

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사

3.2 내구성 시험

제3장 현장조사 및 시험

3.1 현장조사

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

본 장의 세부내용은 다음과 같다.

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

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

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

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

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

3.1.1 부위별 주요 항목조사

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

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목

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

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목(계속)

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

〈표 3.1〉 부위별 주요 조사항목(계속)

3.1.2 외관조사방향 설정

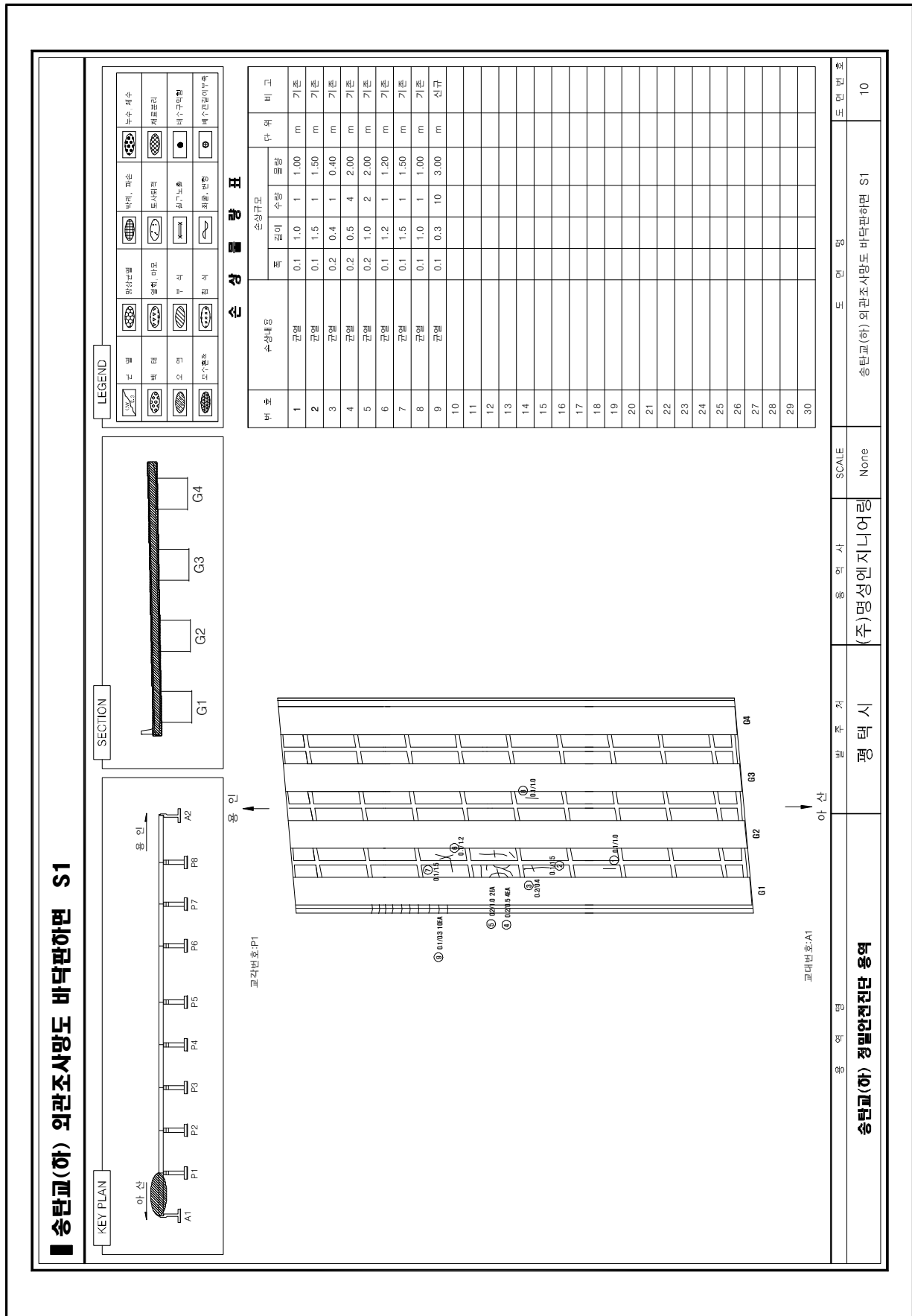
외관조사는 현장답사를 통해 접근방법 및 안전조치사항 등을 결정하고, 예비조사를 통해 세부적인 외관조사방법을 결정하여 외관조사를 시행하였다.

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

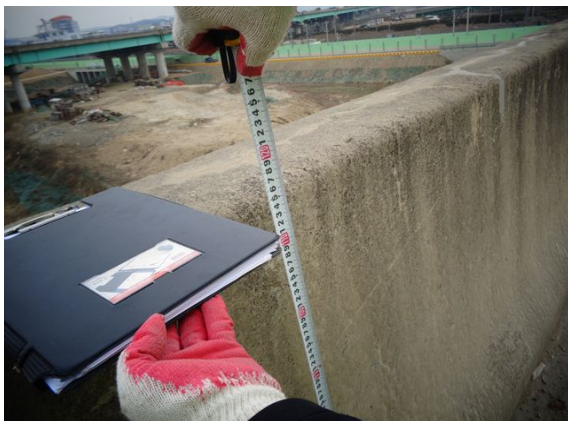
〈표 3.2〉 외관조사 방향

3.1.3 외관조사망도 작성방향

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



〈그림 3.1〉 외관조사 작성 예(바닥판 상면)

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

〈사진 3.1〉 외관조사 현황

3.1.4 부재별 외관조사 결과

가. 교면포장 및 보도부

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



〈사진 3.2〉 교면포장 전경

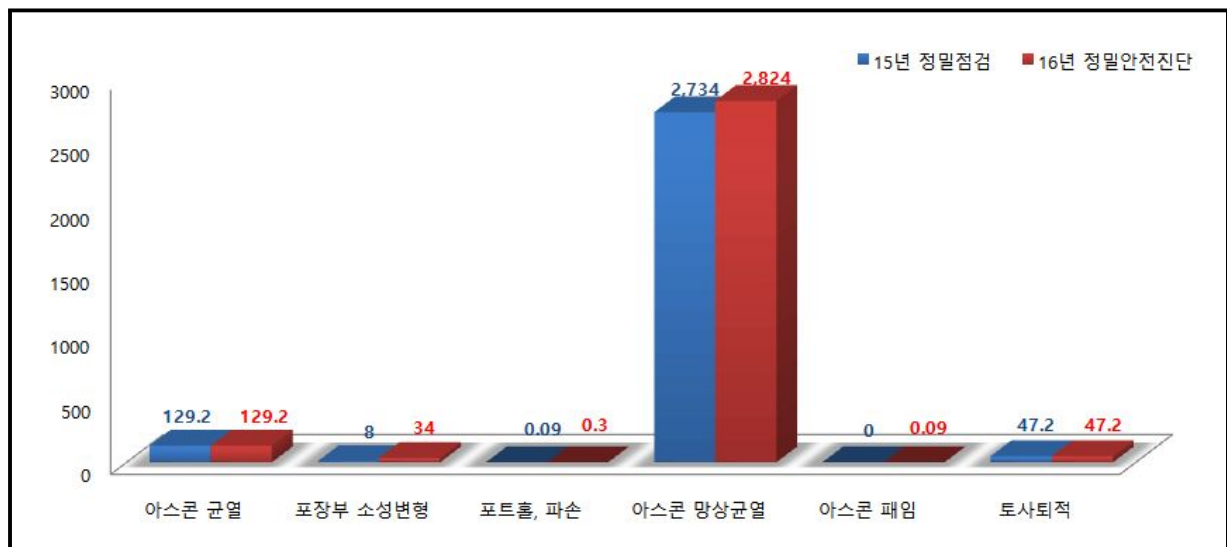
본 교량의 교면은 아스콘 포장으로 시공되었으며, 외관조사결과 아스콘 균열, 소성변형, 포트홀, 파손, 패임, 토사퇴적 등이 발생된 것으로 조사되었다. 2015년 정밀점검 이후 포트홀 구간이 국부적인 보수가 실시된 것으로 추정되며, 정밀 시공이 이루어지지 않아 보수상태는 미흡한 것으로 판단된다. 바닥판하면에 포장부 누수로 인한 손상(균열부 백태)은 진전이 없는 것으로 판단되며, 교면포장에 발생한 기 손상부는 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭, 실링 등의 조치가 필요하다.

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

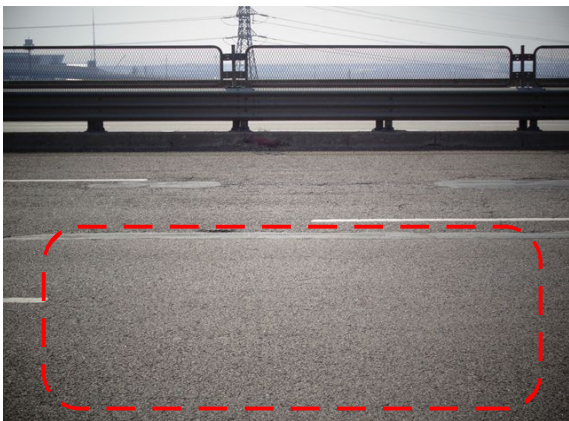
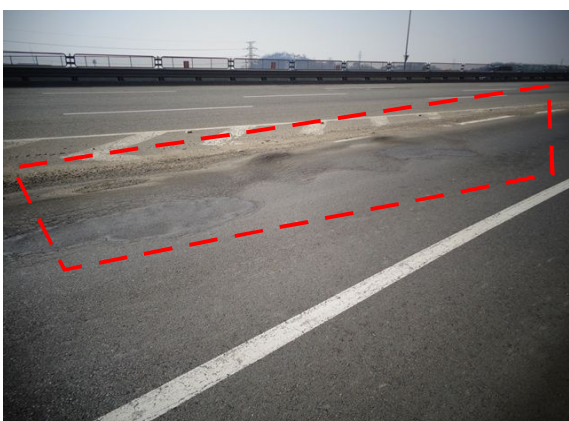
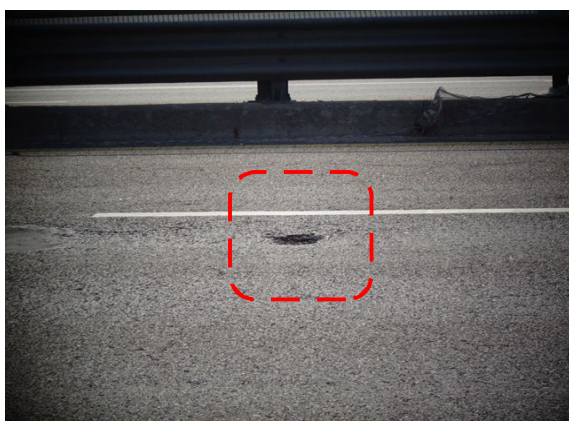
〈표 3.3〉 교면포장 물량표

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

<표 3.4> 교면포장 전차 물량 비교



<그림 3.2> 교면포장 전차 물량 비교

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

〈사진 3.3〉 교면포장 외관조사결과

나. 난간 및 연석

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



〈사진 3.4〉 난간 전경

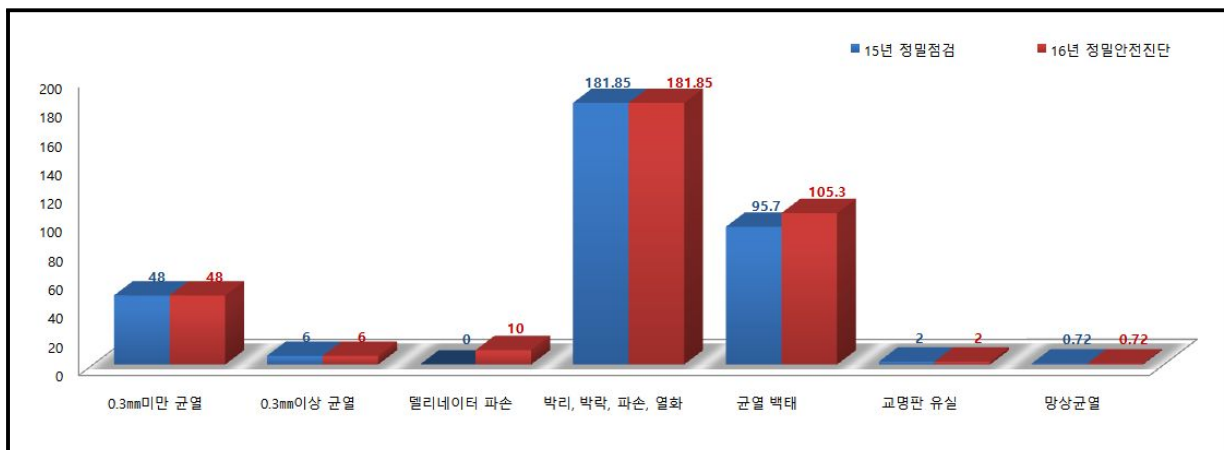
외관조사결과 방호벽 균열 및 망상균열, 균열/백태, 박리 및 파손, 교명판 유실 등의 손상이 조사되었고, 발생한 균열/백태 구간은 전차와 비교하여 신규손상이 일부 추가 발생하였다. 균열은 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열이며 0.3mm이상 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하며, 0.3mm미만 균열 구간 및 균열/백태는 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상의 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되다. 텔리네이트, 교명판 유실은 외부 충격 등에 의한 것으로 사용성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

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

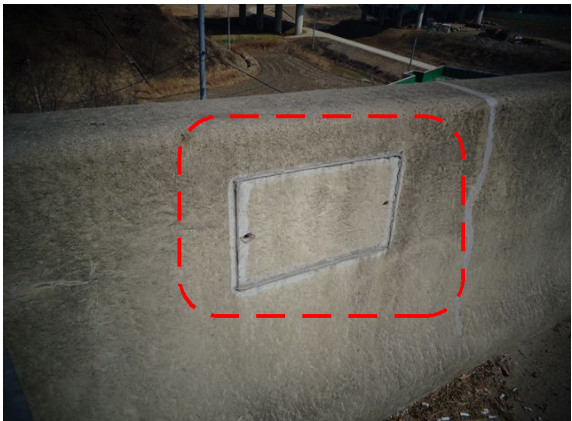
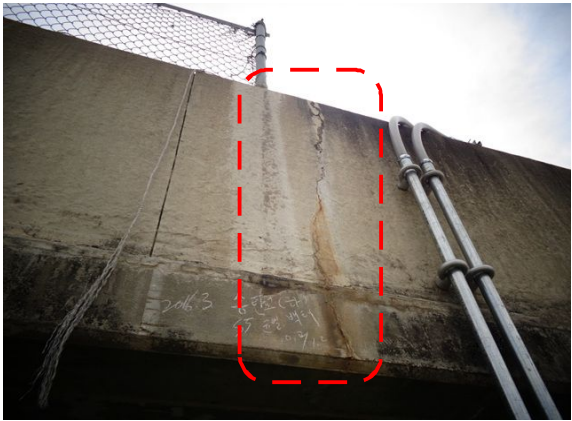
〈표 3.5〉 방호벽 물량표

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

〈표 3.6〉 방호벽 전차 물량 비교



〈그림 3.3〉 방호벽 전차 물량 비교

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

〈사진 3.5〉 난간 및 연석 외관조사결과

다. 배수시설

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



〈사진 3.6〉 배수시설 전경

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

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

〈표 3.7〉 배수시설 물량표

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

〈표 3.8〉 배수시설 전차 물량 비교



〈그림 3.4〉 배수시설 전차 물량 비교

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

〈사진 3.7〉 배수시설 외관조사결과

라. 신축이음장치

(1) 외관조사 결과

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



〈사진 3.8〉 신축이음 전경

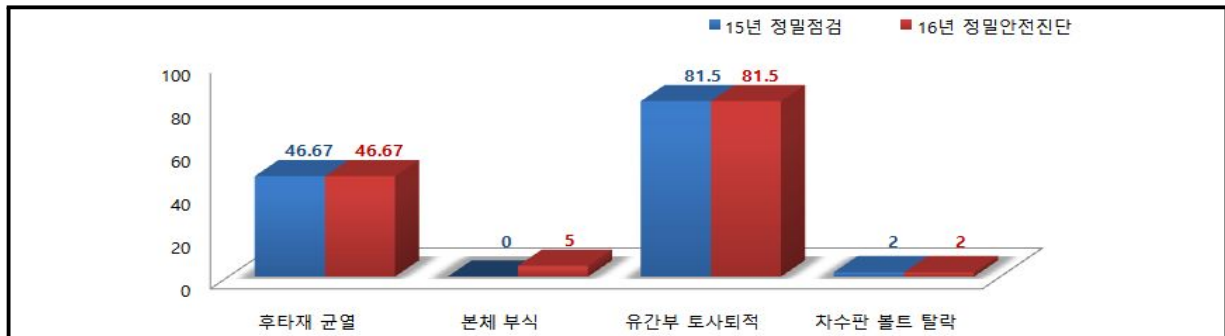
외관조사결과 후타재 균열, 본체 부식, 본체 유간부 토사퇴적, 차수판 볼트 탈락 등이 발생한 상태로 조사되었다. 후타재 균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 토사퇴적 및 부식 구간은 장기공용에 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

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

〈표 3.9〉 신축이음 물량표

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

<표 3.10> 신축이음 전차 물량 비교



<그림 3.5> 신축이음 전차 물량 비교

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

<사진 3.9> 신축이음 외관조사결과

(2) 신축 유간 분석

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

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

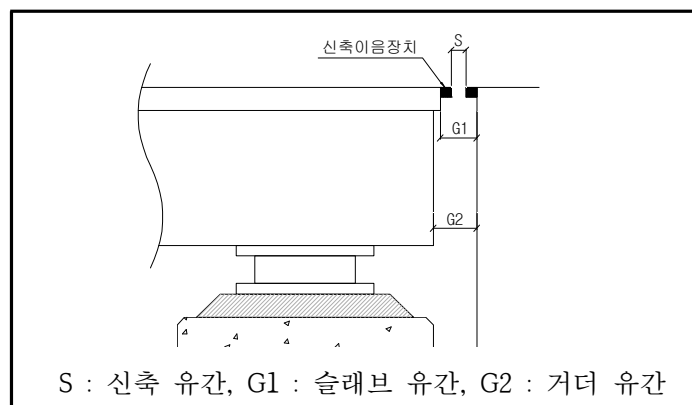
① 조사 방법

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

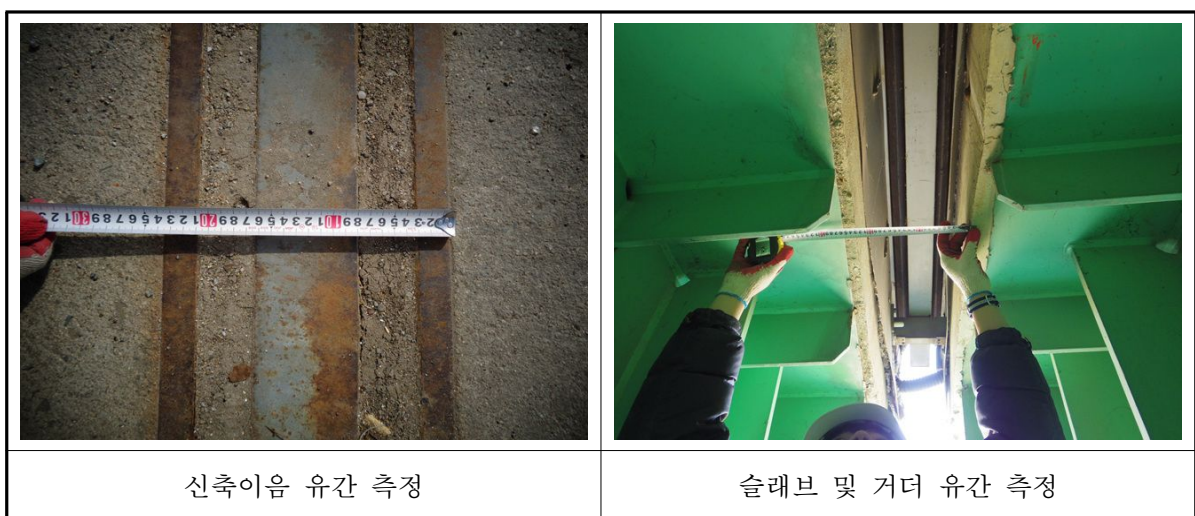
여기서, ΔT : 온도변화량

α : 선팽창계수

L : 신축거더 길이



<그림 3.6> 유간거리 측정방법



<사진 3.10> 신축 유간 조사현황

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

<표 3.11> 지역별 온도변화 범위

② 이론 신축량 산정

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

- 적용 온도 : +40℃ 적용 (강교)

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

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

- 신축들보의 길이 (L)

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

- 계산 신장량

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

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

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

- 계산 수축량

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

③ 유간 측정결과

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

〈표 3.12〉 유간 측정결과

※ 유간 S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더

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

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

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

마. 바닥판

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



〈사진 3.11〉 바닥판하면 전경

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

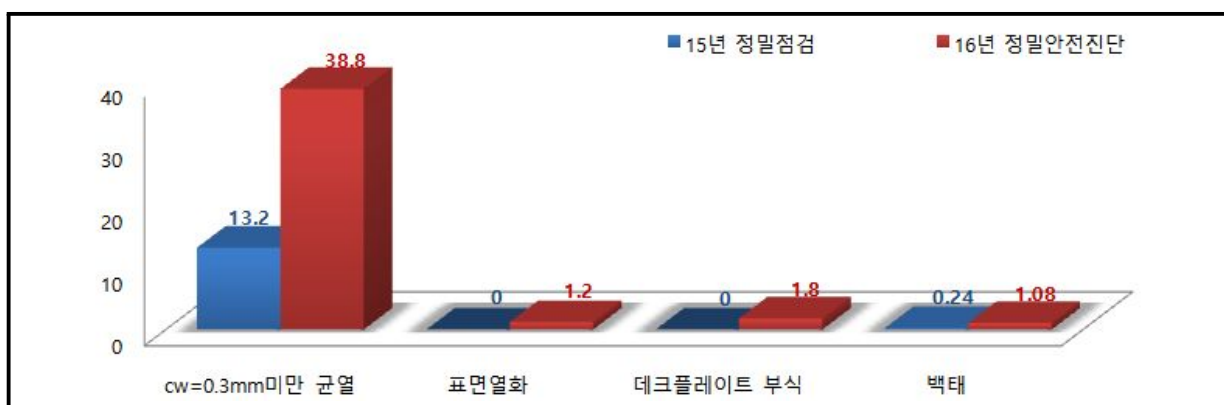
0.3mm미만 균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 판단되며, 기 손상부는 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 표면열화 구간은 시공불량 및 장기 공용에 의한 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 콘크리트 백태 구간은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 조치가 요구된다. 데크플레이트 부식 구간은 현재 경미한 상태로 주의관찰을 요한다.

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

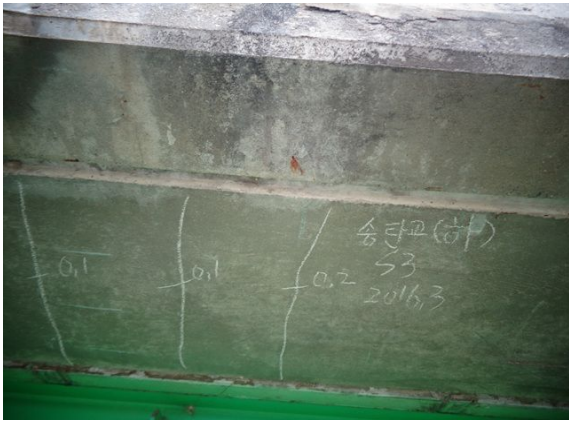
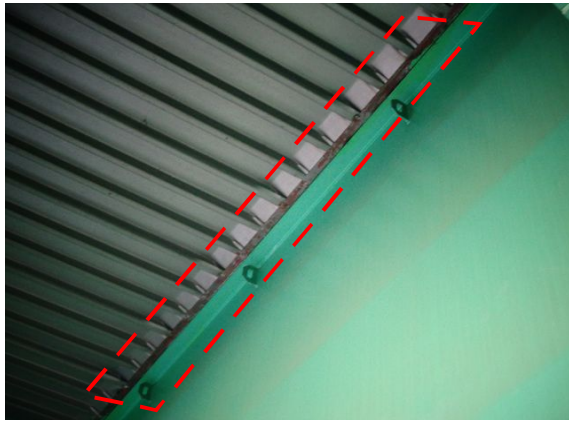
〈표 3.13〉 바닥판하면 물량표

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

〈표 3.14〉 바닥판하면 전차 물량 비교



〈그림 3.7〉 바닥판하면 전차 물량 비교

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

〈사진 3.12〉 바닥판 외관조사결과

바. 거더 및 가로보, 세로보

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



〈사진 3.13〉 거더 및 가로보 전경

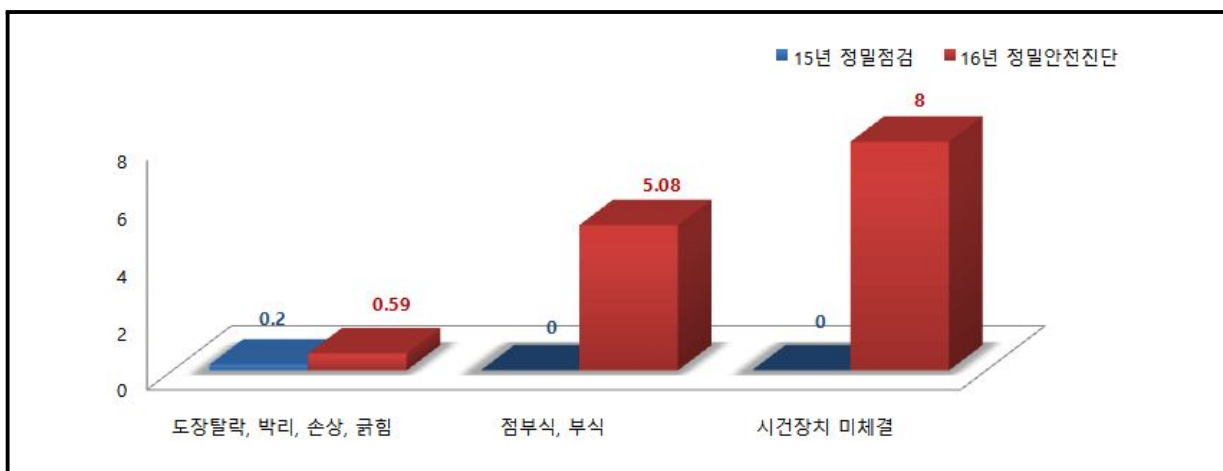
외관조사 결과 가로보 및 세로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더외부에 도장 긁힘, 점부식 등이 조사되었고, 거더내부 이물질퇴적, 노숙흔적, 화재흔적, 도장불량, 우수유입흔적, 도장들뜸 및 부식 등이 조사되었다. 기 발생된 도장손상(도장긁힘, 도장부식, 도장들뜸, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장이 필요하며, 거더내부에 발생한 스플라이스부를 통한 우수유입은 청소 등의 정비가 필요하다. 이물질퇴적 및 화재흔적은 외부인 출입에 의한 손상으로 시건장치 체결을 통한 유지관리가 요망된다.

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

〈표 3.15〉 거더외부 물량표

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

〈표 3.16〉 거더외부 전차 물량 비교



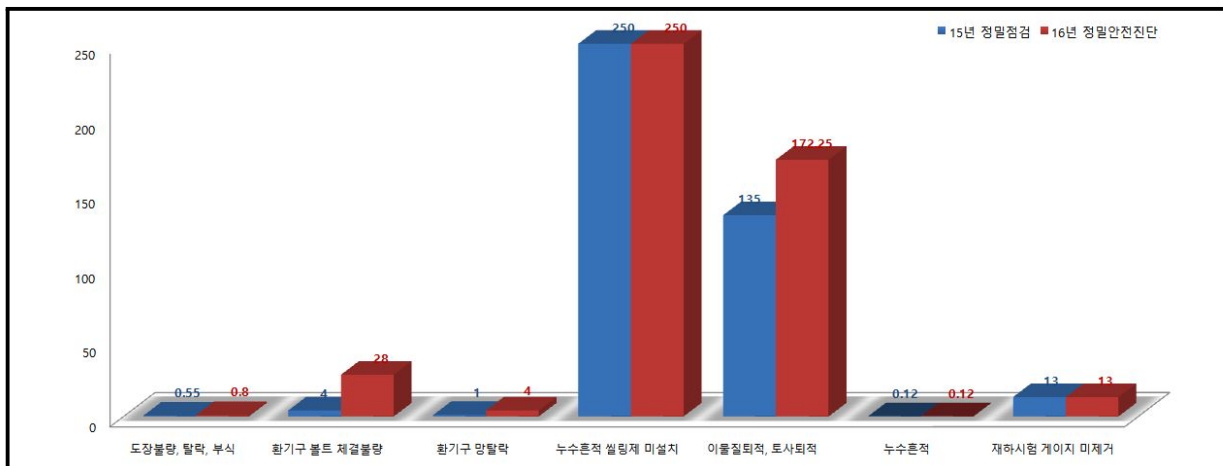
〈그림 3.8〉 거더외부 전차 물량 비교

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

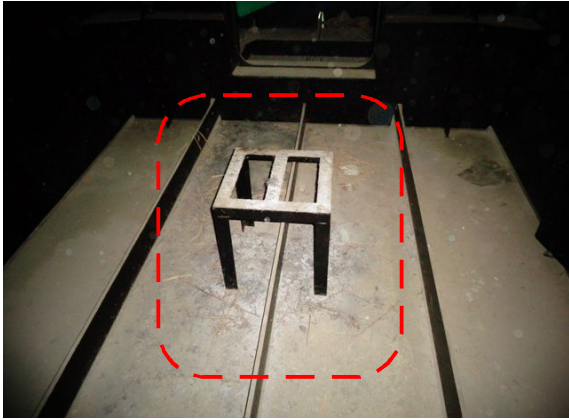
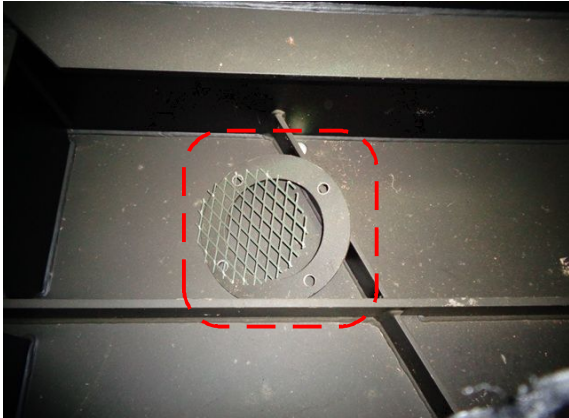
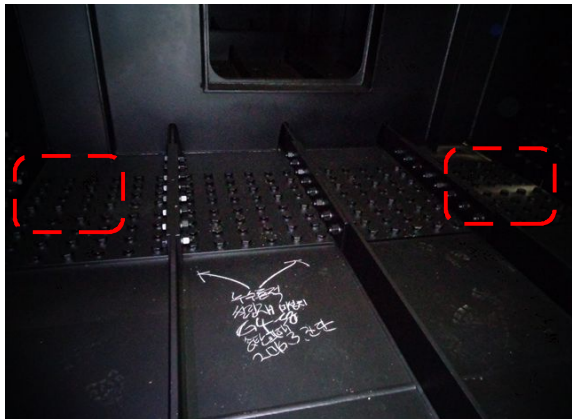
〈표 3.17〉 거더내부 불량표

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

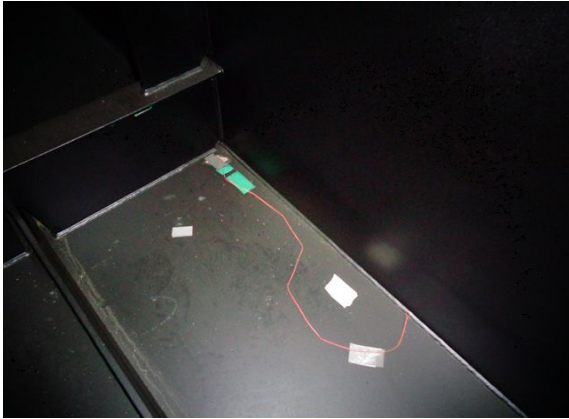
〈표 3.18〉 거더내부 전차 불량 비교



〈그림 3.9〉 거더내부 전차 불량 비교

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

<사진 3.14> 거더 및 가로보 외관조사결과

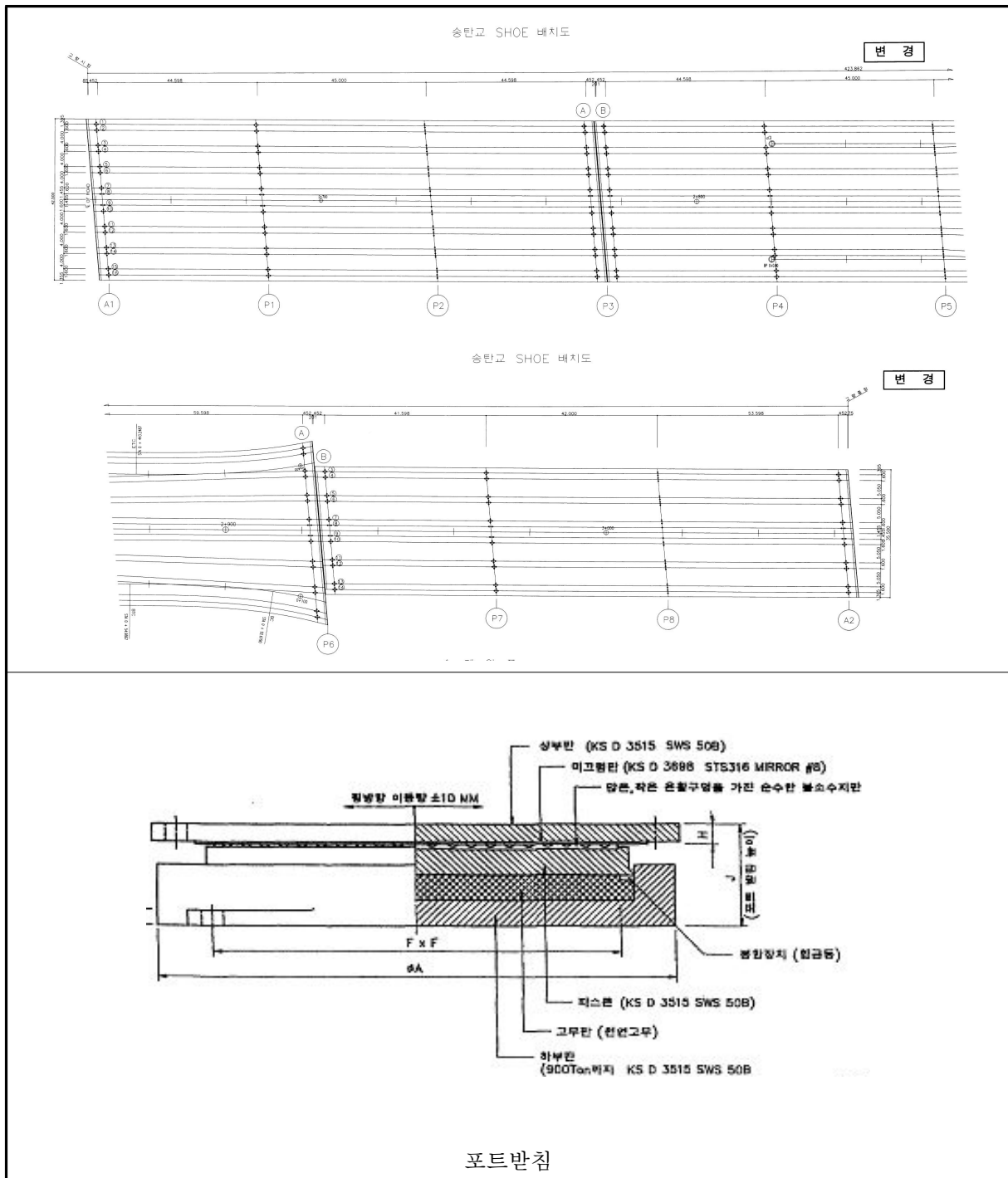
			
현황	G2-S8 재하시험 게이지 미제거	현황	A1, A2 출입문 시건장치 미설치
대책	정비	대책	시건장치 설치
			
현황	G2-S4 하면 도장 긁힘	현황	G2-S5 하면 점부식
대책	주의관찰 후 조치(재도장)	대책	주의관찰 후 조치(재도장)
			
현황	G1-S7 하면 부식	현황	G1-S8 하면 부식
대책	주의관찰 후 조치(재도장)	대책	주의관찰 후 조치(재도장)

〈사진 3.14〉 거더 및 가로보 외관조사결과 - 계속

사. 받침장치

(1) 외관조사 결과

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



〈그림 3.10〉 교량받침 상세도

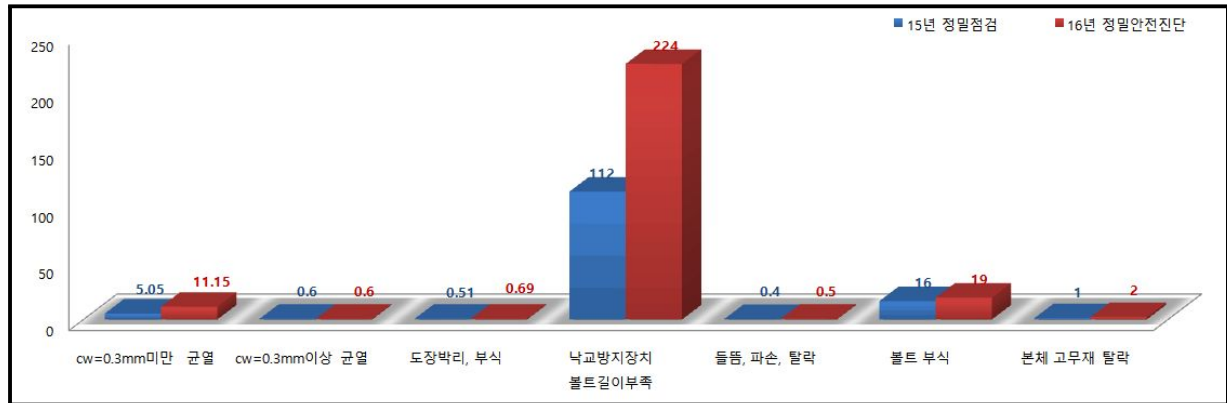
외관조사결과 본체 파손, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나, A1에서 신장량 다소 부족이 발생하였고, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 콘크리트 파손 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 재도장 등의 조치가 요망되며, 특히, P6-SH1 무수축물탈 탈락 구간은 원심 작용시 파손 형태와 다른 형상으로, 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 단면보수 등의 조치가 요구된다. A1의 이동량 부족은 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 진전여부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

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

〈표 3.19〉 받침장치 물량표

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

〈표 3.20〉 받침장치 전차 물량 비교



〈그림 3.11〉 받침장치 전차 물량 비교

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

〈사진 3.15〉 받침장치 외관조사결과

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

〈사진 3.15〉 받침장치 외관조사결과 - 계속

(2) 받침장치 가동 여유량 검토

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

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

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

<표 3.21> 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팅창 계수

- 조사시 온도 : 2016년 03월 17일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 13.0^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

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

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

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

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과

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

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

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

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

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

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

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

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

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

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

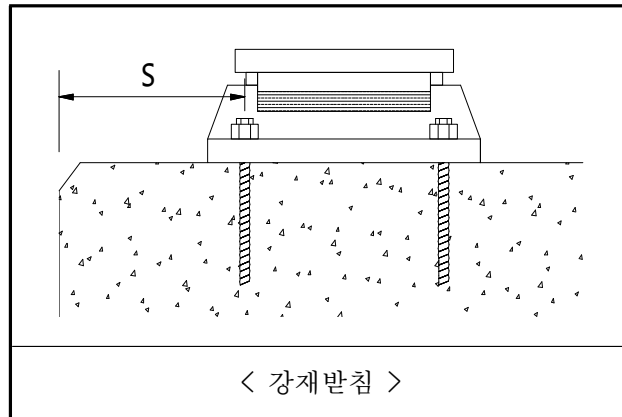
※ 실측 이동량은 고정단(P2, P5, P7)을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

〈표 3.22〉 받침장치 여유량 조사 결과 - 계속

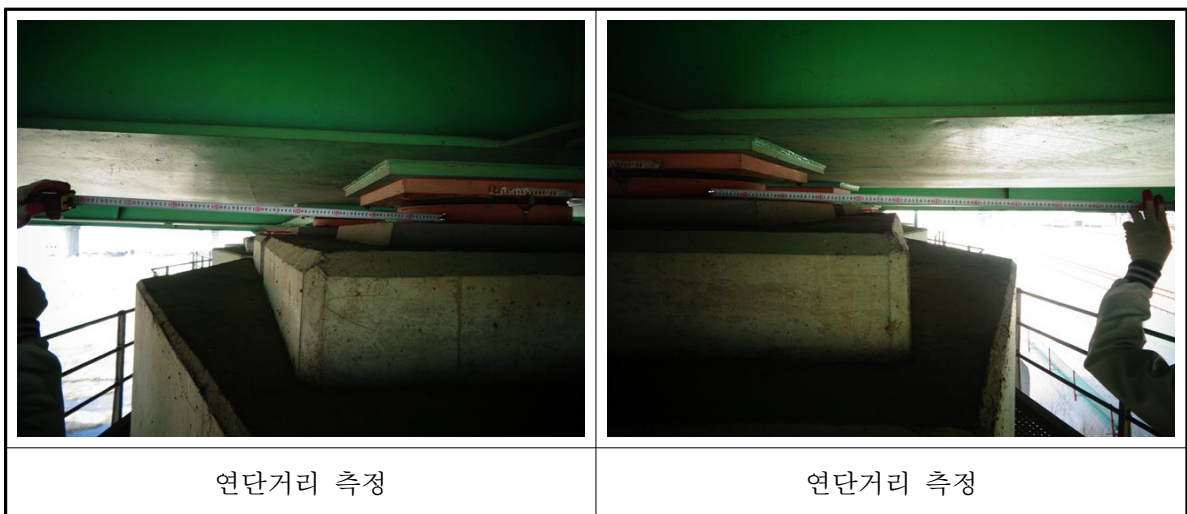
받침장치의 이동량 검토결과, A1을 제외한 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다. A1의 SH1~SH8은 신장시 여유량이 부족하나, 여유량 부족으로 인한 손상(무수축물탈 파손) 등의 손상은 현재 없는 것으로 판단된다. A1의 받침장치 관리대장 등을 만들어 지속적인 확인 후, 무수축물탈 파손 등의 손상이 발생할 시, 받침장치 프리셋팅, 교체 등의 조치가 요구된다.

(2) 연단거리 분석

① 측정 방법



<그림 3.12> 연단거리 측정방법



<사진 3.16> 연단 측정

② 각 경간별 최소 연단거리 산정

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

경간 길이에 따른 최소 연단거리 산정

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

③ 연단거리 측정 및 검토결과

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

〈표 3.23〉 연단거리 검토결과

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

아. 교대 및 교각

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

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



〈사진 3.17〉 교대 및 교각 전경

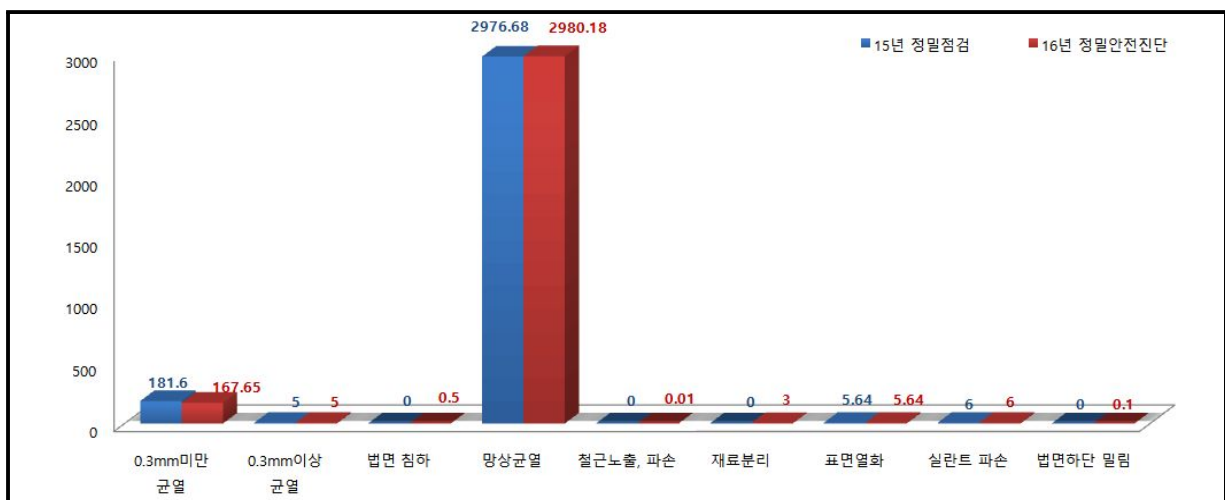
교대 및 교각은 0.3mm미만 균열, 0.3mm이상 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 철근노출, 재료분리, 범면침하, 범면 하단부 밀림 등이 발생한 상태로 확인되었다. 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 주의관찰이 요망되나, 폭 0.3mm이상의 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 철근노출, 재료분리 등의 손상은 주기적인 관찰이 필요하며, 손상부 규모가 미미하므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 손상의 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구된다. 금회 조사된 범면유실 및 범면 하단부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

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

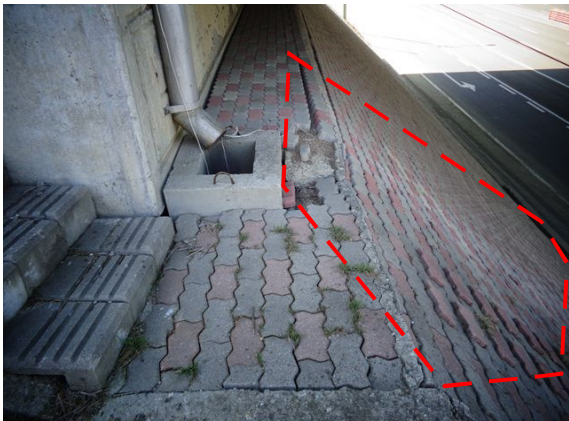
<표 3.24> 교대 및 교각 물량표

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

<표 3.25> 교대 및 교각 전차 물량 비교



<그림 3.13> 교대 및 교각 전차 물량 비교

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

<사진 3.18> 교대 및 교각 외관조사결과

자. 부대시설

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



〈사진 3.19〉 부대시설 전경

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

구분	가로등 기울음 (개소)
S1	1
합계	1

〈표 3.26〉 부대시설 물량표



〈사진 3.20〉 부대시설 외관조사결과

자. 전차 점검결과와 비교

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

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

<표 3.27> 전차 점검결과와 비교

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

〈표 3.27〉 전차 점검결과와 비교(계속)

3.1.5 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

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

나. 난간 및 연석

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

다. 배수시설

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

라. 신축이음장치

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

마. 바닥판

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

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

바. 거더 및 가로보, 세로보

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

사. 받침장치

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

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

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

아. 교대 및 교각

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

자. 부대시설

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

3.2 내구성 시험

3.2.1 개 요

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

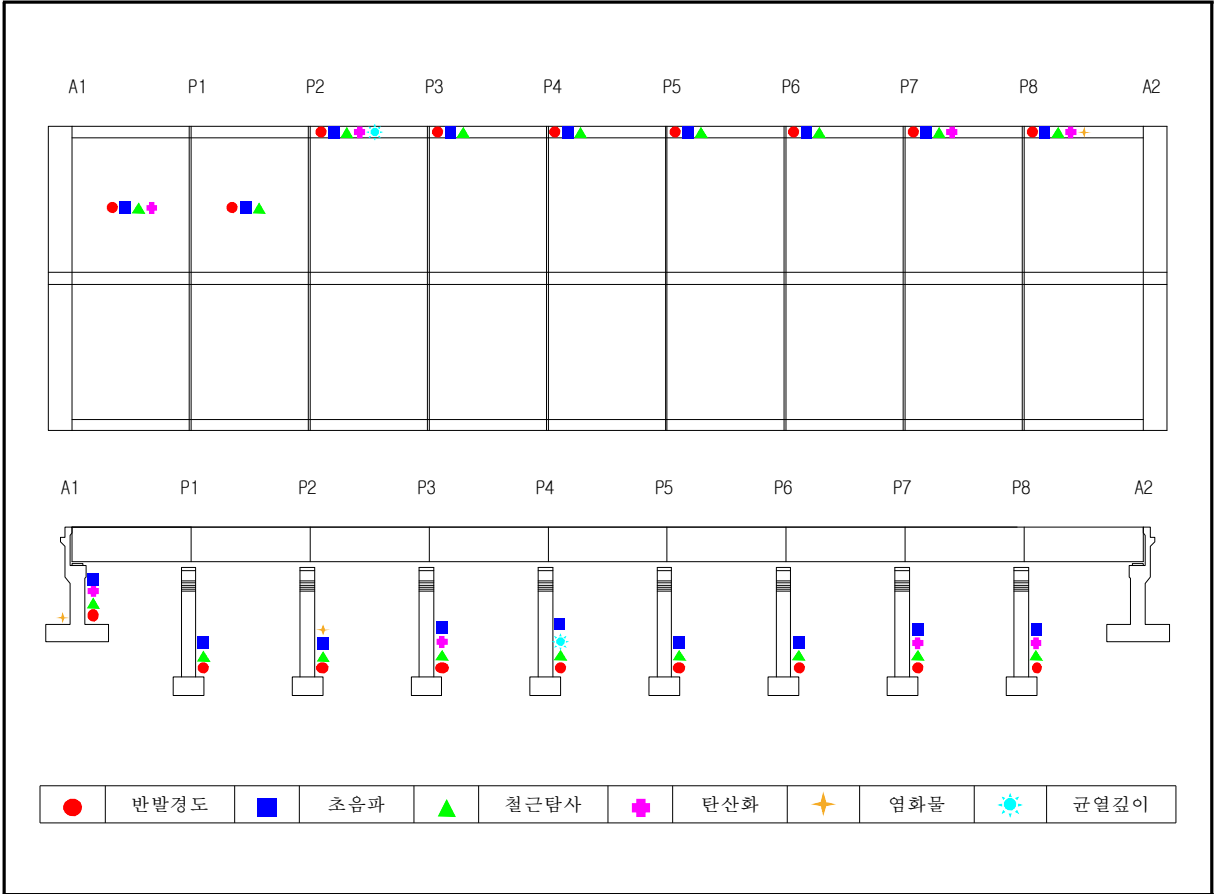
내구성 조사 및 시험은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 방법으로 사용장비 및 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하여 실시한다.

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

〈표 3.28〉 내구성조사 항목 및 계획

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

<표 3.29> 내구성조사 현황



<그림 3.14> 내구성조사 위치

3.2.2 반발경도

가. 개 요

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

(1) 원 리

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

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

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

(2) 측정기 종류의 선정 및 검정

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

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

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

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

〈표 3.30〉 슈미트 햄머의 종류

(3) 측정 방법

① 측정개소의 측정

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

② 반발경도 측정방법

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

③ 타격방향

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

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

〈표 3.31〉 타격방향에 따른 보정치

④ 콘크리트 강도의 환산

ㄱ. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

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

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

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

〈표 3.32〉 재령에 의한 보정표

ㄴ. 강도의 환산

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

◆ $F_c = 1.27R_0 - 18.0 \text{ MPa}$ (일본 재료학회) - 공식 1

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

여기서, F_c : 추정강도(MPa), R_0 : 반발경도

(4) 평가기준

평가기준 : 비파괴 추정식으로 평가된 강도가 설계강도의 90%이상이면 적정

나. 측정결과

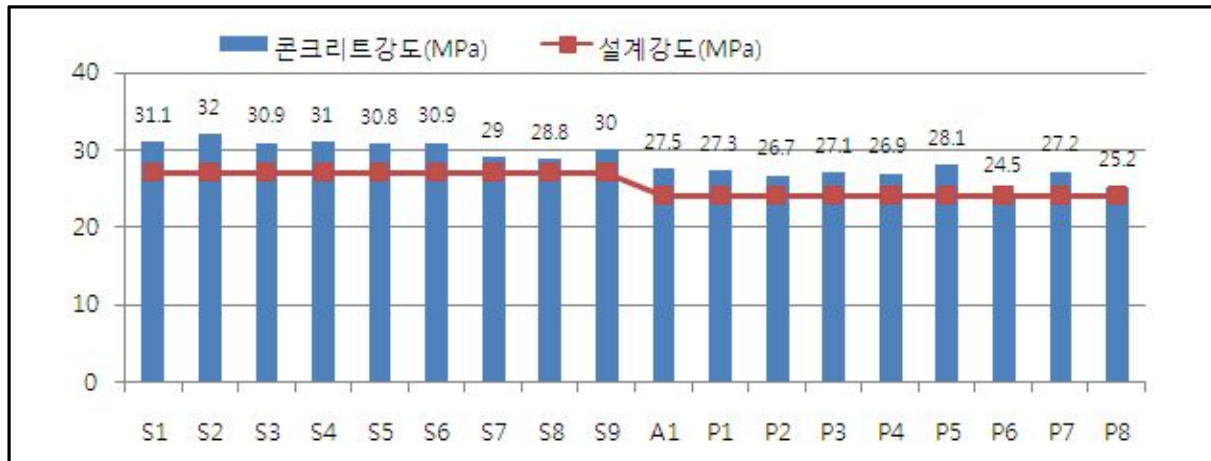
상부구조 및 하부구조에 대하여 반발경도 시험을 실시하였으며, 상부구조의 경우 바닥판 하면(켄틸레버)에서 측정하였으며, 교대는 구체 전면, 교각은 코핑 및 기둥부에서 반발경도 시험을 실시하였다.



〈사진 3.21〉 반발경도 측정 현황

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

〈표 3.33〉 반발경도 시험결과



<그림 3.15> 반발경도시험 데이터 분포도

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

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

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

3.2.3 초음파 강도

가. 시험 개요

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

(1) 시험 목적

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

(2) 시험 장비

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

(3) 시험 방법

① 측정 준비

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

② 측정 방법

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

(4) 평가 방법

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

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

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

여기서, F_c : 콘크리트의 압축강도(MPa)

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

(5) 판정기준

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

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

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

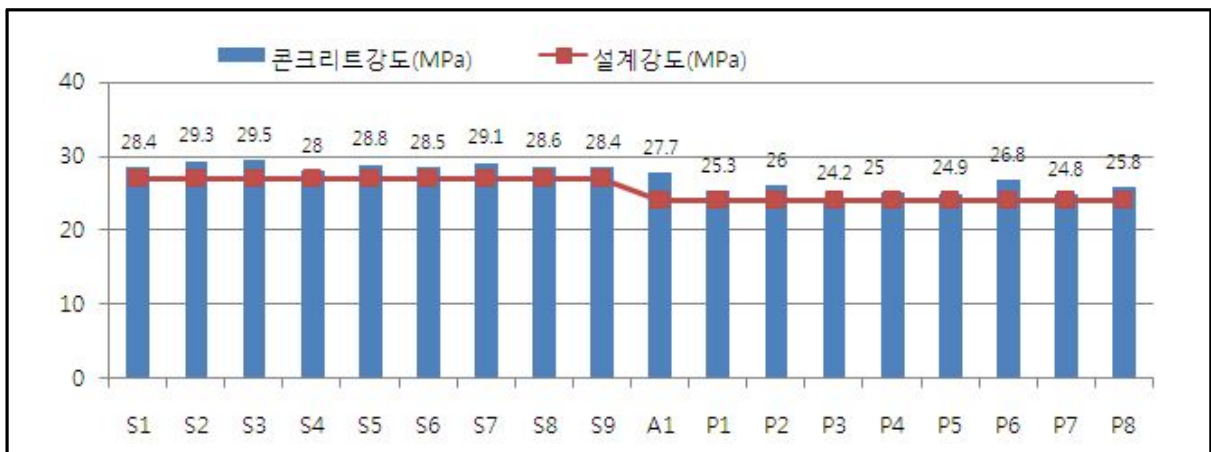
나. 측정결과

	
초음파 강도시험(교각)	초음파 강도시험(슬래브하면)

<사진 3.22> 초음파시험 측정 현황

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

〈표 3.34〉 초음파강도 시험결과



〈그림 3.16〉 초음파 강도시험 데이터 분포도

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

3.2.4 철근탐사

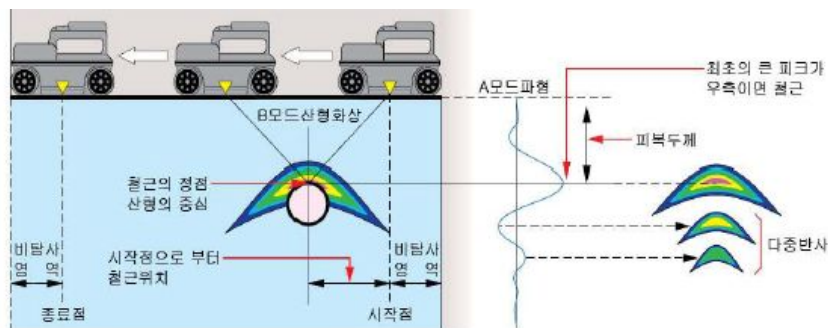
가. 개 요

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

(1) 원 리

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

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



<그림 3.17> RC-Radar 원리

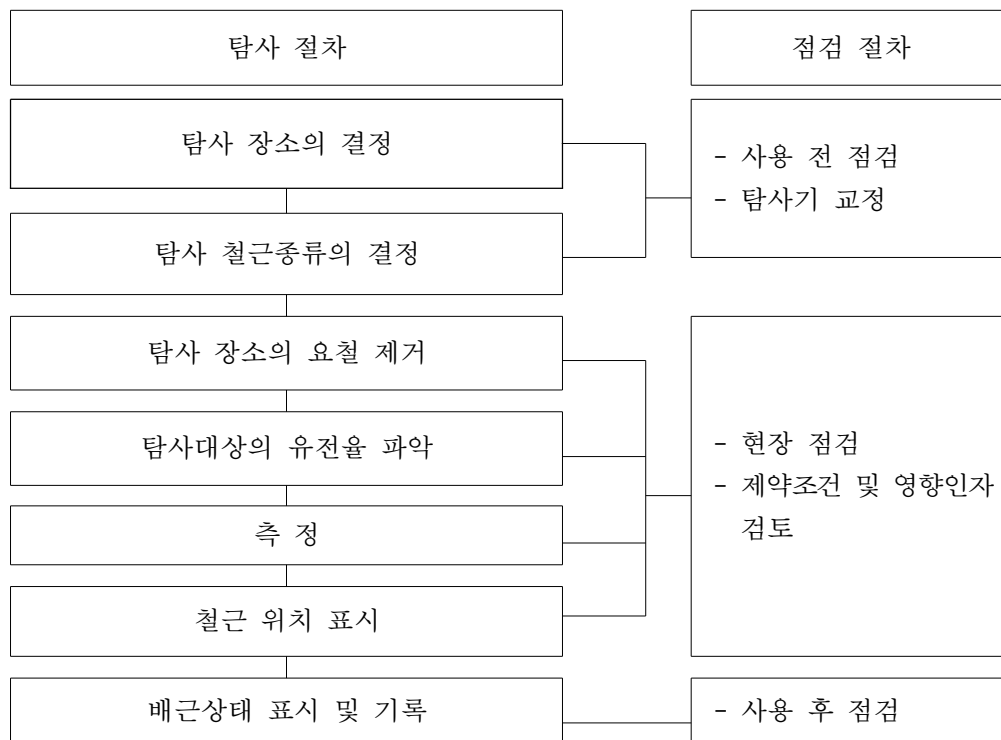
(2) 장 비

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

(3) 탐사 방법

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

(4) 탐사 절차



<그림 3.18> RC-Radar 탐사절차

(5) 탐사결과 분석

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

나. 시험결과



<사진 3.23> 철근탐사 현황

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

<표 3.35> 철근탐사 결과

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

<표 3.35> 철근탐사 결과 - 계속

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

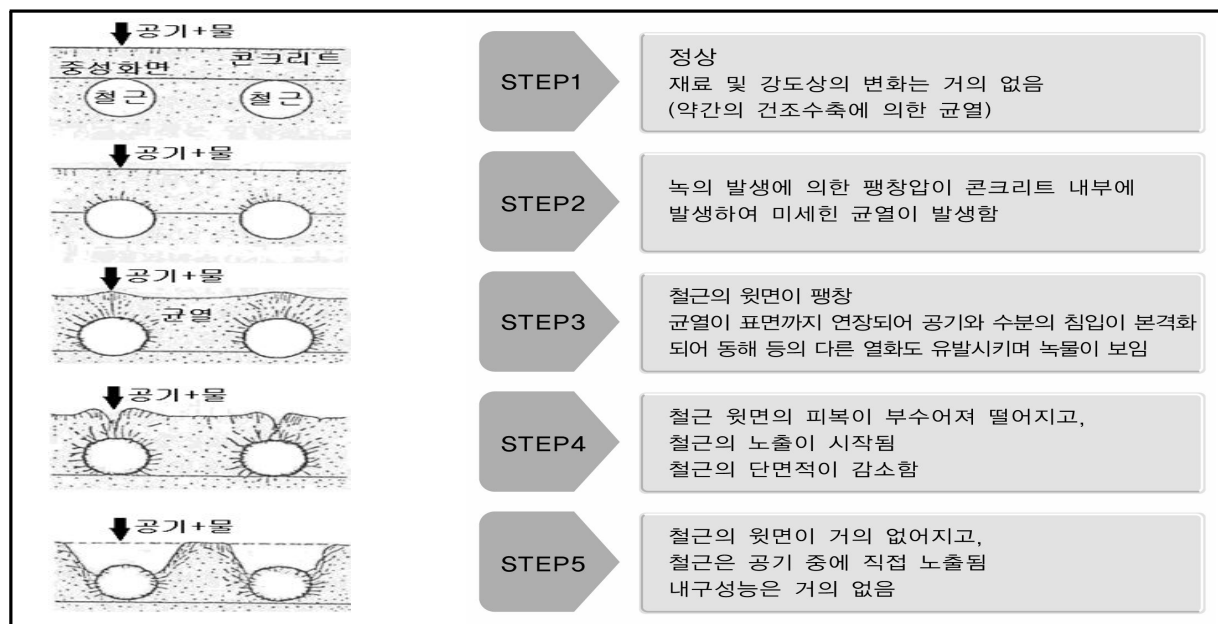
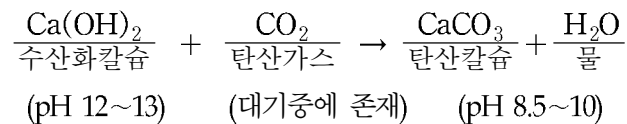
3.2.5 탄산화

가. 개 요

건전한 콘크리트는 경화시멘트 풀의 수산화합물 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타낸다. 그러나 콘크리트가 대기 중에 노출되면 대기 중에 약 0.035% 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(CO_2)와 수산화칼슘이 반응하여 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는데 이를 탄산화라고 정의한다.

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

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



〈그림 3.19〉 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘

(1) 탄산화 속도에 미치는 요인

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

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

<표 3.36> 탄산화 속도 영향 인자

(2) 시험 방법

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

(3) 평가기준

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

<표 3.37> 탄산화 상태평가 기준

나. 시험결과

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

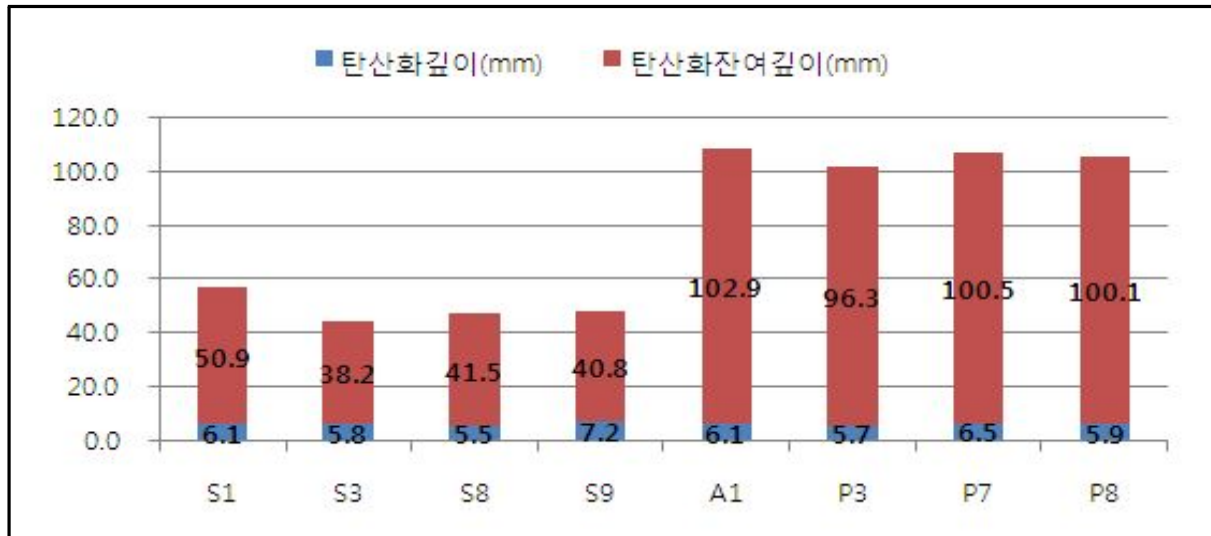


〈사진 3.24〉 탄산화 현황

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

〈표 3.38〉 탄산화 시험 결과

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



<그림 3.20> 탄산화시험 결과분석

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

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

3.2.6 염화물 함유량

가. 개 요

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

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

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

(1) 염화물의 구성

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

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

(2) 분석 및 평가

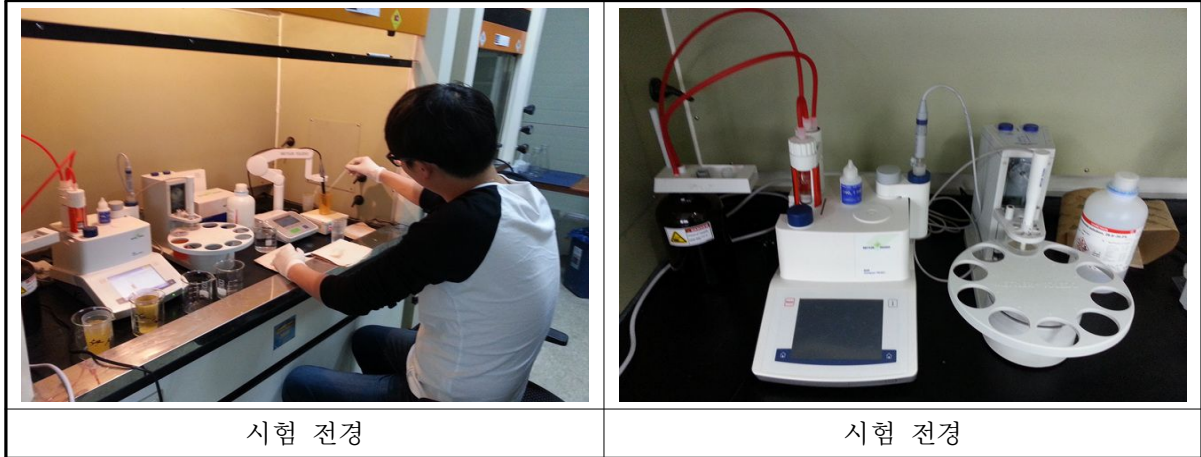
염해는 염분제거가 불충분한 해사의 사용에 의하여 콘크리트 내에 이미 염화물이 혼입된 경우와 외부환경으로부터 염화물이 콘크리트에 침투된 경우를 들 수 있다. 어느 경우라도 철근위치에 존재하는 염화물 이온량의 측정결과를 근거로 다음 표에 따라 염화물에 의한 손상을 판단한다.

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

〈표 3.39〉 염화물 상태평가 기준

나. 시험 결과

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



〈사진 3.25〉 염화물 함유량시험 현황 (시험실 제공)

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

〈표 3.40〉 염화물 함유량 시험 결과

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

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

3.2.7 초음파속도법에 의한 균열깊이 평가

가. 개 요

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

(1) 시험방법

① 사전준비

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

② 측 정

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

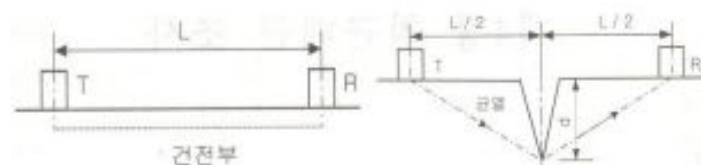
측정 시 특이한 상황에 대해서는 스케치하여 후에 자료 분석에 이용하도록 한다.

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

(2) 평가기준

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

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



<그림 3.21> Tc-To법에 의한 균열깊이의 측정방법

나. 측정 결과

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

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



〈사진 3.26〉 균열 깊이 측정현황

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

〈표 3.41〉 균열 깊이 측정결과

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

3.2.8 강재 초음파탐상 (UT : Ultrasonic Testing)

가. 개 요

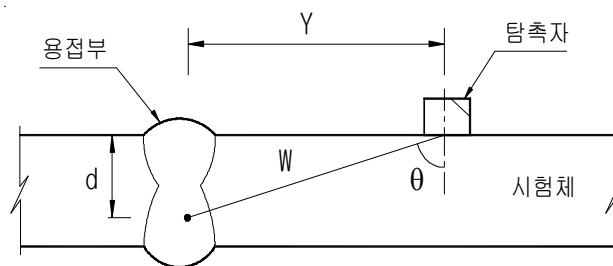
가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재여부 및 결함정보를 알아내는 검사방법이다.

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

(1) 시험 방법 (사각법)

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

본 시험에서는 70° 로 초음파를 입사하였다.



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

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

<그림 3.22> 초음파탐상(사각법)시험 개요도

(2) 특 성

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

(3) 평 가

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

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

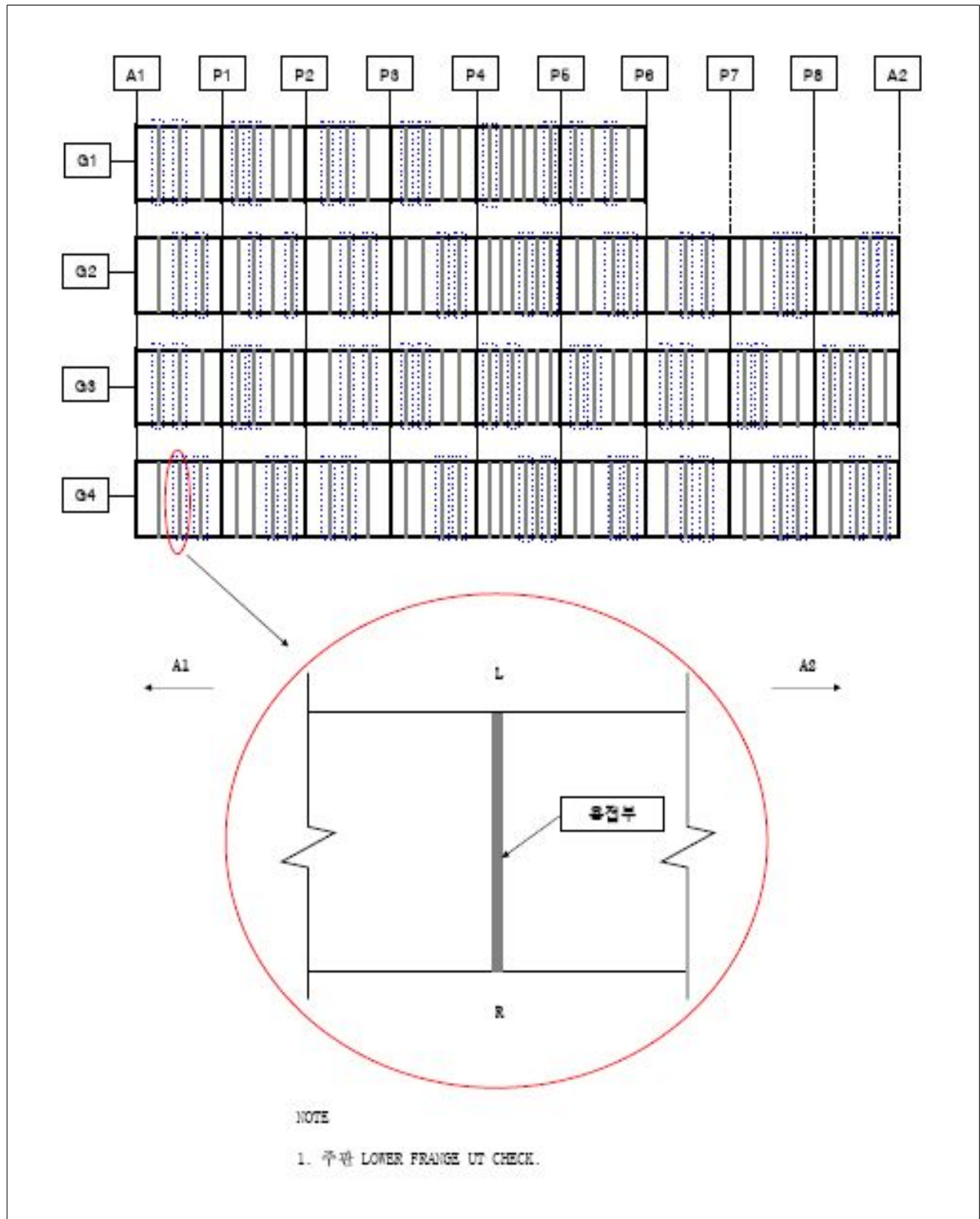
<표 3.42> 결함의 등급분류

(4) 합·부 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998. 건설교통부 제정) 기준

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

<표 3.43> 용접부 결함의 합·부 판정기준



〈그림 3.23〉 강제 초음파탐상시험 위치도

나. 시험결과



〈사진 3.27〉 강재 초음파탐상시험 현황

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

〈표 3.44〉 강재 초음파탐상 시험결과

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

〈표 3.44〉 강재 초음파탐상 시험결과(계속)

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

〈사진 3.28〉 강재 초음파탐상 output date

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

3.2.9 내구성시험 결과

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