제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사(천안방향)

3.3 외관조사(논산방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

논산천교(천안, 논산)는 논산천안고속도로(이정 : 206.7㎞)에 위치하며 2002년 12월에 준공된 교량이다. 행정구역상으로 충청남도 논산시 성동면 삼호리에 위치하고 교량 하부로는 논산천이 통과하고 있다.

평면선형은 사각이 없는 직선교이며 종단선형은 시점에서 0.806%의 상향경사를 이루고 종점에서는 0.300%의 하향경사를 이루고 있다. 상부 구조형식은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC BOX GIRDER교이며 하부구조는 역T형의 교대 2기와 라멘식(Π형)의 교각 각 12기(총 24기)로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

총연장은 550.0m(11@50)로 최대경간장이 50m이며, 각 교량의 폭은 24.60m(도로폭 14.40m)으로 설계하중 DB(DL)-24(1등교)로 설계되었다.

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(2010.12, 국토해양부/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 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.

논산천교의 조사 방법은 도보를 통한 1차 외관조사 실시 후 접근장비를 이용한 2차 조사를 실시하였으며, 도보를 통한 3차조사(이동량측정)을 실시하였다. 접근장비는 교량점검차를 이용하여 최대한 접근 후 조사를 실시하였다.

【표 3.1】각 부재 별 조사방법 및 기간

구분	경간	조사방법	조사기간	비고
1차 조사	S1~S11	도보	2017.11.13. ~ 11.14	
2차 조사	S1~S11	교량점검차	2017.11.15. ~ 11.17	
3차 조사	S1~S11	도보	2018.03.29. ~ 03.30	



PSC BOX 내부 조사



바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용



바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용



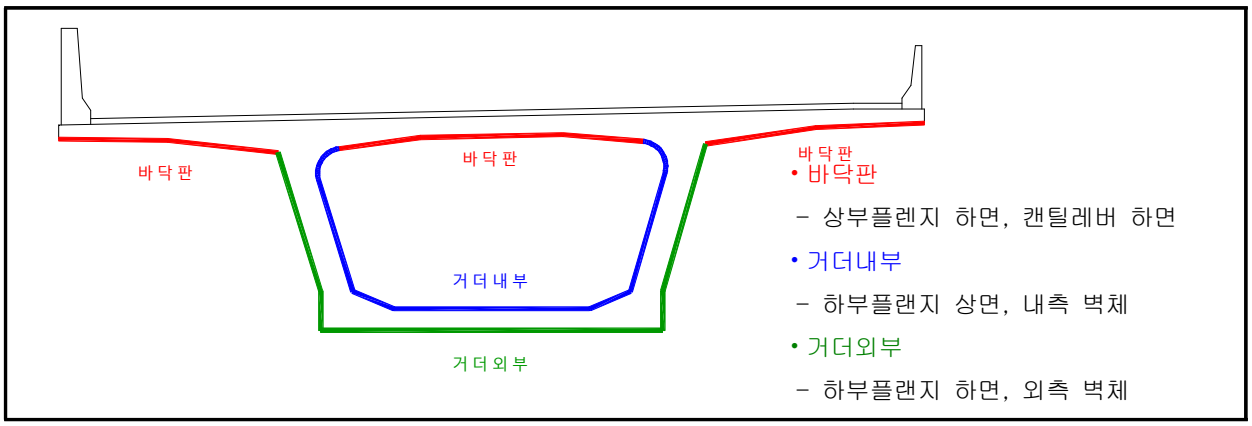
바닥판 조사를 위한 교량점검차 이용

【사진 3.1】논산천교 장비접근 현황

3.2 외관조사(천안방향)

3.2.1 상부구조

논산천교는 사각이 없는 직선교이며 (±)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있다.



【그림 3.1】 부재별 구분

본 교량의 부재별 구분은 위의 【그림 3.1】과 같이 구분하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다. 외부의 좌 · 우측 캔틸레버와 거더 내부의 상부플랜지는 바닥판으로 구분하고 거더 내부, 거더외부 및 기타부재인 교면포장, 방호울타리, 받침장치 등으로 분류하여 상세외관조사 및 평가를 수행하였다.

가. 바닥판

바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차 및 망원경)를 이용하여 실시하였다.



바닥판 하면(거더 외부)



바닥판 하면(거더 내부)

【사진 3.2】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 거더내부 상부측 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 종방향 균열이 다수 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 켄틸레버부측 배수관 주변 백태 및 망상균열이 일부 발생한 상태이다.

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상			
S1	300.00/6	-	-	-	
S2	336.60/14	-	-	0.37/2	
S3	352.00/8	-	-	-	
S4	361.50/10	-	-	-	
S5	350.00/7	-	-	-	
S6	319.00/10	3.00/1	-	1.00/1	
S7	300.00/6	1.50/1	-	1.50/3	
S8	50.00/1	-	-	0.57/2	
S9	200.00/4	-	-	0.83/3	
S10	131.00/7	-	-	-	
S11	10.30/3	-	1.35/2	0.08/2	
함 계	**2,710.4/76**	**4.50/2**	**1.35/2**	**4.35/13**	



천안방향 S3 폭 0.3㎜ 미만 균열



천안방향 S6 캔틸레버 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.3】 바닥판 손상현황



천안방향 S11 캔틸레버 망상균열



천안방향 S11 캔틸레버 백태

【사진 3.4】 바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 바닥판하면 폭 0.3mm 미만의 균열 및 백태가 추가 조사되었다.

【표 3.3】 바닥판 하면 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	66ea / 2,663.10m	76ea / 2,710.40m	⬆ 47.30m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 4.50m	2ea / 4.50m	- -	변동없음
망상균열	2ea / 1.35㎡	2ea / 1.35㎡	- -	변동없음
백태	11ea / 3.85㎡	13ea / 4.35㎡	⬆ 0.50㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신·구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 바닥판의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더 외부 시·종점측에 발생된 망상균열은 균열폭이 0.2㎜이하이고 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 상태로써 시공초기 손상으로 판단되며 누수 및 백태 등이 동반된 손상은 아닌 상태로써 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구된다.
- 거더 외부에 조사된 백태는 배수구와 바닥판 이음부 및 방호벽과 바닥판 이음부에서 우수유입에 의하여 발생된 손상으로 기존 점검결과와 비교시 손상의 진행은 없는 상태지만 교량의 미관 및 내구성 증대를 위하여 표면보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. PSC BOX 거더

논산천교의 시공방식은 ILM(Incremental Launching Method)으로서 PSC Box의 Seg.를 교대 후방에서 선제작 후 상·하플랜지에 Post-Tension 방식으로 프리스트레스를 도입하고 교량 교축방향으로 PSC Box를 반복하여 밀어내는 공법으로 본 교량은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC Box 거더교이다.

PSC BOX 거더는 각 Seg.별 재령일 차이에 따른 신·구 콘크리트의 구속력, 건조수축과 압출시 강선의 방향, 프리스트레스 도입에 영향 등으로 여러 형태의 균열이 발생되며, Box 내부에 발생한 균열 중 폭 Cw≥0.3㎜의 균열 및 단면손상은 대부분 보수를 실시한 상태이다.

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



PSC BOX 거더 내부 전경	PSC BOX 거더 외부 전경

【사진 3.5】PSC BOX 거더 전경

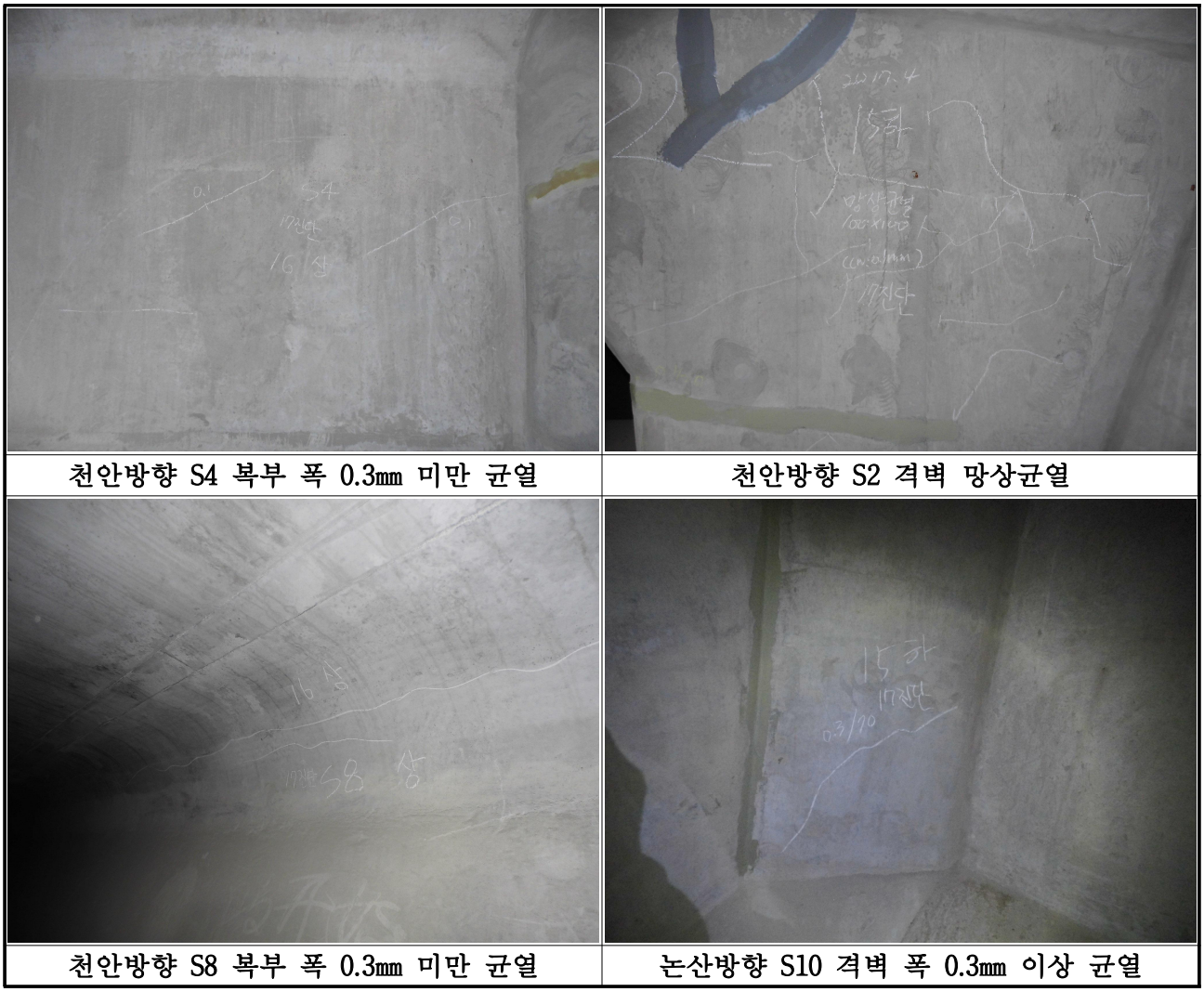
1) PSC BOX 거더 내부

① 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 복부에 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 균열폭 0.3㎜이상의 균열, 망상균열이 조사되었다.

【표 3.4】거더내부 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	10.37/12	-	-	
S2	14.30/3	-	1.00/1	
S3	5.60/6	-	-	
S4	7.00/10	-	-	
S5	6.90/9	-	-	
S6	12.40/12	0.70/1	-	
S7	77.60/7	-	-	
S8	98.00/8	-	-	
S9	32.10/6	-	-	
S10	0.50/2	-	-	
S11	1.70/2	-	-	
함 계	**266.47/77**	**0.70/1**	**1.00/1**	



천안방향 S4 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열	천안방향 S2 격벽 망상균열
천안방향 S8 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열	논산방향 S10 격벽 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.6】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.5】 거더 내부 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	74ea / 250.97m	77ea / 266.47m	⬆ 15.50m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.70m	1ea / 0.70m	- -	변동없음
망상균열	1ea / 1.00㎡	1ea / 1.00㎡	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신·구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

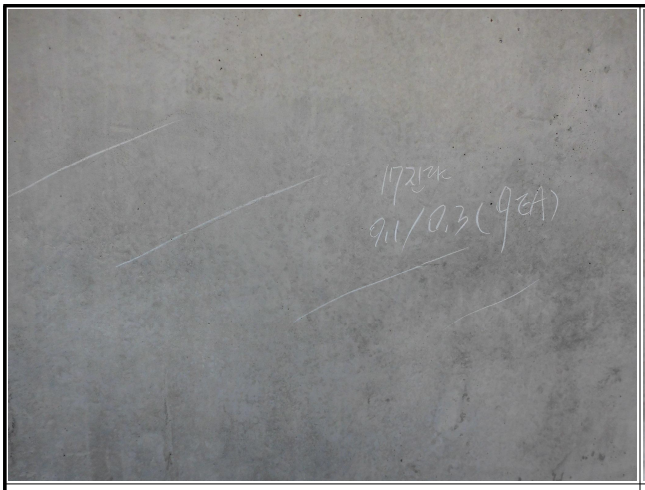
2) PSC BOX 거더 외부

① 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 0.3㎜이상 균열 및 망상균열, 들뜸이 조사되었다.

【표 3.6】 거더외부 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		들뜸 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	6.20/16	-	-	
S2	5.40/17	-	-	
S3	8.00/5	1.90/2	-	
S4	-	-	-	
S5	-	-	0.26/2	
S6	-	-	-	
S7	5.80/3	-	-	
S8	1.80/2	-	-	
S9	15.80/12	-	-	
S10	1.00/1	-	-	
S11	-	-	-	
함 계	**44.00/56**	**1.90/2**	**0.26/2**	

	
천안방향 S1 폭 0.3㎜ 미만 균열	천안방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열
	
천안방향 S5 들뜸	천안방향 S5 들뜸

【사진 3.7】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.7】 거더 외부 기 점검 결과 비교(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	18ea / 29.40m	56ea / 44.00m	⬆ 14.60m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	2ea / 1.9m	2ea / 1.9m	- -	변동없음
들뜸	2ea / 0.26㎡	2ea / 0.26㎡	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

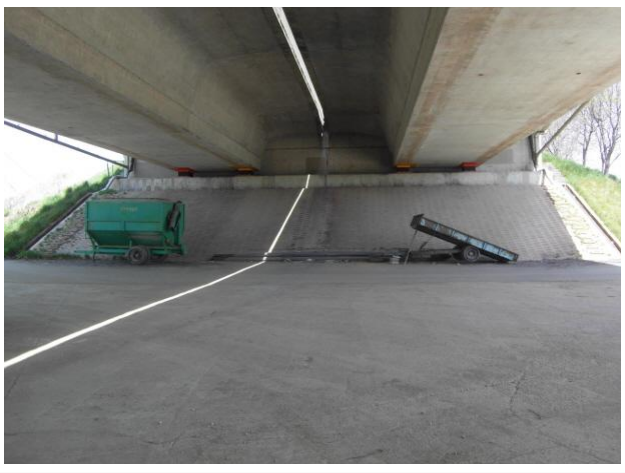
- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치 이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 받침장치 플레이트 주변 콘크리트 들뜸이 조사되었다. 시공초기 불량으로 판단되며 기능을 유지하는데 문제는 없을 것으로 판단된다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

논산천교의 하부구조는 역T형의 교대 2기로 구성되어 있고 기초형식 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.

	
교대 A1 전경	교대 A2 전경

【사진 3.8】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.3㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.

- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인해 표면열화가 조사되었다.
- 교대 공동구 내부에 백태 및 철근노출, 보수재 박리가 조사되었다.
- 부대시설인 계단 변형 및 도수로 파손, 보호블럭 식생이 조사되었다.

【표 3.8】교대 외관조사 결과(천안방향)

구 분	균열(m/개소)		계단변형 (EA)	도수로파손 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
A1	2.00/3	0.40/1	-	-	-	1.08/5	
A2	11.00/14	1.40/4	1	0.18/3	0.80/2	0.90/2	
합 계	**13.00/17**	**1.80/5**	**1**	**0.18/3**	**0.80/2**	**1.98/7**	

【표 3.9】교대 외관조사 결과(천안방향)-계속

구 분	식생 (㎡/개소)	실런트파손 (m/개소)	누수흔적 (㎡/개소)	이음부 누수흔적 (EA)	철근노출 (㎡/개소)	표면열화 (㎡/개소)	비 고
A1	4.00/3	5.00/1	-	-	0.01/1	3.60/1	
A2	10.00/2	1.00/1	0.10/1	1	0.24/1	-	
합 계	**14.00/5**	**6.00/2**	**0.10/1**	**1**	**0.25/2**	**3.60/1**	



천안방향 교대 A1 날개벽 폭 0.3㎜ 미만 균열



천안방향 교대 A1 공동구 백태

【사진 3.9】교대 손상현황



천안방향 교대 A2 보수부 들뜸



천안방향 교대 A2 파손 및 철근노출

【사진 3.10】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 계단변형 등의 손상이 신규 조사되었으며, 박리 및 백태가 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.10】교대 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교		비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)			
균열 (폭 0.3mm미만)	17ea / 13.00m	17ea / 13.00m	-	-	변동없음
균열 (폭 0.3mm이상)	5ea / 1.80m	5ea / 1.80m	-	-	변동없음
계단변형	- / -	1ea / 1ea	⬆	1ea	신규손상
도수로파손	3ea / 0.18㎡	3ea / 0.18㎡	-	-	변동없음
박리	1ea / 0.40㎡	2ea / 0.80㎡	⬆	0.40㎡	물량변동
백태	7ea / 1.78㎡	8ea / 1.98㎡	⬆	0.20㎡	물량변동
식생	5ea / 14.00㎡	5ea / 14.00㎡	-	-	변동없음
실런트 파손	2ea / 6.00m	2ea / 6.00m	-	-	변동없음
누수흔적	1ea / 0.10㎡	2ea / 0.10㎡	-	-	변동없음
이음부 누수흔적	1ea / 1ea	1ea / 1ea	-	-	변동없음
철근노출	2ea / 0.25㎡	2ea / 0.25㎡	-	-	변동없음
표면열화	1ea / 3.60㎡	1ea / 3.60㎡	-	-	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 수직균열 및 망상균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 철근부식 및 박리, 누수흔적은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 교대 공동구 내부에 발생한 백태는 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. 교각

논산천교(천안, 논산)의 하부구조는 T형 교각 10기로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교각 P8 전경</td><td>교각 P6 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.11】 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.2㎜ 수직균열이 조사되었다.
- 기타 경미한 망상균열, 박락, 긁힘, 마감불량, 점검로 볼트탈락, 점검로 지지대파손, 표지판 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.11】교각 외관조사 결과(천안방향)

구 분	0.3mm미만 균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	점검로 볼트탈락 (EA)	점검로 지지대파손 (EA)	표지판 탈락 (EA)	비 고
P1	4.00/5	-	-	-	-	-	-	
P2	4.70/8	-	-	0.12/1	-	-	-	
P3	1.20/1	-	-	0.60/2	-	-	-	
P4	3.90/7	-	-	-	-	1	1	
P5	2.60/4	-	-	-	-	-	-	
P6	4.50/5	-	-	-	3	-	-	
P7	7.00/11	-	0.09/2	-	4	-	-	
P8	5.30/8	-	-	-	-	-	1	
P9	7.70/14	2.00/1	-	-	-	-	-	
P10	9.70/9	-	-	-	-	-	-	
합 계	**50.6/72**	**2.00/1**	**0.09/2**	**0.72/3**	**7**	**1**	**2**	



천안방향 교각 P1 균열폭 0.3㎜이하 균열



천안방향 교각 P10 망상균열



천안방향 교각 P2 긁힘



천안방향 교각 P8 표지판 탈락

【사진 3.12】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 균열폭 0.3㎜미만의 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.12】교각 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	67ea / 46.60m	72ea / 50.60m	⬆ 4.00m	물량변동
망상균열	1ea / 2.00㎡	1ea / 2.00㎡	- -	변동없음
박락	2ea / 0.09㎡	2ea / 0.09㎡	- -	변동없음
긁힘	3ea / 0.72㎡	3ea / 0.72㎡	- -	변동없음
점검로 볼트탈락	7ea / 7ea	7ea / 7ea	- -	변동없음
점검로 지지대파손	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음
표지판 탈락	2ea / 2ea	2ea / 2ea	- -	변동없음

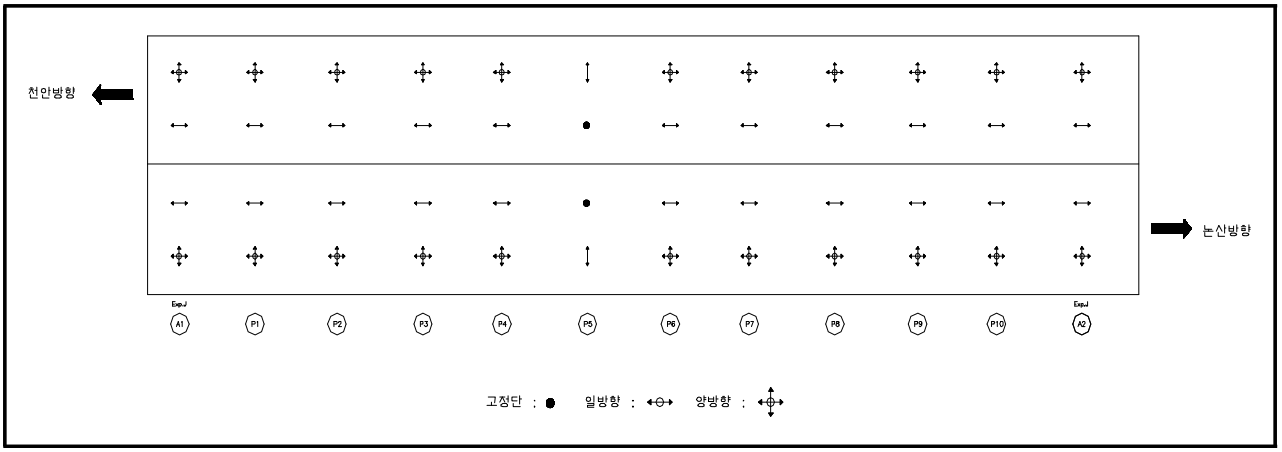
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 폭 0.3mm 균열은 외기의 영향으로 손상이 진전된 것으로 판단된다.
- 발생한 균열은 교량의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 미미하나, 내구성 저하 방지를 위하여 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 외부충격에 의한 박락 및 긁힘은 내구성에 별다른 영향을 미치지 않으므로 손상의 진전에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.
- 교각 점검시설에 대한 조사결과 볼트탈락, 지지대파손, 표지판 탈락이 조사되었다. 점검로 손상은 점검자의 안전에 영향을 미칠수 있으므로 보수가 요구된다.

3.2.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 탄성받침(LRB)로 설치되어 있다. 천안방향에 1개의 고정단 받침, 11개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 11개소의 양방향 받침으로 총 24개의 받침이 설치되어 있다. 교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부에 전달하

는 기능을 수행하는 부재로서 상부 온도변화에 따른 거동, 상부 활하중에 의한 변위에 대한 흡수, 저항하는 부재로 온도변화, 활하중에 의한 신축기능 여부뿐만 아니라 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.2】교량받침 배치도

【표 3.13】교량받침 현황

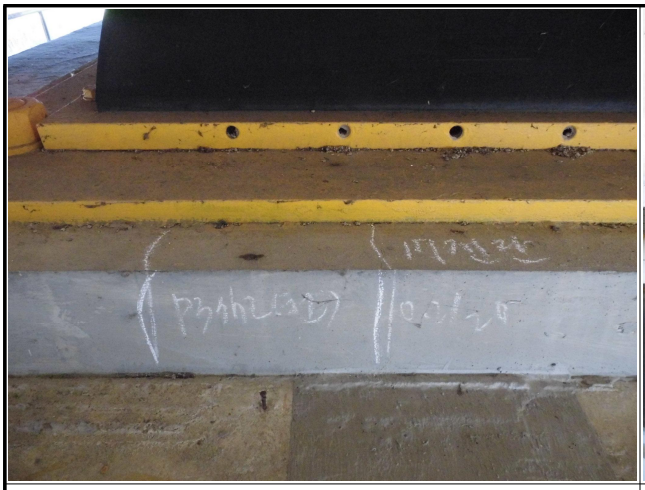
가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	1,200	±176.0	11
			교각	1,200		
	교축 직각방향		교각	1,200	-	1
양방향			교대	1,200	±1760.0	11
			교각	1,200		
고정단			교각	1,200	-	1

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 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 금회 정밀조사로 인한 일부 신규손상이 발생하였으며, 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트의 균열은 초기 건조수축으로 인한 손상으로 사료되며, 외부 충격에 의한 파손 및 박락이 발생하였다. 손상은 진전시 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.
- 강재 플레이트에 발생한 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인된 바 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

【표 3.14】 교량받침 외관조사 결과(천안방향)

구 분	받침 콘크리트 균열(0.1mm) (m/개소)	받침 부식 (개소)	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	고정볼트 풀림 (EA)	비 고
A1	-	1	-	-	-	
P1	2.60/13	-	-	0.02/1	-	
P2	5.20/26	1	0.02/2	-	-	
P3	1.50/10	-	-	-	-	
P4	1.40/7	-	-	-	-	
P5	2.00/10	-	-	-	-	
P6	2.60/18	-	-	-	-	
P7	1.40/9	2	-	-	-	
P8	1.60/11	-	-	-	-	
P9	1.20/12	2	-	-	12	
P10	0.40/2	-	-	-	-	
A2	-	1	-	0.01/1	-	
합 계	**20.90/118**	**7**	**0.02/2**	**0.03/2**	**12**	



천안방향 교각 P3 받침콘크리트 균열



천안방향 교각 P2 부식

【사진 3.13】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열(폭 0.3mm미만) 등의 손상이 신규 조사되었고, 기 누락 손상으로 추정된다. 금회 점검 결과를 토대로 향후 유지관리를 시행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

【표 3.15】교량받침 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm미만)	89ea / 15.60m	118ea / 20.90m	⬆ 5.3m	물량변동
받침부식	5ea / 5ea	7ea / 7ea	- -	변동없음
받침콘크리트 박락	5ea / 0.85㎡	5ea / 0.85㎡	- -	변동없음
받침콘크리트 파손	2ea / 0.02㎡	2ea / 0.02㎡	- -	변동없음
고정볼트 풀림	12ea / 12ea	12ea / 12ea	- -	변동없음

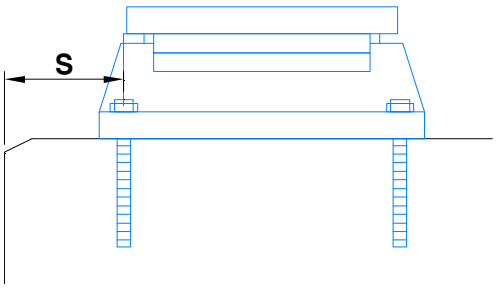
다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장박리는 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거가 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.

- 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 고정볼트 풀림은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 재결합 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.



< 탄성받침 >

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L

여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3】 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 3.16】교대 및 교각 받침부(천안) 연단거리 조사결과

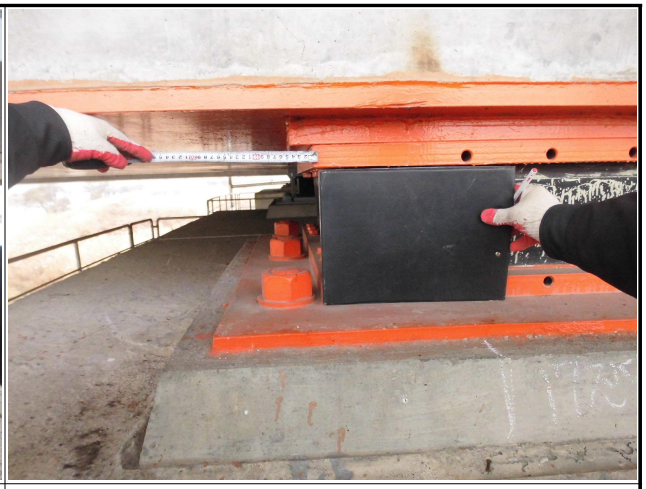
구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450.0	460	460	O.K
P1	A1측	450.0	900	870	O.K
	A2측		900	900	O.K
P2	A1측	450.0	860	890	O.K
	A2측		900	900	O.K
P3	A1측	450.0	880	890	O.K
	A2측		890	900	O.K
P4	A1측	450.0	820	820	O.K
	A2측		800	830	O.K
P5	A1측	450.0	810	800	O.K
	A2측		850	850	O.K
P6	A1측	450.0	875	900	O.K
	A2측		800	790	O.K
P7	A1측	450.0	830	850	O.K
	A2측		820	800	O.K
P8	A1측	450.0	835	850	O.K
	A2측		840	820	O.K
P9	A1측	450.0	840	820	O.K
	A2측		840	860	O.K
P10	A1측	450.0	840	830	O.K
	A2측		810	810	O.K
A2		450.0	450	460	O.K

마. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 탄성받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



교량받침 가동량 측정(Sh1)



교량받침 가동량 측정(Sh2)

【사진 3.14】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 3.17】교량받침 가동상태 검토결과(천안방향)

구 분		실측 이동량(㎜)				변동량(㎜)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
A1	Sh1	80	(A2)	45	(A2)	35	26.25	
	Sh2	85	(A2)	48	(A2)	37		
P1	Sh1	75	(A2)	58	(A2)	17	21.00	
	Sh2	80	(A2)	62	(A2)	18		
P2	Sh1	75	(A2)	60	(A2)	15	15.75	
	Sh2	75	(A2)	58	(A2)	17		
P3	Sh1	25	(A2)	17	(A2)	8	10.50	
	Sh2	30	(A2)	20	(A2)	10		
P4	Sh1	25	(A2)	20	(A2)	5	5.25	
	Sh2	30	(A2)	26	(A2)	4		
P5	고정단							
P6	Sh1	15	(A1)	10	(A1)	5	5.25	
	Sh2	15	(A1)	10	(A1)	5		
P7	Sh1	30	(A1)	20	(A1)	10	10.50	
	Sh2	35	(A1)	28	(A1)	7		
P8	Sh1	60	(A1)	45	(A1)	15	15.75	
	Sh2	60	(A1)	40	(A1)	20		
P9	Sh1	75	(A1)	60	(A1)	15	21.00	
	Sh2	80	(A1)	50	(A1)	20		
P10	Sh1	70	(A1)	45	(A1)	25	26.25	
	Sh2	70	(A1)	45	(A1)	25		
A2	Sh1	80	(A1)	40	(A1)	30	31.50	
	Sh2	80	(A1)	40	(A1)	30		

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

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

【표 3.18】 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
P1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P3	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P4	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P5	고 정 단								
P6	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P7	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P8	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P9	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P10	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
A2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	13.3	53.5	123.1

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.19】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	85 (A2)			91	261	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A2)			96	256	±176	O.K
P2	Sh1	75 (A2)	33.4	68.2	101	251	±176	O.K
	Sh2	75 (A2)			101	251	±176	O.K
P3	Sh1	25 (A2)	26.7	49.9	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P4	Sh1	25 (A2)	20	31.6	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P5		고정단						

【표 3.20】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)-계속

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P6	Sh1	15 (A1)	20	31.6	161	191	±176	O.K
	Sh2	15 (A1)			161	191	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	26.7	49.9	146	206	±176	O.K
	Sh2	35 (A1)			141	211	±176	O.K
P8	Sh1	60 (A1)	33.4	68.2	116	236	±176	O.K
	Sh2	60 (A1)			116	236	±176	O.K
P9	Sh1	75 (A1)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	70 (A1)	46.8	104.8	106	246	±176	O.K
	Sh2	70 (A1)			106	246	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	53.5	123.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 담양군 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	・최근 10년간 담양군 기상관측소 자료 참조 ・최근 10년간 최저기온 : -16.2℃(측정일시 : 2016년 1월 25일) ・최근 10년간 최고기온 : 36.9℃(측정일시 : 2016년 8월 11일)

【표 3.21】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	85 (A2)			91	261	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A2)			96	256	±176	O.K

【표 3.22】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P2	Sh1	75 (A2)	43.8	63.6	101	251	±176	O.K
	Sh2	75 (A2)			101	251	±176	O.K
P3	Sh1	25 (A2)	33.6	46.8	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P4	Sh1	25 (A2)	23.5	30.1	151	201	±176	O.K
	Sh2	30 (A2)			146	206	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	15 (A1)	23.5	30.1	161	191	±176	O.K
	Sh2	15 (A1)			161	191	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	33.6	46.8	146	206	±176	O.K
	Sh2	35 (A1)			141	211	±176	O.K
P8	Sh1	60 (A1)	43.8	63.6	116	236	±176	O.K
	Sh2	60 (A1)			116	236	±176	O.K
P9	Sh1	75 (A1)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	70 (A1)	64.1	97.1	106	246	±176	O.K
	Sh2	70 (A1)			106	246	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	74.2	113.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.2.4 신축이음장치

논산천교는 ILM으로 시공된 교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1, A2는 강핑거 조인트로 시공되었다.



A1 신축이음장치 | A2 신축이음장치

【사진 3.15】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

나. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))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.



신축이음장치 유간(A)	거더 상부(바닥판) 유간(B)	거더 하부 유간(C)

【사진 3.16】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.23】 신축이음 유간 측정결과(천안방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	170	135	305	260	320	280	FINGER Joint (No. 250)
EXP.J2 (A2)	180	148	275	240	290	260	FINGER Joint (No. 250)

- 17년 11월(3.4℃)과 18년 3월(13.9℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.24】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(천안방향)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	170	135	35	26.3	
	거더 상부	305	260	45		
	거더 하부	320	280	40		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	180	148	32	31.5	
	거더 상부	275	240	35		
	거더 하부	290	260	30		

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.25】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	-	33.5	91.5
EXP.J2(A2)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	-	40.2	109.8

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.26】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(천안방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	33.5	91.5	170	250	46.5	65.2	O.K
	거더 상부			305	250	46.5	200.2	O.K
	거더 하부			320	250	46.5	215.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	40.2	109.8	180	250	29.8	56.9	O.K
	거더 상부			275	250	29.8	151.9	O.K
	거더 하부			290	250	29.8	166.9	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 담양군 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

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

【표 3.27】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(천안방향)

구 분		계산 이동량(㎜) 최대 수축시 ①	계산 이동량(㎜) 최대 신장시 ②	점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜) 최대 수축시 ④-(①+③)	신축 여유량(㎜) 최대 신장시 ③-②	검토 결과
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	50.8	83.8	170	250	29.2	86.2	O.K
	거더 상부			305	250	29.2	221.2	O.K
	거더 하부			320	250	29.2	236.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	60.9	100.5	180	250	9.1	79.5	N.G
	거더 상부			275	250	9.1	174.5	O.K
	거더 하부			290	250	9.1	189.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3.2.5 교면포장

논산천교는 각 편도 2차로(총 왕복 4차로)로 구성되어 있고 교면포장은 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되었으나 현장조사시 포장두께는 T=100㎜((1,110㎜-1,010㎜=100㎜(방호울타리 외측면 높이-방호울타리 내측면 높이))로 조사되었다.



교면포장 전경



교면포장 전경

【사진 3.17】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 아스콘 균열 및 침하, 패임이 조사되었다.

【표 3.28】교면포장 외관조사 결과(천안방향)

구분	아스콘 패임 (㎡/개소)	아스콘 균열 및 침하 (m/개소)	비고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	-	-	
S4	-	-	
S5	-	-	
S6	0.10/1	-	
S7	-	-	
S8	-	-	
S9	-	-	
S10	-	-	
S11	-	7.00/1	
합계	**0.10/1**	**7.0/1**	



천안방향 교면포장 S6 아스콘 패임



천안방향 교면포장 S11 아스콘 균열

【사진 3.18】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.29】교면포장 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
아스콘 패임	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
아스콘 균열 및 침하	1ea / 7.00m	1ea / 7.00m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 균열 및 패임은 차량의 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 정도는 경미한 상태인 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

논산천교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 교량 외측의 캔틸레버에 90개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 배수시설의 형식은 하천형 및 육교형으로 되어 있다. 차량 및 보행자 통행구간 등은 육교형으로 시공된 상태이며, 하천구간의 배수시설은 하천형으로 배수구를 통해 지표수가 하부로 직접 유출되도록 되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



배수구 현황



배수관 현황

【사진 3.19】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

•1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 이물질퇴적이 1개소 관찰되었으며 배수관 설치상태 및 관리상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.30】배수시설 외관조사 결과(천안방향)

구분	배수구 이물질 퇴적 (개소)	비고
S1	1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	1	



배수구 이물질 퇴적

【사진 3.20】배수시설 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.31】 배수시설 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 이물질퇴적	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

배수시설에 대한 점검결과 배수구 이물질퇴적으로 집수구 막힘 관찰된 상태로서 교면수의 원할한 배수가 이루어질 수 있도록 집수구는 주기적인 청소를 실시하여 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 청소 및 유지관리 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 시점측의 제방구간 방호울타리에는 방음벽이 설치되어 있으며, 중앙분리대 상단에는 야간에 교차하는 차량의 눈부심을 방지하기 위해 차광막이 설치되어 있다.



방호울타리 전경



방호울타리 중분대 전경

【사진 3.21】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 균열부 백태, 긁힘 및 박리, 파손, 철근부식 등의 손상이 조사되었다.
- 기타 손상으로 방음벽 부식 등의 손상이 조사되었다

【표 3.32】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	균열(m/개소)		균열부 백태(m/개소)		방음벽 부식 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	0.40/1	-	-	-	3.20/9	
S2	2.00/1	-	-	-	-	
S3	0.80/4	1.20/3	-	-	-	
S4	1.80/4	-	0.30/1	-	0.02/1	
S5	-	-	-	-	-	
S6	0.60/2	-	1.00/1	2.00/1	-	
S7	-	2.30/1	-	-	-	
S8	1.40/3	0.60/2	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	0.30/1	-	-	-	-	
S11	1.60/3	2.00/1	-	-	-	
합계	**8.90/19**	**6.10/7**	**1.30/2**	**2.00/1**	**3.22/10**	

【표 3.33】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	긁힘 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	철근부식 (㎡/개소)	비고
S1	-	0.04/1	0.24/2	-	
S2	-	-	-	-	
S3	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	
S6	0.20/4	-	-	-	
S7	-	-	-	0.30/1	
S8	-	-	-	-	
S9	-	-	-	3.60/6	
S10	-	-	-	-	
S11	0.90/1	-	0.64/2	-	
합계	**1.10/5**	**0.04/1**	**0.88/4**	**3.90/7**	



천안방향 방호벽 S3 균열폭 0.2mm 균열



천안방향 방음벽 부식



천안방향 방호벽 S1 균열폭 0.3mm 균열



천안방향 방호벽 S6 균열폭 0.3mm 균열부백태



천안방향 방호벽 S6 긁힘



천안방향 중앙분리대 철근부식

【사진 3.22】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 및 균열부 백태(폭 0.3mm미만 및 이상), 긁힘이 추가 조사되었고, 손상은 정밀 조사로 인한 물량 증가로 확인되었다.

【표 3.34】 방호울타리 외관조사 결과(천안방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	16ea / 6.1m	19ea / 8.9m	⬆ 2.8m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	7ea / 6.1m	7ea / 6.1m	- -	변동없음
균열부 백태 (폭 0.3mm미만)	1ea / 0.30m	2ea / 1.30m	⬆ 1.00m	신규손상
균열부 백태 (폭 0.3mm이상)	1ea / 2.00m	1ea / 2.00m	- -	변동없음
방음벽 부식	10ea / 3.22㎡	10ea / 3.22㎡	- -	변동없음
긁힘	1ea / 0.90㎡	2ea / 1.10㎡	⬆ 0.20㎡	신규손상
박리	1ea / 0.04㎡	1ea / 0.04㎡	- -	변동없음
파손	4ea / 0.88㎡	4ea / 0.88㎡	- -	변동없음
철근부식	7ea / 3.90㎡	7ea / 3.90㎡	- -	변동없음

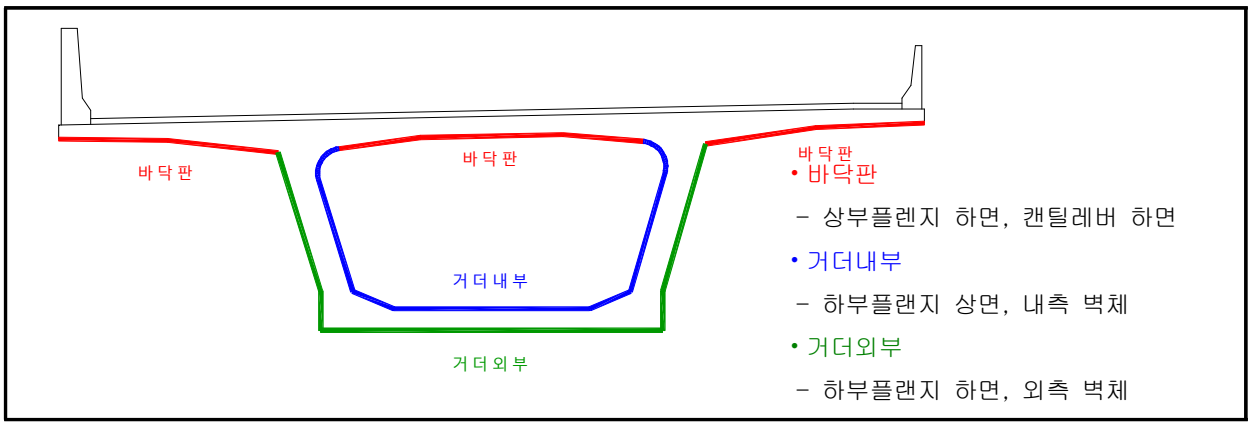
3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열 및 균열부 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 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 바람직하다.

3.3 외관조사(논산방향)

3.3.1 상부구조

논산천교는 사각이 없는 직선교이며 (±)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있다.



【그림 3.4】 부재별 구분

본 교량의 부재별 구분은 위의 【그림 3.4】과 같이 구분하여 외관조사 및 상태평가를 실시하였다. 외부의 좌 · 우측 캔틸레버와 거더 내부의 상부플랜지는 바닥판으로 구분하고 거더 내부, 거더외부 및 기타부재인 교면포장, 방호울타리, 받침장치 등으로 분류하여 상세외관조사 및 평가를 수행하였다.

가. 바닥판

바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차 및 망원경)를 이용하여 실시하였다.



바닥판 하면(거더 외부)



바닥판 하면(거더 내부)

【사진 3.23】 바닥판 전경

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과 거더내부 상부측 콘크리트 바닥판에 폭 0.1~0.2mm의 종방향 균열이 다수 조사되었으며, 일부구간 폭 0.3mm 이상 균열이 발생하였다.
- 켄틸레버부측 배수관 주변 백태 및 망상균열, 박락이 일부 조사되었으며, 보수재 박리가 신규로 발생한 상태이다.

【표 3.35】 바닥판 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상						
S1	-	-	0.01/1	1.00/1	-	-	0.25/1	
S2	-	-	-	-	-	-	-	
S3	250.00/5	-	-	-	-	-	0.16/1	
S4	150.00/3	-	-	-	-	-	0.50/2	
S5	14.60/6	-	-	-	-	-	-	
S6	201.20/6	-	-	-	-	-	0.25/1	
S7	85.00/7	0.30/1	-	-	2.25/3	-	0.75/1	
S8	250.00/5	-	-	0.80/1	-	-	2.25/2	
S9	150.00/3	-	-	-	-	-	-	
S10	120.00/5	-	-	-	-	-	-	
S11	166.00/9	-	-	9.00/2	-	0.08/1	6.20/5	
함 계	**1,386.80/49**	**0.30/1**	**0.01/1**	**10.80/4**	**2.25/3**	**0.08/1**	**10.36/13**	

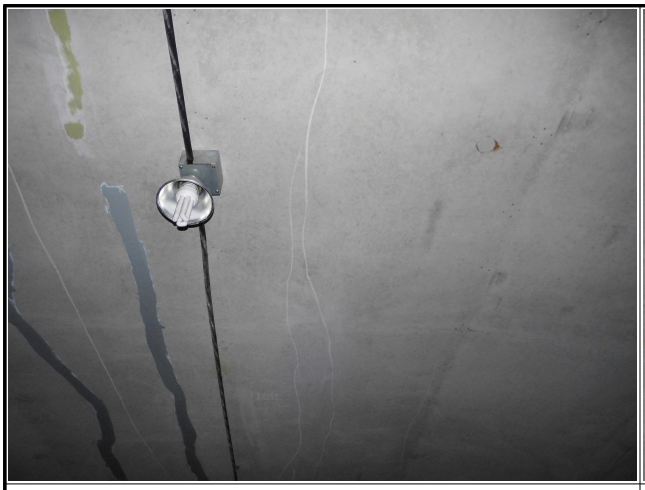


논산방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열



논산방향 S7 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.24】 바닥판 손상현황

	
논산방향 S5 폭 0.3㎜ 미만 균열	논산방향 S11 캔틸레버 망상균열
	
논산방향 S7 켄틸레버 보수부 박리	논산방향 S11 캔틸레버 박락
	
논산방향 S6 캔틸레버 배수구주변 백태	논산방향 S8 캔틸레버 백태

【사진 3.25】바닥판 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

금회 진단은 준공 후 실시하는 15년차 정밀안전진단으로서 전차 점검에 비해 보수부 박리 손상이 신규 조사되었고, 바닥판하면 폭 0.3mm 미만의 균열 및 백태, 망상균열이 추가 조사되었다.

【표 3.36】바닥판 하면 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	43ea / 1,374.80m	49ea / 1,386.80m	⬆ 12.00m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.30m	1ea / 0.30m	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
망상균열	2ea / 2.00㎡	4ea / 10.80㎡	⬆ 8.80㎡	물량변동
박리	- / -	3ea / 2.25㎡	⬆ 2.25㎡	신규손상
박락	1㎡ / 0.08㎡	1㎡ / 0.08㎡	- -	변동없음
백태	12ea / 10.11㎡	13ea / 10.36㎡	⬆ 0.25㎡	물량변동

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 바닥판의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 거더 외부 시종점측에 발생된 망상균열은 균열폭이 0.2㎜이하이고 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 상태로써 시공초기 손상으로 판단되며 누수 및 백태 등이 동반된 손상은 아닌 상태로써 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 조치가 요구

된다.

- 거더 외부 표면처리 보수를 실시한 상태로써 일부 보수부 박리 및 박락이 발생되었으며 보수재가 박리된 상태로써 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.
- 거더 외부에 조사된 백태는 배수구와 바닥판 이음부 및 방호벽과 바닥판 이음부에서 우수유입에 의하여 발생된 손상으로 기존 점검결과와 비교시 손상의 진행은 없는 상태지만 교량의 미관 및 내구성 증대를 위하여 표면보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. PSC BOX 거더

논산천교의 시공방식은 ILM(Incremental Launching Method)으로서 PSC Box의 Seg.를 교대 후방에서 선제작 후 상·하플랜지에 Post-Tension 방식으로 프리스트레스를 도입하고 교량 교축방향으로 PSC Box를 반복하여 밀어내는 공법으로 본 교량은 11경간 연속 ILM으로 시공된 PSC Box 거더교이다.

PSC BOX 강박스 거더는 각 Seg.별 재령일 차이에 따른 신·구 콘크리트의 구속력, 건조수축과 압출시 강선의 방향, 프리스트레스 도입에 영향 등으로 여러 형태의 균열이 발생되며, Box 내부에 발생한 균열 중 폭 Cw≥0.3㎜의 균열 및 단면손상은 대부분 보수를 실시한 상태이다.

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



PSC BOX 거더 내부 격벽 전경



PSC BOX 거더 외부 전경

【사진 3.26】PSC BOX 거더 전경

1) PSC BOX 거더 내부

① 외관조사 결과

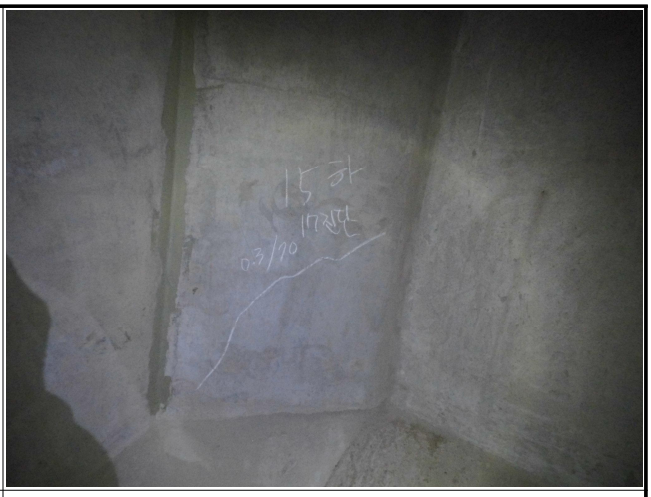
- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 복부에 균열폭 0.3㎜미만의 균열, 균열폭 0.3㎜이상의 균열, 망상균열이 조사되었다.

【표 3.37】 거더내부 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상		
S1	3.30/5	-	-	
S2	-	-	0.80/1	
S3	-	-	-	
S4	-	-	-	
S5	5.30/6	-	-	
S6	1.40/3	-	-	
S7	3.30/5	-	-	
S8	4.50/6	-	-	
S9	9.80/14	-	-	
S10	9.10/14	0.70/1	-	
S11	23.9/8	-	-	
함 계	**60.6/61**	**0.70/1**	**0.80/1**	



논산방향 S11 복부 폭 0.3㎜ 미만 균열



논산방향 S10 격벽 폭 0.3㎜ 이상 균열

【사진 3.27】 거더 손상현황

② 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 균열폭 0.3㎜이하 균열 및 망상균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.38】거더 내부 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	58ea / 57.70m	61ea / 60.60m	⬆ 2.90m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.70m	1ea / 0.70m	- -	변동없음
망상균열	- / -	1ea / 0.80㎡	⬆ 0.80㎡	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3㎜ 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인과 콘크리트 타설시 배치된 강선의 위치이동, 강선의 과긴장 등으로 발생한 것으로 판단된다. 기존 점검결과와 비교시 균열의 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 일부 발생된 폭 0.3㎜이상 균열은 국부적으로 발생된 균열로 내구성 확보 차원의 주입보수 등의 유지관리가 요구되며, 폭 0.1~0.2㎜ 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

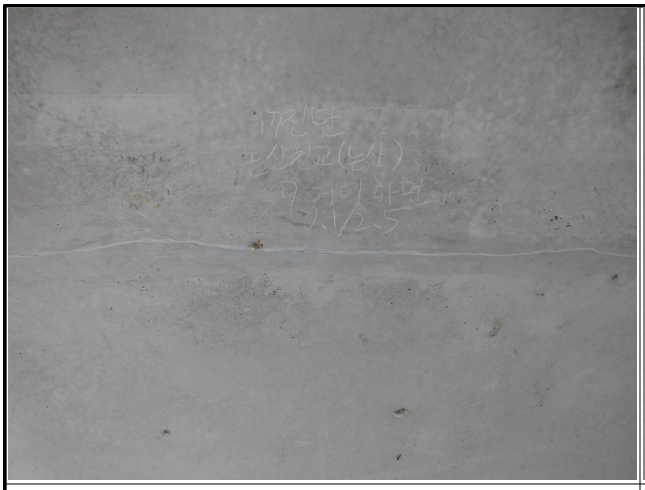
3) PSC BOX 거더 외부

① 외관조사 결과

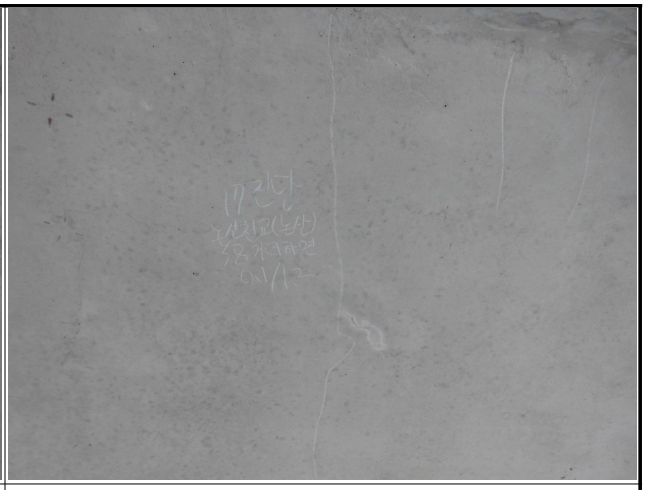
- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있으나, 균열폭 0.3㎜미만의 균열 및 망상균열이 조사되었다.

【표 3.39】 거더외부 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열 0.3mm미만 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	-	-	
S4	1.00/1	-	
S5	-	-	
S6	10.30/7	-	
S7	3.10/2	-	
S8	5.90/9	-	
S9	36.30/26	-	
S10	-	-	
S11	5.10/5	2.00/1	
함 계	**61.7/50**	**2.00/1**	



논산방향 S7 폭 0.3㎜ 미만 균열



논산방향 S8 폭 0.3㎜ 미만 균열

【사진 3.28】 거더 손상현황

4) 기 점검 결과와의 비교·분석

거더의 전차 점검과의 외관조사 결과, 일부 망상균열이 추가 발생하였고, 기존 누락 손상으로 확인되었다.

【표 3.40】거더 외부 기 점검 결과 비교(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	47ea / 58.20m	50ea / 61.70m	- -	변동없음
망상균열	- / -	1ea / 2.00㎡	⬆ 2.00㎡	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

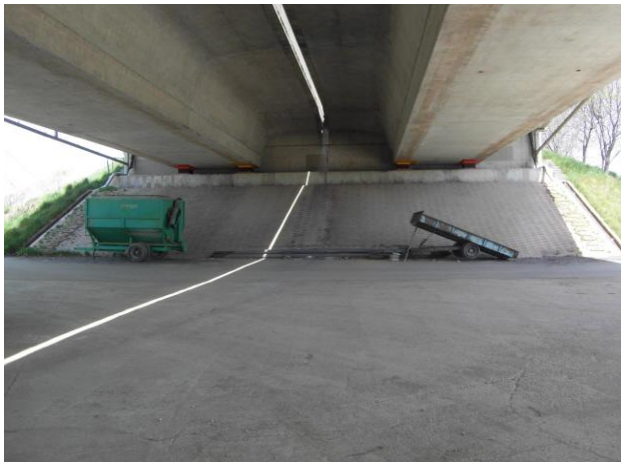
- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2㎜로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 신 · 구 콘크리트의 재령일 차이에 의한 수축 및 구속에 의한 원인 등으로 발생한 것으로 판단된다. 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 거더의 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

논산천교의 하부구조는 각 방향별로 역T형의 교대 2기로 구성되어 있고 기초형식 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.

각 교대(A1, A2) 전면측에는 사면보호블럭으로 보호토록 되어 있는 상태이다.



교대 A1 전경



교대 A2 전경

【사진 3.29】교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 발생한 균열은 대부분 폭 0.1~0.3㎜로서 수직균열의 형태로 발생하였다.
- 신축이음하부 누수로 인하여 교대에 누수흔적이 조사되었고, 이로 인해 표면열화가 조사되었다.
- 교대 공동구 내부에 이음부 누수흔적, 백태 및 보수재 박리가 조사되었다.
- 부대시설인 보호블럭 식생이 조사되었다.

【표 3.41】교대 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	보수부 들뜸 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
A1	0.20/1	0.40/1	-	0.32/2	-	
A2	10.70/9	1.40/4	0.40/1	0.40/1	0.10/1	
합 계	**10.90/10**	**1.80/5**	**0.40/1**	**0.72/2**	**0.10/1**	

【표 3.42】교대 외관조사 결과(논산방향)-계속

구 분	보수재 박리 (㎡/개소)	식생 (㎡/개소)	이음부 누수흔적 (EA)	표면열화 (㎡/개소)	비 고
A1	0.64/1	4.00/1	1	1.20/1	
A2		10.00/2	1	-	
합 계	**0.64/1**	**14.00/3**	**2**	**1.20/1**	



논산방향 교대 A1 공동구 보수재 박리



논산방향 교대 A2 수직균열

【사진 3.30】교대 손상현황



논산방향 교대 A1 보호블럭 식생



논산방향 교대 A2 박리

【사진 3.31】교대 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.43】교대 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	8ea / 7.90m	10ea / 10.90m	⬆ 3.00m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	5ea / 1.80m	5ea / 1.80m	- -	변동없음
망상균열	7ea / 10.90㎡	7ea / 10.9㎡	- -	변동없음
누수흔적	1ea / 0.40㎡	1ea / 0.40㎡	- -	변동없음
백태	3ea / 0.72㎡	3ea / 0.72㎡	- -	변동없음
보수부 들뜸	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
보수재 박리	1ea / 0.64㎡	1ea / 0.64㎡	- -	변동없음
식생	3ea / 14.00㎡	3ea / 14.00㎡	- -	변동없음
이음부 누수흔적	2ea / 2EA	2ea / 2EA	- -	변동없음
표면열화	1ea / 1.20㎡	1ea / 1.20㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교대에서 조사된 수직균열 및 망상균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 손상의 진전시 균열 폭에 따라 표면보수 및 주입보수를 실시해야 한다.
- 교대에 발생한 누수흔적은 신축이음으로 유입된 우수(염수)에 의한 것으로서 현재 손상의 경미한 상태이나, 손상의 진전시 교대의 내구성 확보 차원의 단면보수, 단면보수+방청 등의 조치가 요구된다.
- 교대 공동구 내부에 발생한 백태, 보수부 들뜸 및 박리는 기존 점검결과와 비교시 진행은 없는 것으로 평가되었으며 발생된 손상의 규모 및 발생형상, 발생위치 등을 종합적으로 분석해 보았을 때 기능을 유지하는 데 문제는 없을 것으로 판단된다. 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. 교각

논산천교(천안, 논산)의 하부구조는 각 방향별로 라멘식(Π형)의 교각 10기로 구성되어 있고 기초형식은 말뚝기초(RCD PILE)로 시공되어 있다.



교각 P8 전경



교각 P6 전경

【사진 3.32】교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3㎜ 수직균열이 조사되었다.
- 기타 경미한 망상균열, 박락, 마감불량, 점검로 지지대파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.44】교각 외관조사 결과(논산방향)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	점검로 지지대파손 (EA)	비 고
	0.3mm미만	0.3mm이상					
P1	5.60/7	-	-	-	-	-	
P2	5.40/10	0.30/1	-	-	-	-	
P3	4.60/10	-	-	-	-	-	
P4	1.30/3	-	-	-	-	1	
P5	5.50/9	-	2.25/1	-	-	-	
P6	12.30/11	-	-	-	2.00/2	-	
P7	5.60/9	-	-	0.01/1	-	-	
P8	14.60/17	-	-	-	-	-	
P9	11.20/21	-	-	-	-	-	
P10	4.60/8	-	-	-	-	-	
합 계	**70.7/105**	**0.30/1**	**2.25/1**	**0.01/1**	**2.00/2**	**1**	



논산방향 교각 P8 균열폭 0.3㎜이하 균열



논산방향 교각 P6 점검로 볼트 탈락



논산방향 교각 P5 망상균열



논산방향 교각 P2 균열폭 0.3㎜이하 균열

【사진 3.33】교각 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후 정밀조사로 인한 균열폭 0.3㎜미만의 균열이 증가하였다. 기 누락 손상으로 추정된다.

【표 3.45】교각 외관조사 결과(논산방향)

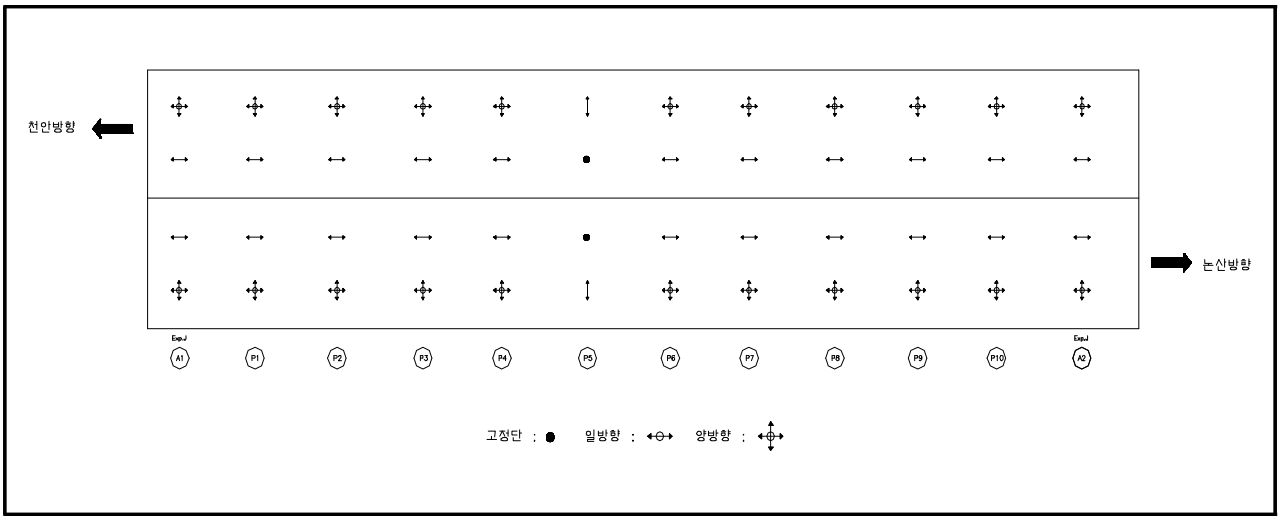
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	95ea / 63.60m	105ea / 70.70m	⬆ 7.10m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.30m	1ea / 0.30m	- -	변동없음
망상균열	1ea / 2.25㎡	1ea / 2.25㎡	- -	변동없음
박락	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
마감불량	2ea / 2.00㎡	6ea / 2.00㎡	- -	변동없음
점검로 지지대파손	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 교각에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축이 주된 원인으로 판단되며, 폭 0.3mm 균열은 외기의 영향으로 손상이 진전된 것으로 판단된다.
- 발생한 균열은 교량의 구조적인 안전성에 미치는 영향은 미미하나, 내구성 저하 방지를 위하여 표면보수 및 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 교각 점검시설에 대한 조사결과 지지대파손이 조사되었다. 점검로 손상은 점검자의 안전에 영향을 미칠수 있으므로 보수가 요구된다.

3.3.3 교량받침

본 교량의 받침 형식은 탄성받침(LRB)로 설치되어 있다. 논산방향에 1개의 고정단 받침, 11개소의 교축 일방향 받침, 1개의 교축 직각 일방향 받침 및 11개소의 양방향 받침으로 총 24개의 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 표면부식, 받침콘크리트 손상여부 등을 점검하여야 한다.



【그림 3.5】교량받침 배치도

【표 3.46】교량받침 현황

가동방향		현황사진	용량(ton)		가동량(mm)	설치개소
일방향	교축방향		교대	1,200	±176.0	22
			교각	1,200		
	교축 직각방향		교각	1,200	-	2
양방향			교대	1,200	±1760.0	22
			교각	1,200		
고정단			교각	1,200	-	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, 구조적인 손상이 없는 양호한 것으로 확인되었다.
- 일부 받침콘크리트의 균열은 초기 건조수축으로 인한 손상으로 사료되며, 외부 충격에 의한 박락이 발생하였다. 손상은 진전시 주입보수, 단면보수 등의 조치가 필요하다.
- 강재 플레이트에 발생한 도장박리, 녹발생 및 부식의 경우 우수유입에 의한 손상으로 현재 경미한 손상으로 확인된 바 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 필요하다.

【표 3.47】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

구 분	받침 콘크리트 균열 (m/개소)		받침 부식 (개소)	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	도장박리 (㎡/개소)	고정볼트 풀림 (EA)	비 고
	0.3㎜ 이하	0.3㎜ 이상					
A1	-	-	-	-	-	-	
P1	1.20/6	-	-	-	-	-	
P2	4.30/28	0.60/1	2	0.01/1	-	-	
P3	3.00/15	-	-	-	-	-	
P4	1.20/6	-	-	-	-	-	
P5	2.20/11	-	-	-	-	-	
P6	2.00/11	-	-	-	-	-	
P7	0.60/3	-	-	-	-	-	
P8	1.20/6	-	-	-	-	1	
P9	1.10/11	-	-	-	0.08/1	12	
P10	0.50/5	-	1	-	-	-	
A2	0.40/2	-	2	-	-	-	
합 계	**17.70/103**	**0.60/1**	**5**	**0.01/1**	**0.08/1**	**13**	



논산방향 교각 P2 받침콘크리트 균열	논산방향 교각 P6 받침콘크리트 균열
논산방향 교각 P9 도장박리	논산방향 교각 P8 고정볼트 풀림

【사진 3.34】교량받침 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.48】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm미만)	103ea / 17.7m	103ea / 17.70m	- -	변동없음
받침콘크리트 균열 (폭 0.3mm이상)	1ea / 0.6m	1ea / 0.60m	- -	변동없음

【표 3.49】교량받침 외관조사 결과(논산방향)

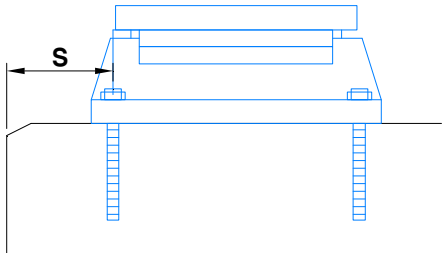
손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
받침부식	5ea / 5ea	5ea / 5ea	- -	변동없음
받침콘크리트 박락	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음
도장박리	1ea / 0.08㎡	1ea / 0.08㎡	- -	변동없음
고정볼트 풀림	13ea / 13ea	13ea / 13ea	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침부식 및 도장박리는 장기공용 및 외기에 부식이 발생한 것으로 판단되며, 별도의 도장보다는 부식제거가 효과적일 것으로 판단되며, 재손상 발생 여부 파악을 위한 주기적인 점검이 요구된다.
- 받침몰탈 및 받침콘크리트에 발생한 균열은 초기 건조수축 균열로 추정되며, 손상의 진전 및 확대시 주입보수, 표면처리 등의 유지관리가 요구된다.
- 받침콘크리트에 발생한 고정볼트 풀림은 시공 미흡으로 인한 손상으로 추정되며 손상의 진전시 재결합 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.



< 탄성받침 >

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 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 3.50】교대 및 교각 받침부(논산) 연단거리 조사결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450.0	460	450	O.K
P1	A1측	450.0	870	860	O.K
	A2측		890	890	O.K
P2	A1측	450.0	870	870	O.K
	A2측		860	860	O.K
P3	A1측	450.0	870	900	O.K
	A2측		860	880	O.K
P4	A1측	450.0	800	830	O.K
	A2측		830	820	O.K
P5	A1측	450.0	800	810	O.K
	A2측		850	850	O.K
P6	A1측	450.0	880	890	O.K
	A2측		810	800	O.K
P7	A1측	450.0	805	810	O.K
	A2측		870	860	O.K
P8	A1측	450.0	810	800	O.K
	A2측		830	860	O.K
P9	A1측	450.0	810	830	O.K
	A2측		850	830	O.K
P10	A1측	450.0	810	810	O.K
	A2측		850	850	O.K
A2		450.0	460	450	O.K

마. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 탄성받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도는 기상청 일평균 온도를 적용하였다.



교량받침 가동량 측정(Sh1)	교량받침 가동량 측정(Sh2)

【사진 3.35】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 3.51】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	80 (A2)	45 (A2)	35	26.25	
	Sh2	70 (A2)	45 (A2)	25		
P1	Sh1	75 (A2)	55 (A2)	20	21.00	
	Sh2	70 (A2)	52 (A2)	18		
P2	Sh1	70 (A2)	54 (A2)	16	15.75	
	Sh2	63 (A2)	50 (A2)	13		
P3	Sh1	65 (A2)	53 (A2)	12	10.50	
	Sh2	70 (A2)	60 (A2)	10		

【표 3.52】교량받침 가동상태 검토결과(논산방향)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P4	Sh1	28 (A2)	20 (A2)	8	5.25	
	Sh2	24 (A2)	15 (A2)	9		
P5	고정단					
P6	Sh1	12 (A1)	10 (A1)	2	5.25	
	Sh2	12 (A1)	10 (A1)	2		
P7	Sh1	30 (A1)	38 (A1)	8	10.50	
	Sh2	30 (A1)	38 (A1)	8		
P8	Sh1	55 (A1)	45 (A1)	10	15.75	
	Sh2	52 (A1)	40 (A1)	12		
P9	Sh1	80 (A1)	60 (A1)	20	21.00	
	Sh2	80 (A1)	60 (A1)	20		
P10	Sh1	80 (A1)	55 (A1)	25	26.25	
	Sh2	78 (A1)	53 (A1)	25		
A2	Sh1	80 (A1)	52 (A1)	28	31.50	
	Sh2	90 (A1)	51 (A1)	39		

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, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
P1	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P3	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P4	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P5	고 정 단								

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.54】 교량받침 이동량 산정(계속)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
P6	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	50	6.7	18.3	13.3	20	31.6
P7	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	100	13.4	36.6	13.3	26.7	49.9
P8	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	150	20.1	54.9	13.3	33.4	68.2
P9	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	200	26.8	73.2	13.3	40.1	86.5
P10	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	13.3	46.8	104.8
A2	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	13.3	53.5	123.1

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)

2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.55】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	40.1	86.5	101	251	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P2	Sh1	70 (A2)	33.4	68.2	106	246	±176	O.K
	Sh2	63 (A2)			113	239	±176	O.K
P3	Sh1	65 (A2)	26.7	49.9	111	241	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P4	Sh1	28 (A2)	20	31.6	148	204	±176	O.K
	Sh2	24 (A2)			152	200	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	12 (A1)	20	31.6	164	188	±176	O.K
	Sh2	12 (A1)			164	188	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	26.7	49.9	146	206	±176	O.K
	Sh2	30 (A1)			146	206	±176	O.K
P8	Sh1	55 (A1)	33.4	68.2	121	231	±176	O.K
	Sh2	52 (A1)			124	228	±176	O.K
P9	Sh1	80 (A1)	40.1	86.5	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	80 (A1)	46.8	104.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	78 (A1)			98	254	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	53.5	123.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	90 (A1)			86	266	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 담양군 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

기상청 통계자료	·최근 10년간 담양군 기상관측소 자료 참조 ·최근 10년간 최저기온 : -16.2℃(측정일시 : 2016년 1월 25일) ·최근 10년간 최고기온 : 36.9℃(측정일시 : 2016년 8월 11일)

【표 3.56】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

구 분		점검당시 실측이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	80 (A2)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P1	Sh1	75 (A2)	53.9	80.3	101	251	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P2	Sh1	70 (A2)	43.8	63.6	106	246	±176	O.K
	Sh2	63 (A2)			113	239	±176	O.K
P3	Sh1	65 (A2)	33.6	46.8	111	241	±176	O.K
	Sh2	70 (A2)			106	246	±176	O.K
P4	Sh1	28 (A2)	23.5	30.1	148	204	±176	O.K
	Sh2	24 (A2)			152	200	±176	O.K
P5		고정단						
P6	Sh1	12 (A1)	23.5	30.1	164	188	±176	O.K
	Sh2	12 (A1)			164	188	±176	O.K
P7	Sh1	30 (A1)	33.6	46.8	146	206	±176	O.K
	Sh2	30 (A1)			146	206	±176	O.K
P8	Sh1	55 (A1)	43.8	63.6	121	231	±176	O.K
	Sh2	52 (A1)			124	228	±176	O.K
P9	Sh1	80 (A1)	53.9	80.3	96	256	±176	O.K
	Sh2	80 (A1)			96	256	±176	O.K
P10	Sh1	80 (A1)	64.1	97.1	96	256	±176	O.K
	Sh2	78 (A1)			98	254	±176	O.K
A2	Sh1	80 (A1)	74.2	113.8	96	256	±176	O.K
	Sh2	90 (A1)			86	266	±176	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

논산천교는 ILM으로 시공된 교량으로 교대인 A1, A2에 신축이음장치가 설치되어 있으며, A1, A2는 강핑거조인트로 시공되었다.



A1 신축이음장치



A2 신축이음장치

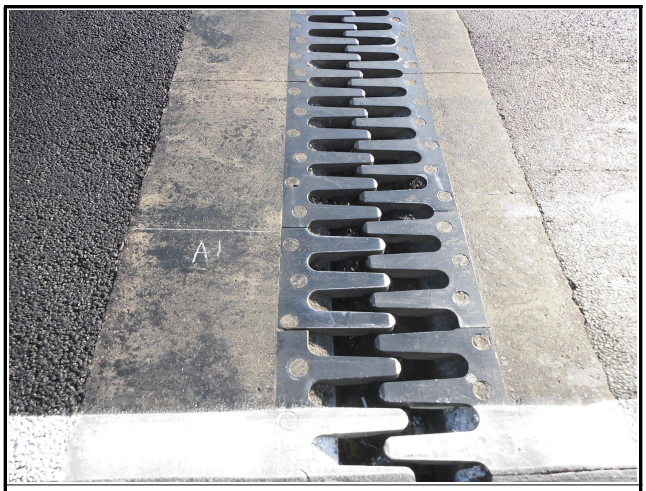
【사진 3.36】신축이음장치 전경

가. 외관조사 결과

- 신축이음장치의 외관조사 결과 신축이음장치 본체는 손상이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며 국부적으로 균열폭 0.3㎜미만의 후타재 균열이 조사되었다.

【표 3.57】신축이음장치 외관조사 결과(논산방향)

구분	후 타 재	비 고
	0.3mm미만 균열 (m/개소)	
A1	0.30/2	
A2	-	
합계	**0.30/2**	



논산방향 신축이음 A1 후타재 균열

【사진 3.37】 신축이음장치 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

신축이음장치에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.58】 신축이음장치 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	2ea / 0.30m	2ea / 0.30m	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 후타재에 발생한 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로서 보수를 통한 내구성 유지가 바람직하다.

라. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:3.4℃(2017년 11월 15일), 2차:13.9℃(2018년 03월 29일))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.



신축이음장치 유간(A)	거더 상부(바닥판) 유간(B)	거더 하부 유간(C)

【사진 3.38】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.59】 신축이음 유간 측정결과(논산방향)

측정위치	측 정 값(㎜)						비 고
	신축이음장치(A)		거더 상부(바닥판)(B)		거더 하부(C)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1 (A1)	180	143	295	265	300	270	FINGER Joint (No. 250)
EXP.J2 (A2)	175	145	295	260	300	270	FINGER Joint (No. 250)

- 17년 11월(3.4℃)과 18년 3월(13.9℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, EXP. J1(A1) EXP. J2(A2)의 가동상태는 이론 변동량과 유사한 것으로 나타났다.

【표 3.60】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(논산방향)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	180	143	37	26.3	
	거더 상부	295	265	30		
	거더 하부	300	270	30		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	175	145	30	31.5	
	거더 상부	295	260	35		
	거더 하부	300	270	30		

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

- 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, 전 개소에서 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.61】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	250	33.5	91.5	-	33.5	91.5
EXP.J2(A2)	13.4	36.6	1.0×10^{-5}	300	40.2	109.8	-	40.2	109.8

1) 조사당시 온도 : 3.4℃(조사일 : 2017년 11월 15일, 기상청 일평균 온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)

【표 3.62】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(논산방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	33.5	91.5	180	250	36.5	88.5	O.K
	거더 상부			295	250	36.5	203.5	O.K
	거더 하부			300	250	36.5	208.5	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	40.2	109.8	175	250	34.8	65.2	O.K
	거더 상부			295	250	34.8	185.2	O.K
	거더 하부			300	250	34.8	190.2	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 담양군 기상관측소의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 교량받침의 가동여유량을 평가한 결과 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

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

【표 3.63】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(논산방향)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	50.8	83.8	180	250	19.2	96.2	O.K
	거더 상부			295	250	19.2	211.2	O.K
	거더 하부			300	250	19.2	216.2	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	60.9	100.5	175	250	14.1	74.5	O.K
	거더 상부			295	250	14.1	194.5	O.K
	거더 하부			300	250	14.1	199.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3.3.5 교면포장

논산천교는 각 편도 2차로(총 왕복 4차로)로 구성되어 있고 교면포장은 아스팔트 포장으로 T=80㎜ 두께로 설계되었으나 현장조사시 포장두께는 T=100㎜((1,110㎜-1,010㎜=100㎜(방호울타리 외측면 높이-방호울타리 내측면 높이))로 조사되었다.



교면포장 전경



교면포장 전경

【사진 3.39】 교면포장 전경

가. 외관조사 결과

- 본 교량의 교면포장에 대한 외관조사 결과 잡철물 삽입이 조사되었다.

【표 3.64】교면포장 외관조사 결과(논산방향)

구분	잡철물 삽입 (㎡개소)	비고
S1	0.10/1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	**0.10/1**	



논산방향 교면포장 S1 잡철물 삽입

【사진 3.40】교면포장 손상현황

나. 기 점검결과와의 비교·분석

교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.65】교면포장 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
잡철물 삽입	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장에 발생한 잡철물 삽입은 초기 손상으로 판단되며 손상의 정도는 경미한 상태인 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

논산천교는 직선교로서 (-)2.0%의 횡단 편구배를 가지고 있으므로 교면수 흐름에 의거하여 교량 외측의 캔틸레버에 90개소의 배수시설이 설치되어 있으며, 배수시설의 형식은 하천형 및 육교형으로 되어 있다. 차량 및 보행자 통행구간 등은 육교형으로 시공된 상태이며, 하천구간의 배수시설은 하천형으로 배수구를 통해 지표수가 하부로 직접 유출되도록 되어 있다. 교면부의 상부에는 이물질 혼입 방지를 위한 집수구 덮개(Grating)가 설치되어 있다.



배수구 현황



배수관 현황

【사진 3.41】배수구 및 배수관 전경

1) 외관조사 결과

•1) 외관조사 결과

- 배수구 및 배수관에 대한 외관조사 결과 배수구 이물질퇴적이 1개소 관찰되었으며 배수관 설치상태 및 관리상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

【표 3.66】배수시설 외관조사 결과(논산방향)

구분	배수구 막힘 (개소)	비고
S1	1	
S2	-	
S3	-	
S4	-	
S5	-	
S6	-	
S7	-	
S8	-	
S9	-	
S10	-	
S11	-	
합계	1	



배수구 막힘

【사진 3.42】배수시설 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 손상의 진진 및 신규 손상이 없는 상태로 확인되었다.

【표 3.67】 배수시설 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
배수구 막힘	1ea / 1ea	1ea / 1ea	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

배수시설에 대한 점검결과 배수구 막힘이 관찰된 상태로서 교면수의 원할한 배수가 이루어질 수 있도록 집수구는 주기적인 청소를 실시하여 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다. 현재 손상은 경미한 상태로 손상의 진전시 청소 및 유지관리 등의 조치가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호울타리)

본 교량의 방호울타리는 좌·우측에 차량 충돌 시 탑승자의 보호, 충돌로부터 인접 주행차량의 보호, 교면 상부나 하부의 인명 및 재물의 보호 등을 위하여 콘크리트로 설치되어 있다. 시점측의 제방구간 방호울타리에는 방음벽이 설치되어 있으며, 중앙분리대 상단에는 야간에 교차하는 차량의 눈부심을 방지하기 위해 차광막이 설치되어 있다.



방호울타리 전경



방호울타리 중분대 전경

【사진 3.43】 난간 및 연석 전경

1) 외관조사 결과

- 방호울타리에 대한 외관조사 결과 균열 및 재료분리, 긁힘 및 박락, 파손, 철근노출, 철근부식 등의 손상이 조사되었다.
- 기타 손상으로 방음벽 파손 및 부식 등의 손상이 조사되었다

【표 3.68】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	균열(m/개소)		재료분리 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	비고
	0.3mm미만	0.3mm이상				
S1	0.20/1	-	-	-	0.10/2	
S2	-	-	-	-	0.01/1	
S3	2.00/2	-	-	0.10/5	-	
S4	1.00/1	-	-	-	-	
S5	2.00/9	-	10.00/1	-	-	
S6	3.90/6	1.00/1	-	-	-	
S7	0.20/1	3.80/5	-	-	-	
S8	1.00/1	-	-	0.06/3	-	
S9	7.40/7	-	-	3.00/1	-	
S10	4.20/4	4.00/3	0.15/1	0.40/1	0.01/1	
S11	2.20/3	-	-	-	-	
합계	**24.1/35**	**8.80/9**	**10.15/2**	**3.56/10**	**0.12/4**	

【표 3.69】 난간 및 연석 외관조사 결과(논산방향)

구분	파손 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	철근부식 (㎡/개소)	방음벽 파손 (㎡/개소)	방음벽 부식 (㎡/개소)	비고
S1	0.19/3	0.01/1	-	-	-	
S2	0.01/1	-	-	-	0.28/9	
S3	-	-	0.10/1	0.30/1	0.25/6	
S4	-	-	-	-	0.77/2	
S5	-	-	-	-	-	
S6	0.04/1	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	0.02/2	-	-	-	-	
S11	0.02/1	-	-	-	-	
합계	**0.28/8**	**0.01/1**	**0.10/1**	**0.30/1**	**1.30/17**	



논산방향 방호벽 S1 균열폭 0.2mm 균열



논산방향 방호벽 S10 재료분리



논산방향 방호벽 S1 박락



논산방향 중앙분리대 S1 철근노출



논산방향 방음벽 S3 파손



논산방향 방음벽 S2 부식

【사진 3.44】 난간 및 연석 손상현황

2) 기 점검결과와의 비교·분석

난간 및 연석에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검이후 균열 및 방음벽 파손 및 부식이 추가 조사되었고, 손상은 공용기간 증대에 의한 손상 증가로 확인되었다.

【표 3.70】 방호울타리 외관조사 결과(논산방향)

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	29ea / 17.70m	35ea / 24.10m	⬆ 2.8m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	9ea / 8.80m	9ea / 8.80m	- -	변동없음
재료분리	2ea / 10.15㎡	2ea / 10.15㎡	- -	변동없음
긁힘	10ea / 3.56㎡	10ea / 3.56㎡	- -	변동없음
박락	10ea / 3.22㎡	10ea / 3.22㎡	- -	변동없음
파손	4ea / 0.12㎡	4ea / 0.12㎡	- -	변동없음
철근노출	2ea / 0.02㎡	2ea / 0.02㎡	- -	변동없음
철근부식	1ea / 0.10㎡	1ea / 0.10㎡	- -	변동없음
방음벽 파손	- / -	1ea / 0.30㎡	⬆ 0.30㎡	신규손상
방음벽 부식	1ea / 0.75㎡	17ea / 1.30㎡	⬆ 0.55㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호울타리에 발생한 균열은 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열부 및 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 방음벽에 발생한 파손 및 부식은 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생된 손상이다.
- 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 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, 국토해양부/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 3.71】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)	36	9	44	24	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	36	9	44	24	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	36	9	44	24	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		4~6		8	6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	4	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		–		3	1	C_w=0.3㎜이상 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

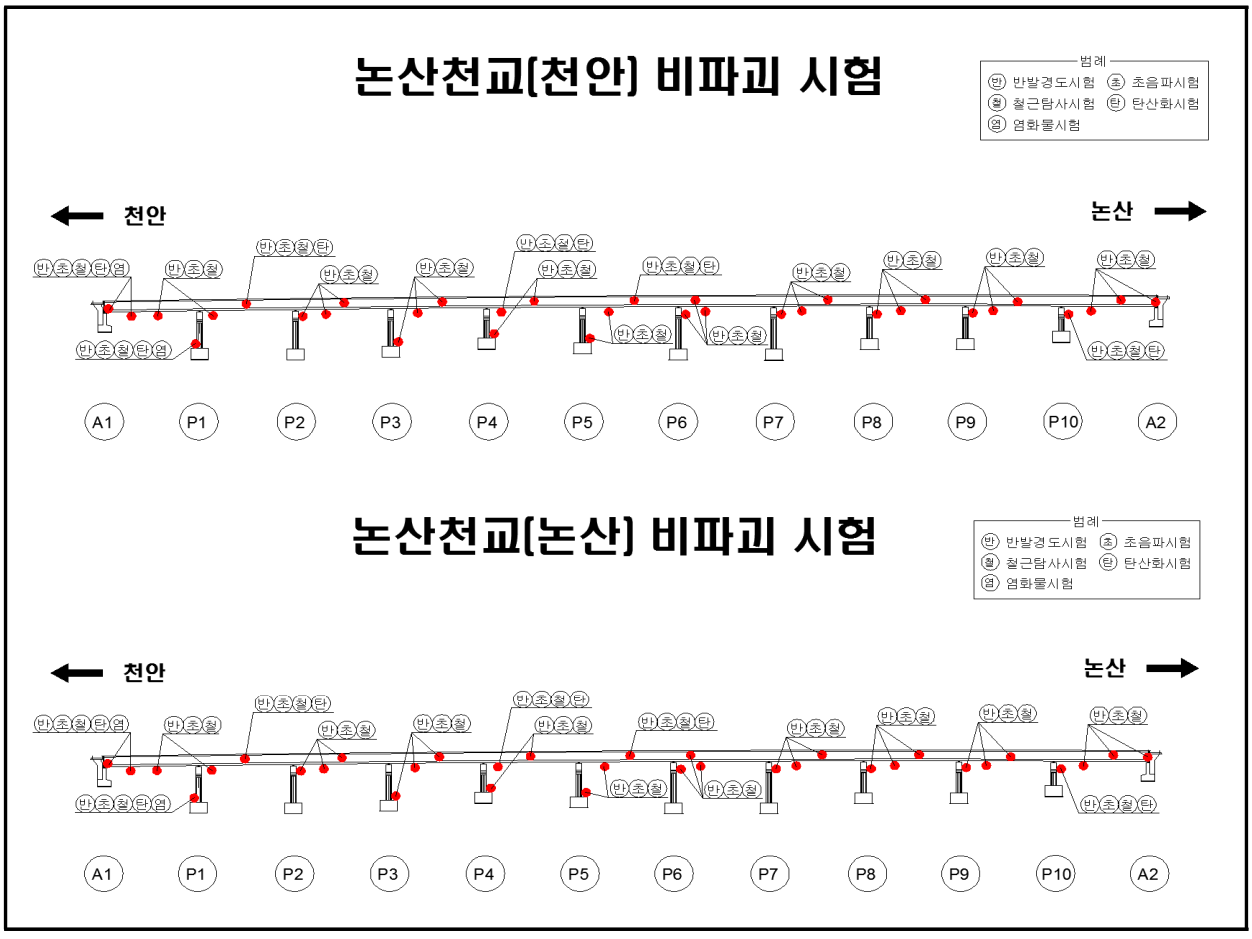
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며, 그에 따라 상부구조는 바닥판하면 슬래브와 거더, 하부구조는 교대, 교각에 실시하였다.

3) 조사 사진

			
반발경도 시험	초음파 탐상 시험	탄산화 깊이 시험	철근탐사 시험

【사진 3.45】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도

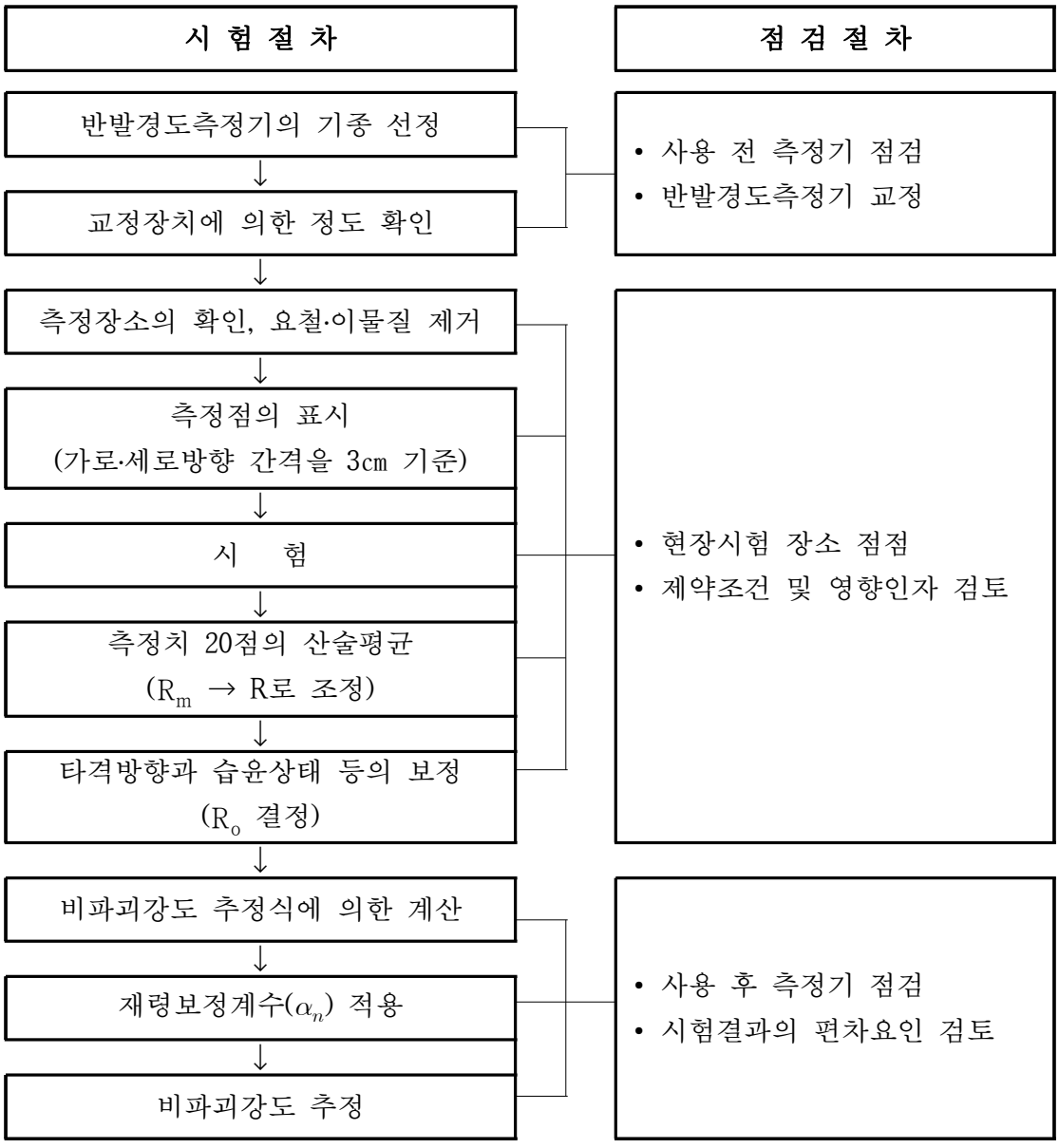
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3.8】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3㎝를 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 R을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.72】 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°)의 경우 : (-)값으로 보정

α / R	보 정 값			
	+90°	+45°	-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 : ΔR_2 = +3으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 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 3.73】 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	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
과학기술부(고강도)	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	**금회 적용(식⑤)**
※ 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 α는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

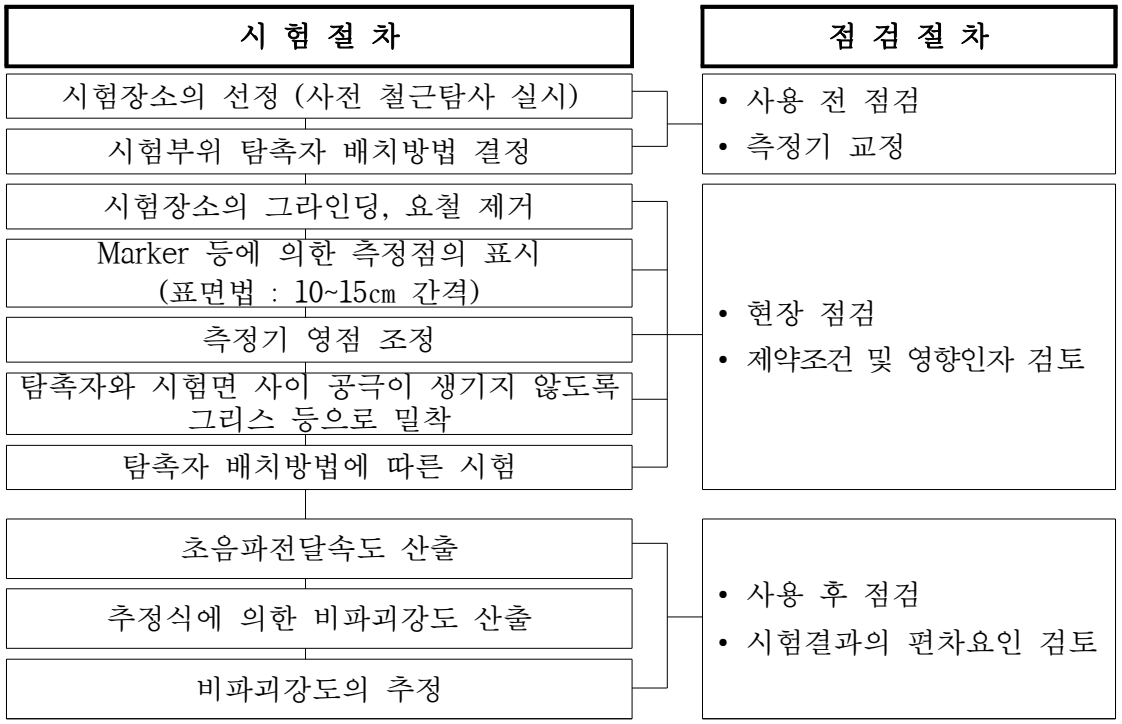
【표 3.74】 재령계수 α 값

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



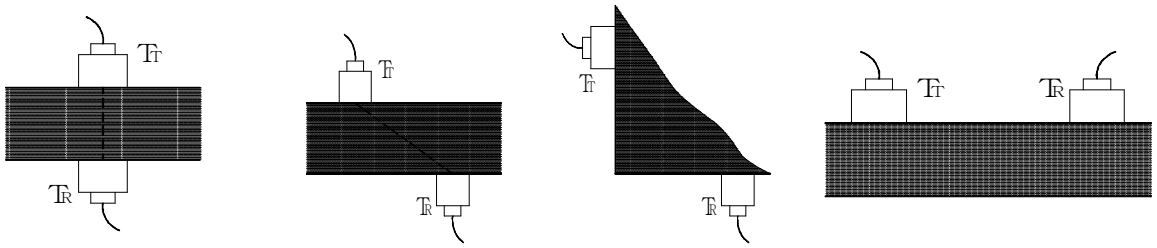
【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.10】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

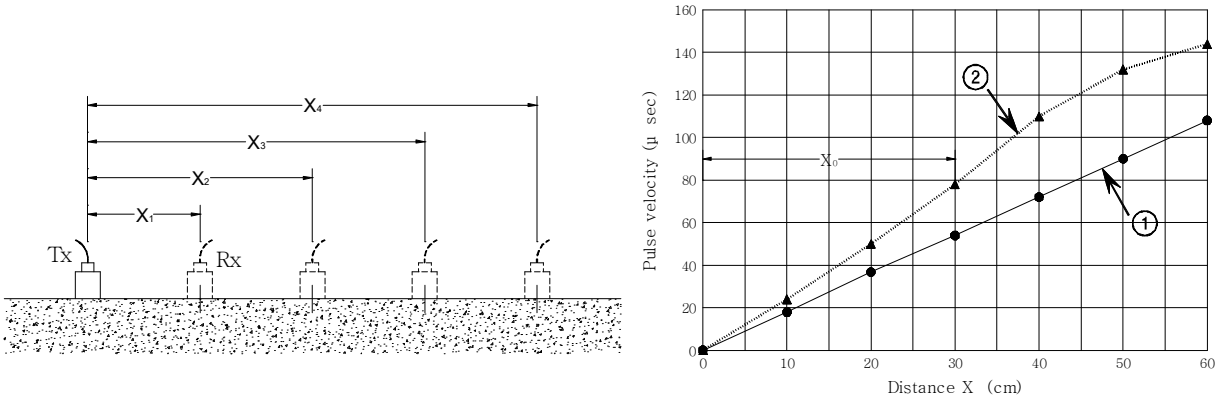
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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(100~150㎜)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 3.11】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.

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

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

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강

도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.75】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의 제안식	$F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(㎞/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 3.12】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

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

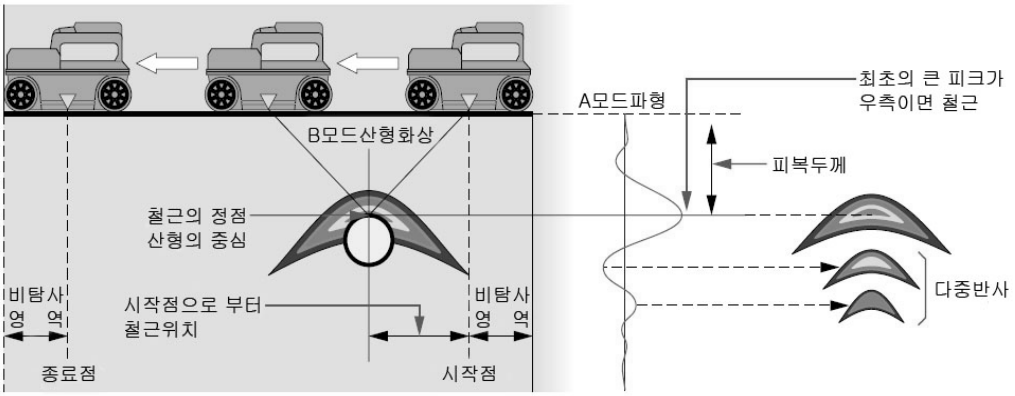
여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치

와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

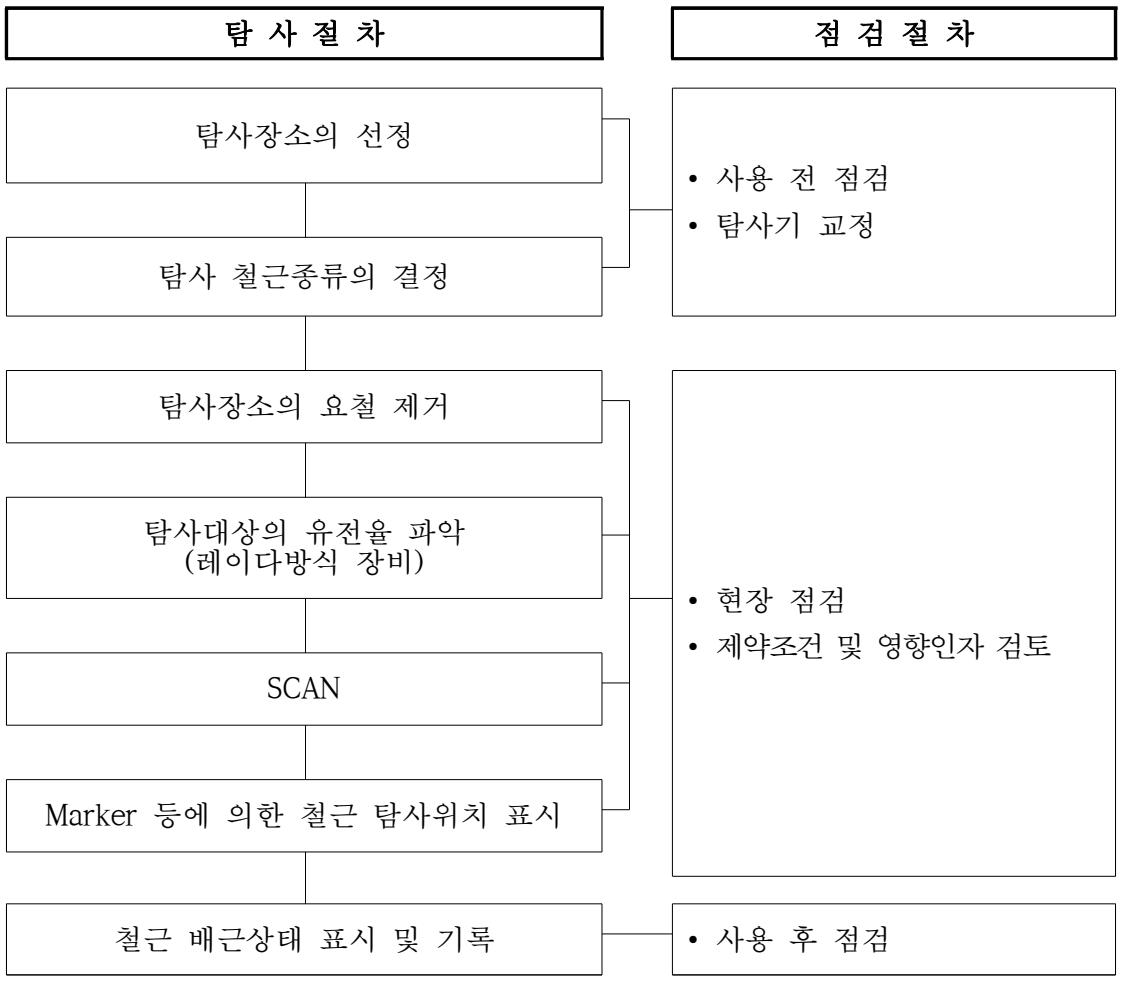
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.12】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.13】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
  - 탐사심도 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ⌀6㎜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
  - 100㎜이하의 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

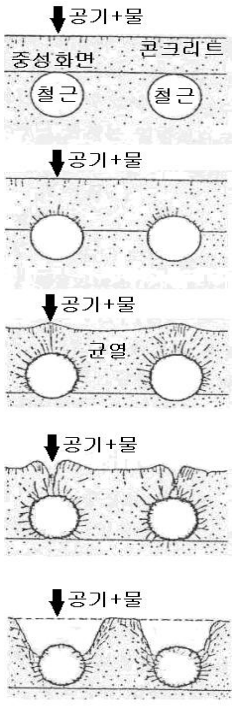
탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCo_3} + \underset{\text{물}}{H_2O}$$

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

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 pH

가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3\cdot nH_2O$) 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 3.14】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 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 3.76】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
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(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

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.

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.77】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30㎜이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10㎜이상 ~ 30㎜미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0㎜이상 ~ 10㎜미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0㎜미만	• 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 프레쉬 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 것)의 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 염화물로써 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m³ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 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 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 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/㎥이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/㎥까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.78】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 3.79】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

기 준	전염화물 이온량(kg/m³)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 < 0.3kg/m³	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• 0.3kg/m³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m³	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• 1.2kg/m³ < 염화물 ≤ 2.5kg/m³	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 ≥ 2.5kg/m³	• 철근 부식발생
e	-	-

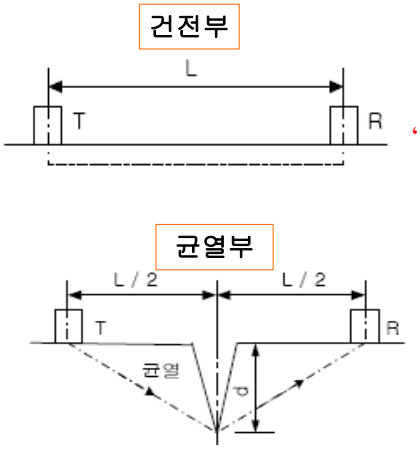
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 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_c를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 T_o를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 X=10㎝를 적용하였다.

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



< 균열깊이 조사 개요도 >



< 균열깊이 조사현황 >

【그림 3.15】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 천안방향

1) 콘크리트 강도시험

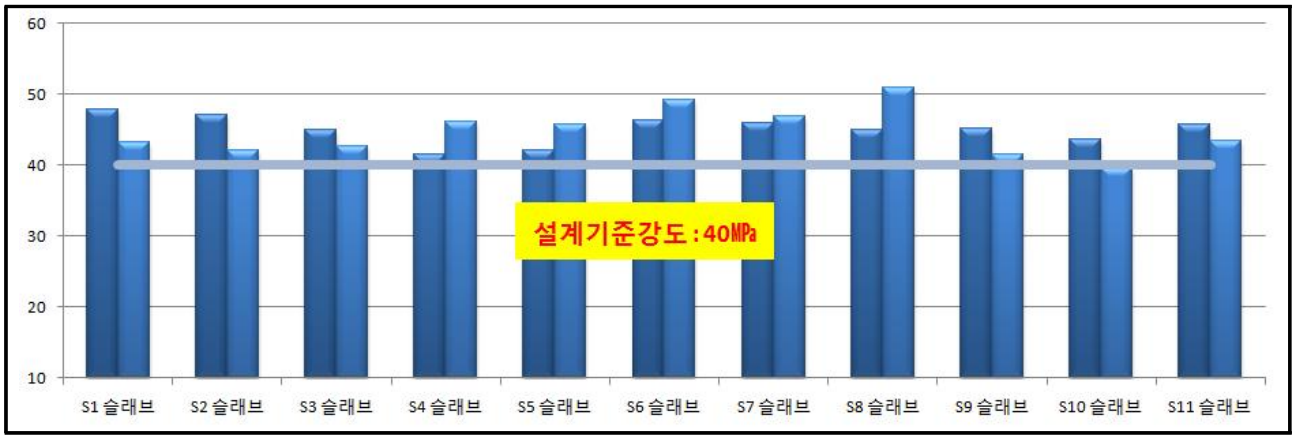
논산천교(천안)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소) 및 초음파전달속도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

■ 검토결과, 설계기준 대비 평균 천안방향 상부구조(슬래브) : 103.8～119.5%, 상부구조(거더) : 90.3～122.8%, 하부구조 : 95.8～110.4%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 상부구조(슬래브)는 설계기준강도 상회하는 양호한 것으로 측정되었으나, 상부구조(거더) 및 하부구조의 경우 일부에서 설계기준강도 이하로 측정되었다. 측정강도의 편차에 대한 요인은 비건전부(손상발생부위), 측정대상면의 상태, 측정시 타격방향, 콘크리트표면의 함수 상태 등 반발경도 측정시 미치는 영향인자에 의한 편차로써 측정강도는 설계기준강도의 90%이상을 확보하고 있는 상태이며 강도 편차로 인한 손상은 관찰되지 않은 상태로 조사되었다.

【표 3.80】 상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 슬래브	58.4	5.103	47.8	39.5	46.8	47.8	43.2	40.0
	S2 슬래브	57.6	5.030	47.1	38.8	45.2	47.1	42.0	
	S3 슬래브	55.3	5.072	44.9	39.2	46.1	44.9	42.7	
	S4 슬래브	51.6	5.292	41.5	41.4	50.7	41.5	46.1	
	S5 슬래브	52.3	5.271	42.1	41.2	50.3	42.1	45.8	
	S6 슬래브	56.8	5.492	46.3	43.4	55.0	46.3	49.2	
	S7 슬래브	56.4	5.334	46.0	41.9	51.6	46.0	46.8	
	S8 슬래브	55.4	5.607	45.0	44.6	57.4	45.0	51.0	
	S9 슬래브	55.5	4.998	45.1	38.5	44.5	45.1	41.5	
	S10 슬래브	53.9	4.872	43.6	37.2	41.9	43.6	39.6	
	S11 슬래브	56.1	5.114	45.7	39.7	47.0	45.7	43.4	
평 균				45.0	40.5	48.8	45.0	44.7	
표준편차				1.86	2.12	4.47	1.86	3.29	
변동계수				4.13	5.23	9.16	4.13	7.36	



【그림 3.16】 상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과

【표 3.81】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

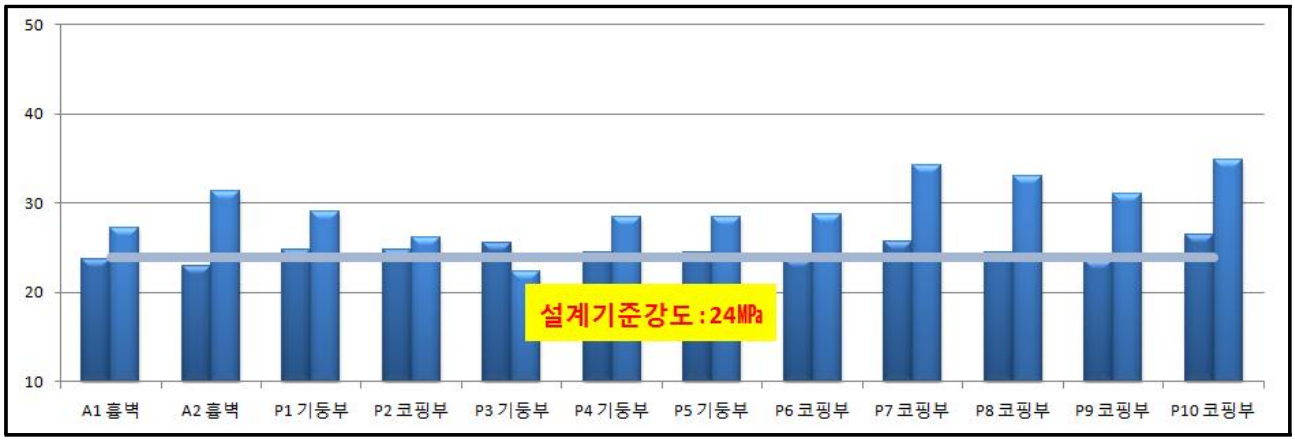
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 거더	59.7	4.956	49.1	38.1	43.7	49.1	40.9	40.0
	S2 거더	46.6	4.820	36.8	36.7	40.8	36.8	38.8	
	S3 거더	46.7	4.977	36.9	38.3	44.1	36.9	41.2	
	S4 거더	48.3	5.103	38.4	39.5	46.8	38.4	43.2	
	S5 거더	45.9	4.746	36.1	36.0	39.2	36.1	37.6	
	S6 거더	51.6	4.872	41.5	37.2	41.9	41.5	39.6	
	S7 거더	46.1	4.872	36.3	37.2	41.9	36.3	39.6	
	S8 거더	49.7	4.830	39.7	36.8	41.0	39.7	38.9	
	S9 거더	46.4	4.893	36.6	37.4	42.3	36.6	39.8	
	S10 거더	49.1	4.830	39.1	36.8	41.0	39.1	38.9	
	S11 거더	51.3	4.778	41.2	36.3	39.9	41.2	38.1	
	평 균			39.2	37.3	42.1	39.2	39.7	
	표준편차			3.62	0.96	2.05	3.62	1.51	
	변동계수			9.23	2.57	4.87	9.23	3.80	



【그림 3.17】 상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과

【표 3.82】 하부구조 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			
하부구조	A1 흉벽	42.0	4.074	22.3	25.1	29.3	25.1	23.7	27.2	24.0
	A2 흉벽	40.9	4.337	21.4	24.6	31.9	30.6	23.0	31.3	
	P1 기둥부	43.8	4.200	23.7	25.9	30.5	27.7	24.8	29.1	
	P2 코핑부	43.7	4.011	23.6	25.9	28.6	23.8	24.8	26.2	
	P3 기둥부	44.9	3.759	24.6	26.4	26.1	18.4	25.5	22.3	
	P4 기둥부	43.2	4.158	23.2	25.6	30.1	26.8	24.4	28.5	
	P5 기둥부	43.4	4.158	23.4	25.7	30.1	26.8	24.5	28.5	
	P6 코핑부	42.0	4.169	22.3	25.1	30.2	27.1	23.7	28.7	
	P7 코핑부	45.2	4.536	24.8	26.5	33.9	34.8	25.7	34.3	
	P8 코핑부	43.4	4.452	23.4	25.7	33.0	33.0	24.5	33.0	
	P9 코핑부	41.8	4.326	22.1	25.0	31.8	30.4	23.6	31.1	
	P10 코핑부	46.5	4.568	25.9	27.1	34.2	35.5	26.5	34.9	
	평 균			23.4	25.7	30.8	28.3	24.6	29.6	
	표준편차			1.22	0.68	2.21	4.66	0.95	3.43	
	변동계수			5.21	2.65	7.18	16.47	3.86	11.59	



【그림 3.18】 하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.83】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	36.1～49.1	40.0	90.8～122.8
	초음파속도법	37.6～51.0		94.0～127.0
하부 구조	반발경도법	23.0～26.5	24.0	95.8～110.4
	초음파속도법	22.3～34.9		92.9～145.4

② 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	45.1～50.7	36.1～49.1
	초음파속도법	40.5～42.3	37.6～51.0
하부구조	반발경도법	23.7～24.8	23.0～26.5
	초음파속도법	23.9～25.0	22.3～34.9

3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 34개소(상부구조 22개소, 하부구조 12개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 설계도서와 유사하게 분석되었다. 다만 일부개소에서 측정된 피복두께가 설계치에 최대 4.5㎜ 미달되는 것으로 조사되었으나 측정 최소피복두께가 36㎜로써 콘크리트 구조설계기준의 현장치기 콘크리트 최소 피복두께인 20㎜를 상회하는 것으로 분석되어 적정한 피복두께를 확보하고 있는 것으로 조사되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.84】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S1 슬래브	주철근	110~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	195~215	58~66	200	59.5	양호
	S2 슬래브	주철근	110~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	195~210	60~62	200	59.5	양호
	S3 슬래브	주철근	115~135	39	125	40.5	양호
		배력철근	195	58~61	200	59.5	양호
	S4 슬래브	주철근	120~130	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	190	60	200	59.5	양호
	S5 슬래브	주철근	115~130	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	200~215	57~60	200	59.5	양호
	S6 슬래브	주철근	110~125	44	125	42.0	양호
		배력철근	95~110	62~67	100	58.0	양호
	S7 슬래브	주철근	125~130	39	125	42.0	양호
		배력철근	100~110	55~61	100	58.0	양호
	S8 슬래브	주철근	125~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	210	57~60	200	59.5	양호
	S9 슬래브	주철근	110~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	190~200	57~65	200	59.5	양호
	S10 슬래브	주철근	125~135	38~41	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	56~61	200	59.5	양호
	S11 슬래브	주철근	110~125	36~39	125	40.5	양호
		배력철근	205~210	55	200	59.5	양호
	S1 거더	주철근	115~130	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	90~100	65~69	100	59.5	양호
	S2 거더	주철근	120~135	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	65~69	200	62.5	양호
	S3 거더	주철근	125~135	38~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~210	62~67	200	62.5	양호
	S4 거더	주철근	120~130	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	185~195	65~72	200	62.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S5 거더	주철근	110~130	36~39	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	60~72	200	62.5	양호
	S6 거더	주철근	120	44~47	125	37.5	양호
		배력철근	190~215	72~79	200	62.5	양호
	S7 거더	주철근	120~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	190~210	72~77	200	62.5	양호
	S8 거더	주철근	120~130	38~40	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	69~73	200	62.5	양호
	S9 거더	주철근	105~135	49	125	37.5	양호
		배력철근	200~205	74~79	200	62.5	양호
	S10 거더	주철근	115~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	77~82	200	62.5	양호
	S11 거더	주철근	125~135	55	125	37.5	양호
		배력철근	200~210	82~84	200	62.5	양호

중 앙 부 상 부 구 조 도 (1)

상 부 슬 래 브

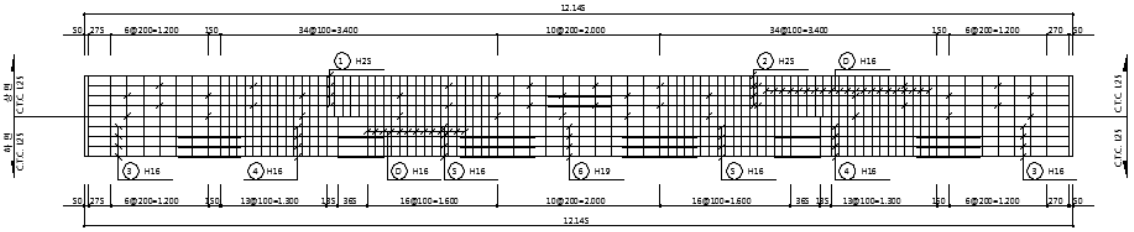
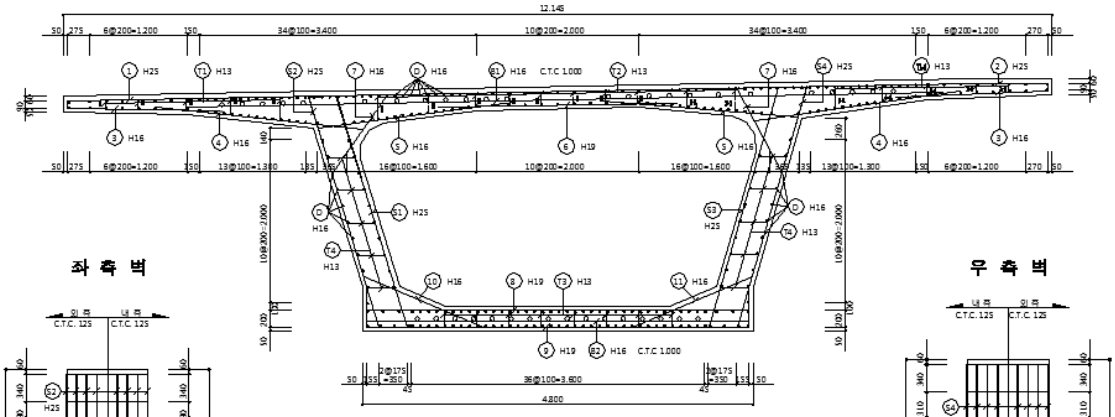
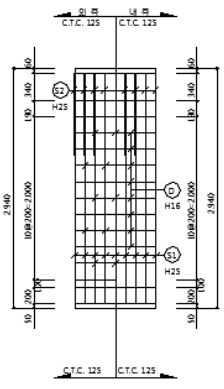


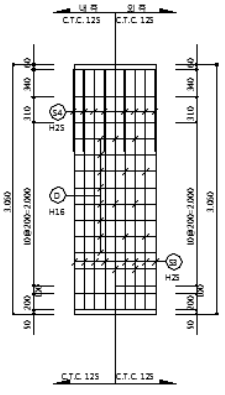
표 준 단 면 도



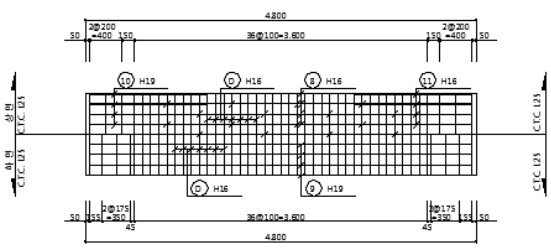
좌 측 벽



우 측 벽



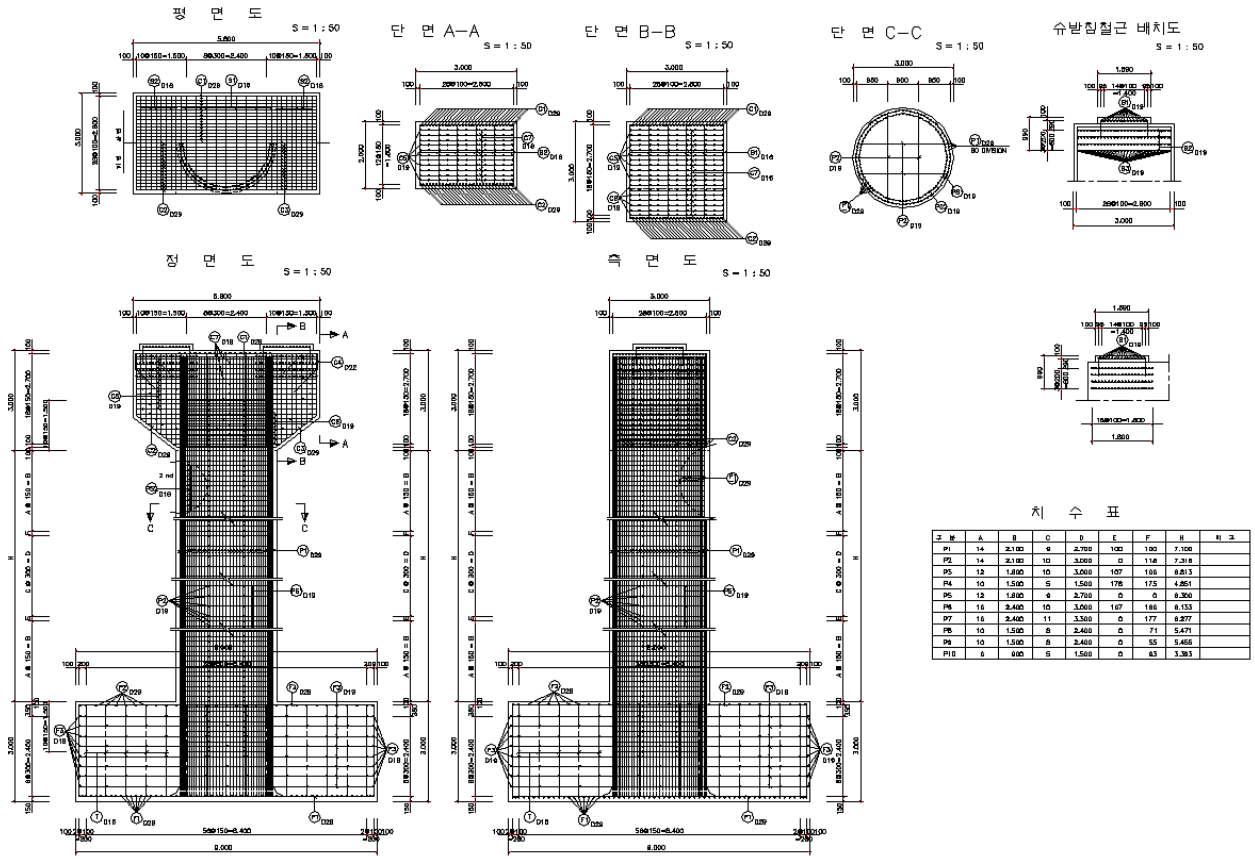
하 부 슬 래 브



【표 3.85】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	A1 흉벽	수직철근	275~300	38~44	300	39.0	양호
		수평철근	300~315	60~65	300	61.0	양호
	A2 흉벽	수직철근	285~300	60~65	300	39.0	양호
		수평철근	295~310	91~98	300	61.0	양호
	P1 기둥부	수직철근	110~115	109~115	110	109.5	양호
		수평철근	135~150	88~91	150	90.5	양호
	P2 코핑부	수직철근	155~165	89~94	150	92.0	양호
		수평철근	140~160	107~112	150	108.0	양호
	P3 기둥부	수직철근	115~120	109~112	110	109.5	양호
		수평철근	155~160	88~97	150	90.5	양호
	P4 기둥부	수직철근	105~110	121~126	110	109.5	양호
		수평철근	290~310	98~105	300	90.5	양호
	P5 기둥부	수직철근	110~120	107~112	110	109.5	양호
		수평철근	265~320	89~94	300	90.5	양호
	P6 코핑부	수직철근	145~155	93~103	150	92.0	양호
		수평철근	160~165	105~110	150	108.0	양호
	P7 코핑부	수직철근	275~305	91~100	300	92.0	양호
		수평철근	140~150	114~121	150	108.0	양호
	P8 코핑부	수직철근	145	103~107	150	92.0	양호
		수평철근	140~155	135~137	150	108.0	양호
	P9 코핑부	수직철근	285~300	91~93	300	92.0	양호
		수평철근	160	100~105	150	108.0	양호
	P10 코핑부	수직철근	285~295	103~105	300	92.0	양호
		수평철근	135~140	121~128	150	108.0	양호

【표 3.86】하부구조 철근탐사 시험결과 (계속)



② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	115～128	38～54	105～135	36～55
하부구조	280～300	90～105	275～305	89～107

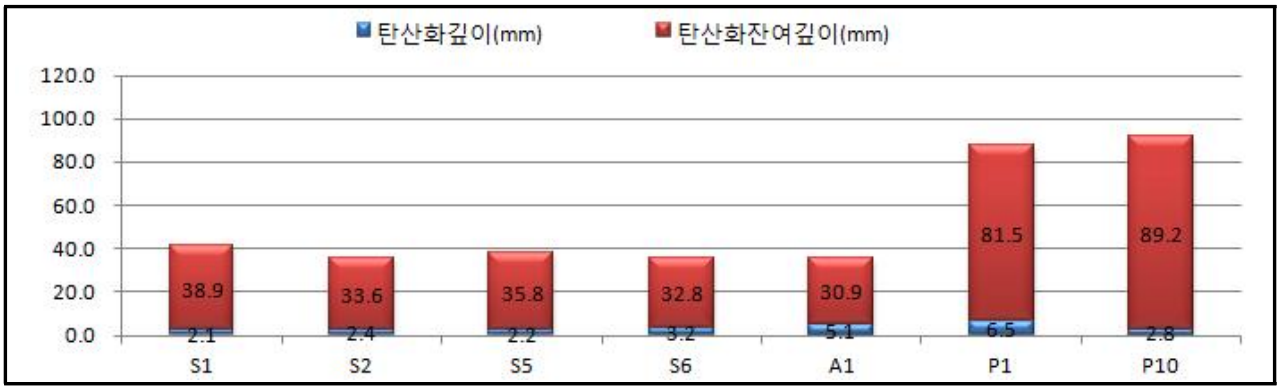
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(천안방향 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 3.87】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S1 슬래브	2.1	41.0	38.9	0.54	100년이상	a	양호
	S2 거더	2.4	36.0	33.6	0.62	100년이상	a	양호
	S5 슬래브	2.2	38.0	35.8	0.57	100년이상	a	양호
	S6 거더	3.2	36.0	32.8	0.83	100년이상	a	양호
하부 구조	A1 흉벽	5.1	36.0	30.9	1.32	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	6.5	88.0	81.5	1.68	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	2.8	92.0	89.2	0.72	100년이상	a	양호



【그림 3.19】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	39.0～44.0	36.0～41.0
하부구조	33.0～102.0	36.0～92.0

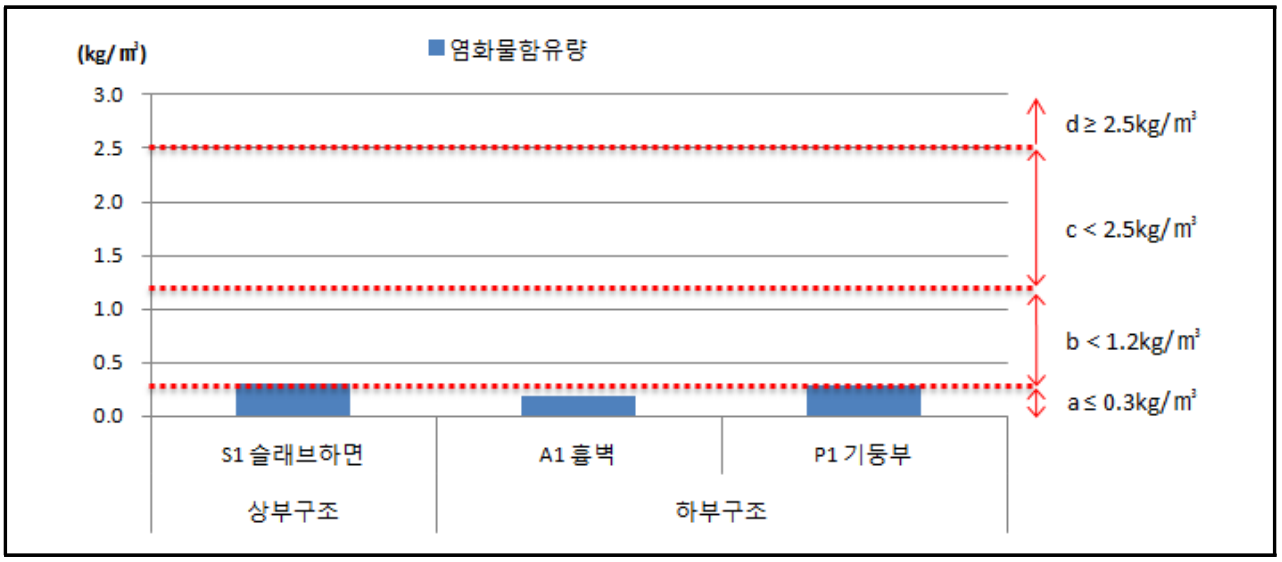
5) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 a등급으로 평가되었다.

【표 3.88】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S1 슬래브하면 (건전부)	41.0	0.0131	0.297	a	
하부 구조	A1 흉벽 (건전부)	38.0	0.0084	0.190	a	
	P1 기둥부 (건전부)	88.0	0.0130	0.295	a	

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



【그림 3.20】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.091	0.212
하부구조	0.068~0.091	0.129~0.210

6) 균열깊이 측정결과

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

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

【표 3.89】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부구조	S3 거더외부	0.3	33.2	47.2	15.20	39.00	
	S6 거더내부	0.3	49.5	35.3	14.80	44.00	

나. 논산방향

1) 콘크리트 강도시험

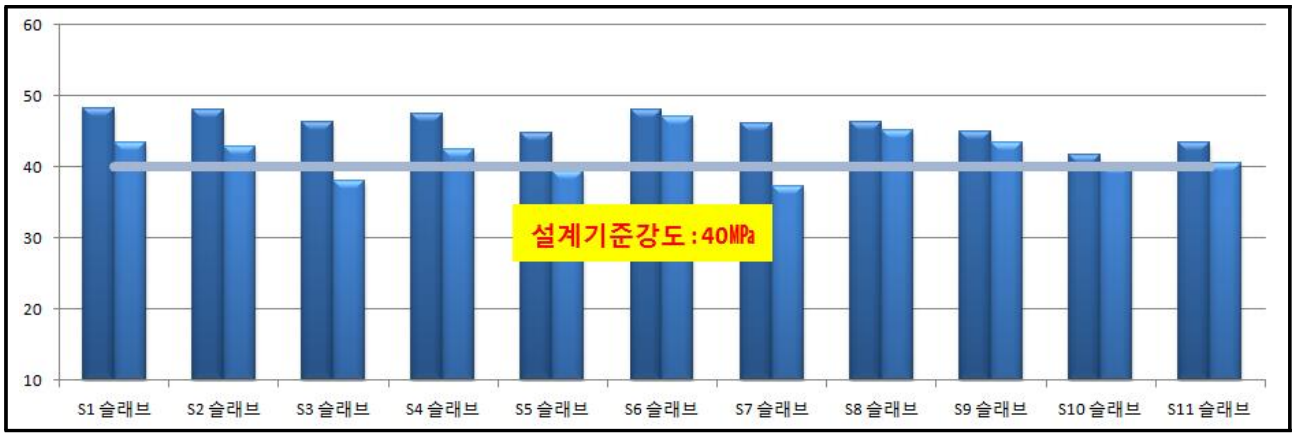
논산천교(논산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소) 및 초음파전달속도시험 34개소(상부구조:22개소, 하부구조:12개소)를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

① 비파괴강도 시험결과

■ 검토결과, 설계기준 대비 평균 논산방향 상부구조(슬래브) : 104.3～120.8%, 상부구조(거더) : 91.0～121.3%, 하부구조 : 97.5～109.2%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 상부구조(슬래브)는 설계기준강도 상회하는 양호한 것으로 측정되었으나, 상부구조(거더) 및 하부구조의 경우 일부에서 설계기준강도 이하로 측정되었다. 측정강도의 편차에 대한 요인은 비건전부(손상발생부위), 측정대상면의 상태, 측정시 타격방향, 콘크리트표면의 함수 상태 등 반발경도 측정시 미치는 영향인자에 의한 편차로써 측정강도는 설계기준강도의 90%이상을 확보하고 있는 상태이며 강도 편차로 인한 손상은 관찰되지 않은 상태로 조사되었다.

【표 3.90】 상부구조(슬래브) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

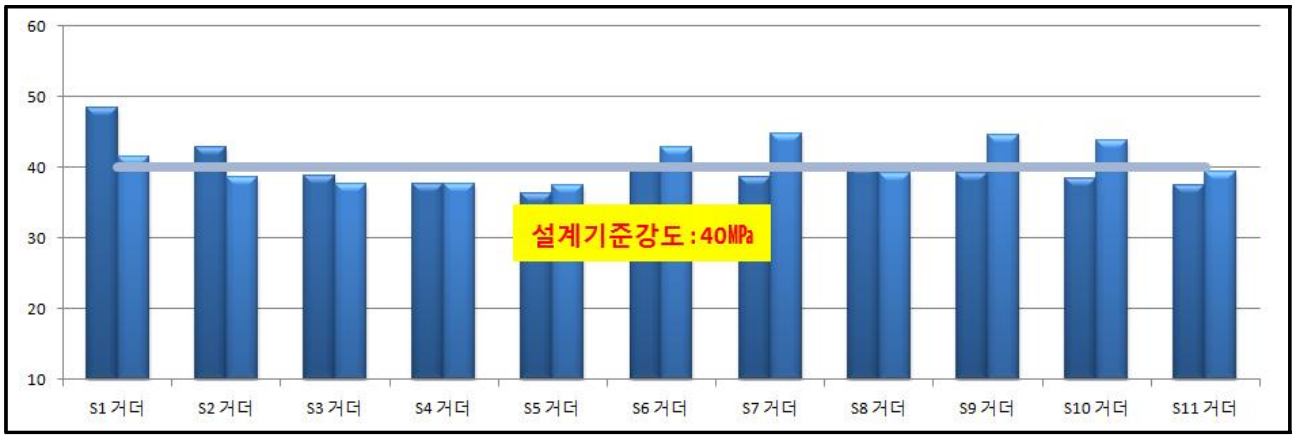
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 슬래브	58.9	5.114	48.3	39.7	47.0	48.3	43.4	40.0
	S2 슬래브	58.6	5.082	48.0	39.3	46.3	48.0	42.8	
	S3 슬래브	56.8	4.778	46.3	36.3	39.9	46.3	38.1	
	S4 슬래브	58.0	5.061	47.5	39.1	45.9	47.5	42.5	
	S5 슬래브	55.2	4.851	44.8	37.0	41.5	44.8	39.3	
	S6 슬래브	58.7	5.355	48.1	42.1	52.1	48.1	47.1	
	S7 슬래브	56.6	4.715	46.2	35.7	38.6	46.2	37.2	
	S8 슬래브	56.9	5.229	46.4	40.8	49.4	46.4	45.1	
	S9 슬래브	55.4	5.114	45.0	39.7	47.0	45.0	43.4	
	S10 슬래브	51.9	4.904	41.7	37.6	42.6	41.7	40.1	
	S11 슬래브	53.8	4.935	43.5	37.9	43.2	43.5	40.6	
	평 균			46.0	38.7	44.9	46.0	41.8	
	표준편차			1.99	1.86	3.91	1.99	2.88	
	변동계수			4.33	4.81	8.71	4.33	6.89	



【그림 3.21】 상부구조(슬래브) 평균압축강도 추정결과

【표 3.91】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

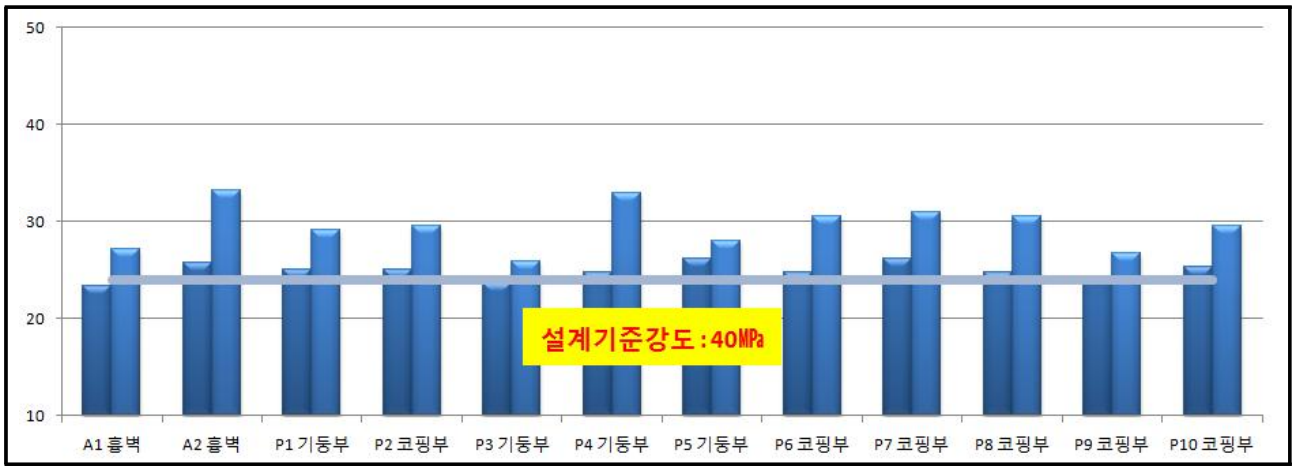
시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)		반발경도법 평균	초음파속도법 평균	설계기준강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식⑤	식③	식④			
상부구조	S1 거더	59.1	4.998	48.5	38.5	44.5	48.5	41.5	40.0
	S2 거더	53.0	4.809	42.8	36.6	40.6	42.8	38.6	
	S3 거더	48.8	4.746	38.8	36.0	39.2	38.8	37.6	
	S4 거더	47.5	4.746	37.6	36.0	39.2	37.6	37.6	
	S5 거더	46.2	4.736	36.4	35.9	39.0	36.4	37.5	
	S6 거더	50.7	5.082	40.6	39.3	46.3	40.6	42.8	
	S7 거더	48.6	5.198	38.6	40.5	48.8	38.6	44.7	
	S8 거더	50.3	4.841	40.2	36.9	41.2	40.2	39.1	
	S9 거더	49.2	5.187	39.2	40.4	48.5	39.2	44.5	
	S10 거더	48.4	5.145	38.5	40.0	47.6	38.5	43.8	
	S11 거더	47.3	4.851	37.4	37.0	41.5	37.4	39.3	
	평 균			39.9	37.9	43.3	39.9	40.6	
	표준편차			3.19	1.77	3.73	3.19	2.75	
	변동계수			7.99	4.67	8.61	7.99	6.77	



【그림 3.22】 상부구조(거더) 평균압축강도 추정결과

【표 3.92】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 흉벽	41.6	4.074	21.9	24.9	29.3	25.1	23.4	27.2	24.0
	A2 흉벽	45.3	4.463	24.9	26.6	33.1	33.3	25.8	33.2	
	P1 기둥부	44.2	4.200	24.0	26.1	30.5	27.7	25.1	29.1	
	P2 코핑부	44.1	4.232	23.9	26.0	30.8	28.4	25.0	29.6	
	P3 기둥부	42.1	3.990	22.3	25.1	28.4	23.3	23.7	25.9	
	P4 기둥부	43.6	4.452	23.5	25.8	33.0	33.0	24.7	33.0	
	P5 기둥부	46.0	4.127	25.5	26.9	29.8	26.2	26.2	28.0	
	P6 코핑부	43.6	4.295	23.5	25.8	31.5	29.7	24.7	30.6	
	P7 코핑부	46.0	4.316	25.5	26.9	31.7	30.2	26.2	31.0	
	P8 코핑부	43.6	4.284	23.5	25.8	31.4	29.5	24.7	30.5	
	P9 코핑부	43.2	4.043	23.2	25.6	28.9	24.4	24.4	26.7	
	P10 코핑부	44.5	4.232	24.3	26.2	30.8	28.4	25.3	29.6	
	평 균			23.8	26.0	30.8	28.3	24.9	29.5	
	표준편차			1.07	0.60	1.43	3.02	0.84	2.22	
	변동계수			4.50	2.31	4.64	10.67	3.37	7.53	



【그림 3.23】하부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.93】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부	반발경도법	36.4～48.5	40.0	91.0～121.3
구조	초음파속도법	37.2～47.1		93.0～117.8
하부	반발경도법	23.4～26.2	24.0	97.5～109.2
구조	초음파속도법	25.9～33.2		107.9～138.3

② 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
상부구조	반발경도법	44.4～50.1	36.4～48.5
	초음파속도법	40.3～42.6	37.2～47.1
하부구조	반발경도법	24.2～25.2	23.4～26.2
	초음파속도법	24.1～24.8	25.9～33.2

3) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 34개소(상부구조 22개소, 하부구조 12개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 설계도서와 유사하게 분석되었다. 다만 일부개소에서 측정된 피복두께가 설계치에 최대 2.5㎜ 미달되는 것으로 조사되었으나 측정 최소피복두께가 38㎜로써 콘크리트 구조설계기준의 현장치기 콘크리트 최소 피복두께인 20㎜를 상회하는 것으로 분석되어 적정한 피복두께를 확보하고 있는 것으로 조사되었다.

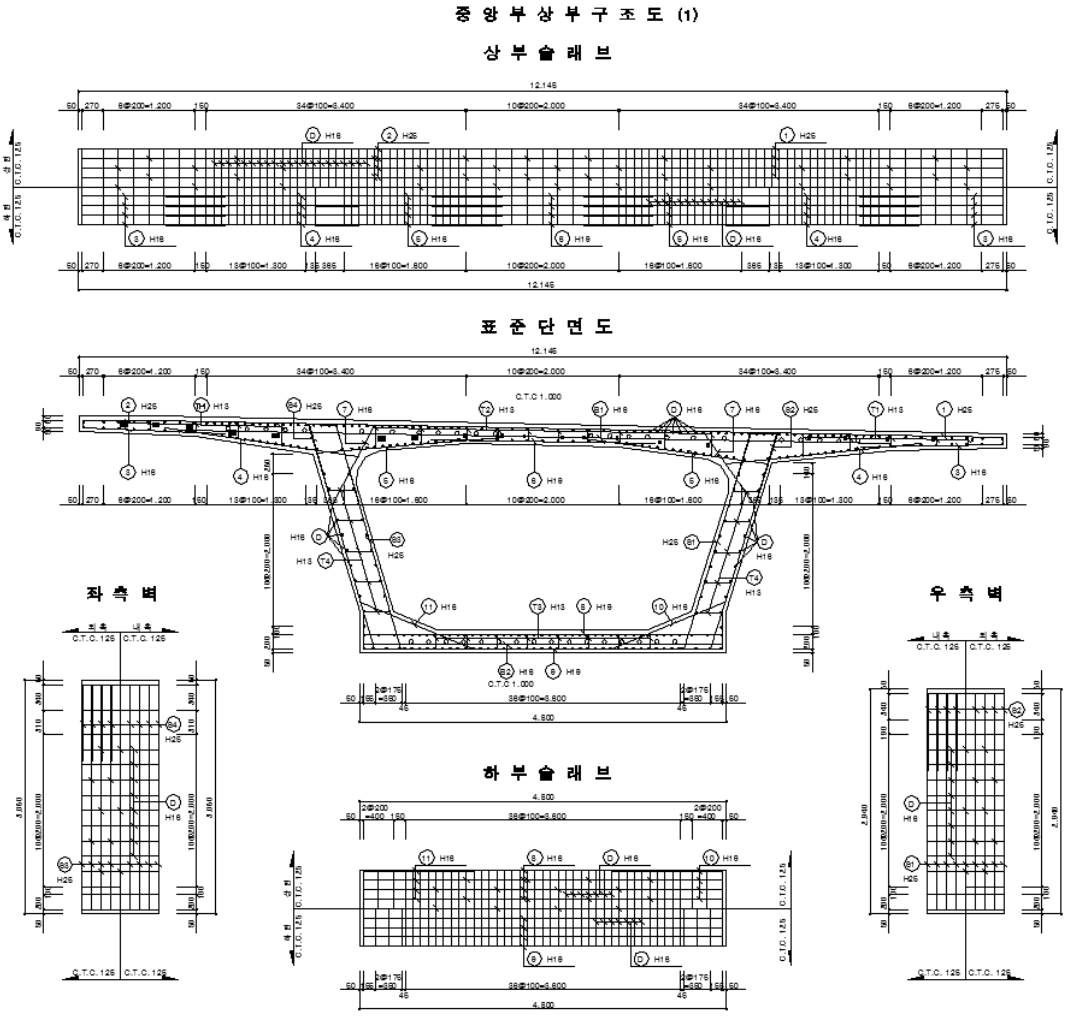
① 철근탐사 시험결과

【표 3.94】 상부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S1 슬래브	주철근	110~125	39~41	125	40.5	양호
		배력철근	180~205	55~60	200	59.5	양호
	S2 슬래브	주철근	115~130	39~41	125	40.5	양호
		배력철근	180~210	55~69	200	59.5	양호
	S3 슬래브	주철근	115~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	205	57~62	200	59.5	양호
	S4 슬래브	주철근	120~130	44~47	125	42.0	양호
		배력철근	90~110	52~57	100	58.0	양호
	S5 슬래브	주철근	115~135	41	125	40.5	양호
		배력철근	185~200	59~62	200	59.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S6 슬래브	주철근	105~120	41~47	125	40.5	양호
		배력철근	190~195	59	200	59.5	양호
	S7 슬래브	주철근	115~130	41	125	40.5	양호
		배력철근	200~205	59~64	200	59.5	양호
	S8 슬래브	주철근	115~125	42~47	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	60	200	59.5	양호
	S9 슬래브	주철근	115~135	41~44	125	42.0	양호
		배력철근	190~210	59~61	200	58.0	양호
	S10 슬래브	주철근	105~125	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	59~61	200	59.5	양호
	S11 슬래브	주철근	120~135	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	200~210	59~62	200	59.5	양호
	S1 거더	주철근	115~130	41~44	125	40.5	양호
		배력철근	90~100	65~69	100	59.5	양호
	S2 거더	주철근	120~135	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	65~69	200	62.5	양호
	S3 거더	주철근	125~135	38~41	125	37.5	양호
		배력철근	195~210	62~67	200	62.5	양호
	S4 거더	주철근	120~130	39~41	125	37.5	양호
		배력철근	185~195	65~72	200	62.5	양호
	S5 거더	주철근	110~130	36~39	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	60~72	200	62.5	양호
	S6 거더	주철근	120	44~47	125	37.5	양호
		배력철근	190~215	72~79	200	62.5	양호
	S7 거더	주철근	120~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	190~210	72~77	200	62.5	양호
	S8 거더	주철근	120~130	38~40	125	37.5	양호
		배력철근	195~205	69~73	200	62.5	양호
	S9 거더	주철근	105~135	49	125	37.5	양호
		배력철근	200~205	74~79	200	62.5	양호
	S10 거더	주철근	115~130	41~44	125	37.5	양호
		배력철근	195~200	77~82	200	62.5	양호

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S11 거더	주철근	125~135	55	125	37.5	양호
		배력철근	200~210	82~84	200	62.5	양호

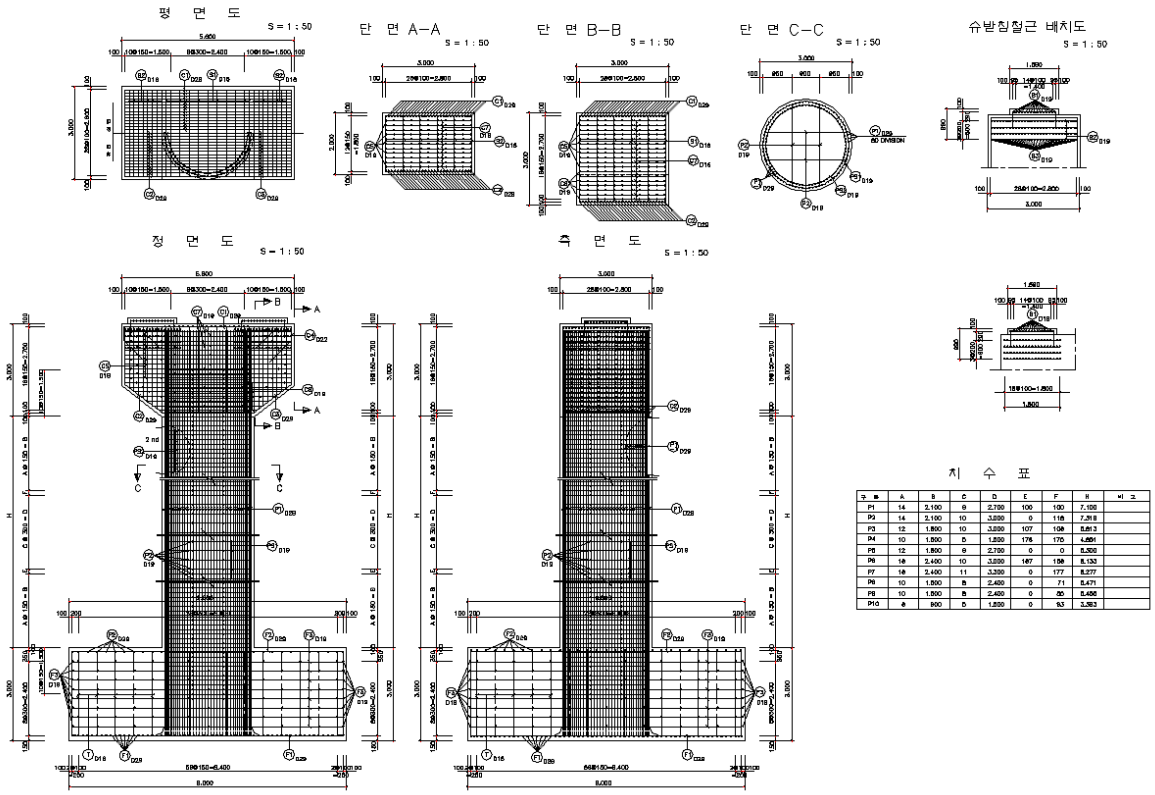


【표 3.95】하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 흉벽	수직철근	275~315	46~51	300	39.0	양호
		수평철근	300~305	74~100	300	61.0	양호
	A2 흉벽	수직철근	295~305	70~75	300	39.0	양호
		수평철근	290~315	82~84	300	61.0	양호
	P1 기둥부	수직철근	120~125	107~115	110	109.5	양호
		수평철근	155~160	93	150	90.5	양호

【표 3.96】 하부구조 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	P2 코핑부	수직철근	135~160	91	150	92.0	양호
		수평철근	135~150	110~117	150	108.0	양호
	P3 기둥부	수직철근	105~120	110~112	110	109.5	양호
		수평철근	280~285	92~100	300	90.5	양호
	P4 기둥부	수직철근	295~325	91~94	300	92.0	양호
		수평철근	145~150	110~115	150	108.0	양호
	P5 기둥부	수직철근	100~115	110~118	110	109.5	양호
		수평철근	295~305	88~91	300	90.5	양호
	P6 코핑부	수직철근	145~160	110~114	150	92.0	양호
		수평철근	135~160	121~133	150	108.0	양호
	P7 코핑부	수직철근	275~310	89~107	300	92.0	양호
		수평철근	140~155	117~124	150	108.0	양호
	P8 코핑부	수직철근	300~310	93~98	300	92.0	양호
		수평철근	130~150	110~114	150	108.0	양호
	P9 코핑부	수직철근	280~300	92~98	300	92.0	양호
		수평철근	145~155	112~117	150	108.0	양호
	P10 코핑부	수직철근	285	92~97	300	92.0	양호
		수평철근	140~160	108~118	150	108.0	양호



② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
상부구조	110~130	43~55	110~135	38~47
하부구조	280~300	87~105	275~310	89~107

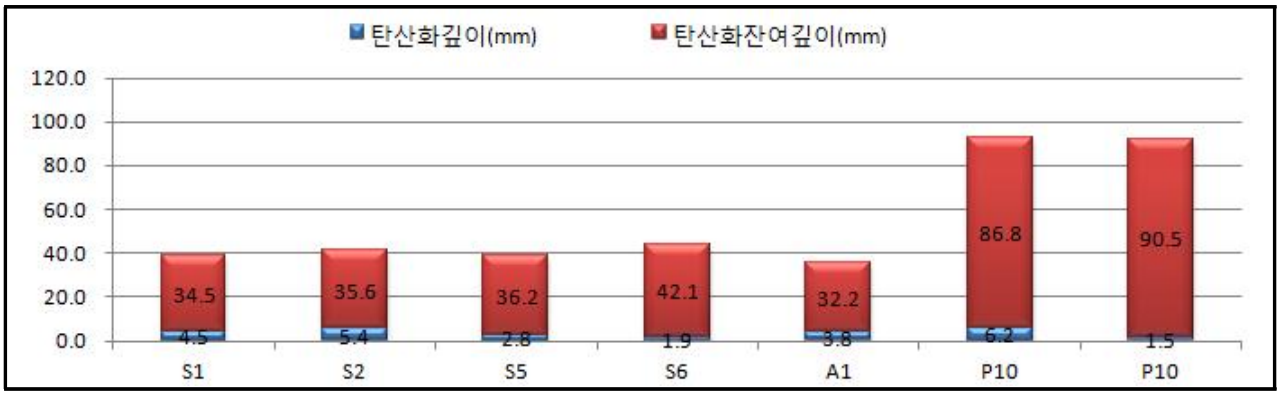
4) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소(논산방향 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 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
상부 구조	S1 슬래브	4.5	39.0	34.5	1.16	100년이상	a	양호
	S2 거더	5.4	41.0	35.6	1.39	100년이상	a	양호
	S5 슬래브	2.8	39.0	36.2	0.72	100년이상	a	양호
	S6 거더	1.9	44.0	42.1	0.49	100년이상	a	양호
하부 구조	A1 흉벽	3.8	36.0	32.2	0.98	100년이상	a	양호
	P1 기둥부	6.2	93.0	86.8	1.60	100년이상	a	양호
	P10 코핑부	1.5	92.0	90.5	0.39	100년이상	a	양호



【그림 3.24】탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
상부구조	37.0~40.0	34.5~42.1
하부구조	39.0~91.0	32.2~90.5

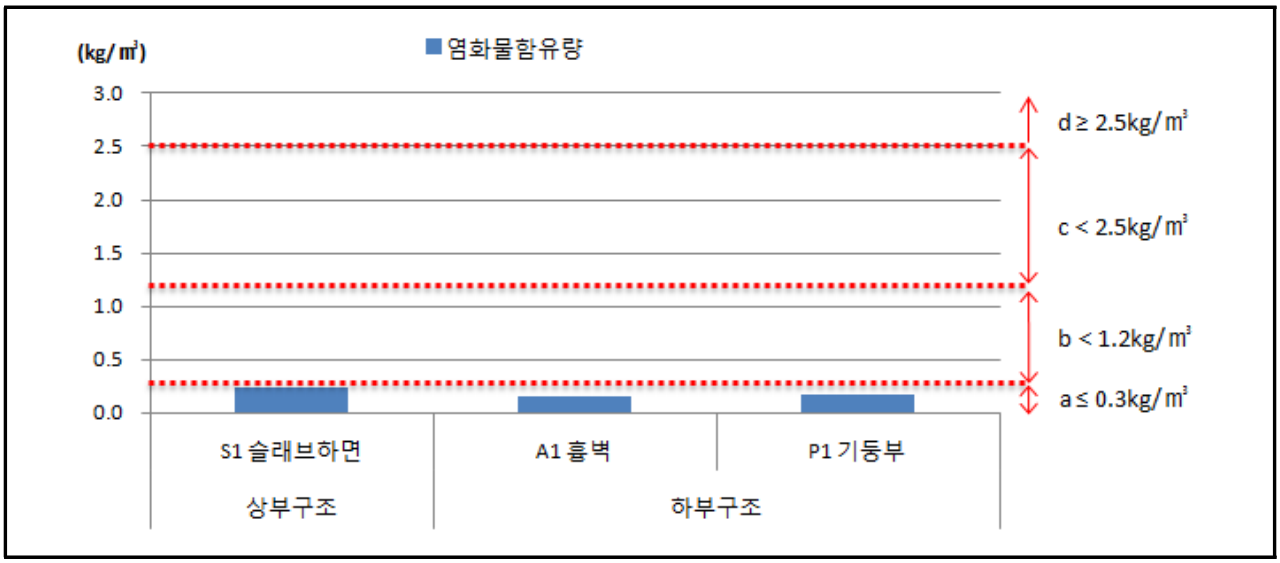
5) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 a등급으로 평가되었다.

【표 3.98】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S1 슬래브하면 (건전부)	39.0	0.0107	0.242	a	
하부 구조	A1 흉벽 (건전부)	36.0	0.0066	0.150	a	
	P1 기둥부 (건전부)	93.0	0.0072	0.164	a	

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



【그림 3.25】염화물시험 측정결과

② 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)	2018년 정밀안전진단 Cl^-(kg/㎥)
상부구조	0.091	0.155
하부구조	0.091	0.110~0.134

6) 균열깊이 측정결과

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

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

【표 3.99】균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (㎜)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부구조	S10 거더내부	0.3	31.6	44.6	14.90	41.0	
하부구조	A1 벽체	0.3	73.0	76.1	4.40	46.0	

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 현장조사 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.100】 금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 철근노출 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함
교각		• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요

【표 3.101】 금회 진단 외관조사 결과 요약(천안방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 손상이 발생되지 않은 양호한 상태	-
교면포장	• 아스콘 패임 및 균열, 침하 발생	• 차량의 반복하중에 의해 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

2) 기 진단(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.102】 기 점검 외관조사 결과 비교(천안방향)

구 분	2013년 진단결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 균열, 백태, 망상균열, 파손, 재료분리 배수관 주변 백태 발생	• 기 발생된 손상의 진전은 없으나 균열 및 백태가 추가 조사됨	
거더,	• 균열, 박락, 파손이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 균열이 추가 조사됨	
하부구조	• 균열, 균열부 백태, 박락, 파손, 철근노출 등이 조사됨	• 계단변형이 신규 조사되었으며 균열, 박리 및 백태가 추가 조사됨	
교량받침	• 고정볼트 풀림, 받침부식, 받침콘크리트 균열 및 박락 등이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 받침콘크리트 균열이 추가 조사됨	
신축이음	• 후타재 균열, 층분리, 유간 토사퇴적, 차수판 덮개 파손 등이 조사됨	• 신축이음 교체 시공되었으며 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨	
교면포장	• 아스콘 패임 및 소성변형이 조사됨	• 패임과 균열이 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수구 막힘 발생 • 방호벽 : 균열, 균열부 백태, 철근노출, 방음벽 부식, 박락, 긁힘 발생	• 배수시설 : 배수구 이물질 퇴적이 조사됨 • 방호벽 : 기점검 이후 균열 및 균열부 백태 및 충격에 의한 긁힘이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과 발생된 손상 중 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

나. 논산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.103】 금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 거더 내부 상부측에 종방향 균열 다수 발생 • 켄틸레버 배수관 주변 백태 및 망상균열 발생 • 보수재 박리	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함 • 배수구와 바닥판 이음부에서 우수유입에 의한 손상으로 진행은 없는 상태지만 미관 및 내구성 증대를 위하여 보수가 필요함 • 공용중 노후화로 인한 손상으로 경미한 상태이며 지속적인 관찰이 필요
거더	내부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 격벽에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
	외부	• 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나 복부 및 하부에 국부적으로 균열이 발생	• 대부분 미세균열(폭 0.3㎜ 미만)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 구조적인 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보를 위한 보수 및 지속적인 주의관찰이 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 미만 수직균열 • 신축이음부 누수에 의한 누수흔적 • 공동구 내부에 백태 및 이음부 누수흔적 발생	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼태 시공초기 건조수축에 의한 손상이며 지속적인 주의관찰이 필요함 • 누수흔적 및 공동구 내부 손상은 경미한 상태로써 주의관찰이 필요함
교각		• 폭 0.3㎜ 미만 균열과 망상균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열로 안전성에는 문제가 없으나 내구성 확보차원의 보수 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • 받침 부식, 볼트 풀림 • 받침콘크리트 박락	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 받침 가동에는 문제가 없는 상태로 받침 본체에 발생한 손상에 대해서 주의관찰이 필요

【표 3.104】금회 진단 외관조사 결과 요약(논산방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재 균열 발생	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요
교면포장	• 잡철물 삽입 발생	• 초기 발생한 손상으로 경미한 상태로 조사되어 주의관찰이 필요
배수시설	• 배수구 막힘	• 주기적 청소 및 유지관리가 필요
난간 (방호벽)	• 균열 및 균열부 백태 발생 • 긁힘 및 박리, 파손	• 시공초기 건조수축 균열로서 지속적인 관찰이 필요 • 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 지속적인 관찰이 필요

2) 기 진단(2017년 12월 정기점검) 결과와의 비교

【표 3.105】기 점검 외관조사 결과 비교(논산방향)

구 분	2013년 진단결과	금회 진단결과	비 고
바닥판	• 균열, 백태, 망상균열, 파손, 재료분리 배수관 주변 백태 발생	• 기 발생된 손상의 진전은 없으나 균열 및 백태가 추가 조사됨	
거더,	• 균열, 박락, 파손이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 균열이 추가 조사됨	
하부구조	• 균열, 균열부 백태, 박락, 파손, 철근노출 등이 조사됨	• 균열, 박리 및 백태가 추가 조사됨	
교량받침	• 고정볼트 풀림, 받침부식, 받침콘크리트 균열 및 박락 등이 조사됨	• 기 점검 이후 손상의 진전은 없으나 받침콘크리트 균열이 추가 조사됨	
신축이음	• 후타재 균열, 층분리, 유간 토사퇴적, 차수판 덮개 파손 등이 조사됨	• 신축이음 교체 시공되었으며 후타재 균열이 조사됨	
교면포장	• 아스콘 패임 및 소성변형이 조사됨	• 잡철물 삽입이 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수구 막힘 발생 • 방호벽 : 균열, 균열부 백태, 철근노출, 방음벽 부식, 박락, 긁힘 발생	• 배수시설 : 배수구 막힘 조사됨 • 방호벽 : 기점검 이후 균열 및 균열부 백태 및 충격에 의한 긁힘이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2017년 12월)결과 발생된 손상 중 대부분의 손상은 미보수된 상태이며 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

3.5.2 시험 및 측정 결과

가. 천안방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.106】 금회 진단 내구성조사 결과요약(천안방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.1～49.1	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.6～51.0		
	하부구조	반발경도	23.0～26.5	24.0	
		초음파	22.3～34.9		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	105～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	36～55	37.5	
	하부구조	배근간격	275～305	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		36.0～41.0		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		36.0～92.0		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.129～0.212		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		14.80~15.20		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

2) 기 진단(2012년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.107】기 진단 내구성조사 결과요약(천안방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	45.1～50.7	36.1～49.1	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	40.5～42.3	37.6～51.0	
	하부구조	반발경도	23.7～24.8	23.0～26.5	
		초음파	23.9～25.0	22.3～34.9	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～128	105～135	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～54	36～55	
	하부구조	배근간격	275～300	275～305	
		피복두께	48～105	89～107	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39～44	36.0～41.0	■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		33～102	36.0～92.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.091～0.158	0.129～0.212	■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		50.6～103.3	14.80~15.20	■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
종합평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				

나. 논산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.108】 금회 진단 내구성조사 결과요약(논산방향)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			평균	설계	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	36.4～48.5	40.0	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	37.2～47.1		
	하부구조	반발경도	23.4～26.2	24.0	
		초음파	25.9～33.2		
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～135	125.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	38～47	37.5	
	하부구조	배근간격	275～310	300	
		피복두께	89～107	92.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		34.5～42.1		■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		32.2～90.5		
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.110～0.155		■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부구조		4.40~14.90		■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
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 a등급으로 평가되었으므로, 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.				

2) 기 진단(2012년 정밀안전진단) 결과 비교

【표 3.109】기 진단 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (㎫)	상부구조	반발경도	44.4～50.1	36.4～48.5	■ 설계기준강도의 90%를 상회하는 양호한 것으로 나타나 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
		초음파	40.3～42.6	37.2～47.1	
	하부구조	반발경도	24.2～25.2	23.4～26.2	
		초음파	24.1～24.8	25.9～33.2	
철근탐사 (㎜)	상부구조	배근간격	110～130	110～135	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.
		피복두께	47～51	38～47	
	하부구조	배근간격	280～305	275～310	
		피복두께	68～105	89～107	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37～40	34.5～42.1	■ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		39～91	32.2～90.5	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부, 하부구조		0.091～0.136	0.110～0.155	■ 염화물에 의한 철근의 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 평가됨.
균열깊이 (㎜)	상부, 하부구조		49.7～109.7	4.40~14.90	■ 철근피복두께를 초과하지 않은 상태로 분석됨.
종합평가	• 콘크리트 및 강재 비파괴시험 비교결과, 측정 및 시험위치의 상이함으로 일부 시험에서 다소 차이가 있지만, 전반적으로 비파괴시험 기준을 상회하는 양호한 상태로 판단된다.				