이물질 퇴적은 외부인 출입에 의한 손상으로 금회 점검시 시건장치를 체결하였다.

〈표 3.13〉 거더내부 물량표

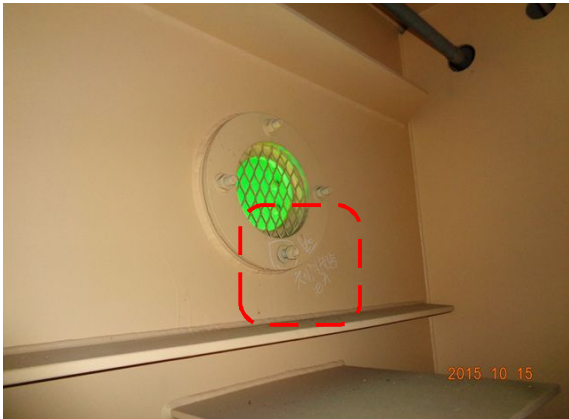
구분		누수흔적, 이물질퇴적 (㎡/개소)	도장박리, 부식 (㎡/개소)	매공미처리 (개소)	변형 (㎡/개소)	조명등커버 탈락 (개소)	환기구 볼트 체결불량 (개소)
거더 내부	S1	0.5/3	0.06/1	11	-	-	1
	S2	1.5/4	0.2/3	4	-	-	-
	S3	6.3/4	0.24/2	4	-	-	4
	S4	12.6/5	-	4	-	1	-
	S5	0.6/3	-	7	0.4/2	-	-
	S6	9.7/8	0.04/1	5	-	-	-
	S7	3.0/4	-	4	-	-	-
합 계		34.2/31	0.54/7	39	0.4/2	1	5

〈표 3.14〉 거더내부 전차 물량 비교

손상명		‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
거더 내부	누수흔적, 이물질퇴적(㎡/개소)	30.2/27	34.2/31
	도장박리, 부식(㎡/개소)	0.33/6	0.54/7
	매공미처리 (개소)	37	39
	변형 (㎡/개소)	0.4/2	0.4/2
	조명등커버 탈락(개소)	2	1
	환기구 볼트 체결불량(개소)	5	5



〈그림 3.7〉 전차 물량 비교

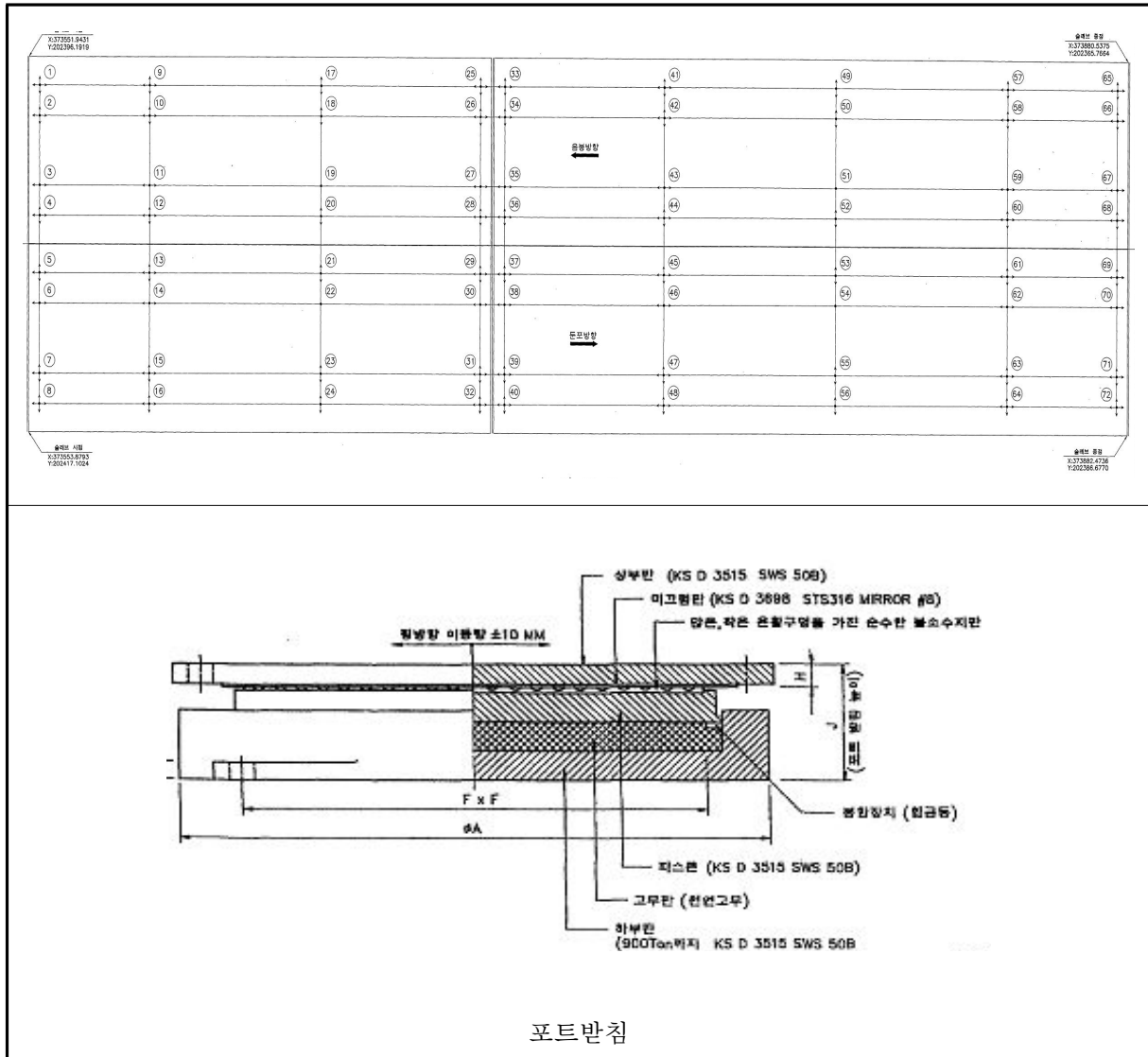
			
현황	G1-S1 환기구 볼트 체결불량	현황	G1-S2 부식
대책	재체결	대책	주의관찰 후 조치(재도장)
			
현황	G1-S4 조명등 커버 탈락	현황	G2-S1 매공미처리
대책	재체결	대책	청소
			
현황	G2-S3 부식	현황	G2-S7 누수흔적
대책	주의관찰 후 조치(재도장)	대책	청소

〈사진 3.13〉 거더 및 가로보 외관조사결과

사. 받침장치

(1) 외관조사 결과

받침장치는 포트받침으로 각각 4개소씩(P4 8개소) 총 36개소에 시공되어 있으며, 고정 지점부는 P2, P5로 그 세부배치현황은 다음과 같다.



<그림 3.8> 교량받침 상세도

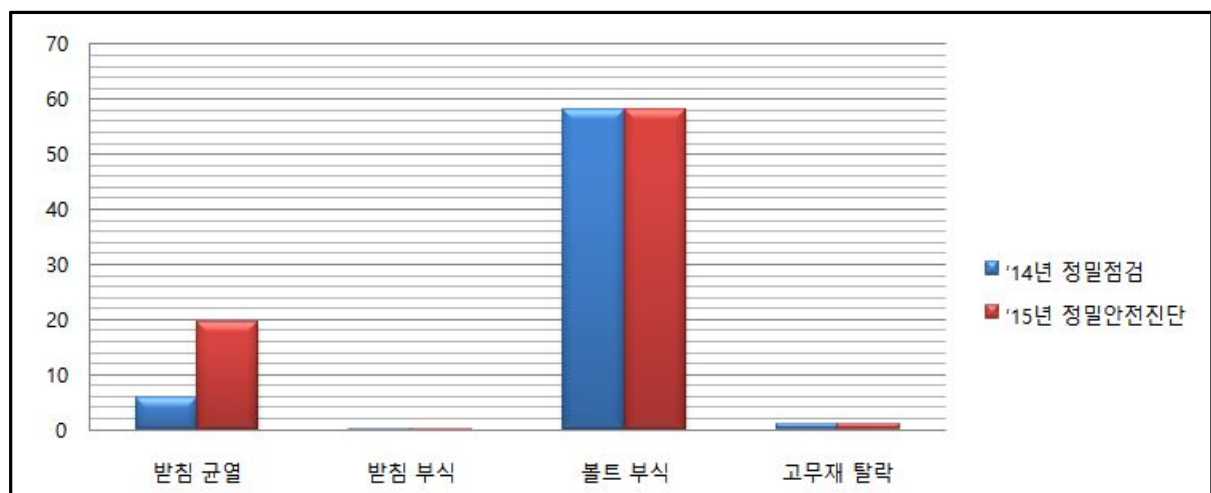
외관조사결과 본체 파손, 편기, 신축기능 불량 등의 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 재료분리, 파손, 볼트부식이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

〈표 3.15〉 받침장치 물량표

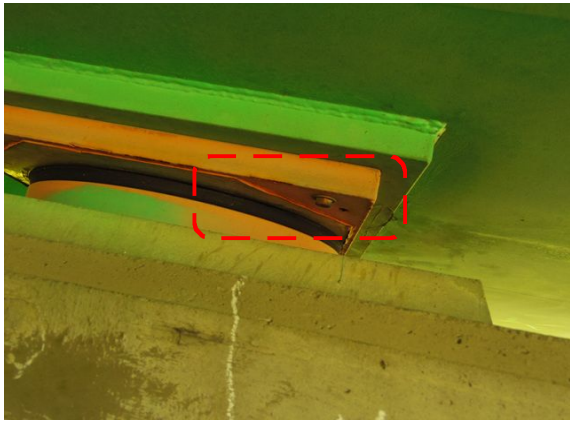
구분	cw=0.3mm미만 받침 균열 (m/개소)	받침 부식 (㎡/개소)	볼트 부식 (개소)	고무재 탈락 (개소)
A1	0.5/3		15	
A2	0.5/2		11	
P1	4.7/18			
P2	1.5/9		18	
P3	2.4/9			1
P4	4.0/16		8	
P5	2.7/11	0.06/4	6	
P6	3.8/15	0.02/1		
합계	20.1/83	0.08/5	58	1

〈표 3.16〉 받침장치 전차 물량 비교

손상명	‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
cw=0.3mm미만 받침균열(m/개소)	5.7/30	20.1/83
받침 부식(㎡/개소)	0.06/3	0.08/5
볼트 부식(개소)	58	58
고무재 탈락(㎡/개소)	1	1



〈그림 3.9〉 전차 물량 비교

			
현황	P1-SH1 받침 균열	현황	P1-SH4 재료분리
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	P5-SH1 볼트 부식	현황	P6-SH2 부식
대책	재도장	대책	재도장
			
현황	A1-SH1 정면	현황	A1-SH1 측면
대책	-	대책	-

〈사진 3.14〉 받침장치 외관조사결과

(2) 받침장치 가동 여유량 검토

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

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

〈표 3.17〉 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팡창 계수

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

- 조사시 온도 : 2015년 10월 28일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 11^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta l_t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팡창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 11.0^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 21.0^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
- $40^{\circ}\text{C} - 11.0^{\circ}\text{C} = 29.0^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)
- 적용 경간 길이 (l) = 90.0m(A1,A2), 50.0m(P1,P3,P4,P6), 100.0m(P3)

〈표 3.18〉 받침장치 여유량 조사 결과

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
A1	SH1	±50	+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH2		+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH3		+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH4		+20	30	70	22.7	31.3	O.K
P1	SH1	±50	+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH2		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH3		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH4		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
P2	SH1	-	-	-	-	-	-	-
	SH2		-	-	-	-	-	-
	SH3		-	-	-	-	-	-
	SH4		-	-	-	-	-	-
P3 (A1측)	SH1	±50	+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH2		+5	45	55	12.6	17.4	O.K
	SH3		+5	45	55	12.6	17.4	O.K
	SH4		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
P3 (A2측)	SH1	±50	+20	30	70	25.2	34.8	O.K
	SH2		+20	30	70	25.2	34.8	O.K
	SH3		+20	30	70	25.2	34.8	O.K
	SH4		+20	30	70	25.2	34.8	O.K

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

〈표 3.18〉 받침장치 여유량 조사 결과(계속)

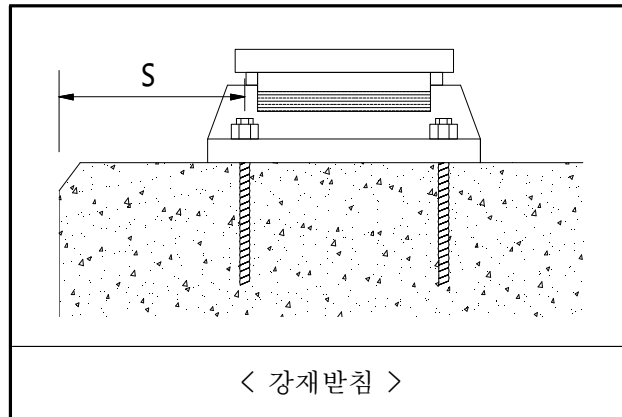
위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P4	SH1	± 50	+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH2		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH3		+5	45	55	12.6	17.4	O.K
	SH4		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
P5	SH1	-	-	-	-	-	-	-
	SH2		-	-	-	-	-	-
	SH3		-	-	-	-	-	-
	SH4		-	-	-	-	-	-
P6	SH1	± 50	0	50	50	12.6	17.4	O.K
	SH2		0	50	50	12.6	17.4	O.K
	SH3		+10	40	60	12.6	17.4	O.K
	SH4		+10	80	100	12.6	17.4	O.K
A2	SH1	± 50	+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH2		+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH3		+20	30	70	22.7	31.3	O.K
	SH4		+20	30	70	22.7	31.3	O.K

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

받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

(2) 연단거리 분석

① 측정 방법



<그림 3.10> 받침별 연단거리 측정방법



<사진 3.15> 연단 측정 현황

② 각 경간별 최소 연단거리 산정

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

경간 길이에 따른 최소 연단거리 산정

- S1, S7 : $20 + (0.5 \times 40.0) = 40.0\text{cm}$
- S2~S6 : $20 + (0.5 \times 50.0) = 45.0\text{cm}$

③ 연단거리 측정 및 검토결과

〈표 3.19〉 연단거리 검토결과

구 분			측정결과(mm)				연단 기준 (mm)	평가
			Br1	Br2	Br3	Br4		
A1	포트	중점	600	600	600	600	400	O.K
P1	포트	시점	1200	1150	1150	1150	450	O.K
		중점	1200	1150	1200	1200	450	O.K
P2	포트	시점	1100	1100	1100	1100	450	O.K
		중점	1100	1100	1100	1100	450	O.K
P3	포트	시점	650	650	700	700	450	O.K
		중점	700	650	650	650	450	O.K
P4	포트	시점	1150	1050	1200	1100	450	O.K
		중점	1150	1100	1150	1150	450	O.K
P5	포트	시점	1100	1100	1100	1100	450	O.K
		중점	1100	1100	1100	1100	450	O.K
P6	포트	시점	1200	1100	1100	1100	450	O.K
		중점	1500	1500	1100	1100	450	O.K
A2	포트	시점	700	650	650	700	400	O.K

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

아. 교대 및 교각

하부구조 형식은 본 교량의 교대는 본 교량의 교대는 역T형 구조로 2기가 시공되어 있으며, 법면보호를 위한 보호블럭이 시공되어 있다.

교각은 T형이며, 기초형식은 직접기초로 8기가 시공되었으며, P2, P5(고정단)를 제외한 모든 교각에 점검로가 설치되어 있다.



〈사진 3.16〉 교대 및 교각 전경

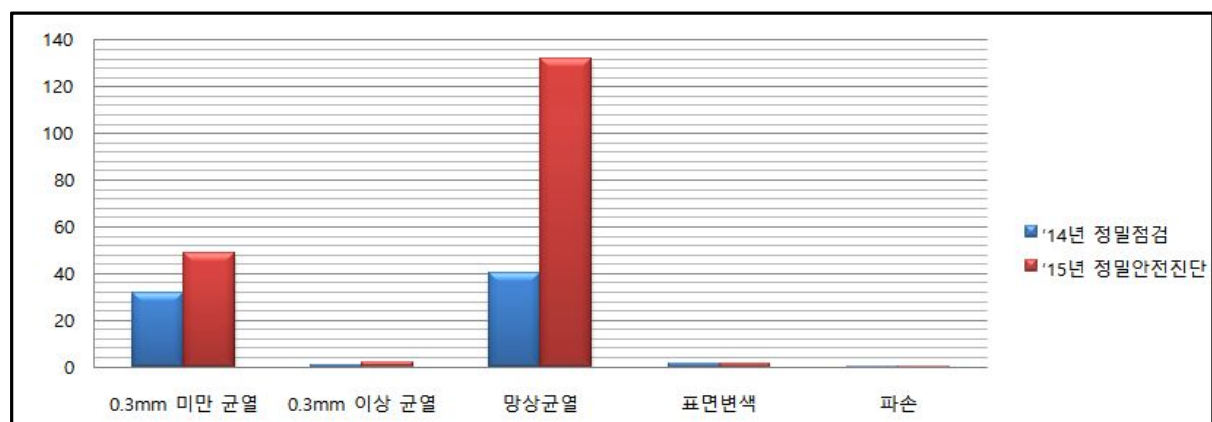
교대 및 교각은 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 표면변색 등이 발생한 상태이다. 균열 및 망상균열은 시공초기에 발생한 비구조적 균열로서 0.3mm이상의 균열은 주입보수가 필요하며, 0.3mm미만의 균열 및 표면변색, 콘크리트 파손은 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 교대 A2에 신축이음부를 통한 누수가 발생하여 교대 상면에 체수흔적이 남아 있는 것이 조사되었고, 이는 우천시 지속적인 주의관찰 후, 유도배수시설 설치 등의 조치가 요망된다.

〈표 3.20〉 교대 및 교각 물량표

구분	0.3mm미만 균열 (m/개소)	0.3mm이상 균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	표면변색 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)
A1	1.2/1	1.0/1	-	-	-
A2	-	-	-	1.5/1	-
P1	6.0/9	-	20.0/1	-	-
P2	-	-	18.0/2	-	-
P3	9.0/3	-	46.0/4	-	-
P4	16.0/7	-	26.0/4	-	-
P5	15.8/5	1.0/1	4.32/1	-	0.04/1
P6	1.0/1	-	17.7/2	-	-
합계	49.0/21	2.0/2	132.02/14	1.5/1	0.04/1

〈표 3.21〉 교대 및 교각 전차 물량 비교

손상명	‘14년 정밀점검	‘15년 정밀안전진단
0.3mm 미만 균열(m/개소)	31.5/22	49.0/21
0.3mm 이상 균열(m/개소)	1.0/1	2.0/2
망상균열(㎡/개소)	40.26/6	132.02/14
표면변색(㎡/개소)	1.5/1	1.5/1
파손(㎡/개소)	0.04/1	0.04/1



〈그림 3.11〉 교대 및 교각 전차 물량 비교

			
현황	A2 표면변색	현황	P1 코핑부 망상균열
대책	지속적 관찰 후 조치	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	P1 코핑부 균열	현황	P3 코핑부 망상균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)
			
현황	P4 기둥부 망상균열	현황	P6 코핑부 균열
대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)	대책	지속적 관찰 후 조치(표면처리)

<사진 3.17> 교대 및 교각 외관조사결과

자. 전차 점검결과와 비교

육안조사결과, 본 과업대상 교량에 대한 전차 정밀점검(2014) 결과와 금회 정밀안전진단(2015) 결과를 비교 검토한 내용은 다음과 같다.

〈표 3.22〉 전차 점검결과와 비교

구 분		단위	‘14년 점검	‘15년 진단	증감	비고
			수량/개소	수량/개소		
교면포장	보수불량	m ²	2.5/3	2.5/3	- -	증감없음
	소성변형	m ²	11.0/2	11.0/2	- -	증감없음
	아스콘파손	m ²	0.06/1	0.06/1	- -	증감없음
	토사퇴적	m ²	3.0/2	3.0/2	- -	증감없음
난간/ 연석	콘크리트 열화	m ²	84.0/44	116.0/7	▲ 32.0/-37	물량조정
	박락 및 철근노출 파손	m ²	3.14/46	22.95/53	▲ 19.81/7	신규손상
	텔레네이터 파손	ea	-	9	▲ 9	신규손상
	균열	m	-	1.0/1	▲ 1.0/1	신규손상
	가드레일 변형	ea	1	1	- -	증감없음
바닥판 하 면	cw=0.3mm미만 균열	m	-	370.0/370	▲ 370.0/370	신규손상
거 더 내 부	누수혼적. 이물질퇴적	m ²	30.2/27	34.2/31	▲ 4.0/4	신규손상
	도장박리, 부식	m ²	0.33/6	0.54/7	▲ 0.21/1	신규손상
	매공미처리	ea	37	39	▲ 2	신규손상
	변형	m ²	0.4/2	0.4/2	- -	증감없음
	조명등커버 탈락	ea	2	1	▼ -1	보수실시
	환기구 볼트 체결불량	ea	5	5	- -	증감없음
교대, 교각	0.3mm 미만 균열	m	31.5/22	49.0/21	▲ 17.5/-1	물량조정
	0.3mm 이상 균열	m	1.0/1	2.0/2	▲ 1.0/1	신규손상
	망상균열	m ²	40.26/6	132.02/14	▲ 91.76/8	신규손상
	표면변색	m ²	1.5/1	1.5/1	- -	증감없음
	파손	m ²	0.04/1	0.04/1	- -	증감없음
받침장치	cw=0.3mm미만 받침균열	m	5.7/30	20.1/83	▲ 14.4/53	신규손상
	받침 부식	m ²	0.06/3	0.08/5	▲ 0.02/2	신규손상
	볼트 부식(개소)	ea	58	58	- -	증감없음
	고무재 탈락	m ²	1	1	- -	증감없음
신 축 이 음	후타재 망상균열	m ²	13.8/6	13.8/6	- -	증감없음
	본체 토사퇴적	m	4.0/2	4.0/2	- -	증감없음
배수시설	배수구 막힘	ea	15	16	▲ 1	신규손상

3.2.2 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

외관조사결과 보수불량, 소성변형, 아스콘 파손, 토사퇴적 등이 발생한 것으로 조사되었다. 2014년 정밀점검 이후 기존 손상의 진전은 없는 것으로 판단되며, 손상의 원인은 장기간 공용 및 시공시 다짐불량으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 상태는 경미한 정도이므로 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석

외관조사결과 방호벽 콘크리트 열화, 균열, 박락 및 철근노출, 파손, 텔리네이트 탈락 등이 조사되었고, 콘크리트 열화는 전차점검에 비해 증가하였다. 콘크리트 열화 및 철근노출은 방호벽의 사용성 및 내구성 증진을 위하여 하단부 전구간 단면보수 및 내구수명 연장을 위한 표면처리 등의 조치가 권장된다. 텔리네이트 및 가드레일 변형은 외부충격에 의한 손상으로 사용성 확보를 위해 교체가 필요하며, 신규로 발생한 균열은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 균열보수가 필요하다.

다. 배수시설

외관조사결과 배수구 막힘이 조사되었으며, 이는 공용중 토사퇴적에 의한 것으로 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성을 저하시키므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태다.

라. 신축이음장치

외관조사결과 후타재 망상균열, 본체 토사퇴적이 발생한 상태이다. 후타재 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 손상으로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 본체 토사퇴적은 장기간 공용으로 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다

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

마. 바닥판

외관조사결과, 켄틸레버에 미세균열이 발생한 상태로 조사되었다.

미세균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다.

바. 거더 및 가로보

외관조사결과 거더 및 가로보 외관조사결과 거더외부 및 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더내부는 누수흔적, 도장손상(박리, 긁힘), 매공미처리, 변형, 조명등 탈락 등이 조사되었다.

도장손상(긁힘, 박리)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장을 실시하는 것이 바람직하며, 우수유입, 매공미처리, 누수흔적은 시공초기 및 공용중에 발생한 손상으로 정비(청소)가 필요하며, 이물질 퇴적은 외부인 출입에 의한 손상으로 금회 점검시 시진장치를 체결하였다.

사. 받침장치

외관조사결과 본체 파손, 편기, 신축기능 불량 등의 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열, 재료분리, 파손, 볼트부식이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

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

아. 교대 및 교각

외관조사결과 교대 및 교각은 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 표면변색 등이 발생한 상태이다. 균열 및 망상균열은 시공초기에 발생한 비구조적 균열로서 0.3mm이상의 균열은 주입보수가 필요하며, 0.3mm미만의 균열 및 표면변색, 콘크리트 파손은 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 교대 A2에 신축이음부를 통한 누수가 발생하여 교대 상면에 체수흔적이 남아 있는 것이 조사되었고, 이는 우천시 지속적인 주의관찰 후, 유도배수시설 설치 등의 조치가 요망된다.

3.3 내구성 시험

3.3.1 개 요

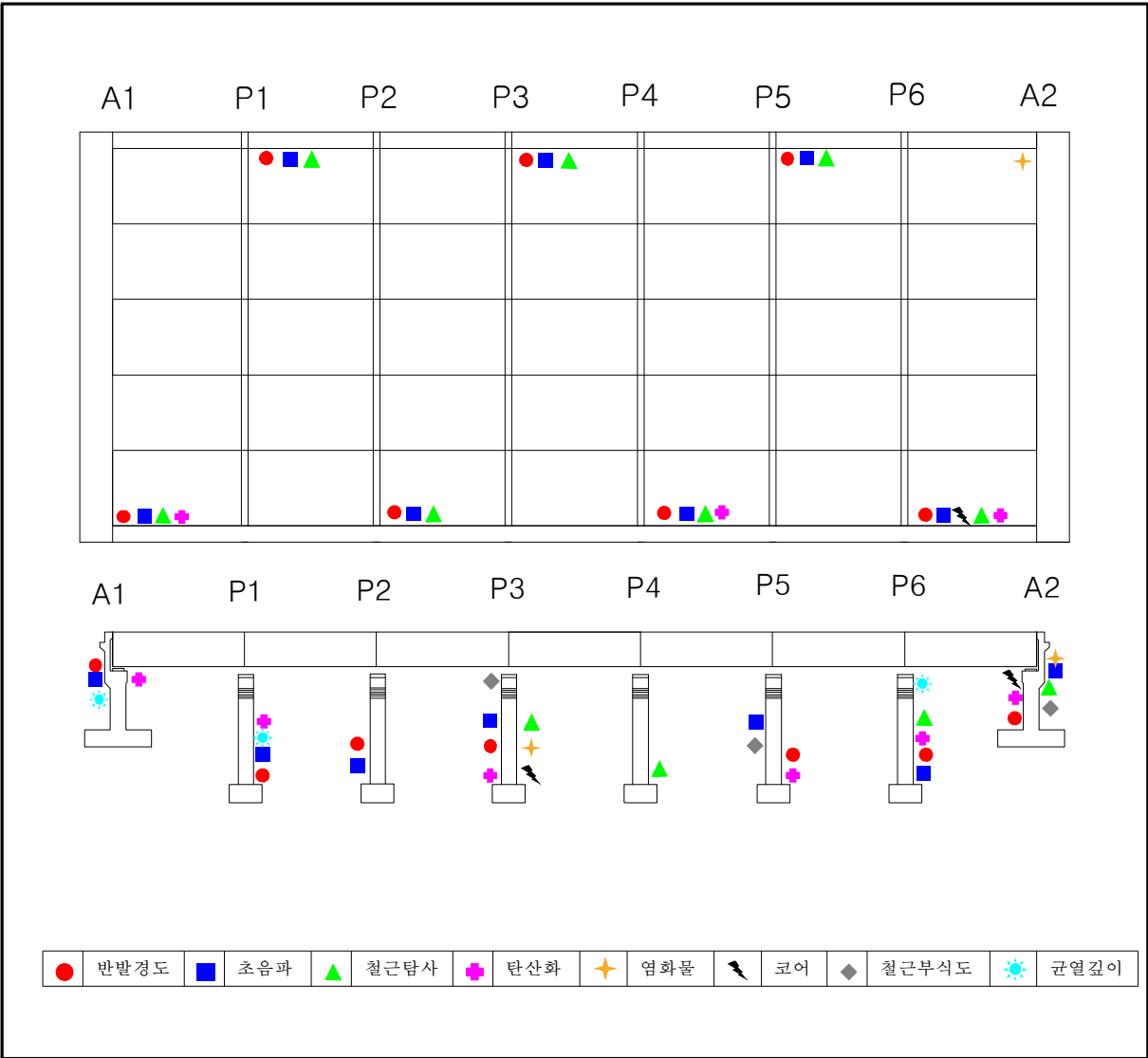
재료시험은 구조물에 열화 손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하기 위함이며, 아직 열화 손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

〈표 3.23〉 내구성조사 항목 및 계획

내구성조사 항목	조 사 방 법	조 사 내 용	비고
콘크리트 압축강도	반발경도법	- 슈미트햄머로 반발경도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정	
	초음파 속도법	- 초음파 전달속도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정	
	코어 채취	- 채취한 코어시료를 이용하여 콘크리트 강도를 측정	
철근탐사	전자파법	- 배근된 철근의 간격 및 피복두께 추정	
탄산화	페놀프탈레인 용액 이용	- 콘크리트 표면을 드릴링하고 그 구멍에 페놀프탈레인 용액을 분사하여 공용년수에 대한 탄산화상태 조사	
균열 깊이	초음파 속도	- 건전부와 균열부에 대해 초음파 속도를 측정하여 균열 깊이 추정	
철근부식도	전위차 측정	- 전위차를 이용하여 전압을 측정한 결과로부터 등전위 선도를 나타내어 철근 부식 확률을 추정	
염화물 함유량	염화물함유량 시험	- 구조물내 환산염화물 함유량을 측정하여 내구성평가의 기초자료로 활용	
강재 용접부 조사	초음파탐상시험(UT)	- 초음파를 이용하여 맞대기 용접부 내부의 결함유무를 판정	
	자분탐상시험(MT)	- 필렛 용접부에 자분이 응집되는 것을 관찰하여 결함유무를 판정	

〈표 3.24〉 내구성조사 현황

시험종류 부재	기본과업							선택과업			비고
	반발 경도	초음파	탄산화	철근 탐사	염화물 함유량	균열 깊이	강재 초음파	코어 강도	철근 부식도 시험	강재 자분 탐상	
상부	7개소	7개소	3개소	7개소	1개소	3개소	28개소	1개소	3개소	3개소	
하부	7개소	7개소	6개소	7개소	2개소			2개소			
계	14개소	14개소	9개소	14개소	3개소	3개소	28개소	3개소	3개소	3개소	



〈그림 3.12〉 내구성조사 위치

3.3.2 반발경도

가. 측정결과

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

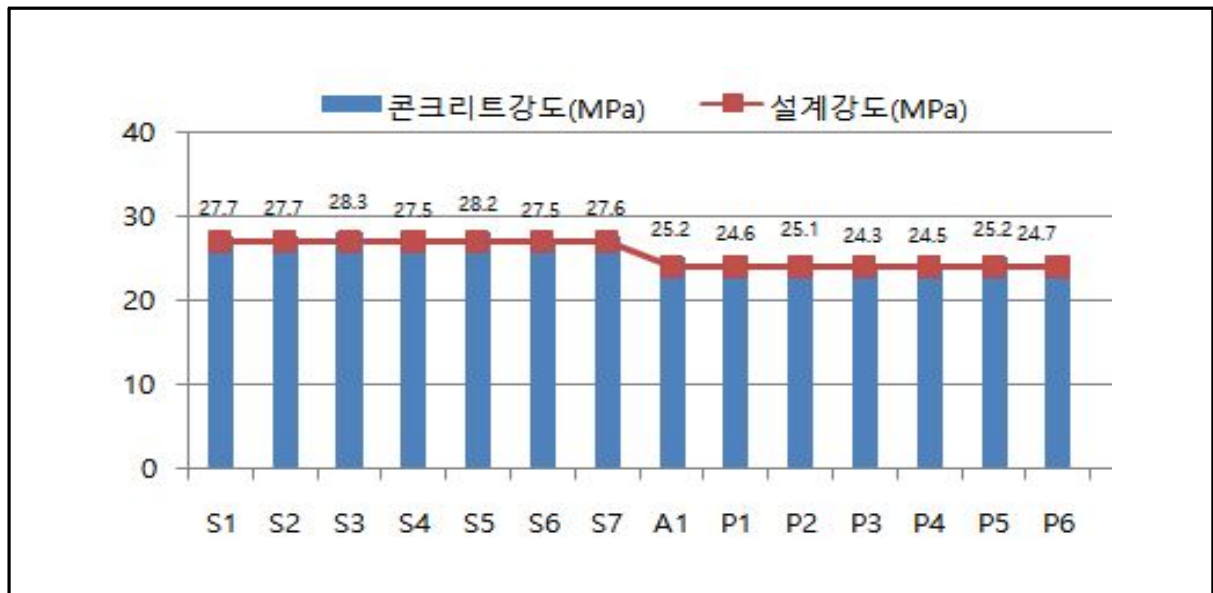
〈표 3.25〉 반발경도 시험결과

구 분		기준 경도 (Ro)	재령 계수 (α)	재료 학회 (MPa)	건축 학회 (MPa)	측정강도 (MPa) (A)	설계강도 (MPa) (B)	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	48.4	0.63	27.4	28.0	27.7	27.0	102	
	S2 바닥판	48.4	0.63	27.4	28.0	27.7		102	
	S3 바닥판	49.4	0.63	28.2	28.4	28.3		104	
	S4 바닥판	48.2	0.63	27.2	27.9	27.5		101	
	S5 바닥판	49.1	0.63	28.0	28.3	28.2		104	
	S6 바닥판	48.1	0.63	27.1	27.8	27.5		101	
	S7 바닥판	48.2	0.63	27.2	27.9	27.6		102	
하부 구조	A1 전면	44.5	0.63	24.3	26.2	25.2	24.0	105	
	A2 전면	43.5	0.63	23.4	25.8	24.6		102	
	P1 전면	44.3	0.63	24.1	26.1	25.1		104	
	P2 전면	43.1	0.63	23.1	25.6	24.3		101	
	P3 전면	43.3	0.63	23.3	25.7	24.5		102	
	P5 전면	44.5	0.63	24.3	26.2	25.2		105	
	P6 전면	43.6	0.63	23.5	25.8	24.7		102	



반발경도 시험

〈사진 3.18〉 반발경도 측정 현황



〈그림 3.13〉 반발경도시험 데이터 분포도

나. 코어와 반발경도와의 비교

〈표 3.26〉 코어와 반발경도와의 비교결과

위치	반발경도	일본재료학회		일본건축학회		코어강도 (MPa)	비고
		강도 (MPa)	코어강도 / 비파괴강도	강도 (MPa)	코어강도 / 비파괴강도		
A2	43.5	23.4	1.03	25.8	0.93	24.1	
P3	43.3	23.3	1.04	25.7	0.94	24.2	
S7	48.2	27.2	1.00	27.9	0.97	27.1	
상관계수 평균		-	1.02	-	0.95	-	

분석결과 본 현장에서는 일본재료학회 추정식이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 이에 따라 현장에서 획득한 반발경도를 일본재료학회식을 적용하되 상관계수 1.02를 곱하여 비파괴 강도를 추정하기로 하였다.

다. 콘크리트 압축강도 추정

〈표 3.27〉 콘크리트 추정 비파괴 강도

구 분		기준 경도	재령 계수	재료학회	상관계수	추정강도 (MPa)	비고
상부 구조	S1 바닥판	48.4	0.63	27.4	1.02	27.9	
	S2 바닥판	48.4	0.63	27.4		27.9	
	S3 바닥판	49.4	0.63	28.2		28.8	
	S4 바닥판	48.2	0.63	27.2		27.7	
	S5 바닥판	49.1	0.63	28.0		28.6	
	S7 바닥판	48.1	0.63	27.1		27.6	
하부 구조	A1 전면	48.2	0.63	27.2		27.7	
	A2 전면	44.5	0.63	24.3		24.8	
	P1 전면	43.5	0.63	23.4		23.9	
	P2 전면	44.3	0.63	24.1		24.6	
	P3 전면	43.1	0.63	23.1		23.6	
	P4 전면	43.3	0.63	23.3		23.8	
	P6 전면	44.5	0.63	24.3		24.8	

반발경도 시험을 통한 콘크리트 압축강도 평가결과, 상부구조의 경우 각 27.5~28.3MPa, 하부구조의 경우 24.3~25.2MPa로 측정되었다. 이는 전회 정밀점검 결과인 상부구조 27.4~28.1MPa, 하부구조 24.6~25.1MPa와 유사한 상태로 전회와 비교시 강도의 저하 등의 열화는 없는 것으로 판단된다.

코어강도와 비교하여 상관계수를 곱하여 추정한 비파괴 강도는 상부구조의 경우 27.6~28.8MPa, 하부구조의 경우 23.6~27.7MPa로 측정되었다.

이는 부재별 설계기준 강도(27.0MPa, 24.0MPa)를 90%이상 상회하는 것으로 반발경도법에 의한 콘크리트 품질은 양호한 것으로 분석되었다.

3.3.3 초음파 강도

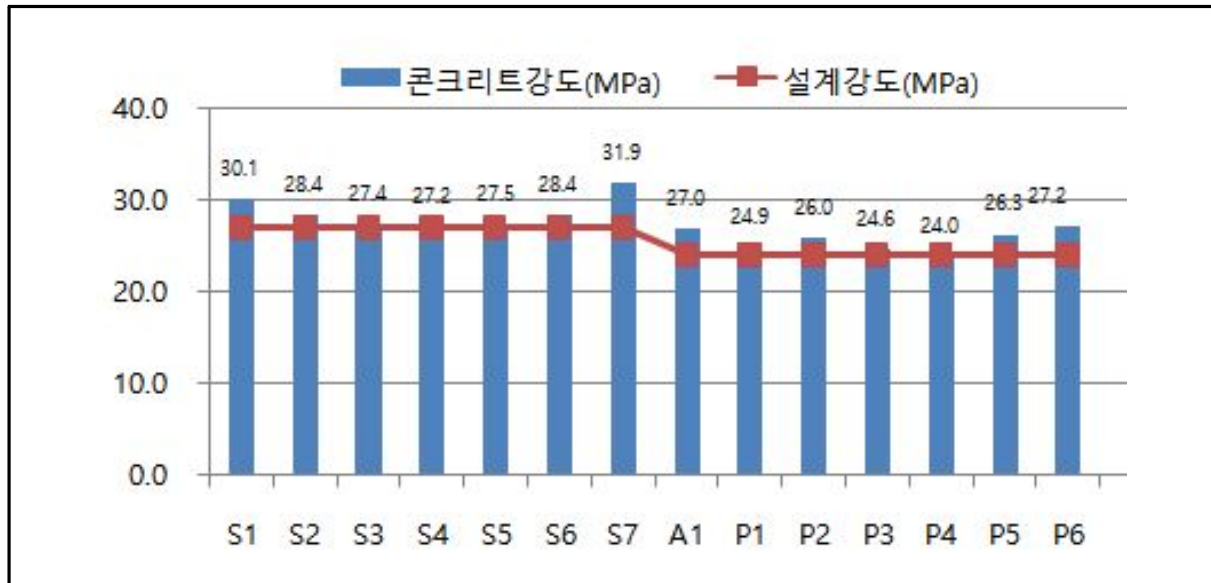


〈사진 3.19〉 초음파시험 측정 현황

가. 측정결과

〈표 3.28〉 초음파강도 시험결과

구 분		전달속도 Vd (km/s)	측정강도 평균(MPa) A	설계 기준강도(MPa) B	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	4.311	30.1	27.0	111	
	S2 바닥판	4.230	28.4		105	
	S3 바닥판	4.181	27.4		101	
	S4 바닥판	4.171	27.2		100	
	S5 바닥판	4.185	27.5		101	
	S6 바닥판	4.230	28.4		105	
	S7 바닥판	4.395	31.9		118	
하부 구조	A1 전면	4.165	27.0	24.0	112	
	A2 전면	4.065	24.9		103	
	P1 전면	4.115	26.0		108	
	P2 전면	4.049	24.6		102	
	P3 전면	4.023	24.0		100	
	P5 전면	4.129	26.3		109	
	P6 전면	4.170	27.2		113	



〈그림 3.14〉 초음파 강도시험 데이터 분포도

나. 코어와 초음파강도와의 비교

〈표 3.29〉 코어와 초음파강도와의 비교결과

위치	초음파 전달속도	일본재료학회		일본건축학회		코어강도 (MPa)	비고
		강도 (MPa)	초음파강도 / 비파괴강도	강도 (MPa)	초음파강도 / 비파괴강도		
A2	4.065	29.2	0.83	24.9	0.97	24.1	
P3	4.023	28.7	0.84	24.0	1.01	24.2	
S7	4.395	32.5	0.83	31.8	0.85	27.1	
상관계수 평균		-	0.83	-	0.94	-	

분석결과 본 현장에서는 일본건축학회 추정식이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 이에 따라 현장에서 획득한 초음파강도를 건축학회식을 적용하되 상관계수 0.94를 곱하여 비파괴 강도를 추정하기로 하였다.

다. 콘크리트 압축강도 추정

〈표 3.30〉 콘크리트 추정 비파괴 강도

구 분		전달속도 Vd (km/s)	건축학회 (MPa)	상관계수	추정강도 (MPa)	비고
상부 구조	S1 바닥판	4.311	30.1	0.94	30.7	
	S2 바닥판	4.230	28.4		29.0	
	S3 바닥판	4.181	27.3		27.8	
	S4 바닥판	4.171	27.1		27.6	
	S5 바닥판	4.185	27.4		27.9	
	S7 바닥판	4.230	28.4		29.0	
하부 구조	A1 전면	4.395	31.8		32.4	
	A2 전면	4.165	27.0		27.5	
	P1 전면	4.065	24.9		25.4	
	P2 전면	4.115	25.9		26.4	
	P3 전면	4.049	24.6		25.1	
	P4 전면	4.023	24.0		24.5	
	P6 전면	4.129	26.2		26.7	

본 과업대상 구조물의 초음파속도를 이용한 콘크리트 압축강도 추정결과 상부구조의 경우 27.2~31.9MPa, 하부구조의 경우 24.0~27.7MPa로 측정되었다.

코어강도와 비교하여 상관계수를 곱하여 추정한 비파괴 강도는 상부구조의 경우 27.6~30.7MPa, 하부구조의 경우 24.5~32.4MPa로 측정되었다.

각 설계기준 강도인 27MPa, 24MPa를 상회하여 초음파속도법에 따른 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

3.3.4 코어 압축강도 시험



교대 코어 채취

슬래브 코어 채취

<사진 3.20> 압축강도 시험 현황

<표 3.31> 압축강도 시험결과 측정 결과

측정위치	압축강도 (MPa)	설계기준 (MPa)	비 고
A2	24.1	24.0	
P3	24.2	24.0	
S7	27.1	27.0	

코어공시체에 의하여 강도를 측정한 결과, 상부구조는 27.1MPa, 하부구조 24.1~24.2MPa로 측정되었다. 이 결과 채취한 코어공시체는 상·하부구조 설계기준 강도 27MPa, 24MPa를 모두 만족시키는 양호한 상태로 판단되며, 건전부위로 평가 되었다.

3.3.5 철근탐사



철근탐사 시험

<사진 3.21> 철근탐사 현황

가. 시험결과

〈표 3.32〉 철근탐사 결과

연번	구 분	철근종류	측정 (mm)		설계 (mm)		배근상태 (%)
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
1	S1	주철근	130	76	120	55	92
		배력근	125	40	125	40	100
2	S2	주철근	133	72	120	55	90
		배력근	129	42	125	40	97
3	S3	주철근	140	75	120	55	86
		배력근	127	45	125	40	98
4	S4	주철근	140	75	120	55	86
		배력근	123	35	125	40	102
5	S5	주철근	137	80	120	55	88
		배력근	128	40	125	40	98
6	S6	주철근	143	74	120	55	84
		배력근	129	39	125	40	97
7	S7	주철근	145	72	120	55	83
		배력근	122	38	125	40	102
8	A2 홍벽	수직근	120	70	125	64	104
		수평근	134	85	150	50	112
9	P3 기둥	주철근	125	110	125	125	100
		띠철근	146	75	150	100	103
10	P3 코핑 상면	주철근	110	110	100	124	91
		배력근	150	89	150	100	100
11	P4 기둥	주철근	112	93	125	125	112
		띠철근	148	72	150	100	101
12	P4 코핑 상면	주철근	115	124	100	124	87
		배력근	150	110	150	100	100
13	P6 기둥	주철근	120	106	125	125	104
		띠철근	153	90	150	100	98
14	P6 코핑 상면	주철근	110	103	100	124	91
		배력근	148	91	150	100	101

상부 바닥판과 하부 교대 및 교각에 대하여 철근배근 탐사결과, 설계도면과 비교시 배근 간격은 설계 배근간격과 유사한 상태였으나, 실측 피복두께가 설계 피복두께를 만족하지 못한 구간이 일부 분석되었다.

3.3.6 탄산화

나. 시험결과

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

〈표 3.33〉 탄산화 시험 결과

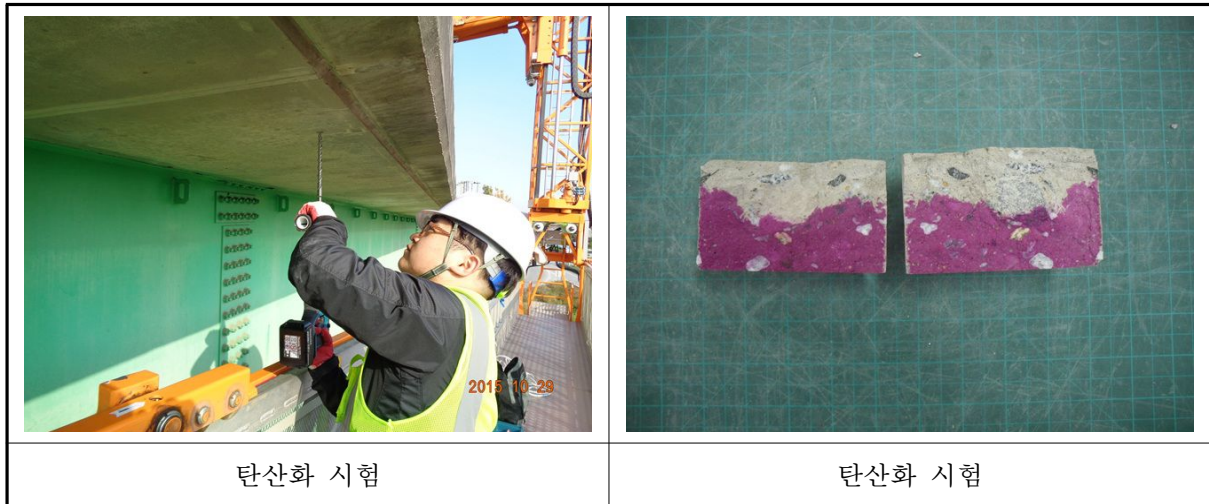
구 분		실측 탄산화 깊이(mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 기준	경과 년수 (년)	탄산화 속도계수 (mm/√년)	잔존수명 (년)
상부	S1 바닥판	4.2	39.0	34.8	a	11	1.27	50년 이상
	S5 바닥판	4.5	39.0	34.5	a	11	1.36	50년 이상
	S7 바닥판	0.5	33.0	32.5	a	11	0.15	50년 이상
하부	A1 전면	11.5	55.0	43.5	a	11	3.47	50년 이상
	A2 전면	14.3	48.0	33.7	a	11	4.31	50년 이상
	P1 전면	9.8	85.0	75.2	a	11	2.95	50년 이상
	P3 전면	23.1	103.0	79.9	a	11	6.96	50년 이상
	P5 전면	10.2	90.0	79.8	a	11	3.08	50년 이상
	P6 전면	13.0	112.0	99.0	a	11	3.92	50년 이상

※ 탄산화 잔여깊이 평가기준 ⇒ a등급 : 30mm이상, b등급 : 30mm~10mm, c등급 : 10mm~0mm

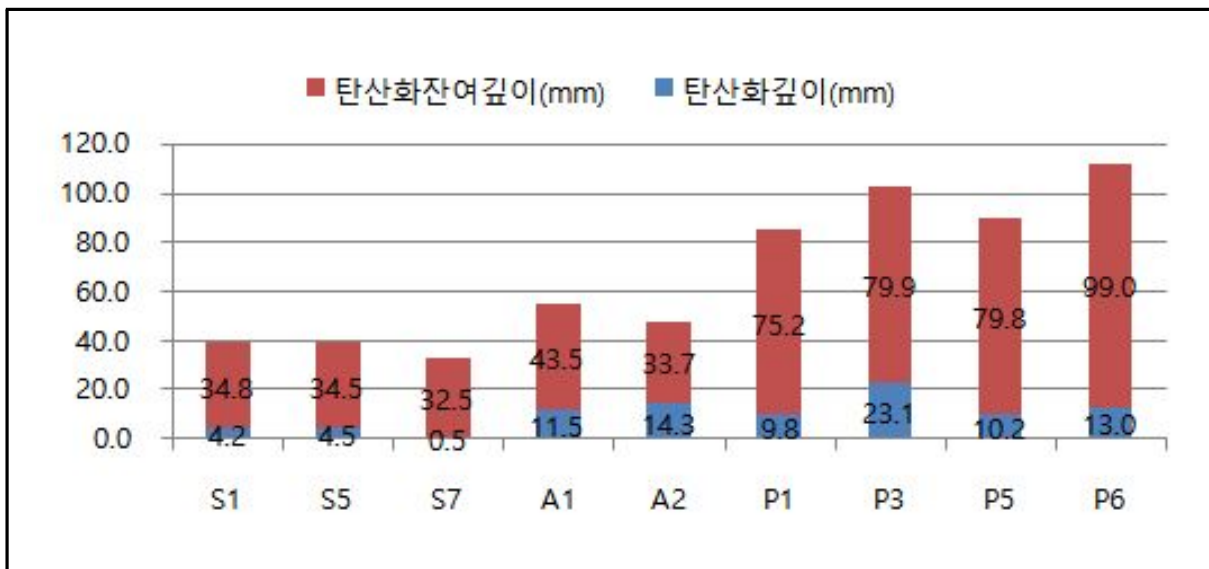
※ 탄산화 속도계수 ⇒ 탄산화 깊이/√경과시간(년)

※ 수명예측(년) ⇒ (철근피복/탄산화 속도계수)²

※ 잔존 수명예측(년) ⇒ 수명 예측년수 - 경과년수



〈사진 3.22〉 탄산화 현황



〈그림 3.15〉 탄산화시험 결과분석

탄산화 시험결과, 상부구조의 탄산화 깊이는 0.5mm~10.5mm, 하부구조의 경우 9.8mm~23.1mm로 측정되었다. 탄산화 잔여깊이 30mm이상으로 탄산화 상태등급 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

전회 정밀점검과 탄산화 잔여깊이인 상부구조 76.5mm~81.0mm, 하부구조 47.7mm~46.7mm과 비교시 탄산화의 진행은 거의 없는 것으로 확인되었다.

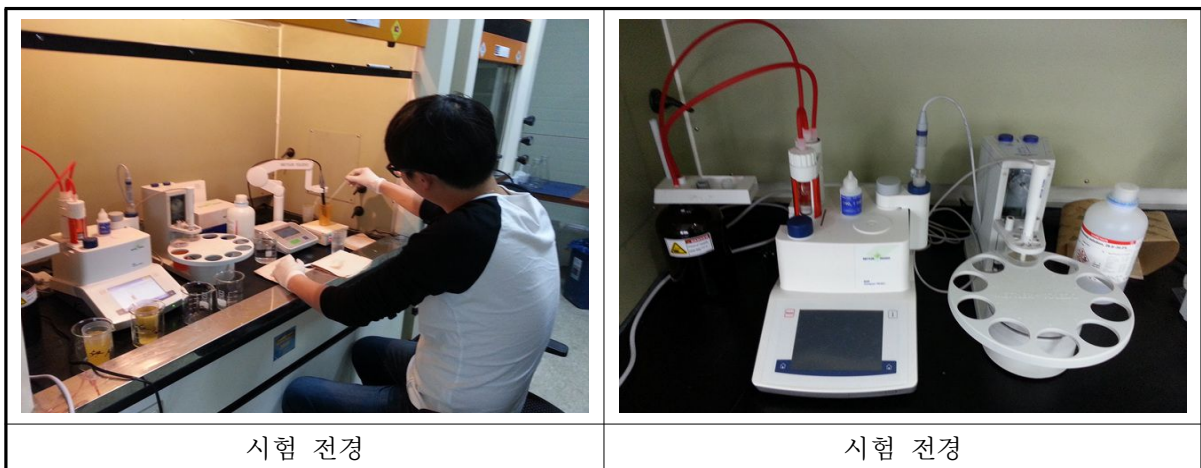
3.3.7 염화물 함유량

나. 시험 결과

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

〈표 3.34〉 염화물 함유량 시험 결과

구 분			전 염화물 (%)	환산 염화물 함량 (kgf/m ³)	평가결과
상부구조	S7	0mm~20mm	0.1965	4.446	C
		20mm~40mm	0.1703	3.853	
		40mm~60mm	0.1071	2.423	
하부구조	A2	0mm~20mm	0.3896	8.816	C
		20mm~40mm	0.363	8.214	
		40mm~60mm	0.0735	1.663	
	P3	0mm~20mm	0.0141	0.319	A
		20mm~40mm	0.0097	0.219	
		40mm~60mm	0.0089	0.201	



〈사진 3.23〉 염화물 함유량시험 현황 (시험실 제공)

상부구조(바닥판 상면)와 하부구조(교대 및 교각)에 대해서 시료를 채취하여 염화물함량 분석을 실시하였다. 하부구조의 시험깊이가 주철근 피복두께 미만으로 시험을 하였지만, 시험깊이의 염화물함량이 피복두께로 환산하였을 경우, A등급으로 판단되므로, 60mm깊이 까지 시험결과를 수록하였다.

시험결과, S7 및 A2에서 c등급(향후 염화물에 의한 부식 발생 가능성 높음)으로 분석되었다. c등급으로 분석된 상부구조의 경우 동절기 제설제(염화칼슘) 침투로 인한 것으로 판단되며, 향후 지속적인 유지관리를 실시하여 포장부 손상에 따른 하부 바닥판 열화 발생 여부를 확인해야 할 것이다.

3.3.8 초음파속도법에 의한 균열깊이 평가

나. 측정 결과

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

하부구조 교각 구체에 발생한 균열($c_w=0.1\sim0.3\text{mm}$)에 대하여 측정을 실시하였고, 결과는 다음과 같이 나타났으며, 균열 깊이의 정도를 비교하기 위해서 실측 피복두께와 함께 표시 하였다.

〈표 3.35〉 균열 깊이 측정결과

구 분		측정 거리 (mm)	초음파 전달시간		균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열폭 (mm)	비고
			건전부 To	균열부 Tc				
하부 구조	A1 흉벽	150	48.8	119.7	16.8	55.0	0.3	
	P1 전면	150	42.8	78.4	11.5	85.0	0.2	
	P7 전면	150	41.5	57.3	7.5	52.0	0.1	



균열 깊이 측정현황

〈사진 3.24〉 균열 깊이 측정현황

균열 깊이 측정결과 총 3개소 피복두께 이상 균열깊이는 없는 것으로 나타났으며, 피복 두께 50% 미만으로 균열이 진행되지 않은 것으로 측정되어 지속적 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요 한 것으로 판단된다.

3.3.9 철근 부식도 조사

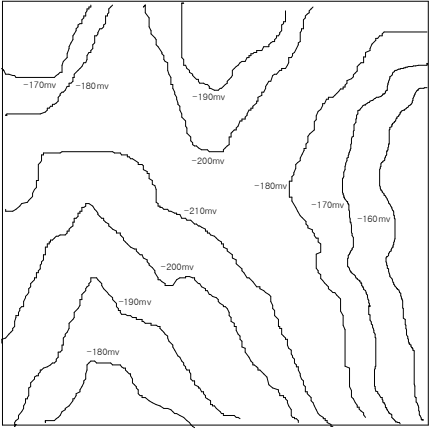
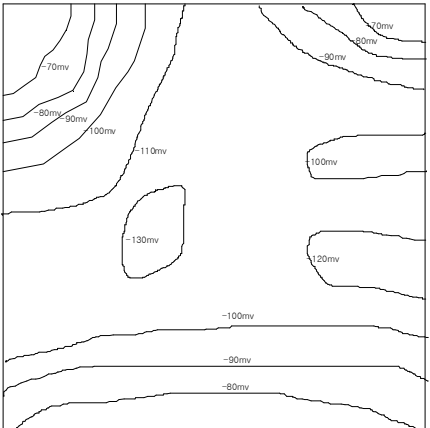
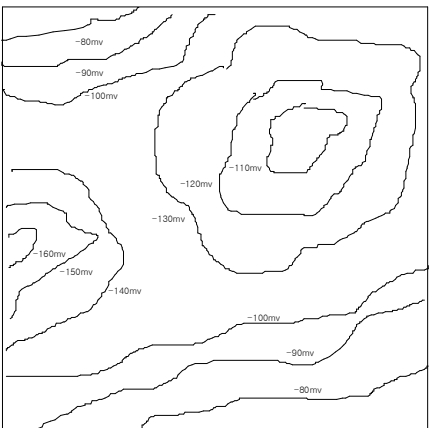
〈표 3.36〉 전위에 의한 철근부식 평가 기준

부식 등급	KS F 2712 규격	
	자연전위 E (mV)	부식확률 P(%)
I	$E > -200$	90% 이상의 확률로 부식없음
II	$-200 \geq E > -350$	불명확
III	$-350 \geq E$	90% 이상의 확률로 부식 있음



〈사진 3.25〉 철근부식도 현황

〈표 3.37〉 철근부식도 결과표

위치	철근부식도	평가
A2 흉벽		불명확
P3 코핑부		90% 이상의 확률로 부식없음
P5 기둥부		90% 이상의 확률로 부식없음

측정결과, P3, P5 전위차는 $-70\text{mV} \sim -160\text{mV}$ 정도의 분포를 나타내고 있으며, 측정결과를 전위에 의한 철근부식 평가기준과 비교·검토할 때 현재 대상 구조물의 부식확률은 약 10% 이하로 콘크리트 단면이 건전한 구간에 대해서는 철근부식이 활성화 될 가능성은 크지 않은 것으로 판단되며, A2 흉벽 전위차는 $-160\text{mV} \sim -210\text{mV}$ 정도의 분포를 나타내고 있으며, 측정결과 전위에 의한 철근부식 평가기준과 비교·검토할 때 현재 대상 구조물의 부식확률은 약 10% 이하로 콘크리트 단면이 건전한 구간에 대해서는 철근부식이 활성화 될 가능성은 크지 않으나, 일부 구간은 불명확한 것으로 나타났다.

3.3.10 강재 초음파탐상 (UT : Ultrasonic Testing)

〈표 3.38〉 결함의 등급분류

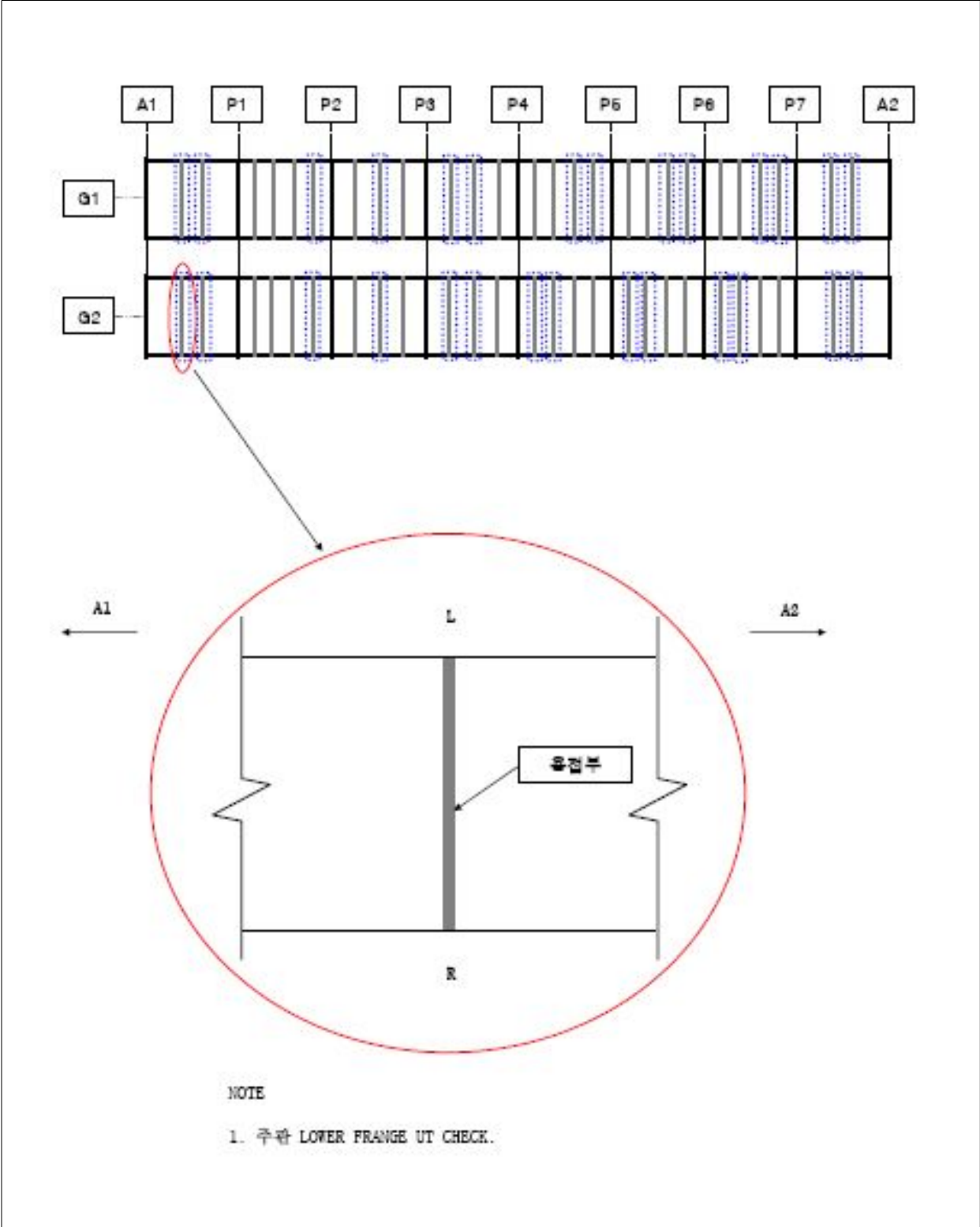
영역	결함의 크기 (mm)					
	II, III			IV		
판 두께 등 급	18이하	18~60	60이상	18이하	18~60	60이상
1 급	6이하	t/3이하	20이하	4이하	t/4이하	15이하
2 급	9이하	t/2이하	30이하	6이하	t/3이하	20이하
3 급	18이하	t 이하	60이하	9이하	t/2이하	30이하
4 급	3급을 초과하는 것					

〈표 3.39〉 용접부 결함의 합부 판정기준

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



〈사진 3.26〉 강재 초음파탐상시험 현황



<그림 3.17> 강재초음파 위치도

나. 시험결과

〈표 3.40〉 강재 초음파탐상 시험결과

번호	위치		수량	판정		등급	결함위치		결함길이	깊이	비고
				합	불		From	From			
1	G1	A1~P1	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
2	G1	P1~P2	1개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
3	G1	P2~P3	1개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
4	G1	P3~P4	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
5	G1	P4~P5	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
6	G1	P5~P6	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
7	G1	P6~P7	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
8	G1	P7~A2	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
9	G2	A1~P1	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
10	G2	P1~P2	1개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
11	G2	P2~P3	1개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
12	G2	P3~P4	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
13	G2	P4~P5	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
14	G2	P5~P6	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
15	G2	P6~P7	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		
16	G2	P7~A2	2개소	√		I	NO RECORDABLE		NDICATION		

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

3.3.11 자분탐상시험 (MT : Magnetic Particle Testing)

〈표 3.41〉 용접부 결함의 합·부 판정기준

등 급	결함지시의 길이	비 고
1 급	1mm초과 2mm이하	
2 급	2mm초과 4mm이하	
3 급	4mm초과 8mm이하	
4 급	8mm초과 16mm이하	
5 급	16mm초과 32mm이하	
6 급	32mm초과 64mm이하	
7 급	64mm초과	

Steel Box Girder 내부의 플랜지와 복부 연결부, 보강재 연결부의 필렛 용접상태를 확인하기 위하여 조사하였다.

판정기준은 원형결함 2.0mm이하인 판독결함의 경우만을 합격으로 하고 나머지 균열에 의한 지시, 선형결함지시, 연속결함지시 및 분산지시의 경우는 불합격으로 처리하였다

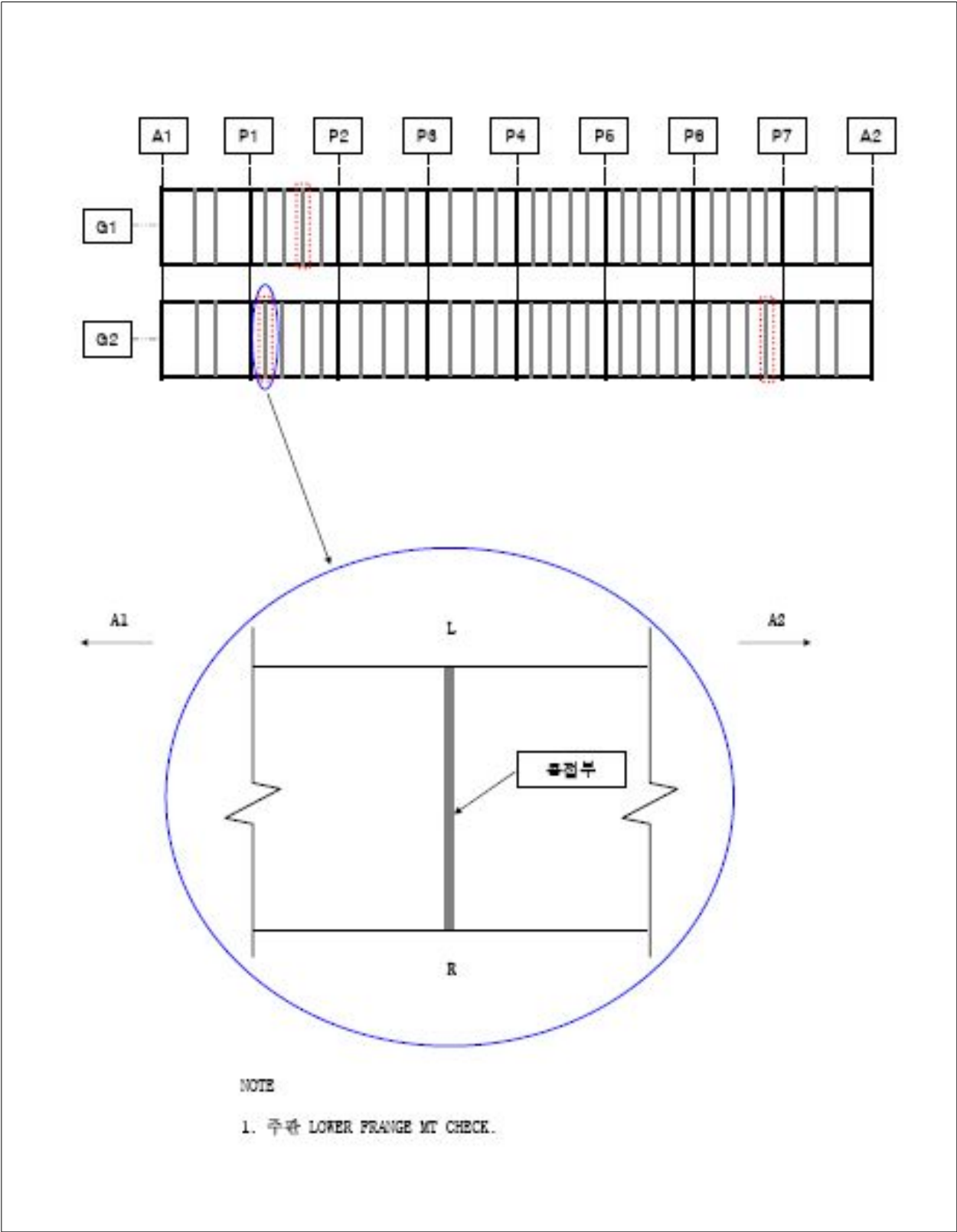


자분탐상 시험



자분탐상 시험

〈사진 3.27〉 자분탐상시험 현황



<그림 3.18> 자분탐상 위치도

〈표 3.42〉자분탐상시험 결과

번호	거더	위치	검사개소	무결함	결함	비고
1	G1	P1~P2	1	1	0	
2	G2	P1~P2	1	1	0	
3	G2	P6~P7	1	1	0	
합 계			3	3	0	

KS D 0213의 검사기준에 의거 시험대상 용접부 3개소에 대하여 자분탐상을 실시한 결과 기공 및 Under Cut등 표면결함이 검출되지 않은 양호한 상태로 평가 되었다.