제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사 결과(여주방향)

3.3 콘크리트 내구성조사

3.4 현장조사 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

장천교(여주)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서 2001년에 준공되어 약 11년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 위치상으로 경상북도 상주시 낙동면 내곡리(중부내륙선 140.66km 지점)에 있는 편도2차로 교량이다.

본 교량은 제원은 총폭 12.145m, 총연장 512.075m(2@30m+2@30m+3@30m+3@30m +3@30m+2@30m+2@30m)이며, 상부구조가 17경간(2경간 또는 3경간 연속)으로 구성된 PSC 거더 형식으로서 하부구조의 교대는 역T형, 교각은 T형이고 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다.

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 교량의 하부에는 수로 및 하천(S2, S10~S12), 지방도(S3)가 위치하고 있고 나머지 구간은 나대지가 위치하는 것으로 나타났다. 외관조사시 수로 및 하천 통과구간(S2, S10~S12)과 고소점검차 진입이 불가능한 구간(S1, S13~S17)은 교량 상부 교통통제 후 교량점검차를 사용하였으며, 나머지 구간은 고소점검차를 이용하여 구조물에 최대 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다.

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

【표 3.1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염	
	PSC 거더	• 균열(중앙부 횡방향 균열, 복부 사인장 균열 등) • 받침부 부스러짐 • 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 재료분리, 백태	
하부 구조	교대	• 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 • 교대의 이동 및 회전 유무 • 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	• 세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		• 파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강재	• 균열, 부식, 변형, 파손	
	탄성	• 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형	
	기타	• 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차 • 후타재와 포장면 사이 이격	

교량점검차를 이용한 조사(S1~S2, S10~S17)

고소점검차를 이용한 조사(S3~S9)

※ 교량점검차를 이용한 외관조사는 발주처와 협의 후 통행량이 많아 야간에 수행하였음.

【사진 3.1】 고소점검차 및 교량점검차를 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사 결과(여주방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

1) 부재의 개요

- 장천교(여주)의 바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있으며, 좌.우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있다.
- 바닥판은 17경간으로 2경간 또는 3경간 연속으로 구성되어 있으며, 교폭은 12.145m, 차로수는 2차로로 구성되어 있다.
- 하부는 장천(S2, S10~S12)과 지방도(S3)이 횡단하고 있으며, 외관조사는 근접장비(고소점검차 및 교량점검차)를 활용하였다.

바닥판 하면 전경(내측)	바닥판 하면 전경(캔틸레버)

【사진 3.2】 바닥판 전경

2) 외관조사 결과

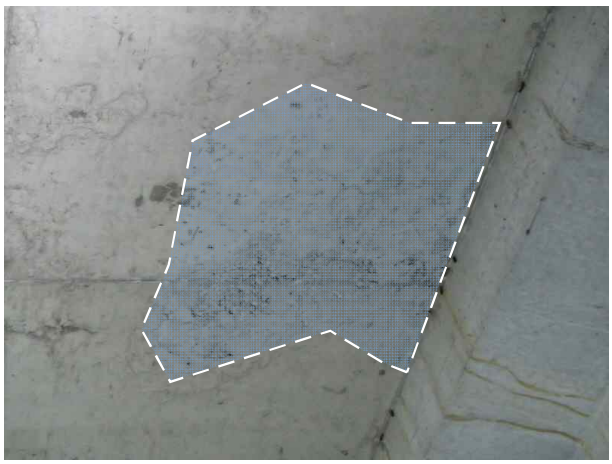
- 바닥판에 대한 외관조사 결과, 구조적인 균열 등의 손상은 없는 상태이나, 주요 손상으로 폭 0.2㎜이하 균열, 균열부백태, 백태, 박리/박락/파손/들뜸, 재료분리, 철근노출, 철근부식 및 박락 등이 조사되었다.
- 박리/박락/파손/들뜸, 철근노출 등은 신축이음 단부와 캔틸레버부에서 조사되었으며, 백태는 대부분 방호벽과 바닥판 시공이음부에서 발생되었다.
- 그 외에 물끊기홈 설치불량, 잡철물 노출, 배수관주변 누수/백태 등의 손상이 국부적으로 조사되었다

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과

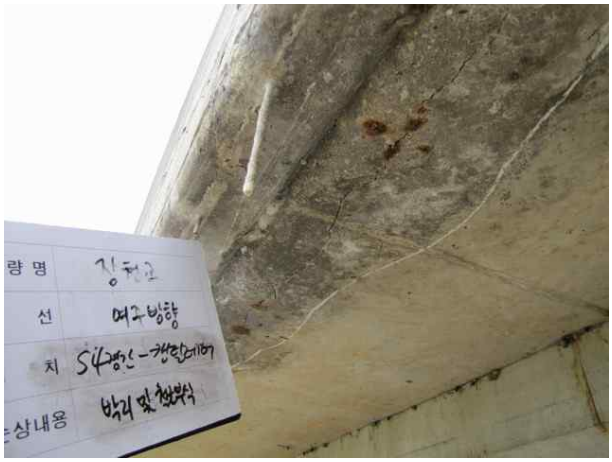
구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열부 백태 (m/개소)		백태 (㎡/개소)		박리/박락/파손/들뜸 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	-	-	-	-	0.36/4	-	-
S2	-	1.1/2	-	-	2.40/1	2.4/1	-	0.46/5	-	-
S3	-	-	-	0.5/1	0.62/5	-	1.30/2	1.7/3	2.08/5	-
S4	-	-	-	-	1.00/1	9.0/1	0.40/2	0.5/3	0.49/2	0.25/1
S5	1.3/2	1.3/2	-	-	0.18/1	4.68/2	0.15/1	0.15/1	0.74/2	0.24/1
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	0.20/1	0.2/1	0.16/1	0.16/1	2.50/4	2.5/4
S8	-	-	-	-	1.10/2	0.8/1	-	0.2/1	3.84/3	3.84/3
S9	-	-	-	-	-	-	-	-	1.44/2	1.44/2
S10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27/2	0.27/2
S11	-	-	-	-	2.40/1	2.4/1	0.45/1	0.45/1	0.89/3	0.89/3
S12	-	-	-	-	0.40/1	3.4/2	1.00/1	-	1.70/3	2.89/4
S13	-	-	-	-	-	-	-	-	1.86/3	1.86/3
S14	11.5/7	11.5/7	-	-	1.00/2	15.0/1	-	0.25/1	-	-
S15	21.4/13	29.4/16	2.0/1	2.0/1	0.60/1	0.75/2	0.02/1	0.15/3	-	-
S16	1.0/1	6.0/3	-	-	0.40/1	7.4/3	-	0.35/6	-	-
S17	-	-	-	-	-	1.0/1	-	0.42/1	-	-
합 계	35.2/23	49.3/30	2.0/1	2.5/2	10.30/17	47.03/16	3.48/9	5.15/30	15.81/29	14.18/23

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(계속)

구 분	철근노출 (㎡/개소)		철근부식 및 박락 (㎡/개소)		물끊기홈 설치불량 (m/개소)		잡철물 노출 (개소)		누수흔적 (㎡/개소)		배수관주변 누수/백태 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	3.0/1	5.0/1	-	-	-	0.5/1	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36/1
S4	-	-	0.30/1	1.05/2	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	3.56/3	2.36/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S11	-	1.0/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S12	1.44/2	1.94/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0/1
S13	-	-	-	-	1.0/1	1.0/1	-	-	-	-	-	-
S14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-
S16	-	0.08/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25/1	-	-
합 계	**5.00/5**	**5.38/8**	**0.30/1**	**1.05/2**	**4.0/2**	**6.0/2**	**2**	**2**	**-**	**0.75/2**	**-**	**1.36/2**

폭 0.1㎜이하 횡균열(S14)	폭 0.1㎜이하 횡균열(S15)
백태(S12 좌측 캔틸레버부)	철근노출(S12 좌측 캔틸레버부)
	
경미한 재료분리(S8)	경미한 재료분리 및 철근노출(S10)

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

	
철근부식 및 박락(S4 좌측 캔틸레버부)	박락(S3-P2 신축이음 단부)
물끊기홈 설치불량(S2 종조인트부)	박락(S3 신축이음 단부)
박리(S7 좌측캔틸레버)	박리, 균열(S2-P2 신축이음 단부)

【사진 3.3】 바닥판 손상현황(계속)

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.2㎜이하), 백태, 박리/박락/파손/들뜸에 대하여 2012년 진단 결과를 토대로 손상 진전 여부를 검토한 결과, 기 진단 이후에 손상에 대한 하자보수가 일부 이루어진 것으로 조사되었으나, 금회 보수블량에 따른 재손상 및 경년열화로 손상물량이 증가된 것으로 분석되었다.

【표 3.3】 바닥판하면 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(0.2mm이하)(m)	35.2	42.2	-	7.1	
백태(㎡)	10.3	15.78	-	31.25	
박리/박락/파손/들뜸(㎡)	3.48	2.48	0.15	2.52	
철근노출(㎡)	5.0	4.3	-	1.08	

【그림 3.1】 바닥판하면 기 진단결과 비교

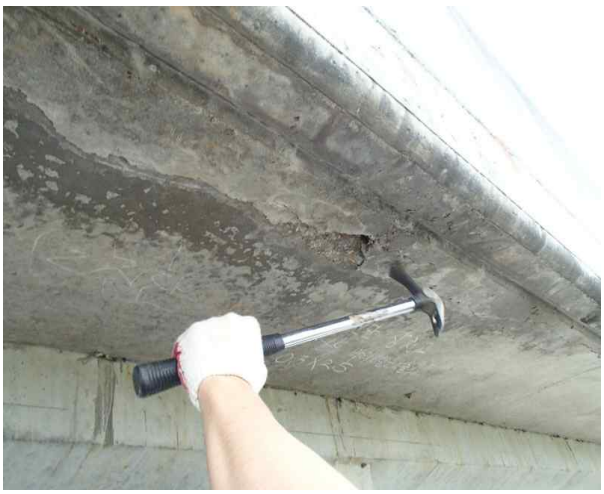
단면보수현황[2012년] ⇒ 보수부 박리 및 들뜸[2016년 금회]

【사진 3.4】 바닥판하면 기 진단결과 비교

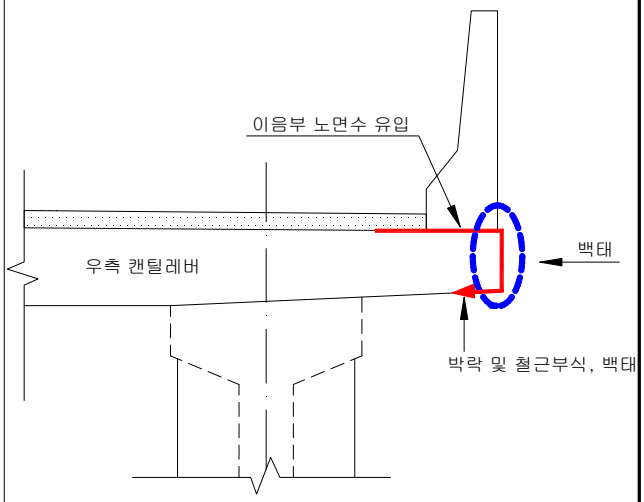
4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 캔틸레버부 박리, 박락, 철근부식

- 캔틸레버부 측면 및 하면에 발생한 백태, 철근부식 및 박락, 박락은 공용 중 우수, 바닥판과 방호벽 시공이음부로의 노면수 유입에 의해 발생한 것으로 판단된다. 상기 손상에 대해서는 내구성 저하 방지를 위해 철근부식 및 박락(단면보수(방청)), 박락 및 파손(단면보수), 백태(표면보수)를 실시하며, 누수에 의해 발생된 손상부에 대해서는 접합부에 주입보수(발포성 우레탄)를 통한 누수방지 대책이 병행되어야 한다.



<S3 좌측캔틸레버 박리>

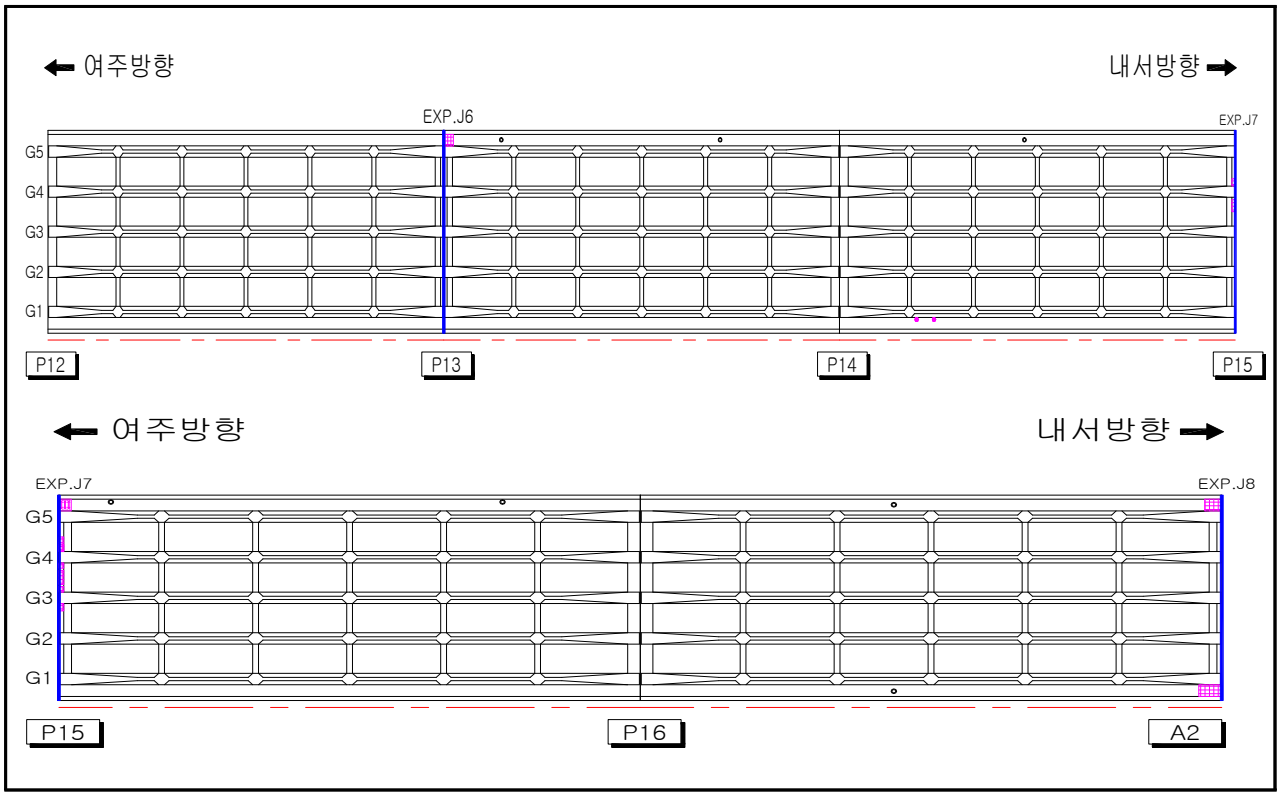


【그림 3.2】 바닥판 및 방호벽 시공이음부 누수 개요

② 신축이음단부 박리, 박락, 철근노출

- 신축이음 단부에서 발생한 박리, 박락, 철근노출 등은 A1, P2, P4, P15 지점에서 발생하였는데, 상기 지점은 기 점검 및 진단 시부터 신축이음누수로 인한 2차손상이 발생되고 있는 것으로 확인되었으며, 금회 진단 시 다소 손상의 진전이 된 것으로 판단된다.
- 상기 손상은 제설제 유입으로 인한 열화이며, 현재 손상이 진행되고 있는 상태로, 내구성 확보를 위해 신축이음장치의 차수방안과 연계하여 단면보수(방청)을 실시하는 것이 바람직하다.

【그림 3.3】 바닥판 단면결함 현황



【그림 3.3】 바닥판 단면결함 현황(계속)

③ 재료분리

- 일부 경간에 발생한 재료분리는 다짐불량에 의한 것으로 손상 정도가 심하지 않아 보수 보다는 주의관찰이 바람직 할 것으로 판단된다.

④ 미세균열 및 망상균열

- 바닥판 하면에 발생한 폭 0.2㎜이하의 균열은 기 진단(2012년)에 대부분 조사되었으며, 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생한 미세균열로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

⑤ 기타손상

- S2와 S13경간의 물끊기홈 설치불량과 S15의 잡철물 노출은 물끊기 홈 설치시 사용한 모재와 거더 거치시 사용한 잡철물을 미제거하여 발생한 손상으로 상기 손상은 현재 구조물에 미치는 영향이 미미하므로 보수는 필요치 않을 것으로 판단된다.

나. PSC 거더

1) 부재의 개요

- 장천교(여주)의 주부재인 PSC 거더는 5열로 배치되어 있고, 교각 위의 거더 접합구간을 현장타설 콘크리트로 연결하여 2경간 및 3경간 연속화되어 있다.
- PSC 거더에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였다.

PSC 거더 전경

PSC 거더 측면 전경

【사진 3.5】 PSC 거더 전경

2) 외관조사 결과

- PSC 거더에 대한 외관조사 결과, 주요 손상으로 미세균열 및 망상균열이 거더 복부 단부측에 국부적으로 조사되었으며, 신축이음단부를 중심으로 국부적인 박리/박락/철근노출 등의 단면결함이 발생되었다.
- 또한, 거더 하면에서 경미하게 재료분리가 발생되었으며, 거더하면 및 교량받침 주변에서 경미한 파손이 다수 발생하였다.

【표 3.4】 PSC 거더 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하)(m/개소)		망상균열(0.2㎜이하)(㎡/개소)		박리/박락(㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	0.14/3	0.18/4
S3	-	-	-	-	0.24/2	0.24/2
S4	-	1.2/3	-	-	0.67/7	0.48/4
S5	-	-	-	-	0.13/3	0.13/3
S6	-	-	-	-	-	-

【표 3.4】 PSC 거더 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(0.2㎜이하)(m/개소)		망상균열(0.2㎜이하)(㎡/개소)		박리/박락(㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S7	2.8/4	4.1/5	-	-	0.12/1	-
S8	1.4/4	2.7/6	-	-	0.01/1	-
S9	1.6/2	1.6/2	-	-	0.01/1	0.01/1
S10	-	-	-	-	-	0.26/6
S11	-	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	0.02/1
S13	19.2/25	21.0/27	-	0.3/1	-	-
S14	-	-	-	-	-	-
S15	-	2.5/2	1.50/1	1.5/1	0.02/1	0.01/1
S16	2.3/3	2.1/3	-	0.5/1	-	0.08/3
S17	-	-	-	-	-	-
합 계	**27.3/38**	**35.2/48**	**1.50/1**	**2.3/3**	**1.34/19**	**1.41/25**

【표 3.4】 PSC 거더 외관조사 결과(계속)

구 분	파손(㎡/개소)		재료분리(㎡/개소)		철근노출 및 박락(㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	0.08/2	0.05/2	-	-	-	-
S2	-	-	0.75/2	0.75/2	-	-
S3	0.05/5	0.05/5	-	-	-	-
S4	0.16/8	0.08/5	-	-	0.06/1	-
S5	0.14/7	0.16/7	-	-	-	-
S6	0.12/9	0.09/6	-	-	-	-
S7	0.11/8	0.11/8	-	-	-	-
S8	0.25/14	0.26/15	0.16/1	0.16/1	-	-
S9	0.91/4	0.91/4	-	-	-	-
S10	-	-	-	0.1/1	-	-
S11	-	0.06/1	-	-	-	-
S12	-	-	-	0.07/1	-	-
S13	-	-	-	0.05/1	-	-
S14	0.10/4	0.1/4	-	-	-	-
S15	0.19/3	0.12/1	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	0.2/1
합 계	**2.11/64**	**1.99/58**	**0.91/3**	**1.13/6**	**0.06/1**	**0.2/1**

PSC 거더 복부 균열(S4-G3)	PSC 거더 복부 균열(S8-G5)
PSC 거더 하면 받침부 주변 박락(S10-G4)	PSC 거더 하면 경미한 파손(S1-G3)
PSC 거더 하면 경미한 재료분리(S12-G2)	PSC 거더 단부 철근노출 및 파손(S2-G4)

【사진 3.6】 PSC 거더 손상현황

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 거더 복부에서 조사된 균열과 망상균열에 대해 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 폭 0.1㎜㎜이하의 균열이 다소 증가되었는데 이는 신규발생균열이 아닌 기 점검과 진단 시 손상이 경미하여 누락되거나 외관조사망도 작성상의 오류로 인한 누락 등이 원인으로 분석되었다.
- 박리/박락/철근노출/파손 등은 '12년 정밀안전진단 이후 실시한 보수에 의해 일부 보수 완료 되었으며, 금회 공용년수 증가로 인한 열화가 진행되어 손상물량이 다소 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.5】 거더 기 진단 결과 비교

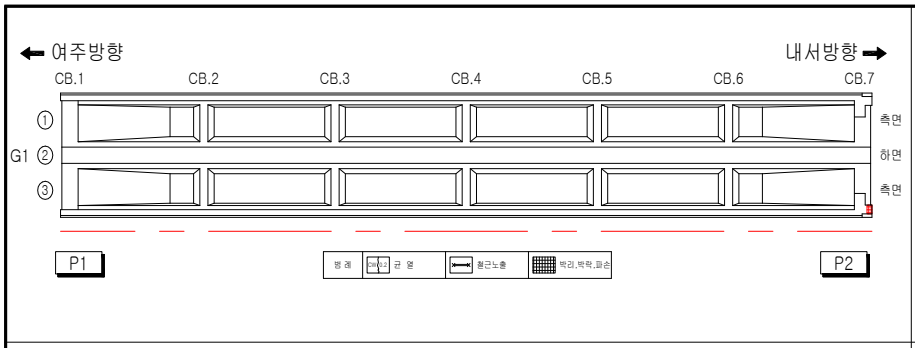
구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(m)	27.3	25.2	-	10.0	
망상균열(㎡)	1.5	1.5	-	0.8	
파손(㎡)	2.11	1.88	-	0.11	
박리/박락/철근노출(㎡)	1.4	0.96	-	2.43	

【그림 3.4】 거더 기 진단결과 비교

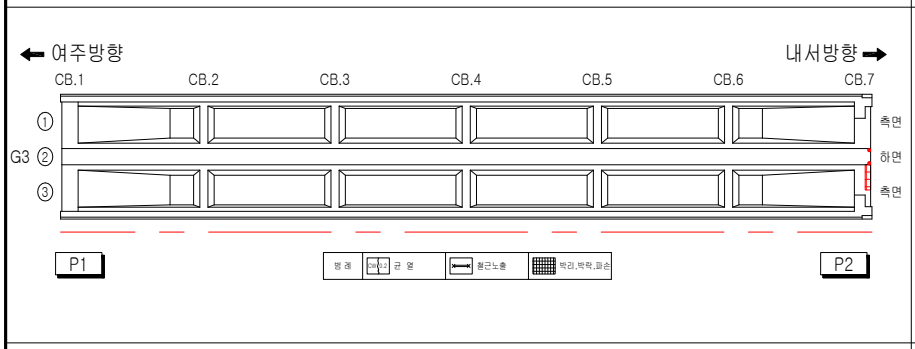
4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 박리/박락/철근노출

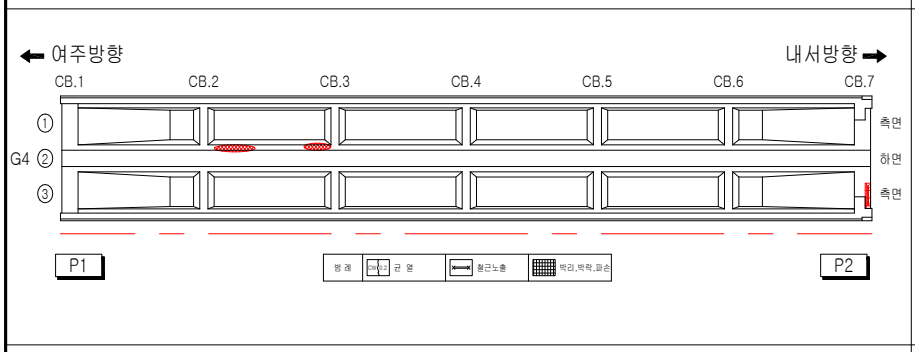
- S2-P2, S4-P4 거부 단부에 발생된 박리/박락/철근노출 등은 신축이음부 누수로 인해 거더단부의 철근이 부식되면서 팽창하여 발생한 손상으로 내구성 저하 방지를 위해 신축이음장치의 차수방안과 연계하여 단면보수(방청)가 필요하다.



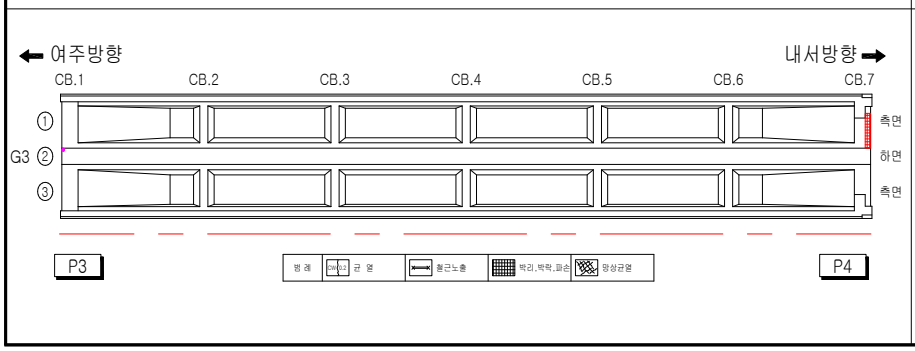
<거더 단부 단면결함(S2-G1)>

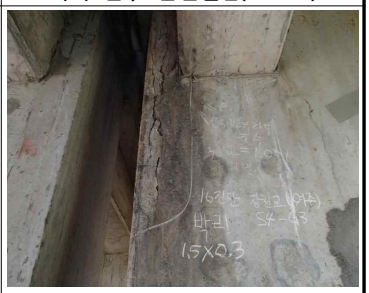


<거더 단부 단면결함(S2-G3)>



<거더 단부 단면결함(S2-G4)>





<거더 단부 단면결함(S4-G3)>

② 파손

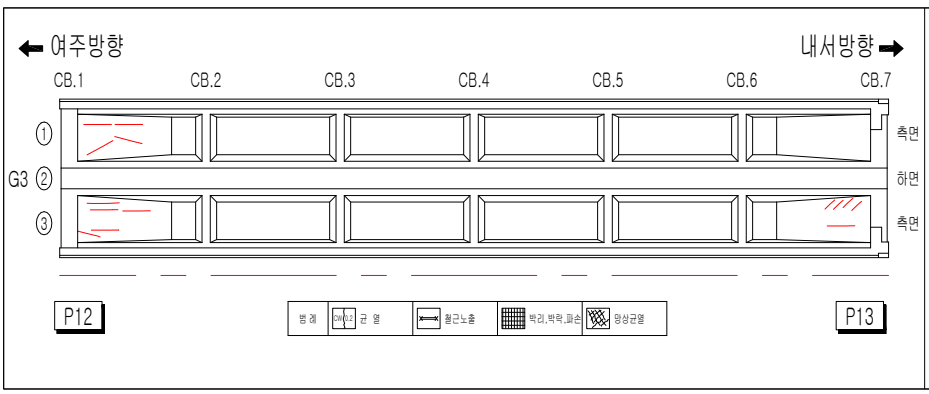
- 거더에 발생한 파손은 주로 insert plate 주변 복부 하단에서 발생하였고 프리스트레스 및 크리프 등으로 거더 하면에 매립되어 있는 강재(insert plate)와 주변 콘크리트의 변형차에 따라 발생하는 구속응력과 Sole plate 용접시 용접열에 의한 강재(insert plate)의 팽창으로 발생하는 응력, 거더 거치 시 충격 등에 의한 것으로 판단된다. 상기 손상은 시공초기 발생된 손상으로 현재 손상의 진전이 없는 상태이며, 대부분 국부적인 소규모로 발생된 상태로 교량받침은 2회에 걸쳐 온도 변화에 따른 변동량 측정 결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 나타내고 있어 상기 손상으로 인한 신축거동에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 따라서, 집중하중이 작용하는 교량받침 주변으로 내구성 및 사용성 저하 방지를 위해 단면보수가 필요하며, 보수 후에도 손상의 진전 여부를 주기적으로 관찰해야 한다.

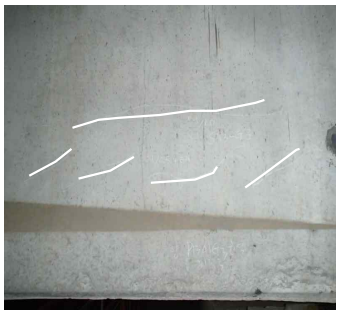
③ 재료분리

- S2와 S8경간의 거더 하면에 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량에 의한 것으로 손상 정도가 경미하여 보수는 필요하지 않은 상태이다.

④ 균열 및 망상균열

- 거더 복부에 발생한 균열 및 망상균열은 폭 0.1㎜이하의 미세균열로 프리스트레스 도입초기(강선 인장시) 긴장력과 시공초기 건조수축에 의해 발생한 시공초기 균열로 판단된다. 또한, 상부구조에 대한 구조검토 결과, 구조적인 안전성을 확보하고 있는 것으로 검토되었으며, 균열폭 및 손상규모도 경미하고 현재까지 추가적인 진전이 없으므로 즉각적인 보수보다는 주의관찰을 실시하는 것이 적절한 것으로 사료된다.





<PSC 거더 복부 균열(S13-G3)>

다. 가로보

1) 부재의 개요

- 가로보는 경간별 7열로 시공되어 있고, 가로보에 대해서는 PSC 거더와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였다.

가로보 전경	가로보 전경

【사진 3.7】 가로보 전경

2) 외관조사 결과

- 가로보에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 외관상태를 보유하고 있으나, 일부 경간에서 백태, 들뜸. 박락 및 철근노출, 재료분리 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.6】 가로보 외관조사 결과

구 분	백태 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		박락 및 철근노출 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	0.16/1	-	0.13/2	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	0.5/1
S7	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-	-	0.24/1	0.39/2

【표 3.6】 가로보 외관조사 결과 (계속)

구 분	백태 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		박락 및 철근노출 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S10	-	-	-	-	-	-	-	0.08/1
S11	-	-	-	-	-	-	-	0.2/1
S12	0.50/3	0.70/4	-	-	-	-	-	-
S13	0.50/2	0.50/2	-	-	-	-	-	0.04/1
S14	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	1.00/5	1.20/6	-	0.16/1	-	0.13/2	0.24/1	1.21/6

경미한 재료분리(S9-CB5)

들뜸, 박락 및 철근노출(S2-CB7)

경미한 재료분리(S10-CB7)

백태(S12-CB7)

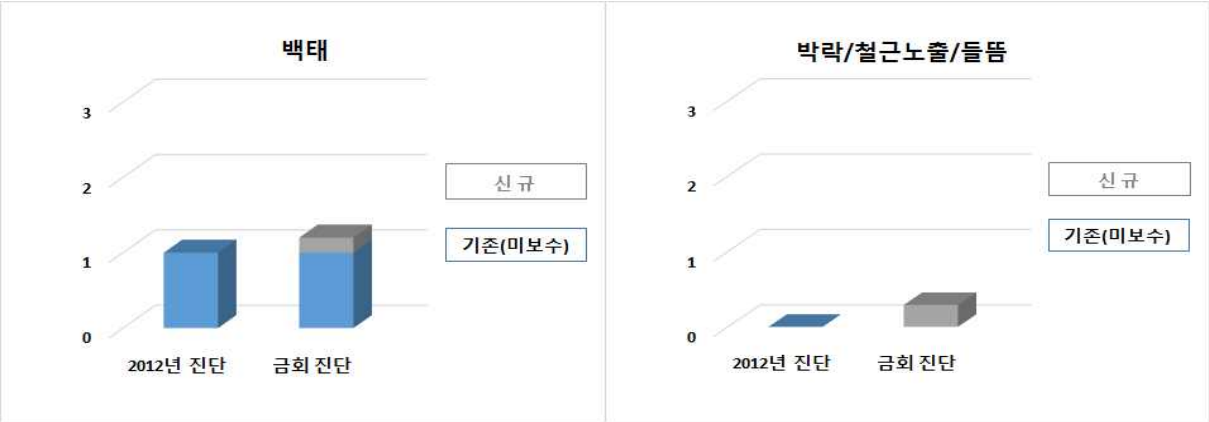
【사진 3.8】 가로보 손상현황

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 가로보에 조사된 주요 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 공용년수 증가에 따른 신규손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.7】 가로보 기 진단 결과비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
백태(㎡)	1.0	1.0	-	0.2	
박락/철근노출/들뜸(㎡)	-	-	-	0.29	



【그림 3.5】 가로보 기 진단결과 비교

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- S2-P2지점에서 조사된 박락/철근노출/들뜸은 신축이음부 누수로 인해 거더단부의 철근이 부식되면서 팽창하여 발생한 손상으로 내구성 저하 방지를 위해 신축이음장치의 차수방안과 연계하여 단면보수(방청)가 필요하다.
- S12와 S13경간의 가로보에 발생한 백태는 콘크리트 내부 수분 및 거푸집 탈형시 표면수에 의해 발생한 것으로 추정되며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- 부분적으로 가로보 하단에서 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량에 의한 것으로 손상 정도가 경미하여 보수는 필요하지 않은 상태이다.

3.2.2 하부구조

1) 부재의 개요

- 장천교(여주)의 하부구조는 철근콘크리트 구조로서 교대는 역T형이고 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다. 교각은 T형이고 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)
교각 전경(P2)	교각 전경(P15)

【사진 3.9】 교대 및 교각 전경

2) 외관조사 결과

- 하부구조의 외관조사 결과, 폭 0.1~0.3㎜의 균열, 망상균열, 단면결함(박리 및 박락, 파손, 재료분리, 철근노출) 등이 확인되었다.
- A2 구체부에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 수직균열 형태를 띄고 있으며, A1과 A2에서 체수가 일부 조사되었다.
- 교각에 발생한 균열은 대부분 폭 0.2㎜이하로 수직균열 형태를 띄고 있으며, 코핑부 및 기둥부의 전 부위에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 나타났다.

- 그 외에 신축이음누수로 인한 표면오염과 코핑상면의 체수, 잡철물 부식 및 박락 등의 손상이 국부적으로 발생한 상태이다.

【표 3.8】 교대 및 교각 외관조사 결과

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열(0.2㎜이하) (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	10.6/23	-	1.7/1	-	0.28/1	-	0.02/1
P1	10.5/20	6.9/15	-	-	1.50/1	8.1/7	-	-
P2	5.7/9	10.5/17	-	-	3.48/3	7.79/5	-	-
P3	15.8/22	26.2/42	-	-	-	-	-	-
P4	7.7/16	9.0/17	0.9/3	3.0/2	-	-	-	-
P5	13.2/26	36.5/56	-	-	0.40/1	0.64/2	0.01/1	0.01/1
P6	5.3/13	16.8/31	-	-	-	-	-	-
P7	7.9/18	7.8/18	1.0/1	-	-	-	-	-
P8	14.2/24	11.6/22	0.5/1	-	-	-	-	-
P9	4.0/7	5.6/10	-	-	-	-	-	-
P10	4.8/8	4.3/8	-	-	-	-	-	-
P11	4.2/10	6.1/12	-	-	-	-	-	-
P12	0.8/2	0.8/2	-	-	-	-	-	-
P13	5.2/8	11.9/18	-	-	-	-	-	-
P14	3.6/10	13.7/33	-	-	-	-	-	-
P15	1.5/4	3.7/8	-	-	-	-	0.02/1	-
P16	8.0/17	21.9/30	-	-	-	-	-	-
A2	1.2/2	1.7/4	-	-	-	0.25/1	-	0.8/1
합 계	**113.6/216**	**205.6/366**	**2.4/5**	**4.7/3**	**5.38/5**	**17.06/16**	**0.03/2**	**0.83/3**

【표 3.8】 교대 및 교각 외관조사 결과(계속)

구 분	박리/박락/파손/들뜸 (㎡/개소)		침식 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	0.32/2	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0.64/1	10.37/11	-	-	-	1.24/3	0.50/1	0.5/1
P3	-	-	-	-	-	-	3.35/3	3.35/3
P4	0.75/1	10.45/8	-	-	-	-	-	-
P5	-	0.16/1	-	-	-	-	-	-
P6	0.48/3	0.71/3	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	0.82/7	0.4/1	-	-	-	-	0.20/1	0.2/1
P9	-	-	-	-	-	-	0.56/2	0.56/2
P10	-	0.04/1	-	3.36/1	-	-	0.38/3	0.38/3
P11	-	-	-	-	-	-	0.08/1	-
P12	0.12/2	0.12/2	-	-	-	-	0.04/1	-
P13	0.04/2	0.04/2	-	-	-	-	-	-
P14	-	0.02/1	-	-	-	-	-	-
P15	0.20/2	5.02/5	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	0.08/1	-	-	-	-	-	-
합 계	3.05/18	27.73/38	-	3.36/1	-	1.24/3	5.11/12	4.99/10

【표 3.8】 교대 및 교각 외관조사 결과(계속)

구 분	잡철물 (㎡/개소)		잡철물 부식 및 박락 (㎡/개소)		표면보수부 박리/들뜸(㎡/개소)		표면오염 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	-	-	-	-	1.82/2	-	-	0.66/2	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	0.04/2	-	-	2.50/1	17.7/8	1.28/2	1.28/2
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	4.05/3	-	2.5/2	-	0.16/1
P5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	0.02/1	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	1.50/1	2.5/1	-	-
P16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	9.0/9	-	-	-	1.12/1	-	0.34/2	0.80/1	1.58/2
합 계	-	9.0/9	-	0.06/3	-	6.99/6	4.0/2	23.04/13	2.74/5	3.02/5

폭 0.2㎜이하 수직균열(A1 구체부)	폭 0.2㎜이하 수직균열(P8 코핑부)
박리(녹물유출)(A1 구체부)	박락 및 철근노출(P2 기둥부)
박락 및 철근노출(P2 코핑부)	망상균열(P1 기둥부)

【사진 3.10】 교대 및 교각 손상현황

보수부 박락(P5 코핑부 하단)	보수부 박리(P6 코핑부 상단)
침식(P10 기둥하부)	보수부 균열(P4 기둥부)
재료분리(P9 코핑부)	체수(P2 코핑부 상면)

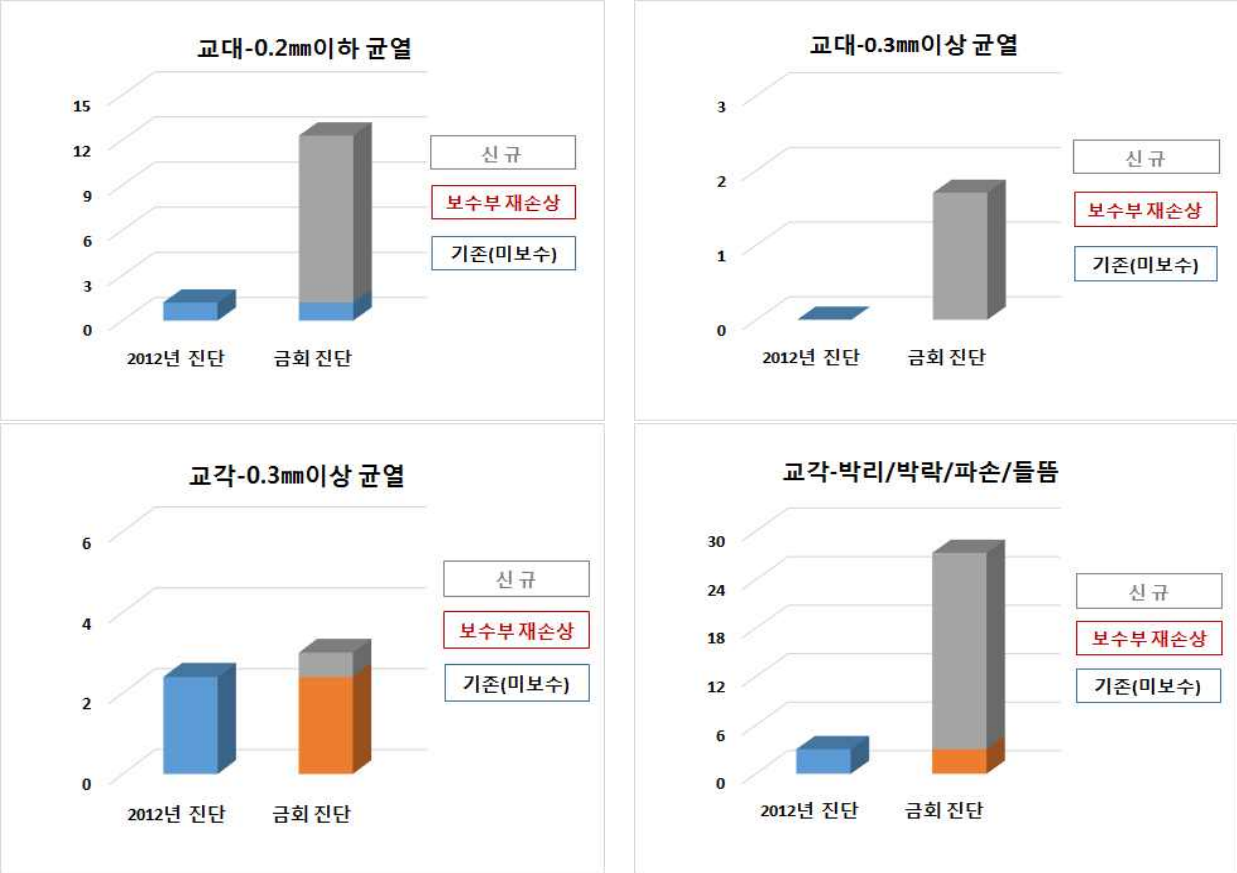
【사진 3.10】 교대 및 교각 손상현황(계속)

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 교대에 조사된 주요 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기 진단 이후 균열에 대한 보수는 실시되지 않은 것으로 조사되었으며 누수흔적 주변으로 다소 증가 한 것으로 분석되었다.
- 교각에 조사된 주요 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기 진단 이후 균열에 대한 보수가 일부 실시되었으며, 보수부 재균열이 발생된 것으로 확인되었다. 신축이음주변에서 조사된 박리/박락/들뜸 등의 단면결함은 대부분 보수가 되었으나, 보수부 재손상과 공용년수 증가로 인해 신규물량이 추가된 것으로 분석되었다.

【표 3.9】 교대 및 교각 기 진단 결과 비교

구 분		2012년 진단	금회 진단			비 고
			미보수	보수부 재손상	신규	
교대	0.2㎜이하균열(m)	1.2	1.2	-	11.1	
	0.3㎜이상균열(m)	-	-	-	1.7	
교각	0.3㎜이상균열(m)	2.4	-	2.4	0.6	
	박리/박락/파손/들뜸(㎡)	3.05	-	3.05	24.28	



【그림 3.6】 교대 및 교각 기 진단결과 비교

표면보수 현황[2012년 진단](P4 기둥부) ⇒ 보수부 재균열

【사진 3.11】 교대 및 교각 기 진단결과 비교

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 균열

- A1의 흉벽부에서 발생한 균열은 대부분 금회 신규로 조사된 균열로서 주로 신축이음누수 주변에서 발생되었으며, A2 구체부에 발생한 균열은 미세 수직균열(폭 0.2㎜이하)로 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 상시 손상들은 균열폭에 따라 0.3㎜이상의 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하고 손상 정도가 경미한 0.2㎜이하의 미세 균열에 대해선 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 교각의 코핑 및 기둥부에 발생한 균열은 대부분 미세 수직균열(폭 0.2㎜이하)로 깊이가 얕은 표면균열 형태를 띄고 있으며, 주로 코핑부에 집중적으로 발생한 것으로 나타났다. 또한, P4 교각 기둥에서 발생한 폭 0.3㎜ 균열은 기 진단 이후 보수가 완료되었으나, 금회 균열이 재발생된 상태이다. 조사된 균열은 대부분 길이가 0.3m~1.0m 이내이고, 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 시공초기 매스콘크리트 양생과정에서 발생한 수화열, 시공초기 건조수축 등에 의해 발생한 균열로 판단되며, 0.3㎜이상의 균열에 대해선 내구성 확보를 위해 주입보수를 실시하며, 폭 0.2㎜이하 균열은 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

② 박리/박락/철근노출/들뜸

- 박리/박락/철근노출/듣뜸 등은 교대의 구체 외측 상면과 주로 신축이음부 교각 코핑부 상·하면, 코핑 외측 상면 등에서 조사되었으며, 손상의 원인은 신축이음누수(A1, A2,

P2, P4, P15)와 코핑 외측의 우수유입(P6, P8, P10)으로 인해 코핑 내부 철근이 부식되고 팽창하여 발생된 손상으로 내구성 확보를 위해 신축이음장치 차수대책과 연계하여 단면보수(방청)를 실시해야 할 것으로 판단된다.

③ 체수

- 체수는 신축이음부에 위치한 교대(A1, A2) 및 교각(P2, P4)에서 조사되었으며, 2008년 교체 시공된 뉴모노셀 조인트 하부에서 신축이음 접합부(1.8m 간격) 및 본체 강재와 고무재 이음부의 이격 및 탈락부위을 통해 노면수가 교량 하부로 유입되어 표면오염 및 체수를 유발하고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 신축이음 하단부에 유도배수시설 설치 등의 차수대책이 필요하며, 장기적으로 신축이음장치 교체를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

④ 재료분리

- 국부적으로 발생된 재료분리는 시공시 다짐부족에 의해 발생된 것으로 손상의 규모가 경미하여 현 상태에서 유지관리 하는 것이 바람직하다.

⑤ 백태

- 백태는 콘크리트 내부 수분 및 공기 중 수분이 콘크리트 표면으로 습윤침투에 의해 발생한 것으로 손상 정도가 경미하여 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 상태이다.

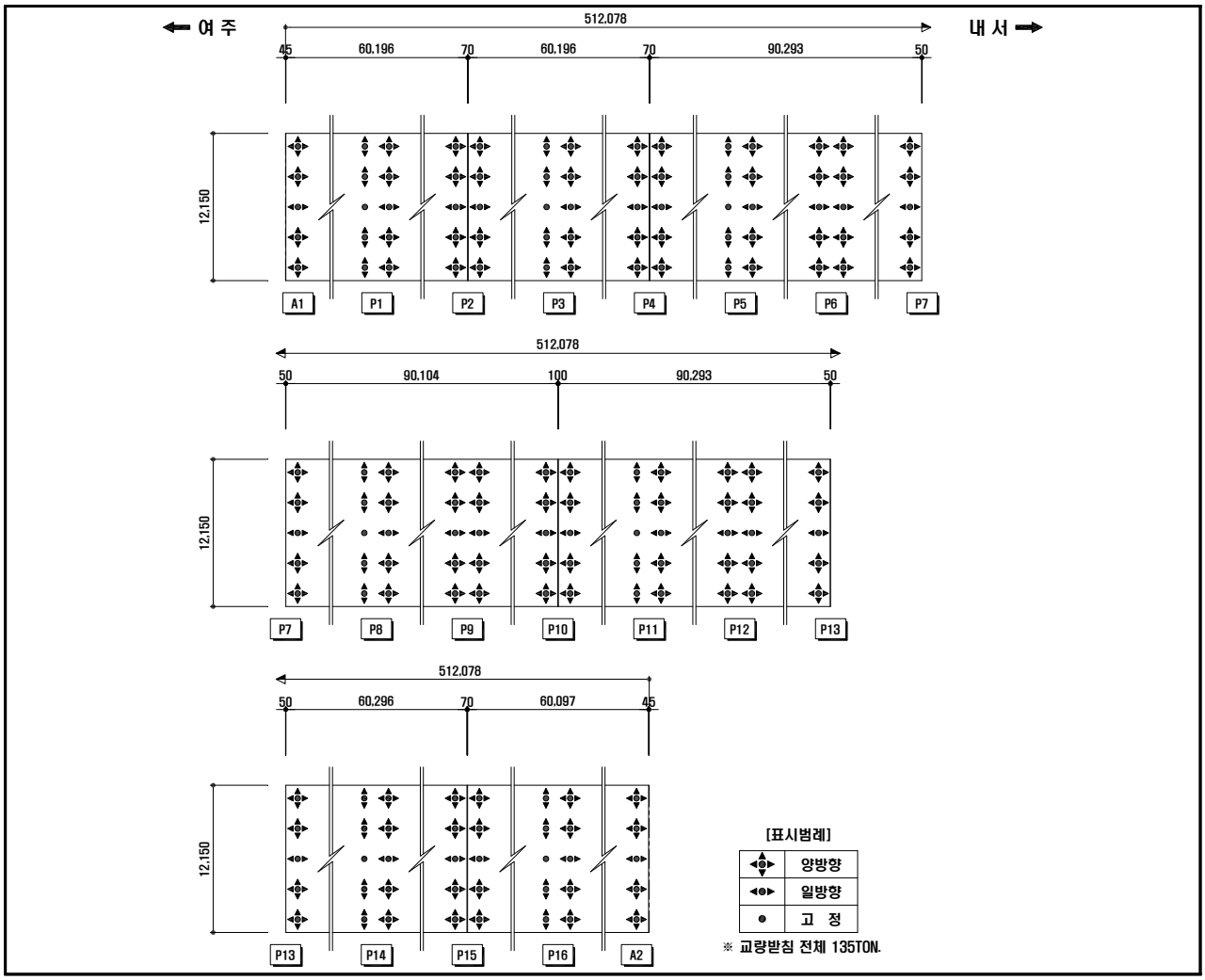
⑥ 침식

- 하상구간 교각 기둥부(P10)에서 조사된 침식은 유수에 의해 진행된 것으로, 현재는 손상으로 손상 정도가 경미하여 보수보다는 추후 지속적인 관찰을 통해 손상 진전 시 보수를 실시해야 할 것으로 판단된다.

3.2.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 탄성받침으로 총 170개소(교대 당 5개소, 교각 당 10개소)가 시공되어 있으며, P1, P3, P5, P8, P11, P14, P16에 고정단이 설치되어 있다.



【그림 3.7】 교량받침 배치도

탄성받침(고정단) 전경	탄성받침(양방향) 전경	탄성받침(일방향) 전경

【사진 3.12】 교량받침 전경

나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 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 시행하였으며 그 결과는 다음【표 3.10】와 같다.
- 교량받침에 대한 외관상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 탄성받침의 가동상태도 적정한 것으로 조사되었다. 공용 중 발생한 국부적인 손상으로 받침본체 부식, 고무패드 들뜸, 스토퍼 협착, 받침 편기, 무수축몰탈 균열, 파손 및 재료분리 등의 손상이 경미하게 조사되었다.

【표 3.10】 교량받침 외관조사 결과

구 분	받침본체									
	플레이트 부식 (㎡/개소)		도장박리 (㎡/개소)		패드들뜸 (개소)		스토퍼 협착 (개소)		편기 (개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
A1	-	0.12/2	-	0.04/1	1	2	-	-	-	-
P1	1.60/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	1.60/10	1.6/10	-	-	1	-	-	-	-	-
P3	0.16/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	1.60/10	1.6/10	-	-	2	-	-	-	-	-
P5	1.60/10	-	-	-	1	-	-	-	-	-
P6	1.60/10	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P7	-	0.04/1	-	-	1	-	-	-	2	1
P8	1.60/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	-	0.16/2	-	-	-	1	-	-	-	-
P10	-	0.16/2	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
P14	-	1.6/10	-	-	1	-	-	-	-	-
P15	1.60/10	1.6/10	1.60/10	-	3	2	-	-	6	-
P16	1.60/10	1.6/10	1.60/10	-	-	-	4	4	-	-
A2	0.16/1	0.16/1	0.16/1	-	-	1	-	-	-	-
합 계	**13.12/82**	**8.64/58**	**13.12/82**	**0.04/1**	**12**	**7**	**4**	**4**	**8**	**1**

【표 3.10】 교량받침 외관조사 결과(계속)

구 분	받침본체		무수축몰탈						받침콘크리트	
	이동표지바 탈락 (개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)		박락/파손 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
A1	-	-	-	0.3/3	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	5	5	1.0/10	0.8/8	-	0.12/1	-	2.0/2	-	-
P3	-	-	-	0.6/6	-	-	-	-	-	1.2/3
P4	4	4	1.0/10	3.6/36	0.02/2	0.17/2	-	2.0/2	-	-
P5	-	-	-	0.6/6	-	-	-	-	-	0.4/1
P6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	0.8/4	1.4/6	0.01/1	0.02/2	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	-	-	-	0.7/7	-	-	-	-	-	-
P10	-	-	0.4/4	-	-	-	-	-	-	-
P11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	-	-	-	-	-	2.0/2	-	-
P14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	-	-	0.8/8	6.7/67	-	-	-	-	-	-
P16	-	-	-	0.5/5	0.01/1	0.01/1	-	-	-	-
A2	-	-	-	0.3/3	-	-	-	-	-	-
합 계	9	9	4.0/36	15.5/147	0.04/4	0.32/6	-	6.0/6	-	1.6/4

구 분	받침콘크리트									
	망상균열(0.2㎜이하) (㎡/개소)		균열 및 들뜸 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		잡철물 노출 (개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	0.2/1	-	-	-	-	-	-	14	14
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	0.06/1	-	-	-	-	12	21
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-	-	-	14	15
P5	-	-	-	-	-	0.01/1	-	-	-	1
P6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9
P10	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12
P11	-	-	-	-	-	-	-	0.08/1	6	6
P12	-	-	-	-	-	-	-	0.04/1	2	2
P13	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
P14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	-	-	15	15
P16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
합 계	**-**	**0.2/1**	**-**	**0.06/1**	**-**	**0.01/1**	**-**	**0.12/2**	**87**	**110**

탄성패드들뜸(A1-Sh5)

플레이트 부식(P14-Sh3(A1))

【사진 3.13】 교량받침 손상현황

플레이트부식, 무수축몰탈 망상균열(A1-Sh5)	무수축몰탈 파손(P7-Sh3(A1))
무수축몰탈 들뜸(P2-Sh1(A1측))	무수축몰탈 균열(P4-Sh3)
받침콘크리트 잡철물(P5-Sh5(A1측))	스토퍼 협착(P16-Sh5(A1측)

【사진 3.13】 교량받침 손상현황(계속)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침 연단과 하부구조 정부 연단 사이의 거리, S(㎜)는 다음 값 이상을 확보하여야한다.

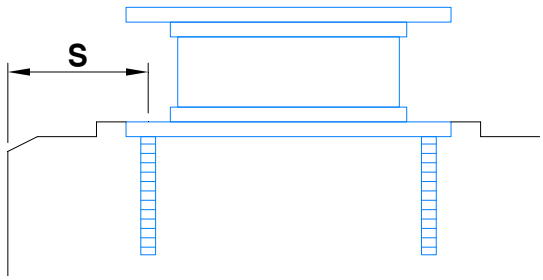
  - 거더의 경간길이 100m 이하 : S(㎜) = 200 + 5L
  - 거더의 경간길이 100m 이상 : S(㎜) = 300 + 4L

  (여기서, L은 경간길이(m))

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=30.0m) : 200+5×30.0 = 350(㎜)

2) 연단거리 측정방법



< 탄성받침 >

연단거리 측정 개요도	연단거리 실측 전경

【사진 3.14】 연단거리 측정방법

3) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.11】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		350	430	430	410	410	410	O.K
P1	A1측	350	460	460	460	460	460	O.K
	A2측	350	570	570	580	590	590	O.K
P2	A1측	350	490	520	540	530	540	O.K
	A2측	350	520	540	540	550	560	O.K
P3	A1측	350	540	500	490	560	520	O.K
	A2측	350	590	570	560	580	590	O.K
P4	A1측	350	530	540	540	560	550	O.K
	A2측	350	570	550	550	560	570	O.K
P5	A1측	350	510	490	500	490	550	O.K
	A2측	350	570	570	550	600	600	O.K
P6	A1측	350	590	580	600	610	580	O.K
	A2측	350	530	560	560	570	570	O.K
P7	A1측	350	510	550	520	570	570	O.K
	A2측	350	540	530	550	560	530	O.K
P8	A1측	350	560	520	530	530	530	O.K
	A2측	350	620	630	600	600	600	O.K
P9	A1측	350	590	600	610	620	600	O.K
	A2측	350	570	610	590	610	600	O.K
P10	A1측	350	570	580	580	570	580	O.K
	A2측	350	570	610	590	610	600	O.K
P11	A1측	350	540	510	520	550	560	O.K
	A2측	350	550	620	610	620	620	O.K
P12	A1측	350	580	580	600	610	630	O.K
	A2측	350	610	610	640	610	620	O.K
P13	A1측	350	540	530	580	540	550	O.K
	A2측	350	540	490	510	550	530	O.K
P14	A1측	350	520	520	520	520	520	O.K
	A2측	350	600	600	600	600	610	O.K
P15	A1측	350	560	540	570	580	570	O.K
	A2측	350	570	560	580	580	590	O.K
P16	A1측	350	490	500	510	510	520	O.K
	A2측	350	550	550	560	550	560	O.K
A2		350	460	470	440	440	440	O.K

라. 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:19.7℃(9월), 2차:14.4℃(10월))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.12】 교량받침 가동상태 검토결과

위 치		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	6.0(A2)	3.0(A2)	4.0	1.6	
	Sh2	6.0(A2)	3.0(A2)	4.0		
	Sh3	6.0(A2)	3.0(A2)	5.0		
	Sh4	6.0(A2)	3.0(A2)	3.0		
	Sh5	6.0(A2)	3.0(A2)	3.0		
P1		-	-	-	-	고정단
P2 (A1측)	Sh1	2.0(A2)	1.5(A2)	3.0	1.6	
	Sh2	2.0(A2)	1.5(A2)	3.0		
	Sh3	2.0(A2)	1.5(A2)	3.0		
	Sh4	5.0(A2)	3.0(A2)	3.0		
	Sh5	5.0(A2)	3.0(A2)	3.0		
P2 (A2측)	Sh1	2.0(A2)	1.0(A2)	5.0	1.6	
	Sh2	2.0(A2)	1.0(A2)	5.0		
	Sh3	2.0(A2)	1.0(A2)	3.0		
	Sh4	2.0(A2)	1.0(A2)	3.0		
	Sh5	3.0(A2)	2.0(A2)	4.0		
P3		-	-	-	-	고정단
P4 (A1측)	Sh1	4.0(A1)	2.0(A1)	4.0	1.6	
	Sh2	4.0(A1)	2.0(A1)	4.0		
	Sh3	5.0(A1)	2.0(A1)	4.0		
	Sh4	5.0(A1)	2.0(A1)	4.0		
	Sh5	3.0(A1)	2.0(A1)	4.0		
P4 (A2측)	Sh1	3.0(A2)	1.0(A2)	4.0	1.6	
	Sh2	5.0(A2)	3.0(A2)	4.0		
	Sh3	5.0(A2)	3.0(A2)	4.0		
	Sh4	3.0(A2)	1.0(A2)	4.0		
	Sh5	4.5(A2)	1.5(A2)	4.0		
P5		-	-	-	-	고정단

【표 3.12】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

위 치		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P6 (A1측)	Sh1	2.0(A1)	0.5(A1)	5.0	1.6	
	Sh2	2.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh3	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh4	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh5	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
P6 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0	1.6	
	Sh2	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh3	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh4	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
	Sh5	1.0(A1)	0.5(A1)	5.0		
P7 (A1측)	Sh1	4.5(A1)	2.0(A1)	8.0	3.2	
	Sh2	4.5(A1)	2.0(A1)	8.0		
	Sh3	4.0(A1)	2.0(A1)	8.0		
	Sh4	3.0(A1)	1.5(A1)	8.0		
	Sh5	2.5(A1)	1.0(A1)	8.0		
P7 (A2측)	Sh1	3.5(A2)	1.5(A2)	5.0	1.6	
	Sh2	3.5(A2)	1.5(A2)	5.0		
	Sh3	3.0(A2)	1.0(A2)	5.0		
	Sh4	5.5(A2)	3.0(A2)	5.0		
	Sh5	6.0 (A2)	4.0(A2)	5.0		
P8		-	-	-	-	고정단
P9 (A1측)	Sh1	1.0(A1)	1.5(A2)	5.0	1.6	
	Sh2	1.0(A1)	1.5(A2)	3.0		
	Sh3	1.0(A1)	1.5(A2)	2.0		
	Sh4	1.0(A1)	1.5(A2)	4.0		
	Sh5	1.0(A1)	1.5(A2)	4.0		
P9 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	1.5(A2)	3.0	1.6	
	Sh2	1.0(A1)	1.5(A2)	3.0		
	Sh3	1.0(A1)	1.5(A2)	4.0		
	Sh4	1.0(A1)	1.5(A2)	4.0		
	Sh5	1.0(A1)	1.5(A2)	4.0		
P10 (A1측)	Sh1	7.0(A2)	4.0(A2)	7.0	3.2	
	Sh2	3.0(A2)	0.5(A2)	7.0		
	Sh3	3.0(A2)	0.5(A2)	5.0		
	Sh4	3.0(A2)	0.5(A2)	5.0		
	Sh5	3.5(A2)	0.5(A2)	5.0		
P10 (A2측)	Sh1	4.0(A2)	3.0(A2)	3.0	1.6	
	Sh2	2.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
	Sh3	2.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
	Sh4	2.0(A2)	1.5(A2)	3.0		
	Sh5	3.0(A2)	1.5(A2)	3.0		

【표 3.12】 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

위 치		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P11		-	-	-	-	고정단
P12 (A1측)	Sh1	1.0(A2)	0.5(A2)	3.0	1.6	
	Sh2	2.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
	Sh3	1.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
	Sh4	1.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
	Sh5	1.0(A2)	0.5(A2)	3.0		
P12 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	0.5(A1)	3.0	1.6	
	Sh2	2.0(A1)	0.5(A1)	3.0		
	Sh3	1.0(A1)	0.5(A1)	3.0		
	Sh4	1.0(A1)	0.5(A1)	3.0		
	Sh5	1.0(A1)	0.5(A1)	3.0		
P13 (A1측)	Sh1	5.0(A1)	3.0(A1)	6.0	3.2	
	Sh2	5.0(A1)	3.0(A1)	5.0		
	Sh3	5.0(A1)	3.0(A1)	6.0		
	Sh4	5.0(A1)	3.0(A1)	5.0		
	Sh5	5.0(A1)	3.0(A1)	5.0		
P13 (A2측)	Sh1	7.0(A2)	4.0(A2)	4.0	1.6	
	Sh2	7.0(A2)	4.0(A2)	4.0		
	Sh3	7.0(A2)	4.0(A2)	3.0		
	Sh4	7.0(A2)	4.0(A2)	4.0		
	Sh5	7.0(A2)	4.0(A2)	4.0		
P14		-	-	-	-	고정단
P15 (A1측)	Sh1	4.0(A1)	2.0(A1)	3.0	1.6	
	Sh2	4.0(A1)	2.0(A1)	3.0		
	Sh3	4.0(A1)	2.0(A1)	3.0		
	Sh4	4.0(A1)	2.0(A1)	3.0		
	Sh5	4.0(A1)	2.0(A1)	3.0		
P15 (A2측)	Sh1	11.0(A1)	9.0(A1)	3.0	1.6	
	Sh2	11.0(A1)	9.0(A1)	3.0		
	Sh3	11.0(A1)	9.0(A1)	3.0		
	Sh4	11.0(A1)	9.0(A1)	3.0		
	Sh5	11.0(A1)	9.0(A1)	3.0		
P16		-	-	-	-	고정단
A2	Sh1	10.0(A1)	8.0(A1)	4.0	1.6	
	Sh2	10.0(A1)	8.0(A1)	3.0		
	Sh3	10.0(A1)	8.0(A1)	3.0		
	Sh4	10.0(A1)	8.0(A1)	4.0		
	Sh5	10.0(A1)	8.0(A1)	4.0		

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

【표 3.13】 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (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	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P1	고정단								
P2(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P2(A2)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P3	고정단								
P4(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P4(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P5	고정단								
P6	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P7(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	60.0	14.8	9.2	-	14.8	9.2
P7(A2)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P8	고정단								
P9	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P10(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	60.0	14.8	9.2	-	14.8	9.2
P10(A2)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P11	고정단								
P12	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P13(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	60.0	14.8	9.2	-	14.8	9.2
P13(A2)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P14	고정단								
P15(A1)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P15(A2)	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P16	고정단								
A2	24.7	15.3	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6

1) 조사당시 온도 : 19.7℃(조사일 : 2016년 9월 7일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.14】 교량받침 이동량 검토결과

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	6.0(A2)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh2	6.0(A2)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh3	6.0(A2)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh4	6.0(A2)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh5	6.0(A2)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
P1		고정단						
P2 (A1측)	Sh1	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	5.0(A2)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh5	5.0(A2)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
P2 (A2측)	Sh1	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	3.0(A2)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
P3		고정단						
P4 (A1측)	Sh1	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh2	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh3	5.0(A1)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh4	5.0(A1)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh5	3.0(A1)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
P4 (A2측)	Sh1	3.0(A2)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh2	5.0(A2)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	3.0(A2)	7.4	4.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh4	2.0(A2)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh5	3.0(A2)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
P5		고정단						
P6 (A1측)	Sh1	2.0(A1)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A1)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
P6 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh2	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 3.14】 교량받침 이동량 검토결과(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P7 (A1측)	Sh1	4.5(A1)	14.8	9.2	54.5	45.5	±50	O.K
	Sh2	4.5(A1)	14.8	9.2	54.5	45.5	±50	O.K
	Sh3	4.0(A1)	14.8	9.2	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh4	3.0(A1)	14.8	9.2	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh5	2.5(A1)	14.8	9.2	52.5	47.5	±50	O.K
P7 (A2측)	Sh1	3.5(A2)	7.4	4.6	53.5	46.5	±50	O.K
	Sh2	3.5(A2)	7.4	4.6	53.5	46.5	±50	O.K
	Sh3	3.0(A2)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
	Sh4	5.5(A2)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh5	6.0 (A2)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
P8		고정단						
P9 (A1측)	Sh1	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh2	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
P9 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh2	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
P10 (A1측)	Sh1	7.0(A2)	14.8	9.2	57.0	43.0	±50	O.K
	Sh2	3.0(A2)	14.8	9.2	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh3	3.0(A2)	14.8	9.2	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh4	3.0(A2)	14.8	9.2	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh5	3.5(A2)	14.8	9.2	53.5	46.5	±50	O.K
P10 (A2측)	Sh1	4.0(A2)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	3.0(A2)	7.4	4.6	53.0	47.0	±50	O.K
P11		고정단						
P12 (A1측)	Sh1	1.0(A2)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A2)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A2)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A2)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

【표 3.14】 교량받침 이동량 검토결과(계속)

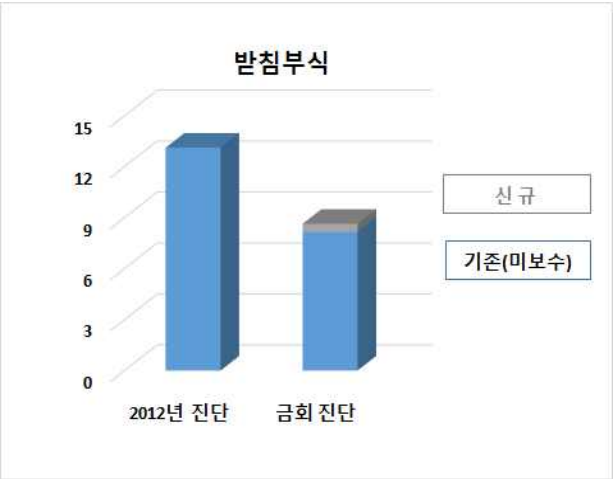
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P12 (A2측)	Sh1	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh2	2.0(A1)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh4	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
	Sh5	1.0(A1)	7.4	4.6	51.0	49.0	±50	O.K
P13 (A1측)	Sh1	5.0(A1)	14.8	9.2	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh2	5.0(A1)	14.8	9.2	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	5.0(A1)	14.8	9.2	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh4	5.0(A1)	14.8	9.2	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh5	5.0(A1)	14.8	9.2	55.0	45.0	±50	O.K
P13 (A2측)	Sh1	7.0(A2)	7.4	4.6	57.0	43.0	±50	O.K
	Sh2	7.0(A2)	7.4	4.6	57.0	43.0	±50	O.K
	Sh3	7.0(A2)	7.4	4.6	57.0	43.0	±50	O.K
	Sh4	7.0(A2)	7.4	4.6	57.0	43.0	±50	O.K
	Sh5	7.0(A2)	7.4	4.6	57.0	43.0	±50	O.K
P14		고정단						
P15 (A1측)	Sh1	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh2	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh3	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh4	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh5	4.0(A1)	7.4	4.6	54.0	46.0	±50	O.K
P15 (A2측)	Sh1	11.0(A1)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
	Sh2	11.0(A1)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
	Sh3	11.0(A1)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
	Sh4	11.0(A1)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
	Sh5	11.0(A1)	7.4	4.6	61.0	39.0	±50	O.K
P16		고정단						
A2	Sh1	10.0(A1)	7.4	4.6	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10.0(A1)	7.4	4.6	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10.0(A1)	7.4	4.6	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10.0(A1)	7.4	4.6	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10.0(A1)	7.4	4.6	60.0	40.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

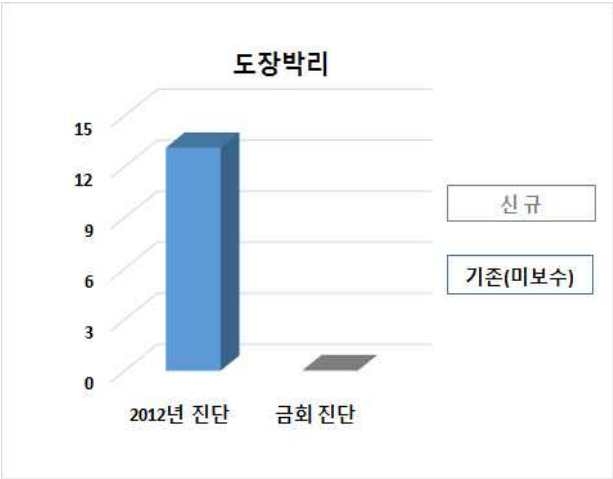
마. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 받침장치에 조사된 받침부식, 받침본체도장박리, 무수축몰탈 균열과 박락/파손에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 보수가 이루어지지 않은 상태로 확인되었으며, 신규 손상이 일부 추가되었다.
- 신규로 조사된 손상은 대부분 폭 0.1㎜이하 미세균열로 균열의 발생형태 및 균열폭등을 고려할 때 공용 중 활하중에 의한 손상진전이 아닌 시공초기 발생한 미세균열이 금회 조사된 것으로 판단된다.
- 받침부식은 기 진단 이후에 일부 보수가 된 상태이나, 공용년수 경과와 신축이음누수에 따라 신규물량이 증가된 상태이다.

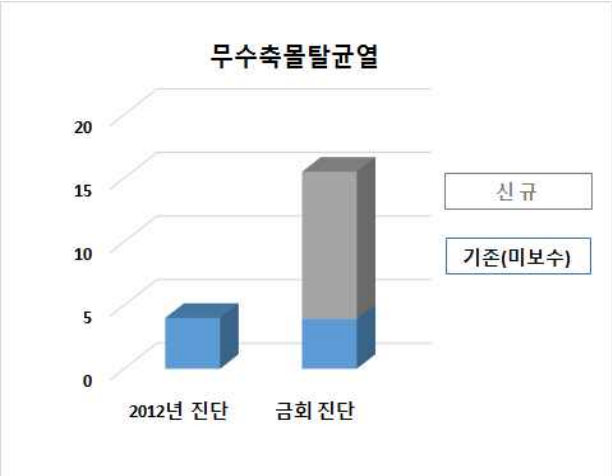
【표 3.15】 교량받침 기 진단 결과 비교

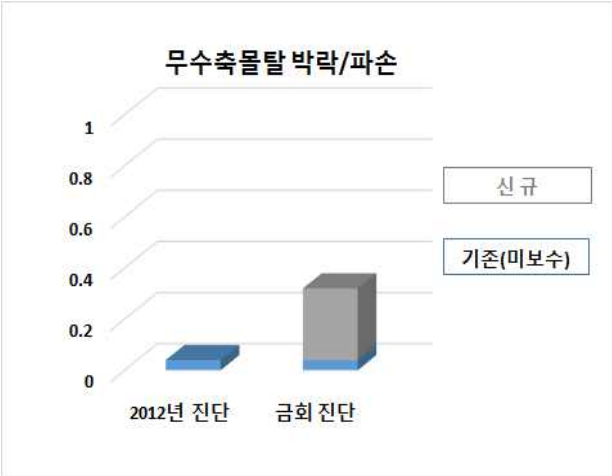
구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
받침부식(㎡)	13.12	8.16	-	0.48	
도장박리(㎡)	13.12	-	-	0.04	
무수축몰탈 균열(m)	4.0	3.9	-	11.6	
무수축몰탈 박락/파손(㎡)	0.04	0.02	-	0.28	





【그림 3.8】 교량받침 기 진단결과 비교





【그림 3.8】 교량받침 기 진단결과 비교(계속)

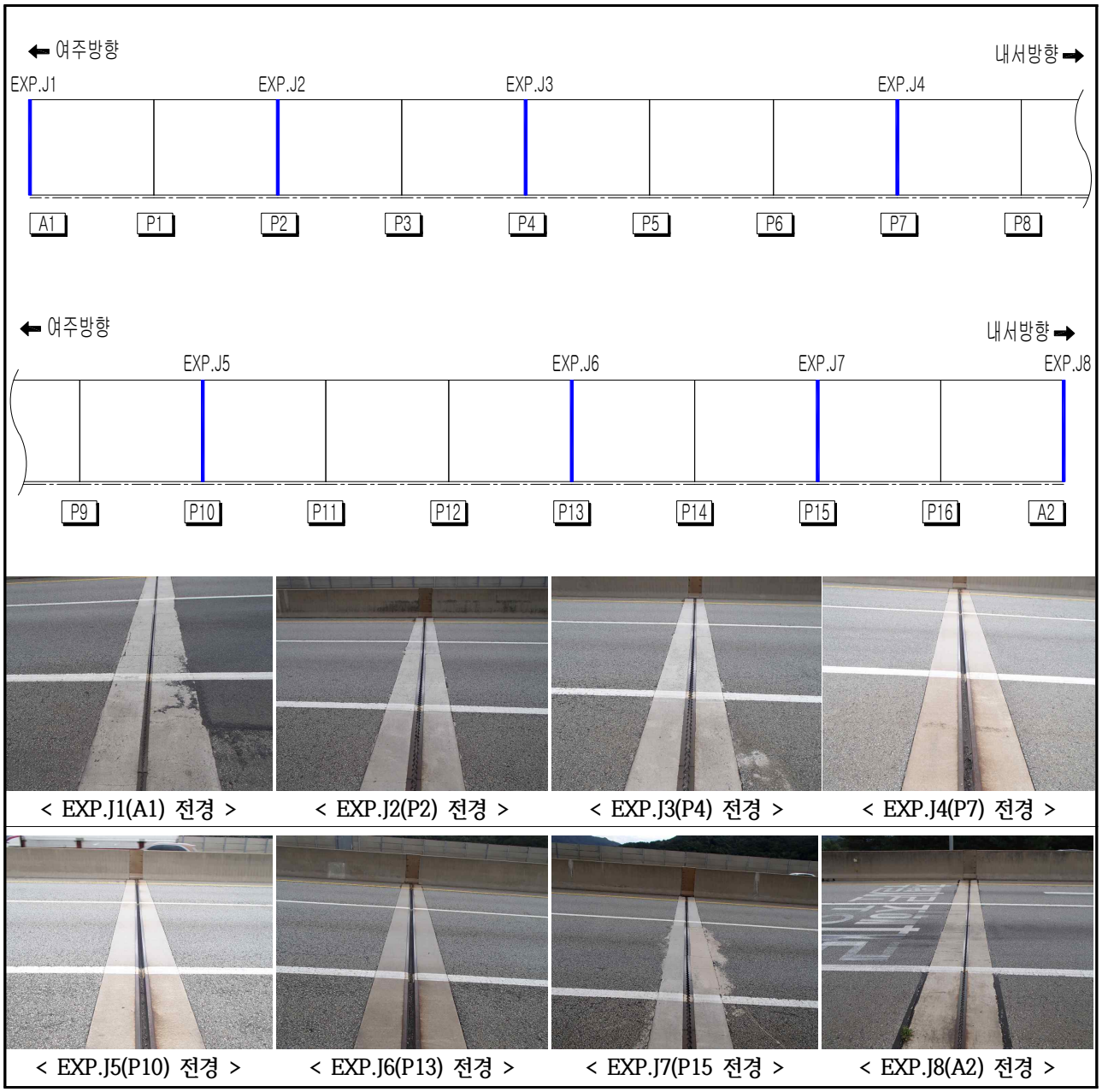
바. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침플레이트에서 발생된 부식은 대부분 신축이음누수와 공용년수 증가로 인해 발생하였으며, 부식 진행시 받침장치의 사용성에 영향을 줄 수 있으므로 부식부 제거 후 재도장을 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 일부 교량받침에서 고무패드 들뜸 및 스토퍼 협착(P16 고정단), 편기(P7, P15 가동단)가 확인되었으며, 이는 시공시 설치오류에 의한 것으로 추정된다. 상기 손상으로 인한 2차 손상(가동불량, 스토퍼 파손, 무수축몰탈 파손, 거더 단부 균열 및 파손 등)이 없는 상태이고 현재 기능성 및 사용성에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰을 통해 추가 손상 발생 및 진전이 확인되면 적절한 조치를 강구하는 것이 타당할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 무수축몰탈에 시공초기 건조수축 및 하부 구속응력에 의해 발생된 미세균열(0.2㎜이하)이 발생하였으며, 손상의 정도는 경미하여 보수의 필요성은 없는 것으로 사료된다.
- 무수축몰탈 박락/파손은 P2와 P4 신축이음하부에서 주로 발생되었으며, 적절한 보수가 필요하며, 받침콘크리트에서 잡철물 노출이 조사되었으나, 구조물에 미치는 영향은 없으므로 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 총 8개소(A1, P2, P4, P7, P10, P13, P15, A2)가 설치되어 있으며, New Monocell Joint(A1, P2, P4, P15, A2), Rail Joint(P7, P10, P13)로 구성되어 있다.
- 보수.보강 이력과 현장조사 결과에 따르면, 일부 신축이음장치(A1, P2, P4, P15, A2)가 공용기간 중 교체가 이루어진 것으로 확인되었다.



【그림 3.9】 신축이음장치 전경 및 배치도

나. 외관조사 결과

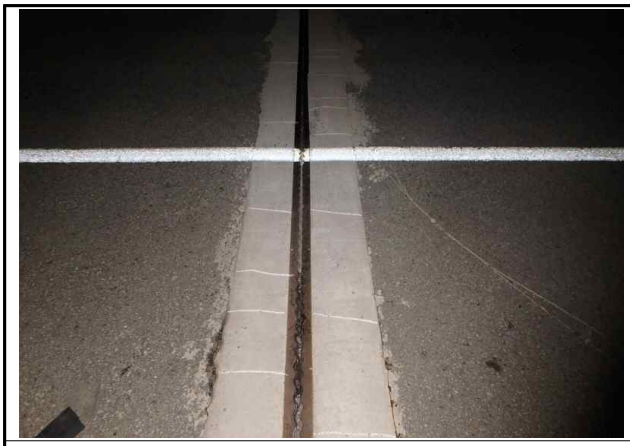
- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적인 신축거동은 원활하나, 일부구간에서 신축이음장치 교체가 이루어졌음에도 불구하고 중차량의 빈번한 통행으로 인해 국부적인 본체 고무재 이격 및 탈락이 확인되었으며, 이로 인해 누수가 발생되고 있는 상태이다.
- 대부분의 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에서 본체 부식 및 이물질 퇴적이 확인되었으며, 후타재에 균열, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.16】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	신축이음장치 본체					
	본체 부식(㎡/개소)		이물질 퇴적(m/개소)		고무재 이격 및 탈락(m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	0.90/2	0.90/2	-	-	3.0/1	3.0/1
P2	0.90/2	0.90/2	0.45/2	0.9/2	2.0/1	2.0/1
P4	0.90/2	0.90/2	-	-	-	-
P7	0.90/2	0.90/2	0.45/2	0.9/2	-	-
P10	0.90/2	0.90/2	0.35/2	0.9/2	-	-
P13	0.90/2	0.90/2	0.45/2	0.9/2	-	-
P15	0.90/2	0.90/2	0.45/2	0.9/2	-	-
A2	0.90/2	0.90/2	0.45/2	0.9/2	-	-
합계	**7.20/16**	**7.20/16**	**2.60/12**	**5.4/12**	**5.0/2**	**5.0/2**

【표 3.16】 신축이음장치 외관조사 결과 (계속)

구분	신축이음장치 본체		후타재			
	누수(m/개소)		균열(0.3㎜이하)(m/개소)		파손(㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	2.2/3	2.2/3	21.6/48	22.0/49	-	0.2/1
P2	4.0/2	4.0/2	12.1/34	12.1/34	-	0.04/2
P4	2.3/3	2.3/3	8.4/24	8.85/25	0.03/3	0.02/2
P7	-	-	-	6.12/17	-	-
P10	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	11.1/24	7.20/20	-	-
P15	12.0/1	12.0/1	13.8/46	13.8/46	-	-
A2	10.5/2	10.5/2	6.6/15	9.0/25	-	-
합계	**31.0/11**	**31.0/11**	**73.6/191**	**79.07/216**	**0.03/3**	**0.26/5**

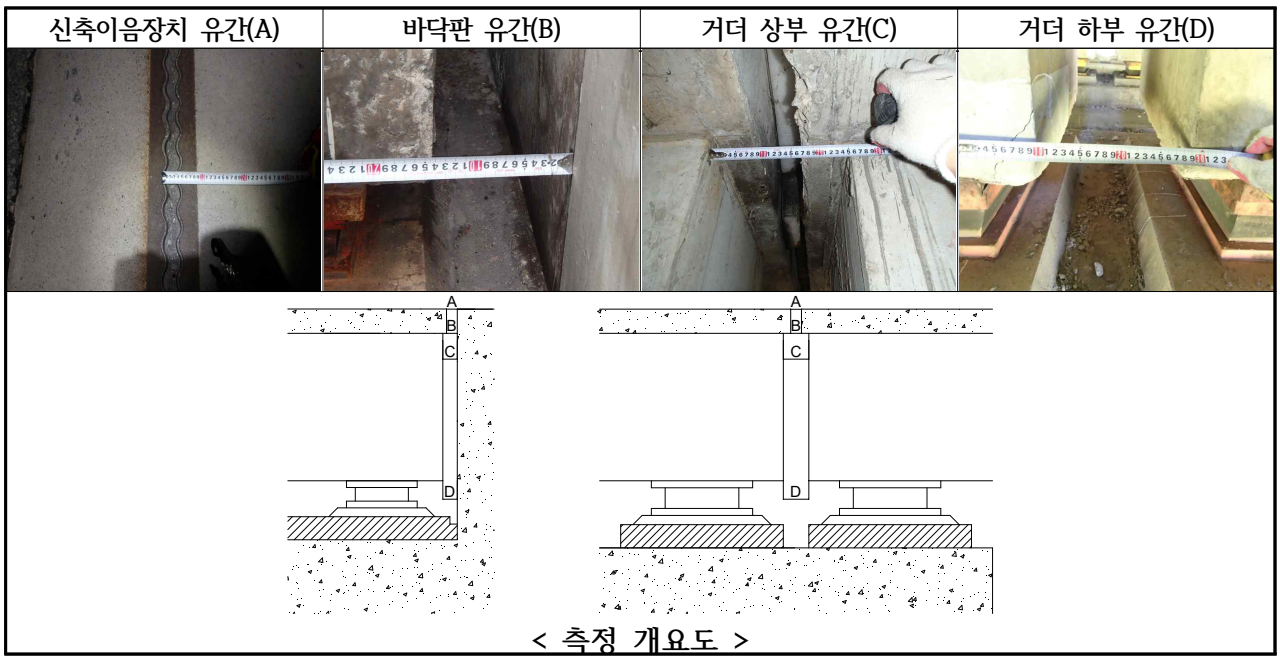
	
후타재 균열(P15)	후타재 파손(A1)
후타재 파손(P2)	고무재 이격 및 탈락(A1)
신축이음누수(P2)	본체 부식(P13, 갓길측)

【사진 3.15】 신축이음장치 손상현황

다. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:23.2℃(9월), 2차:14.7℃(10월))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 및 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.

1) 신축이음 유간 측정방법



【사진 3.16】 신축이음 유간 측정방법

2) 신축이음 유간 측정결과

【표 3.17】 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	20.0	23.4	90.0	93.0	80.0	83.0	145.0	148.0	Monocell Joint (No.45)
EXP.J2(P2)	35.0	41.5	55.0	60.0	180.0	185.0	200.0	205.0	Monocell Joint (No.80)
EXP.J3(P4)	43.0	47.5	80.0	86.0	250.0	256.0	259.0	265.0	Monocell Joint (No.80)
EXP.J4(P7)	66.0	70.0	110.0	117.0	245.0	252.0	250.0	257.0	Rail Joint (No.100)
EXP.J5(P10)	68.0	75.0	100.0	105.0	250.0	255.0	250.0	255.0	Rail Joint (No.100)
EXP.J6(P13)	76.0	85.5	75.0	83.0	245.0	253.0	255.0	263.0	Rail Joint (No.100)
EXP.J7(P15)	30.0	35.0	54.0	60.0	175.0	181.0	195.0	201.0	Monocell Joint (No.80)
EXP.J8(A2)	26.0	280	30.0	32.0	110.0	112.0	110.0	112.0	Monocell Joint (No.45)

- 9월(23.2℃)과 10월(14.7℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 미미한 차이는 있으나 교량의 신축거동상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.18】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	20.0	23.4	3.4	2.6	
	바닥판 단부	90.0	93.0	3.0		
EXP.J2(P2)	신축이음장치	35.0	41.5	6.5	5.1	
	바닥판 단부	55.0	60.0	5.0		
EXP.J3(P4)	신축이음장치	43.0	47.5	4.5	5.1	
	바닥판 단부	80.0	86.0	6.0		
EXP.J4(P7)	신축이음장치	66.0	70.0	4.0	5.1	
	바닥판 단부	110.0	117.0	7.0		
EXP.J5(P10)	신축이음장치	68.0	75.0	7.0	7.7	
	바닥판 단부	100.0	105.0	5.0		
EXP.J6(P13)	신축이음장치	76.0	85.5	9.5	7.7	
	바닥판 단부	75.0	83.0	8.0		
EXP.J7(P15)	신축이음장치	30.0	35.0	5.0	5.1	
	바닥판 단부	54.0	60.0	6.0		
EXP.J8(A2)	신축이음장치	26.0	28.0	2.0	2.6	
	바닥판 단부	30.0	32.0	2.0		

- EXP.J1~J8의 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, EXP.J1~J8의 신축이음 유간이 신장 및 수축시 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되어 현재 신축이음의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.19】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	30.0	8.5	3.5	-	8.5	3.5
EXP.J2(P2)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	60.0	16.9	7.1	-	16.9	7.1
EXP.J3(P4)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	60.0	16.9	7.1	-	16.9	7.1
EXP.J4(P7)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	90.0	25.4	10.6	-	25.4	10.6
EXP.J5(P10)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	90.0	25.4	10.6	-	25.4	10.6
EXP.J6(P13)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	90.0	25.4	10.6	-	25.4	10.6
EXP.J7(P15)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	60.0	16.9	7.1	-	16.9	7.1
EXP.J8(A2)	28.2	11.8	1.0×10^{-5}	30.0	8.5	3.5	-	8.5	3.5

1) 조사당시 온도 : 23.2℃(조사일 : 2016년 9월 1일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.20】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

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	8.5	3.5	20.0	100.0	71.5	16.5	O.K
	바닥판 단부			90.0	-	-	86.5	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음	16.9	7.1	35.0	120.0	68.1	27.9	O.K
	바닥판 단부			55.0	-	-	47.9	O.K
EXP.J3 (P3)	신축이음	16.9	7.1	66.0	120.0	37.1	58.9	O.K
	바닥판 단부			110.0	-	-	102.9	O.K
EXP.J4 (P7)	신축이음	25.4	10.6	68.0	240.0	146.6	57.4	O.K
	바닥판 단부			100.0	-	-	89.4	O.K
EXP.J5 (P10)	신축이음	25.4	10.6	76.0	240.0	138.6	65.4	O.K
	바닥판 단부			75.0	-	-	64.4	O.K
EXP.J6 (P13)	신축이음	25.4	10.6	76.0	240.0	138.6	65.4	O.K
	바닥판 단부			75.0	-	-	64.4	O.K
EXP.J7 (P15)	신축이음	16.9	7.1	30.0	240.0	193.1	22.9	O.K
	바닥판 단부			54.0	-	-	46.9	O.K
EXP.J8 (A2)	신축이음	8.5	3.5	26.0	160.0	125.5	22.5	O.K
	바닥판 단부			30.0	-	-	26.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

라. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 신축이음장치에 조사된 본체부식, 신축이음누수, 후타재 파손, 후타재 균열에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 보수가 이루어지지 않은 상태로 확인되었으며, 공용년수 증가에 따른 신규 손상이 일부 추가되었다.

【표 3.21】 신축이음장치 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
본체 부식(㎡)	7.2	7.2	-	-	
신축이음누수(m)	31.0	31.0	-	-	
후타재 파손(㎡)	0.03	0.03	-	0.23	
후타재 균열(m)	73.6	73.6	-	5.47	

【그림 3.10】 신축이음장치 기 진단결과 비교

마. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

① 본체 부식 및 이물질 퇴적

- 본체 부식은 경년열화에 의한 것으로 전경간에서 나타났는데, 손상 발생 부위는 이물질 퇴적 및 체수가 발생하기 쉬운 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에 위치하고 있으나, 현재 손상 정도가 심하지 않고 기능 발휘에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 또한, 신축이음장치 끝단(갓길 구간)에서 조사된 이물질 퇴적은 원활한 기능 유지를 위해 정기적인 청소가 필요한 상태이다.

② 신축이음누수

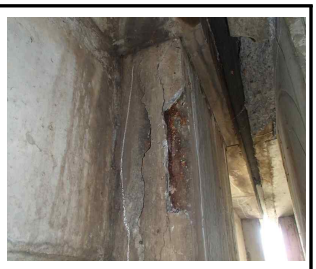
- 신축이음누수는 “2008년 신축이음장치 개량공사“ 시 교체 시공된 A1, P2, P4, P15, A2에서 발생되고 있는 상태이며, 신축이음부에서 공용 중 신축이음장치 노후화와 차량의 반복하중 및 충격 등에 의해 뉴모노셀 조인트의 본체의 접합부(1.8m 간격) 이격, 고무재 이격 및 탈락 등에 의한 것으로 판단된다.

■ 현재 신축이음누수로 노면수가 하부로 유입되어 교량 하부의 바닥판 및 거더 단부 박리/박락/철근노출, 체수 및 교량받침 부식 등의 열화가 진행 중으로 신축이음 하단에 유도배수시설 설치 등의 차수대책이 필요한 것으로 판단되며, 장기적으로는 신축이음장치 교체를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

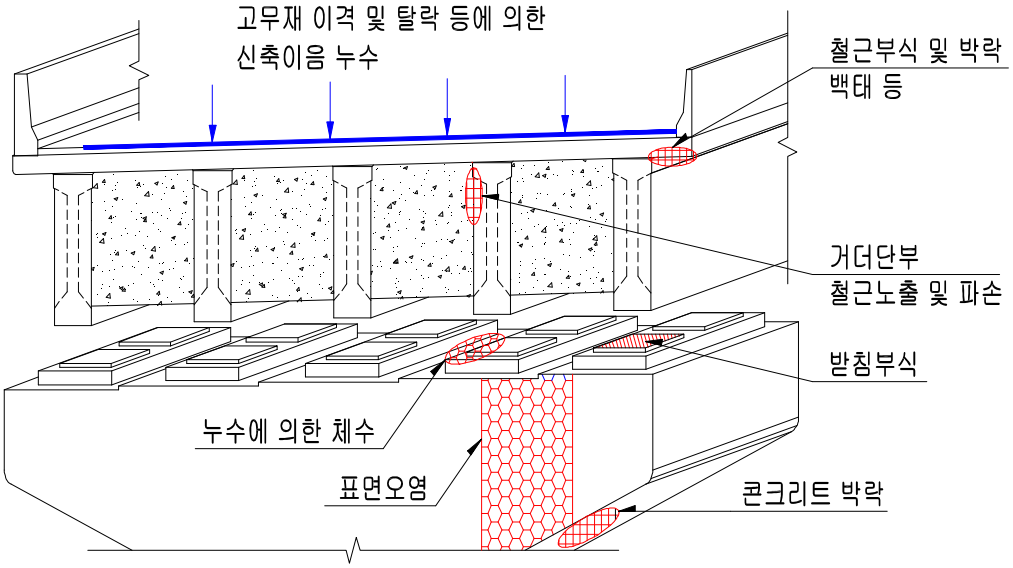
신축이음 손상 발생

신축이음 누수

캔탈레버 철근부식 및 박락 등

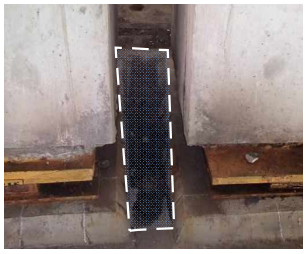


거더단부 철근노출 및 파손



<A1, P2, P4, P15, A2 지점부 2차 손상 발생 개요>

교량받침 부식



누수에 의한 체수

교각 표면오염(표면보수부)

코핑부 하면 박락

【그림 3.11】 신축이음 누수에 의한 손상 개요도

③ 후타재균열, 파손

■ 신축이음 후타재의 균열(폭 0.3㎜이하)은 교축방향 균열로 시공당시 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로 후타재 전체에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 본 후타재의 손상은 차량의 주행에 직접적인 영향을 주지는 않는 상태이고, 반복된

차량의 통행으로 균열에 대한 보수효과가 적으므로 보수보다는 주기적인 관찰을 통한 향후 후타재의 파손, 단차 등 후타재의 손상 진전시 재시공 등의 조치가 적절할 것으로 판단된다.

- 후타재 시공이음부에 발생한 후타재 파손(EXP.J3)은 차량의 반복하중 및 충격, 공용기간 증가에 의한 것으로 손상 규모 및 정도가 경미하여 현 상태에서 보수보다는 주기적인 관찰을 통한 향후 후타재의 파손, 단차 등 후타재의 손상 진전시 재시공 등의 조치가 적절할 것으로 판단된다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면포장은 아스콘 포장으로 시공되어 있으며, 보수이력 및 현장조사 결과, 준공 이후 약 16년 동안 사용 중인 것으로 조사되었으며, 추가 보수이력은 없는 것으로 확인되었다.

교면포장 전경	2012년 코어채취 (포장두께 t=9.0cm)

【사진 3.17】 교면포장 전경

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 차량의 주행을 저해하는 요인이 없는 양호한 상태를 유지하고 있는 상태이나, 전 경간에 걸쳐 균열, 망상균열 및 마모 등이 발생하였으며, A1 배면 접속부에 소성변형이 일부 발생된 것으로 확인되었다. 또한, 일부 경간에서 경미한 패임이 조사되었다.

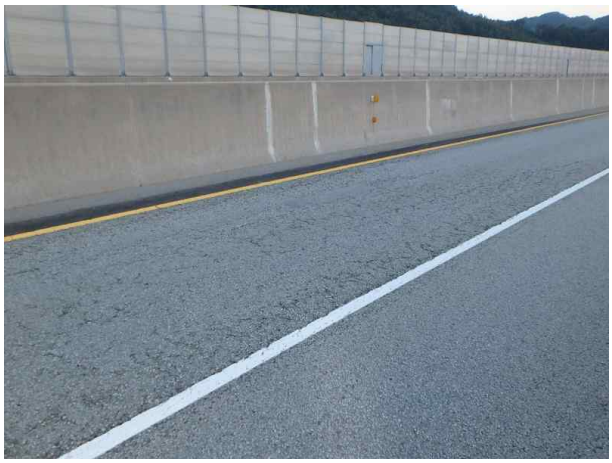
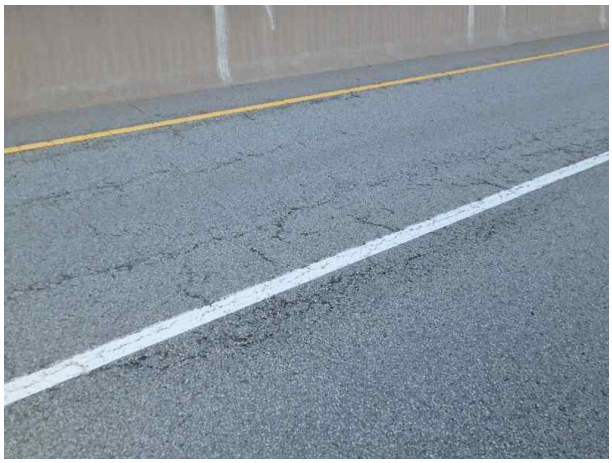
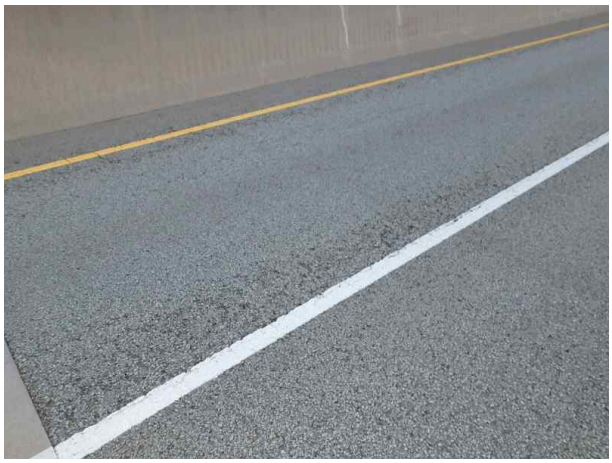
【표 3.22】 교면포장 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상균열 및 마모 (㎡/개소)		소성변형 및 마모 (㎡/개소)		패임	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	1.5/1	1.5/1	9.00/2	-	2.50/1	2.5/1	-	-
S2	17.0/5	17.0/5	20.00/1	-	-	-	-	-
S3	3.5/2	3.5/2	17.00/1	-	-	-	-	-
S4	-	-	9.30/3	-	-	-	0.16/1	0.16/1
S5	24.0/2	24.0/2	33.80/3	25.0/1	-	-	-	0.12/1
S6	1.5/1	1.5/1	100.0/4	6.4/1	-	-	-	-
S7	15.6/5	15.6/5	64.00/3	64.0/3	-	-	0.64/1	-
S8	5.5/3	5.5/3	34.40/3	34.4/3	-	-	-	-
S9	47.0/10	20.6/7	19.00/2	20.0/1	-	-	-	-
S10	17.5/6	17.5/6	42.00/3	30.0/1	-	-	-	-
S11	-	-	31.00/3	-	-	-	-	-
S12	13.0/2	13.0/2	33.60/3	-	-	-	-	-
S13	-	-	48.0/2	-	-	-	-	-
S14	-	-	33.00/2	-	-	-	-	-
S15	2.0/1	2.0/1	30.00/1	-	-	-	0.58/5	0.58/5
S16	-	-	24.00/2	-	-	-	1.29/5	1.29/5
S17	10.0/1	10.0/1	12.00/1	12.0/1	-	-	-	-
합 계	**158.1/39**	**131.7/36**	**560.1/39**	**191.8/11**	**2.50/1**	**2.5/1**	**2.67/12**	**2.15/12**

아스콘 균열(S1)

아스콘 망상균열(S2)

【사진 3.18】 교면포장 손상현황

	
아스콘 패임(S5)	아스콘 망상균열 및 마모(S7,1차로)
	
아스콘 망상균열 및 마모(S9,1차로)	아스콘 망상균열 및 마모(S10,1차로)

【사진 3.18】 교면포장 손상현황(계속)

다. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 교면포장에서 조사된 식과 후타재 파손에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 보수가 이루어지지 않은 상태로 확인되었으며, 공용년수 증가에 따른 신규 손상이 일부 추가되었다.

【표 3.23】 교면포장 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
망상균열 및 마모(㎡)	560.1	171.8	-	20.0	191.8
패임(㎡)	2.67	2.03	-	0.12	2.15

【그림 3.12】 교면포장 기 진단결과 비교

라. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본 교량의 교면포장은 공용 중 중차량 통행으로 인하여 포장면 마모, 균열 및 망상균열, 패임 등의 손상이 대부분의 경간에 다수 발생되었으며, 보수이력 검토결과 공용기간 16여년 동안 교면포장에 대해 보수가 이루어지지 않은 상태이다. 교면포장의 공용 중 마모에 의해 바닥판 하면으로의 누수 및 백태 등의 손상은 발생하지 않은 상태이며, 차량의 주행에 영향을 줄 수 있는 포트홀 등의 손상은 거의 없는 상태로서, 국부적인 포장면의 보수보다는 향후 마모, 소성변형 등의 손상 진전 시 교면에 대해서 전면 재포장을 실시하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 교량의 횡단구배 2.00%, 종단구배 0.3361%로 설계되어 있으며, 배수시설은 좌측 방호벽 측으로 총 26개소(경간당 : 1~2개소씩)에 강관이 설치되어 있다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 3.19】 배수시설 전경

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.24】 배수시설 외관조사 결과

구 분	배수구막힘(개소)		비고
	'12진단	'16진단	
S14	-	1	
S16	-	2	
S17	-	1	
합 계	-	4	

배수구 막힘(S16)	배수구 막힘(S17)

【사진 3.20】 배수시설 손상현황

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 배수시설에서 조사된 배수구막힘에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 배수구막힘이 일부 조사되었다.

【표 3.25】 배수시설 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
배수구막힘(개소)	-	-	-	4	

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 배수구 막힘은 공용 중 이물질 퇴적에 의해 국부적으로 발생되었으며, 교량의 안전에 직접적으로 영향을 미치지는 않으나 체수 등으로 인해 교면포장 및 바닥판의 열화를 촉진하거나 주행차량에 위험을 초래할 수 있으므로 청소가 필요하다.

나. 난간 및 연석(방호벽, 중앙분리대)

1) 부재의 개요

- 자동차의 차도 이탈방지, 사고 시 완충작용 등의 역할을 하는 방호벽과 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 되어 있으며, 신축이음부에는 차수덮개판이 설치되어 있다.

방호벽 전경	중분대 전경

【사진 3.21】 난간 및 연석 전경

2) 외관조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 외관조사 결과, 전반적인 외관상태는 양호한 상태이며, 대부분의 경간에서 폭 0.3㎜이하 균열, 망상균열, 균열부 백태, 백태 등이 다수 발생된 것으로 조사되었다. 또한, 방호벽 하단에서 경미한 파손과 박리가 일부 확인되었으며, 그 외에 방호벽 측면에 유지관리를 위한 교각 표지판이 일부 탈락(P2, P8)과 배전판덮개망실 등이 조사되었다.

【표 3.26】 난간 및 연석 외관조사 결과

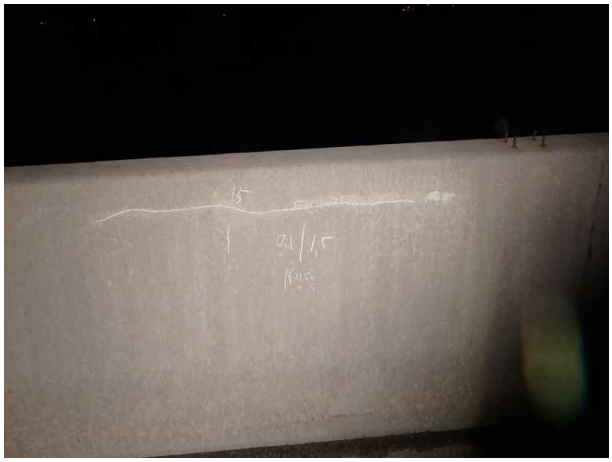
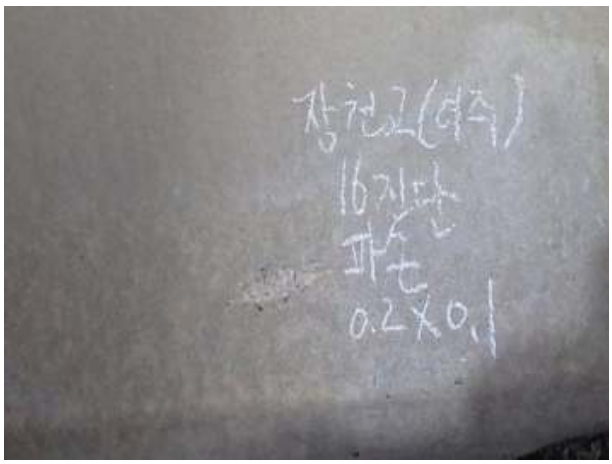
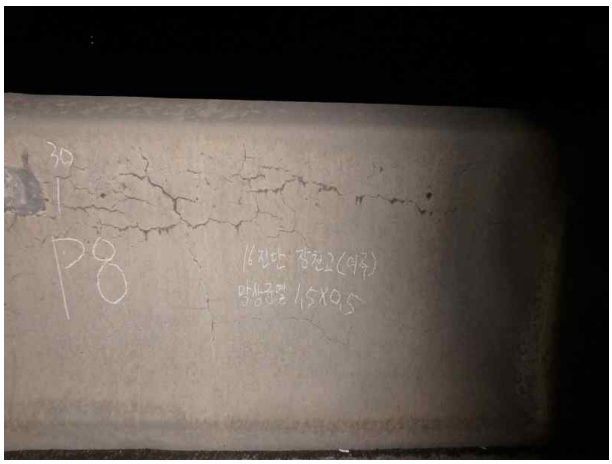
구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		균열부 백태 (m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	3.6/9	3.6/9	-	-	-	0.4/1	12.0/3	4.8/3
S2	1.3/3	1.3/3	-	-	-	0.6/1	-	-
S3	2.7/3	3.7/4	-	-	-	0.8/1	2.0/2	2.0/2
S4	0.1/1	0.1/1	-	-	-	0.8/1	3.4/2	7.4/3

【표 3.26】 난간 및 연석 외관조사 결과(계속)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		균열부 백태 (m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S5	-	-	-	-	-	-	9.0/3	9.0/3
S6	1.0/2	2.5/3	-	1.0/1	-	-	17.3/7	17.3/7
S7	-	-	-	-	-	-	-	9.5/3
S8	4.4/4	2.0/2	-	-	0.75/1	0.75/1	4.0/3	4.0/3
S9	-	4.2/3	-	-	0.75/1	0.75/1	20.5/4	20.5/4
S10	0.5/1	-	-	-	-	-	-	-
S11	-	0.5/1	-	-	-	0.45/1	-	-
S12	-	-	-	-	-	1.0/1	1.5/1	1.5/1
S13	-	-	-	-	-	-	2.0/1	2.0/1
S14	0.5/1	0.5/1	1.0/1	-	-	2.1/3	1.5/1	1.5/1
S15	-	-	-	1.0/1	-	-	-	-
S16	1.7/3	1.7/3	-	-	-	-	0.8/1	0.8/1
S17	1.4/3	1.4/3	-	2.0/1	-	-	2.0/2	2.0/2
합 계	**17.2/17**	**21.5/33**	**1.0/1**	**4.0/3**	**1.50/2**	**7.65/11**	**76.0/30**	**82.3/34**

【표 3.26】 난간 및 연석 외관조사 결과(계속)

구 분	백태 (㎡/개소)		파손/박리 (㎡/개소)		배전판덮개망실(개소)		교각 표지판 탈락 (개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	0.01/1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	1(P2)	1(P2)
S3	-	0.62/5	-	-	-	-	-	-
S4	-	0.3/1	0.64/2	0.79/3	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	0.52/3	0.35/2	-	1	-	-
S9	-	-	-	-	-	-	1(P8)	1(P8)
S10	-	-	0.25/1	0.5/1	-	-	-	-
S11	-	-	-	0.12/1	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	-	-	-
S13	-	-	0.02/1	0.02/1	-	-	-	-
S14	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	-	-	-	1.5/1	-	-	-	-
S16	-	-	-	0.2/1	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	-	**0.93/7**	**1.43/7**	**3.48/10**	-	**1**	**2**	**2**

	
폭 0.2㎜이하 균열(S6 방호벽)	균열부 백태(S1 방호벽)
	
경미한 파손(S13 방호벽)	망상균열(S9 방호벽)

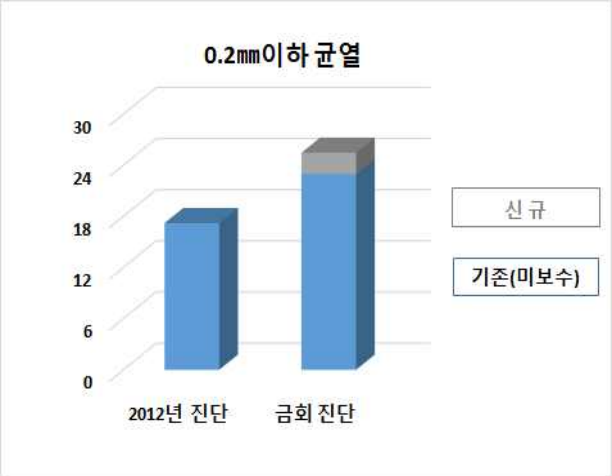
【사진 3.22】 난간 및 연석 손상현황

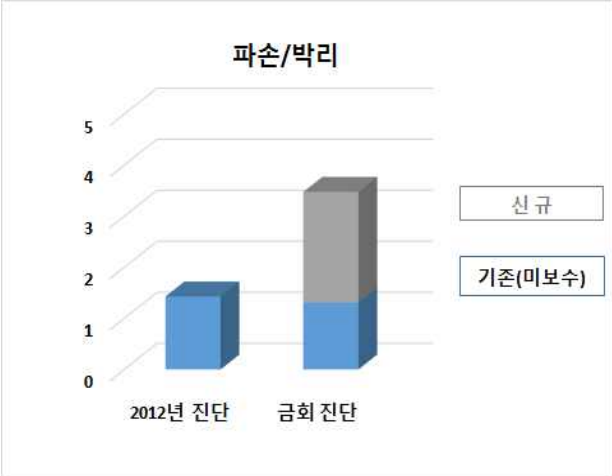
3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 방호벽에서 조사된 균열과 박락 및 파손에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 공용년수 증가로 인해 손상물량이 다소 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.27】 방호벽 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(0.2㎜이하)(m)	17.2	19.0	-	2.5	
파손/박리(㎡)	1.43	1.31	-	2.17	





【그림 3.13】 방호벽 기 진단결과 비교

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호벽과 중분대에 발생된 균열(균열부 백태)은 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생된 손상이 공용 중 균열부 우수유입으로 인하여 주변에 백태가 발생한 손상이며, 상기 손상은 교량의 안전성에는 영향이 없는 보조부재에 발생된 손상으로 보수는 불필요한 것으로 판단된다.
- 폭 0.2㎜이하 균열 및 균열부 백태는 지속적인 주의관찰을 실시하고, 폭 0.3㎜이상 균열에 대해서는 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- 방호벽 하단에 국부적으로 발생한 파손과 박리는 외부충격에 의한 손상으로 손상 정도가 경미하여 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

3.2.7 결함의 중요도

1) 여주방향

【표 3.28】 부재별 결함의 중요도

구분		조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
주부재	바닥판	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열부백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 시공이음부 누수	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수(우레탄)	Ⅱ	
		• 단면결함(박락, 재료분리)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(철근노출)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅰ	
		• 잡철물	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 누수흔적/오염	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 배수관주변 누수	비구조적	• 내구성 확보 - 누수보수	Ⅱ	
		• 배수관주변 백태	비구조적	• 내구성 확보 - 표면보수	Ⅱ	
	PSC거더	• 균열(0.2㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(박락, 재료분리)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
		• 단면결함(철근노출)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅰ	
	교대 및 교각	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅰ	
		• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(박락, 재료분리)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
		• 단면결함(철근노출)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅰ	
		• 침식	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 잡철물	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 표면보수부 박리/들뜸	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 누수흔적/오염	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 체수	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 녹물유출(내부철근부식)	비구조적	주의관찰	주의관찰	

【표 3.28】 부재별 결함의 중요도(계속)

구분		조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
주부재	받침장치	• 플레이트부식	비구조적	• 기능성 확보 - 슈도장	Ⅱ	
		• 도장 박리	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 편기	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 고무 들뜸	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 스토퍼 협착	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 무수축몰탈 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 무수축몰탈 박락/파손	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
		• 무수축몰탈 들뜸	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 들뜸	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 파손	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 재료분리	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 잡철물	비구조적	주의관찰	주의관찰	
보조부재	가로보	• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 들뜸	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅲ	
		• 재료분리	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅱ	
		• 단면결함(철근노출)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
기타부재	신축이음	• 부식	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 이물질 퇴적	비구조적	• 기능성 확보 - 청소	Ⅲ	
		• 본체 고무재 이격 및 탈락	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 신축이음 누수	비구조적	• 기능성 확보 - 유도배수시설설치	Ⅰ	
		• 후타재 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 후타재 파손	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	포장부	• 포장균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 마모	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 망상균열 및 마모	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 소성변형 및 마모	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 패임	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	방호벽	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅲ	
		• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열부백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(박리, 파손)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	배수시설	• 배수구막힘	비구조적	• 기능성 확보 - 청소	Ⅲ	

3.3 콘크리트 내구성조사

3.3.1 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(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 시험현황

1) 조사 현황

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

【표 3.29】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	18	9	24	12	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	18	9	24	12	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	19	9	20	12	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		8	6	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		2	3	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	3	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) 재료시험 기준수량의 조정

교량의 정밀점검 또는 정밀안전진단 실시에서 재료시험 항목 중 경간장, 거더당 비율에 따라 기준 수량을 규정한 항목은 연장 300m 미만의 교량을 기준으로 한 것이므로 300m 이상일 경우 연장별 조정비에 따라 기본 재료시험의 기준 수량을 책임기술자의 판단으로 조정할 수 있다.

※연장별 조정비

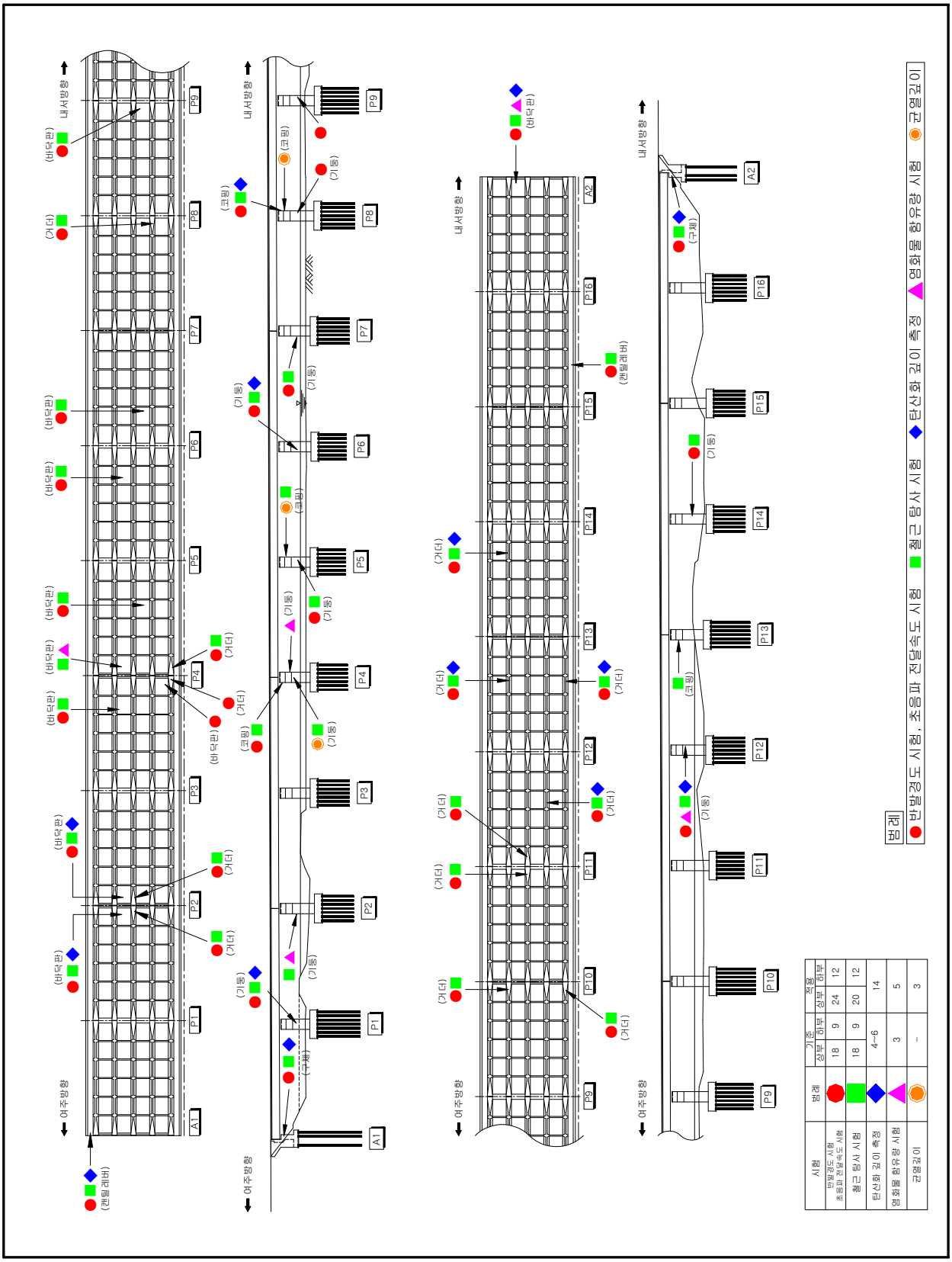
- 500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%
- 연장 : 512.0m × 0.8 = 409.6m(연장별 조정비 80%를 적용)
- (409.6m/50m)=8.2 ≒ 9 × 2 =18개소

3) 조사 사진

반발경도시험	초음파전달속도 시험
탄산화깊이 측정	철근탐사시험

【사진 3.23】 콘크리트 내구성 조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.14】 콘크리트 내구성 조사 위치도

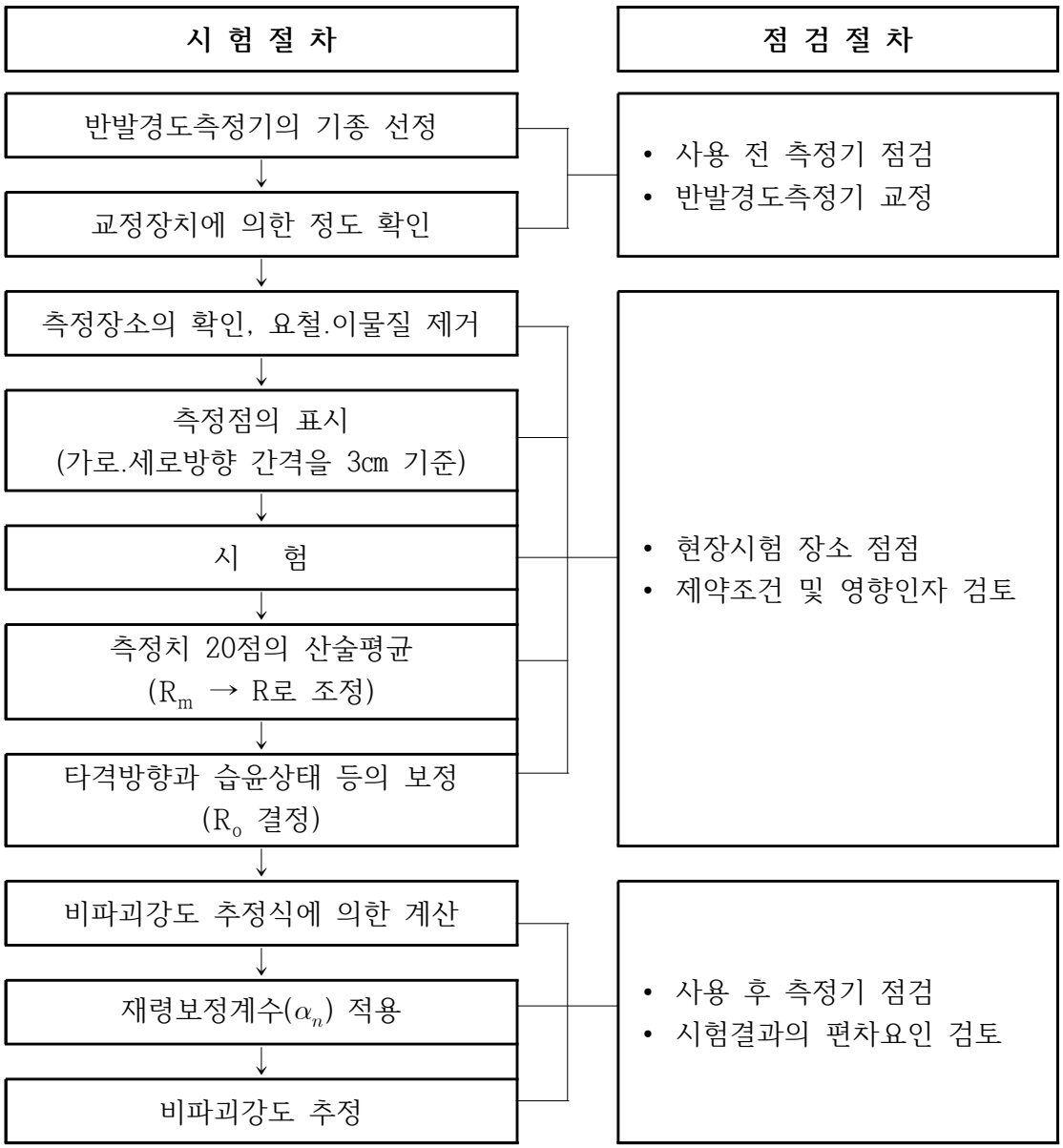
3.3.2 시험내용 및 평가기준

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 3.15】 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 3.30】 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

R \ α	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 3.31】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

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

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

④ 고강도압축강도 추정

고강도콘크리트(40MPa이상)는 아래에 제시한 고강도 압축강도 추정식을 참고하여 평가하였다. 여기서, 과학기술부 R_o = R × a (a=6.36/t+0.7, t:28일보다 큰 재령일수)

【표 3.32】 고강도 압축강도 추정식

연구자	추정 제안식(MPa)	비고
과학기술부	$Fc = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	금회적용(식③)
한국시설안전공단	$Fc = (17.2R_o - 214) \times 0.098$	금회적용(식④)

* 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006)

⑤ 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【표 3.33】과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

【표 3.33】 재령계수 α값

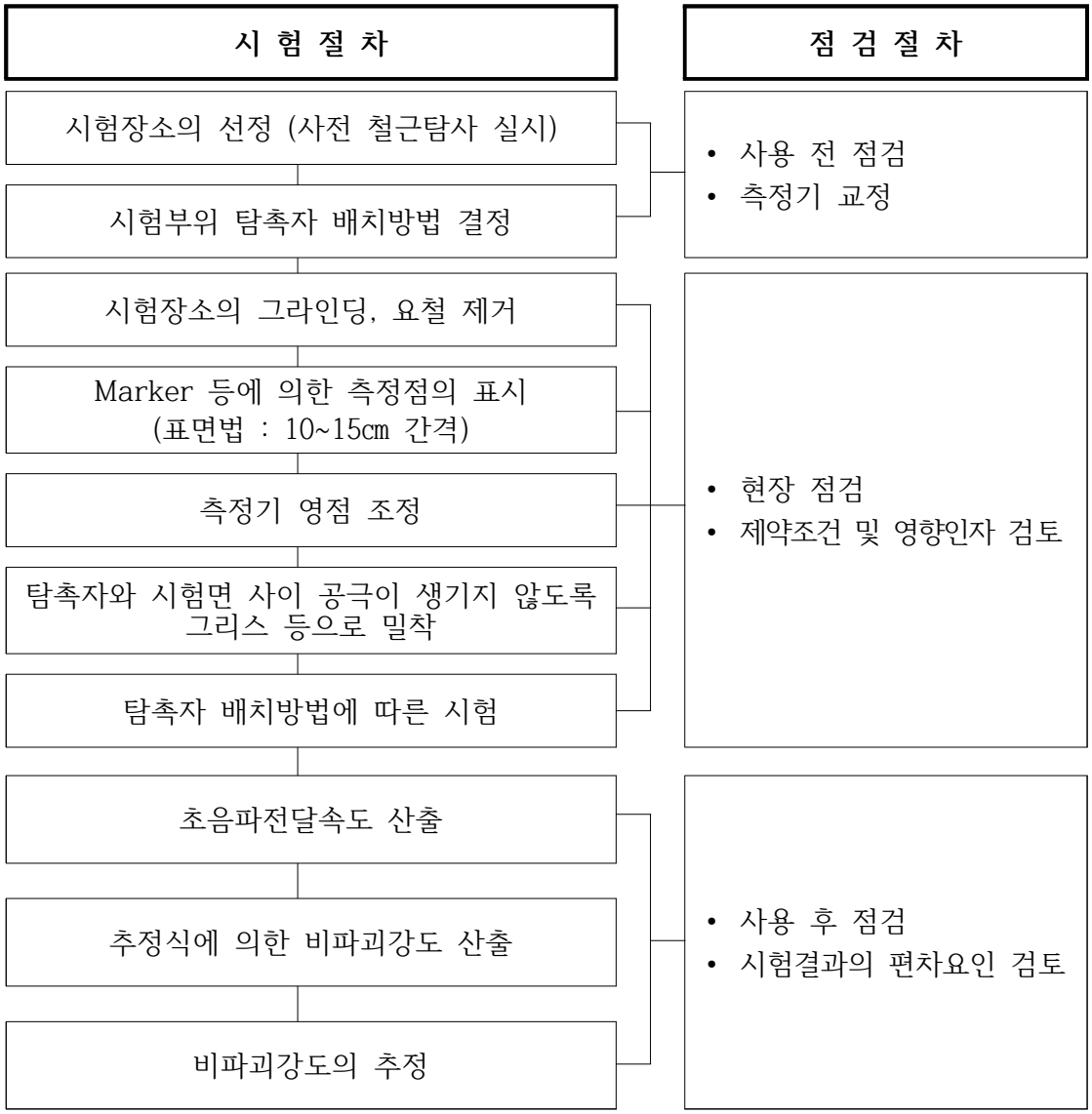
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

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.

본 과업에서는 콘크리트 강도 및 균열깊이 조사에 대해서 시험을 실시하였다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



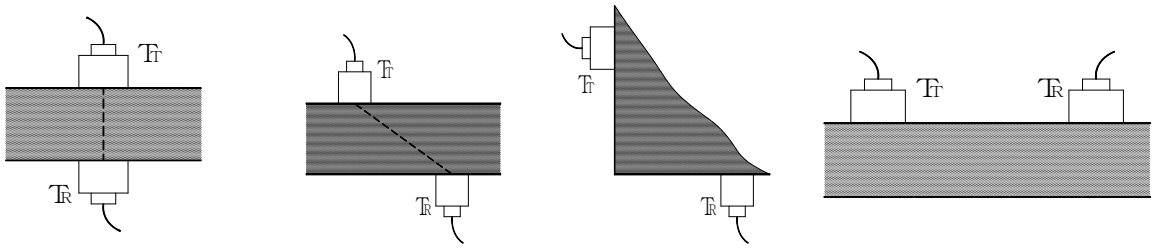
【그림 3.16】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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 3.17】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

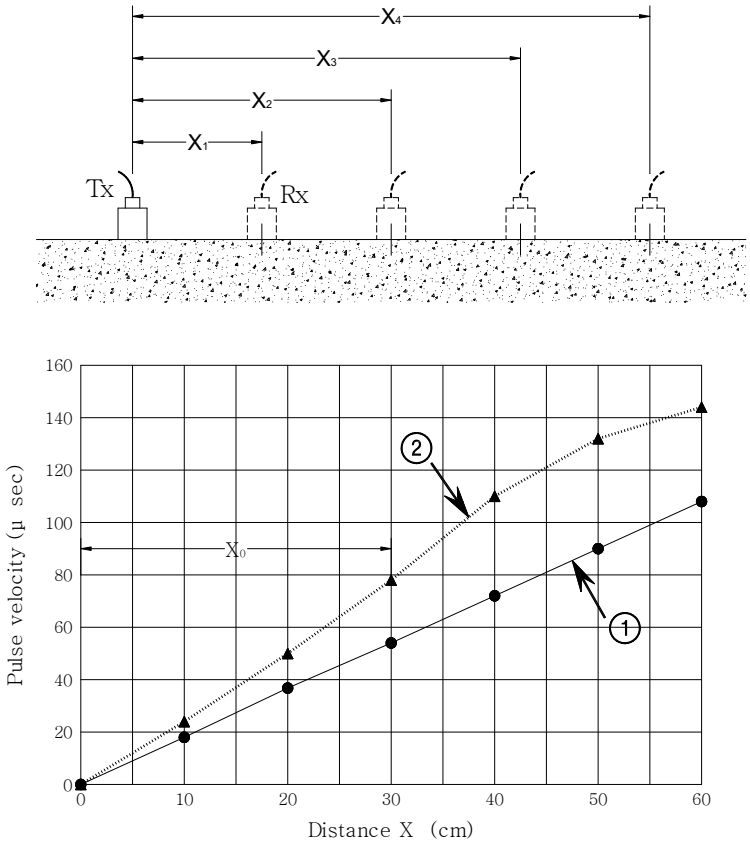
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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 3.18】 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 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.34】 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(식⑤)
일본재료학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식⑥)
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

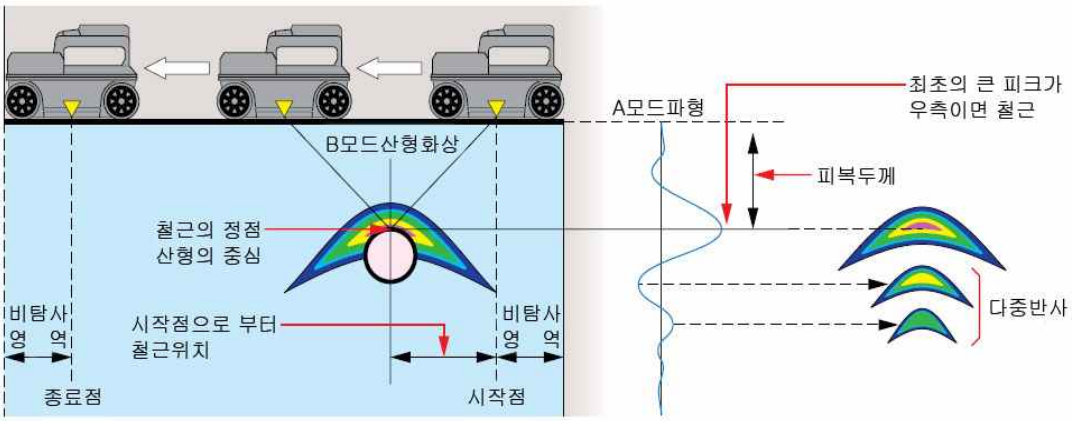
전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.19】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

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

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 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

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



【그림 3.19】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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

탐 사 절 차	점 검 절 차
탐사장소의 선정	• 사용 전 점검 • 탐사기 교정
탐사 철근종류의 결정	
탐사장소의 요철 제거	• 현장 점검 • 제약조건 및 영향인자 검토
탐사대상의 유전율 파악 (레이다방식 장비)	
SCAN	
Marker 등에 의한 철근 탐사위치 표시	
철근 배근상태 표시 및 기록	• 사용 후 점검

【그림 3.20】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

• 적용 가능한 조건

- 탐사심도 200㎜이내
- 탐사대상 철근지름이 ø6㎜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

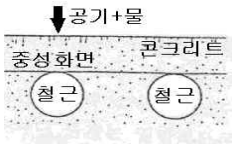
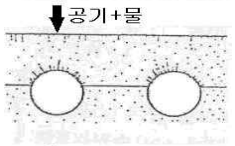
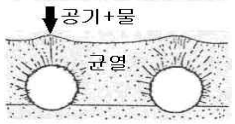
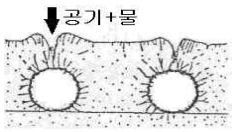
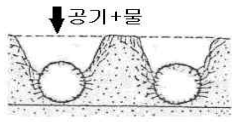
1) 개 요

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 pH가 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 3.21】 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 3.35】 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.

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.36】 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/m³정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³정도로 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/m³을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³를 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 3.37】 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 3.38】 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	-	-

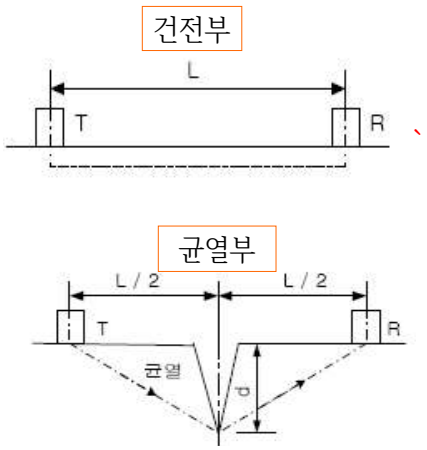
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.22】과 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 3.22】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.3.3 시험결과 및 분석

가. 여주방향

1) 콘크리트 강도 시험

본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험)은 상부구조 24개소(바닥판 11개소, PSC 거더 13개소), 하부구조 12개소에서 실시하였으며 검토결과, 전 개소에서 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 나타났다.

본 과업에서 대상 구조물의 콘크리트 비파괴강도를 평가하기 위하여 반발경도시험과 초음파전달속도시험에 의해 산출된 콘크리트 비파괴 압축강도 결과를 【표 3.39】, 【표 3.40】, 【표 3.41】와 같이 나타내었다.

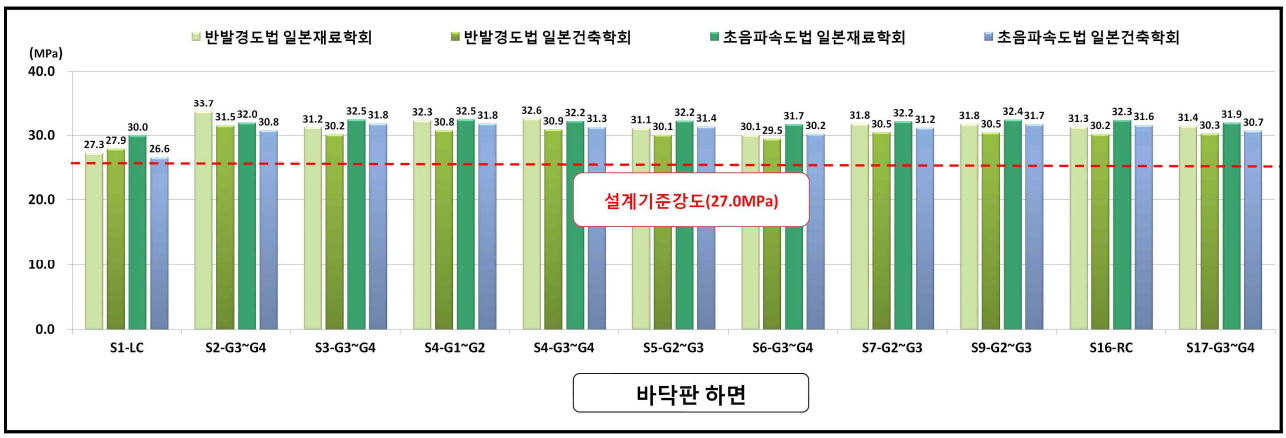
① 비파괴강도 시험 결과

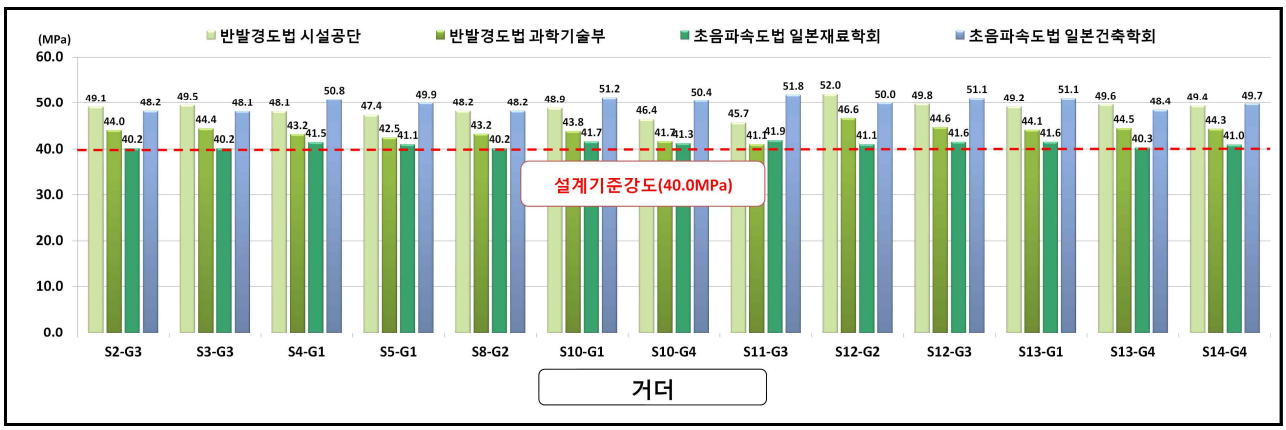
【표 3.39】 상부구조(바닥판) 콘크리트 비파괴강도 시험 결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
상부구조	S1-LC	48.3	4.148	27.3	27.9	27.6	26.6	30.0	28.3	27.0
	S2-G3~G4	56.3	4.344	33.7	31.5	32.6	30.8	32.0	31.4	
	S3-G3~G4	53.2	4.395	31.2	30.2	30.7	31.8	32.5	32.2	
	S4-G1~G2	54.6	4.394	32.3	30.8	31.5	31.8	32.5	32.2	
	S4-G3~G4	54.9	4.369	32.6	30.9	31.7	31.3	32.2	31.8	
	S5-G2~G3	53.1	4.373	31.1	30.1	30.6	31.4	32.2	31.8	
	S6-G3~G4	51.8	4.319	30.1	29.5	29.8	30.2	31.7	31.0	
	S7-G2~G3	53.9	4.364	31.8	30.5	31.1	31.2	32.2	31.7	
	S9-G2~G3	53.9	4.390	31.8	30.5	31.1	31.7	32.4	32.1	
	S16-RC	53.3	4.383	31.3	30.2	30.8	31.6	32.3	32.0	
	S17-G3~G4	53.5	4.342	31.4	30.3	30.9	30.7	31.9	31.3	
	평 균			31.3	30.2	30.8	30.8	32.0	31.4	
	표준편차			1.6	0.9	1.2	1.4	0.7	1.0	
	변동계수			5.1	3.0	3.9	4.5	2.2	3.2	

【표 3.40】 상부구조(거더) 콘크리트 비파괴강도 시험 결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식④	평균	식⑤	식⑥	평균	
상부구조	S2-G3	57.8	5.172	49.1	44.0	46.6	48.2	40.2	44.2	40.0
	S3-G3	58.2	5.168	49.5	44.4	47.0	48.1	40.2	44.2	
	S4-G1	56.9	5.295	48.1	43.2	45.6	50.8	41.5	46.2	
	S5-G1	56.2	5.254	47.4	42.5	44.9	49.9	41.1	45.5	
	S8-G2	56.9	5.171	48.2	43.2	45.7	48.2	40.2	44.2	
	S10-G1	57.6	5.171	48.9	43.8	46.4	48.2	40.2	44.2	
	S10-G4	55.3	5.314	46.4	41.7	44.1	51.2	41.7	46.5	
	S11-G3	54.7	5.278	45.7	41.1	43.4	50.4	41.3	45.9	
	S12-G2	60.5	5.342	52.0	46.6	49.3	51.8	41.9	46.9	
	S12-G3	58.4	5.272	49.8	44.6	47.2	50.3	41.2	45.8	
	S13-G1	57.8	5.256	49.2	44.1	46.6	50.0	41.1	45.6	
	S13-G4	58.2	5.308	49.6	44.5	47.1	51.1	41.6	46.4	
	S14-G4	58.0	5.182	49.4	44.3	46.8	48.4	40.3	44.4	
	평 균			48.7	43.7	46.2	49.7	41.0	45.4	
	표준편차			1.5	1.3	1.4	1.3	0.6	1.0	
	변동계수			3.1	3.0	3.0	2.6	1.5	2.2	

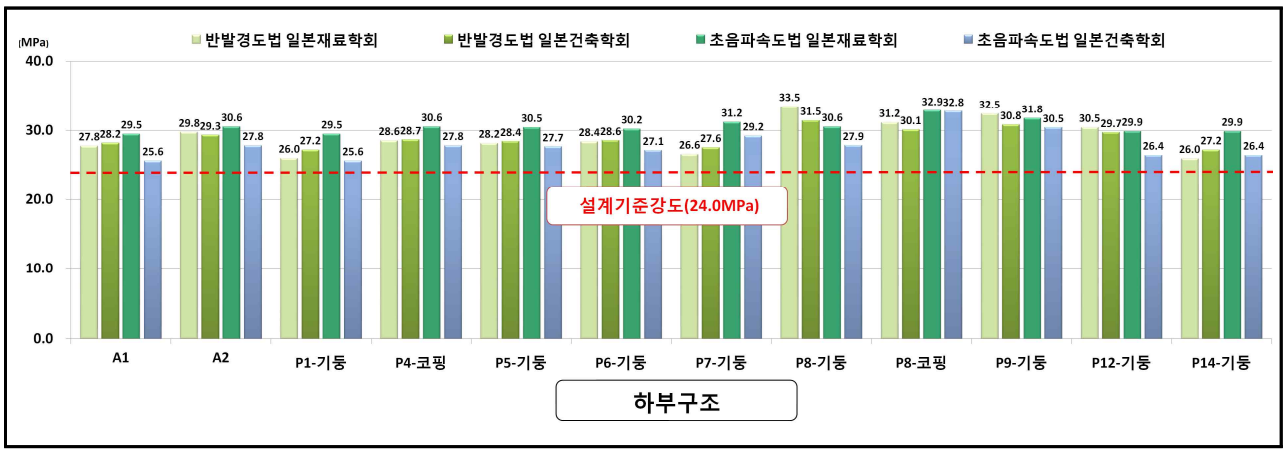




【그림 3.23】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(상부구조)

【표 3.41】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험 결과

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발 경도 (R_o)	초음파 속도 (V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
하부구조	A1	48.9	4.101	27.8	28.2	28.0	25.6	29.5	27.6	24.0
	A2	51.4	4.205	29.8	29.3	29.6	27.8	30.6	29.2	
	P1 기둥	46.7	4.101	26.0	27.2	26.6	25.6	29.5	27.6	
	P4 코핑	49.9	4.205	28.6	28.7	28.6	27.8	30.6	29.2	
	P5 기둥	49.4	4.184	28.2	28.4	28.3	27.4	30.4	28.9	
	P6 기둥	49.7	4.197	28.4	28.6	28.5	27.7	30.5	29.1	
	P7 기둥	47.5	4.172	26.6	27.6	27.1	27.1	30.2	28.7	
	P8 기둥	56.1	4.271	33.5	31.5	32.5	29.2	31.2	30.2	
	P8 코핑	53.2	4.206	31.2	30.1	30.7	27.9	30.6	29.3	
	P9 기둥	54.8	4.442	32.5	30.8	31.7	32.8	32.9	32.9	
	P12 기둥	52.3	4.329	30.5	29.7	30.1	30.5	31.8	31.2	
	P14 기둥	46.7	4.139	26.0	27.2	26.6	26.4	29.9	28.2	
	평 균			29.1	28.9	29.0	28.0	30.6	29.3	
	표준편차			2.4	1.3	1.8	2.0	0.9	1.4	
	변동계수			8.2	4.5	6.2	7.1	2.9	4.8	



【그림 3.24】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(하부구조)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 100.0~114.0%, 하부구조 : 107.0~128.0%로 상·하부구조 모두 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 90%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전 구간 설계강도 100%이상으로 조사되어 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 장천교는 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.42】 비파괴강도 시험에 의한 압축강도 추정 결과 분석(MPa)

구 분		시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	바닥판	반발경도시험	27.6~32.6	바닥판 : 27.0 거 더 : 40.0	102~121
	거 더		43.4~49.3		109~123
	바닥판	초음파전달속도시험	28.3~32.2		105~119
	거 더		44.2~46.5		111~116
하부 구조		반발경도시험	26.6~32.5	24.0	111~135
		초음파전달속도시험	27.6~32.9		115~137

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.43】 비파괴강도 기 진단 결과와의 비교

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	설계기준강도
바닥판	반발경도법	27.1~29.0	27.6~32.6	27.0
	초음파속도법	28.8~31.3	28.3~32.3	
거더	반발경도법	42.7~44.8	43.4~49.3	40.0
	초음파속도법	46.0~48.3	44.2~46.5	
하부구조	반발경도법	25.0~27.2	26.6~32.5	24.0
	초음파속도법	25.0~27.8	27.6~32.9	
검토의견		■ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

2) 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 32개소(상부구조 20개소, 하부구조 12개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사하는 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험 결과

【표 3.44】 철근탐사 시험 결과

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1-LC	주철근	99.3	44	100	40	
		배력철근	157.5	63	150	56	
	S2-G3~G4	주철근	119.1	41	100	40	
		배력철근	135.8	54	150	56	
	S3-G3~G4	주철근	105	42	100	40	
		배력철근	135.6	56	150	56	
	S4-G1~G2	주철근	93.1	40	100	40	
		배력철근	134.1	60	150	56	
	S4-G3~G4	주철근	100	41	100	40	
		배력철근	135.6	51	150	56	
	S5-G2~G3	주철근	96.8	40	100	40	
		배력철근	143.3	60	150	56	
	S6-G3~G4	주철근	111.2	40	100	40	
		배력철근	125	53	150	56	
	S7-G2~G3	주철근	100	40	100	40	
		배력철근	130	52	150	56	
	S9-G2~G3	주철근	98	40	100	40	
		배력철근	135	54	150	56	
	S10-G4~G5	주철근	97	41	100	40	
		배력철근	150	54	150	56	
	S17-G3~G4	주철근	98.3	40	100	40	
		배력철근	125.0	54	150	56	
	S2-G3	주철근	188.7	47.0	188.6	40	
		배력철근	196.6	32.0	197.7	24	
	S3-G3	주철근	177.5	57.0	188.6	40	
		배력철근	194.3	42.0	197.7	24	
	S3-G3	주철근	110.0	60.0	120.0	40	
		배력철근	196.8	23.0	197.7	24	
	S4-G1	주철근	174.1	55.0	188.6	40	
		배력철근	197.5	34.0	197.7	24	
	S8-G2-LF	주철근	115, 210	52.0	120, 230	40	
		배력철근	197.5	29.0	197.7	24	
	S12-G2	주철근	125, 210	58.0	120, 230	40	
		배력철근	381.2	37.0	392.2	24	
	S13-G1-LF	주철근	110, 200	58.0	120, 230	40	
		배력철근	397.5	38.0	392.2	24	

【표 3.44】 철근탐사 시험 결과 (계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S13-G4-LF	주철근	110, 180	61.0	120, 230	110, 180	
		배력철근	368.1	38.0	392.2	368.1	
	S14-G4	주철근	186.6	54.0	188.6	186.6	
		배력철근	278.7	41.0	281.1	278.7	
하부 구조	교대 A1	수직철근	250.6	104.0	250.0	100	
		수평철근	125.0	124.0	125.0	122	
	교대 A2	수직철근	255.0	100.0	125.0	100	
		수평철근	125.0	127.0	125.0	122	
	P1 기둥	수직철근	105.0	110.0	110.0	100	
		수평철근	170.0	88.0	150.0	79.5	
	P2 기둥	수직철근	100.0	75.0	110.0	100	
		수평철근	153.3	47.0	150.0	79.5	
	P4 코핑(전면)	수직철근	100.0	81.0	100.0	81.0	
		수평철근	156.2	109.0	150.0	100.0	
	P5 기둥	수직철근	111.8	110.0	110.0	100.0	
		수평철근	151.2	88.0	150.0	79.5	
	P6 기둥	수직철근	106.9	103.0	110	100	
		수평철근	143.1	71.0	150	79.5	
	P7 기둥	수직철근	100.0	138.0	110.0	100	
		수평철근	151.0	110.0	150.0	79.5	
	P8 코핑(배면)	수직철근	91.8	93.0	100.0	81.0	
		수평철근	130.0	109.0	150.0	100.0	
	P12 기둥	수직철근	104.0	136.0	110.0	100	
		수평철근	150.0	100.0	150.0	79.5	
	P13 코핑(전면)	수직철근	100.0	82.0	100.0	81.0	
		수평철근	305.0	95.0	300.0	100.0	
	P14 기둥	수직철근	101.0	139.0	110.0	100	
		수평철근	151.0	93.0	150.0	79.5	

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.45】 철근탐사 시험 기 진단 결과와의 비교

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비고
바닥판	배근간격	95.0~111.0	93.1~119.1	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	23.0~39.0	40.0~44.0	
거더	배근간격	-	110.0~188.7	-
	피복두께	-	47.0~61.0	
교대	배근간격	240.0~251.0	250.6~255.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	44.0~91.0	100.0~104.0	
교각	배근간격	101.0~109.0	100.0~111.8	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	64.0~126.0	75.0~139.0	
교각 코핑	배근간격	100.0~108.0	91.8~100.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	74.0~98.0	81.0~93.0	
검토의견		■ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 배근간격이 설계치와 근사하며 설계피복을 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 평가됨.		

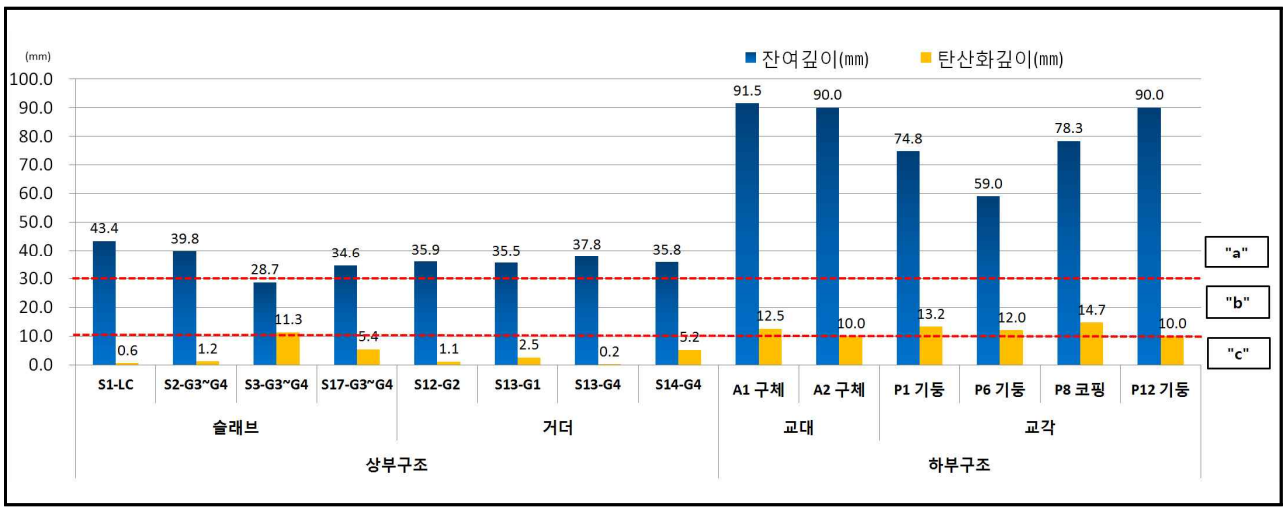
3) 탄산화 깊이 측정 시험

탄산화 깊이 측정은 총 14개소(상부구조 8개소, 하부구조 6개소)에서 실시하였으며 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 대부분의 부재에서 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가"a"로 평가되었다. 일부 상부구조 부재에서 탄산화 잔여깊이가 28.7㎜로 상태평가 "b"로 평가 되었으나, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다. 탄산화 깊이 측정 결과는 아래 표와 같다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.46】 탄산화 깊이 측정 결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	상태 평가	잔존수명
상부 구조	S1-LC	0.6	44.0	43.4	0.15	a	100년이상
	S2-G3~G4	1.2	41.0	39.8	0.30	a	100년이상
	S3-G3~G4	11.3	40.0	28.7	2.83	b	100년이상
	S17-G3~G4	5.4	40.0	34.6	1.35	a	100년이상
	S12-G2	1.1	37.0	35.9	0.28	a	100년이상
	S13-G1	2.5	38.0	35.5	0.63	a	100년이상
	S13-G4	0.2	38.0	37.8	0.05	a	100년이상
	S14-G4	5.2	41.0	35.8	1.30	a	100년이상
하부 구조	A1 구체	12.5	104.0	91.5	3.13	a	100년이상
	A2 구체	10.0	100.0	90.0	2.50	a	100년이상
	P1 기둥	13.2	88.0	74.8	3.30	a	100년이상
	P6 기둥	12.0	71.0	59.0	3.00	a	100년이상
	P8 코핑	14.7	93.0	78.3	3.68	a	100년이상
	P12 기둥	10.0	100.0	90.0	2.50	a	100년이상



【그림 3.25】 탄산화 깊이 측정 결과

② 기 진단결과와의 비교

【표 3.47】 탄산화 깊이 기 진단결과와의 비교

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화잔여깊이 (mm)	상부구조	21.9~35.5	28.7~43.4	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	31.2~82.5	59.0~91.5	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

4) 염화물 함유량 시험

염화물 함유량 시험은 총 5개소(상부구조 2개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며, 시험결과, 염화물함유량은 건전부(바닥판 17경간, P12기둥)에서 0.221～0.269kg/㎥로 조사되어 상태평가 "a"로 평가되었다. 불량부(바닥판 S4경간, P2기둥, P4기둥)의 깊이별 염화물 측정결과 표면은 "b~d"(0.253kg/m^3~2.918kg/m^3)로 평가되었지만 철근위치 상태평가는 "a~b"로 평가되어 현재 염화물에 의한 철근 부식은 발생되지 않은 상태이다.

염화물 함유량 시험결과는 아래 표와 같다.

① 염화물 함유량 시험 결과

【표 3.48】 염화물 함유량 시험 결과

시험위치		전 염화물 함유량 (%)	환산 염화물 함유량 (kg/m^3)	상태평가	비 고
S4-G3~G4	0~20mm	0.0598	1.354	c	불량부위 (신축이음 하부누수)
	20~철근	0.0149	0.337	b	
S17-G3~G4	0~20mm	0.0097	0.221	a	건전부
P2 기둥	0~30mm	0.0631	1.428	c	불량부위 (신축이음 하부누수)
	30~60mm	0.0374	0.846	b	
	60~철근	0.0112	0.253	a	
P4 기둥	0~30mm	0.1290	2.918	d	불량부위 (신축이음 하부누수)
	30~60mm	0.0907	2.053	c	
	60~철근	0.0244	0.553	b	
P12 기둥	0~30mm	0.0119	0.269	a	건전부

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/㎥) = 전 염화물 함유량(Cl^-)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,300kg/㎥)

② 기 진단 결과와의 비교

【표 3.49】 염화물 함유량 기 진단결과와의 비교

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
염화물 함유량 (kg/㎥)	상부구조	0.023~0.092	0.221~0.337	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	0.046~0.069	0.253~0.553	측정위치에 따른 편차.
검토의견		■ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근피복근처의 염화물 함유량은 양호한 상태로 염해로 인한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨. 불량부(바닥판 S4경간, P2기둥, P4기둥)는 깊이별 측정결과 표면은 "b~d"로 평가 되었으나 철근위치는 "a~b"로 평가되어 양호한 상태임.		

5) 균열 깊이 측정 시험

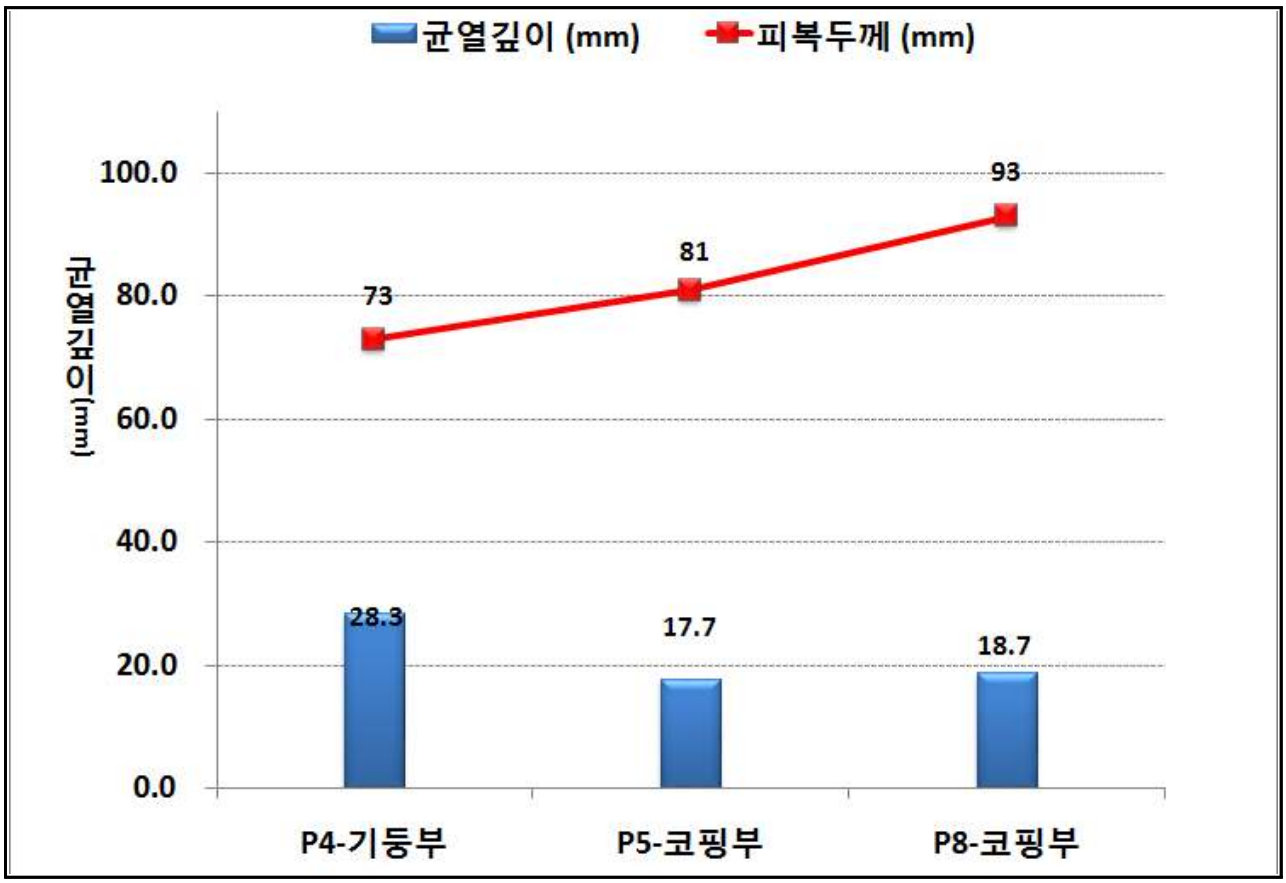
외관조사시 국부적으로 발생된 균열 중 균열폭이 비교적 크게 조사된 균열을 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 균열깊이가 최소 피복두께에 근접하지 않은 것으로 나타나 균열로 인한 철근부식 우려는 없는 상태로 조사되었다.

① 균열 깊이 측정 결과

【표 3.50】 균열 깊이 시험 결과

측정위치	전달거리 (㎜)	균열부 (T_c)	건전부 (T_o)	균열폭 (㎜)	균열깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)
P4 기둥	100	36.2	31.5	0.3	28.3	73
P5 코핑	100	26.1	24.6	0.2	17.7	81
P8 코핑	100	29.9	28.0	0.2	18.7	93



【그림 3.26】 균열 깊이 측정 결과

3.4 현장조사 결과요약

3.4.1 외관조사 결과요약

【표 3.51】 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	• 바닥판 하면에 국부적인 균열(0.2㎜이하) 발생 • 캔틸레버 측면에 백태, 철근부식 및 박락, 박리/박락/파손/들뜸 • 바닥판 신축이음단부 박리/박락/철근노출 • 바닥판 하면의 일부 경간에 경미한 재료분리와 철근노출 • 배수관주변 누수/백태 • 잡철물 및 물끊기홈 설치불량	• 시공초기 건조수축에 의한 것으로 지속적인 주의관찰 • 신축이음 및 방호벽과 바닥판 시공이음부의 누수 등에 의해 발생된 것으로 단면보수(방청)(철근부식 및 박락), 백태보수+주입보수(우레탄) 필요 • 신축이음 차수방안과 연계하여 단면보수(방청)실시 • 재료분리는 지속적인 주의관찰 실시, 철근노출은 단면보수(방청)실시 • 교면재포장 시 교면방수 실시 • 손상정도가 경미하여 주의관찰
PSC거더	• 거더 단부(S2-P2지점, S4-P4지점) 측면에 박리/박락/철근노출 발생 • 거더하면 insert Plate 주변에 주로 발생된 박리/파손 등 • 거더 단부 측면에 경미한 균열 및 망상균열(0.1㎜이하) • 거더 복부 하단에 발생한 재료분리	• 신축이음부 누수에 의해 거더 단부측 발생된 것으로 단면보수(방청) 및 유도배수시설설치가 요구됨. • 받침장치 주변에 발생되어 장기적인 내구성 및 사용성 저하방지를 위해 단면보수가 필요 • 손상정도가 경미하여 주의관찰 • 손상정도가 경미하여 주의관찰
가로보	• 지점부(S2-P2지점, S4-P4지점) 하면에 들뜸, 박락 및 철근노출 발생 • 경미한 백태 • 가로보 하단에 발생된 국부적인 재료분리	• 신축이음부 누수에 의해 거더 단부측 발생된 것으로 단면보수(방청) 및 유도배수시설설치가 요구됨. • 손상정도가 경미하여 주의관찰 • 손상정도가 경미하여 주의관찰
하부구조	• 구조적인 손상이 발생하지 않은 상태이며, 교대 및 교각 콘크리트 표면에 발생한 균열 및 망상균열(0.2㎜이하) • 국부적으로 발생된 균열(0.3㎜이상) • 교대 및 교각에 조사된 경미한 백태 • 국부적인 박리/박락/파손/재료분리 • 표면오염 및 체수가 코핑 및 교대 흉벽 측에서 조사됨	• 손상 정도가 경미하여 주의관찰 • 내구성확보 차원에서 주입보수가 요구됨 • 손상 정도가 경미하여 주의관찰 • 단면보수가 요구됨 • 신축이음누수에 의해 발생된 것으로 지속적인 관찰을 통한 2차손상 발생에 주의

【표 3.51】 금회 진단 외관조사 결과 요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 외관 및 가동상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 받침 부식, 도장박리 • 들뜸 / 스토퍼협착 / 편기 • 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열(0.2㎜ 이하), 파손, 박락, 들뜸 • 받침콘크리트 재료분리, 잡철물 노출	• 부식부 제거 후 재도장 필요 • 손상 정도는 경미하나 중점관찰을 통한 2차손상 발생여부에 주의 • 지속적인 주의 관찰 실시 • 손상 정도가 경미하여 주의관찰
신축이음장치	• 본체 부식, 본체 고무재 이격(A1, P2), 신축이음부 누수(A1,P2,P4,P15,A2) • 후타재 균열 및 파손	• 신축이음누수로 2차손상 초래하고 있는 상태이며, 유도배수시설설치 등의 차수대책이 우선적으로 필요함 • 지속적인 점검후 손상 진전여부에 따라 신축이음의 교체 검토 필요
교면포장	• 전 경간 다수 포장균열, 망상균열 및 마모 • 소성변형 및 마모/패임/포트홀	• 공용중 중차량의 통행에 의한 포장의 마모 등 손상이 진전되었으며, 차량의 통행에 지장을 초래할 정도의 손상이 아니므로, 일부 보수보다는 중점유지관리를 통한 향후 재포장을 검토하여야 함
배수시설	• 국부적인 배수구 막힘	• 일상유지관리(청소)
난간 (방호벽)	• 균열 / 망상균열 / 균열부 백태/ 백태 • 파손 / 박리 • 배전판덮개망실, 교각표지판 탈락	• 지속적인 관찰 및 폭 0.3㎜이상 균열에 대한 주입보수가 필요 • 손상 정도가 경미하여 주의관찰 • 지속적인 주의관찰

나. 기 점검결과 비교

【표 3.52】 기 점검결과 비교표

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
바닥판	• 균열(0.2㎜이하)	35.2m/23EA	49.3m/30EA	
	• 균열부 백태	2.0m/1EA	2.5m/2EA	
	• 백태	10.30㎡/17EA	47.03㎡/16EA	
	• 박락/파손/들뜸/박리	3.48㎡/9EA	5.15㎡/30EA	
	• 재료분리	15.81㎡/29EA	14.18㎡/23EA	
	• 철근노출	5.00㎡/5EA	5.38㎡/8EA	
	• 철근부식 및 박락	0.30㎡/1EA	1.05㎡/2EA	
	• 물끊기홈 설치불량	4.0m/2EA	6.0m/2EA	
	• 잡철물 노출	2EA	2EA	
	• 누수흔적/오염	-	0.75㎡/2EA	
	• 배수관주변 누수	-	1.0㎡/1EA	
	• 배수관주변 백태	-	0.36㎡/1EA	
PSC 거더	• 균열(0.2㎜이하)	27.3m/38EA	35.2m/48EA	
	• 망상균열	1.50㎡/1EA	2.3㎡/3EA	
	• 파손	2.11㎡/64EA	1.99㎡/58EA	
	• 박리/박락	1.34㎡/19EA	1.41㎡/25EA	
	• 재료분리	0.91㎡/3EA	1.13㎡/6EA	
	• 철근노출 및 파손	0.06㎡/1EA	0.2㎡/1EA	
가로보	• 백태	1.00㎡/5EA	1.2㎡/6EA	
	• 재료분리	0.24㎡/1EA	1.21㎡/6EA	
	• 들뜸	-	0.16㎡/1EA	
	• 박락 및 철근노출	-	0.13㎡/2EA	
하부구조	• 균열(0.2㎜이하)	131.6m/244EA	205.6m/366EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	2.4m/5EA	4.7m/3EA	
	• 망상균열	5.38㎡/5EA	17.06㎡/16EA	
	• 백태	0.03㎡/2EA	0.83㎡/2EA	
	• 박리/박락/파손/들뜸	3.05㎡/18EA	27.73㎡/38EA	
	• 재료분리	5.11㎡/12EA	4.99㎡/10EA	
	• 표면오염	4.00㎡/2EA	23.04㎡/13EA	
	• 체수	2.74㎡/5EA	3.02㎡/5EA	
	• 잡철물 노출	-	9EA	
	• 잡철물 부식 및 박락	-	0.06㎡/3EA	
	• 표면보수부 박리/들뜸	-	6.99㎡/6EA	
	• 철근노출	-	1.24㎡/3EA	
	• 침식	-	3.36㎡/1EA	

【표 3.52】 기 점검결과 비교표(계속)

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
교량받침	• 부식	13.12㎡/82EA	8.64㎡/58EA	
	• 고무 들뜸	12EA	7EA	
	• 스토퍼 협착	4EA	4EA	
	• 편기	8EA	1EA	
	• 이동표지바 탈락	9EA	9EA	
	• 무수축몰탈균열(0.2㎜이하)	4.0m/36EA	15.5m/147EA	
	• 무수축몰탈 박락/파손	0.04㎡/4EA	0.32㎡/6EA	
	• 잡철물 노출	87EA	110EA	
	• 무수축몰탈들뜸	-	6EA	
	• 도장박리	-	0.04㎡/1EA	
	• 받침콘크리트 균열	-	1.6m/4EA	
	• 받침콘크리트 망상균열	-	0.2㎡/1EA	
	• 받침콘크리트 균열 및 들뜸	-	0.06㎡/1EA	
	• 받침콘크리트 파손	-	0.01㎡/1EA	
	• 받침콘크리트 재료분리	-	0.12㎡/2EA	
신축이음장치	• 후타재균열(0.3㎜이하)	73.6m/191EA	79.07m/216EA	
	• 부식	7.2㎡/16EA	7.2㎡/16EA	
	• 후타재 파손	0.03㎡/3EA	0.26㎡/5EA	
	• 고무재 이격 및 탈락	5.0m/2EA	5.0m/2EA	
	• 이물질퇴적	2.60㎡/12EA	5.4㎡/12EA	
	• 신축이음 누수	31.7m/11EA	31.0m/11EA	
교면포장	• 아스콘 균열	158.1m/39EA	131.7m/36EA	
	• 아스콘 마모	-	326.7㎡/28EA	
	• 아스콘 망상균열 및 마모	560.1㎡/39EA	191.8㎡/11EA	
	• 아스콘 소성변형 및 마모	2.50㎡/1EA	2.5㎡/1EA	
	• 아스콘 패임	2.67㎡/12EA	2.15㎡/12EA	
배수시설	• 배수구막힘	-	4EA	
난간	• 균열(0.2㎜이하)	17.2m/17EA	21.5m/33EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	1.0m/1EA	4.0m/3EA	
	• 망상균열	1.50㎡/2EA	7.65㎡/11EA	
	• 균열부 백태	76.0㎡/30EA	82.3m/34EA	
	• 파손/박락/박리	1.43㎡/7EA	3.48㎡/10EA	
	• 교각표지판 탈락	2EA	2EA	
	• 백태	-	0.93㎡/7EA	
	• 배전판덮개 망실	-	0.04㎡/1EA	
검토의견	▪기점검('12년 정밀안전진단)과 비교하여 기점검시 미확인된 신규 손상이 조사되었으며, 일부 보수부를 제외한 대부분의 손상이 증가된 것으로 확인되었다. ▪점검자의 상이한 판단기준에 의해 손상물량 및 단위는 변경되었으며, 기 손상부는 일부 보수부를 제외한 전반적인 손상이 금회 진단결과와 근사한 것으로 조사되었다.			

3.4.2 내구성 결과요약

【표 3.53】 내구성조사 결과 요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
콘크리트	비파괴 강도 (MPa)	바닥판	반발경도	27.1~29.0	27.6~32.6	■설계기준강도를 상회함.
			초음파	28.8~31.3	28.3~32.3	
		거더	반발경도	42.7~44.8	43.4~49.3	
			초음파	46.0~48.3	44.2~46.5	
		하부	반발경도	25.0~27.2	26.6~32.5	
			초음파	25.0~27.8	27.6~32.9	
	철근탐사 (mm)	바닥판	배근간격	95.0~111.0	93.1~119.1	■전반적으로 설계값과 근사함.
			피복두께	23.0~39.0	40.0~44.0	
		거 더	배근간격	-	110.0~188.7	
			피복두께	-	34.0~60.0	
		교 대	배근간격	240.0~251.0	250.6~255.0	
			피복두께	44.0~91.0	100.0~104.0	
		교 각	배근간격	101.0~109.0	100.0~111.8	
			피복두께	64.0~126.0	75.0~138.0	
		교각 코핑	배근간격	100.0~108.0	91.8~100.0	
			피복두께	74.0~98.0	81.0~93.0	
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조		21.9~35.5	28.7~43.4	■상태평가 a~b
		하부 구조		31.2~82.5	59.0~91.5	■상태평가 a
	염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부 구조		0.023~0.092	0.221~0.337	■상태평가 a~b
		하부 구조		0.046~0.069	0.253~0.553	
	균열깊이 (mm)	P4 기둥		-	73.0(피복두께)	■균열깊이가 실측 피복두께에 근접하지 않음.
				-	28.3(균열깊이)	
		P5 코핑		-	81.0(피복두께)	
				-	17.7(균열깊이)	
		P8 코핑		-	93.0(피복두께)	
				-	18.7(균열깊이)	
종합 평가	■비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■철근탐사 결과 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 미소한 차이는 있으나 전반적으로 도면과 근사한 것으로 평가됨. ■탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 기준"a~b"로 검토됨. 철근까지 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 양호한 상태로 분석됨. ■염화물 함유량 시험결과 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없거나 낮은 상태인 상태평가 기준"a~b"로 검토됨. ■균열깊이 측정결과, 실측 피복두께에 근접하지 않아 철근부식의 우려 없는 상태임. ■금회 진단결과 콘크리트의 비파괴강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 측정결과 등 전 부재에서 양호한 상태로 조사됨.					