

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사(천안방향)

3.3 외관조사(논산방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 강재 내구성조사

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

웅진대교는 2002년 12월에 준공된 교량연장 1,135m, 총폭 24.3m의 Steel Box 교량으로 공주시 우성면 평목리에 위치하며, 최대 경간장 75m의 1종 시설물이다. 교량의 기하학적 형상은 사각이 없는 곡선교량으로 종단선형은 0.9745%의 상향경사를 이루고 있다. 상부 슬래브는 3~5경간 연속화된 형식으로 구성되어 있으며, 하부구조는 교각은 라멘식의 직접기초 또는 현장타설 말뚝기초, 교대는 역T형의 직접기초로 시공되었다. 교량 기호 정의에서와 같이 천안측을 교량시점, 논산측을 교량종점으로 하였으며, 현장조사시 굴절차를 이용하여 부재에 최대한 근접하여 외관조사를 수행하였다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2017.01, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량의 외관조사는 굴절차 및 고소작업차를 이용하여 조사하였으며, 굴절차 및 고소차가 점검이 불가능한 곳에 대하여는 망원경을 이용한 외관조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

웅진대교의 조사 방법은 교각 하부 도보를 통한 1차 외관조사 실시 후 접근장비를 이용한 2차 조사를 실시하였으며, 접근장비는 고소작업차를 이용하여 최대한 접근 후 조사를 실시하였다.

【표 3.1】 각 부재 별 조사방법 및 기간

구분	경간	조사방법	조사기간	비고
1차 조사	S1~S3	굴절차, 도보	2017.11.13. ~ 11.24	
2차 조사	S1~S3	고소작업차, 망원경	2017.11.27. ~ 12.01	
3차 조사	S1~S3	도보	2018.03.26. ~ 03.30	



【사진 3.1】 웅진대교 장비접근 현황

3.2 외관조사(천안방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

웅진대교의 바닥판하면은 상·하행 바닥판이 나란히 인접되어 위치하고 있으며, 수상구간은 강재 거푸집(Steel Deck Plate)으로 시공되어 있다.



【사진 3.2】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 천안방향 S2,3,5 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 신규 발생하였고, S8,9 구간에서 백태가 추가 조사되었다.
- 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 다수 조사되었고, 손상 부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사되었다.
- 금회 정밀조사로 인한 손상의 물량 수정 및 물량의 손상명 변동이 실시 되었고, 증감량은 아래 표와 같다.

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 박리, 박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 누수흔적 (㎡/개소)	물끊기 흠불량 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	-	12.5/2	1.6/2	-	-	5.5/2	-	
S2	8.8/2	25.0/1	-	-	-	-	-	
S3	-	15.0/3	-	-	-	-	-	
S4	114.8/27	-	-	-	-	4.0/1	-	

【표 3.2】바닥판 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 박리, 박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 누수흔적 (㎡/개소)	물끓기 흠불량 (m/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상						
S5	87.0/21	45.0/2	-	-	-	-	-	
S6	84.0/20	1.5/1	1.4/2	-	-	-	-	
S7	96.2/29	-	0.9/1	-	-	1.8/1	-	
S8	170.2/27	-	-	-	-	4.58/4	-	
S9	-	42.0/2	-	0.1/1	-	3.37/3	-	
S10	-	70.0/4	0.35/1	-	-	0.5/1	-	
S11	-	5.0/1	0.45/2	-	-	3.07/5	-	
S12	2.0/2	8.0/2	0.1/1	-	-	0.06/1		
S13	9.0/11	35.5/7	-	-	-	0.2/1	-	
S14	31.5/11	5.0/1	-	-	-	-	0.3/1	
S15	-	20.0/1	0.32/3	-	2.2/3	-	1.4/3	
S16	-	15.0/1	5.3/3	-	1.9/3	-	-	
S17	-	33.5/4	2.0/1	-	0.9/1	1.0/1	-	
S18	-	-	-	-	-	-	-	
S19	-	-	0.09/1	-	-	0.6/1	-	
합 계	603.5/149	333.0/32	12.51/17	0.1/1	5.0/7	24.68/21	1.7/4	

천안방향 S1 바닥판 균열 및 들뜸	천안방향 S1 바닥판 쉐일레버 백태
천안방향 S1 바닥판 균열 0.3mm	천안방향 S10 바닥판 들뜸
천안방향 S14 물뚫기흠 불량	천안방향 S19 바닥판 재료분리 보수

【사진 3.3】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.3】바닥판 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	133ea / 593.0m	149ea / 603.5m	↑ 10.5m	신규손상
재료분리	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	물량변동
누수흔적	1ea / 0.06㎡	1ea / 0.06㎡	- -	물량변동
물끊기흙불량	3ea / 1.4m	4ea / 1.7m	↑ 0.3m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	27ea / 244.0m	32ea / 333.0m	↑ 89.0m	신규손상 물량변동
들뜸	11ea / 11.2㎡	3ea / 7.6㎡	↓ 3.6㎡	물량수정
박락	6ea / 4.6㎡	3ea / 0.95㎡	↓ 3.65㎡	물량수정
박리	- / -	1ea / 0.3㎡	↑ 0.3㎡	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2mm로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 나타내고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생한 폭 0.3mm이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정된다, 발생한 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생하였다. 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 기 발생한 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

본 교량은 19경간 최대경간장 75.0m, 길이 1,135m의 강상자형 교량이다.

강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.4】 강박스 거더 전경

1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사되었다.
- 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인되었다.

【표 3.4】 강박스 거더 내부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	강재굴힘 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	이물질 퇴적, 우수유입흔적 (㎡/개소)	기타 손상 (개소)	비고
S1	0.05/1	-	-	-	0.01/1	-	
S2	0.04/1	-	-	0.2/1	-	1	

【표 3.4】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속)

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	강재굽힘 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	이물질 퇴적, 우수유입흔적 (㎡/개소)	기타 손상 (개소)	비고
S4	0.01/1	0.03/1	-	-	1.06/3	-	
S5	0.02/1	-	-	-	9.52/2	4	
S6	0.9/9	0.9/2	-	-	-	-	
S7	0.36/4	0.52/3	-	-	-	-	
S8	0.37/5	0.01/1	-	-	-	-	
S9	0.03/3	0.01/1	-	-	-	-	
S10	0.12/3	-	-	-	0.09/1	-	
S11	0.45/5	-	-	-	0.4/1	-	
S12	0.48/15	-	-	-	-	-	
S13	0.55/9	0.01/1	-	-	-	-	
S14	0.73/5	-	-	-	-	-	
S15	1.89/10	0.26/2	-	-	-	-	
S16	3.54/22	0.01/1	0.01/1	-	-	-	
S17	0.76/8	-	-	-	-	-	
S18	0.04/3	-	-	-	-	4	
S19	0.02/1	-	-	-	4.0/1	-	
합계	10.36/106	1.75/12	0.01/1	0.2/1	15.08/9	9	

	
천안방향 S1 G2 이물질퇴적	천안방향 S2 G2 부식
	
천안방향 S2 G2 부식	천안방향 S3 G1 부식
	
천안방향 S3 G1 주형내부 우수유입흔적	천안방향 S5 G1 주형내부 환기구 볼트 망실

【사진 3.5】 강박스 거더 손상현황

	
천안방향 S6 G1 주형내부 도장박리	천안방향 S7 G2 주형내부 도장박리
	
천안방향 S11 G2 이물질퇴적	천안방향 S12 G2 주형내부 도장박리

【사진 3.5】강박스 거더 내부 손상현황(계속)

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 비교 결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 굽힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.5】강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	103ea / 9.98㎡	104ea / 10.23㎡	↑ 0.25㎡	변동없음
부식, 점부식, 그을음	13ea / 2.1㎡	12ea / 1.75㎡	↓ 0.35㎡	물량변동
전등탈락	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상
변형	1ea / 0.2㎡	1ea / 0.2㎡	- -	변동없음
우수유입흔적	- / -	1ea / 0.05㎡	↑ 0.05㎡	신규손상
환기구볼트망실	- / -	4ea / 4ea	↑ 4ea	신규손상
강재 굽힘	- / -	1ea / 0.01㎡	↑ 0.01㎡	신규손상
환기구 볼트 풀림	- / -	4ea / 4ea	↑ 4ea	신규손상
이물질퇴적	6ea / 9.7㎡	8ea / 15.03㎡	↑ 5.33㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 웅진대교의 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 채도장 등의 조치가 요구된다.
- 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직하다.
- 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 도장 손상 및 부식, 우수유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치후 진전시 채도장 등의 보수가 요구된다.
- 기타 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 등은 청소 및 볼트 재체결 등의 유지관리가 바람직 할 것이다.

2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사되었다.
- 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.6】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	볼트탈락 (개소)	볼트부식, 도장손상 (개소)	비 고
S1	6.26/6	0.14/4	-	-	
S2	7.51/7	0.10/2	-	-	
S3	6.28/6	0.04/2	-	-	
S5	-	-	-	6	
S6	0.07/3	0.11/6	-	17	
S7	-	0.5/26	1	-	
S8	-	0.4/12	-	-	
S9	-	0.45/7	-	-	
S10	0.02/2	0.69/6	-	-	
S11	-	0.21/7	-	-	
S12	-	0.11/5	-	-	
S13	0.14/5	0.03/1	-	-	
S14	0.1/1	0.08/3	-	-	
S15	-	0.05/1	-	-	
S16	-	0.48/5	-	3	
S17	-	0.3/1	-	-	
S18	0.07/2	0.13/2	-	-	
S19	-	0.03/2	-	-	
합계	20.5/34	3.85/92	1	26	

천안방향 S3 G1 주형외부 부식	천안방향 S6 G1 주형외부 볼트 도장박리
천안방향 S9 G1 주형외부 하부 부식	천안방향 S14 G2 주형외부 하부 굽힘

【사진 3.6】강박스 거더 외부 손상현황

3) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더외부의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 부식이 신규 발생하였고, 볼트 부식은 물량 변동이 발생하였다. 손상은 정밀 조사로 인한 물량 변동 및 누락 손상으로 확인되었다. 거더 내부는 금회 조사한 외관조사 결과로 향후 유지보수를 시행하는 것이 용이할 것으로 판단된다.

【표 3.7】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

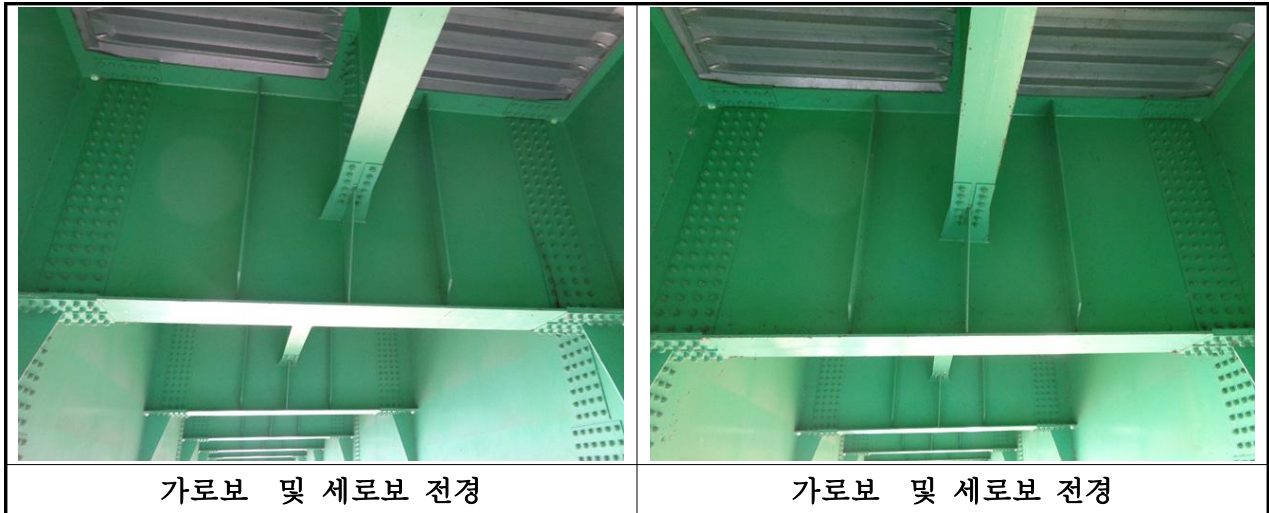
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리, 탈락	15ea / 0.4㎡	34ea / 20.5㎡	↑ 20.1㎡	신규손상
부식	72ea / 3.3㎡	92ea / 3.85㎡	↑ 0.55㎡	신규손상
볼트부식	28ea / 28ea	26ea / 26ea	↓ 2ea	물량변동
볼트탈락	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태이다.
- 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며 가로보는 3.125m 간격을 유지하고 있다. 본 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.



【사진 3.7】 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 가로보는 경미한 부식이 발생하였다. 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사되었다.
- 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.8】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	비고
S6	0.01/1	-	
S9	0.01/1	0.19/3	
S11	0.01/1	-	
S18	0.03/1	0.05/1	
S19	-	0.1/1	
합 계	0.06/4	0.34/5	



【사진 3.8】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 도장 긁힘 및 도장박리 손상이 정밀조사로 인한 신규 발생하였고, 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.9】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 고	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	2ea / 0.02㎡	3ea / 0.03㎡	↑ 0.01㎡	신규손상
부식	5ea / 0.34㎡	5ea / 0.34㎡	- -	변동없음
도장긁힘	- / -	1ea / 0.03㎡	↑ 0.03㎡	신규손상

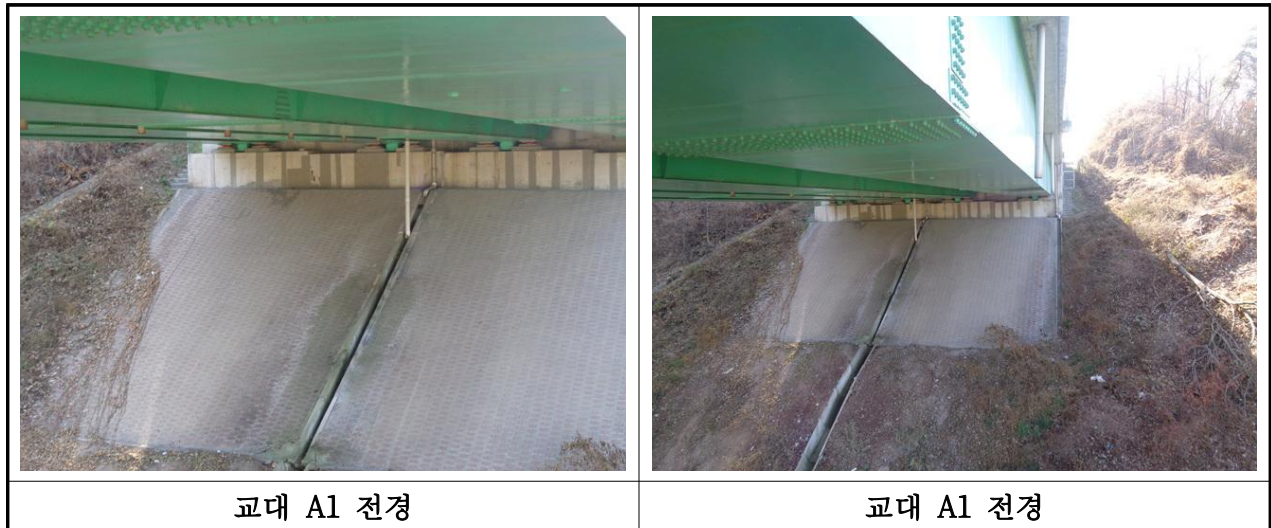
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 요한다.
- 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

웅진대교의 하부구조는 천안, 논산 각각 2기의 역T형 교대와 18기의 라멘식 교각으로 구성되어 있으며, 각 하부 구조물의 기초형식은 교대는 직접+말뚝기초, 교각은 말뚝기초로 시공되어 있다.



【사진 3.9】 교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인되었다.

【표 3.10】 교대 외관조사 결과

구 분	균열 0.3mm미만 (m/개소)	누수흔적	균열부 백태 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
A1	2.4/1	2.8/3	0.4/2	-	-	
A2	9.3/8	-	-	0.1/1	0.5/2	
합 계	11.7/9	2.8/3	0.4/2	0.1/1	0.5/2	

천안방향 교대 A1 균열 0.2mm	천안방향 교대 A1 균열부 백태
천안방향 교대 A1 누수흔적	천안방향 교대 A1 백태
천안방향 교대 A2 박락	천안방향 교대 A2 백태

【사진 3.10】 교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 (폭 0.3mm이상)에 대해 보수가 실시되었으며, 표면열화(박리, 들뜸 등) 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었다.

【표 3.11】 교대 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	9ea / 11.7m	9ea / 11.7m	- -	변동없음
균열부 백태	2ea / 0.2㎡	2ea / 0.4㎡	↑ 0.2㎡	면적증가
누수흔적	1ea / 1.8㎡	3ea / 2.8㎡	↑ 1.0㎡	신규손상
백태	2ea / 0.5㎡	2ea / 0.5㎡	- -	변동없음
박락	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다. 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단된다.

나. 교각



【사진 3.11】 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2mm 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사되었다.
- 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.12】 교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	누수흔적, 표면오염 (㎡/개소)	박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P1	42.2/52	-	19.0/2	-	0.08/1	-	
P2	46.6/56	-	2.35/3	-	-	-	
P3	96.3/69	-	2.56/3	-	-	-	
P4	47.8/47	-	9.0/1	2.0/1	-	-	
P5	48.9/49	-	12.0/1	-	-	-	
P6	57.0/69	-		-	-	-	
P7	42.5/52	-	17.6/2	-	-	-	
P8	21.4/33	-	19.6/4	55.1/5	0.76/2	-	

【표 3.12】 교각 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	누수흔적, 표면오염 (㎡/개소)	박리,박락, 긁힘,탈락, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P9	43.7/47	-	19.04/4	-	20.04/2	-	
P10	65.5/57	-	12.0/2	-	0.27/6	-	
P11	34.3/44	2.0/1	1.5/1	-	10.17/5	-	
P12	47.2/47	-	3.5/2	-	2.78/5	-	
P13	68.8/48	0.3/1	10.0/1	-	10.0/2	-	
P14	40.2/23	-	16.0/1	-	3.36/5	-	
P15	37.3/31	-	-	-	-	4.8/1	
P16	36.1/31	-	0.05/1	-	0.75/9	-	
P17	9.9/14	-	0.25/1	-	11.06/4	-	
P18	18.4/23	-	1.8/1	-	1.7/2	-	
합 계	804.1/792	2.3/2	146.25/30	56.1/6	60.97/43	4.8/1	

	
천안방향 교각 P1 기둥부 균열 0.2mm	천안방향 교각 P4 누수흔적
	
천안방향 교각 P10 기둥부 들뜸	천안방향 교각 P10 기둥부 박락
	
천안방향 교각 P12 코핑부 망상균열	천안방향 교각 P17 코핑부 균열 0.2mm

【사진 3.12】 교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 (폭 0.3mm이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.13】 교각 기 점검 결과 비교

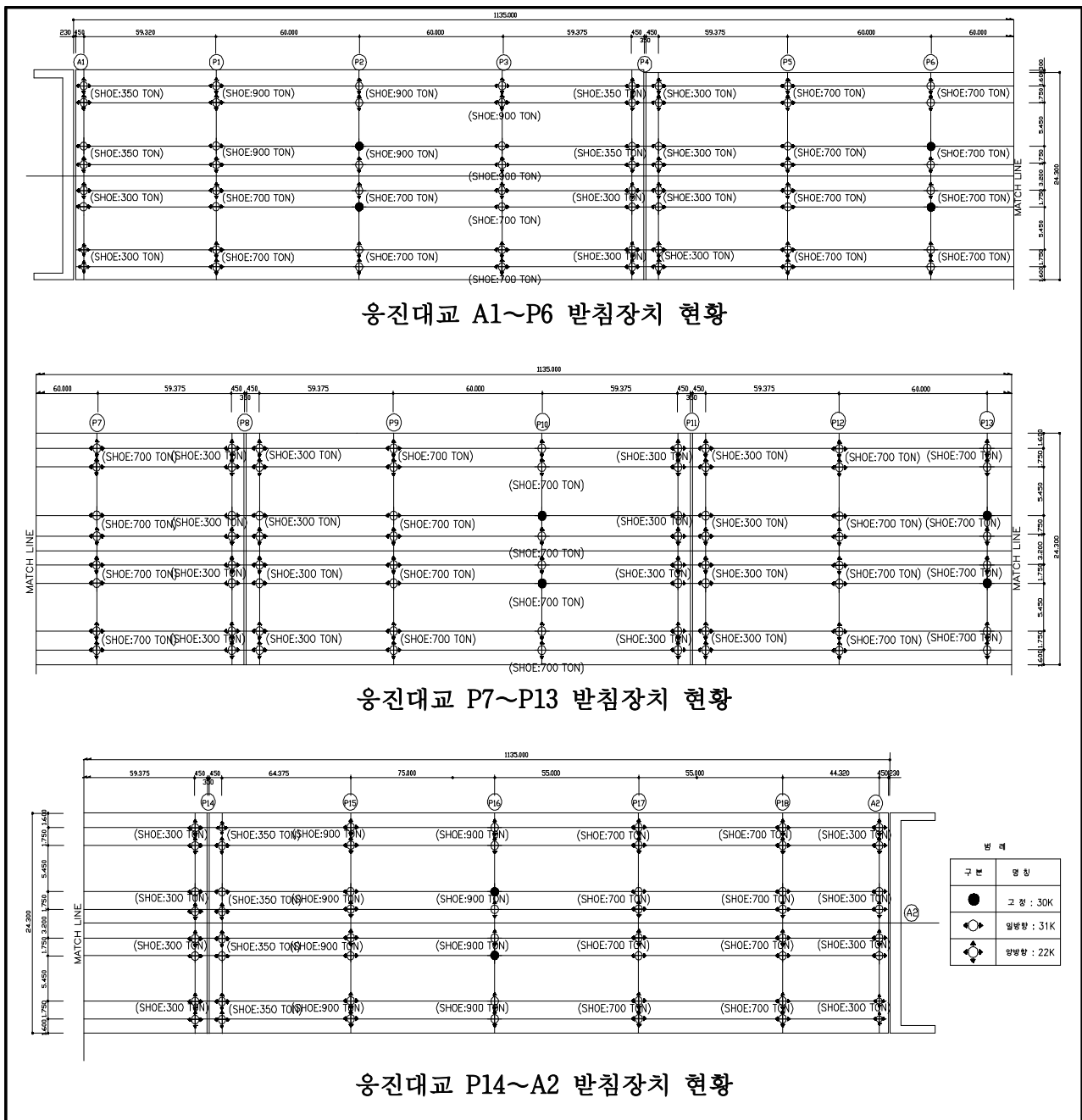
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	788ea / 803.3m	792ea / 804.1m	↑ 0.8m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 2.3m	2ea / 2.3m	- -	변동없음
망상균열	29ea / 143.25㎡	30ea / 146.25㎡	↑ 3.0㎡	신규손상
누수흔적, 표면오염	6ea / 56.1㎡	6ea / 56.1㎡	- -	변동없음
박리, 박락, 긁힘, 탈락, 재료분리	43ea / 60.97㎡	43ea / 60.97㎡	- -	변동없음
백태	1ea / 4.8㎡	1ea / 4.8㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 기존상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구된다.

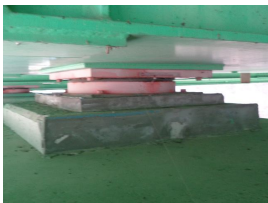
3.2.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며, 각 교량 당 5개소의 고정단 받침, 3개소의 교축직각 일방향 받침, 15개소의 교축 일방향 받침 및 45개소의 양방향 받침으로 총 160개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면 부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도

【표 3.14】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	350.0	±100.0	6
			교각	700.0		
	교축 직각방향		교각	700.0	-	4
양방향			교대	300.0	±100.0	21
			교각	700.0		
고정단			교각	900.0	-	2

가. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인되었다.

【표 3.15】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침 Con'c균열 (m/개소)		받침 Con'c 들뜸, 파손 (㎡/개소)	Plate 도장손상 (㎡/개소)	볼트폴립 볼트부식 (개소)	전단키 용접부 부식 (㎡/개소)	고무재 들뜸 (m/개소)	기타 손상 (EA)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
A1	0.1/1	-	-	0.5/2	7	-	-	3	
P1	2.1/8	-	-	0.01/1	-	-	-	-	
P2	0.2/1	0.2/1	-	0.12/3	-	-	-	-	
P3	-	-	-	0.08/2	-	-	-	-	
P4	0.1/1	-	-	5.0/5	-	-	-	1	
P5	0.8/8	-	-	0.5/2	-	-	-	1	
P6	0.2/1	-	-	-	-	-	-	-	
P7	0.1/1	-	-	-	-	-	-	-	
P8	1.0/4	0.1/1	1.11/6	8.0/8	-	0.1/1	-	7	
P9	4.6/23	-	-	4.05/9	-	-	-	1	
P10	0.8/2	-	-	4.01/5	-	-	-	-	
P11	1.0/3	-	-	8.0/8	-	-	-	3	
P12	1.0/7	-	-	4.2/7	-	-	-	-	
P13	1.4/11	-	-	0.13/3	-	-	-	1	
P14	3.0/11	-	0.02/1	3.25/4	-	-	-	4	
P15	2.55/19	-	-	3.0/3	-	-	0.3/1	-	
P16	1.4/9	-	-	4.23/10	1	-	-	-	
P17	0.95/6	-	-	0.2/1	1	-	-	-	
P18	3.5/23	-	-	5.01/6	-	-	-	1	
A2	0.2/2	-	-	1.0/4	-	-	-	1	
합계	25.0/141	0.3/2	1.13/7	48.04/79	9	0.1/1	0.3/1	23	

	
천안방향 교량받침 A1-SH1 플레이트 부식	천안방향 교량받침 A2-SH1 받침콘크리트 균열
	
천안방향 교량받침 A2-SH4 고무재 파손	천안방향 교량받침 P6-SH1 받침콘크리트 균열
	
천안방향 교량받침 P8-SH7 받침콘크리트 들뜸	천안방향 교량받침 P8-SH8 받침콘크리트 들뜸

【사진 3.13】 교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.16】교량받침 기 점검 결과 비교

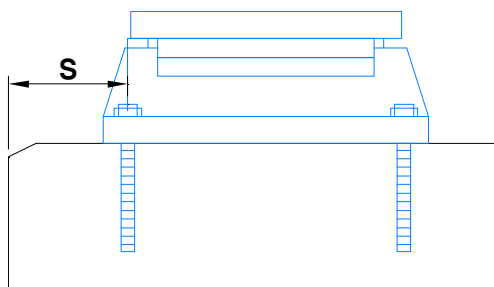
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열	139 / 24.6m	141ea / 25.0m	↑ 0.4m	물량이동
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 0.3m	2ea / 0.3m	- -	변동없음
받침콘크리트 들뜸	5ea / 0.7m ²	7ea / 1.13m ²	↑ 0.43m ²	신규손상
도장박리	23ea / 7.6m ²	46ea / 20.3m ²	↑ 12.7m ²	신규손상
부식	- / -	28ea / 27.2m ²	↑ 27.2m ²	신규손상
파손	- / -	1ea / 0.02m ²	↑ 0.02m ²	신규손상
도장들뜸	- / -	3ea / 0.09m ²	↑ 0.09m ²	신규손상
받침부식	- / -	4ea / 3.25m ²	↑ 3.25m ²	신규손상
고무재 들뜸	- / -	1ea / 0.3m ²	↑ 0.3m ²	신규손상
볼트부식	- / -	7ea / 7ea	↑ 7ea	신규손상
볼트풀림	5ea / 5ea	5ea / 5ea	- -	변동없음
고무재파손	- / -	3ea / 3ea	↑ 3ea	신규손상
먼지막이 고무링 파손	8ea / 8ea	8ea / 8ea	- -	변동없음
전단키 용접부 부식	- / -	1ea / 0.1m ²	↑ 0.1m ²	신규손상
이동량표지판탈락	9ea / 9ea	9ea / 9ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침물탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 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(2010, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 포트받침 >

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

【그림 3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더의 경간길이 100m이하 : $S = 20 + 0.5L$
- 거더의 경간길이 100m이상 : $S = 30 + 0.4L$



연단거리 측정 전경(A1)

2) 연단거리 측정 결과

- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.17】 교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)								검토 결과
			천안방향				논산방향				
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	Sh8	
A1		500.0	570	570	590	590	580	580	570	570	O.K
P1	A1측		950	950	950	930	930	930	960	840	O.K
	A2측		970	970	970	970	880	940	910	930	O.K
P2	A1측		1040	1020	1000	1000	860	860	890	890	O.K
	A2측		980	1000	1020	1020	880	900	890	880	O.K
P3	A1측		950	950	970	970	890	870	880	860	O.K
	A2측		950	950	930	950	950	950	960	970	O.K
P4	A1측		660	670	670	670	670	670	680	680	O.K
	A2측		660	690	670	670	670	650	670	690	O.K
P5	A1측		930	900	900	890	970	960	950	950	O.K
	A2측		930	940	940	940	970	970	980	980	O.K
P6	A1측		890	890	910	920	920	930	920	900	O.K
	A2측		890	890	920	920	920	920	930	930	O.K
P7	A1측		930	910	900	900	930	950	940	910	O.K
	A2측		890	890	930	940	950	950	940	910	O.K
P8	A1측		620	630	620	630	700	710	730	700	O.K
	A2측		640	630	640	640	680	690	670	670	O.K
P9	A1측		900	910	910	900	920	930	940	950	O.K
	A2측		910	940	920	900	900	940	910	940	O.K

【표 3.17】 교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속)

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
			천안방향				
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P10	A1측	500.0	930	910	910	890	O.K
	A2측		890	890	910	910	O.K
P11	A1측		550	590	580	600	O.K
	A2측		640	630	650	650	O.K
P12	A1측		920	900	910	910	O.K
	A2측		920	900	880	900	O.K
P13	A1측		890	880	880	860	O.K
	A2측		890	880	880	860	O.K
P14	A1측	525	640	610	610	580	O.K
	A2측		590	570	580	590	O.K
P15	A1측	575	850	840	840	840	O.K
	A2측		800	810	840	840	O.K
P16	A1측	475	800	810	830	820	O.K
	A2측		780	790	800	800	O.K
P17	A1측		890	870	920	940	O.K
	A2측		880	840	880	890	O.K
P18	A1측	425	840	850	870	880	O.K
	A2측		840	850	840	850	O.K
A2				540	520	550	550

라. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



【사진 3.14】 교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정1) 온도변화에 따른 가동상태 검토
- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.18】 교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	5 (A2)	15 (A1)	10.0	10.8	
	Sh2	5 (A2)	15 (A1)	10.0		
	Sh3	5 (A2)	15 (A1)	10.0		
	Sh4	0	15 (A1)	15.0		
P1	Sh1	13 (A2)	8 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	13 (A2)	8 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	5 (A2)	5.0		
	Sh4	10 (A2)	5 (A2)	5.0		
P2	고정단					
P3	Sh1	3 (A1)	5 (A2)	2.0	5.4	
	Sh2	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
	Sh3	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
	Sh4	3 (A1)	5 (A2)	2.0		
P4	Sh1	0	10 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	0	10 (A2)	10.0		
	Sh3	3 (A1)	0	3.0		
	Sh4	3 (A1)	3 (A2)	0.0		
	Sh5	0	10 (A1)	10.0		
	Sh6	0	10 (A1)	10.0		
	Sh7	0	9 (A1)	9.0		
	Sh8	0	2 (A1)	2.0		

【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P5	Sh1	0	5 (A1)	5.0	5.4	
	Sh2	5 (A1)	5 (A1)	0.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	0	5.0		
P6	고정단					
P7	Sh1	0	5 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	0	5 (A2)	5.0		
	Sh3	0	5 (A2)	5.0		
	Sh4	0	5 (A2)	5.0		
P8	Sh1	15 (A1)	10 (A2)	5.0	10.8	
	Sh2	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh4	15 (A1)	10 (A2)	7.0		
	Sh5	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh6	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh7	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
	Sh8	5 (A2)	10 (A1)	5.0		
P9	Sh1	15 (A2)	12 (A2)	3.0	5.4	
	Sh2	5 (A2)	5 (A2)	0.0		
	Sh3	5 (A2)	0	5.0		
	Sh4	10 (A2)	0	10.0		
P10	고정단					
P11	Sh1	10 (A2)	5 (A2)	5.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	5 (A2)	5 (A1)	0.0	10.8	
	Sh6	5 (A2)	5 (A1)	0.0		
	Sh7	5 (A2)	5 (A1)	0.0		
	Sh8	5 (A2)	0	5.0		
P12	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh4	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
P13	고정단					
P14	Sh1	10 (A2)	20 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	20 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	30 (A2)	20.0		
	Sh4	10 (A2)	30 (A2)	20.0		
	Sh5	10 (A1)	10 (A1)	0.0	11.7	
	Sh6	10 (A1)	10 (A1)	0.0		
	Sh7	20 (A1)	5 (A1)	15.0		
	Sh8	20 (A1)	5 (A1)	15.0		

【표 3.18】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P15	Sh1	0	12 (A1)	12.0	6.8	
	Sh2	0	12 (A1)	12.0		
	Sh3	0	20 (A1)	20.0		
	Sh4	0	20 (A1)	20.0		
P16	고정단					
P17	Sh1	5 (A2)	5 (A2)	0.0	5.0	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P18	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	9.9	
	Sh2	0	15 (A2)	15.0		
	Sh3	0	15 (A2)	15.0		
	Sh4	0	15 (A2)	15.0		
A2	Sh1	15 (A1)	5 (A2)	10.0	14.0	
	Sh2	15 (A1)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	0	10 (A2)	10.0		
	Sh4	0	10 (A2)	10.0		

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.19】교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P2	고 정 단								
P3	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P4	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P5	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P6	고 정 단								
P7	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P8	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P9	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P10	고 정 단								
P11	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P12	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P13	고 정 단								
P14	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	12.5	29.5
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	130	23.2	54.8	13.3	36.6	68.1
P15	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	75	13.4	31.6	0	13.4	31.6
P16	고 정 단								
P17	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	55	9.8	23.2	0	9.8	23.2
P18	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	110	19.7	46.3	13.3	33.0	59.7
A2	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	24.5	65.3	13.3	37.8	78.6

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5 (A2)	34.8	63.9	95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	13 (A2)	10.7	25.3	87.0	113.0	±100	O.K
	Sh2	13 (A2)			87.0	113.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	3 (A1)	10.7	25.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
P4	Sh1	0	34.8	63.9	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh5	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh6	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh7	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh8	0			100.0	100.0	±100	O.K
P5	Sh1	0	10.7	25.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	0	10.7	25.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P8	Sh1	15 (A1)	34.8	63.9	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P8	Sh5	5 (A2)	34.8	63.9	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P9	Sh1	15 (A2)	10.7	25.3	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)	34.8	63.9	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P12	Sh1	5 (A2)	10.7	25.3	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P13		고정단						
P14	Sh1	10 (A2)	12.5	29.5	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh5	10 (A1)	36.6	68.1	90.0	110.0	±100	O.K
	Sh6	10 (A1)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh7	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
	Sh8	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
P15	Sh1	0	13.4	31.6	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P16		고정단						
P17	Sh1	5 (A2)	9.8	23.2	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	33.0	59.7	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0 (A2)			100.0	100.0	±100	O.K
A2	Sh1	15 (A1)	37.8	78.6	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 기상청 통계에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) · 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)
----------	---

【표 3.21】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5 (A2)	48.3	60.0	95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P1	Sh1	13 (A2)	17.5	23.3	87.0	113.0	±100	O.K
	Sh2	13 (A2)			87.0	113.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			90.0	110.0	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	3 (A1)	17.5	23.3	97.0	103.0	±100	O.K
	Sh2	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
P4	Sh1	0	48.3	60.0	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh4	3 (A1)			97.0	103.0	±100	O.K
	Sh5	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh6	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh7	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh8	0			100.0	100.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P5	Sh1	0	17.5	23.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95.0	105.0	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	0	17.5	23.3	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P8	Sh1	15 (A1)	48.3	60.0	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P9	Sh1	15 (A2)	17.5	23.3	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh3	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115.0	85.0	±100	O.K
	Sh5	5 (A2)	48.3	60.0	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh6	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh7	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
	Sh8	5 (A2)			105.0	95.0	±100	O.K
P12	Sh1	5 (A2)	17.5	23.3	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P13		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

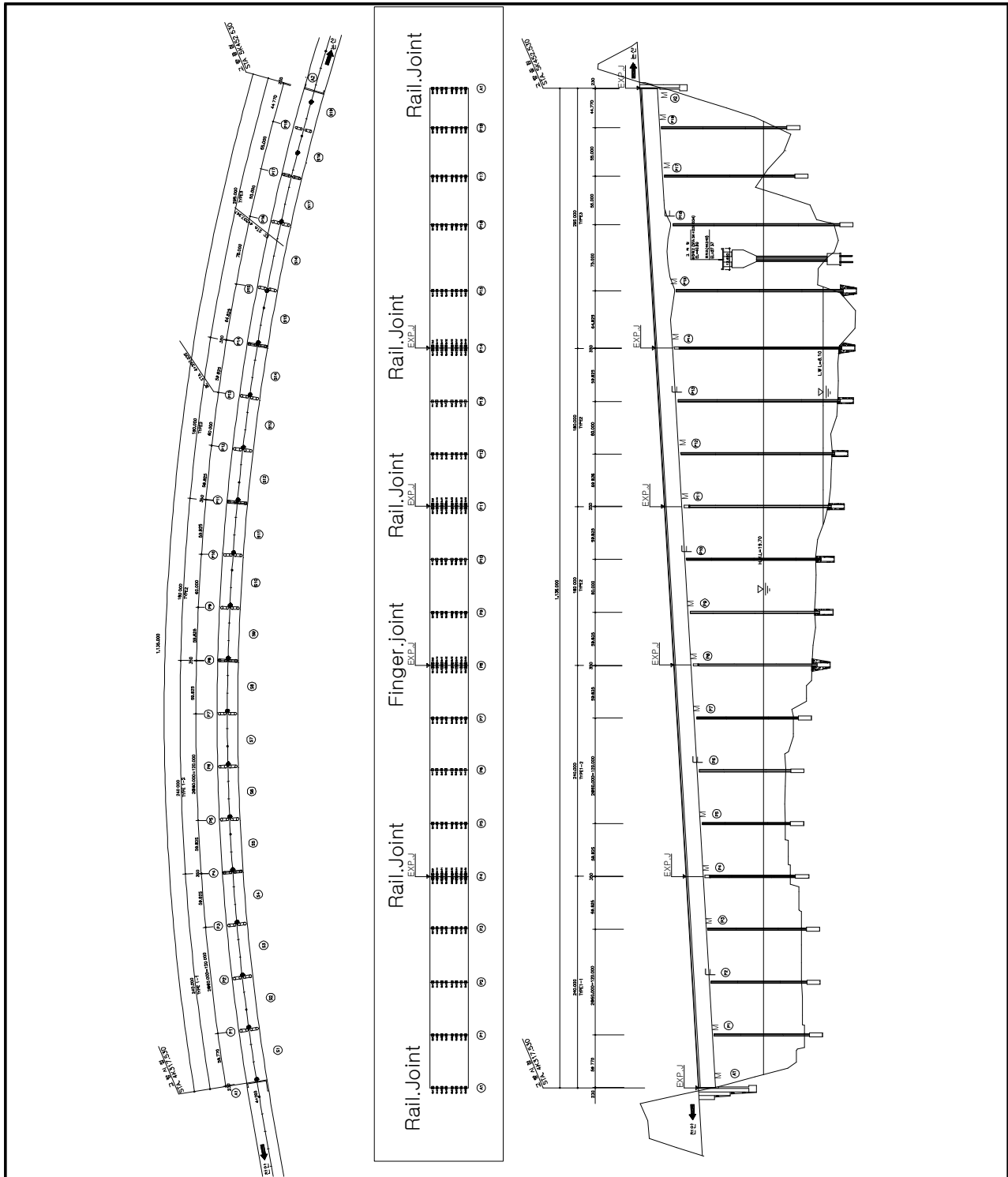
【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P14	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh5	10 (A1)	51.2	63.9	90.0	110.0	±100	O.K
	Sh6	10 (A1)			90.0	110.0	±100	O.K
	Sh7	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
	Sh8	20 (A1)			80.0	120.0	±100	O.K
P15	Sh1	0	21.9	29.2	100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	5 (A2)	16.0	21.4	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110.0	90.0	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	45.4	56.1	105.0	95.0	±100	O.K
	Sh2	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K
A2	Sh1	15 (A1)	37.8	73.6	85.0	115.0	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			85.0	115.0	±100	O.K
	Sh3	0			100.0	100.0	±100	O.K
	Sh4	0			100.0	100.0	±100	O.K

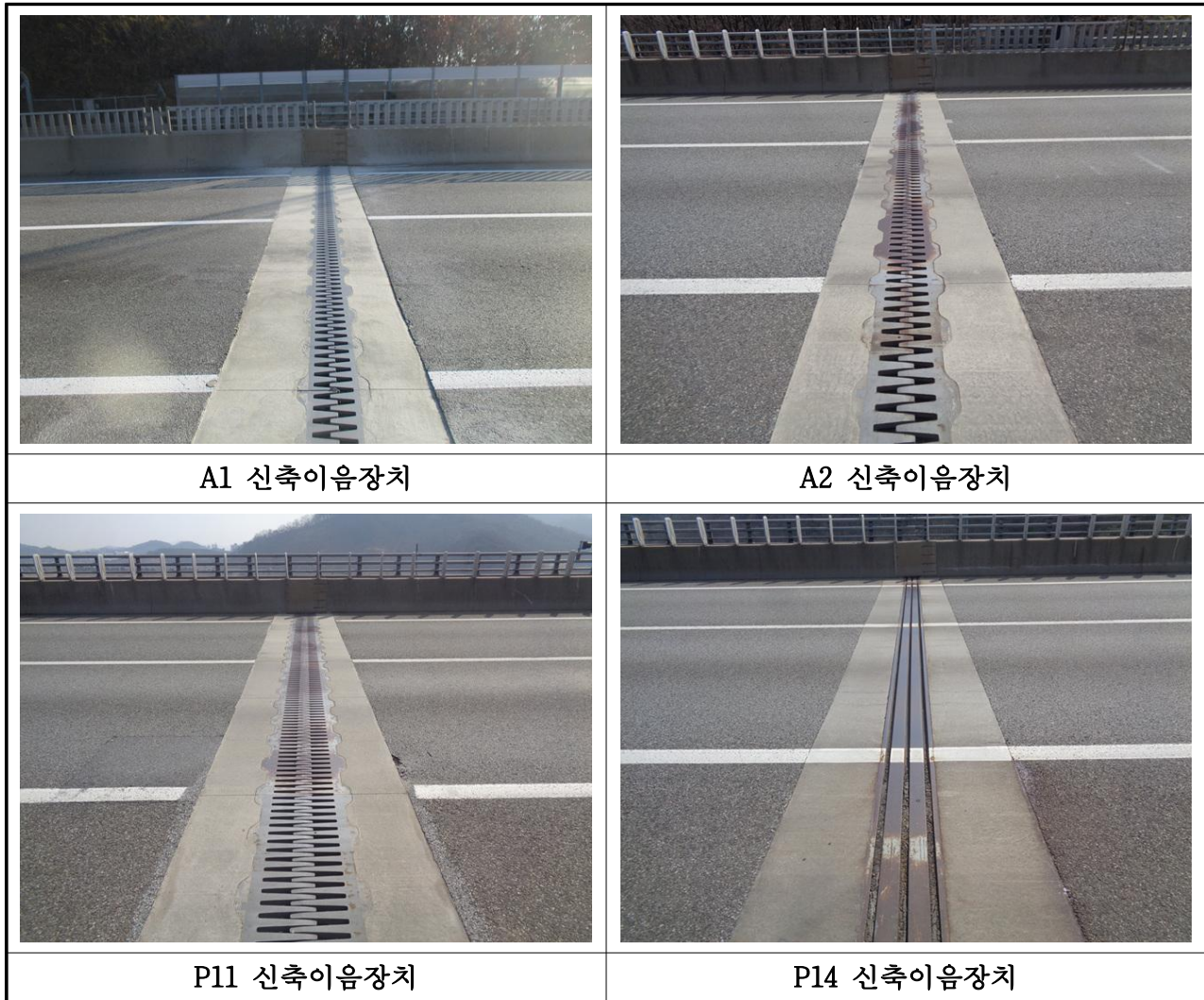
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

웅진대교 신축이음장치는 레일조인트(A1₁, A2, P4, P11, P14), 핑거조인트(P8)로 시공되었으면 신축이음장치 현황은 <그림 2.6.1>와 같다.



【그림 3.3】 신축이음 현황



【사진 3.15】 신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 구간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사되었다.
- 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사되었다.

【표 3.22】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	본 체		후 타 재				차수판 설치 불량	비 고
	부식 (m/개소)	이물질 퇴적 (m/개소)	균열(m/개소)		손상 (㎡/개소)	접속부 이격 (m/개소)		
			0.3mm 미만	0.3mm 이상				
A1	-	-	3.3/8	-	-	-	-	
P4	1.0/1	6.0/6	15.5/31	-	0.23/5	3.0/1	-	
P8	-	2.0/1	8.4/21	-	0.6/4	-	-	
P11	7.5/3	3.0/3	5.0/10	1.0/2	0.34/10	2.5/1	-	
P14	24.0/8	6.6/6	6.0/12	0.5/1	0.04/2	-	1	
A2	-	-	-	-	-	-	-	
합계	32.5/12	17.6/16	38.2/82	1.5/3	1.21/21	5.5/2	1	

	
천안방향 신축이음 A1 후타재 균열	천안방향 신축이음 P4 이물질퇴적
	
천안방향 신축이음 P4 슬라이딩 스프링	천안방향 신축이음 P11 후타재 박락

【사진 3.16】 신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 본체 부식, 차수판 설치불량이 조사되었고, 신규 및 물량 변동으로 확인되었다.

【표 3.23】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
본체	유간 이물질 퇴적	16ea / 17.6m	16ea / 17.6m	- -	변동없음
	본체부식	15ea / 26.9m	15ea / 32.5m	↑ 5.6m	물량변동
후타재	후타재균열	105ea / 50m	105ea / 50m	- -	변동없음
	후타재균열 (폭 0.3mm이상)	8ea / 4.0m	8ea / 4.0m	- -	변동없음
	후타재박리, 박락, 파손	21ea / 1.6㎡	21ea / 1.6㎡	- -	변동없음
	접속부 이격	2ea / 5.5m	2ea / 5.5m	- -	변동없음
	차수판설치불 량	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단된다.
- 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직하다.
- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.17】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.24】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(mm)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	90	70	195	200	295	300	Fingger Joint (No. 160)
EXP.J2 (P4)	125	112	320	307	470	457	Rail Joint (No. 240)
EXP.J3 (P8)	130	115	290	320	470	450	Fingger Joint (No. 200)
EXP.J4 (P11)	94	80	335	330	460	475	Rail Joint (No. 160)
EXP.J5 (P14)	120	90	300	270	470	410	Rail Joint (No. 240)
EXP.J6 (A2)	100	85	280	265	280	265	Rail Joint (No. 160)

- 11월(4.9℃)과 3월(12.4℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(P4) EXP. J3(P8) EXP. J4(P11) EXP. J5(P14) EXP. J6(A2) 의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.25】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	90	70	20.0	11.4	
	거더 상부	195	200	5.0		
	거더 하부	295	300	5.0		
EXP.J2(P4)	신축이음장치	125	112	13.0	22.8	
	거더 상부	320	307	13.0		
	거더 하부	470	457	13.0		
EXP.J3(P8)	신축이음장치	130	115	15.0	22.8	
	거더 상부	290	320	30.0		
	거더 하부	470	450	20.0		
EXP.J4(P11)	신축이음장치	94	80	14.0	17.1	
	거더 상부	335	330	5.0		
	거더 하부	460	475	15.0		
EXP.J5(P14)	신축이음장치	120	90	30.0	19.0	
	거더 상부	300	270	30.0		
	거더 하부	470	410	60.0		
EXP.J6(A2)	신축이음장치	100	85	15.0	14.7	
	거더 상부	280	265	15.0		
	거더 하부	280	265	15.0		

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.26】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	14.1	35.6	64.6
EXP.J2(P4)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J3(P8)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J4(P11)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	180	32.2	75.8	14.1	46.3	89.9
EXP.J5(P14)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	200	35.8	84.2	14.1	49.9	98.3
EXP.J6(A2)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	27.7	65.3	14.1	41.8	79.4

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (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	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.6	64.6	90	160	34.4	25.4	O.K
	거더 상부			195	160		130.4	O.K
	거더 하부			295	160		230.4	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	57.0	115.2	125	240	58.0	9.8	O.K
	거더 상부			320	240		204.8	O.K
	거더 하부			470	240		354.8	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	57.0	115.2	130	200	13.0	14.8	O.K
	거더 상부			290	200		174.8	O.K
	거더 하부			470	200		354.8	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	46.3	89.9	94	160	39.7	4.1	O.K
	거더 상부			335	160		245.1	O.K
	거더 하부			460	160		370.1	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	49.9	98.3	120	240	70.1	21.7	O.K
	거더 상부			300	240		201.7	O.K
	거더 하부			470	240		371.7	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	41.8	79.4	100	160	18.2	20.6	O.K
	거더 상부			280	160		200.6	O.K
	거더 하부			280	160		200.6	O.K

 주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 기상청 통계에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) · 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)
----------	---

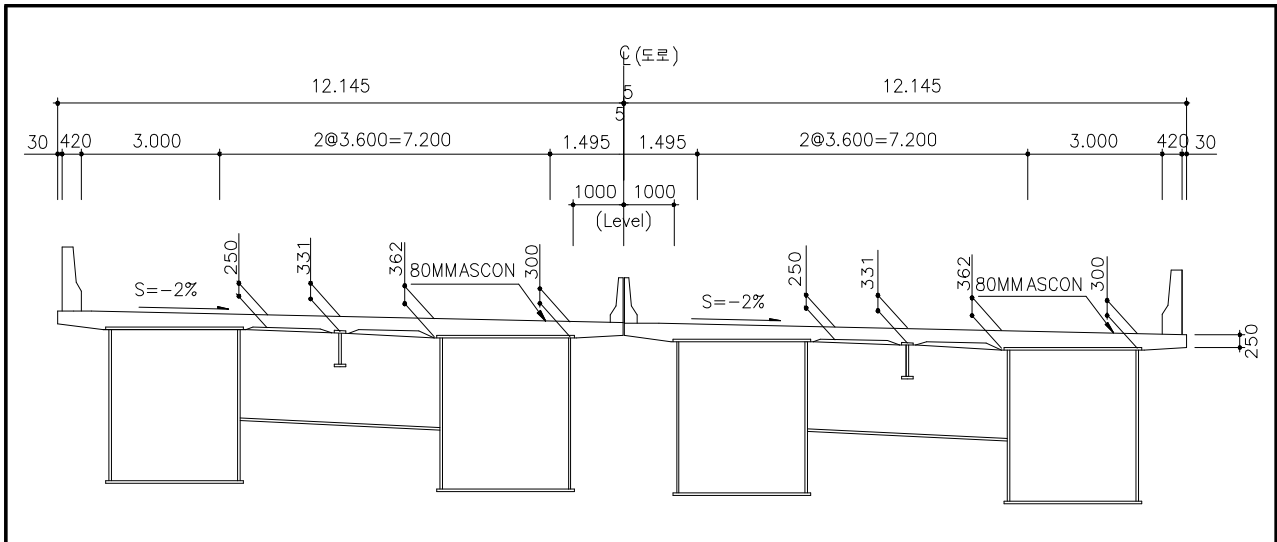
【표 3.28】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (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	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.0	46.7	90	160	35.0	43.3	O.K
	거더 상부			195	160		148.3	O.K
	거더 하부			295	160		248.3	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	70.0	93.3	125	240	45.0	31.7	O.K
	거더 상부			320	240		226.7	O.K
	거더 하부			470	240		376.7	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	70.0	93.3	130	200	0.0	36.7	O.K
	거더 상부			290	200		196.7	O.K
	거더 하부			470	200		376.7	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	52.5	70.0	94	160	13.5	24.0	O.K
	거더 상부			335	160		265.0	O.K
	거더 하부			460	160		390.0	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	58.3	77.8	120	240	61.7	42.2	O.K
	거더 상부			300	240		222.2	O.K
	거더 하부			470	240		392.2	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	45.2	60.3	100	160	14.8	39.7	O.K
	거더 상부			280	160		219.7	O.K
	거더 하부			280	160		219.7	O.K

주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3.2.5 교면포장

웅진대교(천안, 논산)의 교면포장은 STB Box Upper Flange 위 SMA 포장으로 시공되어 있으며, 웅진대교(천안, 논산)은 분리교량으로 약 5cm가 분리되어 시공되었으며, 교폭은 각각 12.10m이다.



【그림 3.4】 교면포장 현황



교면포장 전경

교면포장 전경

【사진 3.18】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘균열 및 망상균열, 아스콘 패임이 발생되었다.
- 기 손상인 아스콘 표면불량 및 소성변형이 조사되었다.

【표 3.29】 교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	아스콘 패임 (㎡/개소)	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	표면불량 (㎡/개소)	소성변형 (㎡/개소)	비고
S1	55.0/4	-	-	-	-	
S2	72.0/4	-	-	-	-	
S3	42.0/3	0.02/2	-	-	-	
S4	12.0/3	-	-	-	-	
S5	50.0/1	-	12.0/1	-	0.25/1	
S6	50.0/1	-	-	-	-	
S7	47.0/4	-	20.0/1	-	-	
S8	56.0/3	-	10.0/1	-	-	
S9	30.0/1	-	20.0/1	-	-	
S10	50.0/1	2.3/6	-	-	-	
S11	55.0/4	-	-	-	-	
S12	40.0/4	0.01/1	-	6.0/1	-	
S13	31.5/2	-	30.0/2	-	-	
S14	-	-	50.0/1	-	-	
S15	52.0/3	-	20.0/1	-	-	
S16	49.0/4	-	0.72/1	-	-	
S17	40.0/1	2.0/1	-	-	-	
S18	20.0/1	-	-	-	-	
S19	50.0/4	-	-	-	-	
합계	801.5/49	4.33/10	162.72/9	6.0/1	0.25/1	



【사진 3.19】 교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.30】 교면포장 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘균열	53ea / 903.50m	53ea / 903.50m	- -	변동없음
아스콘패임	10ea / 4.33㎡	10ea / 4.33㎡	- -	변동없음
아스콘망상균열	9ea / 162.7㎡	9ea / 162.7㎡	- -	변동없음
소성변형	1ea / 0.25㎡	1ea / 0.25㎡	- -	변동없음
표면불량	1ea / 6.0m	1ea / 6.0m	- -	변동없음

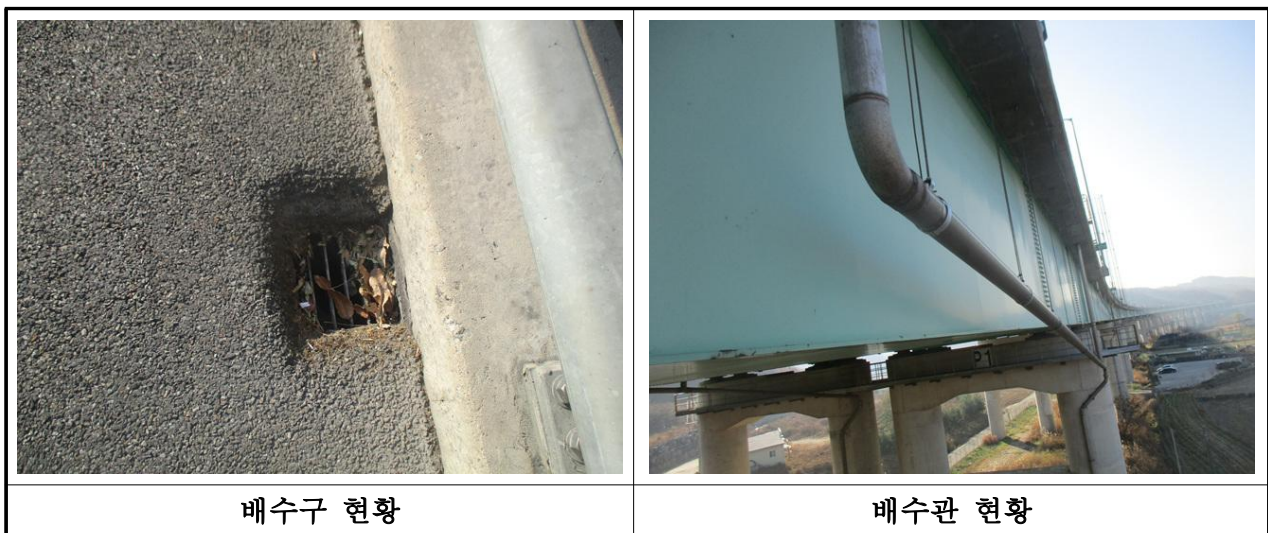
다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 발생한 아스콘 패임 및 소성변형은 중차량의 반복하중으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

웅진대교(천안, 논산)는 곡선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 배수시설이 설치되어 있으며 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



【사진 3.20】 배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 기 손상인 배수관 탈락이 이 조사되었다.

【표 3.31】 배수시설 외관조사 결과

구 분	배수관탈락(EA)	비고
S8	1	
S9	1	
S14	1	
S15	3	
합 계	6	



【사진 3.21】 배수관 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.32】 배수시설 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수관 탈락	6ea / 15.0m	6ea / 15.0m	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 배수관 탈락은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

웅진대교(천안, 논산)의 각 교량의 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 위나 교량하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 강재 방호울타리(가드 파이프) 및 콘크리트 방호울타리(중분대)가 설치되어 있다.



【사진 3.22】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 들뜸 및 박락 등의 손상이 조사되었다.
- 방음벽은 고정핀 탈락, 변형, 파손, 하부 부식 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.33】 방호벽 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간변형 (㎡/개소)	이격 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	7.2/9	-	-	-	6.0/25	-	-	
S2	16.0/20	-	-	-	2.4/10	5.1/1	-	
S3	16.8/21	10.4/13	0.21/5	-	-	-	-	
S4	4.0/4	-	-	-	2.64/11	-	-	
S5	-	28.4/26	-	1.35/2	-	-	-	
S6	11.0/11	7.2/9	-	-	3.6/4	-	-	
S7	4.0/4	17.8/21	-	-	-	1.0/1	-	
S8	25.0/25	24.0/30	-	-	-	-	0.16/1	

【표 3.33】 방호벽 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	녹물 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간변형 (m/개소)	이격 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S9	18.0/18	11.0/11	-	-	8.52/24	-	-	
S10	14.0/14	11.8/11	-	-	2.16/9	-	-	
S11	16.0/16	25.0/5	-	-	4.8/20	-	-	
S12	12.0/12	28.5/28	0.1/1	-	-	-	-	
S13	7.0/7	26.4/31	-	-	-	5.0/1	-	
S14	5.0/5	14.0/16	0.1/1	-	-	-	-	
S15	17.0/17	9.0/9	-	-	19.26/41	-	-	
S16	14.0/14	10.0/10	-	-	40.8/58	-	-	
S17	15.0/15	4.0/4	0.22/8	-	18.84/17	-	-	
S18	8.0/8	7.7/8	0.35/3	1.6/4	19.8/21	-	-	
S19	-	13.0/13	1.0/1	0.6/1	6.72/14	-	1.0/1	
합계	210.0/220	248.2/248	1.98/19	3.55/7	135.54/254	11.1/3	1.16/2	

【표 3.34】 방음벽 외관조사 결과

구 분	고정Plate 탈락 (개소)	변형 (개소)	파손 (개소)	고정핀 이탈, 탈락 (개소)	하부 부식 (m/개소)	비고
S1	2	-	-	2	-	
S2	2	-	-	1	-	
S3	-	1	1	2	35.0/1	
합계	4	1	1	5	35.0/1	

천안방향 방호벽 S1 균열부 백태	천안방향 방호벽 S3 보수부 들뜸
천안방향 방호벽 S5 중분대 균열 0.3mm	천안방향 방호벽 S7 난간 변형
천안방향 방호벽 S11 중분대 균열부 백태	천안방향 방호벽 S14 파손

【사진 3.23】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이 후 콘크리트 들뜸 및 박락, 이격, 방음벽 고정핀 탈락, 이탈 등의 손상인 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상으로 추정된다.

【표 3.35】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 고	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
방 호 벽	균열 (폭 0.3mm미만)	220ea / 210.0m	220ea / 210.0m	- -	변동없음
	균열 (폭 0.3mm이상)	248ea / 248.2m	248ea / 248.2m	- -	변동없음
	파손, 들뜸, 탈락, 박락	12ea / 0.92㎡	19ea / 1.98㎡	↑ 1.06㎡	신규손상
	녹물	1ea / 2.95㎡	7ea / 3.55㎡	↑ 0.6㎡	신규손상
	균열부백태	254ea / 135.54㎡	254ea / 135.54㎡	- -	변동없음
	난간변형	3ea / 11.1m	3ea / 11.1m	- -	변동없음
	이격	1ea / 0.16m	2ea / 1.16m	↑ 1.0m	신규손상
방 음 벽	고정Plate탈락	4ea / 4ea	4ea / 4ea	- -	변동없음
	변형	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상
	파손	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상
	고정핀 이탈, 탈락	- / -	5ea / 5ea	↑ 5ea	신규손상
	하부 부식	- / -	1ea / 35.0m	↑ 35.0m	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 기 발생한 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3 외관조사(논산방향)

3.3.1 상부구조

가. 바닥판

웅진대교의 바닥판하면은 상·하행 바닥판이 나란히 인접되어 위치하고 있으며, 수상구간은 강재 거푸집(Steel Deck Plate)으로 시공되어 있다.



【사진 3.24】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 일부 구간 균열 및 백태가 신규 발생하였다.
- 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.36】 바닥판 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 박리, 박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 녹물, 누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S1	66.3/16	7.0/7	0.6/1	-	-	1.82/3	-	
S2	109.6/26	2.5/2	-	0.5/1	0.4/1	0.04/2	12.0/2	
S3	96.5/13	1.0/1	-	0.03/1	0.04/1	0.1/1	-	
S4	125.0/64	5.0/1	-	-	-	0.4/1	-	

【표 3.36】바닥판 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 박리, 박락 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	박락 및 철근노출 (㎡/개소)	백태, 녹물, 누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (m/개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
S5	68.0/22	-	-	-	-	-	-	
S6	24.9/18	-	0.12/1	-	0.18/1	-	10.0/1	
S7	28.2/15	-	0.1/1	-	-	0.23/5	-	
S8	63.0/33	10.0/1	-	-	-	0.12/1	-	
S9	-	1.0/1	-	-	-	-	-	
S10	-	6.5/2	1.0/1	-	0.5/1	-	10.0/2	
S11	-	-	-	-	0.05/1	1.4/2	-	
S12	1.0/2	17.5/5	0.02/1	-	-	0.2/2	-	
S13	-	3.0/2	0.7/4	-	0.02/1	-	5.0/1	
S14	-	5.5/4	0.4/2	-	0.3/1	-	-	
S15	6.0/2	7.0/7	0.55/2	-	0.22/2	-	4.5/6	
S16	2.0/1	30.0/4	0.15/1	-	0.15/1	0.1/1	-	
S17	3.0/1	12.0/3	0.9/5	-	0.15/1	0.3/1	5.0/1	
S18	6.0/4	3.0/3	0.46/7	-	-	0.2/7	2.0/1	
S19	7.0/3	1.5/1	0.6/1	-	-	0.18/2		
합계	606.5/220	112.5/39	5.6/27	0.53/2	1.51/10	5.1/28	48.5/14	

	
논산방향 S1 바닥판 균열 0.2mm	논산방향 S2 박락 및 철근노출
	
논산방향 S2 캔틸레버 재료분리	논산방향 S12 박락
	
논산방향 S14 캔틸레버 박락 및 철근노출	논산방향 S19 캔틸레버 들뜸

【사진 3.25】 바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상발생 및 물량수정 등으로 확인되었다.

【표 3.37】바닥판 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	218ea / 601.0m	220ea / 606.5m	↑ 5.5m	변동없음
백태	9ea / 3.4㎡	21ea / 3.7㎡	↑ 0.3㎡	신규손상
균열부 백태	- / -	1ea / 0.1㎡	↑ 0.1㎡	신규손상
재료분리	- / -	2ea / 0.53㎡	↑ 0.53㎡	일부보수
녹물	- / -	2ea / 0.4㎡	↑ 0.4㎡	신규손상
누수흔적	- / -	3ea / 0.74㎡	↑ 0.74㎡	신규손상
잡철노출	- / -	2ea / 0.3㎡	↑ 0.3㎡	신규손상
물끊기흙탈락, 들뜸, 불량	15 / 69.5㎡	13ea / 33.5m	↓ 36.0m	물량수정
거푸집 미제거	- /	1ea / 5ea	↑ 5ea	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	47ea / 124.0	39ea / 112.5m	↑ 11.5m	물량변동
균열 및 들뜸	23 / 5.6㎡	25ea / 5.43㎡	↑ 5.33㎡	물량수정
박락	- /	1ea / 0.02㎡	↑ 0.02㎡	신규손상
박락 및 철근노출	6ea / 0.9㎡	8ea / 1.66㎡	↑ 0.76㎡	신규손상
측면들뜸	- /	1ea / 0.15㎡	↑ 0.15㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2mm로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 나타내고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생한 폭 0.3mm이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정된다, 발생한 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생하였다. 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 기 발생한 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요하다.

나. 강박스 거더

본 교량은 19경간 최대경간장 75.0m, 길이 1,135m의 강상자형 교량이다.

강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.

강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.26】강박스 거더 전경

1) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

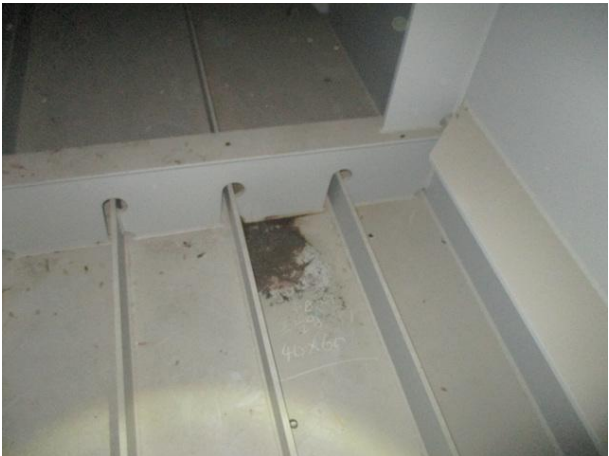
- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사되었다.
- 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인되었다.

【표 3.38】강박스 거더 내부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	용접불량 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	화재이력 (㎡/개소)	비 고
S1	0.01/1	0.4/4	-	-	-	
S2	0.01/1	-	-	-	-	
S3	0.05/2	-	-	-	-	

【표 3.38】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(계속)

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	용접불량 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	화재이력 (㎡/개소)	비 고
S4	0.06/2	-	-	5.5/2	-	
S5	1.15/4	0.75/3	-	4.8/1	-	
S6	4.81/6	0.7/1	-	-	-	
S7	3.63/11	1.64/4	-	-	0.09/1	
S8	1.6/3	-	-	12.52/2	-	
S9	1.5/1	0.37/2	-	-	-	
S10	5.91/7	2.26/4	-	5.32/1	-	
S11	0.13/5	1.19/5	-	0.09/1	-	
S12	0.21/2	0.48/1	-	2.88/1	-	
S13	1.58/13	0.02/2	-		-	
S14	0.32/3	0.19/2	-	5.14/1	-	
S15	0.06/1	0.7/1	-	5.21/3	-	
S16	0.4/6	0.66/3	-	-	-	
S17	0.12/1	-	0.01/1	0.25/1	-	
S18	0.01/1	0.1/1	-	-	-	
S19	-	-	-	-	-	
합계	21.61/71	9.46/33	0.01/1	41.71/15	0.09/1	

	
논산방향 S1 G3 격벽 도장박리	논산방향 S1 G4 부식
	
논산방향 S7 G3 점부식	논산방향 S7 G3 화재흔적
	
논산방향 S10 G1 도장박리	논산방향 S11 G3 이물질퇴적

【사진 3.27】 강박스 거더 내부 손상현황

2) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 굽힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.39】강박스 거더 내부 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 고	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	66ea / 19.0㎡	68ea / 21.5㎡	↑ 2.5㎡	신규손상
부식	30ea / 9.2㎡	33ea / 9.46㎡	↑ 2.6㎡	신규손상
용접불량	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
이물질퇴적	- / -	15ea / 41.7㎡	↑ 41.7㎡	신규손상
화재이력	1ea / 0.09㎡	1ea / 0.09㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 후 진전시 채도장 등의 조치가 요구된다.
- 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 경간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직하다.
- 발생된, 용접불량 및 화재이력은 기 손상으로 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 상태로 확인되었으며, 일부 도장 손상 및 부식, 우수유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치 후 진전시 채도장 등의 보수가 요구된다.
- 기타 손상인 이물질퇴적은 청소 등의 유지관리가 바람직 할 것이다.

2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부 도장박리 및 부식, 기 손상인 변형 등이 조사되었다.
- 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락, 볼트 부식 등이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.40】 강박스 거더 외부 외관조사 결과

구 분	도장손상 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	변형 (m/개소)	볼트부식 (개소)	점검구 볼트미체결 (개소)	비 고
S1	0.44/10	0.31/4	-	-	-	
S2	0.05/1	1.52/32	-	40	-	
S3	-	1.7/16	-	3	-	
S4	0.2/1	2.09/8	-	-	-	
S5	-	1.62/6	-	-	-	
S6	-	1.45/14	-	-	-	
S7	-	3.81/19	-	-	-	
S8	-	3.75/26	-	4	-	
S9	0.11/2	0.57/6	-	-	-	
S10	0.19/3	0.09/7	0.1/1	40	-	
S11	2.82/3	-	-	3	2	
S12	0.03/3	0.26/16	-	-	-	
S13	0.11/2	0.11/7	-	-	-	
S14	-	0.13/5	-	7	-	
S15	-	0.2/2	-	-	-	
S16	-	0.03/1	-	-	-	
S17	0.15/1	-	-	-	-	
S18	-	0.48/5	-	-	-	
S19	-	1.67/6	-	-	-	
합계	4.1/26	19.79/180	0.1/1	54	2	

논산방향 S1 G4 주형외부 도장박리	논산방향 S1 G4 주형외부 부식
논산방향 S2 G4 주형외부 도장긁힘	논산방향 S8 G4 주형외부 도장박리
논산방향 S8 G4 주형외부 볼트부식	천안방향 S18 G3 주형외부 도장박리

【사진 3.28】 강박스 거더 외부 손상현황

3) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더외부의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 부식이 신규 발생하였고, 볼트 부식은 물량 변동이 발생하였다. 손상은 정밀 조사로 인한 물량 변동 및 누락 손상으로 확인되었다. 거더 외부는 금회 조사한 외관조사 결과로 향후 유지보수를 시행하는 것이 용이할 것으로 판단된다.

【표 3.41】 강박스 거더 외부 기 점검 결과 비교

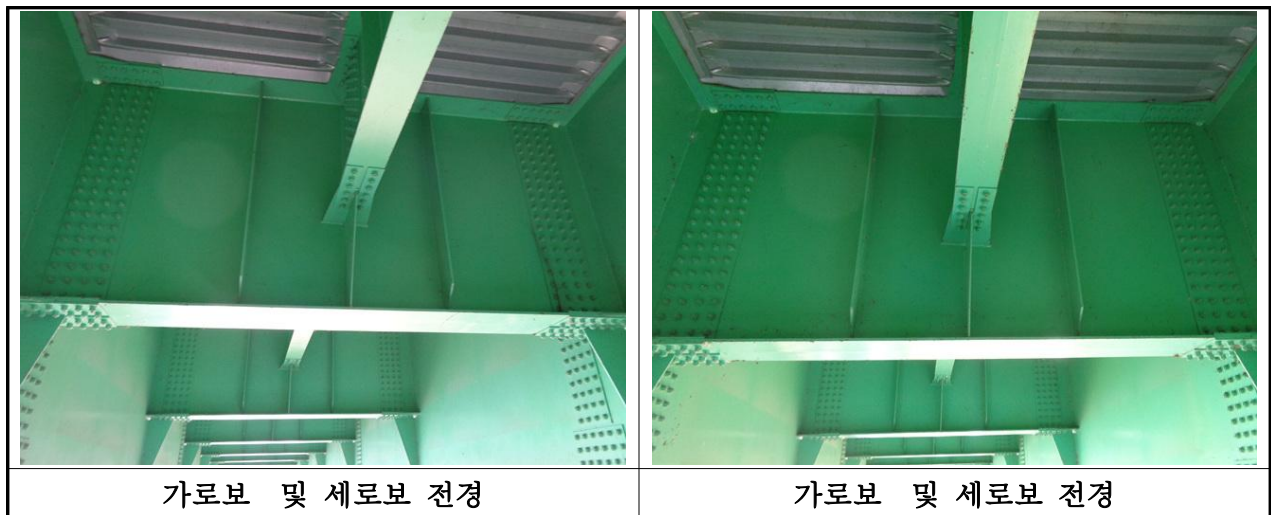
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장손상	20ea / 3.8㎡	26ea / 4.1㎡	↑ 0.3㎡	신규손상
부식	81ea / 4.8㎡	180ea / 19.79㎡	↑ 15.0㎡	신규손상
변형	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음
볼트부식	10ea / 10ea	54ea / 54ea	↑ 44ea	신규손상
점검구 볼트미체결	- / -	2ea / 2ea	↑ 2ea	신규손상

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태이다.
- 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

다. 가로보 및 세로보

본 교량의 거더와 거더 사이에는 가로보 및 세로보가 시공되어 있으며 가로보는 3.125m 간격을 유지하고 있다. 본 조사시 고소점검차를 이용하여 상세외관조사를 수행하였다.



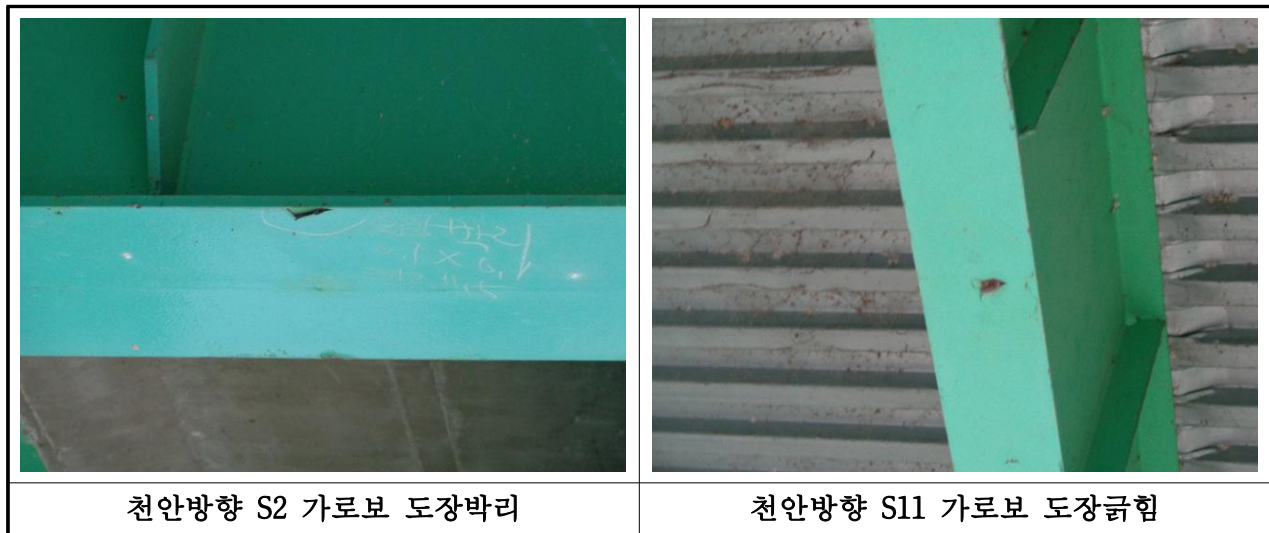
【사진 3.29】 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 가로보는 경미한 부식 및 도장박리가 발생하였다. 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사되었다.
- 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.42】 가로보 및 세로보 외관조사 결과

구 분	도장박리 (㎡/개소)	부식 (㎡/개소)	비고
S2	0.03/3	-	
S3	0.04/4	-	
S7	0.01/1	-	
S10	0.02/2	-	
S11	0.01/1	-	
S19	0.03/3	0.6/1	
합 계	0.14/14	0.6/1	



【사진 3.30】 가로보 및 세로보 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 도장 균형 및 도장박리 손상이 정밀조사로 인한 신규 발생하였고, 기존 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.43】 가로보 및 세로보 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	10ea / 0.1m ²	14ea / 0.14m ²	↑ 0.04m ²	신규손상
부식	1ea / 0.6m ²	1ea / 0.6m ²	- -	변동없음

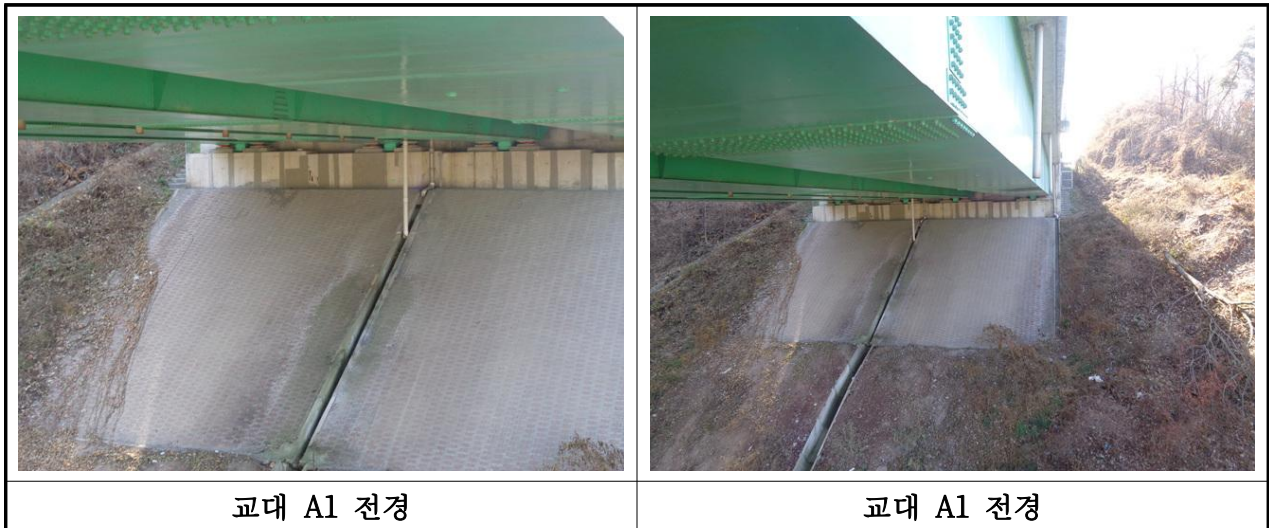
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 요한다.
- 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

웅진대교의 하부구조는 천안, 논산 각각 2기의 역T형 교대와 18기의 라멘식 교각으로 구성되어 있으며, 각 하부 구조물의 기초형식은 교대는 직접+말뚝기초, 교각은 말뚝기초로 시공되어 있다.



【사진 3.31】 교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인되었다.

【표 3.44】 교대 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)	파손, 박락 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만						
A1	3.0/3	-	1.5/1	0.16/1	-	-	
A2	16.4/13	0.51/3	-	-	0.24/1	10.0/1	
합 계	19.4/16	0.51/3	1.5/1	0.16/1	0.24/1	10.0/1	

	
논산방향 교대 A1 균열 0.2mm	논산방향 교대 A1 균열부 백태
	
논산방향 교대 A2 균열 0.1mm	논산방향 교대 A2 박락
	
논산방향 교대 A2 박락보수	논산방향 교대 A2 백태

【사진 3.32】 교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 표면 열화(박락, 파손 등) 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 확인되었다.

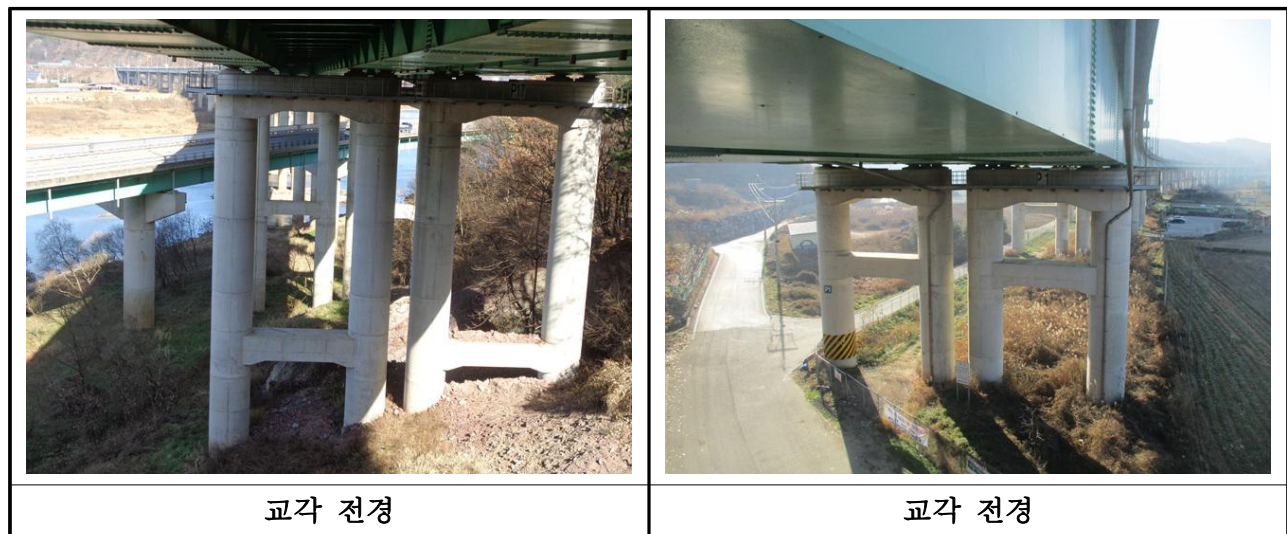
【표 3.45】교대 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	16ea / 19.4m	16ea / 19.4m	- -	변동없음
균열부백태	1ea / 0.16㎡	1ea / 0.16㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 10㎡	1ea / 10㎡	- -	변동없음
망상균열	1ea / 1.5㎡	1ea / 1.5㎡	- -	변동없음
백태	1ea / 0.24㎡	1ea / 0.24㎡	- -	변동없음
박락, 파손	3ea / 0.36㎡	3ea / 0.51㎡	↑ 0.15㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구된다.
- 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단된다.

나. 교각



【사진 3.33】 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2mm 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사되었다.
- 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 기타 경미한 박락, 들뜸, 거푸집 미제거, 표지판 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.46】 교각 외관조사 결과

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박리, 박락, 들뜸, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
P1	60.6/54	-	10.5/3	-	-	-	-	-	
P2	40.7/23	-	-	-	-	-	-	-	
P3	85.5/70	-	2.0/1	-	-	-	-	-	
P4	35.8/38	-	-	-	-	-	-	-	
P5	12.2/6	-	14.25/2	0.12/1	-	-	-	-	
P6	55.1/43	-	3.0/1	-	-	-	-	-	
P7	21.6/12	-	48.0/3	-	-	-	-	-	
P8	41.1/42	-	1.0/1	13.08/4	0.1/1	-	-	-	
P9	29.0/37	-	11.5/3	26.35/4	-	-	-	4	

【표 3.46】 교각 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박리, 박락, 들뜸, 재료분리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	기타손상 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상							
P10	47.4/54	-	0.64/1	4.61/3	-	-	-	-	
P11	48.6/47	-	-	1.51/2	-	-	1.5/1	-	
P12	43.0/36	-	0.42/1	0.5/2	1.0/1	-	-	3	
P13	15.5/12	-	1.84/2	55.6/3	-	0.01/1	-	1	
P14	73.5/49	-	-	10.3/2	-	-	-	-	
P15	20.1/18	0.5/1	-	0.5/1	-	-	-	1	
P16	6.3/6	-	3.84/2	-	-	-	-	-	
P17	13.7/15	3.0/6	-	0.12/2	-	-	-	-	
P18	16.0/21	-	-	-	-	-	-	-	
합계	665.7/583	3.5/7	96.99/20	112.69/24	1.1/2	0.01/1	1.5/1	9	

	
논산방향 교각 P1 기둥부 균열 0.2mm	논산방향 교각 P1 코핑부 균열 0.2mm
	
논산방향 교각 P3 코핑부 망상균열'	논산방향 교각 P12 코핑부 균열 0.2mm
	
논산방향 교각 P13 표지판 탈락	논산방향 교각 P18 코핑부 균열 0.2mm

【사진 3.34】 교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 (폭 0.3mm미만)이 정밀조사로 인한 신규 조사되었고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.47】 교각 기 점검 결과 비교

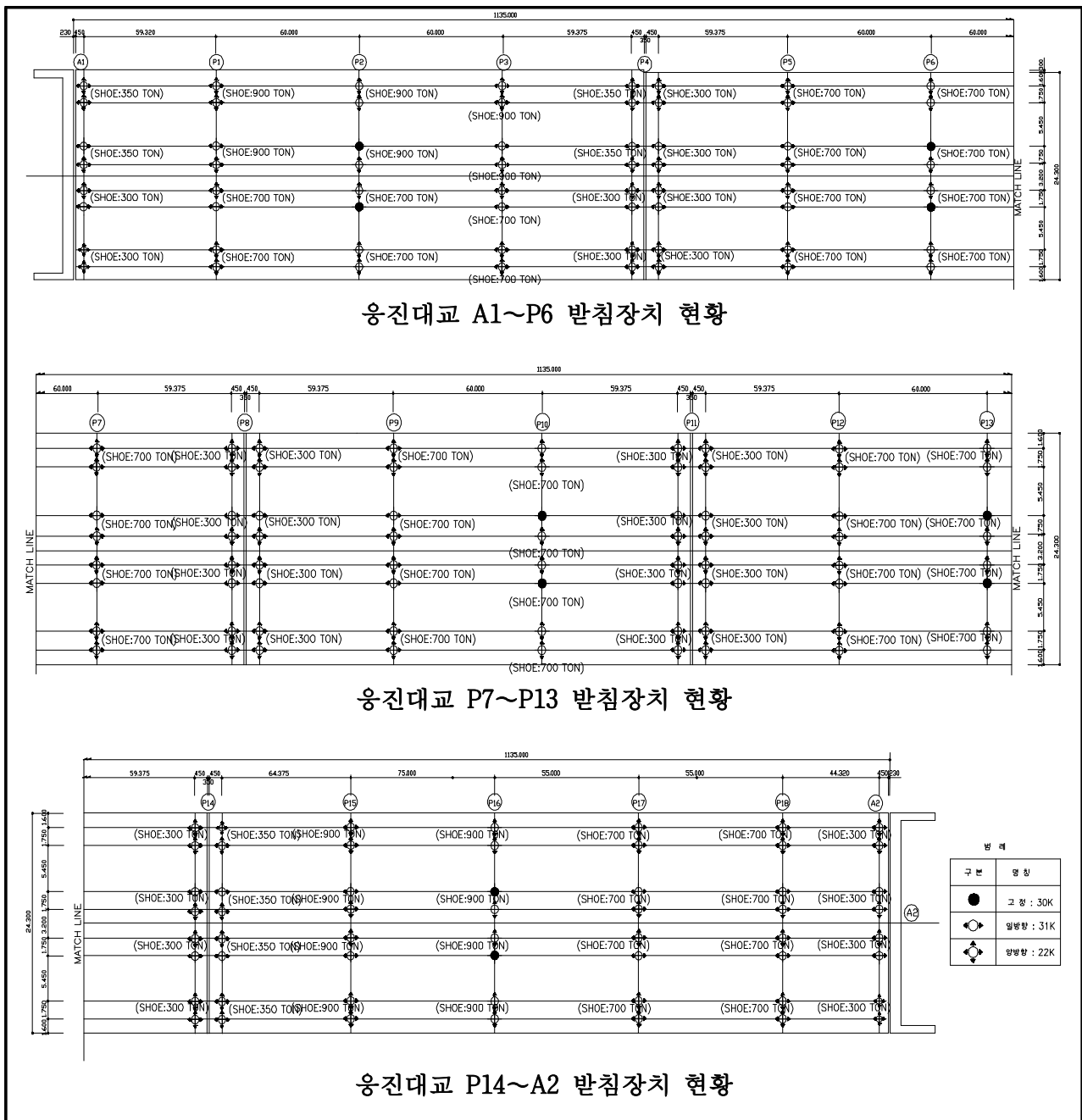
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	579ea / 661.5m	583ea / 665.7m	↑ 4.2m	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	7ea / 3.5m	7ea / 3.5m	- -	변동없음
망상균열	20ea / 96.99㎡	20ea / 96.99㎡	- -	변동없음
박리, 박락, 들뜸, 재료분리	24ea / 112.69㎡	24ea / 112.69㎡	- -	변동없음
백태	2ea / 1.1㎡	2ea / 1.1㎡	- -	변동없음
이물질퇴적	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 1.5㎡	1ea / 1.5㎡	- -	변동없음
기타손상	9ea / 9㎡	9ea / 9㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 굽힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 기 손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구된다.

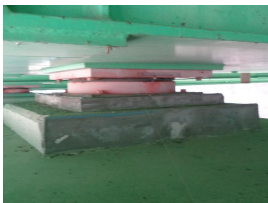
3.3.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 포트받침(Pot Bearing)이며, 각 교량 당 5개소의 고정단 받침, 3개소의 교축직각 일방향 받침, 15개소의 교축 일방향 받침 및 45개소의 양방향 받침으로 총 160개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면 부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.5】 교량받침 배치도

【표 3.48】 교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	350.0	±100.0	6
			교각	700.0		
	교축 직각방향		교각	700.0	-	4
양방향			교대	300.0	±100.0	21
			교각	700.0		
고정단			교각	900.0	-	2

가. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재로서 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트 및 받침몰탈의 균열, 단면손상이 조사되었다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인되었다.

【표 3.49】교량받침 외관조사 결과

구 분	받침 Con'c균열 (m/개소)		받침 Con'c 들뜸, 파손, 재료분리 (㎡/개소)	Plate 도장손상 (㎡/개소)	기타 손상 (EA)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
A1	-	-	-	1.02/3	-	
P1	3.5/15	-	-	0.02/1	-	
P2	1.4/7	-	-	0.05/1	-	
P3	-	-	-	0.01/1	-	
P4	0.2/1	0.1/1	-	8.0/8	-	
P5	-	-	-	1.0/1	-	
P6	-	-	-	-	-	
P7	0.3/2	-	-	0.02/1	3	
P8	2.0/6	-	0.07/2	0.03/3	1	
P9	1.8/9	-	-	4.05/8	-	
P10	0.4/1	-	-	4.24/8	-	
P11	2.8/8	1.3/2	0.1/1	4.0/4	4	
P12	1.1/11	-	-	4.0/4	-	
P13	1.9/14	-	-	-	1	
P14	0.95/6	-	-	1.0/1	-	
P15	3.0/23	-	-	-	1	
P16	2.15/12	-	-	0.18/6	-	
P17	0.8/5	-	0.02/1	-	-	
P18	3.6/18	-	-	4.0/4	-	
A2	0.2/2	-	-	0.5/2	-	
합계	26.1/140	1.4/3	0.19/4	32.12/57	10	

	
논산방향 교량받침 A1-SH1 도장박리	논산방향 교량받침 A2-SH2 무수축물탈 균열
	
논산방향 교량받침 A2-SH3,4 도장박리	논산방향 교량받침 P1-SH3 도장박리
	
논산방향 교량받침 P7-SH1 가동량표시계 파손	논산방향 교량받침 P7-SH2 받침콘크리트균열

【사진 3.35】 교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 받침 콘크리트 들뜸, 도장박리, 부식 등의 신규 손상이 확인되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 추정된다.

【표 3.50】교량받침 기 점검 결과 비교

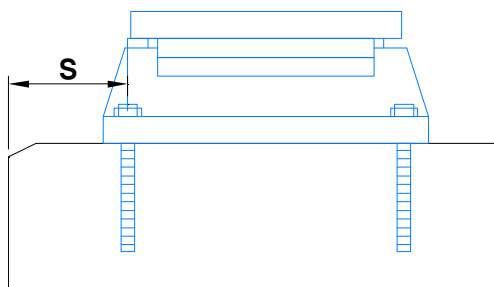
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침 콘크리트균열 (0.3mm미만)	140ea / 26.1m	140ea / 26.1m	- -	변동없음
받침 콘크리트균열 (0.3mm이상)	3ea / 1.4m	3ea / 1.4m	- -	변동없음
받침 콘크리트 들뜸, 파손, 재료분리	1ea / 1.33m	3ea / 1.4m	↑ 0.07m	신규손상
Plate도장손상	5ea / 2.1㎡	57ea / 32.12㎡	↑ 30.02㎡	신규손상
고무재파손	- / -	3ea / 3ea	↑ 3ea	신규손상
먼지막이고무링파손	2ea / 2ea	4ea / 4ea	↑ 2ea	신규손상
이동량표지판탈락	3ea / 3ea	3ea / 3ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침물탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요하다.

라. 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(2010, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



〈 포트받침 〉

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

【그림 3.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더의 경간길이 100m이하 : $S = 20 + 0.5L$
- 거더의 경간길이 100m이상 : $S = 30 + 0.4L$



2) 연단거리 측정 결과

- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.51】교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
			논산방향				
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		500.0	580	580	570	570	O.K
P1	A1측		930	930	960	840	O.K
	A2측		880	940	910	930	O.K
P2	A1측		860	860	890	890	O.K
	A2측		880	900	890	880	O.K
P3	A1측		890	870	880	860	O.K
	A2측		950	950	960	970	O.K
P4	A1측		670	670	680	680	O.K
	A2측		670	650	670	690	O.K
P5	A1측		970	960	950	950	O.K
	A2측		970	970	980	980	O.K
P6	A1측		920	930	920	900	O.K
	A2측		920	920	930	930	O.K
P7	A1측		930	950	940	910	O.K
	A2측		950	950	940	910	O.K
P8	A1측		700	710	730	700	O.K
	A2측		680	690	670	670	O.K
P9	A1측		920	930	940	950	O.K
	A2측	900	940	910	940	O.K	

【표 3.51】 교대 및 교각 받침부 연단거리 조사결과(계속)

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토 결과
			논산방향				
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P10	A1측	500.0	910	910	910	900	O.K
	A2측		950	950	920	950	O.K
P11	A1측		670	660	700	650	O.K
	A2측		700	700	660	650	O.K
P12	A1측		920	900	920	910	O.K
	A2측		930	920	910	910	O.K
P13	A1측		950	950	950	950	O.K
	A2측		890	870	940	940	O.K
P14	A1측	525	680	660	710	710	O.K
	A2측		690	690	700	710	O.K
P15	A1측	575	900	880	900	900	O.K
	A2측		910	910	890	870	O.K
P16	A1측	475	870	870	860	840	O.K
	A2측		850	860	870	840	O.K
P17	A1측		900	890	890	890	O.K
	A2측		850	860	870	840	O.K
P18	A1측	425	940	920	940	940	O.K
	A2측		950	950	920	920	O.K
A2				550	5400	540	550

마. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



【사진 3.36】 교량받침 가동량 측정 전경

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.52】 교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	15 (A1)	40 (A1)	25.0	10.8	
	Sh2	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
	Sh3	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
	Sh4	15 (A1)	40 (A1)	25.0		
P1	Sh1	5 (A1)	0	5.0	5.4	
	Sh2	5 (A1)	0	5.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	0	5.0		
P2	고정단					
P3	Sh1	2 (A1)	5 (A2)	3.0	5.4	
	Sh2	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
	Sh3	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
	Sh4	2 (A1)	5 (A2)	3.0		
P4	Sh1	10 (A2)	20 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	10 (A2)	20 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	25 (A2)	15.0		
	Sh4	10 (A2)	25 (A2)	15.0		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P4	Sh5	0	8 (A1)	8.0	10.8	
	Sh6	0	10 (A1)	10.0		
	Sh7	0	3 (A1)	3.0		
	Sh8	0	3 (A1)	3.0		
P5	Sh1	5 (A1)	25 (A1)	20.0	5.4	
	Sh2	0	5 (A1)	5.0		
	Sh3	0	5 (A1)	5.0		
	Sh4	0	15 (A1)	15.0		
P6	고정단					
P7	Sh1	10 (A2)	10 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P8	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	10.8	
	Sh2	5 (A2)	15 (A2)	10.0		
	Sh3	10 (A2)	25 (A2)	15.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
	Sh6	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
	Sh7	10 (A1)	15 (A1)	5.0		
	Sh8	5 (A1)	15 (A1)	10.0		
P9	Sh1	10 (A2)	10 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh3	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
	Sh4	10 (A2)	10 (A2)	0.0		
P10	고정단					
P11	Sh1	15 (A2)	15 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh3	10 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh4	15 (A2)	15 (A2)	0.0		
	Sh5	20 (A2)	15 (A2)	5.0	10.8	
	Sh6	20 (A2)	15 (A2)	5.0		
	Sh7	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh8	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
P12	Sh1	20 (A2)	20 (A2)	0.0	5.4	
	Sh2	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh3	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
	Sh4	20 (A2)	20 (A2)	0.0		
P13	고정단					
P14	Sh1	20 (A2)	30 (A2)	10.0	5.4	
	Sh2	20 (A2)	30 (A2)	10.0		
	Sh3	20 (A2)	35 (A2)	15.0		
	Sh4	20 (A2)	35 (A2)	15.0		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측 이동량(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P14	Sh5	35 (A2)	20 (A2)	15.0	11.7	
	Sh6	35 (A2)	20 (A2)	15.0		
	Sh7	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh8	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
P15	Sh1	30 (A2)	20 (A2)	10.0	6.8	
	Sh2	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh3	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
	Sh4	30 (A2)	15 (A2)	15.0		
P16	고정단					
P17	Sh1	0	0	0.0	5.0	
	Sh2	0	0	0.0		
	Sh3	0	0	0.0		
	Sh4	0	0	0.0		
P18	Sh1	5 (A2)	10 (A2)	5.0	9.9	
	Sh2	5 (A2)	10 (A2)	5.0		
	Sh3	5 (A1)	0	5.0		
	Sh4	5 (A1)	20 (A1)	15.0		
A2	Sh1	5 (A2)	15 (A2)	10.0	14.0	
	Sh2	5 (A2)	15 (A2)	10.0		
	Sh3	0	15 (A2)	15.0		
	Sh4	5 (A2)	15 (A2)	10.0		

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.53】교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P1	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P2	고 정 단								
P3	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P4	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P5	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P6	고 정 단								
P7	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P8	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P9	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P10	고 정 단								
P11	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	13.3	34.8	63.9
P12	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	10.7	25.3
P13	고 정 단								
P14	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	60	10.7	25.3	0	12.5	29.5
	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	130	23.2	54.8	13.3	36.6	68.1
P15	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	75	13.4	31.6	0	13.4	31.6
P16	고 정 단								
P17	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	55	9.8	23.2	0	9.8	23.2
P18	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	110	19.7	46.3	13.3	33.0	59.7
A2	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	24.5	65.3	13.3	37.8	78.6

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	15 (A1)	34.8	63.9	115	85	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			115	85	±100	O.K
P1	Sh1	5 (A1)	10.7	25.3	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			105	95	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	2 (A1)	10.7	25.3	98	102	±100	O.K
	Sh2	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh3	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh4	2 (A1)			98	102	±100	O.K
P4	Sh1	10 (A2)	34.8	63.9	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh5	0			100	100	±100	O.K
	Sh6	0			100	100	±100	O.K
	Sh7	0			100	100	±100	O.K
	Sh8	0			100	100	±100	O.K
P5	Sh1	5 (A1)	10.7	25.3	95	105	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P6		고정단						
P7	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P8	Sh1	5 (A2)	34.8	63.9	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P8	Sh5	5 (A1)	34.8	63.9	95	105	±100	O.K
	Sh6	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh7	10 (A1)			90	110	±100	O.K
	Sh8	5 (A1)			95	105	±100	O.K
P9	Sh1	10 (A2)	10.7	25.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	15 (A2)	10.7	25.3	115	85	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	20 (A2)	34.8	63.9	120	80	±100	O.K
	Sh6	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh7	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh8	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P12	Sh1	20 (A2)	10.7	25.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P13		고정단						
P14	Sh1	20 (A2)	12.5	29.5	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh5	35 (A2)	36.6	68.1	135	65	±100	O.K
	Sh6	35 (A2)			135	65	±100	O.K
	Sh7	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh8	30 (A2)			130	70	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.54】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P15	Sh1	30 (A2)	13.4	31.6	130	70	±100	O.K
	Sh2	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh3	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh4	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	0	9.8	23.2	100	100	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	33.0	59.7	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95	105	±100	O.K
A2	Sh1	5 (A2)	37.8	78.6	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	5 (A2)			105	95	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 기상청 통계에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) · 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)
----------	---

【표 3.55】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	15 (A1)	48.3	60.0	115	85	±100	O.K
	Sh2	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh3	15 (A1)			115	85	±100	O.K
	Sh4	15 (A1)			115	85	±100	O.K
P1	Sh1	5 (A1)	17.5	23.3	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			105	95	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			105	95	±100	O.K
P2		고정단						
P3	Sh1	2 (A1)	17.5	23.3	98	102	±100	O.K
	Sh2	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh3	2 (A1)			98	102	±100	O.K
	Sh4	2 (A1)			98	102	±100	O.K
P4	Sh1	10 (A2)	48.3	60.0	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh5	0			100	100	±100	O.K
	Sh6	0			100	100	±100	O.K
	Sh7	0			100	100	±100	O.K
	Sh8	0			100	100	±100	O.K
P5	Sh1	5 (A1)	17.5	23.3	95	105	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0 (A1)			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P6		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

【표 3.55】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P7	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P8	Sh1	5 (A2)	48.3	60.0	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh6	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh7	10 (A1)			90	110	±100	O.K
	Sh8	5 (A1)			95	105	±100	O.K
P9	Sh1	10 (A2)	17.5	23.3	110	90	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	10 (A2)			110	90	±100	O.K
P10		고정단						
P11	Sh1	15 (A2)	17.5	23.3	115	85	±100	O.K
	Sh2	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh3	10 (A2)			110	90	±100	O.K
	Sh4	15 (A2)			115	85	±100	O.K
	Sh5	20 (A2)	48.3	60.0	120	80	±100	O.K
	Sh6	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh7	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh8	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P12	Sh1	20 (A2)	17.5	23.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
P13		고정단						

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

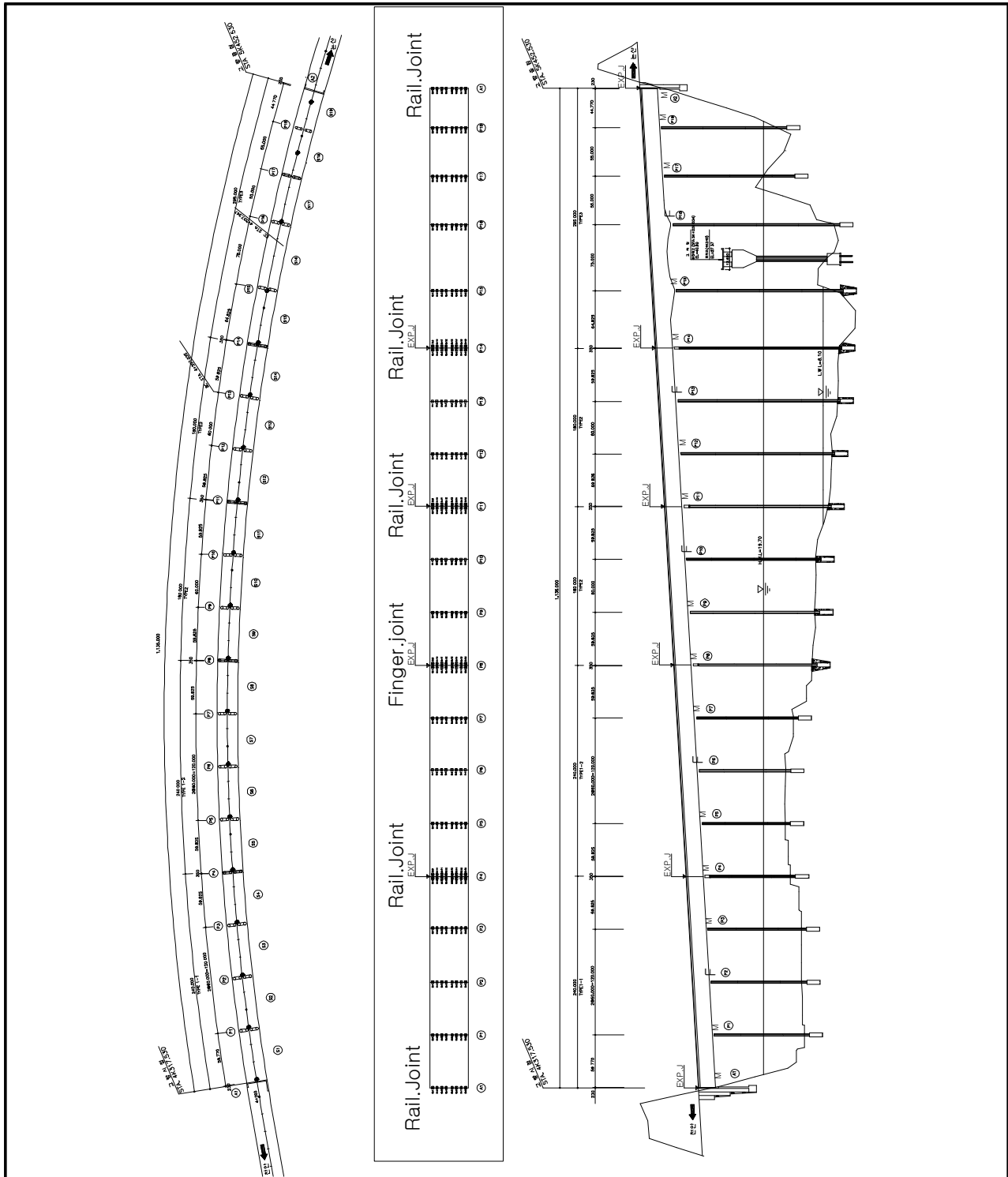
【표 3.55】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P14	Sh1	20 (A2)	17.5	23.3	120	80	±100	O.K
	Sh2	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh3	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh4	20 (A2)			120	80	±100	O.K
	Sh5	35 (A2)	51.2	63.9	135	65	±100	O.K
	Sh6	35 (A2)			135	65	±100	O.K
	Sh7	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh8	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P15	Sh1	30 (A2)	21.9	29.2	130	70	±100	O.K
	Sh2	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh3	30 (A2)			130	70	±100	O.K
	Sh4	30 (A2)			130	70	±100	O.K
P16		고정단						
P17	Sh1	0	16.0	21.4	100	100	±100	O.K
	Sh2	0			100	100	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	0			100	100	±100	O.K
P18	Sh1	5 (A2)	45.4	56.1	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	5 (A1)			95	105	±100	O.K
	Sh4	5 (A1)			95	105	±100	O.K
A2	Sh1	5 (A2)	37.8	73.6	105	95	±100	O.K
	Sh2	5 (A2)			105	95	±100	O.K
	Sh3	0			100	100	±100	O.K
	Sh4	5 (A2)			105	95	±100	O.K

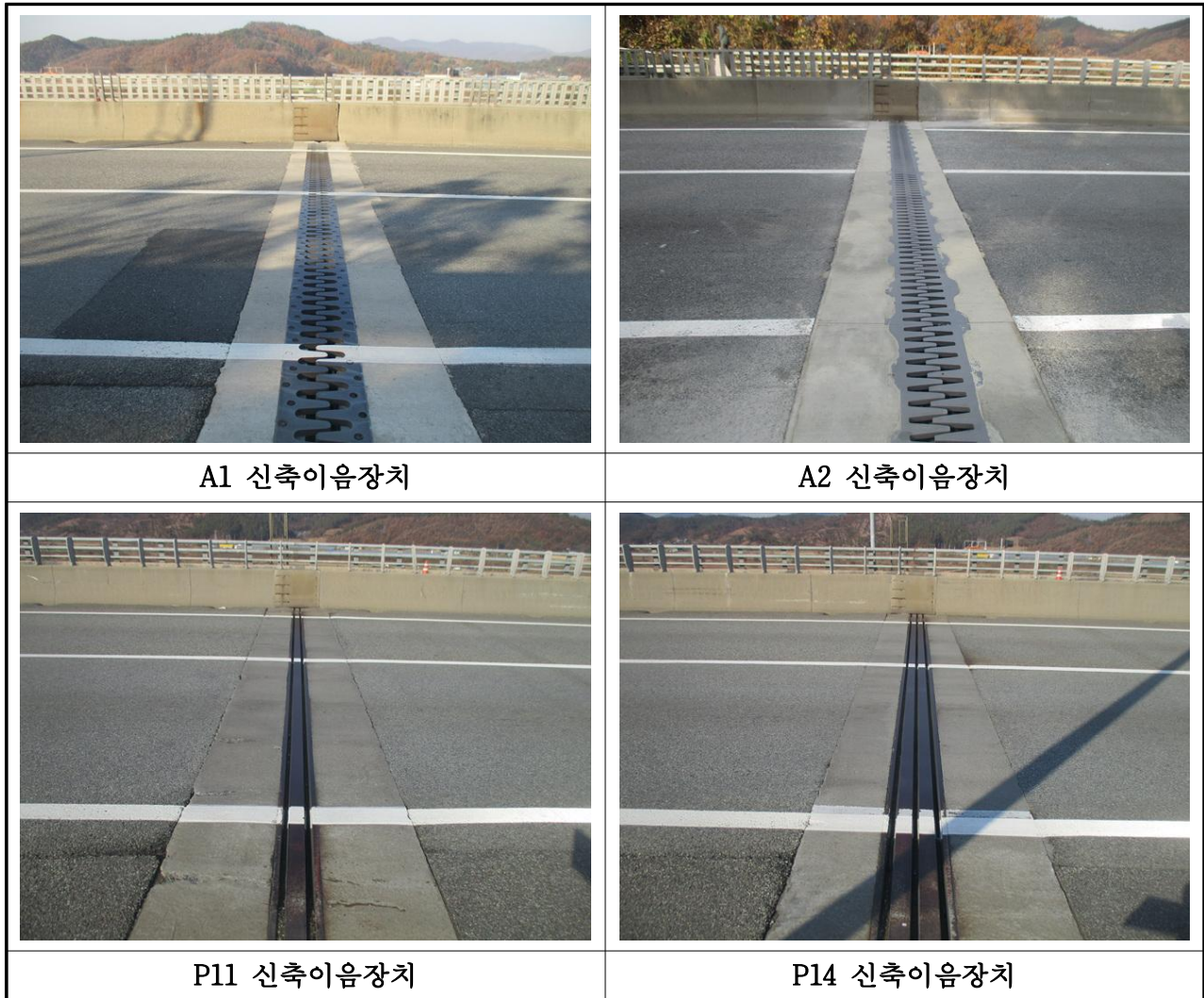
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

웅진대교 신축이음장치는 레일조인트(A1₁, A2, P4, P11, P14), 핑거조인트(P8)로 시공되었으면 신축이음장치 현황은 <그림 3.8>와 같다.



【그림 3.7】 신축이음 현황



【사진 3.37】 신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 구간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사되었다.
- 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사되었다.

【표 3.56】 신축이음장치 외관조사 결과

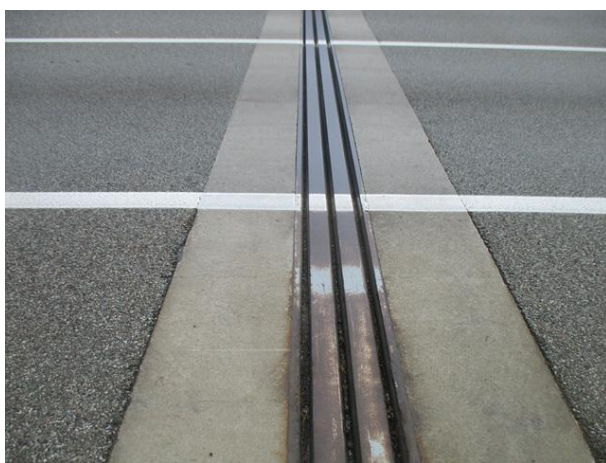
구분	본 체			후 타 재				비 고
	부식 (m/개소)	이물질 퇴적 (m/개소)	슬라이딩 스프링 탈락 (m/개소)	균열(m/개소)		박락 (㎡/개소)	접속부 단차 (m/개소)	
				0.3mm 미만	0.3mm 이상			
A1	-	2.0/1	-	-	-	-	-	
P4	7.7/7	4.5/3	1	4.0/8	-	0.1/1	-	
P8	3.0/1	-	-	-	-	-	-	
P11	-	-	-	-	-	-	-	
P14	12.0/8	3.0/3	-	9.0/18	1.0/2	-	2.0/1	
A2	-	-	-	-	-	-	-	
합계	22.7/16	9.5/7	1	13.0/26	1.0/2	0.1/1	2.0/1	



논산방향 신축이음 A1 이물질퇴적



논산방향 신축이음 P4 본체부식



논산방향 신축이음 P4 후타재 균열



논산방향 신축이음 P411 후타재 박락

【사진 3.38】 신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이 후 본체 부식, 하부 슬라이딩 스프링 탈락이 조사되었고, 신규손상으로 확인되었다.

【표 3.57】 신축이음장치 기 점검 결과 비교

손상내용		손상물량		손상물량 비 교	비 고
		2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
본체	부식	15ea / 19.7m	16ea / 22.7m	↑ 3.0m	신규손상
	이물질퇴적	6ea / 7.5m	7ea / 9.5m	↑ 2.0m	신규손상
	슬라이딩 스프링 탈락	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상
후타재	균열 (0.3mm미만)	26ea / 13.0m	26ea / 13.0m	- -	변동없음
	균열 (0.3mm이상)	2ea / 1.0m	2ea / 1.0m	- -	변동없음
	박락	1ea / 0.1㎡	1ea / 0.1㎡	- -	변동없음
	접속부 단차	1ea / 2.0m	1ea / 2.0m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단된다.
- 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직하다.
- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직하다.
- 금회 발생한 하부 슬라이딩 스프링 탈락은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 후 진전지 장기적으로 신축이음 교체 등의 유지관리가 요구된다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:4.9℃(11월 15일), 2차:12.4℃(3월 28일))에 걸쳐 신축이음장치, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.39】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.58】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(mm)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	90	70	195	200	295	300	Finger Joint (No. 160)
EXP.J2 (P4)	125	112	320	307	470	457	Rail Joint (No. 240)
EXP.J3 (P8)	130	115	290	320	470	450	Finger Joint (No. 200)
EXP.J4 (P11)	94	80	335	330	460	475	Rail Joint (No. 160)
EXP.J5 (P14)	120	90	300	270	470	410	Rail Joint (No. 240)
EXP.J6 (A2)	100	85	280	265	280	265	Rail Joint (No. 160)

- 11월(4.9℃)과 3월(12.4℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(P4) EXP. J3(P8) EXP. J4(P11) EXP. J5(P14) EXP. J6(A2) 의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.59】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	90	70	20.0	11.4	
	거더 상부	195	200	5.0		
	거더 하부	295	300	5.0		
EXP.J2(P4)	신축이음장치	125	112	13.0	22.8	
	거더 상부	320	307	13.0		
	거더 하부	470	457	13.0		
EXP.J3(P8)	신축이음장치	130	115	15.0	22.8	
	거더 상부	290	320	30.0		
	거더 하부	470	450	20.0		
EXP.J4(P11)	신축이음장치	94	80	14.0	17.1	
	거더 상부	335	330	5.0		
	거더 하부	460	475	15.0		
EXP.J5(P14)	신축이음장치	120	90	30.0	19.0	
	거더 상부	300	270	30.0		
	거더 하부	470	410	60.0		
EXP.J6(A2)	신축이음장치	100	85	15.0	14.7	
	거더 상부	280	265	15.0		
	거더 하부	280	265	15.0		

2) 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.60】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	120	21.5	50.5	14.1	35.6	64.6
EXP.J2(P4)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J3(P8)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	240	42.9	101.1	14.1	57.0	115.2
EXP.J4(P11)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	180	32.2	75.8	14.1	46.3	89.9
EXP.J5(P14)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	200	35.8	84.2	14.1	49.9	98.3
EXP.J6(A2)	14.9	35.1	1.2×10^{-5}	155	27.7	65.3	14.1	41.8	79.4

1) 조사당시 온도 : 4.9℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.61】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (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	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	35.6	64.6	90	160	34.4	25.4	O.K
	거더 상부			195	160		130.4	O.K
	거더 하부			295	160		230.4	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치	57.0	115.2	125	240	58.0	9.8	O.K
	거더 상부			320	240		204.8	O.K
	거더 하부			470	240		354.8	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치	57.0	115.2	130	200	13.0	14.8	O.K
	거더 상부			290	200		174.8	O.K
	거더 하부			470	200		354.8	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치	46.3	89.9	94	160	39.7	4.1	O.K
	거더 상부			335	160		245.1	O.K
	거더 하부			460	160		370.1	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치	49.9	98.3	120	240	70.1	21.7	O.K
	거더 상부			300	240		201.7	O.K
	거더 하부			470	240		371.7	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치	41.8	79.4	100	160	18.2	20.6	O.K
	거더 상부			280	160		200.6	O.K
	거더 하부			280	160		200.6	O.K

 주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 기상청 통계에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	· 최근 10년간 부여군 기상관측소 자료 참조 · 최근 10년간 최저기온 : -19.4℃(측정일시 : 2013년 1월 4일) · 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2012년 8월 16일)
----------	---

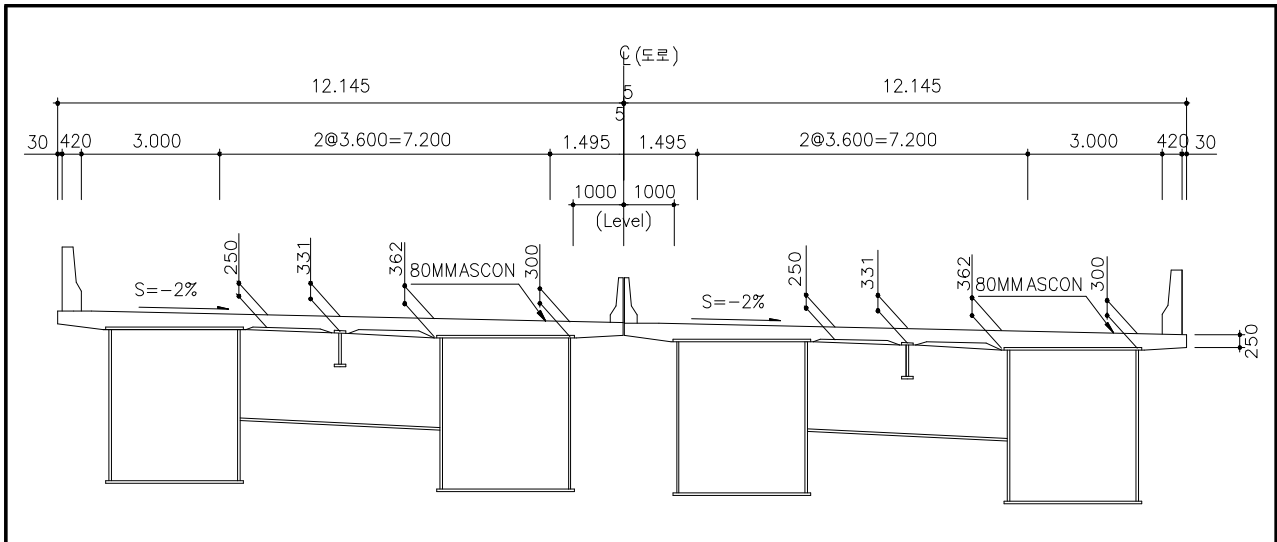
【표 3.62】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (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	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치			90	160	35.0	43.3	O.K
	거더 상부	35.0	46.7	195	160		148.3	O.K
	거더 하부			295	160		248.3	O.K
EXP.J2 (P4)	신축이음장치			125	240	45.0	31.7	O.K
	거더 상부	70.0	93.3	320	240		226.7	O.K
	거더 하부			470	240		376.7	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음장치			130	200	0.0	36.7	O.K
	거더 상부	70.0	93.3	290	200		196.7	O.K
	거더 하부			470	200		376.7	O.K
EXP.J4 (P11)	신축이음장치			94	160	13.5	24.0	O.K
	거더 상부	52.5	70.0	335	160		265.0	O.K
	거더 하부			460	160		390.0	O.K
EXP.J5 (P14)	신축이음장치			120	240	61.7	42.2	O.K
	거더 상부	58.3	77.8	300	240		222.2	O.K
	거더 하부			470	240		392.2	O.K
EXP.J6 (A2)	신축이음장치			100	160	14.8	39.7	O.K
	거더 상부	45.2	60.3	280	160		219.7	O.K
	거더 하부			280	160		219.7	O.K

주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

3.3.5 교면포장

웅진대교(천안, 논산)의 교면포장은 STB Box Upper Flange 위 SMA 포장으로 시공되어 있으며, 웅진대교(천안, 논산)은 분리교량으로 약 5cm가 분리되어 시공되었으며, 교폭은 각각 12.10m이다.



【그림 3.8】 교면포장 현황



교면포장 전경

교면포장 전경

【사진 3.40】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었다.

【표 3.63】 교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 균열 (m/개소)	아스콘 탈락, 패임 (㎡/개소)	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	아스콘 들뜸 (㎡/개소)	비고
S1	63.0/3	0.01/1	-	-	
S2	20.0/1	-	-	-	
S3	50.0/1	-	-	-	
S4	50.0/1	-	-	1.0/1	
S5	50.0/1	-	-	-	
S6	45.5/4	0.02/2	-	-	
S7	74.0/10	-	-	-	
S8	10.0/1	0.01/1	-	-	
S9	18.0/2	-	-	-	
S10	-	-	-	-	
S11	-	-	50.0/1	-	
S12	30.0/4	-	-	-	
S13	29.5/6	-	-	-	
S14	-	-	-	-	
S15	30.0/1	-	-	-	
S16	-	0.04/1	-	-	
S17	-	-	50.0/1	-	
S18	-	-	7.0/2	-	
S19	13.0/3	0.03/1	-	-	
합계	493.0/38	0.11/6	107.0/4	1.0/1	

	
논산방향 교면포장 S1 아스콘 탈락	논산방향 교면포장 S4 아스콘 단차
	
논산방향 교면포장 S7 아스콘 탈락	논산방향 교면포장 S8 아스콘 패임
	
논산방향 교면포장 S11 아스콘 망상균열	논산방향 교면포장 S16 아스콘 탈락

【사진 3.41】 교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸 등의 신규 손상이 발생하였고, 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.64】교면포장 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘 균열	36ea / 441.0m	38ea / 493.0m	↑ 52.0m	신규손상
아스콘 들뜸	6ea / 0.2m ²	7ea / 1.11m ²	↑ 0.91m	신규손상
아스콘 망상균열	4ea / 107.0m ²	4ea / 107.0m ²	- -	변동없음

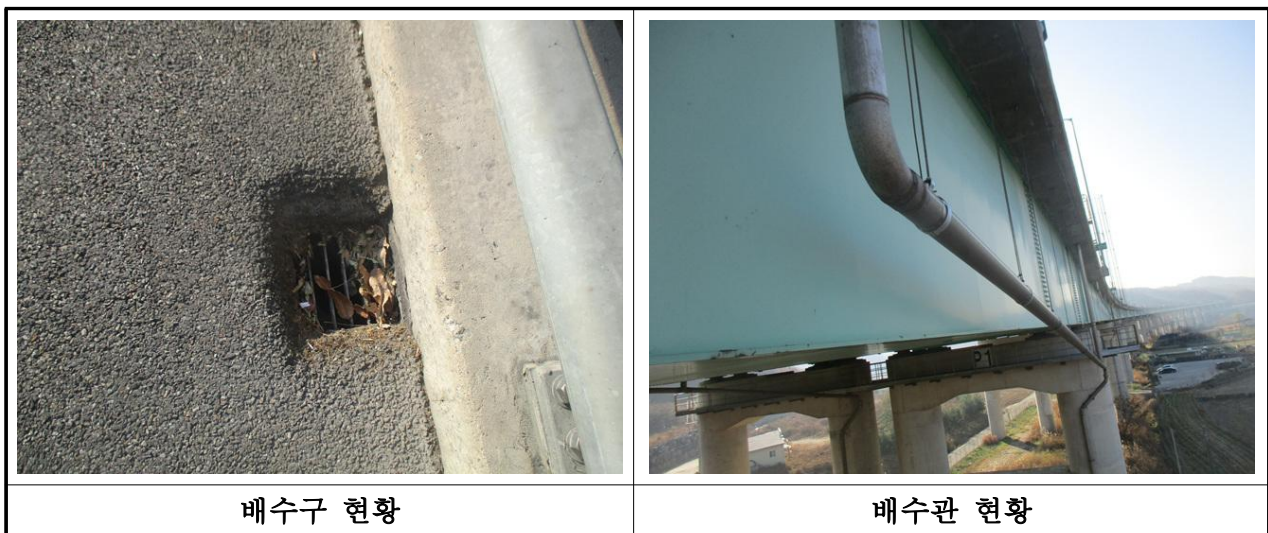
다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요하다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

웅진대교(천안, 논산)는 곡선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 배수시설이 설치되어 있으며 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



【사진 3.42】 배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

- 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사되었다.
- 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인되었다.

【표 3.65】 배수시설 외관조사 결과

구 분	부식 (EA)	연결고리 탈락 (개소)	파손 (개소)	탈락 (개소)	비고
S2	3	1	-	-	
S3	-	-	1	-	
S5	3	-	-	-	
S6	-	-	1	-	
S7	2	-	-	-	
S9	-	-	-	3	
S12	-	-	-	1	
S17	-	-	-	1	
S18	-	-	-	1	
합 계	8	1	2	6	



【사진 3.43】 배수관 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.66】 배수시설 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
부식	6ea / 6ea	8ea / 8ea	↑ 2ea	신규손상
연결고리 탈락	- / -	1ea / 1ea	↑ 1ea	신규손상
파손	- / -	2ea 2ea	↑ 1.75㎡	신규손상
탈락	- / -	6ea 6ea	↑ 6ea	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다.
- 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

웅진대교(천안, 논산)의 각 교량의 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 위나 교량하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 강재 방호울타리(가드 파이프) 및 콘크리트 방호울타리(중분대)가 설치되어 있다.



【사진 3.44】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 망상균열, 들뜸 및 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.
- 일부 균열 및 박락, 철근노출, 차수판 볼트 탈락, 변형 등의 신규 손상이 확인되었다.

【표 3.67】 방호벽 외관조사 결과

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	망상 균열 녹물 (㎡/개소)	철근 노출 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간손 상 (㎡/개소)	이격 (㎡/개소)	기타 손상 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상								
S1	13.0/13	-	0.1/1	-	-	8.88/37	-	-	-	
S2	17.0/17	-	-	-	-	3.6/15	-	-	-	
S3	22.0/22	-	0.06/3	0.6/1	-	6.0/25	-	-	-	
S4	-	-	-	-	-	2.4/10	1.5/3	-	-	

【표 3.67】 방호벽 외관조사 결과(계속)

구분	균열(m/개소)		파손, 들뜸, 탈락, 박락 (㎡/개소)	망상 균열 녹물 (㎡/개소)	철근 노출 (㎡/개소)	균열부 백태 (㎡/개소)	난간손 상 (m/개소)	이격 (m/개소)	기타 손상 (m/개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상								
S5	32.0/27	-	-	-	-	3.6/15	-	-	-	
S6	17.0/17	-	-	-	-	2.88/12	-	-	-	
S7	3.0/3	-	-	0.06/2	-	1.5/10	-	-	-	
S8	10.7/11	-	-	12.0/2	-	3.6/15	-	-	-	
S9	7.0/7	-	-	-	-	5.36/29	-	-	1	
S10	6.3/7	-	-	-	-	5.28/22	-	-	-	
S11	16.9/17	-	-	-	-	4.2/16	-	-	-	
S12	13.0/13	-	-	-	-	3.42/15	-	-	1	
S13	21.2/12	0.7/1	0.1/1	-	-	4.56/19	-	-	-	
S14	20.0/20	-	0.04/1	0.3/2	-	2.88/12	0.3/1	-	-	
S15	30.0/30	2.0/2	-	-	0.02/1	14.64/37	-	-	-	
S16	14.0/14	13.0/8	0.15/1	-	-	6.0/1	0.5/1	-	-	
S17	12.0/12	-	0.45/1	-	-	5.4/21	-	-	-	
S18	-	30.0/1	-	0.03/1	-	6.84/17	-	-	-	
S19	6.0/6	46.0/8	-	-	-	2.64/11	-	1.0/1	-	
합 계	261.1/248	61.7/19	0.9/8	2.19/8	0.02/1	94.22/339	2.3/5	1.0/1	2	

	
논산방향 방호벽 S1 백태	논산방향 방호벽 S1 접속부 파손
	
논산방향 방호벽 S3 콘크리트 탈락	논산방향 방호벽 S5 중분대 백태
	
논산방향 방호벽 S16 박리	논산방향 방호벽 S18 재균열 0.2mm

【사진 3.45】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이 후 균열(폭 0.3mm이상) 및 파손 및 들뜸, 녹물 등의 손상이 추가 조사되었고, 정밀 조사에 의한 신규 손상으로 확인되었다.

【표 3.68】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	248ea / 261.1m	248ea / 261.1m	- -	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	18ea / 31.7m	19ea / 61.7m	↑ 30.0m	신규손상
파손, 들뜸, 탈락, 박락	6ea / 0.3㎡	8ea / 0.9㎡	↑ 0.6㎡	신규손상
망상균열, 녹물	1ea / 0.6㎡	8ea / 2.19㎡	↑ 1.59㎡	신규손상
철근노출	1ea / 0.02㎡	1ea / 0.02㎡	- -	변동없음
균열부 백태	339ea / 94.22㎡	339ea / 94.22㎡	- -	변동없음
난간손상	5ea / 2.3m	5ea / 2.3m	- -	변동없음
이격	- / -	1ea / 1.0m	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 망상균열, 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 기 발생한 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

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 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.69】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(Steel BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	38	40	동일부위 시험
초음파 전달속도시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	38	40	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	22	22	22	36	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 6~9개소 ²⁾		6~9		8	6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ³⁾		3		2	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판 단에 따라 수량 결정		-		-	2	C _w =0.3mm미만 균열

주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시

주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

2) 내구성조사 위치 선정사유

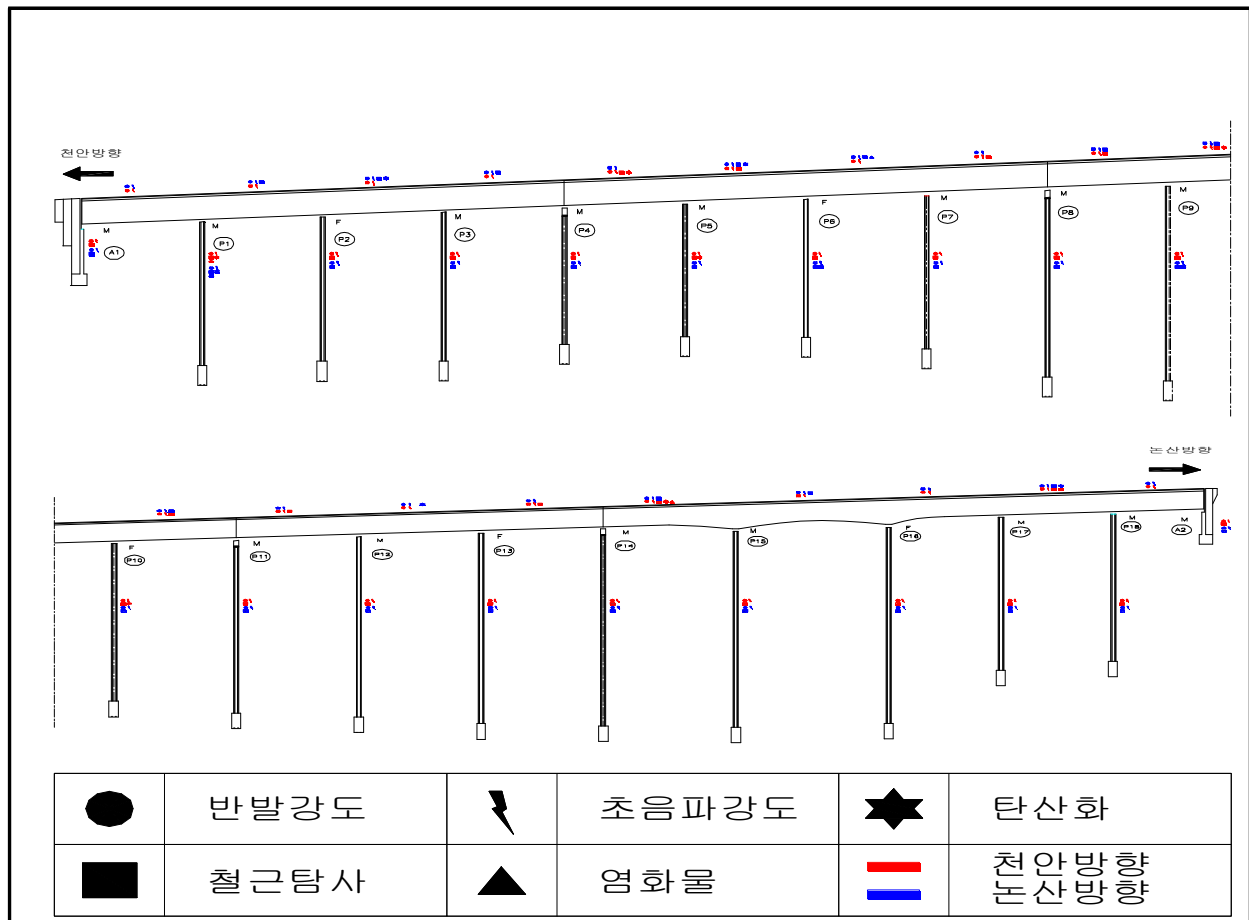
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며 그에 따라 상부구조는 바닥판하면 캔틸레버에, 하부구조는 교각 기둥 하부측에 실시하였다.

3) 조사 사진



【사진 3.46】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.9】 콘크리트 내구성조사 위치도

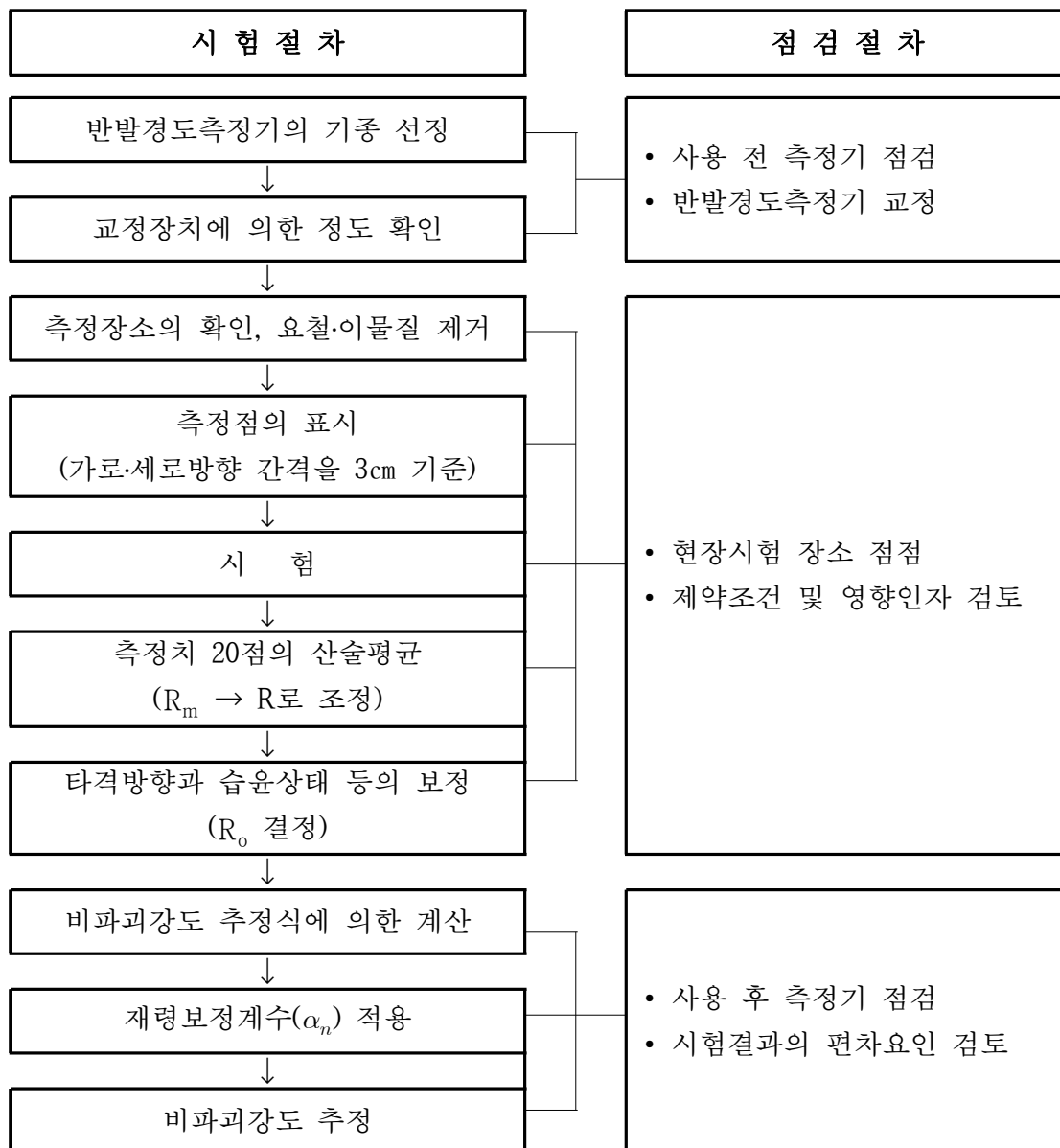
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.10】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.70】 보정반발경도(R_o)

◆ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함
- ⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정
- 상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정

α R	보 정 값			
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
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	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨
- ⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정
- 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.71】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

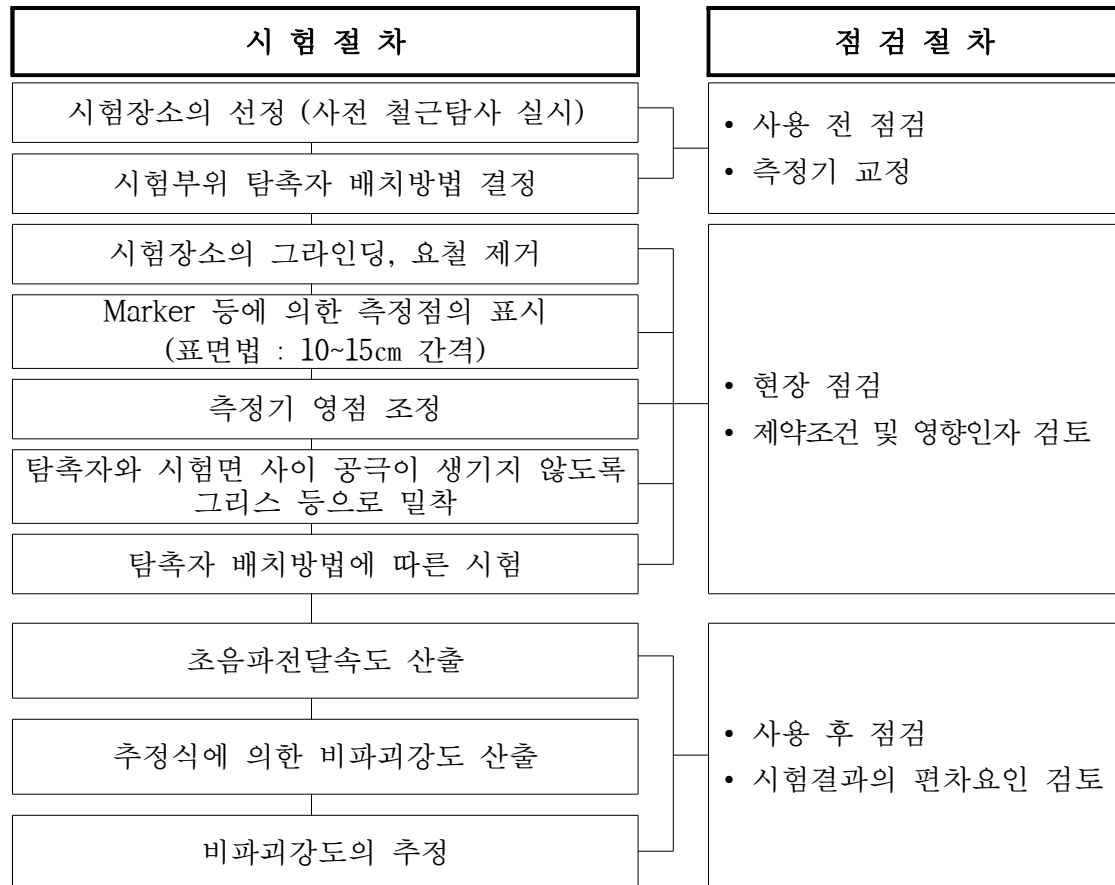
 【표 3.72】 재령계수 α 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



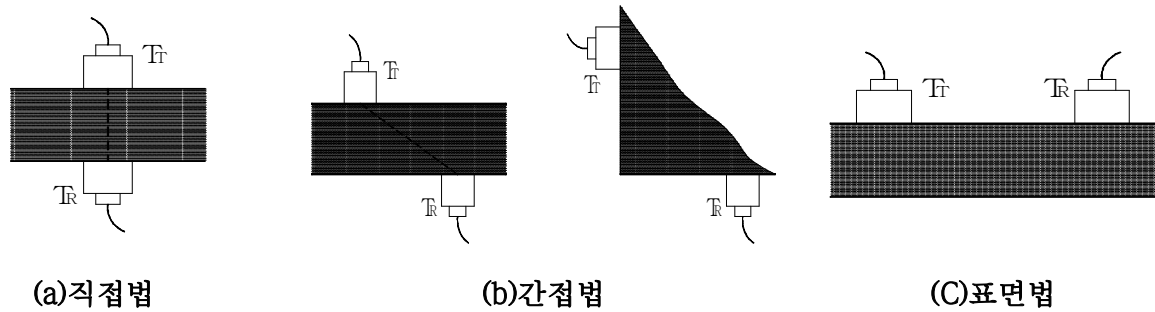
【그림 3.11】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



【그림 3.12】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

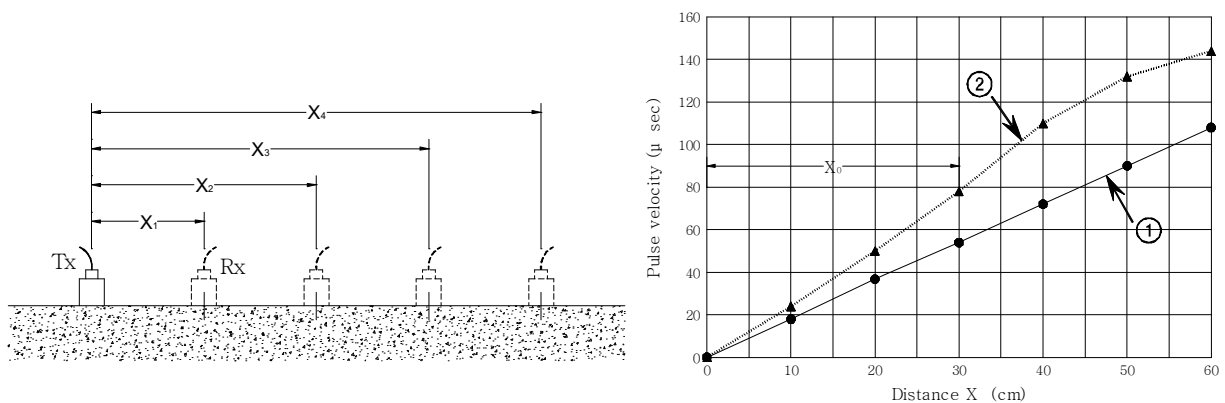
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100~150mm)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.13】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2}$$

여기서, $\bar{X}$, $\bar{T}$ 는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.73】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215 V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식④)
일본토목학회	$F_c = (102 V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식③)
한전기술연구원	$F_c = (339.1 V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川の 제안식	$F_c = (172.5 V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

나. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 【그림 3.30】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

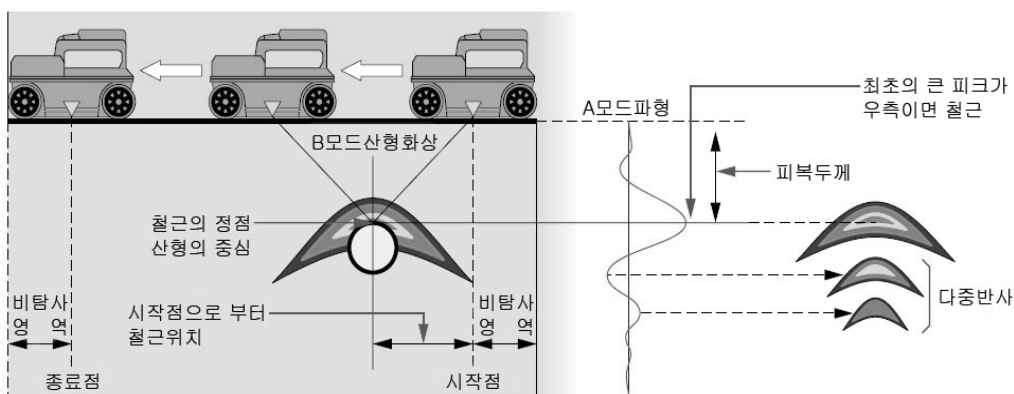
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

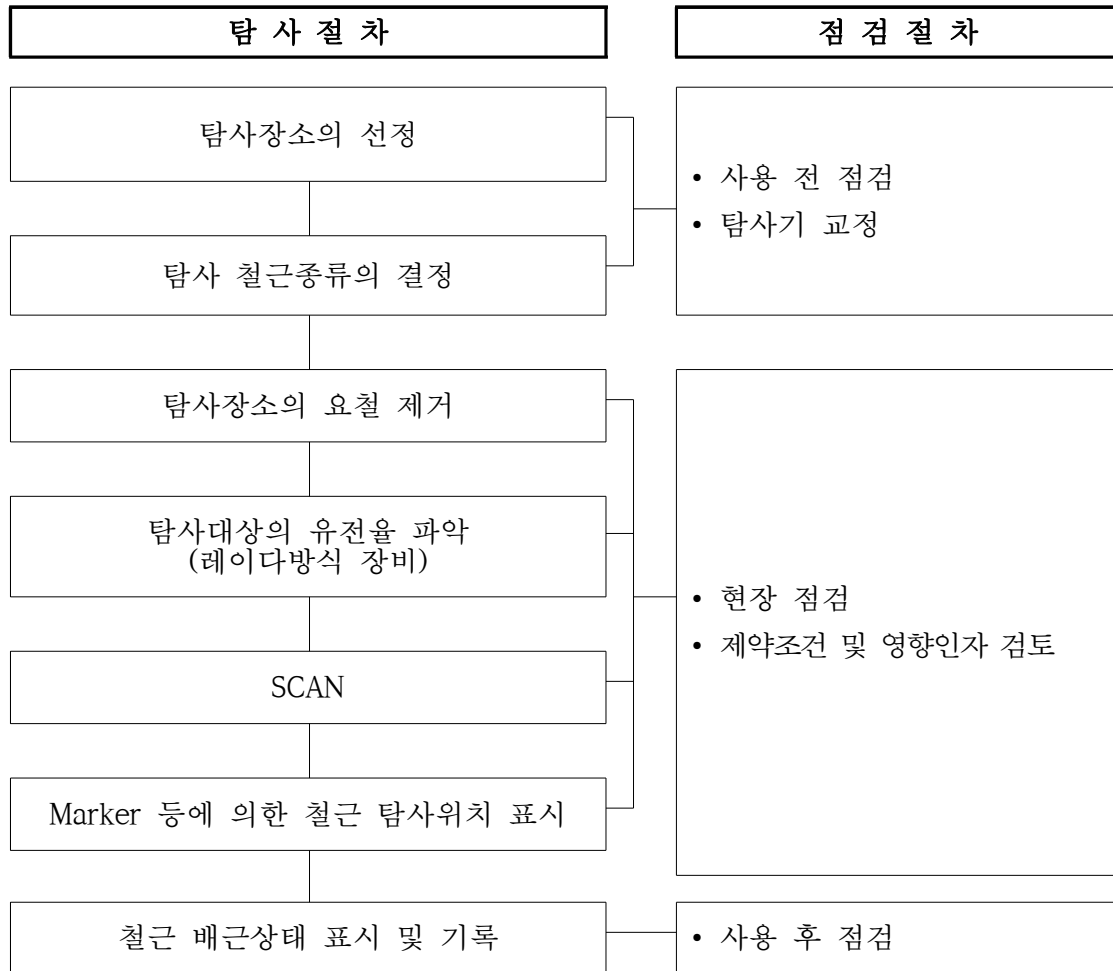
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.14】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【그림 3.15】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
 - 탐사심도 200mm이내
 - 탐사대상 철근지름이 $\phi 6\text{mm}$ 이상
 - 콘크리트의 질이 균일한 곳
 - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
 - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
 - 100mm이하의 피치로 배근되어 있는 경우
 - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

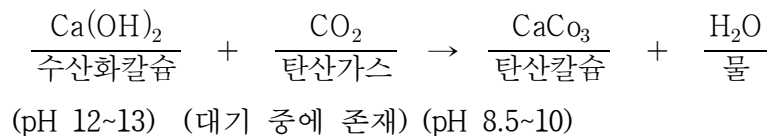
② 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적인 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3.16】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.74】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	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
	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 속도가 빠름

【표 3.74】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
외적 요인	온도	- 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 20~50 °C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 - 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.75】 탄산화 상태평가 기준

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

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘(CaCl_2)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레스 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, ③ 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl))을 주로 함유한 것의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로서 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 $0.3 \sim 1.2\text{kg/m}^3$ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 $0.3 \sim 0.6\text{kg/m}^3$ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 $1.2 \sim 2.4\text{kg/m}^3$ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조서편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m^3 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m^3 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/m^3 이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/m^3 까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.76】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl^-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.77】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

기 준	전염화물 이온량(kg/m^3)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 $< 0.3\text{kg/m}^3$	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 1.2\text{kg/m}^3$	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• $1.2\text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 2.5\text{kg/m}^3$	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	• 철근 부식발생
e	-	-

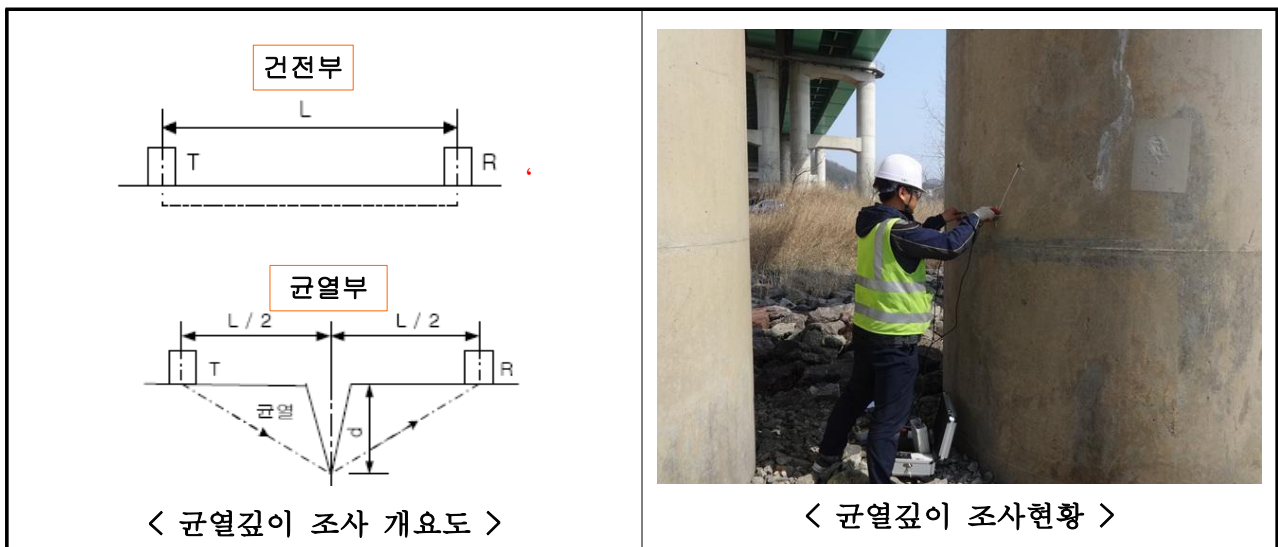
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_0 법으로 구한다.

T_c-T_0 법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래 그림과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c 를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L 과 초음파가 전파하는 시간 T_0 를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 $X=10\text{cm}$ 를 적용하였다.

$$d = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_0^2)} - 1}$$



【그림 3.17】 T_c-T_0 법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

3.4.3.1 천안방향

1) 콘크리트 강도시험

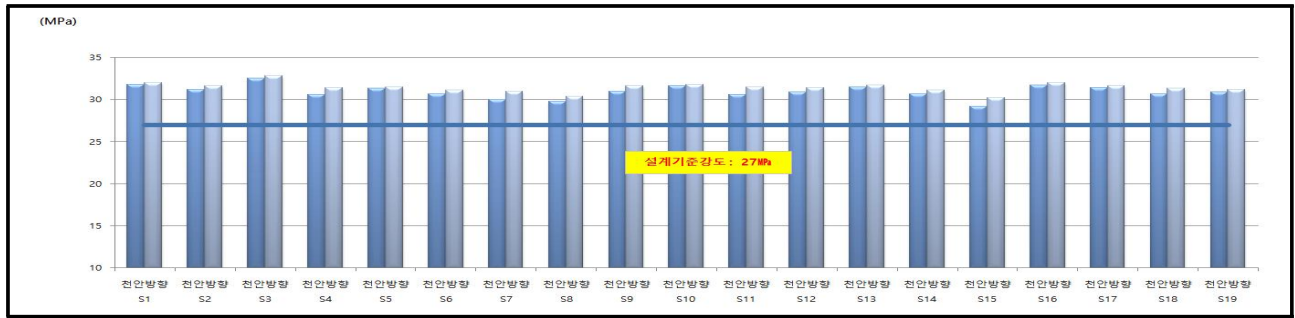
웅진대교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소) 및 초음파전달속도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 114.8~116.7%, 하부구조 : 112.1~119.2%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 웅진대교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.78】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

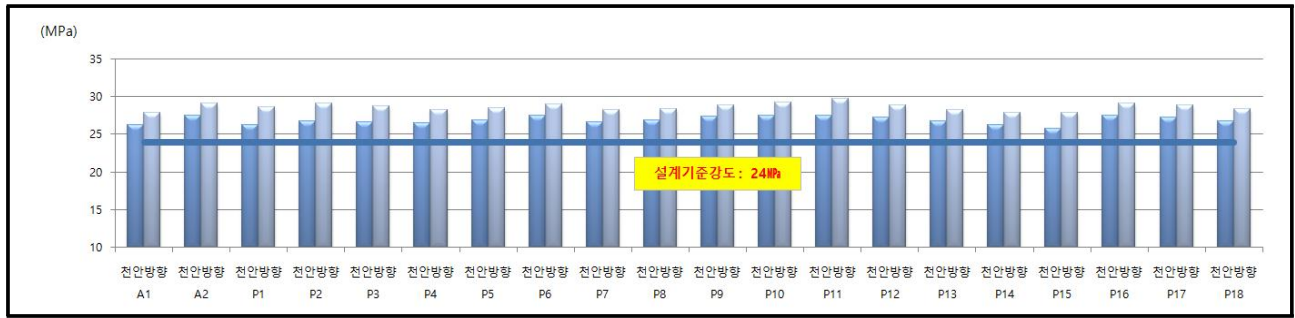
시험위치	비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준 강도 (MPa)
	반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상부구조	S01 캔틸레버	57.50	4.383	32.6	30.9	32.3	31.6	31.8	32.0
	S02 캔틸레버	56.70	4.358	31.9	30.6	32.1	31.1	31.3	31.6
	S03 캔틸레버	58.60	4.437	33.6	31.5	32.9	32.7	32.6	32.8
	S04 캔틸레버	55.80	4.349	31.2	30.1	32.0	30.9	30.7	31.5
	S05 캔틸레버	56.75	4.354	32.0	30.6	32.1	31.0	31.3	31.6
	S06 캔틸레버	55.95	4.329	31.3	30.2	31.8	30.5	30.8	31.2
	S07 캔틸레버	54.90	4.322	30.4	29.7	31.7	30.3	30.1	31.0
	S08 캔틸레버	54.55	4.282	30.1	29.5	31.3	29.5	29.8	30.4
	S09 캔틸레버	56.35	4.359	31.6	30.4	32.1	31.1	31.0	31.6
	S10 캔틸레버	57.15	4.375	32.3	30.8	32.3	31.4	31.6	31.9
	S11 캔틸레버	55.80	4.350	31.2	30.1	32.0	30.9	30.7	31.5
	S12 캔틸레버	56.25	4.345	31.6	30.3	32.0	30.8	31.0	31.4
	S13 캔틸레버	57.10	4.363	32.3	30.7	32.1	31.2	31.5	31.7
	S14 캔틸레버	55.85	4.330	31.2	30.1	31.8	30.5	30.7	31.2
	S15 캔틸레버	53.70	4.270	29.4	29.1	31.2	29.2	29.3	30.2
	S16 캔틸레버	57.35	4.386	32.5	30.9	32.4	31.7	31.7	32.1
	S17 캔틸레버	56.90	4.362	32.1	30.7	32.1	31.1	31.4	31.6
	S18 캔틸레버	55.85	4.339	31.2	30.1	31.9	30.7	30.7	31.3
	S19 캔틸레버	56.15	4.335	31.5	30.3	31.9	30.6	30.9	31.3
평균			31.6	30.3	32.0	30.9	31.0	31.5	27.0
표준편차			0.96	0.55	0.37	0.76	0.755	0.56	
변동계수			3.04	1.82	1.16	2.46	2.43	1.81	



【그림 3.18】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.79】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
하부구조	A1 벽체	46.25	4.112	25.7	27.0	29.6	25.9	26.4	27.8	24.0
	A2 벽체	48.18	4.201	27.2	27.9	30.5	27.8	27.6	29.2	
	P01 코핑부	46.25	4.165	25.7	27.0	30.2	27.0	26.4	28.6	
	P02 코핑부	46.79	4.199	26.1	27.3	30.5	27.7	26.7	29.1	
	P03 코핑부	47.10	4.175	26.0	27.2	30.3	27.2	26.6	28.8	
	P04 코핑부	47.15	4.141	25.8	27.1	29.9	26.5	26.5	28.2	
	P05 코핑부	46.58	4.158	26.4	27.4	30.1	26.8	26.9	28.5	
	P06 코핑부	48.10	4.191	27.1	27.9	30.4	27.5	27.5	29.0	
	P07 코핑부	46.68	4.140	26.0	27.2	29.9	26.5	26.6	28.2	
	P08 코핑부	48.72	4.146	26.3	27.4	30.0	26.6	26.9	28.3	
	P09 코핑부	48.65	4.185	26.9	27.7	30.4	27.4	27.3	28.9	
	P10 코핑부	47.92	4.202	27.2	27.9	30.5	27.8	27.6	29.2	
	P11 코핑부	48.18	4.236	27.2	27.9	30.9	28.5	27.6	29.7	
	P12 코핑부	47.66	4.181	26.8	27.7	30.3	27.3	27.3	28.8	
	P13 코핑부	48.30	4.142	26.1	27.3	29.9	26.5	26.7	28.2	
	P14 코핑부	48.32	4.115	25.6	27.0	29.7	25.9	26.3	27.8	
	P15 코핑부	48.26	4.112	25.0	26.6	29.6	25.9	25.8	27.8	
	P16 코핑부	48.18	4.196	27.2	27.9	30.5	27.6	27.6	29.1	
	P17 코핑부	46.92	4.183	26.7	27.6	30.3	27.4	27.2	28.9	
	P18 코핑부	48.42	4.155	26.1	27.3	30.1	26.8	26.7	28.5	
평균				26.4	27.4	30.2	27.0	26.9	28.6	
표준편차				0.65	0.38	0.34	0.71	0.515	0.53	
변동계수				2.46	1.39	1.13	2.63	1.93	1.88	



【그림 3.19】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.80】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	29.3~31.8	27.0	108.5~117.8
	초음파속도법	30.2~32.8		111.9~121.5
하부구조	반발경도법	25.8~27.6	24.0	107.5~115.0
	초음파속도법	27.8~29.7		115.8~123.8

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.81】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	24.2~27.0	29.3~31.8
	초음파속도법	24.8~40.1	30.2~32.8
하부구조	반발경도법	24.3~28.7	25.8~27.6
	초음파속도법	24.6~27.1	27.8~29.7

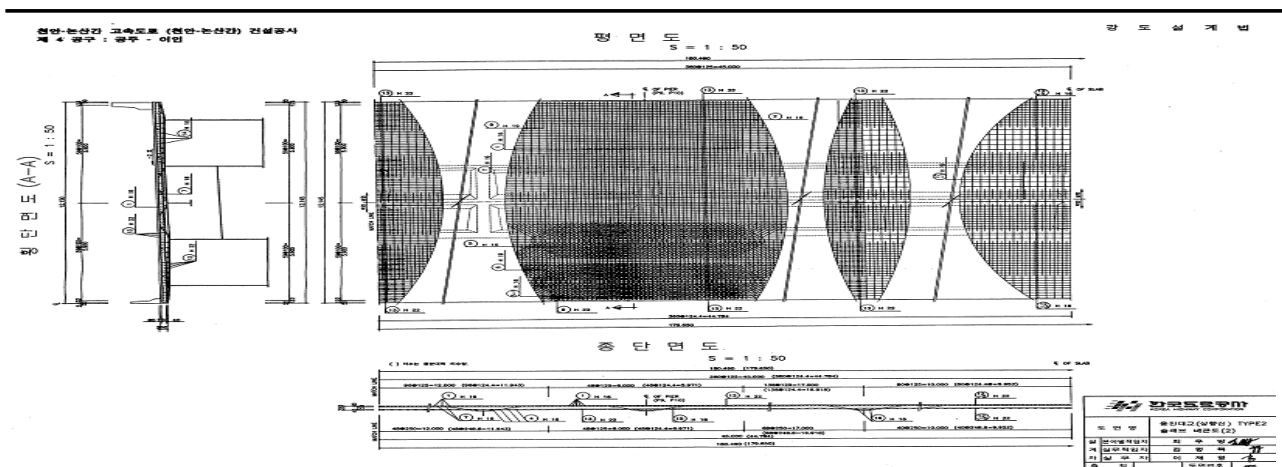
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 25개소(상부구조 10개소, 하부구조 18개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.82】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S5 캔틸레버	주철근	148	56	150	40	양호
		배력철근	251	40	250	40	양호
	S6 캔틸레버	주철근	150	68	150	40	양호
		배력철근	251	39	250	40	양호
	S8 캔틸레버	주철근	150	50	150	40	양호
		배력철근	251	38	250	40	양호
	S9 캔틸레버	주철근	152	59	150	40	양호
		배력철근	241	41	250	40	양호
	S10 캔틸레버	주철근	150	54	150	40	양호
		배력철근	251	41	250	40	양호
	S11 캔틸레버	주철근	165	89	150	40	양호
		배력철근	253	38	250	40	양호
	S12 캔틸레버	주철근	152	93	150	40	양호
		배력철근	247	39	250	40	양호
	S14 캔틸레버	주철근	150	69	150	40	양호
		배력철근	248	39	250	40	양호
	S15 캔틸레버	주철근	143	42	150	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호
	S18 캔틸레버	주철근	150	59	150	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호

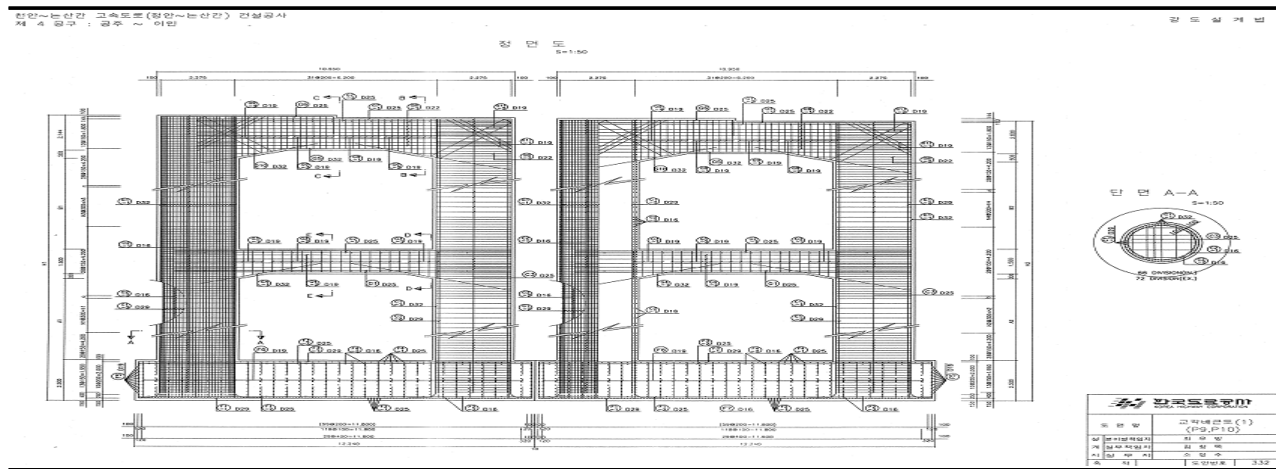


【표 3.83】하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P1 코핑부	수직철근	195	91	200	100	양호
		수평철근	140	89	150	100	양호
	P2 코핑부	수직철근	207	91	200	100	양호
		수평철근	160	93	150	100	양호
	P3 코핑부	수직철근	205	84	200	100	양호
		수평철근	167	91	150	100	양호
	P4 코핑부	수직철근	202	79	200	100	양호
		수평철근	167	96	150	100	양호
	P5 코핑부	수직철근	210	84	200	100	양호
		수평철근	162	114	150	100	양호
	P6 코핑부	수직철근	215	84	200	100	양호
		수평철근	150	89	150	100	양호
	P7 코핑부	수직철근	196	74	200	100	양호
		수평철근	161	86	150	100	양호
	P8 코핑부	수직철근	198	85	200	100	양호
		수평철근	150	84	150	100	양호
	P9 코핑부	수직철근	193	96	200	100	양호
		수평철근	150	113	150	100	양호
	P10 코핑부	수직철근	200	95	200	100	양호
		수평철근	150	94	150	100	양호
	P11 코핑부	수직철근	202	96	200	100	양호
		수평철근	133	89	150	100	양호
	P12 코핑부	수직철근	200	96	200	100	양호
		수평철근	133	91	150	100	양호
	P13 코핑부	수직철근	189	95	200	100	양호
		수평철근	160	92	150	100	양호

【표 3.83】 하부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P14 코핑부	수직철근	203	94	200	100	양호
		수평철근	138	96	150	100	양호
	P15 코핑부	수직철근	202	92	200	100	양호
		수평철근	166	93	150	100	양호
	P16 코핑부	수직철근	194	73	200	100	양호
		수평철근	140	93	150	100	양호
	P17 코핑부	수직철근	199	91	200	100	양호
		수평철근	152	91	150	100	양호
	P18 코핑부	수직철근	191	93	200	100	양호
		수평철근	162	93	150	100	양호



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.84】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	99~255	29~95	143~253	39~93
하부구조	101~307	71~127	140~215	73~114

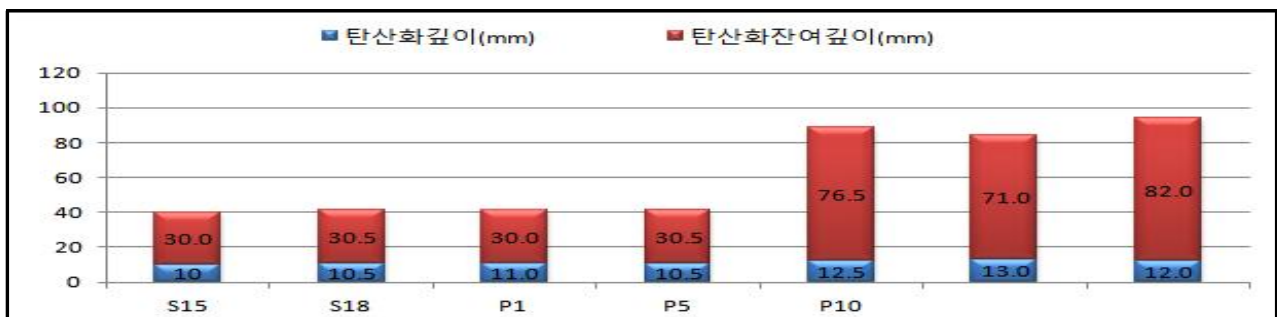
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.85】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S5 캔틸레버	10	40	30.0	2.43	100년이상	a	양호
	S10 캔틸레버	10.5	41	30.5	2.55	100년이상	a	양호
	S15 캔틸레버	11.0	41	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S18 캔틸레버	10.5	41	30.5	2.55	100년이상	a	양호
하부 구조	P1 코핑부	12.5	89	76.5	3.03	100년이상	a	양호
	P5 코핑부	13.0	84	71.0	3.15	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	12.0	94	82.0	2.91	100년이상	a	양호



【그림 3.20】 탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.86】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	34.7~51.7	30.0~30.5
하부구조	67.3~96.7	76.5~82.0

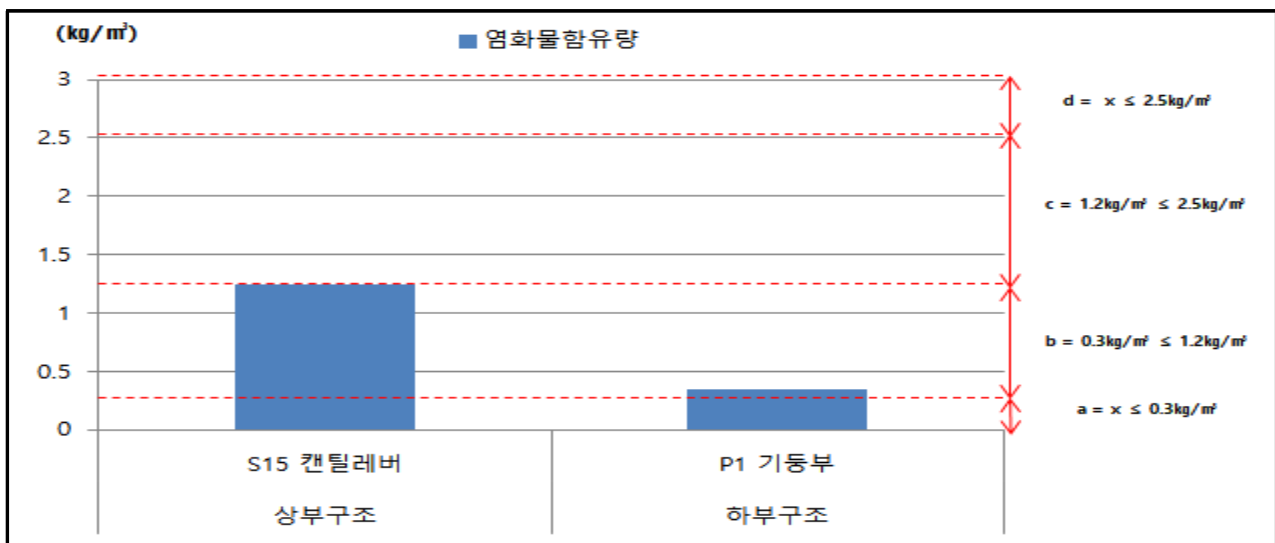
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 2개소(상부구조 1개소, 하부구조 1개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b~c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생과악 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.87】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (mm)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	S15 캔틸레버하면 (건전부)	41	0.0551	1.2469	c	
하부 구조	P1 기둥부 (건전부)	89	0.0152	0.3440	b	

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/m³) = 전 염화물 함유량(Cl⁻%) / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/m³)



【그림 3.21】 염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.88】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m ³)	2018년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m ³)
상부구조	1.168	1.2469
하부구조	0.263	0.3440

5) 균열깊이 측정결과

균열깊이측정을 위해 현장외관조사 시 확인된 폭 0.3mm미만 균열을 선정하였으며, 초음파 속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3mm미만 균열에는 표면보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.89】 균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부 구조	P08 코핑부	0.2	72.8	81.4	75	84	
	P10 코핑부	0.2	73.0	79.2	63	94	

3.4.3.2 논산방향

1) 콘크리트 강도시험

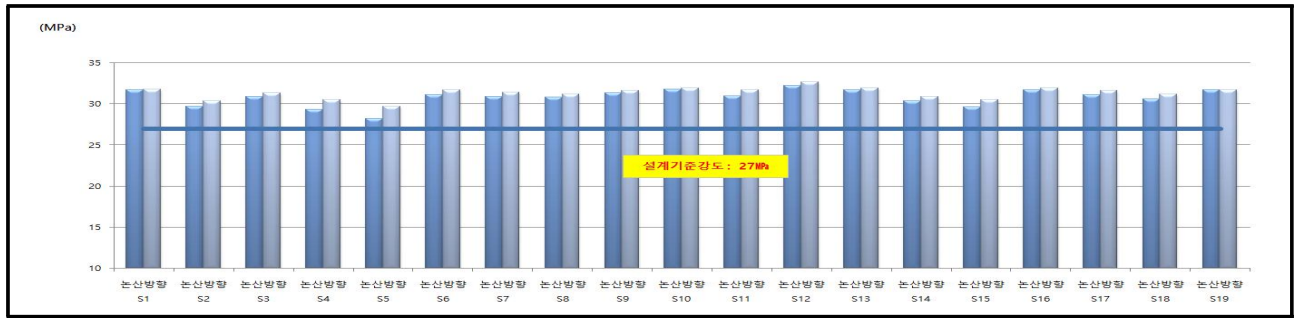
웅진대교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소) 및 초음파전달속도시험 39개소(상부구조:19개소, 하부구조:20개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 114.1~115.9%, 하부구조 : 113.8~120.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 웅진대교 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.90】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

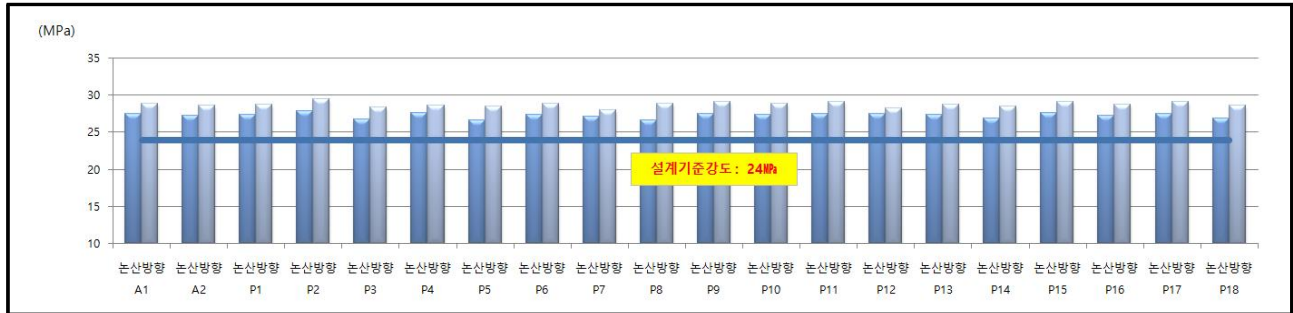
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상 부 구 조	S01 캔틸레버	57.50	4.373	32.5	30.9	32.2	31.4	31.7	31.8	27.0
	S02 캔틸레버	56.70	4.282	30.0	29.4	31.3	29.5	29.7	30.4	
	S03 캔틸레버	58.60	4.337	31.4	30.3	31.9	30.6	30.9	31.3	
	S04 캔틸레버	55.80	4.291	29.5	29.2	31.4	29.7	29.4	30.6	
	S05 캔틸레버	56.75	4.236	28.0	28.3	30.9	28.5	28.2	29.7	
	S06 캔틸레버	55.95	4.364	31.8	30.5	32.2	31.2	31.2	31.7	
	S07 캔틸레버	54.90	4.344	31.5	30.3	32.0	30.8	30.9	31.4	
	S08 캔틸레버	54.55	4.333	31.3	30.2	31.8	30.5	30.8	31.2	
	S09 캔틸레버	56.35	4.359	32.0	30.6	32.1	31.1	31.3	31.6	
	S10 캔틸레버	57.15	4.381	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S11 캔틸레버	55.80	4.365	31.6	30.4	32.2	31.2	31.0	31.7	
	S12 캔틸레버	56.25	4.430	33.2	31.2	32.8	32.6	32.2	32.7	
	S13 캔틸레버	57.10	4.381	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S14 캔틸레버	55.85	4.316	30.9	29.9	31.7	30.2	30.4	31.0	
	S15 캔틸레버	53.70	4.288	29.8	29.3	31.4	29.6	29.6	30.5	
	S16 캔틸레버	57.35	4.380	32.6	30.9	32.3	31.5	31.8	31.9	
	S17 캔틸레버	56.90	4.362	31.7	30.4	32.1	31.1	31.1	31.6	
	S18 캔틸레버	55.85	4.333	31.1	30.1	31.8	30.5	30.6	31.2	
	S19 캔틸레버	56.15	4.366	32.5	30.9	32.2	31.2	31.7	31.7	
평 균				31.4	30.2	31.9	30.7	30.8	31.3	
표준편차				1.31	0.74	0.45	0.94	1.025	0.70	
변동계수				4.17	2.45	1.41	3.06	3.31	2.24	



【그림 3.22】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.91】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
하부구조	A1 벽체	48.18	4.187	27.2	27.9	30.4	27.5	27.6	29.0	24.0
	A2 벽체	47.65	4.164	26.8	27.6	30.2	27.0	27.2	28.6	
	P01 코핑부	47.87	4.173	27.0	27.7	30.2	27.2	27.4	28.7	
	P02 기둥부	48.62	4.226	27.6	28.1	30.8	28.3	27.9	29.6	
	P03 코핑부	46.85	4.149	26.1	27.3	30.0	26.7	26.7	28.4	
	P04 기둥부	48.26	4.167	27.3	27.9	30.2	27.0	27.6	28.6	
	P05 기둥부	46.65	4.159	26.0	27.2	30.1	26.9	26.6	28.5	
	P06 기둥부	47.85	4.181	26.9	27.7	30.3	27.3	27.3	28.8	
	P07 코핑부	46.92	4.130	26.6	27.5	29.8	26.3	27.1	28.1	
	P08 코핑부	46.68	4.186	26.0	27.2	30.4	27.4	26.6	28.9	
	P09 기둥부	48.12	4.197	27.2	27.9	30.5	27.7	27.6	29.1	
	P10 기둥부	47.98	4.184	27.0	27.8	30.4	27.4	27.4	28.9	
	P11 코핑부	48.10	4.198	27.1	27.9	30.5	27.7	27.5	29.1	
	P12 코핑부	48.15	4.143	27.2	27.9	29.9	26.5	27.6	28.2	
	P13 기둥부	47.86	4.172	27.0	27.7	30.2	27.1	27.4	28.7	
	P14 코핑부	46.98	4.159	26.2	27.3	30.1	26.9	26.8	28.5	
	P15 코핑부	48.32	4.199	27.3	28.0	30.5	27.7	27.7	29.1	
	P16 기둥부	47.56	4.170	26.7	27.6	30.2	27.1	27.2	28.7	
	P17 기둥부	48.15	4.200	27.2	27.9	30.5	27.7	27.6	29.1	
	P18 기둥부	47.26	4.164	26.3	27.4	30.2	27.0	26.9	28.6	
	평균			26.8	27.7	30.3	27.2	27.3	28.8	
	표준편차			0.48	0.28	0.24	0.47	0.38	0.36	
	변동계수			1.79	1.01	0.79	1.73	1.40	1.26	



【그림 3.23】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.92】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도법	28.2~31.8	27.0	104.4~117.8
	초음파속도법	29.7~31.9		110.0~118.1
하부구조	반발경도법	26.6~27.9	24.0	110.8~116.3
	초음파속도법	28.1~29.6		117.1~123.3

② 기 진단결과와의 비교·분석

【표 3.93】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	27.1~28.0	28.2~31.8
	초음파속도법	24.8~28.5	29.7~31.9
하부구조	반발경도법	26.1~27.7	26.6~27.9
	초음파속도법	24.0~27.1	28.1~29.6

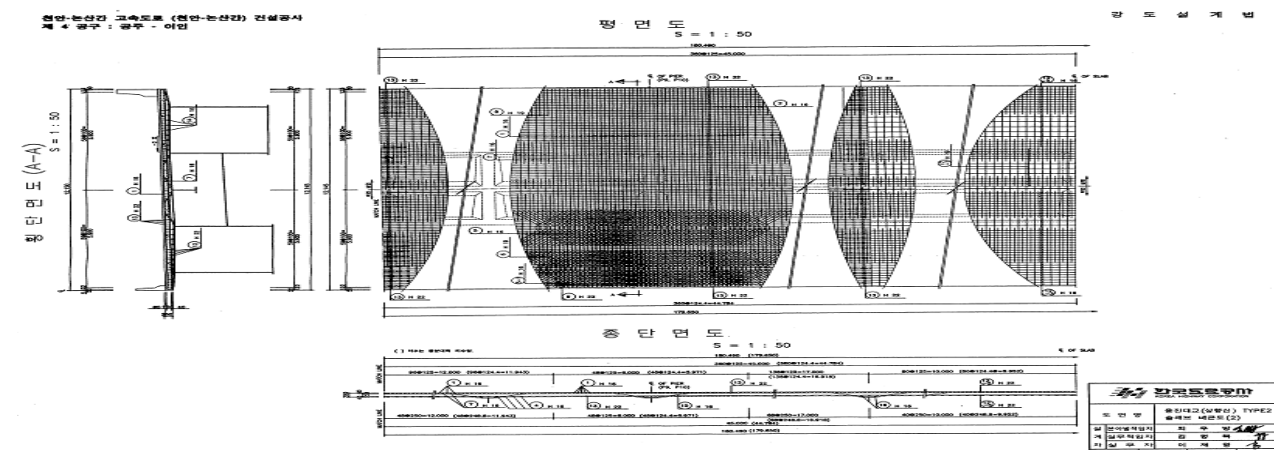
3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 30개소(상부구조 12개소, 하부구조 18개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.94】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S2 캔틸레버	주철근	102	48	100	40	양호
		배력철근	253	41	250	40	양호
	S3 캔틸레버	주철근	98	52	100	40	양호
		배력철근	245	41	250	40	양호
	S4 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	248	41	250	40	양호
	S6 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	248	41	250	40	양호
	S7 캔틸레버	주철근	100	56	100	40	양호
		배력철근	246	40	250	40	양호
	S9 캔틸레버	주철근	100	54	100	40	양호
		배력철근	249	42	250	40	양호
	S10 캔틸레버	주철근	90	50	100	40	양호
		배력철근	250	41	250	40	양호
	S11 캔틸레버	주철근	105	65	100	40	양호
		배력철근	244	41	250	40	양호
	S13 캔틸레버	주철근	103	61	100	40	양호
		배력철근	255	41	250	40	양호
	S15 캔틸레버	주철근	102	44	100	40	양호
		배력철근	255	41	250	40	양호
	S16 캔틸레버	주철근	102	48	100	40	양호
		배력철근	249	44	250	40	양호
	S18 캔틸레버	주철근	100	40	100	40	양호
		배력철근	244	41	250	40	양호

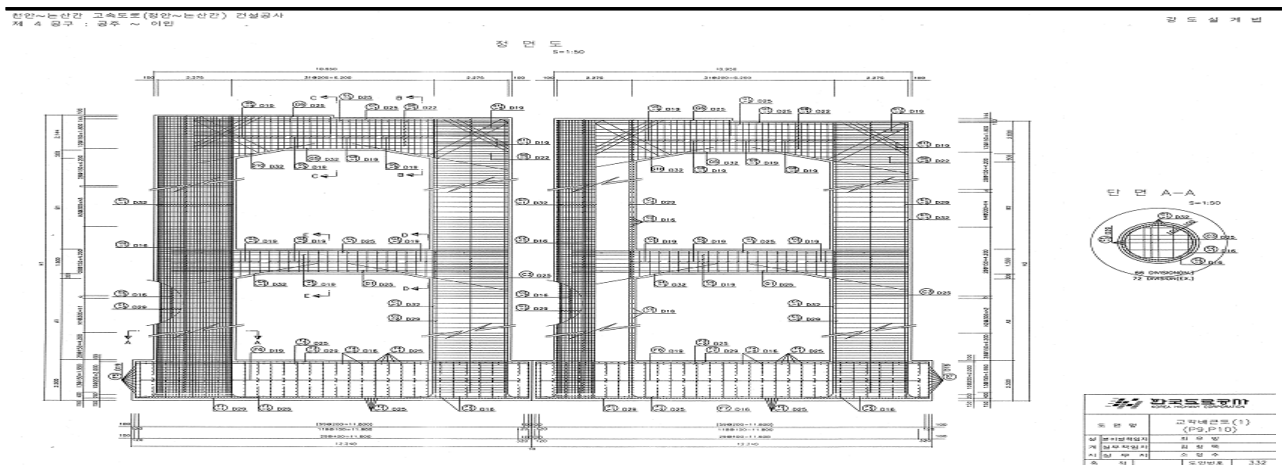


【표 3.95】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P1 코핑부	수직철근	189	91	200	100	양호
		수평철근	167	91	150	100	양호
	P2 코핑부	수직철근	182	96	200	100	양호
		수평철근	167	94	150	100	양호
	P3 코핑부	수직철근	183	92	200	100	양호
		수평철근	166	94	150	100	양호
	P4 코핑부	수직철근	194	93	200	100	양호
		수평철근	142	92	150	100	양호
	P5 코핑부	수직철근	190	94	200	100	양호
		수평철근	146	93	150	100	양호
	P6 코핑부	수직철근	196	88	200	100	양호
		수평철근	150	91	150	100	양호
	P7 코핑부	수직철근	198	91	200	100	양호
		수평철근	152	93	150	100	양호
	P8 코핑부	수직철근	197	97	200	100	양호
		수평철근	152	97	150	100	양호
	P9 코핑부	수직철근	200	89	200	100	양호
		수평철근	151	90	150	100	양호
	P10 코핑부	수직철근	197	89	200	100	양호
		수평철근	138	97	150	100	양호
	P11 코핑부	수직철근	217	89	200	100	양호
		수평철근	134	97	150	100	양호
	P12 코핑부	수직철근	192	92	200	100	양호
		수평철근	153	97	150	100	양호
P13 코핑부	수직철근	185	96	200	100	양호	
	수평철근	125	94	150	100	양호	

【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과(계속)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P14 코핑부	수직철근	187	103	200	100	양호
		수평철근	160	91	150	100	양호
	P15 코핑부	수직철근	200	95	200	100	양호
		수평철근	164	97	150	100	양호
	P16 코핑부	수직철근	204	92	200	100	양호
		수평철근	153	93	150	100	양호
	P17 코핑부	수직철근	213	89	200	100	양호
		수평철근	150	89	150	100	양호
	P18 코핑부	수직철근	207	92	200	100	양호
		수평철근	167	89	150	100	양호



② 기 진단결과와의 비교

【표 3.96】기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	89~255	30~93	90~255	40~65
하부구조	79~293	40~151	125~207	89~103

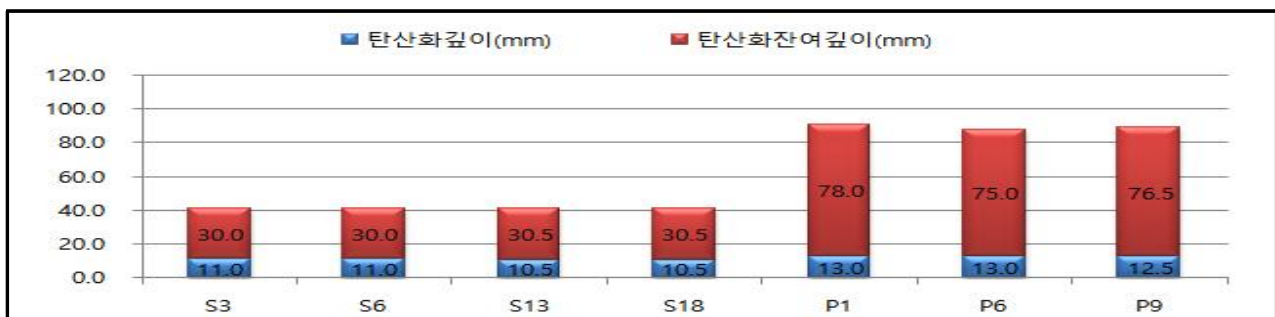
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급” 으로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.97】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S3 캔틸레버하면	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S6 캔틸레버하면	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	양호
	S13 캔틸레버하면	10.5	41.0	30.5	2.55	100년이상	a	양호
	S18 캔틸레버하면	10.5	41.0	30.5	2.55	100년이상	a	양호
하부 구조	P1 기둥부	13.0	91.0	78.0	3.15	100년이상	a	양호
	P6 기둥부	13.0	88.0	75.0	3.15	100년이상	a	양호
	P9 기둥부	12.5	89.0	76.5	3.03	100년이상	a	양호



【그림 3.24】 탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.98】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	24.3~51.3	30.0~30.5
하부구조	57.4~101.9	75.0~78.0

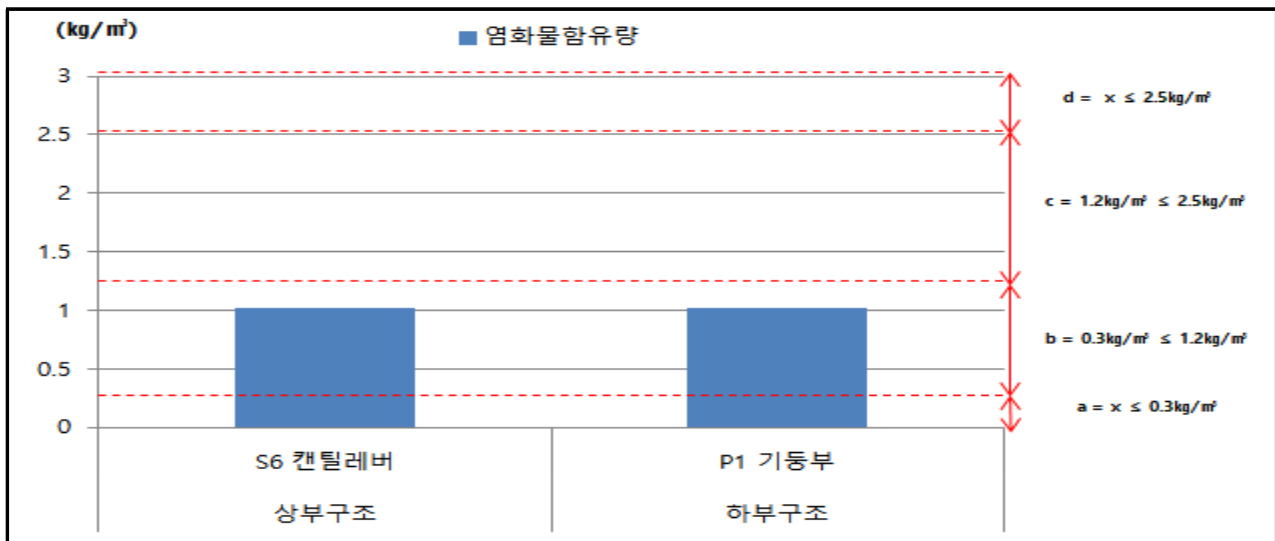
4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 2개소(상부구조 1개소, 하부구조 1개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생과약 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.99】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (mm)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	S6 캔틸레버하면 (건전부)	41	0.0449	1.0161	b	
하부 구조	P1 기둥부 (건전부)	91	0.0448	1.0138	b	

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/m³) = 전 염화물 함유량(Cl⁻%) / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/m³)



【그림 3.25】 염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.100】 기 진단결과와의 시험결과 비교·분석

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m ³)	2018년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m ³)
상부구조	1.102	1.0161
하부구조	0.996	1.0138

5) 균열깊이 측정결과

균열깊이측정을 위해 현장외관조사 시 확인된 폭 0.3mm미만 균열을 선정하였으며, 초음파 속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm미만 균열의 균열깊이는 철근피복두께를 초과하지 않은 것으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3mm미만 균열에는 표면보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.101】 균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
하부구조	P08 코핑부	0.2	74.4	82.5	72	97	
	P10 코핑부	0.2	74.4	79.9	59	89	

3.5 강재 내구성 조사

3.5.1 개 요

가. 개 요

공용 중 교량에 있어서 강재 비파괴조사는 강구조의 주요 부재에 대한 제작상태 및 결함의 분포 현황을 조사하고, 그 결과를 분석하여 교량 전체의 내구성평가에 요구되는 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황 및 선정사유

본 과업에서 강재 비파괴조사를 위해 초음파탐상시험(UT), 도막두께 측정을 실시하였다.

본 교량의 초음파탐상시험은 강재 비파괴시험에 앞서 강재 용접부에 대한 외관조사 결과를 토대로 용접결함 및 결함 의심부위가 없는 경우 타부위에 비해 구조적 취약부위인 맞대기용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』 참조)

웅진대교는 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 현재 강재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태로 조사되어 상기 언급한 과업지시서 및 세부지침에 따라 책임기술자의 판단 하에 필렛용접구간의 시험은 실시하지 않았으며, 인장 및 교번구간의 하부플랜지 맞대기이음부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다.

【표 3.102】 강재 비파괴시험 현황

조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S1	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S2	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S3	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S4	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	

【표 3.102】 강재 비파괴시험 현황(계속)

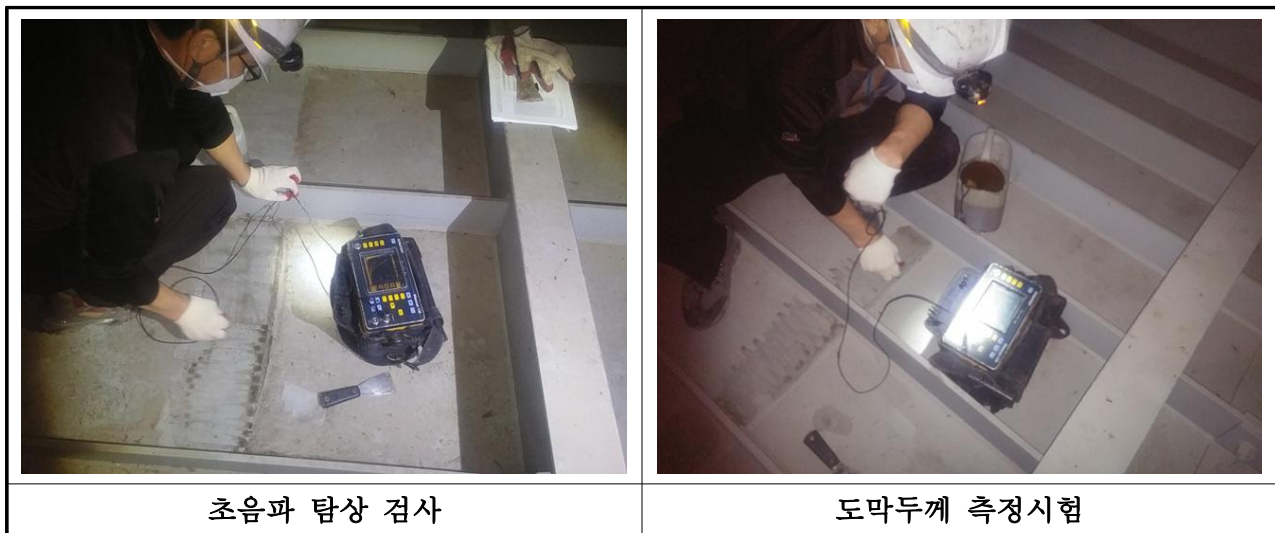
조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S5	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S6	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S7	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S8	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S9	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S10	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S11	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S12	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S13	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S14	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S15	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	

【표 3.102】강재 비파괴시험 현황(계속)

조사위치		초음파탐상시험	도막두께측정	비고
S16	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S17	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
S18	G1	2	-	
	G2	2	-	
	G3	2	3	
	G4	2	3	
S19	G1	2	3	
	G2	2	3	
	G3	2	-	
	G4	2	-	
합 계		152	114	
세부지침 기준수량		152	-	

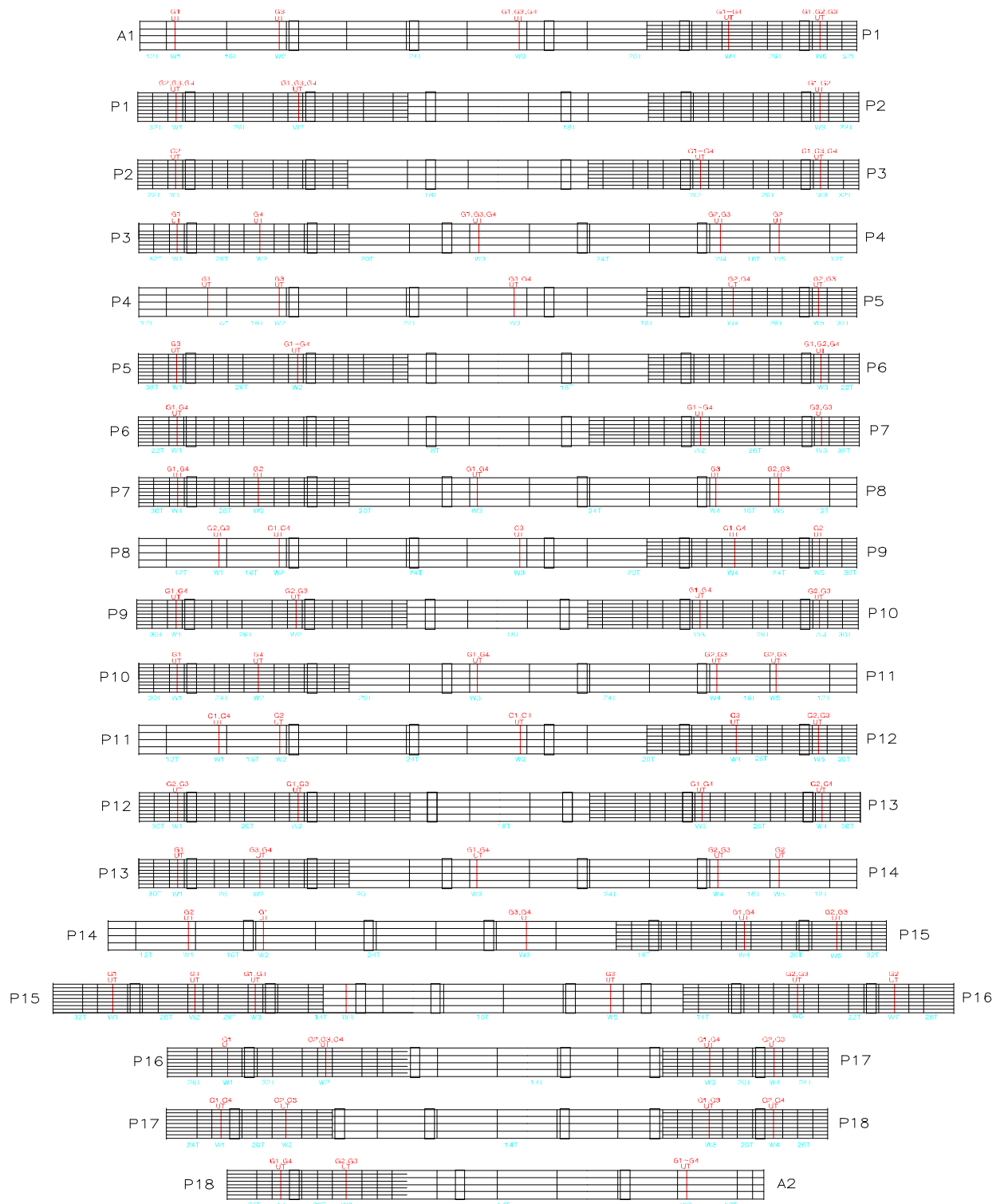
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 상 기준수량(강재 초음파탐상시험) : 2개소/경간별 거더(맞대기 용접부)

2) 조사 사진



【사진 3.47】강재 내구성조사 전경

3) 강재 내구성조사 위치도



【그림 3.26】 강재 내구성조사 위치도

3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

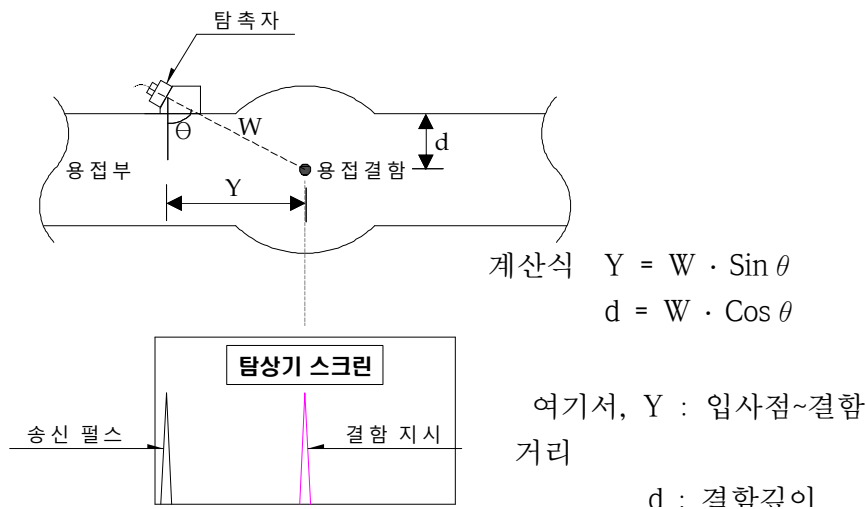
1) 개 요

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재 여부 및 결함 정보를 알아내는 검사방법이다.

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

2) 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 결함 종류 및 길이 등을 측정한다.



【그림 3.27】 초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 특 성

- ① 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.
- ② 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.
- ③ 검사 결과를 바로 알 수 있다.
- ④ 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.
- ⑤ 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.
- ⑥ 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.
- ⑦ 금속 조직의 영향을 많이 받는다.
- ⑧ 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.
- ⑨ 검사 결과의 기록 보존이 어렵다.

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

【표 3.103】 결함의 등급 분류

영역 판두께(mm) 등급	M검출 레벨은 Ⅲ L검출 레벨은 Ⅱ와 Ⅲ			Ⅳ		
	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
1급	6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하	4mm 이하	t/4 이하	15mm 이하
2급	9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하	6mm 이하	t/3 이하	20mm 이하
3급	18mm 이하	t 이하	60mm 이하	9mm 이하	t/2 이하	30mm 이하
4급	3급을 초과하는 것					

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

5) 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부)에 의거하여 합·부를 판정하였다.

【표 3.104】 용접부 결함의 합·부 판정기준

검 사 부 위	합 격 기 준	비 고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2급 이상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3급 이상	

나. 강재 도막두께 측정(Dry Film Thickness Measurement)

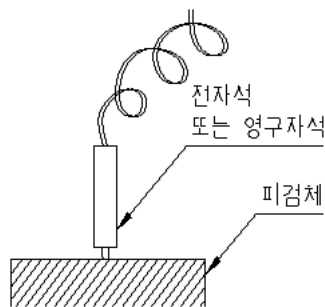
1) 개 요

강재에 있어서 도장의 상태 및 도막의 두께는 구조물의 내구성능을 판단하는 기준이 된다. 도막두께의 부족은 강재의 부식을 촉진시키고 결과적으로 내구성능을 저하시키는 요인으로 작용한다. 본 측정은 강재 거더의 도막두께를 측정하여 현재의 도장상태를 확인하고 내구성능의 저하 여부를 판단하고자 실시하였다.

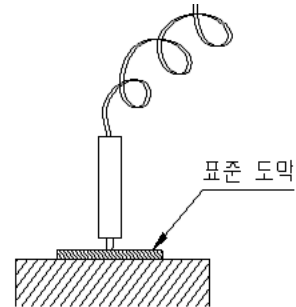
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 3회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

2) 측정원리

도막두께 측정은 전자석 또는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사 방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 도막두께의 측정 원리는 다음과 같다.



【그림 3.28】 Gauge 영점조정



【그림 3.29】 Gauge 초기화(Calibration)

상기 그림과 같이 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정한 후 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.

도막두께를 교정한 후 측정 부위에 접촉시켜 전자석 또는 영구자석의 자력차를 수치로 나타내어 측정 부위의 도막두께를 확인한다.

3) 평가기준

본 교량의 강재도장은 도로교 표준시방서의 시공 및 유지 관리편의 규정과 강구조물의 방청 도장공사 시방('96. 6. 한국도로공사)에 따라 시공된 것으로 확인되었다.

따라서 금회 진단시 평가는 준공당시 시방기준과 현 시방기준인 『도로교 표준시방서 (2013)』의 일반환경용 중박식 도장)기준을 비교·평가하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

【표 3.105】일반환경용 중방식 도장(공사시방서)

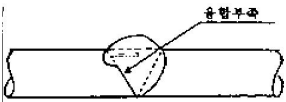
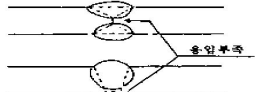
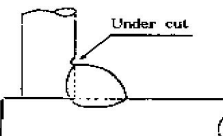
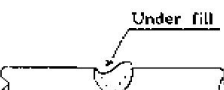
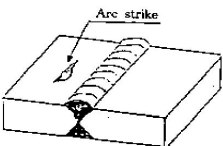
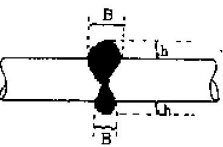
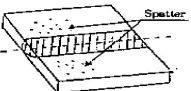
도장부위	표면처리	도장순서	도료형태	건조도막 두께(μm)
거더 외부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	50
		2차	염화고무계 중도	60
		3차	염화고무계 상도	30
		4차	염화고무계 상도	30
		계		170
거더 내부	준 나금속블라스트 세정(SA 2.5)	1차	무기질계 도료	100~150
		계		150

【표 3.106】일반환경용 중방식 도장(현 시방기준)

구 분	도장 계열	공 정	현 시방기준		도장 횟수
			도료명칭 또는 방법	도막두께(μm)	
교 량 외 부	GEB	1차 표면처리	SSPC - SP10		
		샙 프라이머	무기질 아연말 샙프라이머	20	1
		2차 표면처리	SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층 무기질 아연말도료	75	1
			제2층 미스트 코트	80	1
			제3층 고고분형 에폭시계 도료		1
		공장/ 현장도장	제4층 우레탄계 도료	30	1
			제5층 우레탄계 도료	30	1
		계		215	
교 량 내 부	GIB	1차 표면처리	SSPC - SP10		
		샙 프라이머	무기질 아연말 샙프라이머	20	1
		2차 표면처리	SSPC - SP10		
		공장 도장	제1층 무기질 아연말도료	75	1
			제2층 미스트 코트	100	1
			제3층 고고분형 에폭시계 도료		1
		계		175	

3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.107】 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
균열 Crack	용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생. 균열은 모재나 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 함	
용합부족(LF) Lack of fusion	그림과 같이 용접금속과 모재 사이가 완전하게 용합이 되지 아니한 상태	
용입부족(IP) Incomplete Penetration	그림과 같이 용접금속의 두께가 모재 두께 보다 적게 용입이 이루어진 상태	
언더 컷 Under cut	용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹 패인 형상으로, 도로교 표준시방서 15.3.3의 (12)에 의하면 0.3~0.8mm 까지 허용됨	
언더 필 Under fill	용접금속이 덜 채워진 형상	
아크 스트라이크 Arc strike	용접을 시작할 때 용접봉을 모재쪽에 대고 Arc를 발생시킴으로 인하여 모재가 움푹 패인 현상으로 응력집중의 원인이 됨	
기공 Porosity	이물질이나 수분에 의해 용접부 내부에 가스가 발생되어 용접금속 외부로 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 형성한 상태	
블로 홀 Blow hole (Pit)	이물질이나 수분에 의해 발생된 가스가 용접비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍	
용접Bead 상태불량 -과대한 용접 덧붙임 -Bead 표면의 과대한 요철	도·시(표 15.3.7)에 의하면 용접 Bead 폭 B에 따라 용접 덧붙임 높이 h값이 규정되어 있으며, 이 규정을 초과하는 덧붙임, 용접 Bead 표면의 과대한 요철 등이 발생	
스패터 Spatter	용접시 용융 Pool로부터 모재쪽으로 튀겨 나온 조그마한 금속 알갱이	
슬래그 혼입 Slag Inclusion	용접봉 피복 등이 용접금속 내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장 박리의 원인이 됨	

3.5.4 시험결과 및 분석

가. 초음파탐상시험

초음파탐상시험으로 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대해 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사되었다.

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S1 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S1 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형2 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형2 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형1 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형2 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형1 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형2 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형2 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교변하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S6 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S6 - 주형1 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형2 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형1 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형2 - W3	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형2 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형2 - W5	16+12	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형1 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형1 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형2 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형2 - W5	24+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형1 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형2 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형2 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형1 - W1	24+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형1 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형2 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형2 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형1 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형1 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

【표 3.108】 초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S13 - 주형2 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		천안 방향
S13 - 주형2 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형1 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형1 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형2 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형2 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형1 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형1 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형2 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형2 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형1 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형2 - W6	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형2 - W7	22+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형1 - W1	22+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형2 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형2 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형1 - W1	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형1 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형2 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형2 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형1 - W1	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형1 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형2 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형2 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형3 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S1 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S1 - 주형4 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S2 - 주형3 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S2 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W1	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S2 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형3 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S3 - 주형4 - W3	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S4 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형3 - W2	16+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형3 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형4 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S5 - 주형4 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형3 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S6 - 주형4 - W3	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형3 - W3	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형4 - W1	18+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S7 - 주형4 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형3 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형4 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S8 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형3 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S9 - 주형3 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S9 - 주형4 - W2	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S9 - 주형4 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형3 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형4 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S10 - 주형4 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형3 - W5	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형4 - W2	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S11 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형3 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형3 - W5	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형4 - W1	12+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S12 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형3 - W1	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형3 - W2	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형4 - W3	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S13 - 주형4 - W4	26+30	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형3 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형3 - W4	16+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S14 - 주형4 - W3	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형3 - W3	18+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형3 - W5	26+32	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형4 - W3	18+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S15 - 주형4 - W4	18+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형3 - W5	14+16	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형3 - W6	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형4 - W2	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S16 - 주형4 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

【표 3.108】초음파탐상(UT) 시험결과(계속)

시험위치	모재두께	각도	위치		결함발생 현황	등급	합격여부		비 고
			x	y			합격	불합격	
S17 - 주형3 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		논산 방향
S17 - 주형3 - W4	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형4 - W2	14+22	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S17 - 주형4 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형3 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형3 - W3	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형4 - W1	20+24	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S18 - 주형4 - W4	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형3 - W2	14+20	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형3 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형4 - W1	20+26	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		
S19 - 주형4 - W3	12+14	70	0	2600	결함지시 없음	1	V		

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교변하중 작용부재), 3급 이상(압축 및 전단응력 작용부재)

나. 강재 도막두께 측정결과

도막두께 측정결과, 실측도막두께 천안방향(외부 230~260 μ m, 내부 188~211 μ m), 논산방향(외부 227~257 μ m, 내부 192~210 μ m)가 표준도막두께(외부 215 μ m, 내부 175 μ m)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 측정되었다.

【표 3.109】 강재 도막두께 측정결과

시험위치			실측 도막두께(μ m)			평균 (μ m)	평 가
			1회	2회	3회		
천안 방향	S1	G1-RW(내부)	211	197	203	204	양호
		G2-LW(외부)	268	245	248	254	양호
	S3	G1-RW(내부)	186	191	187	188	양호
		G2-LW(외부)	252	269	263	261	양호
	S5	G1-RW(내부)	200	213	208	207	양호
		G2-LW(외부)	247	239	245	244	양호
	S7	G1-RW(내부)	207	192	201	200	양호
		G2-LW(외부)	238	231	236	235	양호
	S9	G1-RW(내부)	216	215	202	211	양호
		G2-LW(외부)	233	221	245	233	양호
	S11	G1-RW(내부)	191	223	203	206	양호
		G2-LW(외부)	268	253	258	260	양호
	S13	G1-RW(내부)	210	200	207	207	양호
		G2-LW(외부)	238	251	251	247	양호
	S15	G1-RW(내부)	192	213	202	202	양호
		G2-LW(외부)	243	221	227	230	양호
	S17	G1-RW(내부)	203	187	192	194	양호
		G2-LW(외부)	262	243	248	251	양호
	S19	G1-RW(내부)	196	199	199	198	양호
		G2-LW(외부)	241	236	237	238	양호

【표 3.109】 강재 도막두께 측정결과(계속)

시험위치			실측 도막두께(μm)			평균 (μm)	평 가
			1회	2회	3회		
논산 방향	S2	G3-RW(내부)	191	191	194	192	양호
		G4-LW(외부)	219	231	230	227	양호
	S4	G3-RW(내부)	211	201	203	205	양호
		G4-LW(외부)	252	236	243	244	양호
	S6	G3-RW(내부)	189	211	200	200	양호
		G4-LW(외부)	269	247	248	255	양호
	S8	G3-RW(내부)	200	203	201	201	양호
		G4-LW(외부)	252	238	240	243	양호
	S10	G3-RW(내부)	207	193	207	202	양호
		G4-LW(외부)	236	219	243	233	양호
	S12	G3-RW(내부)	213	217	201	210	양호
		G4-LW(외부)	258	256	258	257	양호
	S14	G3-RW(내부)	201	207	203	204	양호
		G4-LW(외부)	251	245	247	248	양호
	S16	G3-RW(내부)	196	191	201	196	양호
		G4-LW(외부)	252	257	260	256	양호
	S18	G3-RW(내부)	210	210	207	209	양호
		G4-LW(외부)	240	239	275	251	양호

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

3.6.1 현장조사 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.110】 금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 천안방향 S2,3,5 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 신규 발생하였고, S8, 9 구간에서 백태가 추가 조사됨. - 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 다수 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨. - 금회 정밀조사로 인한 손상의 물량 수정 및 물량의 손상명 변동 등이 실시됨.	- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2mm로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 나타내고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생한 폭 0.3mm이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. - 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입 보수 및 폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. - 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 확인 등의 조치가 요구됨. - 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 층분리, 철근부식, 박리가 발생함. - 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 - 기 발생한 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부 - 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. - 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단됨. - 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. - 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 공간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. - 외관 조사 결과, 용접불량, 균열 등의 구조적 손상은 발견되지 않았고, 일부 도장손상 및 부식, 우수유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. - 기타 이물질퇴적, 환기구 볼트 미체결 등은 청소 및 볼트 재체결 등의 유지관리가 필요함 .
	외부 - 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 일부 도장박리 및 부식이 조사됨. - 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락이 신규 조사되었고, 손상은 정밀조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정됨.	- 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. - 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바,주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보	- 가로보는 경미한 부식이 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 - 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	- 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. - 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm로서 수직균열의 형태로 발생함. - 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근 부식 등의 손상은 발생하지 않았고, 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. - 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. - 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방 유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2mm 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. - 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근 부식 등의 손상은 발생하지 않았다. - 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직함. - 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 굽힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. - 기손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. - 일부 받침콘크리트 및 받침물탈의 균열, 단면손상이 조사됨. - 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. - 받침물탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. - 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.
신축이음장치	- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 구간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일구 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. - 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	- 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. - 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. - 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함.
교면포장	- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘균열 및 망상균열이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사됨. - 기 손상인 아스콘 표면불량 및 소성변형이 조사됨.	- 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직함. - 아스콘 탈락 및 소성변형은 중차량의 반복하중으로 인한 손상으로 주행성에 영향이 경미하므로, 손상의 진전시 재포장 등의 조치가 요구됨. - 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요함.

【표 3.110】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
배수시설	- 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사됨. - 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인됨.	- 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구됨. - 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 제도장 및 정비 등의 조치가 필요함.
난간 (방호벽)	- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 들뜸 및 박락 등의 손상이 조사되었다. - 방음벽은 고정핀 탈락, 변형, 파손, 하부 부식 등의 손상이 확인되었다.	- 방호울타리에 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. - 기 발생한 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직함.

2) 기 점검(2017년 하반기 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.111】 기 점검 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 하반기 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	기 손상인 균열, 들뜸, 박락 박리 등이 조사됨.	비교결과, 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인됨.	
거더, 가로보 및 세로보	기 손상인 부식, 도장박리, 볼트 풀림, 강재 굽힘 등의 손상이 조사됨.	비교결과, 우수유입흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 굽힘, 부식, 도장박리 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인됨.	
하부구조	기 손상인 균열, 망상균열, 단면손상, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사됨.	손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열(폭 0.3mm이상), 폼타이부 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 표면열화(박리, 들뜸 등) 손상이 신규 및 진전된 것으로 조사됨.	
교량받침	기 손상인 균열, 볼트부식, 받침 부식, 고무재 파손, 받침콘크리트 들뜸, 파손 등의 손상이 조사됨.	손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 폼타이 누수에 대해 보수가 실시되었으며, 콘크리트 들뜸 및 백태 손상이 추가 발생된 것으로 조사됨.	
신축이음	기 손상인 후타재 균열, 후타재 박락, 파손, 본체부식, 접속부 이격 등의 손상이 조사됨.,	손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 본체 부식, 차수판 설치불량이 조사되었고, 신규 및 물량 변동으로 확인됨.	
교면포장	기 손상인 아스콘 균열 및 패임, 망상균열, 소성변형 등의 손상이 조사됨.	기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨.	
기타부재	- 배수시설은 기 손상인 배수시설 배수관 탈락이 조사됨 - 방호벽 및 중분대는 기 손상인 방호벽 균열 및 망상균열, 차수판 볼트탈락, 변형, 박락 및 철근노출 등의 손상이 조사됨,	- 배수시설은 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨. - 방호벽 및 중분대는 기 점검이후 콘크리트 들뜸 및 박락, 이격, 방음벽 고정핀 탈락, 이탈 등의 손상인 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상으로 추정됨.	
검토의견	- 기 점검이후 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 - 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보 및 사용성 확보, 유지관리차원의 보수가 필요함		

나. 논산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.112】 금회 진단 외관조사 결과 요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 콘크리트 바닥판 균열 및 들뜸, 백태가 발생하였고, 일부 구간 균열 및 백태가 신규 발생함. - 교량의 내측(중분대측)의 캔틸레버 구간에서 $cw \geq 0.3mm$ 균열이 조사되었고, 손상부는 우수유입에 의한 손상 진전으로 들뜸 및 파손 등의 손상이 추가 조사됨.	- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2mm로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 나타내고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 발생한 폭 0.3mm이상 균열은 초기 건조수축 균열이 장기 공용 및 우수 유입에 의한 진행성 손상으로 추정됨. - 발생된 균열은 내구성 확보 차원의 주입보수 및 폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직함. - 재료분리의 경우 시공당시 다짐 불량에 의한 시공미흡 손상으로 국부적으로 발생된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구됨. - 캔틸레버에 발생한 들뜸, 파손 및 철근노출, 박리 구간은 종조인트부 누수로 인한 손상은 없는 것으로 조사되었고, 캔틸레버 하면에서 누수되는 비산수로 인한 장기적인 습윤 상태 및 피복부족으로 인한 충분리, 철근부식, 박리가 발생함. - 손상부의 진전은 미미한 상태로 확인되었으나, 부재의 내구성 확보차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구됨 - 기 발생한 백태, 균열 등 손상에 대하여, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 및 손상의 진전시 표면처리 등의 유지관리가 필요함.

【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부 - 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 국부적인 도장손상 및 환기구 볼트 망실, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었고, 정밀조사로 인한 추가 손상이 조사됨. - 기 손상인 화재이력 및 용접불량이 확인되었고, 진전은 없는 것으로 판단된다. - 기 손상인 이물질퇴적이 조사되었고, 기존 누락 손상이 추가로 확인됨.	- 거더 내부에 발생한 도장박리 및 부식 등의 도장손상은 장기 공용에 의한 열화 및 시공미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태로 확인되었다. 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 여부 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 요구됨. - 스플라이스 틈으로 유입된 우수는 거더 내부 일부 공간에 발생한 상태이며, 이로 인한 부식은 미미한 상태이나, 우수의 유입 형태는 거더 외측의 스플라이스 틈에 국한되어 발생하였으므로, 추가 우수유입 및 거더의 부식 발생 방지를 위하여 실링재 마감을 실시하는 것이 바람직함. - 발생된, 용접불량 및 화재이력은 기 손상으로 손상의 진전 및 추가 손상은 없는 상태로 확인되었으며, 일부 도장 손상 및 부식, 우수유입 등이 손상이 조사되었다. 기 손상부는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치 후 진전시 재도장 등의 보수가 요구됨. - 기타 손상인 이물질퇴적은 청소 등의 유지관리가 바람직함.
	외부 - 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과 일부 도장박리 및 부식, 기 손상인 변형 등이 조사되었다. - 금회 정밀 조사로 인해 도장박리 및 탈락, 볼트 부식 등이 신규 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 기존 누락 손상으로 추정된다.	- 발생한 부식 및 점부식은 시공당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 손상은 현재 경미한 상태이므로 주의관찰 후 진전시 재도장이 필요한 상태임. - 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 면적 대비 손상은 일부분으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.
가로보 및 세로보	- 가로보는 경미한 부식 및 도장박리가 발생하였고, 금회 정밀 조사로 인한 신규 손상이 일부 추가 조사됨 - 세로보는 별다른 손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태임.	- 가로보에 발생한 부식은 시공 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 도장이 박리됨에 따라 부식으로 진전된 것으로서 현재 경미한 상태이므로 주의관찰을 필요함. - 발생한 도장손상은 장기 공용에 의한 열화로, 국부적으로 확인된 바, 주기적인 점검을 통한 손상의 진전 확인 후 진전시 재도장 등의 조치가 필요함.

【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm로서 수직균열의 형태로 발생함. - 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않은 상태임. - 금회 정밀조사로 인한 콘크리트 파손, 박락 등의 신규 손상이 조사되었고, 기존 누락손상으로 확인됨.	- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 구조적 균열은 없는 것으로 확인되었다, 기 발생한 균열은 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면처리 등을 실시해야 함. - 교대에 발생한 박락 등의 단면손상은 시공 중 외부 충격에 의한 손상 및 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 조치가 요구됨. - 교대 날개벽과 바닥판의 이격 등은 발생하지 않은 것으로 나타났으며 교대의 측방유동은 발생하지 않은 것으로 판단됨.
교각	- 교각에 발생한 주요 손상으로 폭 0.1~0.2mm 수직균열, 폭 0.2m 이하의 망상균열이 조사됨. - 신축이음 하부 누수로 인하여 교각에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인한 철근부식 등의 손상은 발생하지 않았다. - 기타 경미한 박락, 들뜸 등의 손상이 조사됨.	- 교각에서 조사된 균열은 균열 및 망상균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 발생한 균열은 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않으나 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직함. - 외부충격에 의한 파손과 다짐불량에 의한 들뜸, 박락 및 굽힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으나 손상진전 방지 및 내구성 유지를 위하여 손상의 진전시 단면보수를 실시하는 것이 바람직함. - 기 손상인 표지판 탈락, 잡철노출 등의 손상의 주의관찰이 요구됨
교량받침	- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 신규 손상은 기존 누락 손상으로 확인되었고, 전반적으로 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인됨. - 일부 받침콘크리트 및 받침물탈의 균열, 단면손상이 조사됨. - 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인됨.	- 받침부식 및 도장손상은 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거 후 재도장이 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구됨. - 받침물탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구됨. - 받침콘크리트에 발생한 들뜸은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 단면보수 등의 조치가 필요함.

【표 3.112】금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음장치	• 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체의 부식, 이물질 퇴적 등이 조사된 상태이며, 일부 구간 방호울타리 측의 신축이음 덮개 차수판 볼트 일부가 풀리거나 탈락된 상태이다. 일부 구간 국부적이 후타재 파손이 조사됨. • 조사된 후타재 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상은 현재 경미한 상태이나, 일부 폭 0.3mm이상 균열이 조사됨.	• 신축이음장치의 본체에 발생한 부식은 신축이음장치의 양측 끝단에 국한되어 발생하였는데 이는 끝단에 퇴적된 이물질에 의하여 장기간 체수가 지속됨에 따라 발생한 것으로 판단됨. • 부식 발생으로 인하여 본체의 거동에는 별다른 문제를 미치지 않는 상태이며, 손상의 진전방지 및 내구성 유지를 위하여 체수가 발생하지 않도록 주기적인 청소를 실시하는 것이 바람직함. • 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 손상의 진전시 주입보수, 표면처리 등을 통한 내구성 유지가 바람직함. • 금회 발생한 슬라이딩 스프링 탈락은 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
교면포장	• 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 발생되었으며, 일부 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었다.	• 본 교량의 교면포장에 발생한 아스콘 균열 및 망상균열은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 바닥판 및 방수층의 내구성 유지와 손상진전 방지를 위하여 손상의 진전시 아스콘 실링 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다. • 금회 조사시 정밀조사로 인한 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸이 신규 조사되었고, 손상은 차량 반복하중 및 장기 공용으로 인한 열화로 확인 되었으며, 주의관찰 후 진전시 적절한 유지보수가 필요하다.
배수시설	• 일부 배수관 탈락 및 용접부 부식 등의 손상이 이 조사되었다. • 금회 정밀조사로 인한 배수관 부식, 연결고리 탈락, 이음부 파손 등의 신규 손상이 확인되었다.	• 발생한 배수관 탈락, 배수관 연결고리 탈락 등의 손상은 장기공용으로 인한 손상으로 정비 등의 조치가 요구된다. • 배수관 부식 및 이음부 부식 등의 손상은 외부 우수에 의한 손상으로 배수상태에 영향을 미치지 않으나, 부재의 사용성 확보를 위한 재도장 및 정비 등의 조치가 필요하다.
난간 (방호벽)	• 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 망상균열, 들뜸 및 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었다. • 일부 균열 및 박락, 철근노출, 차수판 볼트 탈락, 변형 등의 신규 손상이 확인되었다.	• 방호울타리에 발생한 균열 및 박락은 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상임. • 기 발생된 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직함.

2) 기 점검(2017년 하반기 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.113】 기 진단 외관조사 결과 비교

구 분	2017년 하반기 점검결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	기 손상인 균열, 들뜸, 박락 박리, 재료분리, 철근노출, 누수흔적 등이 조사됨.	전차 점검에 비해 들뜸 및 박락 등의 손상이 단면보수 되었고, 균열 및 박리 등의 손상이 신규 조사되었다. 신규 손상은 정밀 조사로 인한 신규 손상발생 및 물량수정 등으로 확인됨.	
거더, 가로보 및 세로보	기 손상인 도장손상, 부식, 용접불량, 이물질퇴적 등의 손상이 조사됨.	전차 점검과의 외관조사 결과, 우수유입 흔적, 이물질퇴적, 환기구 볼트 풀림, 망실, 강재 굽힘 등의 손상이 신규 조사되었고, 정밀조사로 인한 신규손상 및 기존 누락 손상으로 확인됨.	
하부구조	기 손상인 균열, 망상균열, 단면손상, 백태, 재료분리 등의 손상이 조사됨.	기 점검이후 표면열화(박락, 파손 등), 균열 등의 손상이 신규 및 진전 된 것으로 조사되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 확인됨.	
교량받침	기 손상인 균열, 볼트부식, 받침 부식, 플레이트 도장손상 등의 손상이 조사됨.	기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 받침 콘크를 들뜸, 도장박리, 부식 등의 신규 손상이 확인되었고, 정밀조사로 인한 물량 증가로 추정됨.	
신축이음	기 손상인 후타재 균열, 후타재 박락, 파손, 본체부식, 접속부 단차 등의 손상이 조사됨.,	기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 본체 부식, 슬라이딩 스프링 탈락이 조사되었고, 신규손상으로 확인됨.	
교면포장	기 손상인 아스콘 균열 및 패임, 탈락, 망상균열 등의 손상이 조사됨.	기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 아스콘 균열 및 아스콘 들뜸 등의 신규 손상이 발생하였고, 손상은 정밀조사로 인한 신규 손상으로 확인됨.	
기타부재	- 배수시설은 기 손상인 부식, 연결고리 탈락, 파손, 배수관 탈락이 조사됨 - 방호벽은 기 손상인 방호벽 균열 및 방상 균열, 차수판 볼트탈락, 변형, 박락 및 철근노출 등의 손상이 조사됨,	- 배수시설은 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인됨. - 방호벽 및 중분대는 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm이상) 및 파손 및 들뜸, 녹물 등의 손상이 추가 조사되었고, 정밀 조사에의한 신규 손상으로 확인됨.	
검토의견	- 기 점검이후 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 - 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보 및 사용성 확보, 유지관리차원의 보수가 필요함		

3.6.2 시험 및 측정 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.114】 금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	29.3~31.8	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	30.2~32.8		
	하부 구조	반발경도	25.8~27.6	24.0	
		초음파	27.8~29.7		
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	143~253	150~250	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	39~93	40	
	하부 구조	배근간격	140~215	150~200	
		피복두께	73~114	100	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		30.0~30.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		76.5~82.0		
염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부구조		1.2469		■ 상부 구조에서 c등급으로 평가되어 향후 염화물에 의한 부식발생가능성이 높아 지속적인 유지관리가 요망됨.
	하부구조		0.3440		
강제 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소		■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (μm)	거더내부	188~211	175	■ 도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	230~261	215	
종합 평가	- 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. - 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. - 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상 발생과악 등의 유지관리가 필요함. - 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.115】 기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			‘13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	반발경도	24.2~27.0	29.3~31.8	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년 수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	24.8~40.1	30.2~32.8	
	하부구조	반발경도	24.3~28.7	25.8~27.6	
		초음파	24.6~27.1	27.8~29.7	
철근탐사 (mm)	상부구조	배근간격	99~255	143~253	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값 과 근사함
		피복두께	29~95	39~93	
	하부구조	배근간격	101~307	140~215	
		피복두께	71~127	73~114	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		34.7~51.7	30.0~30.5	■ 잔여깊이가 30mm이상 ‘a등급’ 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		67.3~96.7	76.5~82.0	
염화물 함유량시 험 (kg/㎡)	상부구조		1.168	1.2469	■ 상부 구조에서 c등급 으로 평가되어 향후 염화물에 의한 부식발생가능성이 높아 지속적인 유지관리가 요망됨.
	하부구조		0.263	0.3440	
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소	1등급: 76개소	■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨
	도막두께 측정 (μm)	거더내부	-	188~211	■ 도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
		거더외부	-	230~261	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 c등급으로 평가되었으므로 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 2차 손상발생과악 등의 유지관리가 필요함. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

나. 논산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.116】 금회 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	28.2~31.8	27.0	■ 설계기준강도를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	29.7~31.9		
	하부 구조	반발경도	26.6~27.9	24.0	
		초음파	28.1~29.6		
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	90~255	100~250	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	40~65	40	
	하부 구조	배근간격	125~207	150~200	
		피복두께	89~103	100	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		30.0~30.5		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		75.0~78.0		
염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부구조		1.0161		■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 ‘b등급’ 으로 검토됨.
	하부구조		1.0138		
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소		■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사됨 ■ 도막두께 측정 결과 표준도막두께를 상회하는 양호한 상태로 측정되었음
	도막두께 측정 (μm)	거더내부	192~210	175	
		거더외부	227~257	215	
종합 평가	- 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. - 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 양호한 상태로 판단됨. - 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으나 부식가능성은 낮은 것으로 판단됨. - 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨				

2) 기 진단(2013년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.117】 기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			‘13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	반발경도	27.1~28.0	30.3~31.6	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년 수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	24.8~28.5	31.3~31.8	
	하부구조	반발경도	26.1~27.7	25.9~26.8	
		초음파	24.0~27.1	27.4~28.5	
철근탐사 (mm)	상부구조	배근간격	89~255	98~257	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값 과 근사함
		피복두께	30~93	36~96	
	하부구조	배근간격	79~293	112~305	
		피복두께	40~151	79~96	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		24.3~51.3	30.0~30.5	■ 잔여깊이가 30mm이상 ‘a등급’ 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		57.4~101.9	75.0~78.0	
염화물 함유량시 험 (kg/m³)	상부구조		1.102	1.0161	■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 ‘b등급’ 으로 검토됨.
	하부구조		0.996	1.0138	
강재 비파괴 시험	초음파탐상시험		1등급: 76개소	1등급: 76개소	■ 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그, 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사 됨
	도막두께 측정 (μm)	거더내부	-	192~210	
		거더외부	-	227~257	
	종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물 함유량의 경우 신축이음으로부터 유입된 동절기 염화칼슘에 의해 b등급으로 평가되었으나 부식가능성은 낮은 것으로 판단됨. • 초음파탐상 시험결과, 전 개소에서 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 판단됨			