

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 개요

3.2 외관조사 결과(대구)

3.3 외관조사 결과(부산)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

고정대교(대구,부산)는 경상남도 밀양시 상동면 고정리와 경상북도 청도군 청도읍 내호리 경계상(대구~부산 노선)에 위치하고 있으며, 2006년도에 준공되어 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 상태이고, 위치상으로 동창천을 횡단하게 시공된 방향별 편도 2차로 교량이다.

본 교량의 제원은 방향별 총연장 1,320.0m($(2@50.0)+(70+9@120+70)=1,320.0$ m) 총 폭 12.6m(상행, 하행)이며, 상부구조는 F.C.M공법으로 시공된 11경간구간과 F.S.M공법으로 시공된 2경간으로 구분된 P.S.C Box 거더형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형, 교각은 중공벽식 구조이고 기초는 직접기초(현장타설 말뚝기초)로 시공되어져 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, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량은 교고가 높은 장대교량으로서 외관조사는 교량점검차를 이용하여 조사하였으며 구조물에 최대한 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 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

【표 3.1.1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 누수, 백태, 표면오염	
	P.S.C 거더	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 쉬즈관 노출 및 파손 - 정착부 균열 및 파손	
하부 구조	교대	- 콘크리트 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	포트 받침	- 가동면 부식, 부속물파손(부상방지장치 및 이동제한장치) - 받침콘크리트 파손, 신축유간 부족	
	기타	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	



【사진 3.1.1】 교량점검차 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사 결과(대구)

3.2.1 상부구조

가. 거더외부

1) 부재의 개요

- 고정대교(대구)의 거더는 F.C.M과 F.S.M 공법으로 시공된 P.S.C 거더 형식으로 구성되어 있고, 좌·우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어있다.
- 거더 외부의 외관조사는 교고와 경간장이 큰 교량임을 감안하여 근접장비(교량점검차) 및 점검로를 이용하여 시행하였다.



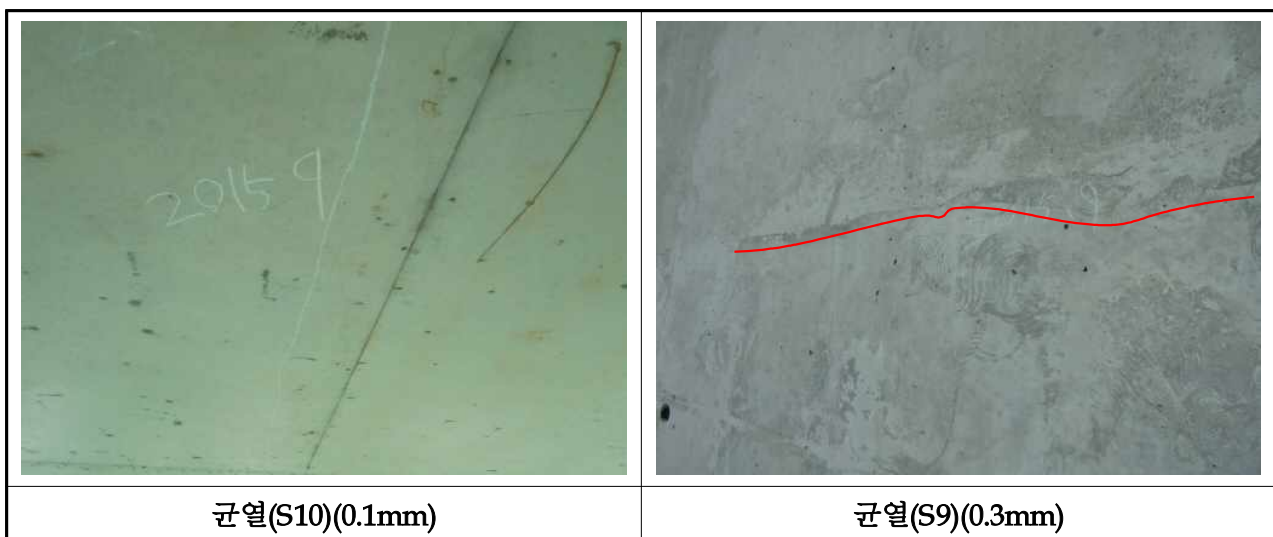
【사진 3.2.1】 거더외부 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 거더외부 대한 외관조사 결과 구조적인 손상이 없는 대체적으로 양호한 상태이며, 조사된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3mm 균열과, 망상균열, 파손, 백테, 시공이음 이격균열 등이 조사되었다.

【표 3.2.1】 거더외부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (0.1mm) (m/개소)	균열 (0.3mm) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	시공이음부 이격균열 (m/개소)	재료분리 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)
S1	9.2/5	-	-	-	-	-	0.36/1
S2	-	-	-	-	-	-	-
S3	0.5/1	-	-	-	-	0.14/1	-
S4	30.3/14	-	-	0.07/1	-	-	-
S5	16.8/12	-	-	0.04/1	-	-	-
S6	5.9/4	-	-	0.04/2	-	-	-
S7	9.7/9	-	-	-	-	-	-
S8	6.5/5	-	-	0.08/2	-	-	-
S9	16.1/18	2.0/1	-	0.89/12	-	0.30/1	-
S10	9.2/7	-	12.00/1	0.22/22	7.5/1	-	-
S11	11.0/12	-	-	0.04/1	-	-	-
S12	4.2/3	-	-	0.30/30	-	-	-
S13	6.0/3	-	-	-	-	-	-
합 계	125.4/93	2.0/1	12.00/1	1.68/71	7.5/1	0.44/2	0.36/1



【사진 3.2.2】 거더외부 손상현황(대구)

	 2013 점검
땅상균열(S10)	백태(S11)
 2013 점검	
재료분리(S3)	파손(S1)

【사진 3.2.3】 거더외부 손상현황(대구,계속)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 폭 0.3mm미만 균열은 추가 조사된 상태이며, 백태의 경우 점검일 현재 백태흔적만 남은 경우를 손상에서 제외하여 기존 점검과 비교대비 일부 감소한 것으로 조사되었다.

【표 3.2.2】 거더외부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015 정밀진단	비 고
균열(m)	60.4	127.4	
백태, 균열부백태(m ²)	2.08	1.68	



【그림 3.2.1】 거더외부 기 점검결과 비교(대구)

4) 검토의견

- 조사된 균열 및 망상균열은 전반적으로 폭 0.3mm미만의 미세균열로 깊이가 얇은 표면 균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 S9 복부측 폭 0.3mm 균열이 조사되었으며, 시공이음(이어치기)부위로서 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단된다.
- 백태는 초기 우수접촉에 의한 백태 및 백태흔적이 조사되며, 기 점검 대비 비교결과 특이 진전은 없는 상태로서, 시공 당시 개구부 우수접촉에 의해 국부적으로 발생한 것으로 판단된다.
- 거더외부는 대체적으로 양호한 상태이며, 콘크리트 일반적인 손상이 발생한 상태로서, 현재 진전 양상을 띄는 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 일부 미세균열 및 소규모 파손 등이 추가 조사되었다.

나. 거더내부

1) 부재의 개요

- 고정대교(대구)의 거더는 F.C.M과 F.S.M 공법으로 시공된 P.S.C 거더 형식으로서 1기의 13경간 연속으로 구성되어있으며, 주요 손상으로는 폭 0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태 등이 조사되었다.
- 거더내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



거더 내부 전경

【사진 3.2.4】 거더내부 전경(대구방향)

2) 외관조사 결과

- 거더 내부에 대한 외관조사 결과 폭 0.3mm 미만 균열, 백태, 박락, 이물질적치, 거푸집 미제거 등이 조사되었다.

【표 3.2.3】 거더 내부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	백태 (㎡/개소)	거푸집미제거 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	이물질적치 (㎡/개소)	이물질퇴적 (㎡/개소)	폐자재적치 (개소)
S1	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	0.75/1	-	-
S4	-	0.25/1	-	-	-	0.20/1	-
S5	-	-	-	-	-	-	-
S6	7.7/6	0.07/2	-	-	-	-	1.00/1
S7	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	0.04/1	-	-	-
S10	23.0/9	0.08/4	-	-	0.10/1	-	-
S11	2.7/3	20.39/14	0.25/1	-	-	-	-
S12	2.0/1	0.04/1	-	-	-	-	-
S13	-	0.04/1	1.00/1	-	-	-	-
합 계	35.4/19	20.87/23	1.25/2	0.04/1	0.85/2	0.20/1	1.00/1

	
균열(S6)	균열(S11)
	
백태(S11)	박락(S9)
	
이물질퇴적(S4)	폐자재적치(S6)

【사진 3.2.5】 거더 내부 손상현황(대구)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더내부 균열과 백태에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 이후에 균열이 일부 추가 조사되었으며, 백태의 경우 기존 점검과 유사하며 초기 백태흔적을 손상에서 제외하여 물량은 감소하였다.

【표 3.2.4】 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	25.7	35.4	
백태(m ²)	21.09	20.87	



【그림 3.2.2】 거더내부 기 점검 결과 비교(대구)

4) 검토의견

- 거더내부는 대체적으로 양호한 상태이며, 일부 상면 및 복부측 시공이음부(이어치기) 균열이 조사되었다. 균열 폭은 0.1mm로서, 규모와 형상을 미루어 구조 균열과는 무관한 것으로 판단되며, 일반적으로 교축방향의 균열은 흔히 발생하는 손상으로서 일정기간 균열길이가 진전되나, 균열폭 및 깊이는 크지 않은 것으로 판단된다.
기 점검 결과와 비교 대비, 금회 진단 시 물량이 다소 증가하였으나, 정밀조사에 의한 추가 개소로 판단된다. 따라서, 현상태를 유지관찰하여, 향후 일괄 균열 보수처리하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 백태손상의 경우, 시공당시 콘크리트 개구부를 마감하는 부위에서 관찰되며, 마감처리 당시 외부 우수접촉에 의한 국부적인 백태흔적으로서, 손상진전은 없는 상태로 조사되었다.

다. 격벽

1) 부재의 개요

- 격벽에 대해서는 거더내부 도보를 통한 외관조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.



【사진 3.2.6】 격벽 전경(대구)

2) 외관조사결과

- 격벽은 2차부재로서, 거더내부와 같이 도보조사를 통한 외관조사를 실시하였으며 조사 결과 폭 0.3mm미만 균열, 쉬즈관 단부 녹발생, 백태가 조사되었다.

【표 3.2.5】 격벽 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	쉬즈관 단부 녹발생 (개소)	백태 (㎡/개소)
S1	2.4/2	-	-
S2	-	-	-
S3	3.7/4	1.00/1	-
S4	1.7/2	8.00/8	-
S5	2.0/1	9.00/9	-
S6	1.3/3	16.00/16	-
S7	-	16.00/16	-
S8	-	16.00/16	-
S9	2.8/4	16.00/16	-
S10	4.5/9	16.00/16	-
S11	1.4/2	12.00/12	-
S12	1.4/2	8.00/8	-
S13	4.3/6	-	0.05/1
합 계	25.5/85	115.00/115	0.05/1

	
균열(S1)	균열(S9)
	
백태(S21)	쉬즈관 단부 녹발생(S3)

【사진 3.2.7】 격벽 손상현황(대구)

3) 검토의견

- 거더내부 격벽의 경우, 균열, 백태, 쉬즈관 단부 녹발생이 조사되었으며, 균열폭은 0.3mm 미만 균열로서, Massive한 콘크리트에서 높은 온도의 내부 수화열이 소산되며 발생하는 수축작용이 구속됨으로 인한 균열로 판단된다. 따라서 균열에 대해서는 현재 보수보다는 지속관찰하는 것이 적절하며, 쉬즈관 단부 녹발생의 경우 쉬즈관 삽입부는 아니며, 공용중 내부 습기노출에 의해 발생한 표면부식으로 판단된다.
- 백태는 쉬즈관 정착부에서 국부적으로 관찰되었으며, 현재 진전은 없는 상태로서, 시공 중 발생한 것으로 판단된다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 고정대교(대구)의 교대는 철근콘크리트 역 T형, 기초는 파일 및 직접기초이며, 교대에 대한 외관조사는 도보조사로 근접하여 조사 실시하였다



【사진 3.2.8】 교대 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교대의 외관조사 결과 폭 0.1~0.3mm 균열, 보수부재균열, 백태, 체수가 조사되었다.

【표 3.2.6】 교대 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.3mm미만) (m/개소)	균열(0.3mm이상) (m/개소)	보수부재균열 (0.3mm미만) (m/개소)	백태 (m²/개소)	체수 (m³/개소)
A1	7.6/9	0.8/1	3.1/4	-	0.06/2
A2	2.7/2	-	0.2/1	2.00/1	6.00/1
합 계	10.3/11	0.8/1	3.3/5	2.00/1	6.06/3

	
균열(0.3mm미만)(A1 홍벽)	균열(0.3mm이상)(A1 홍벽)
	
백태(A2 구체)	체수(A2)

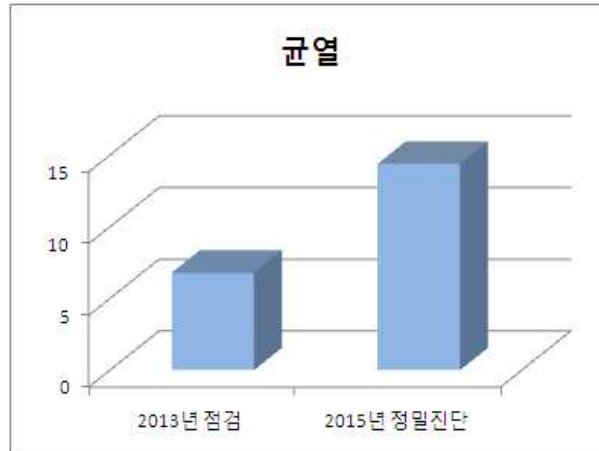
【사진 3.2.9】 교대손상현황(대구)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 교대에 조사된 주요 손상에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 균열이 일부 추가 조사된 것으로 확인되었다.

【표 3.2.7】 교대 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	6.8	14.4	-



【그림 3.2.3】 교대 기 점검결과 비교(대구)

4) 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 건조수축에 의해 발생한 비구조적인 균열로 판단되며, 폭 0.3mm 균열의 경우 거더 내부 통행을 위한 홍벽 입출구 부근으로, 단면취약부에 따른 국부적인 균열로 조사되었다.
- 체수 및 백태는 신축이음 누수 및 외부 우수 노출에 의해 발생한 상태로서 손상 정도는 경미한 상태로 조사되었다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 고정대교(대구)의 교각은 중공벽식, 기초는 직접기초(현장타설 말뚝기초)로 시공되어 있으며 교각에 대한 외관조사는 교량점검차와 점검로 및 도보를 이용하여 근접하여 조사 실시하였다



교각 전경

【사진 3.2.10】 교각 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 균열, 망상균열, 콘크리트 일반적인 손상 등이 조사되었다.

【표 3.2.8】 교각 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (m/개소)	보수부재균열 (0.3mm미만) (m/개소)	보수부재균열 및 백태 (m/개소)	들뜸 (m/개소)	보수부들뜸 (m/개소)
P1	1.0/2	-	-	-	-	-
P2	3.9/6	-	-	-	-	-
P3	13.5/16	0.32/1	2.6/3	-	-	-
P4	2.0/4	-	1.2/3	-	0.08/1	-
P5	9.8/13	-	2.4/5	-	-	0.43/4
P6	-	4.00/1	-	-	-	-
P7	1.2/1	0.60/1	-	-	-	-
P8	1.0/1	1.50/1	-	-	-	-
P9	1.2*3	-	1.0/2	2.0/2	-	0.16/1
P10	3.8/3	-	1.4/4	-	-	-
P11	6.8/7	1.80/2	4.1/9	-	-	0.12/1
P12	1.2/2	-	1.1/2	-	-	-
합 계	45.4/58	8.22/6	13.8/28	2.0/2	0.08/1	0.71/6

구 분	박리 (m/개소)	백태 (m/개소)	철근노출 (m/개소)	파손 (m/개소)	토사유실 (m/개소)
P1	-	-	-	-	-
P2	-	0.02/2	0.2/2	-	4.00/1
P3	0.12/2	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-
P9	-	-	-	-	-
P10	-	-	-	0.01/1	-
P11	-	-	-	0.08/8	-
P12	-	0.01/1	-	0.01/1	-
합 계	0.12/2	0.03/3	0.2/2	0.10/10	4.00/1

【표 3.2.8】 교각 외관조사 결과(대구,계속)

구 분	점검로 이물질적치 (개소)	점검사다리 연결불량 (개소)	안전발판 미설치 (개소)	점검사다리 미설치(교각내부) (개소)
P1	-	-	1.00/1	-
P2	-	-	-	-
P3	-	1.00/1	-	-
P4	1.00/1	-	-	-
P5	-	-	-	-
P6	-	-	-	-
P7	-	-	-	-
P8	-	-	-	-
P9	1.00/1	-	-	-
P10	1.00/1	1.00/1	-	-
P11	-	-	-	-
P12	-	-	-	1.00/1
합 계	3.00/3	2.00/2	1.00/1	1.00/1



【사진 3.2.11】 교각 손상현황(대구)

	
0.3mm미만 균열(P3 코핑부)	망상균열(P7 기둥부)
	
보수부재균열 및 백태(P9 기둥부)	들뜸(P4 코핑부)
	
보수부 들뜸(P9 코핑부)	박리(P3 기둥부)

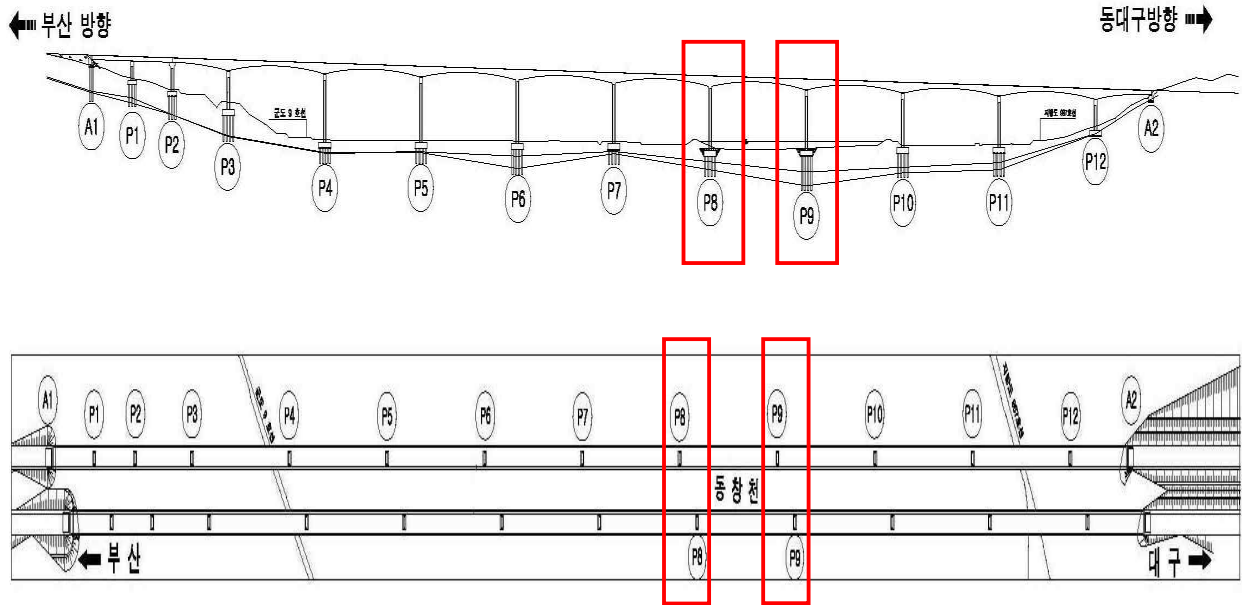
【사진 3.2.11】 교각 손상현황(대구,계속)

	
파손(P10 기둥부)	토사유실(P2 기둥부)
	
점검로 이물질적치(P10)	점검사다리 연결불량(P10)

【사진 3.2.11】 교각 손상현황(대구,계속)

3) 수중조사

- 고정대교(대구)는 동창천을 횡단하고 있으며 수중부 교각(P8, P9)에 대한 외관조사 및 깊이측정을 실시하였다.
- 수중부 교각의 외관상태는 파손이나 기초 세굴 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 수심은 P9는 육상노출부, P8은 0.5~0.6m 측정되었다.



【그림 3.2.4】 교각 수중부 조사 위치도(대구)



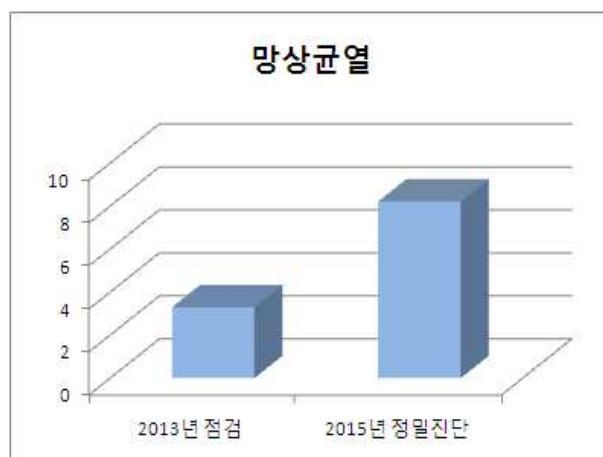
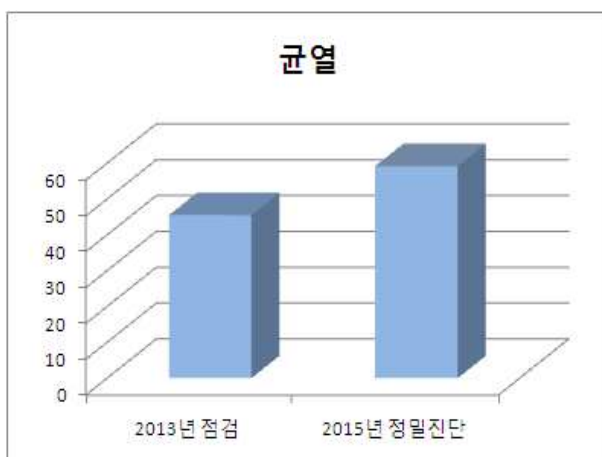
【사진 3.2.12】 수중조사(대구)

4) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 교각의 균열 및 망상균열에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과 균열은 일부 추가개소가 조사되었고, 망상균열의 경우 표면건조수축에 의한 미세망상균열이 추가로 조사되었다.

【표 3.2.9】 교각 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015 정밀진단	비 고
균열(m)	45.5	59.2	
망상균열(m)	3.30	8.22	



【그림 3.2.5】 교각 기 점검결과 비교(대구)

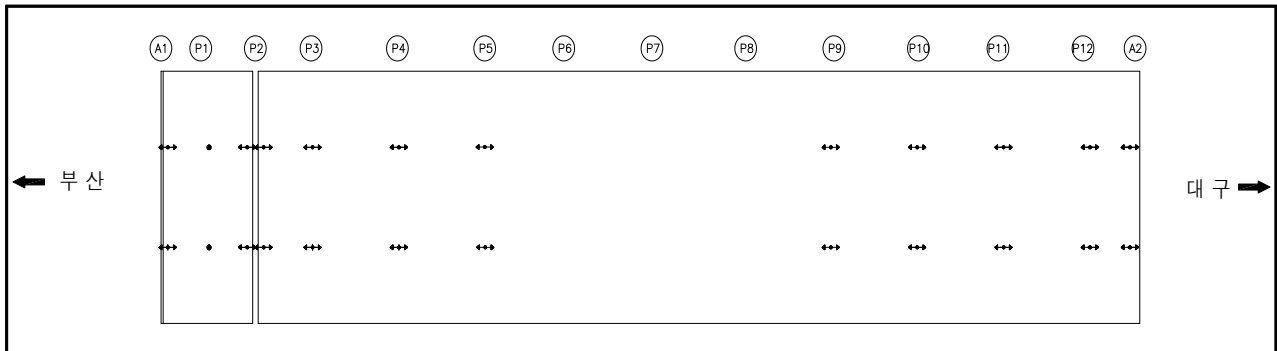
5) 검토의견

- 금회 진단 시 균열 및 망상균열의 경우 교각 코핑부 및 기둥부의 불규칙성 수직 수평균열들로서, 기 점검 대비 일부 추가개소가 조사되었으며, 균열에 대해서는 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단된다. 균열에 대해서는, 콘크리트 재료적 특성에 따른 일반적인 손상이므로, 향후 상태변화에 따라 적절 보수가 실시되는 것이 바람직하며, 현재에서는 균열상태에 대한 지속관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 파손, 박리, 들뜸 등 소규모 단면손상이 국부적으로 조사되었으며, 백태는 열화부 외부 우수접촉 및 보수미흡부위에서 관찰되었다. 규모와 정도는 경미한 상태로서, 손상상태변화에 대한 지속관찰이 바람직하다.
- 점검로 및 점검사다리 손상은 설치 미흡 및 공용 중 발생한 손상으로서, 점검 효율을 위한 적정 조치가 필요할 것으로 판단된다.

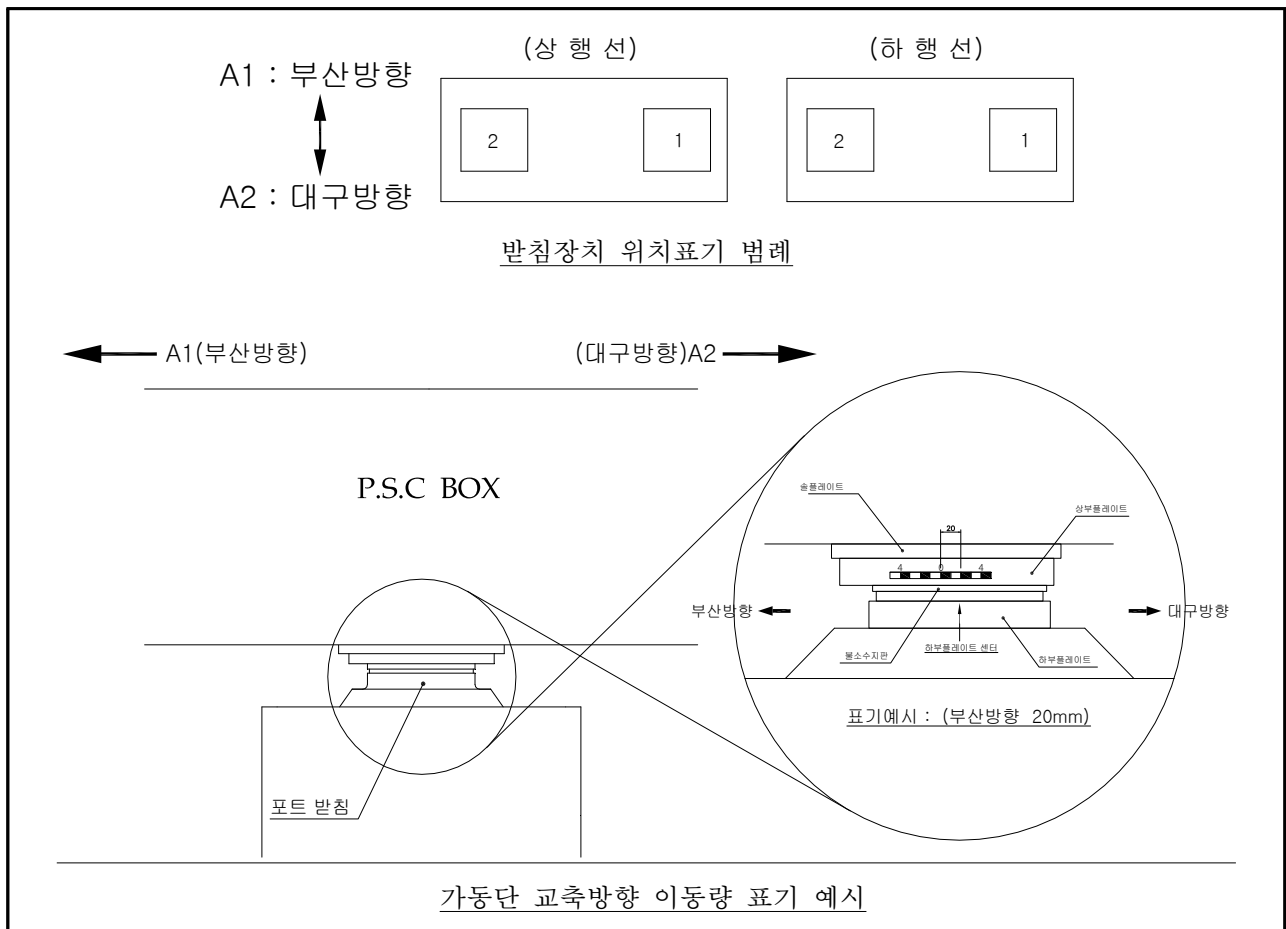
3.2.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 설치되어 있으며, 교대에 4개, 교각에 20개씩 총 24개가 설치되어 있다. 고정단은 P1에 설치되어 있으며, 나머지 교대 및 교각에는 일방향 가동단이 설치되어 있다.



【그림 3.2.6】 교량받침 배치도(대구)



【그림 3.2.7】 가동단 이동량 표기범례



【사진 3.2.13】 교량반침 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 교량 반침장치는 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 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음과 같다.
- 반침장치의 외관조사 결과, 몰탈균열, 반침콘크리트균열, 보수부재균열, 가설철물 미제거, 볼트녹발생이 조사되었으며, 반침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.

【표 3.2.10】 교량반침 외관조사 결과(대구)

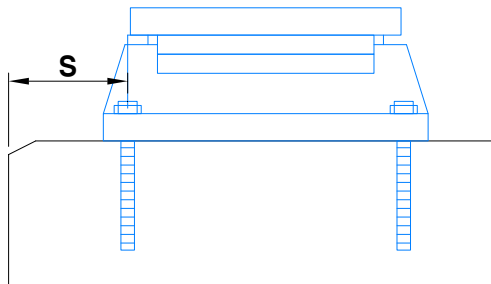
구 분	반침콘크리트균열 (0.3mm미만) (m/개소)	반침콘크리트 보수부 재균열 (0.3mm미만) (m/개소)	몰탈균열 (m²/개소)	몰탈보수부 재균열 (m²/개소)	가설철물 미제거 (개소)	볼트 녹발생 (개소)
A1	-	-	0.1/1	-	-	-
A2	-	-	0.2/2	-	-	-
P1	-	-	-	-	8.00/8	2.00/2
P2	0.3/1	-	-	-	4.00/4	-
P3	0.3/1	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-
P9	0.4/1	-	-	0.9/9	-	-
P10	0.8/3	-	0.3/3	-	-	-
P11	0.2/2	0.6/2	0.7/4	-	1.00/1	-
P12	0.4/4	22.0/22	2.6/15	-	-	-
합 계	24/12	22.6/24	3.9/25	0.9/9	13.00/13	2.00/2

	
받침콘크리트 균열(0.3mm미만, P2)	받침콘크리트 보수부재균열(0.3mm미만, P12)
	
받침몰탈균열(0.3mm미만, A1)	받침몰탈보수부재균열(0.3mm미만, P9)
	
가설철물 미제거(P11)	볼트녹발생(P4)

【사진 3.2.14】 교량받침 손상현황(대구)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 받침면은 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, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하

$$: S(\text{mm}) = 200 + 5L$$

- 거더의 경간길이 100m 이상

$$: S(\text{mm}) = 300 + 4L$$

여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.2.8】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200+5 \times 50.0 = 450.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=70.0m) : $200+5 \times 70.0 = 550.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $300+4 \times 120.0 = 780.0(\text{mm})$

2) 연단거리 측정 결과

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



【사진 3.2.15】 연단거리 측정 전경(대구)

【표 3.2.11】 연단거리 측정 결과(대구)

구 분	계산 연단거리 (mm)		실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1	450		760	760	O.K
P1	450		1245	1240	O.K
P2	전	450	2030	2028	O.K
	후	550	1960	1940	O.K
P3	780		1130	1120	O.K
P4	780		1100	1110	O.K
P5	780		1120	1105	O.K
P9	780		1115	1110	O.K
P10	780		1115	1125	O.K
P11	780		1120	1126	O.K
P12	780		1080	1075	O.K
A2	550		1525	1525	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 1회(24.6℃(2015.8.24)) 측정하였다.

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

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

【표 3.2.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(대구)

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	50	14.8	5.2	-	14.8	49.2
P1	고정단								
P2	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	50	14.8	5.2	-	14.8	5.2
				430	127.3	44.7	10.0	127.3	54.7
P3	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	360	106.6	37.4	-	106.6	37.4
P4	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	240	71.0	25.0	-	71.0	25.0
P5	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	120	35.5	43.8	-	35.5	43.8
P9	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	120	35.5	43.8	-	35.5	43.8
P10	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	240	71.0	25.0	-	71.0	25.0
P11	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	360	106.6	37.4	-	106.6	37.4
P12	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	480	142.1	50.0	-	142.1	50.0
A2	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	550	162.8	57.2	10.0	162.8	67.2
1) 조사당시 온도 : 24.6°C(조사일 : 2015년 8월 24일, 평균온도) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방) 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)									

【표 3.2.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(대구)

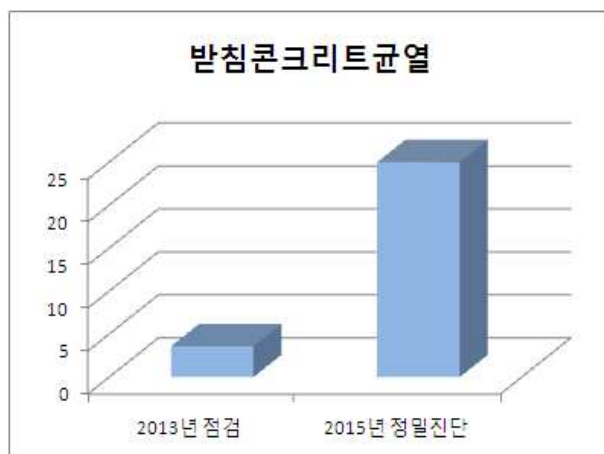
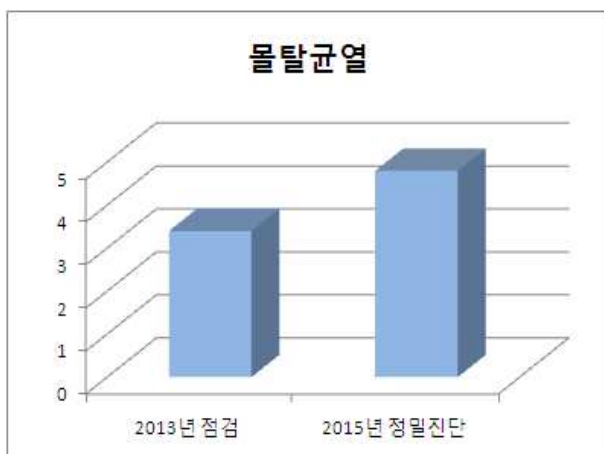
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	5.0(A2)	14.8	5.2	70	80	±75	O.K
	Sh2	4.0(A2)			71	79	±75	O.K
P1	고정단							
P2	Sh1	10.0(A1)	14.8	5.2	90	110	±100	O.K
	Sh2	8.0(A1)			92	108	±100	O.K
	Sh3	180.0(A2)	127.3	54.7	245	605	±425	O.K
	Sh4	165.0(A2)			260	590	±425	O.K
P3	Sh1	140.0(A2)	106.6	37.4	235	515	±375	O.K
	Sh2	145.0(A2)			230	520	±375	O.K
P4	Sh1	55.0(A2)	71.0	25.0	220	330	±275	O.K
	Sh2	40.0(A2)			235	315	±275	O.K
P5	Sh1	46.0(A2)	35.5	43.8	129	221	±175	O.K
	Sh2	55.0(A2)			120	230	±175	O.K
P9	Sh1	48.0(A1)	35.5	43.8	127	123	±175	O.K
	Sh2	40.0(A1)			135	215	±175	O.K
P10	Sh1	63.0(A1)	71.0	25.0	187	313	±250	O.K
	Sh2	70.0(A1)			180	320	±250	O.K
P11	Sh1	30.0(A1)	106.6	37.4	320	380	±350	O.K
	Sh2	40.0(A1)			310	390	±350	O.K
P12	Sh1	108.0(A1)	142.1	50.0	342	558	±450	O.K
	Sh2	105.0(A1)			345	555	±450	O.K
A2	Sh1	133.0(A1)	162.8	67.2	367	633	±500	O.K
	Sh2	128.0(A1)			372	628	±500	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

바. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 받침물탈균열 및 받침콘크리트 균열에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상물량이 일부 증가한 상태로 조사되었다.
- 조사된 균열은 대부분 폭 0.3mm미만 미세균열로서 금회 진단 조사 시 정밀 조삼 및 보수 부재균열이 관찰되어 손상물량의 증가가 나타난 것으로 판단된다.

【표 3.2.14】 교량받침 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
물탈균열(m)	3.4	4.8	
받침콘크리트균열(m)	3.6	25.0	



【그림 3.2.9】 교량받침 기 점검결과 비교

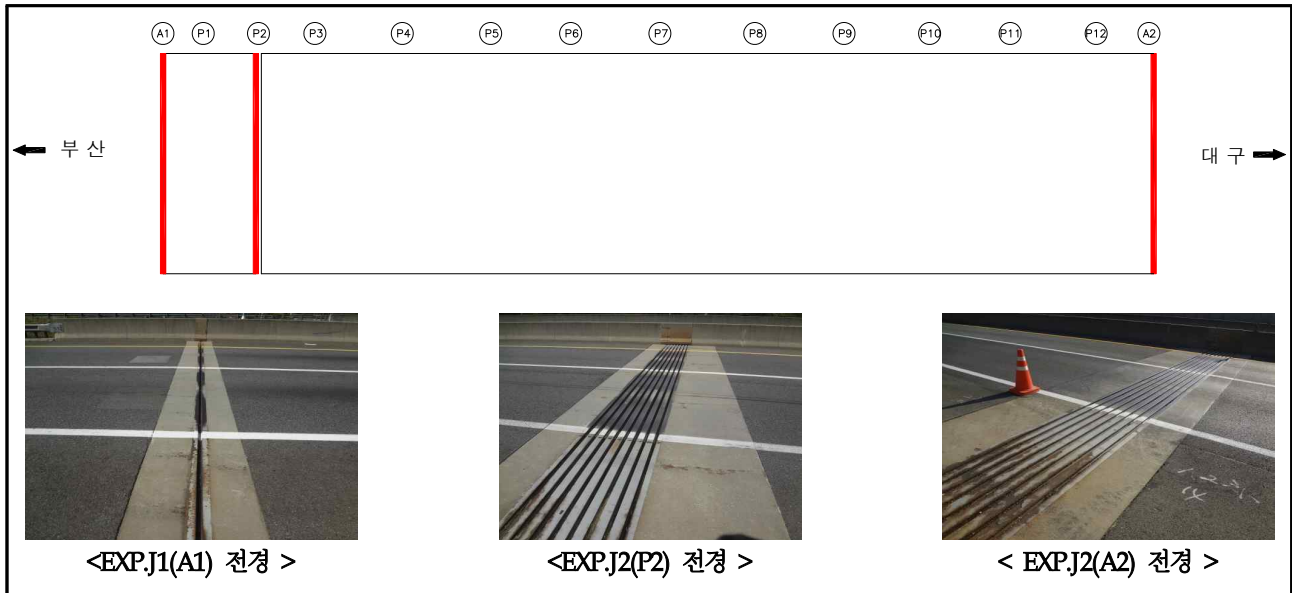
사. 검토의견

- 받침물탈균열 및 받침콘크리트 균열에 대해서는 비구조적인 건조수축균열로서 현재 보수보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직하다
- 가설철물미제거는 받침 인상 작업 시 시공 미흡에 의해 발생한 손상으로서, 받침의 기능성 및 사용성에 영향을 주는 상태는 아니므로 지속관찰을 통한 유지관리가 바람직하다.
- 볼트 녹발생의 경우 공용중 외부 우수접촉에 의한 국부적인 녹 발생으로서, 손상 정도가 경미하므로 보수보다는 진전 상태에 대한 지속관찰이 적절할 것으로 판단된다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 A1, P2, A2에 Rail Joint 형식으로 각 1개씩 모두 3개 시공되어 있다.



【그림 3.2.10】 신축이음장치 전경 및 배치도(대구)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 후타재에서 균열이 일부 발생된 상태이며, 갓길 구간에서 유간 내 이물질퇴적과 외부 우수접촉에 의한 본체 부식, 하부 누수, 볼트탈락 등이 조사되었다.

【표 3.2.15】 신축이음장치 외관조사 결과(대구)

위 치	구 분	손상내용	
A1	Rail Joint (No.100)	본체	▪ 본체부식(0.80m ² /2개소) ▪ 이물질퇴적(2.0m/2개소)
		후타재	▪ 후타재 균열(6.9m/15개소)
		기타	▪ 차수판 볼트탈락(5개소) ▪ 차수판 볼트풀림(1개소)
P2	Rail Joint (No.640)	본체	▪ 본체부식(3.00m ² /1개소) ▪ 이물질퇴적(3.0m/2개소)
		후타재	▪ 후타재 균열(18.0m/21개소)
		기타	▪ 차수판 볼트탈락(5개소)
A2	Rail Joint (No.640)	본체	▪ 본체부식(4.50m ² /1개소) ▪ 이물질퇴적(2.0m/1개소)
			▪ 하부부식(1.10m ² /3개소) ▪ 볼트녹발생(1개소)
			▪ 하부누수(0.2m/3개소) ▪ 간격조절재 고정불량(1개소)
	후타재	▪ 후타재 균열(9.0m/11개소)	
	기타	▪ 차수판 볼트탈락(11개소)	

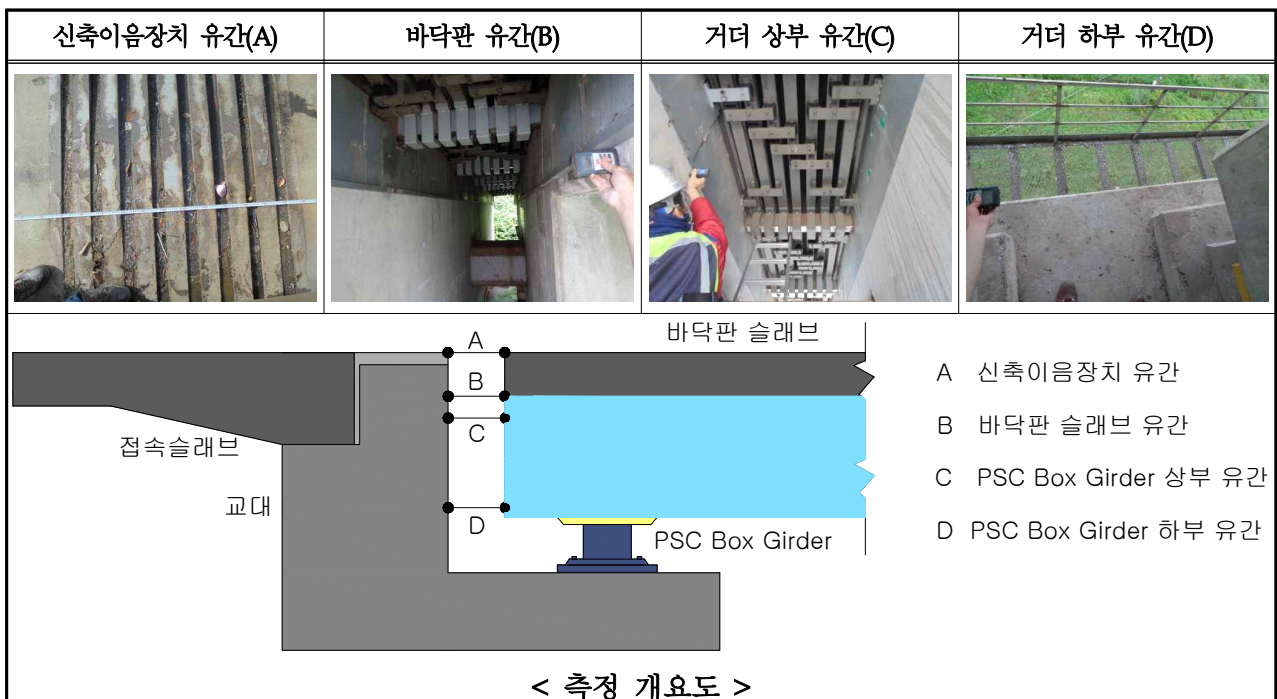
	
이물질퇴적, 본체부식(EXP.J1)	후타재 균열(EXP.J2)
	
볼트탈락(EXP.J1)	간격조절재 고정볼량(EXP.J3)
	
신축이음 하부 누수(EXP.J2)	Support Beam 지지대 탈락 보수 2013 점검

【사진 3.2.16】 신축이음장치 손상현황(대구)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:22.4℃(8월25일), 2차:13.3℃(11월11일))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.2.17】 신축이음 유간 측정방법(대구)

【표 3.2.16】 신축이음 유간 측정결과(대구)

측정위치	측 정 값(mm)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	51.0	58.0	80.0	87.0	80.0	87.0	80.0	87.0	Rail Joint(No.100)
EXP.J2(P2)	368.0	447.0	1054.0	1135.0	1060.0	1141.0	1064.0	1144.0	Rail Joint(No.640)
EXP.J3(A2)	401.0	489.0	1096.0	1184.0	1095.0	1181.0	1095.0	1181.0	Rail Joint(No.640)

- 8월(22.4℃)과 11월(13.3℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.2.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(대구)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	51.0	58.0	7.0	11.2	
	바닥판 단부	80.0	87.0	7.0		
EXP.J2(P10)	신축이음장치	368.0	447.0	79.0	80.6	
	바닥판 단부	1054.0	1135.0	81.0		
EXP.J3(A2)	신축이음장치	401.0	489.0	88.0	96.3	
	바닥판 단부	1096.0	1184.0	88.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 금회 신축이음 유간을 각각 검토한 결과, EXP. J1(A1), EXP. J2(P2), EXP. J3(A2) 신축이음 전개소 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 측정되었다.

【표 3.2.18】 신축이음 신축이동량 산정(대구)

구 분	온도변화(ΔT, ℃)		선팅장계수(α)	신축거더길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기(최대수축시)	하절기(최대신장시)
EXP.J1(A1)	27.4	12.6	1.0×10^{-5}	50.0	13.7	6.3	-	13.7	6.3
EXP.J2(P2)	27.4	12.6	1.0×10^{-5}	360.0	98.6	45.4	10.0	98.6	55.4
EXP.J3(A2)	27.4	12.6	1.0×10^{-5}	430.0	117.8	54.2	10.0	117.8	64.2

1) 조사당시 온도 : 22.4℃(조사일 : 2015년 8월 25일, 평균온도, 지점:청도군)
 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.2.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(대구)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	13.7	6.3	50.0	100	36.3	43.7	O.K
	바닥판 단부	13.7	6.3	80.0	-	-	73.7	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음장치	98.6	55.4	368.0	640	173.4	312.6	O.K
	바닥판 단부	98.6	55.4	1054.0	-	-	998.6	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	117.8	64.2	401.0	640	121.2	336.8	O.K
	바닥판 단부	117.8	64.2	1096.0	-	-	1031.8	O.K
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$								

라. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 후타재균열은 손상물량의 변화는 없으며, 후타재파손, 신축이음하부 부식이 추가 조사되었다.

【표 3.2.20】 신축이음장치 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
후타재균열(m)	11.5	25.8	
상부녹발생(m)	1.1	0.20	
하부녹발생	1.1	8.3	

마. 검토 결과

- EXP.J1(A1), EXP.J2(P2), EXP.J3(A2)은 활하중을 고려한 최대신장 시(35°C) 본체유간 및 바닥판, 거더 등 신축거동에 따른 충분한 여유량을 갖는 것으로 측정되었다.
- 신축이음 후타재 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로 일반적인 보수가 필요하나, 후타재의 손상은 반복된 차량의 통행으로 보수효과가 적으며, 현재 경미한 상태로서 지속관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단되며 신축이음본체 부식 및 유간 이물질퇴적은 내구성 저하방지를 위한 재도장 및 정비가 실시되는 것이 바람직하다.
- 신축이음 하부 고무재 열화에 의한 누수가 관찰되며 누수부 실링처리가 바람직할 것으로 판단된다. 하부 볼트 탈락은 재체결이 필요하며, 기 점검 당시 Support Beam 탈락은 현재 보수되었으며 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 편도 2차선으로 외측에 갓길이 위치하고 있다.



교면포장 전경

【사진 3.2.18】 교면포장 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 균열, 망상균열, 라벨링, 국부적인 포장패임, 포트홀 등이 조사되었으나, 차량의 주행성을 저해할만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.2.21】 교면포장 외관조사 결과(대구)

구 분	라벨링 (㎡/개소)	망상균열 (㎡/개소)	균열 (㎡/개소)	패임 (㎡/개소)	포장이음부 균열 (㎡/개소)	포트홀 (㎡/개소)
S1	-	-	-	-	-	0.08/2
S2	1.20/1	-	-	-	-	-
S3	61.00/2	-	-	-	-	-
S4	53.40/5	-	-	-	-	-
S5	14.40/6	2.40/1	-	3.75/4	14.0/1	0.01/1
S6	47.00/5	-	-	0.48/3	120.0/1	-
S7	12.00/4	-	-	-	-	-
S8	6.60/3	6.00/2	7.6/3	0.19/8	-	-
S9	-	6.00/1	47.0/1	0.01/1	-	-
S10	11.10/4	27.00/1	20.0/1	0.44/7	-	-
S11	33.00/4	9.00/1	-	0.15/6	-	-
S12	18.65/4	-	47.0/9	0.22/3	-	-
S13	1.00/1	-	5.0/1	-	-	-
합 계	259.35/39	50.40/6	126.6/15	5.24/32	134.0/2	0.09/3

	
라벨링(S5)	망상균열(S8)
	
균열(S10)	폐임(S11)
	
이음부균열(S6)	포트홀(S5)

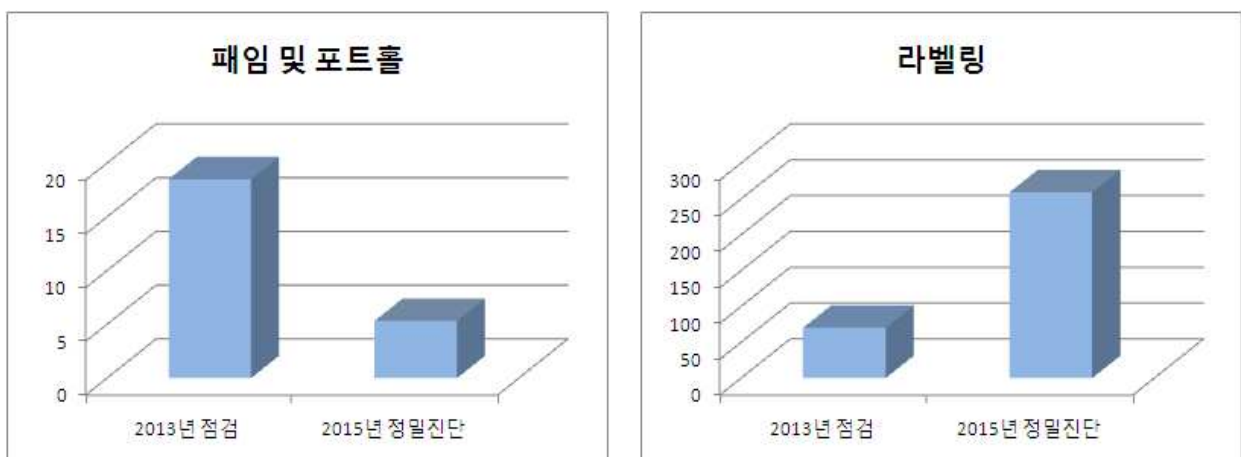
【사진 3.2.19】 교면포장 손상현황(대구)

다. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 반복적인 중차량통행에 의해 패임 및 포트홀, 라벨링 손상물량이 추가 조사된 상태이다.

【표 3.2.22】 포장 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
패임 및 포트홀	18.51	5.33	
라벨링	70.25	259.35	



【그림 3.2.11】 포장 기 점검결과 비교

다. 검토 의견

- 현재 고정대교(대구)의 포장은 일부 반복적인 중차량 통행에 의한 패임, 포트홀, 라벨링 등이 조사되었으며, 금회 진단 조사 시 정밀조사에 의하여 다소 물량 변화가 있는 것으로 판단되며, 손상정도는 경미한 상태로서 손상상태변화에 대한 지속관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 고정대교(대구)는 동창천 횡단 교량으로 횡단구배에 따라 캔틸레버에 설치 되어 있으며 배수관에 설치형태는 육교형 및 하천형 원형 파이프가 설치된 것으로 조사되었다.



【사진 3.2.20】 배수구 및 배수관 전경(대구)

2) 외관조사 결과

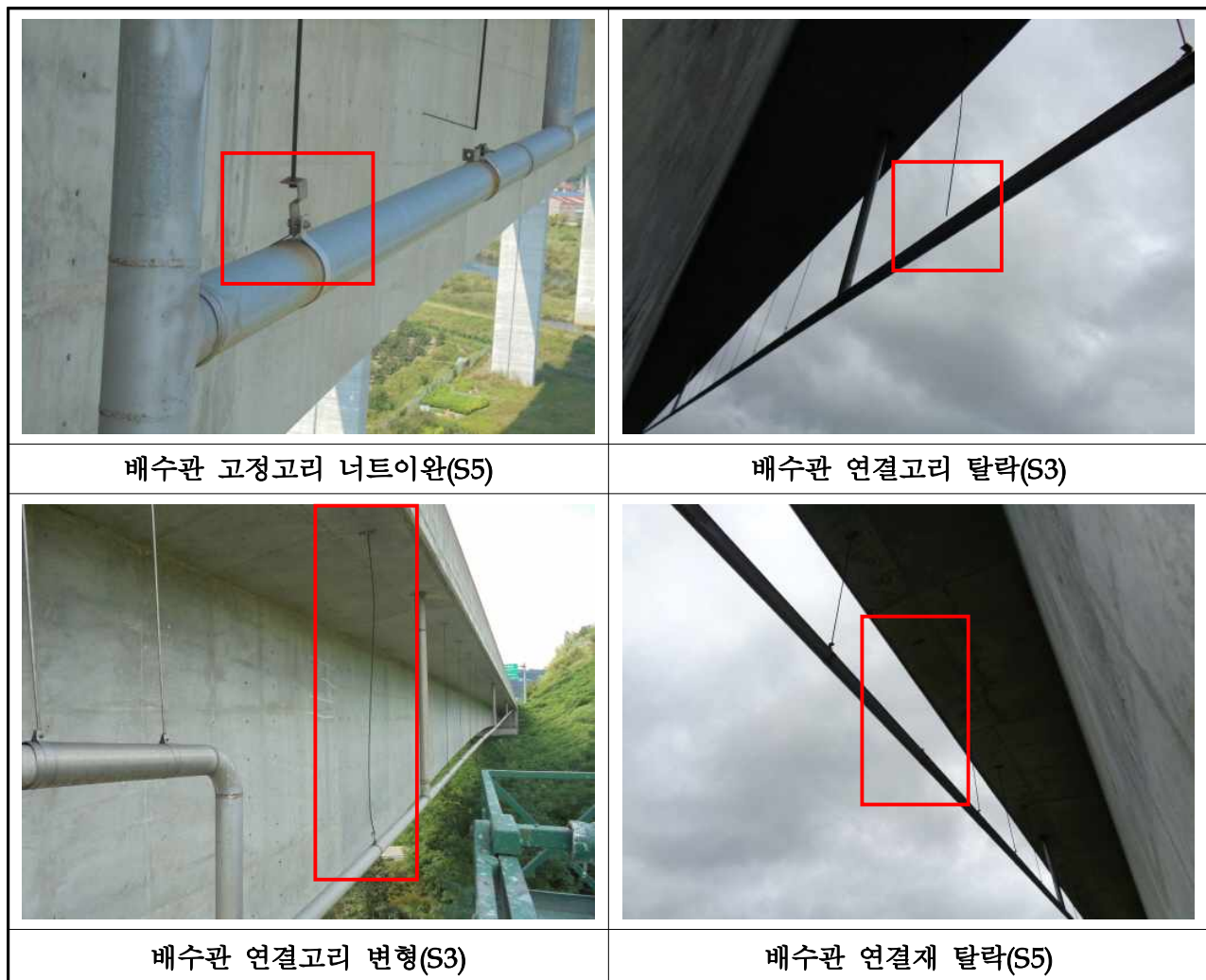
- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 막힘 및 배수관 탈락, 배수관 설치 연결 자재 손상, 배수관 이음부 누수 등이 조사되었다.

【표 3.2.23】 배수시설 외관조사 결과(대구)

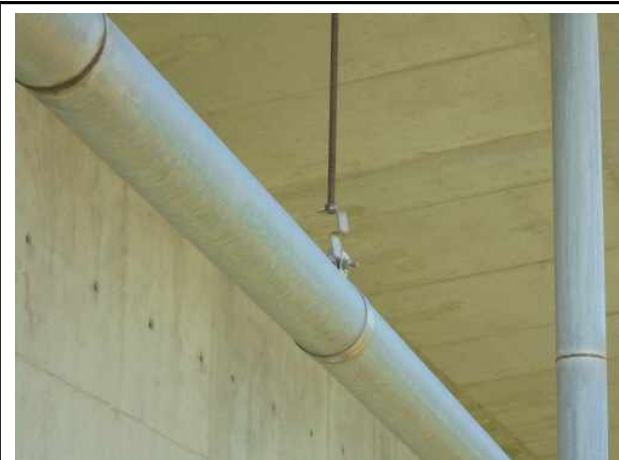
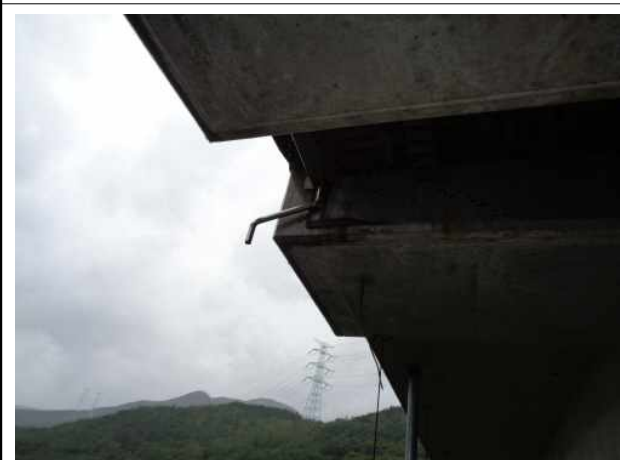
구 분	배수관 너트이완 (개소)	배수관 연결고리탈락 (개소)	배수관 연결재 변형 (개소)	배수관 연결재 탈락 (개소)	배수관 이음부 누수 (개소)
S1	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-
S3	-	2.00/2	-	-	-
S4	-	-	-	-	-
S5	5.00/5	1.00/1	-	2.00/2	1.00/1
S6	4.00/4	3.00/3	-	1.00/1	-
S7	-	2.00/2	-	3.00/3	-
S8	-	-	-	1.00/1	-
S9	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-
S11	1.00/1	-	-	2.00/2	-
S12	4.00/4	-	-	2.00/2	-
S13	-	-	1.00/1	-	-
합 계	14.00/14	8.00/8	1.00/1	11.00/1	1.00/1

【표 3.2.23】 배수시설 외관조사 결과(대구,계속)

구 분	배수관 고정고리 여유량부족 (개소)	배수관 너트탈락 (개소)	유도배수관 길이부족 (개소)	배수구 막힘 (개소)	배수구 덮개변형 (개소)
S1	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	1.00/1
S3	-	-	1.00/1	-	-
S4	-	-	-	-	-
S5	1.00/1	2.00/2	-	-	-
S6	-	1.00/1	-	1.00/1	-
S7	-	-	-	-	-
S8	-	4.00/4	-	-	-
S9	-	-	-	-	-
S10	-	2.00/2	-	-	-
S11	-	1.00/1	-	-	-
S12	-	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-
합 계	1.00/1	10.00/10	1.00/1	1.00/1	1.00/1



【사진 3.2.21】 배수시설 손상현황(대구)

	
배수관 이음부 누수(S5)	배수관 너트탈락(S5)
	
접속부 후타재 유도배수관 길이부족(S3)	배수구막힘(S6)

【사진 3.2.21】 배수시설 손상현황(대구,계속)

3) 검토 의견

- 현제 고정대교(대구)의 배수시설은 대체적으로 양호한 상태이나 배수관 연결재 손상이 급회 진단 과업 시 정밀조사를 통해 추가 조사되었으며, 상부 배수구막힘이 조사되었다. 따라서 배수관 내구성 향상을 위해 연결재 손상에 대해서는 적정 보수가 실시되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 배수관 이음부 누수는 현재 경미한 상태로서 향후 손상 정도에 따라 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 배수구 막힘 개소는 원활한 배수기능을 위해 정비를 실시하여 유지관리하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 대상교량의 방호벽 방호벽은 철근콘크리트로 시공된 상태이며, 도보를 통한 외관조사를 실시하였다.



차량방호벽 전경

【사진 3.2.22】 방호벽 전경(대구)

2) 외관조사 결과

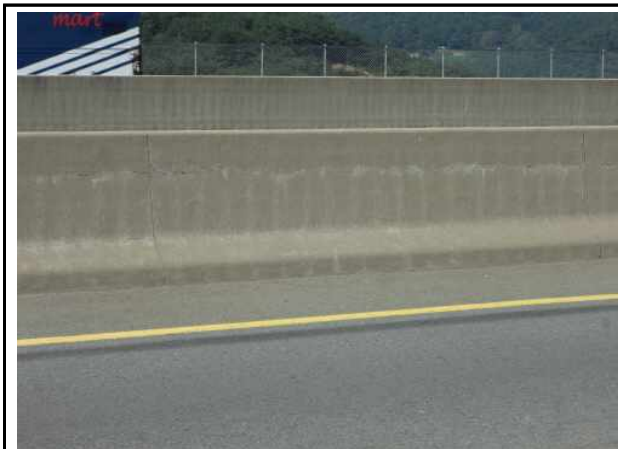
- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열 및 균열부백태, 굽힘, 망상균열, 백태, 철근노출 등이 조사되었다.

【표 3.2.24】 방호벽 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	균열부백태 (m/개소)	굽힘 (m ² /개소)	델리네이터 파손 (개소)	망상균열 및 백태 (m ² /개소)
S1	-	-	-	-	-
S2	18.7/4	2.10/3	-	-	-
S3	-	-	-	-	-
S4	1.8/2	1.0/1	-	1.00/1	6.66/6
S5	-	-	-	1.00/1	-
S6	6.0/1	-	3.60/3	-	-
S7	25.0/7	2.30/1	-	-	-
S8	8.5/4	-	0.15/1	-	-
S9	52.5/7	18.40/2	-	1.00/1	-
S10	47.7/7	2.40/2	-	-	-
S11	0.4/1	2.50/1	-	-	-
S12	1.0/1	-	-	-	-
S13	1.0/1	2.30/1	1.50/1	-	-
합 계	162.6/85	31.00/1	5.25/5	3.00/3	6.66/6

【표 3.2.24】 방호벽 외관조사 결과(대구,계속)

구 분	백태 (㎡/개소)	철근노출 (m/개소)	파손 (㎡/개소)	방음벽 지주대 손상 (개소)
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	0.49/4	-	0.07/2	-
S4	0.30/3	-	-	2.00/2
S5	0.04/3	-	-	-
S6	-	0.2/1	0.04/1	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
S9	0.06/2	0.4/2	-	-
S10	0.01/1	0.2/1	-	-
S11	-	-	0.02/2	-
S12	-	-	0.02/1	-
S13	-	0.4/1	-	-
합 계	0.90/13	1.25	0.15/6	2.00/2



방호벽 균열(S7)



균열부백태(S2)

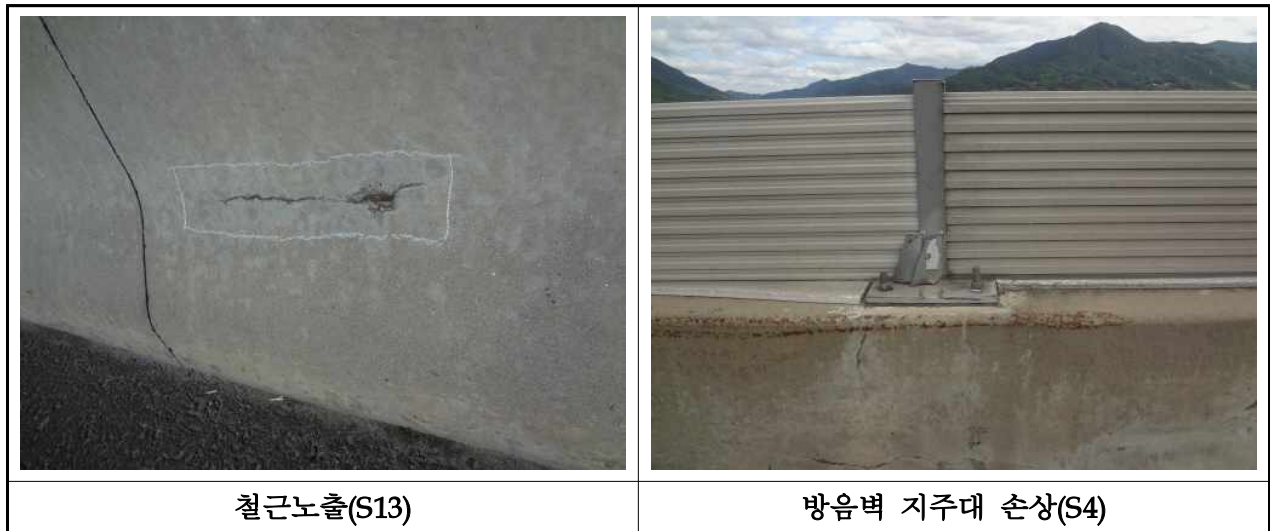


땅상균열 및 백태(S4)



백태(S9)

【사진 3.2.23】 난간 및 연석 손상현황(대구)



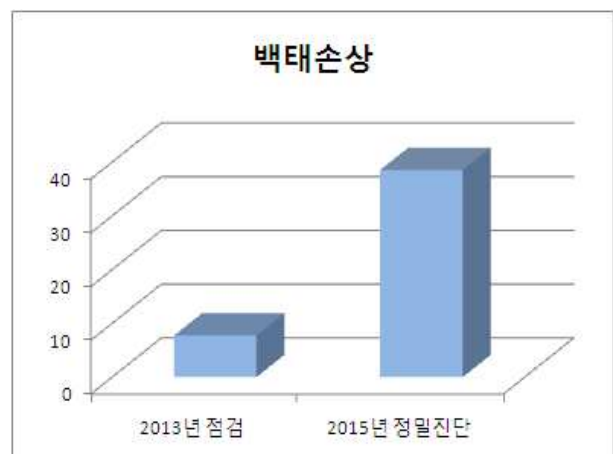
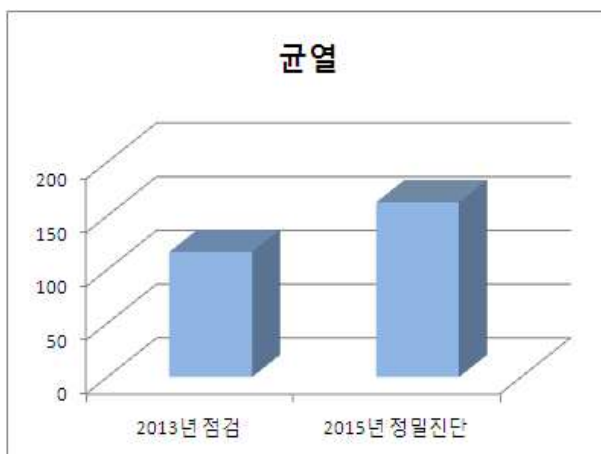
【사진 3.2.23】 난간 및 연석 손상현황(대구,계속)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 정밀조사를 통하여 균열 및 백태가 다소 추가 조사되었으며, 균열은 현재 상태에서 지속관찰을, 백태손상의 경우 내구성 향상을 위한 표면처리가 바람직하다.

【표 3.2.25】 방호벽 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	116.5	162.6	
백태손상	7.74	38.56	



【그림 3.2.12】 방호벽 기 점검결과 비교

4) 검토 의견

- 방호벽의 발생한 폭 0.3mm미만 균열은 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 일부 균열부 우수접촉으로 인한 백태가 동반되는 부위가 조사되었다. 따라서 균열의 경우 현재 보수보다는 손상상태변화를 지속관찰하여 향후 일괄 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 균열부백태 및 백태의 경우 내구성 저하방지를 위한 표면처리 실시가 적절할 것으로 판단된다.
- 철근노출의 경우 열화부 우수접촉에 따른 철근팽창으로 발생한 것으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위한 단면보수(방청) 실시가 바람직하다.

3.3 외관조사 결과(부산)

3.3.1 상부구조

가. 거더외부

1) 부재의 개요

- 고정대교(부산)의 거더는 F.C.M과 F.S.M 공법으로 시공된 P.S.C 거더 형식으로 구성되어 있고, 좌·우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어있다.
- 거더 외부의 외관조사는 교고와 경간장이 큰 교량임을 감안하여 근접장비(교량점검차) 및 점검로를 이용하여 시행하였다.



【사진 3.3.1】 거더외부 전경(부산)

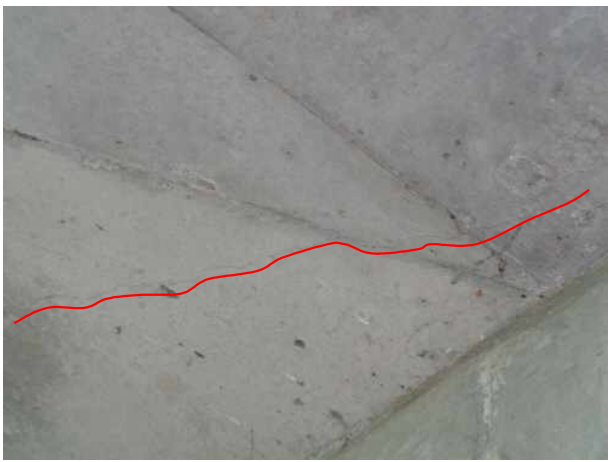
2) 외관조사 결과

- 거더외부 대한 외관조사 결과 누수 및 파손 등 구조적인 손상이 없는 대체적으로 양호한 상태이며, 조사된 주요 손상으로 폭 0.1~0.3mm 균열과, 망상균열, 박리, 백태, 철근노출, 국부적인 재료분리 등이 조사되었다.
- S1, S10 경간 경우, 캔틸레버부 국부적인 종방향 균열이 관찰되었으며 균열폭은 0.3mm로 조사되었다.

【표 3.3.1】 거더외부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	균열(0.3mm) (m/개소)	망상균열 (m ² /개소)	보수부재균열 (0.1mm) (m/개소)	박리 (m ² /개소)
S1	5.9/9	2.0/1	-	-	-
S2	-	-	-	1.5/1	-
S3	3.0/2	-	-	-	-
S4	8.0/8	-	2.40/1	-	-
S5	10.4/9	-	0.80/1	-	-
S6	9.0/15	-	-	-	-
S7	14.9/12	-	2.55/2	-	-
S8	23.8/20	-	-	-	-
S9	16.0/17	-	18.00/3	-	-
S10	23.2/29	1.4/1	14.25/3	-	0.04/1
S11	24.2/18	-	3.00/1	-	-
S12	4.3/3	-	-	-	-
S13	1.5/2	-	-	-	-
합 계	144.2/144	3.4/2	41.00/11	1.5/1	0.04/1

구 분	재료분리 (m ² /개소)	백태 (m ² /개소)	파손 (m ² /개소)	식생 (m ² /개소)	철근노출 (m/개소)	배수공주변 파손 (m ² /개소)
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	0.64/1	0.2/1	-
S3	-	0.07/7	-	-	-	-
S4	-	0.09/8	-	-	-	0.13/2
S5	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-
S7	-	0.56/5	0.08/2	-	-	0.13/2
S8	-	0.06/3	-	-	-	0.26/6
S9	-	0.30/8	-	-	-	-
S10	0.24/1	0.09/9	-	-	-	0.04/1
S11	-	0.12/12	-	-	-	-
S12	-	0.10/1	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-	-
합 계	0.24/1	1.39/53	0.08/2	0.64/1	0.2/1	0.56/11

	
균열(S5)(폭 0.1mm)	폭 0.3mm 균열(S1)
	
망상균열(S5)	보수부재균열(S2)(폭 0.1mm)
	
재료분리(S10)	백태(S9)

【사진 3.3.2】 거더외부 손상현황(부산)



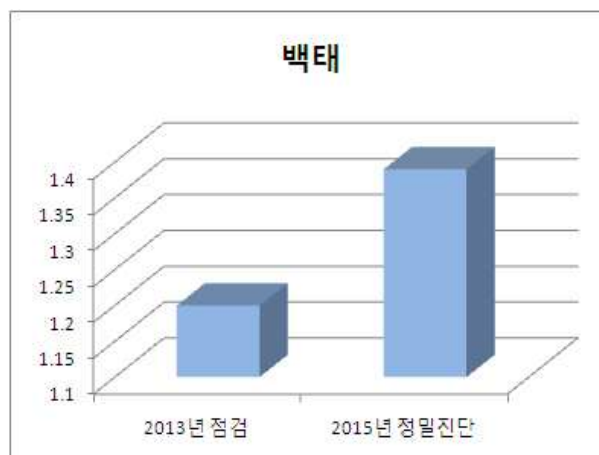
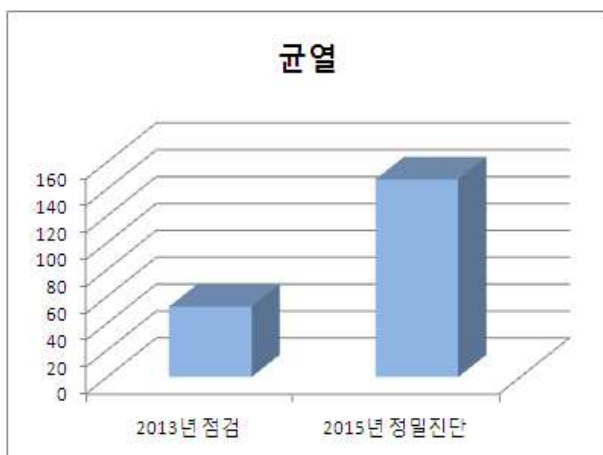
【사진 3.3.2】 거더외부 손상현황(부산, 계속)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 정밀조사에 의해 균열은 다소 추가 조사된 상태이며, 백태의 경우, 개구부 마감처리 당시 외부우수접축에 의해 발생한 상태로서 금회 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.2】 거더외부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	52.5	147.2	
백태(m ²)	1.20	1.39	



【그림 3.3.1】 거더외부 기 점검결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 미세균열(폭 0.3mm미만)로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 띄고 있고, 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단된다. 또한 폭 0.3mm 균열의 경우, 캔틸레버부 종방향성 균열로서, 구조적인 원인에 의한 균열은 아닌 것으로 판단되며, 진전양상은 관찰되지 않으므로 내구성 저하방지를 위한 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 백태는 초기 개구부 마감 시 우수접촉에 의한 백태 및 백태흔적이 조사되며, 기 점검 대비 비교결과 특이 진전은 없는 상태로서, 정밀조사에 의해 일부 추가 조사되었다.
- 거더외부는 대체적으로 양호한 상태이며, 콘크리트 일반적인 손상이 발생한 상태로서, 현재 진전 양상을 띄는 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 일부 소규모 파손, 재료분리 및 국부적인 피복부족에 의한 철근노출 등이 추가 조사되었다.

나. 거더내부

1) 부재의 개요

- 고정대교(부산)의 거더는 F.C.M과 F.S.M 공법으로 시공된 P.S.C 거더 형식으로서 1기의 13경간 연속으로 구성되어있으며, 주요 손상으로는 폭 0.3mm미만 균열, 망상균열, 백태 등이 조사되었다.
- 거더내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



거더 내부 전경

【사진 3.3.3】 거더내부 전경(부산)

2) 외관조사결과

- 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열, 강선지지빔 소음발생, 백태, 파손, 보수부들뜸 등이 조사되었다.

【표 3.3.3】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	강선지지빔 소음발생 (개소)	계측기함 녹발생 (개소)	백태 (㎡/개소)	백태흔적 (㎡/개소)	보수부 들뜸 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)
S1	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	2.50/1	-
S3	-	-	-	0.09/9	-	-	-	-
S4	3.0/6	-	-	0.06/6	-	-	-	-
S5	-	1.00/1	-	0.07/4	-	-	-	-
S6	5.0/5	-	4.0/4	-	-	-	-	-
S7	0.6/1	1.00/1	-	0.06/6	-	0.20/3	-	-
S8	2.5/1	-	-	-	0.02/2	-	-	-
S9	3.7/2	-	-	0.02/2	-	-	-	-
S10	3.0/2	-	-	0.03/2	-	-	-	-
S11	9.5/7	-	-	0.14/3	-	-	-	0.01/1
S12	-	-	-	0.07/5	-	-	-	-
S13	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	27.3/24	2.00/2	4.00/4	0.54/37	0.02/2	0.20/3	2.50/1	0.01/1



【사진 3.3.4】 거더 내부 손상현황(부산)



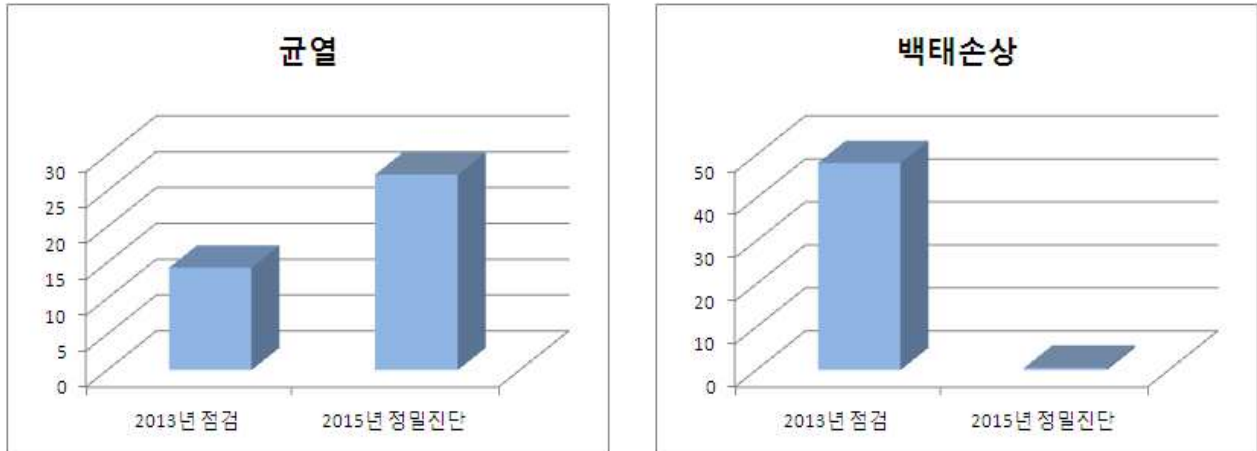
【사진 3.3.4】 거더 내부 손상현황(부산,계속)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더내부 균열과 백태손상에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회진단 시 정밀조사를 통해 균열이 다소 증가하였으며 백태는 초기 흔적의 경우 손상에 제외하여, 물량이 감소한 것으로 조사되었다.

【표 3.3.4】 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(0.1mm)(m)	14.3	27.3	
백태손상	48.21	0.56	



【그림 3.3.2】 거더내부 기 점검 결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 거더내부는 대체적으로 양호한 상태이며, 일부 상면 및 복부측 시공이음부(이어치기) 균열이 조사되었다. 균열폭은 0.3mm미만으로서, 규모와 형상을 미루어 구조 균열과는 무관한 것으로 판단되며, 일반적으로 교축방향의 균열은 흔히 발생하는 손상으로서 일정 기간 균열길이가 진전되나, 균열폭 및 깊이는 크지 않은 것으로 판단된다.
기 점검 결과와 비교 대비, 대체적으로 유사하며 금회 진단 시 물량이 다소 증가하였으나, 정밀조사에 의한 추가 개소로 판단된다. 따라서, 현상태를 유지관찰하여, 향후 일괄 균열 보수처리하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 백태손상의 경우, 시공 초기 외부 우수 접촉 등에 의해 발생한 것으로 판단되는 국부적인 손상으로서, 진전은 없는 상태로 판단되며 백태흔적에 대해서는 손상상태변화에 대한 유지관찰이 바람직할 것으로 판단되고, 나머지 백태의 경우 적정보수를 실시한 후 재손상 여부에 대한 지속관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 강선지지빔 소음의 경우, 기 점검부터 유지관리 된 손상으로서, 공용중에 발생하는 교량 진동에 의하여 강재와 콘크리트 밀착정도가 타개소보다 상대적으로 적은 곳에서 국부적으로 발생하는 소음으로 판단된다. 현재 지지부 소음으로 인한 손상유발은 없는 상태에서 지속적인 관찰이 필요할 것으로 판단된다.

다. 격벽

1) 부재의 개요

- 격벽에 대해서는 거더내부 도보를 통한 외관조사를 실시하였으며, 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



【사진 3.3.5】 격벽 전경(부산)

2) 외관조사결과

- 격벽은 2차부재로서, 거더내부와 같이 도보조사를 통한 외관조사를 실시하였으며 조사 결과 폭 0.3mm미만 균열, 보수부백태, 보수부재균열이 조사되었다.

【표 3.3.5】 격벽 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	백태 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	쉬즈관 단부녹발생 (개소)
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	0.9/1	-	-	1.00/1
S5	-	-	-	3.00/3
S6	-	-	-	-
S7	-	1.00/2	-	4.00/4
S8	0.6/1	-	-	8.00/8
S9	-	-	-	4.00/4
S10	7.5/2	-	-	8.00/8
S11	-	0.06/1	-	9.00/9
S12	0.7/1	-	0.08/2	8.00/8
S13	0.3/3	0.15/1	-	8.00/8
합 계	10.08	1.214	0.082	50.0050

	
균열(0.3mm미만)(S10)	백태(S11)
	
파손(S14)	쉬즈관단부 녹발생(S7)

【사진 3.3.6】 격벽 손상현황(부산)

3) 검토의견

- 거더내부 격벽의 경우, 균열, 백태, 쉬즈관 단부 녹발생이 조사되었으며, 균열폭은 0.3mm 미만 균열로서, Massive한 콘크리트에서 높은 온도의 내부 수화열이 소산되며 발생하는 수축작용이 구속됨으로 인한 균열로 판단된다. 따라서 균열에 대해서는 현재 보수보다는 지속관찰하는 것이 적절하며, 쉬즈관 단부 녹발생의 경우 쉬즈관 삽입부는 아니며, 공용중 내부 습기노출에 의해 발생한 표면부식으로 판단된다.
- 백태는 격벽 상면 미세한 틈으로 거더 내부 습윤상태에서 발생한 것으로 판단되며 손상 정도는 경미한 상태로 조사되었다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 고정대교(부산)의 교대는 철근콘크리트 역 T형, 기초는 파일 및 직접기초이며, 교대에 대한 외관조사는 도보조사로 근접하여 조사 실시하였다



【사진 3.3.7】 교대 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과 폭 0.3mm미만 균열, 백태, 들뜸, 체수, 법면손상 등이 조사되었다.

【표 3.3.6】 교대 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	보수부 재균열 (0.3mm미만) (m/개소)	백태 (㎡/개소)	들뜸 (㎡/개소)	체수 (㎡/개소)	법면 공동발생 (㎡/개소)	법면이격 (㎡/개소)
A1	0.7/1	1.7/2	-	-	-	0.01/1	6.00/1
A2	6.2/9	0.3/1	0.01/1	0.02/1	4.00/1	-	-
합 계	6.9/10	2.0/3	0.01/1	0.02/1	4.00/1	0.01/1	6.00/1

	
균열(A2 흉벽)	체수(A2)
	
범면공동(A1)	범면이격(A1)

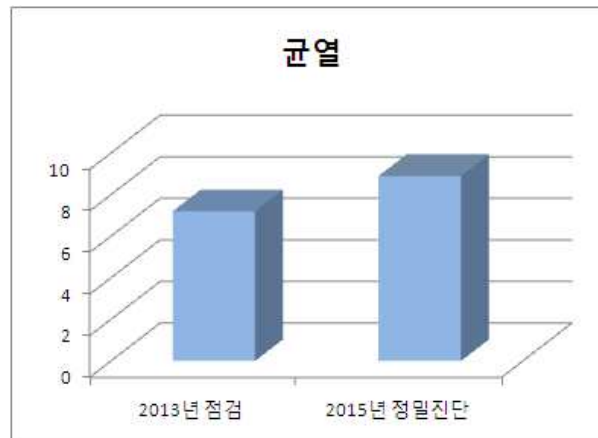
【사진 3.3.8】 교대 손상현황(부산)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 교대에 조사된 주요 손상에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 정밀조사 및 국부적인 균열 보수부 재손상에 의해 균열이 일부 추가 조사된 것으로 확인되었다.

【표 3.3.7】 교대 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
0.3mm미만 균열(m)	7.2	8.9	-



【그림 3.3.3】 교대 기 점검결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 교대에서 추가 조사된 수직균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며 균열폭은 0.3mm미만의 미세균열이다.
- 체수 및 백태는 신축이음 누수 및 외부 우수 노출에 의해 발생한 상태로서 손상 정도는 경미한 상태로 조사되었다.
- 법면 손상은 기 점검부터 관리되었던 손상으로 기존에 발생한 상태에서 손상진전은 수렴한 것으로 판단된다. 따라서 현상태에서 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다,

나. 교각

1) 부재의 개요

- 고정대교(부산)의 교각은 중공벽식, 기초는 직접기초(현장타설 말뚝기초)로 시공되어 있으며, 외관조사는 교량점검차와 점검로 및 도보를 이용하여 근접하여 조사 실시하였다



교각 전경

【사진 3.3.9】 교각 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교각에 발생된 주요 손상으로 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열, 들뜸, 소규모 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.8】 교각 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (m/개소)	보수부재균열 (0.3mm미만) (m/개소)	보수부 망상균열 (m/개소)	보수부들뜸 (m/개소)	이물질퇴적 (m/개소)	철근노출 (m/개소)	파손 (m/개소)
P1	1.0/1	-	5.0/2	-	-	1.00/1	-	0.08/8
P2	-	-	-	-	-	-	-	0.06/1
P3	7.4/11	0.80/1	2.0/3	-	0.64/1	-	0.2/2	0.17/17
P4	4.8/6	-	-	-	-	-	0.3/1	-
P5	6.2/9	-	2.6/3	-	-	-	0.3/2	0.07/7
P6	-	72.00/4	1.5/1	-	-	-	-	-
P7	-	7.40/2	-	26.00/1	-	-	-	-
P8	1.9/2	-	-	-	-	-	-	-
P9	3.5/5	-	4.0/5	-	-	-	-	-
P10	1.0/1	-	3.8/4	-	-	-	0.1/1	0.01/1
P11	3.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P12	4.5/3	0.80/1	-	-	-	-	-	-
합 계	33.3/42	81.00/8	18.8/18	26.00/1	0.64/1	1.00/1	0.9/6	0.39/84



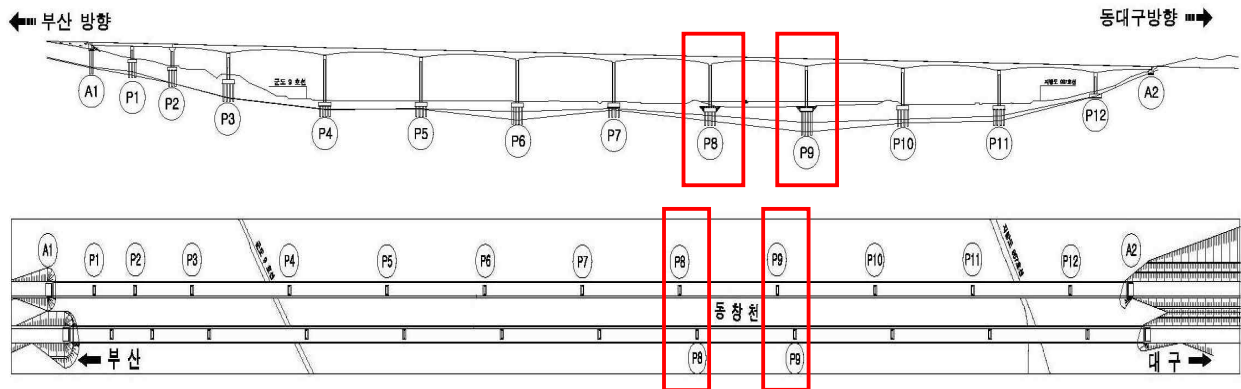
【사진 3.3.10】 교각 손상현황(부산)

	
보수부재균열(P3 기둥부)	보수부 망상균열(P7 기둥부)
	
보수부 들뜸(P3 코핑부)	이물질퇴적(P1 코핑부)
	
철근노출(P5 코핑부)	파손(P5 기둥부)

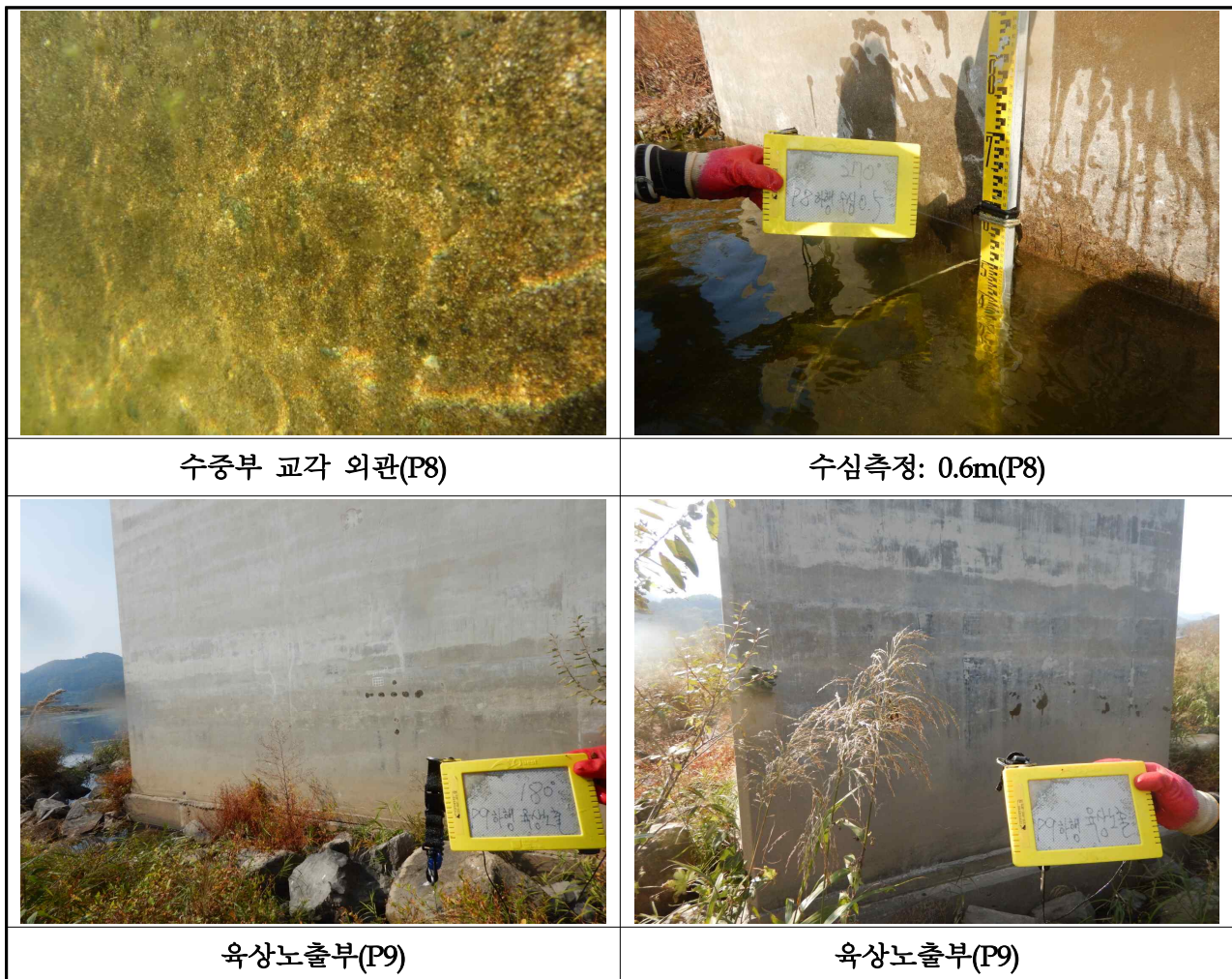
【사진 3.3.10】 교각 손상현황(부산,계속)

3) 수중조사

- 고정대교(부산)는 동창천을 횡단하고 있으며 수중부 교각(P8, P9)에 대한 외관조사 및 깊이측정을 실시하였다.
- 수중부 교각의 외관상태는 파손이나 기초 세굴 등이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 수심은 P9는 육상노출부, P8은 0.35~0.5m 측정되었다.



【그림 3.3.4】 교각 수중부 조사 위치도(부산)



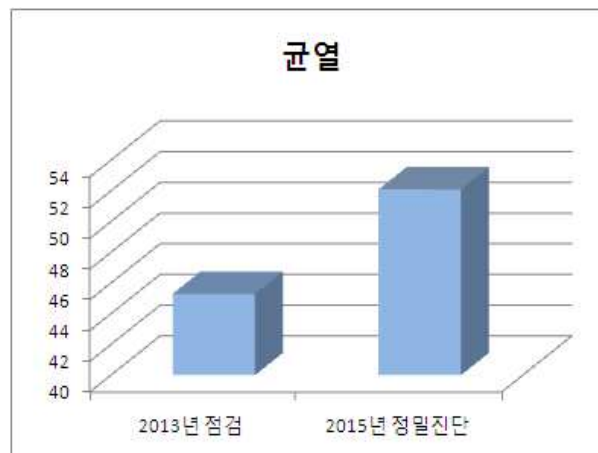
【사진 3.3.11】 수중조사(부산)

4) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 교각의 균열에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과 금회 정밀 조사에 의해 균열이 추가 조사되었으며, 균열의 형상을 미루어 건조수축에 의한 미세균열로서 손상변화에 대한 지속관찰이 바람직하다.

【표 3.3.9】 교각 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	45.3	52.1	



【그림 3.3.5】 교각 기 점검결과 비교(부산)

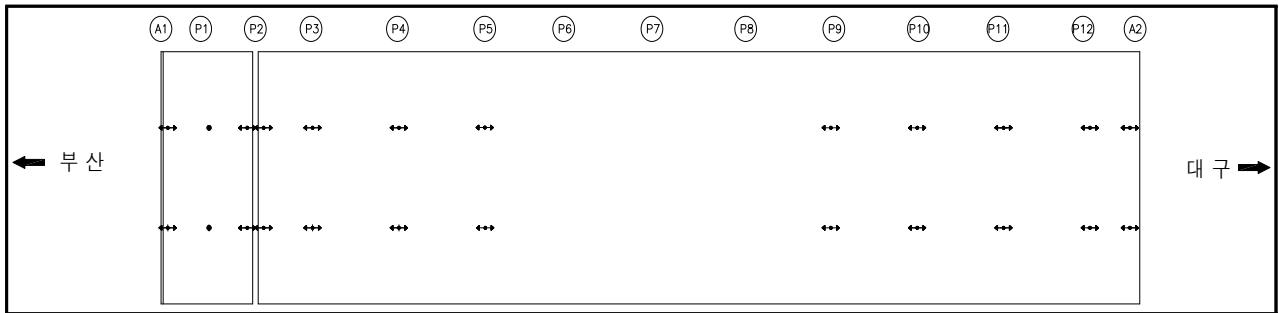
5) 검토의견

- 금회 진단 시 균열 및 망상균열의 경우, 불규칙성 수직 수평균열들로서, 기 점검 대비 일부 물량이 증가되었으며, 폭 0.3mm미만의 건조수축 균열로 판단된다. 기존 손상들은 규모 및 폭의 상태변화는 없는 것으로 조사되었으나, 일부 보수미흡에 의한 보수부재균열이 발생되었으며, 조사된 균열에 대해서는 상태변화에 대한 지속관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 철근노출의 경우, 코핑 상면에서 국부적인 피복부족에 의한 소규모 철근노출로서, 손상 정도는 경미한 상태이나, 내구성 저하방지를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 소규모 파손, 들뜸의 경우는 외부충격 및 보수미흡에 의한 국부적인 손상으로서 현재 보수보다는 지속관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

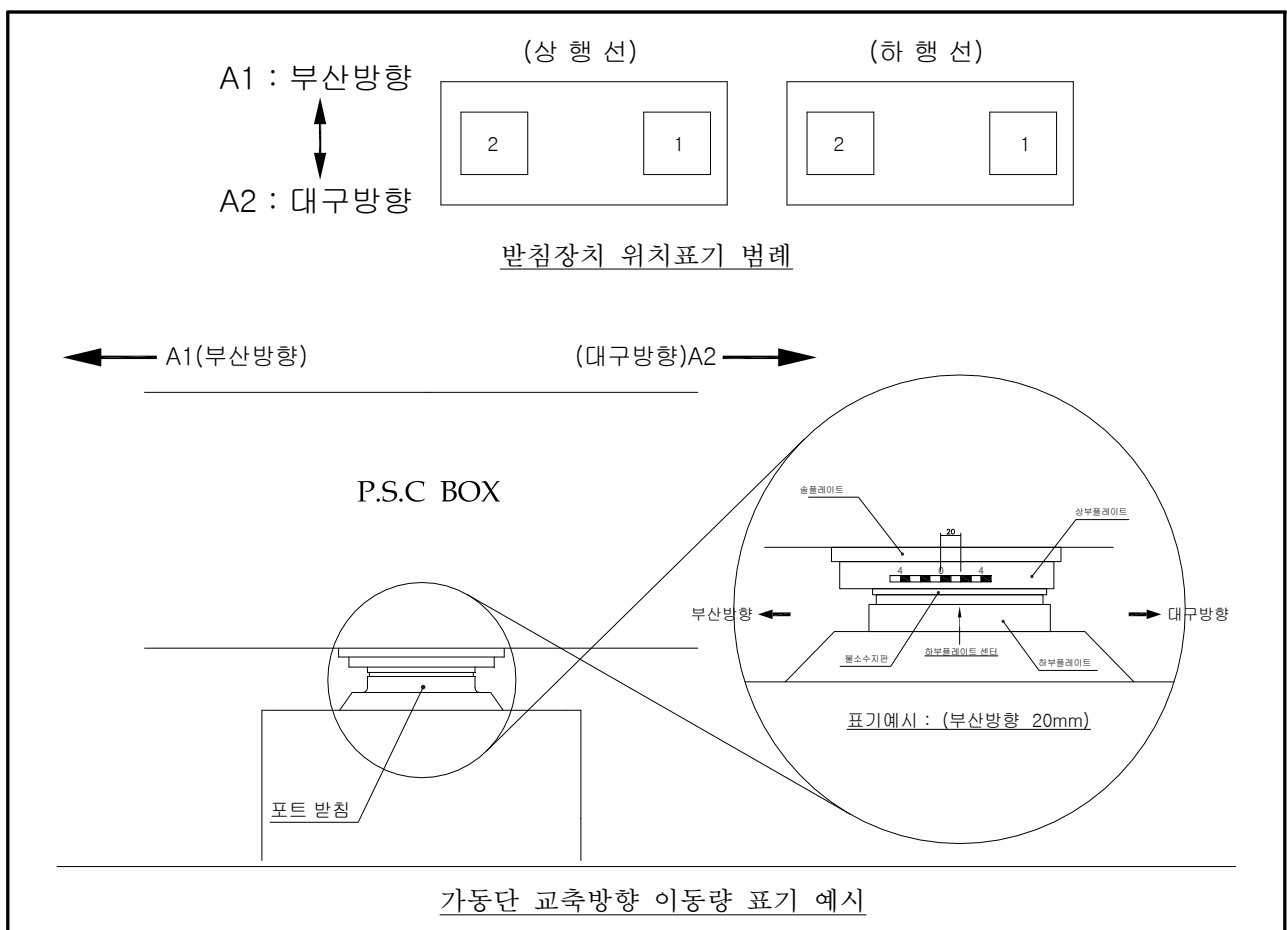
3.3.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 설치되어 있으며, 교대에 4개, 교각에 20개씩 총 24개가 설치되어 있다. 고정단은 P1에 설치되어 있으며, 나머지 교대 및 교각에는 일방향 가동단이 설치되어 있다.



【그림 3.3.6】 교량받침 배치도(부산)



【그림 3.3.7】 가동단 이동량 표기범례



【사진 3.3.12】 교량받침 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생한 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 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음과 같다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 몰탈균열, 받침콘크리트균열, 보수부재균열, 가설철물 미제거, 받침도장손상 등이 조사되었으며, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.

【표 3.3.10】 교량받침 외관조사 결과(부산)

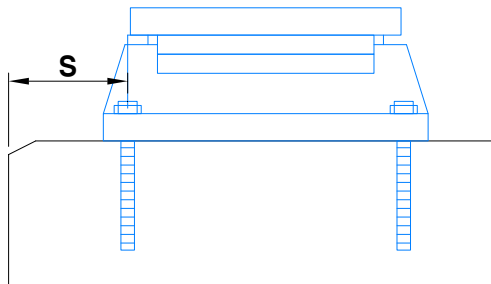
구 분	받침콘크리트 균열 (0.3미만) (m/개소)	몰탈균열 (m/개소)	몰탈보수부 재균열 (m/개소)	도장손상 (㎡/개소)	눈금게이지 설치불량 (개소)	가설철물 미제거 (개소)	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)
A1	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	8.00/8	-
P2	-	-	-	-	-	8.00/8	-
P3	-	-	-	0.08/8	-	-	-
P4	-	-	0.5/5	-	-	8.00/8	-
P5	-	-	0.5/5	-	-	1.00/1	-
P6	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-
P9	-	-	0.4/4	-	-	4.00/4	0.03/2
P10	0.3/1	-	-	-	-	-	-
P11	-	1.6/16	0.6/6	-	-	-	-
P12	0.5/5	0.4/2	-	-	1.00/1	-	-
합 계	0.8/6	2.0/18	2.0/20	0.08/8	1.00/1	29.00/29	0.03/2

	
받침콘크리트 균열(0.3mm미만, P10)	받침물탈균열(P12)
	
도장손상(P3)	가설철물 미제거(P9)
	
받침콘크리트 파손(P9)	눈금게이지 설치불량(P12)

【사진 3.3.13】 교량받침 손상현황(부산)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2010, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



- 거더의 경간길이 100m 이하

$$: S(\text{mm}) = 200 + 5L$$

- 거더의 경간길이 100m 이상

$$: S(\text{mm}) = 300 + 4L$$

여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3.8】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200+5 \times 50.0 = 450.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=70.0m) : $200+5 \times 70.0 = 550.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $300+4 \times 120.0 = 780.0(\text{mm})$

2) 연단거리 측정 결과

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



연단거리 측정 전경(A1)

연단거리 측정 전경(P9)

연단거리 측정 전경(A2)

【사진 3.3.14】 연단거리 측정 전경

【표 3.3.11】 연단거리 측정 결과(부산)

구 분	계산 연단거리 (mm)		실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1	450		620	620	O.K
P1	450		1150	1145	O.K
P2	전	450	2060	2055	O.K
	후	550	2010	2015	O.K
P3	780		1040	1060	O.K
P4	780		1100	1120	O.K
P5	780		1110	1115	O.K
P9	780		1145	1450	O.K
P10	780		1115	1120	O.K
P11	780		1110	1110	O.K
P12	780		1070	1085	O.K
A2	550		1530	1550	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 1회(24.6℃(2015.8.24)) 측정하였다.

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

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

【표 3.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(부산)

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창계수 (α)	신축거더길 이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	50	14.8	5.2	-	14.8	49.2
P1	고정단								
P2	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	50	14.8	5.2	-	14.8	5.2
				430	127.3	44.7	10.0	127.3	54.7
P3	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	360	106.6	37.4	-	106.6	37.4
P4	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	240	71.0	25.0	-	71.0	25.0
P5	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	120	35.5	43.8	-	35.5	43.8
P9	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	120	35.5	43.8	-	35.5	43.8
P10	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	240	71.0	25.0	-	71.0	25.0
P11	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	360	106.6	37.4	-	106.6	37.4
P12	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	480	142.1	50.0	-	142.1	50.0
A2	29.6	10.4	1.0×10^{-5}	550	162.8	57.2	10.0	162.8	67.2
1) 조사당시 온도 : 24.6°C(조사일 : 2015년 8월 24일, 평균온도) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방) 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)									

【표 3.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(부산)

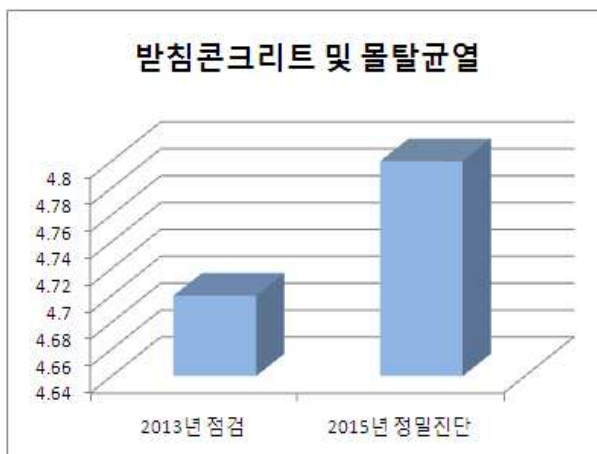
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	19.0(A2)	14.8	5.2	56	94	±75	O.K
	Sh2	20.0(A2)			55	95	±75	O.K
P1	고정단							
P2	Sh1	10.0(A1)	14.8	5.2	90	110	±100	O.K
	Sh2	10.0(A1)			90	110	±100	O.K
	Sh3	200.0(A2)	127.3	54.7	225	625	±425	O.K
	Sh4	205.0(A2)			220	630	±425	O.K
P3	Sh1	170.0(A2)	106.6	37.4	205	545	±375	O.K
	Sh2	159.0(A2)			216	534	±375	O.K
P4	Sh1	50.0(A2)	71.0	25.0	225	325	±275	O.K
	Sh2	60.0(A2)			215	335	±275	O.K
P5	Sh1	28.0(A2)	35.5	43.8	147	203	±175	O.K
	Sh2	28.0(A2)			147	203	±175	O.K
P9	Sh1	44.0(A1)	35.5	43.8	131	219	±175	O.K
	Sh2	50.0(A1)			125	225	±175	O.K
P10	Sh1	73.0(A1)	71.0	25.0	177	323	±250	O.K
	Sh2	73.0(A1)			177	323	±250	O.K
P11	Sh1	30.0(A1)	106.6	37.4	320	380	±350	O.K
	Sh2	30.0(A1)			320	380	±350	O.K
P12	Sh1	110.0(A1)	142.1	50.0	340	560	±450	O.K
	Sh2	114.0(A1)			336	564	±450	O.K
A2	Sh1	150.0(A1)	162.8	67.2	350	650	±500	O.K
	Sh2	155.0(A1)			345	655	±500	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

바. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 받침물탈균열 및 받침콘크리트 균열에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상물량은 거의 유사한 상태로 조사되었다.
- 조사된 균열은 대부분 폭 0.3mm미만 미세균열로서 금회 진단 조사 시 정밀 조삼 및 보수 부재균열이 관찰되어 손상물량의 증가가 나타난 것으로 판단된다.

【표 3.3.14】 교량받침 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
받침콘크리트 및 물탈균열(m)	4.7	4.8	



【그림 3.3.9】 교량받침 기 점검결과 비교

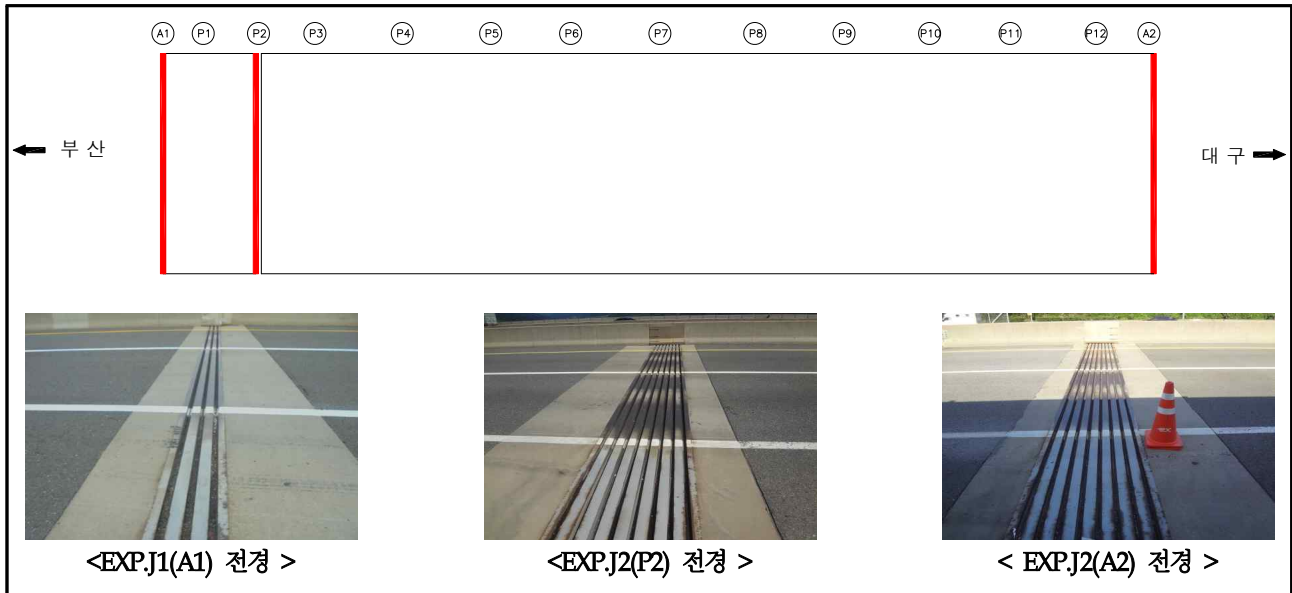
사. 검토의견

- 받침물탈균열에 대해서는 건조수축균열로서 현재 보수보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직하며, 물탈과손 개소에 대해서는 단면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 가설철물미제거는 받침 인상 작업 시 시공 미흡에 의해 발생한 손상으로서, 받침의 기능성 및 사용성에 영향을 주는 상태는 아니므로 지속관찰을 통한 유지관리가 바람직하다.
- 도장 손상의 경우 공용중 외부 우수접촉에 의한 국부적인 녹 발생으로서, 손상 정도가 경미하므로 보수보다는 진전 상태에 대한 지속관찰이 적절할 것으로 판단된다.

3.3.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 A1, P2, A2에 Rail Joint 형식으로 각 1개씩 모두 3개 시공되어 있다.



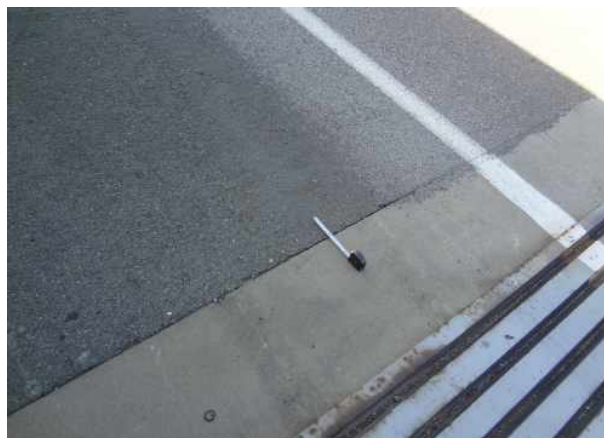
【그림 3.3.10】 신축이음장치 전경 및 배치도(부산)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 후타재에서 균열이 일부 발생한 상태이며, 갓길 구간에서 유간 내 토사퇴적과 외부 우수접촉에 의한 본체 부식 등이 조사되었다.

【표 3.3.15】 신축이음장치 외관조사 결과(부산)

위 치	구 분	손상내용	
A1	Rail Joint (No.100)	본체	▪ 본체부식(0.45m ² /1개소) ▪ 이물질퇴적(2.7m/2개소)
		기타	▪ 차수판 볼트탈락(1개소)
P2	Rail Joint (No.640)	본체	▪ 본체부식(4.50m ² /1개소) ▪ 이물질퇴적(2.5m/2개소) ▪ 하부녹발생(1.0m/1개소)
		기타	▪ 차수판 볼트탈락(1개소)
A2	Rail Joint (No.640)	본체	▪ 본체부식(3.60m ² /1개소) ▪ 후타재 이격(1.50m/1개소) ▪ 이물질퇴적(3.0m/1개소) ▪ 고무재불량, 누수(0.6m/2개소) ▪ 하부녹발생(2.4m/1개소)
		후타재	▪ 후타재 균열(1.8m/2개소)
		기타	▪ 차수판 볼트탈락(1개소)

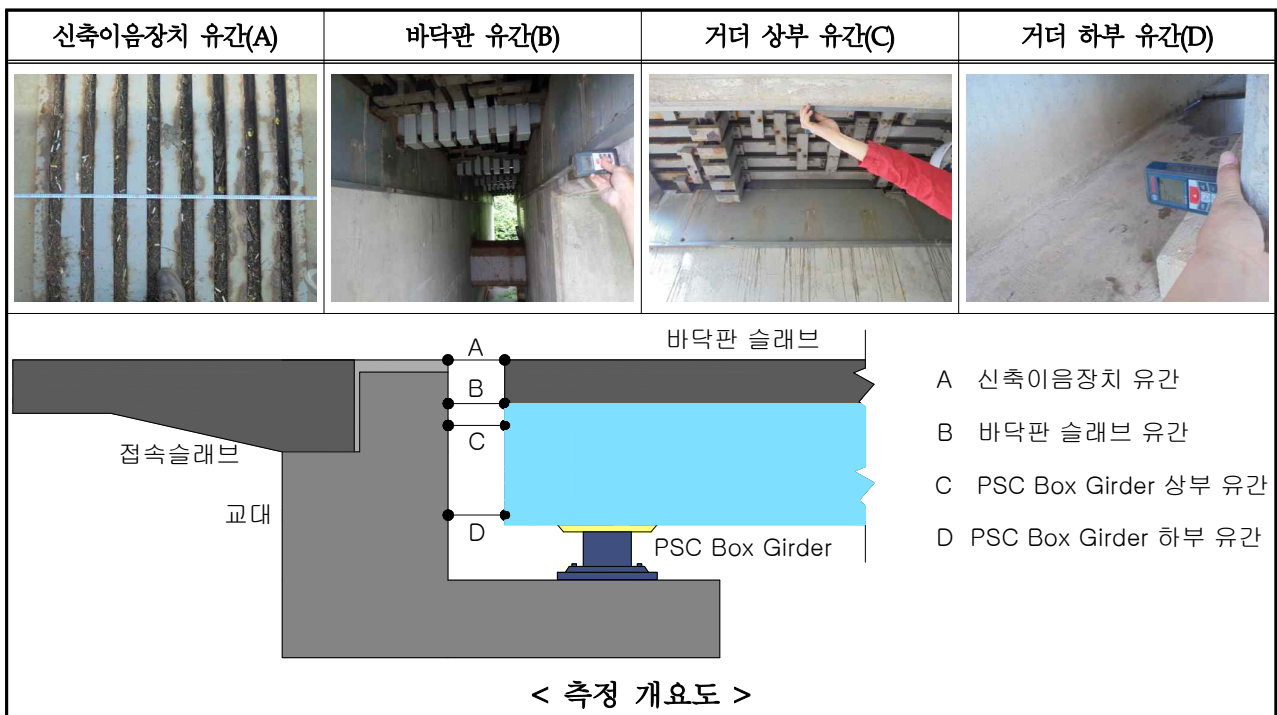
	
본체부식, 이물질퇴적(EXP.J2)	후타재균열(EXP.J3)
	
후타재 접속부 이격(EXP.J3)	신축이음 하부 녹발생(EXP.J2)
	
신축이음 누수(EXP.J3)	차수판볼트 탈락(EXP.J3)

【사진 3.3.15】 신축이음장치 손상현황(부산)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:23.3℃(8월26일), 2차:13.3℃(11월11일))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.3.16】 신축이음 유간 측정방법(부산)

【표 3.3.16】 신축이음 유간 측정결과(부산)

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)	45.0	55.0	100.0	109.0	97.0	107.0	96.0	106.0	Rail Joint(No.100)
EXP.J2(P2)	363.0	441.0	1033.0	1110.0	1036	1114.0	1037.0	1116.0	Rail Joint(No.640)
EXP.J3(A2)	399.0	489.0	1037.0	1128.0	1040	1129.0	1070.0	1158.0	Rail Joint(No.640)

- 8월(23.3℃)과 11월(13.3℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	45.0	55.0	10.0	11.2	
	바닥판 단부	100.0	109.0	9.0		
EXP.J2(P10)	신축이음장치	363.0	441.0	78.0	80.6	
	바닥판 단부	1033.0	1110.0	77.0		
EXP.J3(A2)	신축이음장치	399.0	489.0	90.0	96.3	
	바닥판 단부	1037.0	1128.0	91.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 금회 신축이음 유간을 각각 검토한 결과, EXP. J1(A1), EXP. J2(P2), EXP. J3(A2) 신축이음 전개소 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 측정되었다.

【표 3.3.18】 신축이음 신축이동량 산정(부산)

구 분	온도변화(ΔT, ℃)		선팅창 계수(α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기(최대 수축시)	하절기(최대 신장시)
EXP.J1(A1)	28.3	12.2	1.0×10^{-5}	50.0	14.2	6.1	-	14.2	6.1
EXP.J2(P2)	28.3	12.2	1.0×10^{-5}	360.0	101.9	43.9	10.0	101.9	53.9
EXP.J3(A2)	28.3	12.2	1.0×10^{-5}	430.0	121.7	52.5	10.0	121.7	62.5

1) 조사당시 온도 : 23.3℃(조사일 : 2015년 8월 26일, 평균온도, 지점:청도군)
 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(부산)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	14.2	6.1	45.0	100	40.8	38.9	O.K
	바닥판 단부	14.2	6.1	100.0	-	-	93.9	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음장치	101.9	53.9	363.0	640	175.1	309.1	O.K
	바닥판 단부	101.9	53.9	1033.0	-	-	979.1	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	121.7	62.5	399.0	640	119.3	336.5	O.K
	바닥판 단부	121.7	62.5	1037.0	-	-	974.5	O.K
주) 판정 : 0.0mm ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

라. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 공용중 외부 우수접촉 및 신축하부 누수에 의해 하부녹발생 물량이 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.3.20】 신축이음장치 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
하부 녹발생(m)	2.0	3.4	

마. 검토 결과

- EXP.J1(A1), EXP.J2(P10), EXP.J3(A2)은 활하중을 고려한 최대신장 시(35°C) 본체유간 및 바닥판, 거더 등 신축거동에 따른 충분한 여유량을 갖는 것으로 측정되었다.
- 신축이음 후타재 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로 일반적인 보수가 필요하나, 후타재의 손상은 반복된 차량의 통행으로 보수효과가 적으며, 현재 경미한 상태로서 지속관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단되며, 신축이음본체 부식 및 유간 이물질퇴적은 내구성 저하방지를 위한 재도장 및 청소가 실시되는 것이 바람직하다.
- 신축이음 하부 누수는 고무재 열화에 의한 국부적인 누수이며, 씰링처리를 통한 우수차단이 바람직하다.
- 후타재 접속부 이격은 기 점검부터 유지관리되던 손상으로서, 현재 진전은 없으며 이격부를 통한 누수 및 바닥판 손상은 없는 상태이므로 지속관찰이 필요하다.

3.3.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 편도 2차선으로 외측에 갓길이 위치하고 있다.



【사진 3.3.17】 교면포장 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 체수흔적 및 백태, 패임, 포트홀 조사되었으나, 차량의 주행성을 저해할만한 손상은 없는 것으로 조사되었다.

【표 3.3.21】 교면포장 외관조사 결과(부산)

구 분	라벨링 (m ² /개소)	망상균열 (m ² /개소)	접속도로 균열 (m/개소)	패임 (m ² /개소)	포트홀 (m ² /개소)
S1	1.00/1	-	10.0/1	-	0.02/2
S2	0.60/1	-	-	-	-
S3	9.00/2	-	-	0.03/3	-
S4	5.00/2	-	-	-	-
S5	16.00/1	33.60/2	-	-	-
S6	13.50/2	14.00/1	-	0.03/1	0.01/1
S7	13.50/3	-	-	0.05/1	-
S8	17.60/3	11.00/2	-	-	-
S9	1.25/1	-	-	0.03/2	-
S10	24.00/2	12.00/1	-	0.10/1	-
S11	3.00/1	57.50/2	-	-	-
S12	5.00/1	-	-	-	-
S13	3.60/2	-	-	1.49/2	-
합 계	113.05/22	128.10/8	10.0/1	1.73/10	0.03/3



【사진 3.3.18】 교면포장 손상현황(부산)

다. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 반복적인 중차량통행에 의해 패임 및 라벨링 손상물량이 다소 증가된 상태이나, 정도가 경미하므로, 상태변화에 대한 지속관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 3.3.22】 포장 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
패임, 포트홀	0.81	1.76	
라벨링	36.18	113.05	



【그림 3.3.11】 포장 기 점검결과 비교(부산)

라. 검토 의견

- 패임 및 라벨링의 경우, 기 점검 대비 추가 조사되었으며, 국부적인 패임 및 포트홀의 경우 일부 재포장 보수가 이루어져 물량이 감소되었다. 현재 조사된 손상들은 차량주행성의 영향을 주는 상태는 아니므로 지속적인 관찰이 바람직하다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 고정대교(부산)는 동창천 횡단 교량으로 횡단구배에 따라 캔틸레버에 설치되어 있으며 배수관에 설치형태는 육교형 및 하천형 원형 파이프가 설치된 것으로 조사되었다.



【사진 3.3.19】 배수관 전경

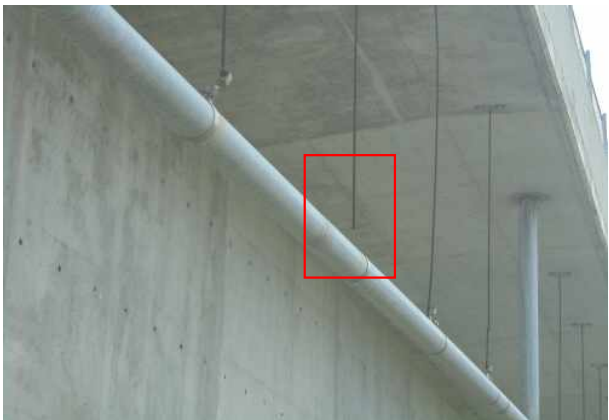
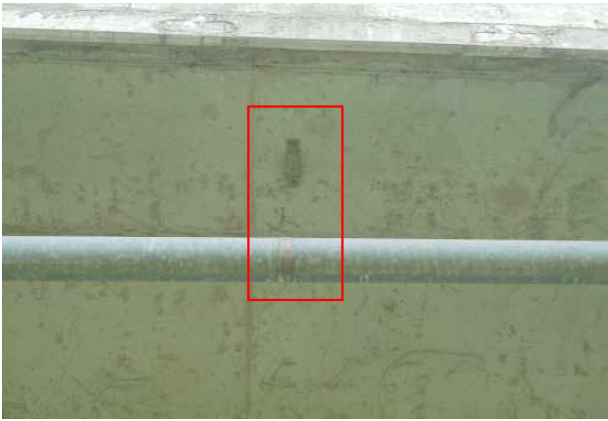
2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수관 설치 연결 자재 손상, 배수구 그레이팅 미설치 등이 조사되었다.

【표 3.3.23】 배수시설 외관조사 결과(부산)

구 분	배수관 너트이완 (개소)	배수관 연결고리탈락 (개소)	배수관 연결재 탈락 (개소)	배수관 연결편 탈락 (개소)
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	1.00/1	-	1.00/1	-
S4	1.00/1	-	-	-
S5	-	-	1.00/1	-
S6	-	-	1.00/1	-
S7	-	2.00/2	1.00/1	1.00/1
S8	1.00/1	-	-	-
S9	-	-	-	-
S10	-	-	-	-
S11	2.00/2	2.00/2	1.00/1	-
S12	-	-	-	-
S13	-	4.00/4	2.00/2	-
합 계	5.00/5	8.00/8	7.00/7	1.00/1

구 분	배수관 너트탈락 (개소)	접속부 유도배수관 길이부족 (개소)	후타재 유도배수관 길이부족 (m/개소)	배수구 그레이팅 미설치 (개소)
S1	-	-	-	-
S2	-	1.00/1	1.00/1	1.00/1
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	3.00/3	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	1.00/1	-	-	-
S9	-	-	-	-
S10	-	-	-	-
S11	-	-	-	-
S12	-	-	-	-
S13	-	-	2.50/1	-
합 계	4.00/4	1.00/1	3.50/2	1.00/1

	
배수관 고정고리 너트이완(S11)	배수관 연결고리 탈락(S7)
	
배수관 연결재 탈락(S6)	배수관 너트 탈락(S8)
	
접속부, 후타재 유도배수관 길이부족(S2)	배수관 연결고리 탈락(S13)

【사진 3.3.20】 교면포장 손상현황(부산)

3) 검토 의견

- 현재 고정대교(부산)의 배수시설은 대체적으로 양호한 상태이나 배수관 연결재 손상이 급회 진단 과업 시 정밀조사를 통해 추가 조사되었으며, 상부 배수구 그레이팅 미설치가 조사되었다. 따라서 배수관 내구성 향상을 위해 연결재 손상에 대해서는 적정 보수가 실시되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

라. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 대상교량의 방호벽 방호벽은 철근콘크리트로 시공된 상태이며, 도보를 통한 외관조사를 실시하였다.



차량방호벽 전경

【사진 3.3.21】 난간 및 연석 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 폭 0.1~0.3mm 균열 및 균열부백태, 백태, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.

【표 3.3.24】 방호벽 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)	균열 (0.3mm이상) (m/개소)	균열부백태 (㎡/개소)	텔리네이터 파손 (개소)	방호벽 및 방음벽 단차 (m/개소)
S1	1.2/1	-	-	-	-
S2	1.5/1	-	-	-	-
S3	0.2/2	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-
S6	-	-	0.10/1	-	-
S7	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-
S9	1.0/1	-	1.40/2	-	-
S10	-	-	1.00/1	-	-
S11	-	3.0/1	-	0.30/2	-
S12	16.6/13	-	-	-	-
S13	2.6/17	-	6.20/3	-	-
합 계	62.6/66	3.0/1	18.34/12	4.68/7	0.09/2

【표 3.3.24】 방호벽 외관조사 결과(부산,계속)

구 분	백태 (㎡/개소)	차량충돌 흔적 (㎡/개소)	철근노출 (m/개소)	파손(차량충돌) (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)
S1	1.2/1	-	-	-	-
S2	1.5/1	-	-	-	-
S3	0.2/2	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-
S6	-	-	0.10/1	-	-
S7	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-
S9	1.0/1	-	1.40/2	-	-
S10	-	-	1.00/1	-	-
S11	-	3.0/1	-	0.30/2	-
S12	16.6/13	-	-	-	-
S13	2.6/17	-	6.20/3	-	-
합 계	62.6/66	3.0/1	18.34/12	4.68/7	0.09/2



【사진 3.3.22】 난간 및 연석 손상현황(부산)

 2013점검	
방호벽 및 방음벽단차(S13)	백태(S7)
	
차량충돌흔적(S3)	철근노출(S7)
	
파손(차량충돌)(S5)	파손(S10)

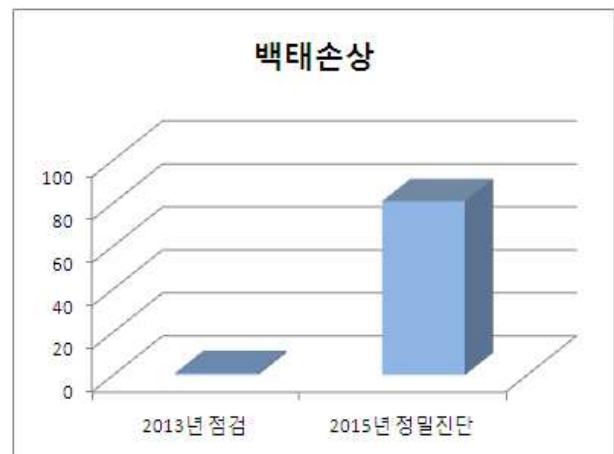
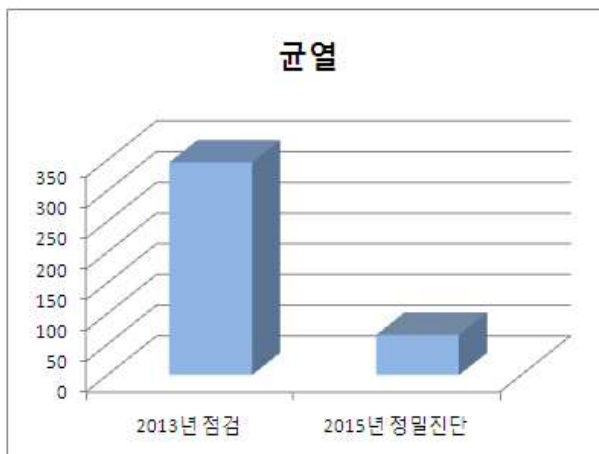
【사진 3.3.22】 난간 및 연석 손상현황(부산,계속)

3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 정밀조사를 통하여 균열 및 백태가 다소 추가 조사되었으며, 백태 손상의 경우 내구성 향상을 위한 표면처리가 바람직하다.

【표 3.3.25】 방호벽 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(m)	346.4	65.6	
백태손상	1.04	80.94	



【그림 3.3.12】 방호벽 기 점검결과 비교(부산)

3) 검토 의견

- 방호벽의 발생한 균열은 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 금회 진단 시 정밀조사에 의해 물량변화가 나타난 것으로 판단된다. 균열은 손상정도에 따라 주입보수 및 지속관찰이 바람직하며, 백태의 경우 내구성 저하방지를 위한 표면처리 실시가 적절할 것으로 판단된다.
- 기 점검 시 조사된 균열은 현재 백태를 동반한 양상을 띄며, 백태가 동반된 균열은 내구성 저하방지를 위한 표면처리가 바람직하며, 일부 폭 0.3mm 균열의 경우 주입보수를 실시하여 관리하는 것이 적절하다.
- 방호벽 단차부는 기 점검과 유사한 상태로서, 현재 진전은 없는상태이며, 차량충돌 등에 의한 파손 및 소규모 단면손상들이 추가 조사되었다.

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

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황(대구)

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)	54	14	54	14	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	54	14	54	14	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	54	14	54	14	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 6~9개소 ²⁾		6~9		4	5	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ³⁾		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		1	1	폭=0.3mm이상 균열
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시							

【표 3.4.2】 콘크리트 비파괴시험 현황(부산)

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)	54	14	54	14	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	54	14	54	14	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	54	14	54	14	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 6~9개소 ²⁾		6~9		4	5	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ³⁾		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		1	-	폭=0.3mm이상 균열
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시							

2) 콘크리트 강도시험 위치 선정사유

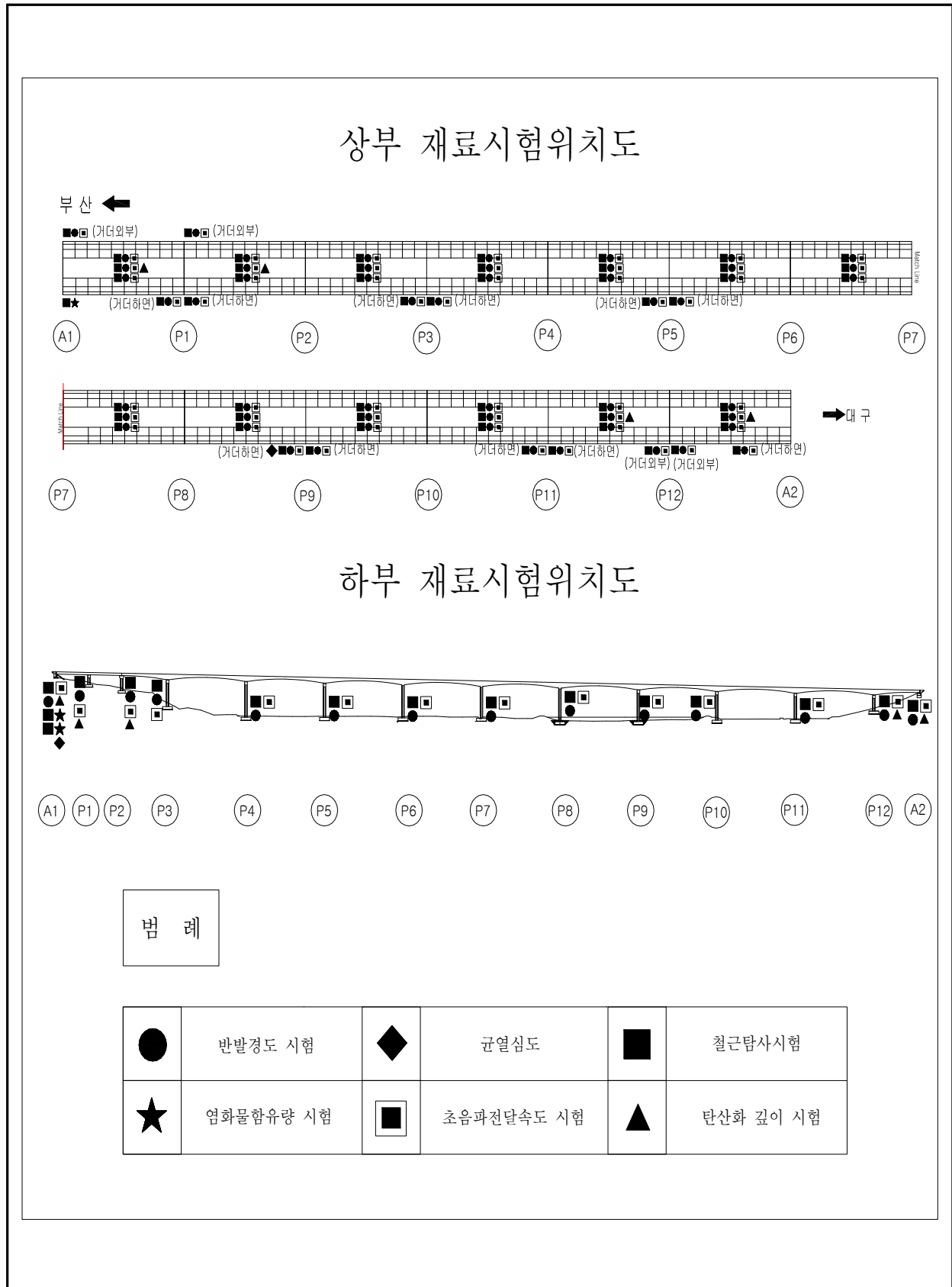
강도시험 위치는 상·하부의 강도를 대표할 수 있으며, 기 점검에서 실시 되었던 주변 부위에 시험장소를 선정하였으며, 접근성이 용이하고 콘크리트표면의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

3) 조사 사진

			
반발경도시험	초음파전달속도시험	탄산화 깊이 측정	철근탐사시험

【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도(대구)



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(대구)

5) 콘크리트 내구성조사 위치도(부산)



【그림 3.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(부산)

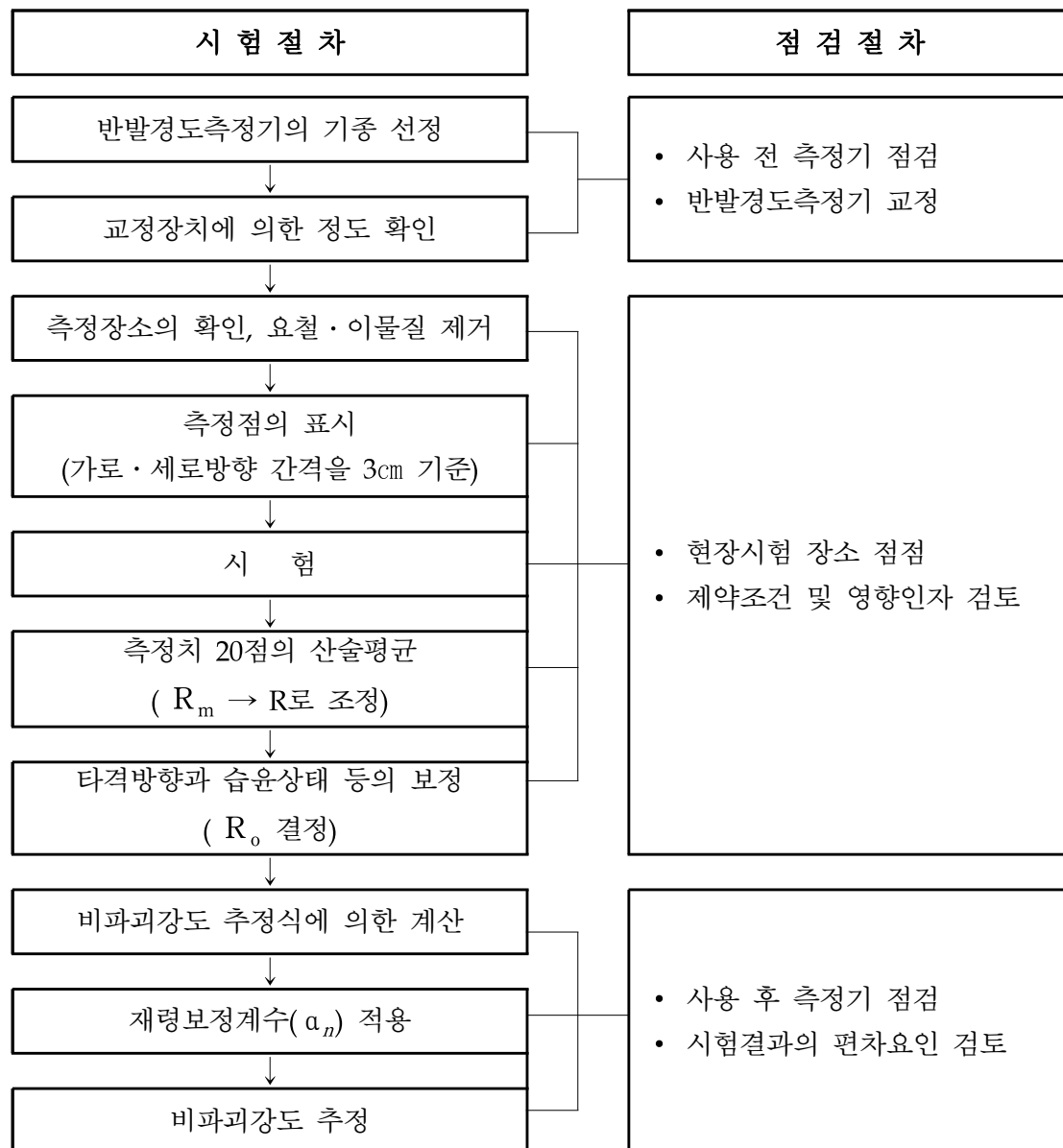
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3.4.3】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.4.3】 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		<table><tr><th rowspan="2">$R \backslash \alpha$</th><th colspan="4">보 정 값</th></tr><tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.5</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.2</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table>				$R \backslash \alpha$	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
		$R \backslash \alpha$	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 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정																																												
측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정																																												

③ 압축강도의 추정

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

$$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$$

【표 3.4.4】 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 고강도식	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.1$	금회 적용(식③)
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/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 보정 계수 α 는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

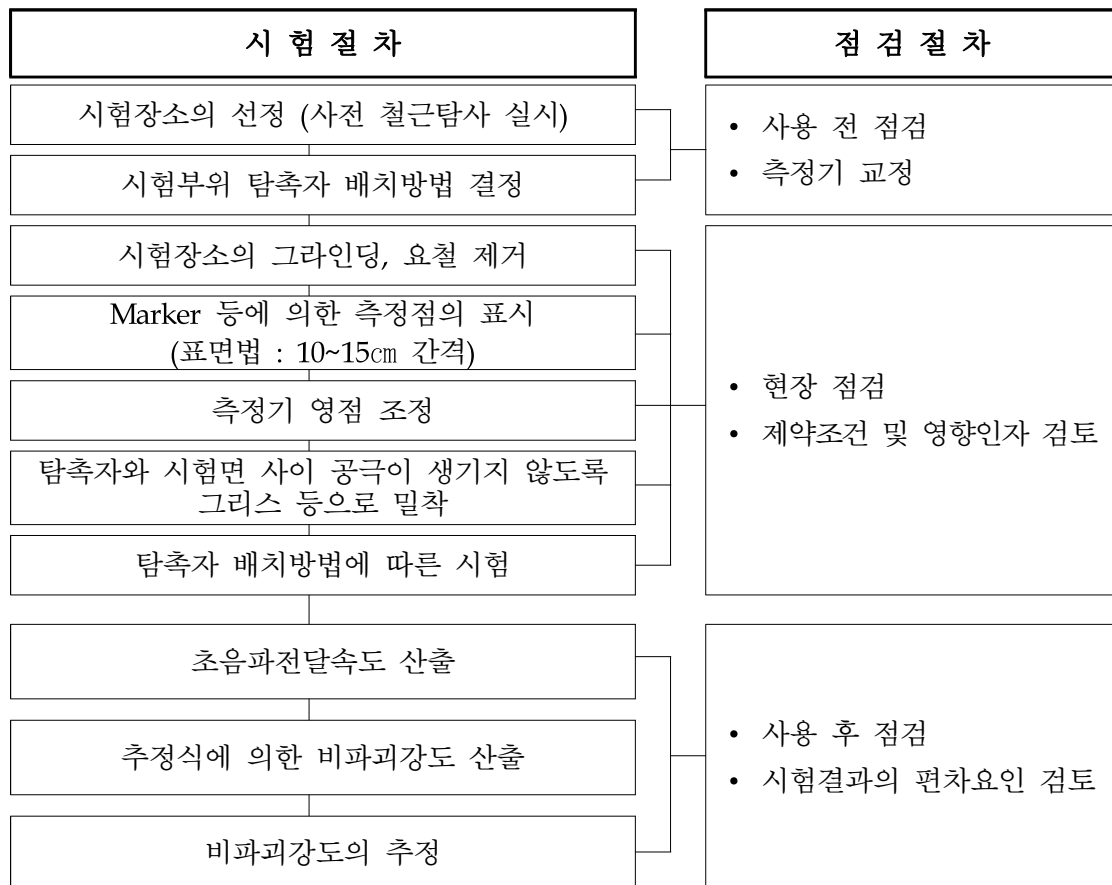
【표 3.4.5】 재령계수 α 값

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



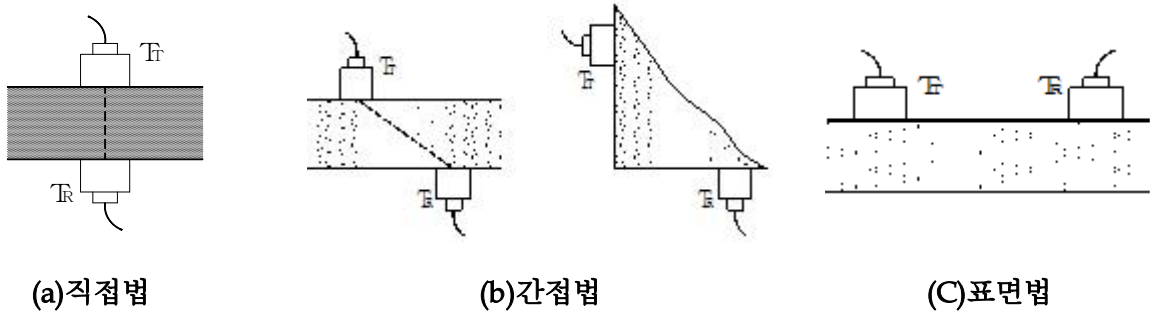
【그림 3.4.4】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

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

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

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



【그림 3.4.5】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

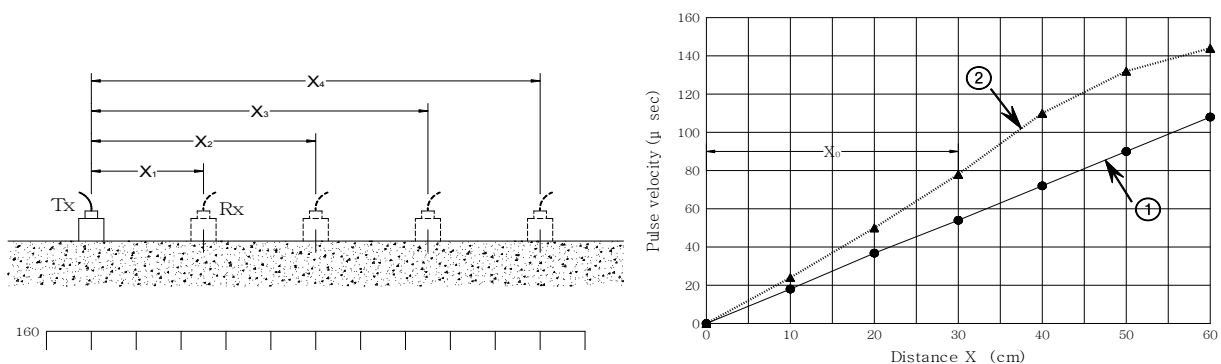
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

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

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

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



【그림 3.4.6】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

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

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

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

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.4.6】 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)
일본재료학회	$F_c = (102 V_d - 117) \times 0.098$	-
한전기술연구원	$F_c = (339.1 V_d - 1107) \times 0.098$	금회 적용(식⑤)
谷川の 제안식	$F_c = (172.5 V_d - 499.6) \times 0.098$	-
김무한 외 추정식	$F_c = 33.53 V_d - 103.38$	금회 적용(식⑥)
※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s) ※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/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 그림에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

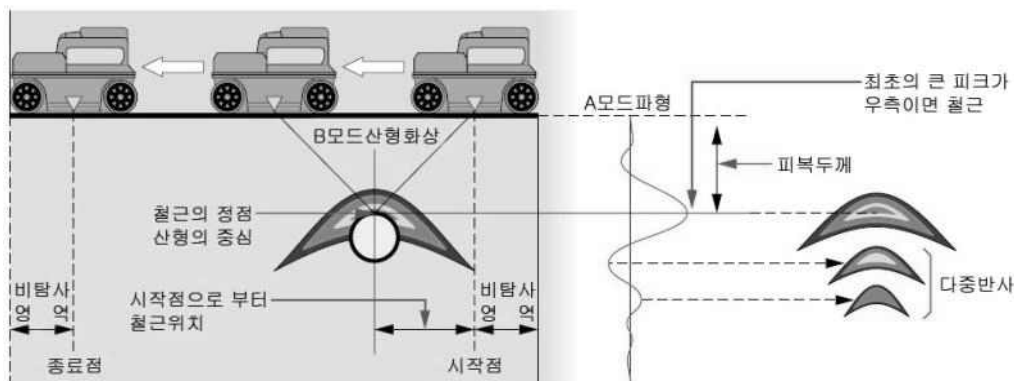
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

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

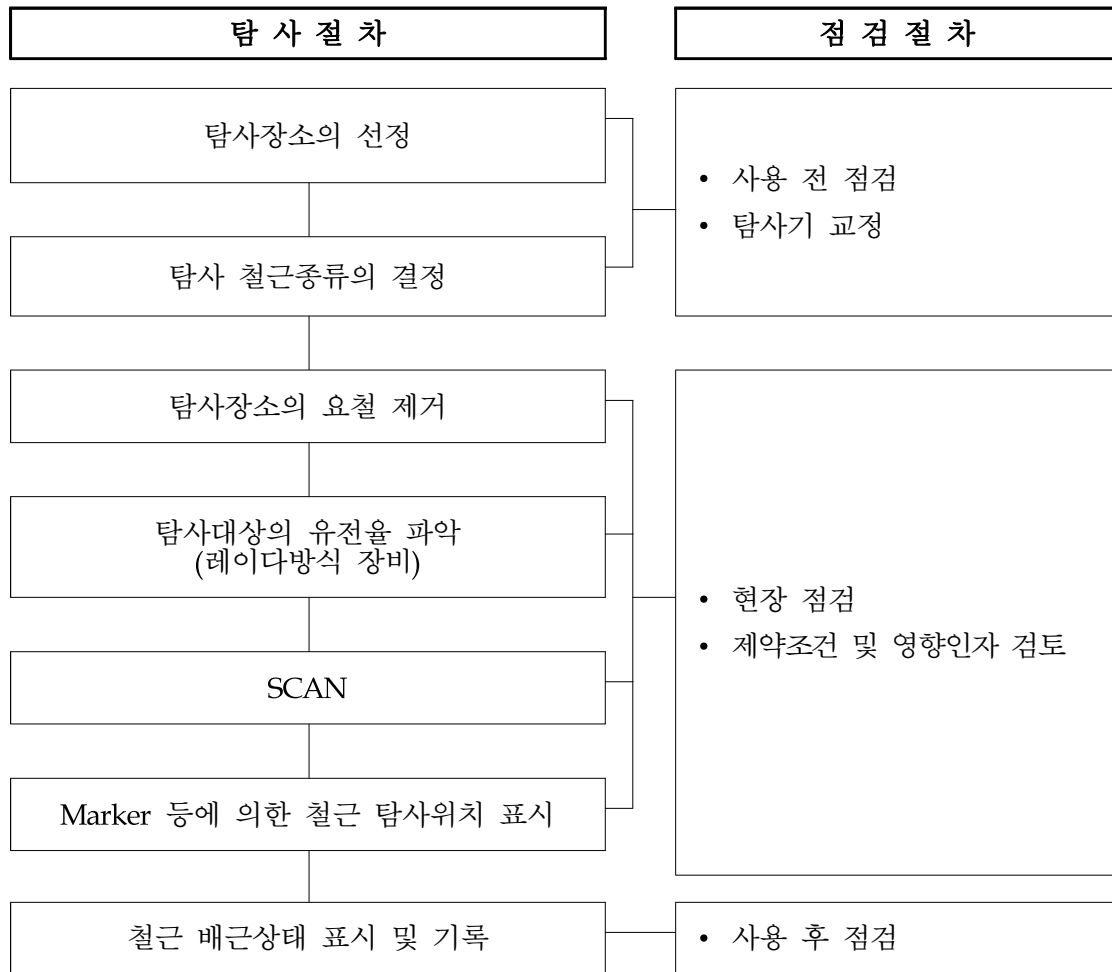
$$D = 1/2 V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.4.7】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.4.8】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

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

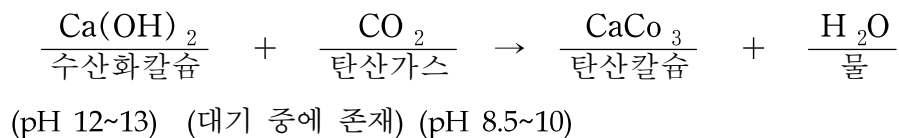
② 적용한계

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

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

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



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적인 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성 면에서 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 3.4.9】 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 3.4.7】 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

【표 3.4.7】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	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 강 알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

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

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

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

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.4.8】 탄산화 상태평가 기준

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

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

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

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

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

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

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

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

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

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

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

② 콘크리트 구조기준

【표 3.4.9】 염화물 평가기준(콘크리트 구조기준)

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl ⁻), 시멘트의 질량에 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 3.4.10】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

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

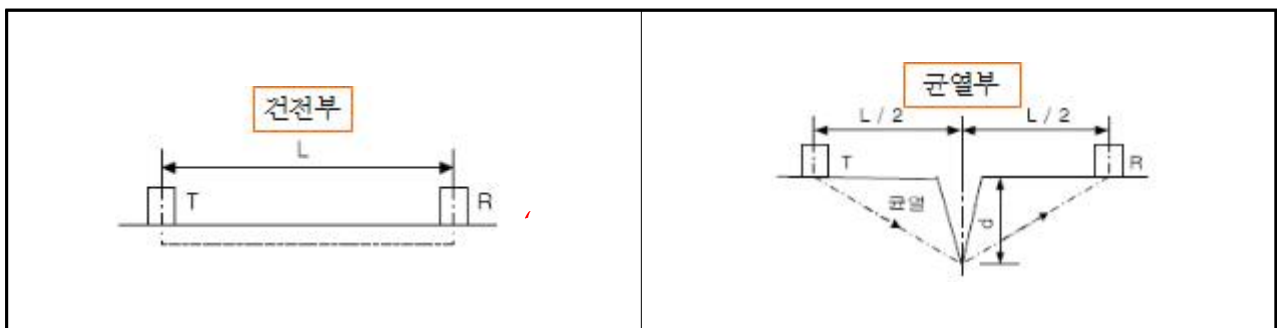
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 $T_c - T_o$ 법으로 구한다.

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

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐측자와 수신탐측자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 T_o 를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 $X=10\text{cm}$ 를 적용하였다.

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



【그림 3.4.10】 $T_c - T_o$ 법에 의한 탐측자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 대구방향

1) 콘크리트 강도시험

- 고정대교(대구)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 68개소) 및 초음파전달속도시험(총 68개소)을 실시하였으며, 검토결과는 아래의 표와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.11】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

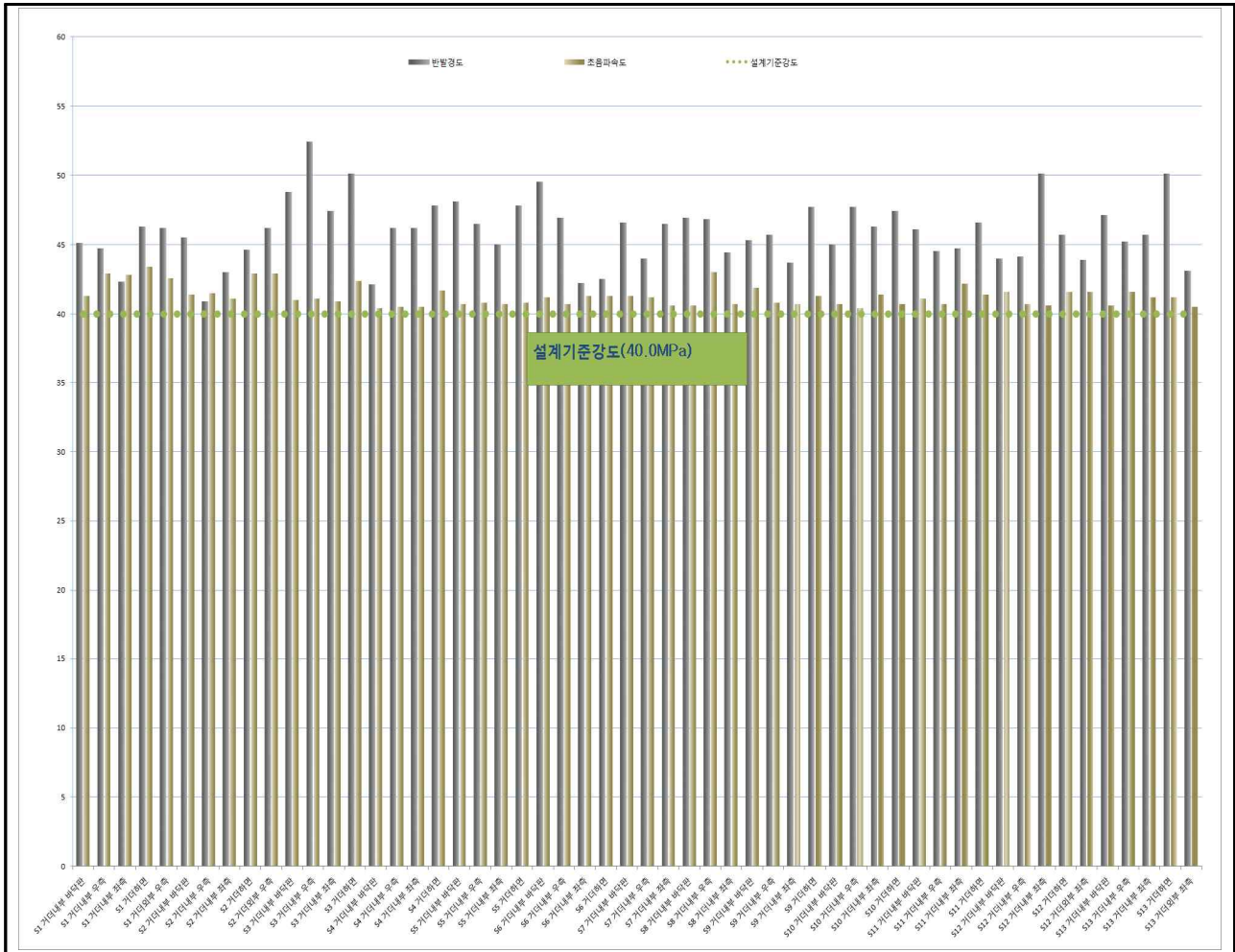
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S1 거터내부 바닥판	54.5	4.31	45.1	41.3	40.0
	S1 거터내부 우측	54.1	4.36	44.7	42.9	
	S1 거터내부 좌측	51.6	4.36	42.3	42.8	
	S1 거터하면	55.8	4.38	46.3	43.4	
	S1 거터외부 우측	55.7	4.35	46.2	42.6	
	S2 거터내부 바닥판	54.9	4.32	45.5	41.4	
	S2 거터내부 우측	50.1	4.32	40.9	41.5	
	S2 거터내부 좌측	52.3	4.31	43.0	41.1	
	S2 거터하면	54.0	4.36	44.6	42.9	
	S2 거터외부 우측	55.7	4.36	46.2	42.9	
	S3 거터내부 바닥판	58.4	4.31	48.8	41.0	
	S3 거터내부 우측	62.1	4.31	52.4	41.1	
	S3 거터내부 좌측	56.9	4.30	47.4	40.9	
	S3 거터하면	59.8	4.35	50.1	42.4	

【표 3.4.11】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속 도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S4 거더내부 바닥판	66.8	4.29	42.1	40.4	40.0
	S4 거더내부 우측	73.4	4.29	46.2	40.5	
	S4 거더내부 좌측	55.7	4.29	46.2	40.5	
	S4 거더하면	57.3	4.33	47.8	41.7	
	S5 거더내부 바닥판	57.7	4.30	48.1	40.7	
	S5 거더내부 우측	56.0	4.30	46.5	40.8	
	S5 거더내부 좌측	54.4	4.30	45.0	40.7	
	S5 거더하면	57.3	4.30	47.8	40.8	
	S6 거더내부 바닥판	59.1	4.31	49.5	41.2	
	S6 거더내부 우측	56.4	4.30	46.9	40.7	
	S6 거더내부 좌측	51.5	4.31	42.2	41.3	
	S6 거더하면	51.8	4.32	42.5	41.3	
	S7 거더내부 바닥판	56.1	4.31	46.6	41.3	
	S7 거더내부 우측	53.4	4.31	44.0	41.2	
	S7 거더내부 좌측	56.0	4.29	46.5	40.6	
	S8 거더내부 바닥판	56.4	4.30	46.9	40.6	
	S8 거더내부 우측	56.3	4.37	46.8	43.0	
	S8 거더내부 좌측	53.8	4.30	44.4	40.7	

【표 3.4.11】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S9 거터내부 바닥판	54.7	4.33	45.3	41.9	40.0
	S9 거터내부 우측	55.1	4.30	45.7	40.8	
	S9 거터내부 좌측	53.0	4.30	43.7	40.7	
	S9 거터하면	57.2	4.31	47.7	41.3	
	S10 거터내부 바닥판	54.4	4.30	45.0	40.7	
	S10 거터내부 우측	57.2	4.29	47.7	40.4	
	S10 거터내부 좌측	55.8	4.32	46.3	41.4	
	S10 거터하면	56.9	4.30	47.4	40.7	
	S11 거터내부 바닥판	55.6	4.31	46.1	41.1	
	S11 거터내부 우측	53.9	4.30	44.5	40.7	
	S11 거터내부 좌측	54.1	4.34	44.7	42.2	
	S11 거터하면	56.1	4.32	46.6	41.4	
	S12 거터내부 바닥판	53.4	4.32	44.0	41.6	
	S12 거터내부 우측	53.5	4.30	44.1	40.7	
	S12 거터내부 좌측	59.8	4.29	50.1	40.6	
	S12 거터하면	55.2	4.32	45.7	41.6	
	S12 거터외부 좌측	53.3	4.32	43.9	41.6	
	S13 거터내부 바닥판	56.6	4.29	47.1	40.6	
	S13 거터내부 우측	54.6	4.32	45.2	41.6	
	S13 거터내부 좌측	55.1	4.31	45.7	41.2	
	S13 거터하면	59.7	4.32	50.1	41.2	
	S13 거터외부 좌측	52.4	4.29	43.1	40.5	
	평 균			45.9	41.3	
	표준편차			2.3	0.8	
	변동계수			4.9	2.0	



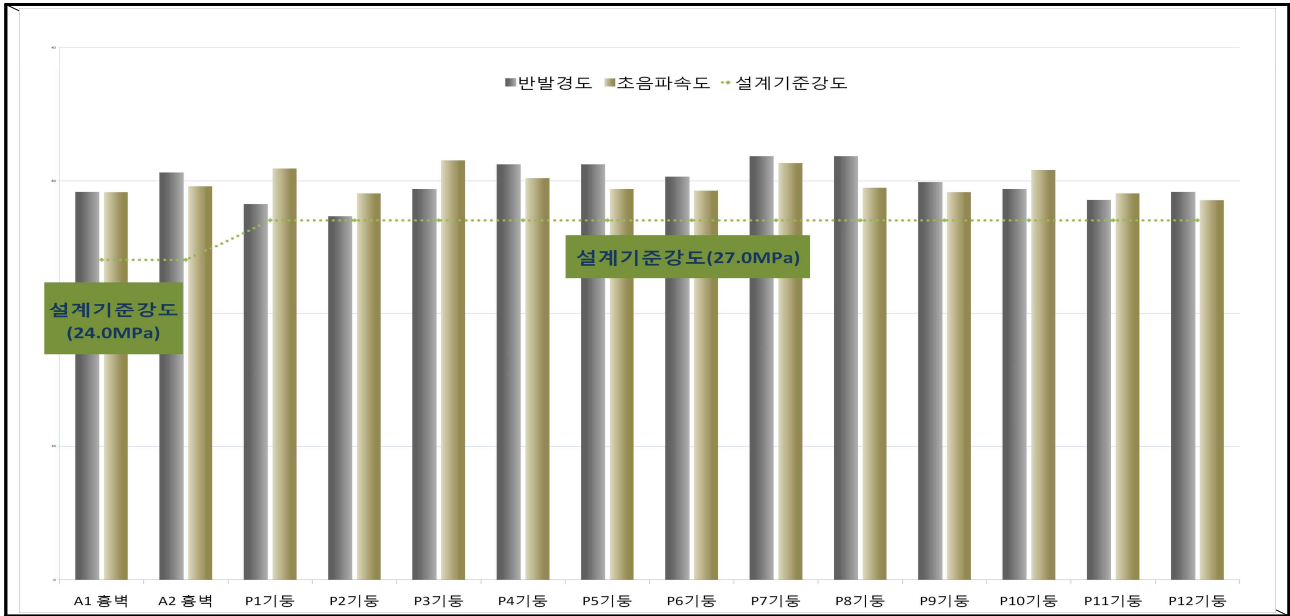
【그림 3.4.11】 상부구조 평균압축강도 추정결과(대구)

【표 3.4.12】 하부구조(교대) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부 구조	A1 흥벽	50.6	4.19	29.2	29.0	29.1	27.5	30.7	29.1	24.0
	A2 흥벽	53.0	4.21	31.1	30.1	30.6	27.9	31.3	29.6	
	평 균			30.2	29.6	29.9	27.7	31.0	29.4	
	표준편차			1.3	0.8	1.1	0.3	0.4	0.4	
	변동계수			4.5	2.6	3.6	1.0	1.4	1.2	

【표 3.4.13】 하부구조(교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부 구조	P1기둥	49.2	4.25	28.0	28.4	28.2	28.9	32.9	30.9	27.0
	P2기둥	47.7	4.19	26.8	27.7	27.3	27.4	30.6	29.0	
	P3기둥	51.1	4.28	29.5	29.2	29.4	29.3	33.6	31.5	
	P4기둥	54.0	4.23	31.9	30.5	31.2	28.3	32.0	30.2	
	P5기둥	53.9	4.20	31.8	30.5	31.2	27.7	31.1	29.4	
	P6기둥	52.6	4.19	30.7	29.9	30.3	27.5	30.8	29.2	
	P7기둥	54.9	4.27	32.6	30.9	31.8	29.2	33.4	31.3	
	P8기둥	54.9	4.20	32.6	30.9	31.8	27.8	31.2	29.5	
	P9기둥	52.0	4.19	30.2	29.6	29.9	27.5	30.7	29.1	
	P10기둥	51.10	4.25	29.5	29.2	29.4	28.8	32.8	30.8	
	P11기둥	49.7	4.18	28.4	28.6	28.5	27.4	30.5	29.0	
	P12기둥	50.6	4.17	29.2	29.0	29.1	27.0	30.0	28.5	
	평 균			30.1	29.5	29.8	28.1	31.6	29.9	
	표준편차			1.9	1.0	1.5	0.8	1.2	1.0	
	변동계수			6.2	3.5	4.9	2.8	3.9	3.4	



【그림 3.4.12】 하부구조 평균압축강도 추정결과(대구)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 102.3~131.0%, 하부구조 : 113.8~132.5%로 상·하부 구조 모두 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 100.9~108.5%, 하부구조 : 105.6~123.3%로 상·하부 구조 모두 초음파속도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 상·하부의 강도는 설계강도에 100%이상으로 조사되어, 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 고정대교(대구) 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.14】 비파괴강도 시험결과 분석(대구)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	40.9~52.4	40.0	102.3~131.0
	초음파속도법	40.4~43.4		100.9~108.5
하부 구조	반발경도법	27.3~31.8	24.0/27.0	113.8~132.5
	초음파속도법	28.5~31.5		105.6~123.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.15】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조	40.4~45.1	40.9~52.4	40.0
	하부구조	24.6~29.6	28.5~31.5	24.0/27.0
검토의견		▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도 저하는 없는 것으로 판단됨		

2) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 68개소(상부구조 54개소, 하부구조 14개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.16】 철근탐사 상부구조 시험결과(대구)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 께	배 근 간 격	피 복 두 께	
상부 구조	S1	거더내부	주철근	150	40	150	43.0	
		바닥판	배력철근	150	56	140	62.0	
		거더내부	주철근	150	40	143	45.0	
		우측	배력철근	150	62	148	74.0	
		거더내부	주철근	150	40	160	42.0	
		좌측	배력철근	150	62	153	71.0	
		거더하면	주철근	150	40	150	40.0	
			배력철근	150	56	143	56.0	
	S2	거더외부	주철근	150	40	140	47.0	
		우측	배력철근	150	62	140	70.0	
		거더내부	주철근	150	40	151	36.0	
		바닥판	배력철근	150	56	152	50.0	
		거더내부	주철근	150	40	150	50.0	
		우측	배력철근	150	62	155	73.0	
		거더내부	주철근	150	40	158	50.0	
		좌측	배력철근	150	62	148	70.0	
		거더하면	주철근	150	40	152	46.0	
			배력철근	150	56	140	61.0	
		거더외부	주철근	150	40	148	40.0	
		우측	배력철근	150	62	153	55.0	

【표 3.4.16】 철근탐사 상부구조 시험결과(대구,계속)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
상부 구조	S3	거더내부	주철근	150	40	153.0	41.0	
		바닥판	배력철근	150	56	145.0	58.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	49.0	
		우측	배력철근	150	62	145.0	70.0	
		거더내부	주철근	150	40	146.0	50.0	
		좌측	배력철근	150	62	145.0	72.0	
		거더하면	주철근	150	40	148.0	43.0	
			배력철근	150	56	155.0	66.0	
	S4	거더내부	주철근	150	40	157.0	38.0	
		바닥판	배력철근	150	56	160.0	55.0	
		거더내부	주철근	150	40	143.0	37.0	
		우측	배력철근	150	62	140.0	55.0	
		거더내부	주철근	150	40	150.0	47.0	
		좌측	배력철근	150	62	147.0	61.0	
		거더하면	주철근	150	40	153.0	46.0	
			배력철근	150	56	150.0	62.0	
	S5	거더내부	주철근	150	40	153.0	36.0	
		바닥판	배력철근	150	56	158.0	55.0	
		거더내부	주철근	150	40	160.0	42.0	
		우측	배력철근	150	62	145.0	72.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	46.0	
		좌측	배력철근	150	62	148.0	68.0	
		거더하면	주철근	150	40	140.0	39.0	
			배력철근	150	56	157.0	53.0	
	S6	거더외부	주철근	150	40	155.0	34.0	
		우측	배력철근	150	56	140.0	51.0	
		거더내부	주철근	150	40	155.0	42.0	
		바닥판	배력철근	150	62	160.0	64.0	
		거더내부	주철근	150	40	140.0	41.0	
		우측	배력철근	150	62	140.0	68.0	
		거더내부	주철근	150	40	141.0	49.0	
		좌측	배력철근	150	56	153.0	66.0	
	S7	거더내부	주철근	150	40	140.0	44.0	
		바닥판	배력철근	150	62	143.0	63.0	
		거더내부	주철근	150	40	160.0	35.0	
		우측	배력철근	150	56	140.0	65.0	
		거더내부	주철근	150	40	158.0	41.0	
		좌측	배력철근	150	62	148.0	64.0	
	S8	거더내부	주철근	150	40	143.0	41.0	
		바닥판	배력철근	150	56	148.0	66.0	
		거더내부	주철근	150	40	153.0	48.0	
		우측	배력철근	150	62	143.0	65.0	
		거더내부	주철근	150	40	140.0	47.0	
		좌측	배력철근	150	62	160.0	56.0	

【표 3.4.16】 철근탐사 상부구조 시험결과(대구,계속)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
상부 구조	S9	거더내부	주철근	150	40	146.0	41.0	
		바닥판	배력철근	150	56	147.0	59.0	
		거더내부	주철근	150	40	140.0	41.0	
		우측	배력철근	150	62	150.0	71.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	49.0	
		좌측	배력철근	150	62	148.0	69.0	
		거더하면	주철근	150	40	146.0	42.0	
			배력철근	150	56	155.0	64.0	
	S10	거더내부	주철근	150	40	142.0	43.0	
		바닥판	배력철근	150	56	147.0	61.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	49.0	
		우측	배력철근	150	62	155.0	72.0	
		거더내부	주철근	150	40	148.0	44.0	
		좌측	배력철근	150	62	153.0	65.0	
		거더하면	주철근	150	40	153.0	44.0	
			배력철근	150	56	150.0	62.0	
	S11	거더내부	주철근	150	40	150.0	38.0	
		바닥판	배력철근	150	56	153.0	59.0	
		거더내부	주철근	150	40	155.0	49.0	
		우측	배력철근	150	62	140.0	71.0	
		거더내부	주철근	150	40	150.0	41.0	
		좌측	배력철근	150	62	140.0	66.0	
		거더하면	주철근	150	40	150.0	41.0	
			배력철근	150	56	142.0	56.0	
	S12	거더내부	주철근	150	40	148.0	38.0	
		바닥판	배력철근	150	56	150.0	58.0	
		거더내부	주철근	150	40	153.0	50.0	
		우측	배력철근	150	62	153.0	63.0	
		거더내부	주철근	150	40	160.0	49.0	
		좌측	배력철근	150	62	155.0	65.0	
		거더하면	주철근	150	40	143.0	45.0	
			배력철근	150	56	157.0	64.0	
	S13	거더외부	주철근	150	40	148.0	41.0	
		좌측	배력철근	150	62	160.0	69.0	
		거더내부	주철근	150	40	155.0	35.0	
		바닥판	배력철근	150	56	143.0	58.0	
		거더내부	주철근	150	40	153.0	47.0	
		우측	배력철근	150	62	150.0	71.0	
		거더내부	주철근	150	40	143.0	41.0	
		좌측	배력철근	150	62	145.0	71.0	
		거더하면	주철근	150	40	144.0	43.0	
			배력철근	150	56	145.0	59.0	
		거더외부	주철근	150	40	148.0	41.0	
		좌측	배력철근	150	62	160.0	69.0	

【표 3.4.17】 철근탐사 하부구조 시험결과(대구)

구 분		철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
			배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
하부구조	A1 홍벽	수직철근	200	92	195.0	94.0	
		수평철근	150	108	145.0	102.0	
	A2 홍벽	수직철근	200	92	195.0	84.0	
		수평철근	150	108	150.0	100.0	
	P1 기둥	수직철근	125	84	130.0	80.0	
		수평철근	150/300	65	305.0	66.0	
	P2 기둥	수직철근	125	84	122.0	82.0	
		수평철근	150/300	65	310.0	67.0	
	P3 기둥	수직철근	125	84	118.0	84.0	
		수평철근	150/300	65	295.0	65.0	
	P4 기둥	수직철근	125	84	115.0	78.0	
		수평철근	150/300	65	154.0	58.0	
	P5 기둥	수직철근	125	84	128.0	91.0	
		수평철근	150/300	65	153.0	59.0	
	P6 기둥	수직철근	125	84	130.0	89.0	
		수평철근	150/300	65	155.0	68.0	
	P7 기둥	수직철근	125	84	127.0	93.0	
		수평철근	150/300	65	145.0	73.0	
	P8 기둥	수직철근	125	84	130.0	74.0	
		수평철근	150/300	65	140.0	58.0	
	P9 기둥	수직철근	125	84	122.0	85.0	
		수평철근	150/300	65	300.0	68.0	
	P10 기둥	수직철근	125	84	123.0	92.0	
		수평철근	150/300	65	310.0	70.0	
	P11 기둥	수직철근	125	84	125.0	87.0	
		수평철근	150/300	65	140.0	71.0	
	P12 기둥	수직철근	125	84	122.0	86.0	
		수평철근	150/300	65	305.0	68.0	

3) 탄산화 깊이 측정

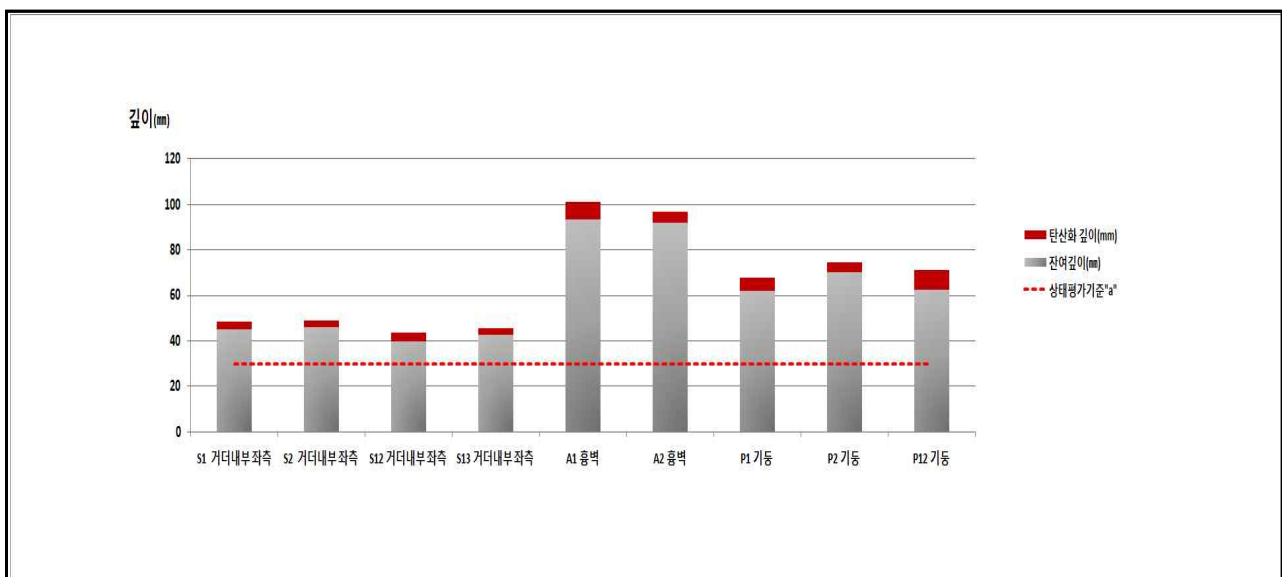
탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 4개소, 하부구조 5개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가 “a”로 평가되었다.

또한, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.18】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(대구)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 거터내부 좌측	3.5	49.0	45.5	a	1.11	1950	100년이상
	S2 거터내부 좌측	3.0	49.0	46.0	a	0.95	2658	
	S12 거터내부 좌측	4.0	42.0	38.0	a	1.26	1093	
	S13 거터내부 좌측	3.0	45.0	42.0	a	0.95	2240	
하부 구조	A1 홍벽	7.5	94.0	86.5	a	2.37	1561	100년이상
	A2 홍벽	5.0	84.0	89.0	a	1.58	2812	
	P1 기둥	6.0	66.0	60.0	a	1.90	1200	
	P2 기둥	4.5	67.0	62.5	a	1.42	2207	
	P12 기둥	8.5	68.0	59.5	a	2.69	630	



【그림 3.4.13】 탄산화 깊이 측정결과(대구)

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.19】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조	3.0~5.0	3.0~4.0	측정위치에 따른 편차
	하부구조	5.0~9.0	4.5~8.5	
검토의견		▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 유사한 수준으로 검토됨		

4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였다. 측정위치는 상부의 경우 캔틸레버, 하부구조의 경우 교대 건전부와 우수접촉부에서 시료를 채취하였다.

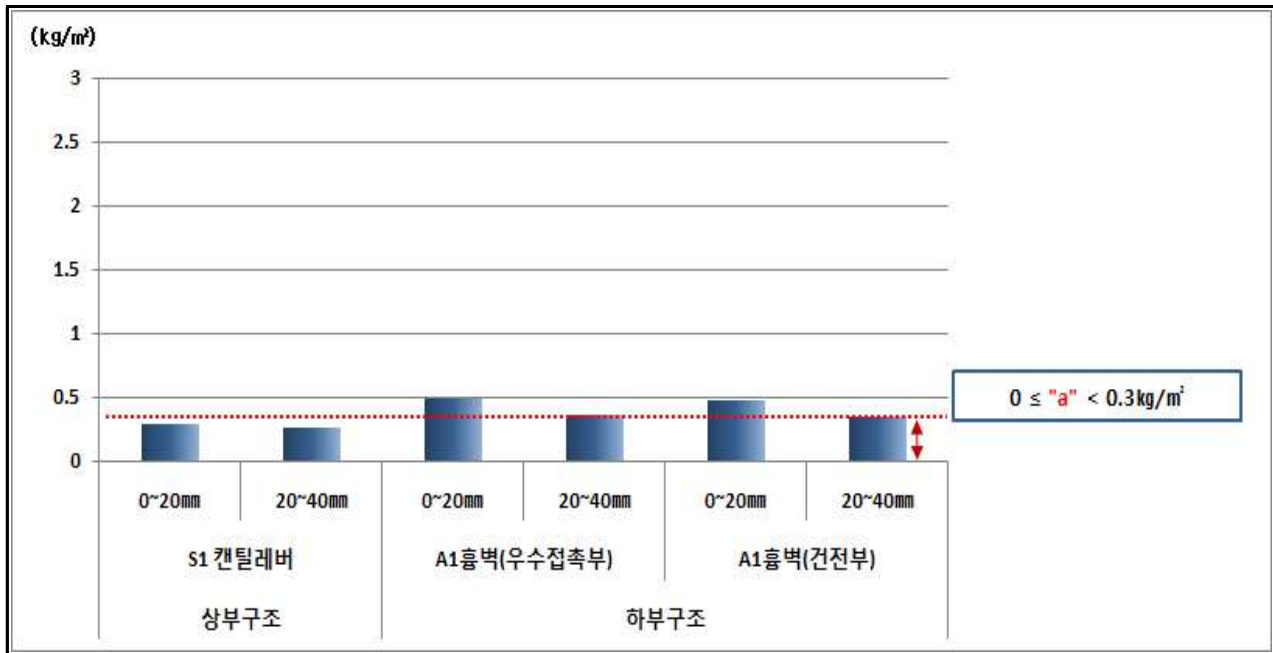
상부구조 S1의 경우, 20~40mm 깊이에서 'a'(0.265kg/m³)로 측정 되어, 염화물에 의한 철근 부식발생 우려가 없는 것으로 판단되며, 하부구조 A1의 경우 건전부와 우수접촉부에 시험을 실시한 결과 'b'(0.345~0.366kg/m³)로 향후 염화물에 의한 철근 부식의 영향이 적을 것으로 판단된다.

① 염화물 함유량 시험결과

【표 3.4.20】 염화물 함유량 시험결과 및 평가(대구)

시험위치			실측 피복두께 (mm)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
				Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	S1 캔틸레버	0~20mm	35.0	0.0124	0.281	a	
		20~40mm		0.0117	0.265	a	
하부 구조	A1 홍벽(우수접촉부)	0~20mm	94.0	0.0217	0.490	b	
		20~40mm		0.0162	0.366	b	
	A1 홍벽(건전)	0~20mm	94.0	0.0208	0.470	b	
		20~40mm		0.0153	0.345	b	

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



【그림 3.4.14】 염화물시험 측정결과(대구)

5) 균열깊이 측정결과

외관조사시, 상부구조 S9의 캔틸레버와 A1 흠벽에 폭 0.3mm 균열이 발견되어, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 철근 피복두께를 초과한 것으로 분석되어 내구성 저하 방지를 위한 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

【표 3.4.21】 균열깊이 조사결과(대구)

시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간 (X 10 ⁻⁶ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부 구조	S9	0.3	52.7	31.2	102.0	40.0	
하부 구조	A1	0.3	87.7	40.4	145.0	94.0	

나. 부산방향

1) 콘크리트 강도시험

- 고정대교(부산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 68개소) 및 초음파전달속도시험(총 68개소)을 실시하였으며, 검토결과는 아래의 표와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.22】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

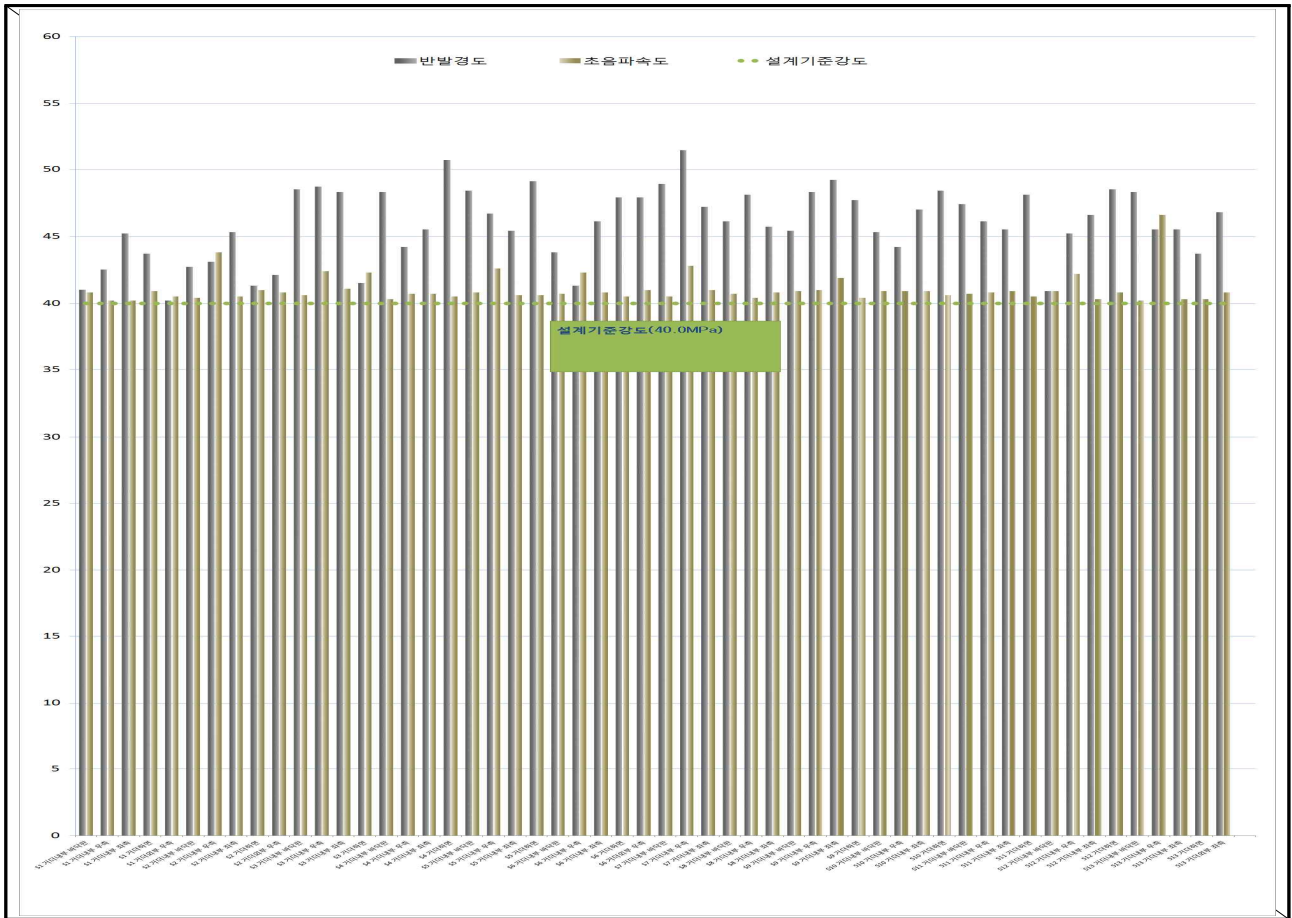
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S1 거더내부 바닥판	50.2	4.30	41.0	40.8	40.0
	S1 거더내부 우측	51.8	4.28	42.5	40.2	
	S1 거더내부 좌측	54.6	4.28	45.2	40.2	
	S1 거더하면	53.1	4.30	43.7	40.9	
	S1 거더외부 우측	49.4	4.29	40.2	40.5	
	S2 거더내부 바닥판	52.0	4.29	42.7	40.4	
	S2 거더내부 우측	52.4	4.39	43.1	43.8	
	S2 거더내부 좌측	54.7	4.29	45.3	40.5	
	S2 거더하면	50.5	4.31	41.3	41.0	
	S2 거더외부 우측	51.4	4.30	42.1	40.8	
	S3 거더내부 바닥판	58.1	4.29	48.5	40.6	
	S3 거더내부 우측	58.3	4.35	48.7	42.4	
	S3 거더내부 좌측	57.9	4.31	48.3	41.1	
	S3 거더하면	50.8	4.35	41.5	42.3	

【표 3.4.22】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S4 거더내부 바닥판	57.8	4.29	48.3	40.3	40.0
	S4 거더내부 우측	53.6	4.30	44.2	40.7	
	S4 거더내부 좌측	55.0	4.30	45.5	40.7	
	S4 거더하면	60.4	4.29	50.7	40.5	
	S5 거더내부 바닥판	58.0	4.30	48.4	40.8	
	S5 거더내부 우측	56.2	4.35	46.7	42.6	
	S5 거더내부 좌측	54.8	4.29	45.4	40.6	
	S5 거더하면	58.7	4.29	49.1	40.6	
	S6 거더내부 바닥판	53.2	4.30	43.8	40.7	
	S6 거더내부 우측	50.5	4.34	41.3	42.3	
	S6 거더내부 좌측	55.6	4.30	46.1	40.8	
	S6 거더하면	57.4	4.29	47.9	40.5	
	S6 거더외부 우측	57.4	4.31	47.9	41.0	
	S7 거더내부 바닥판	58.5	4.29	48.9	40.5	
	S7 거더내부 우측	61.2	4.36	51.5	42.8	
	S7 거더내부 좌측	56.7	4.31	47.2	41.0	
	S8 거더내부 바닥판	55.6	4.30	46.1	40.7	
	S8 거더내부 우측	57.6	4.29	48.1	40.4	

【표 3.4.22】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상 부 구 조	S8 거더내부 좌측	55.2	4.30	45.7	40.8	40.0
	S9 거더내부 바닥판	54.8	4.30	45.4	40.9	
	S9 거더내부 우측	57.9	4.31	48.3	41.0	
	S9 거더내부 좌측	58.8	4.33	49.2	41.9	
	S9 거더하면	57.2	4.29	47.7	40.4	
	S10 거더내부 바닥판	54.7	4.30	45.3	40.9	
	S10 거더내부 우측	53.6	4.30	44.2	40.9	
	S10 거더내부 좌측	56.5	4.30	47.0	40.9	
	S10 거더하면	58.0	4.30	48.4	40.6	
	S11 거더내부 바닥판	56.9	4.30	47.4	40.7	
	S11 거더내부 우측	55.5	4.30	46.1	40.8	
	S11 거더내부 좌측	54.9	4.30	45.5	40.9	
	S11 거더하면	57.6	4.29	48.1	40.5	
	S12 거더내부 바닥판	50.1	4.30	40.9	40.9	
	S12 거더내부 우측	54.6	4.34	45.2	42.2	
	S12 거더내부 좌측	56.1	4.29	46.6	40.3	
	S12 거더하면	58.1	4.30	48.5	40.8	
	S13 거더내부 바닥판	57.8	4.28	48.3	40.2	
	S13 거더내부 우측	54.9	4.47	45.5	46.6	
	S13 거더내부 좌측	55.0	4.29	45.5	40.3	
	S13 거더하면	53.0	4.31	43.7	40.3	
	S13 거더외부 좌측	56.3	4.30	46.8	40.8	
	평 균			45.9	41.1	
	표준편차			2.7	1.1	
	변동계수			5.8	2.6	



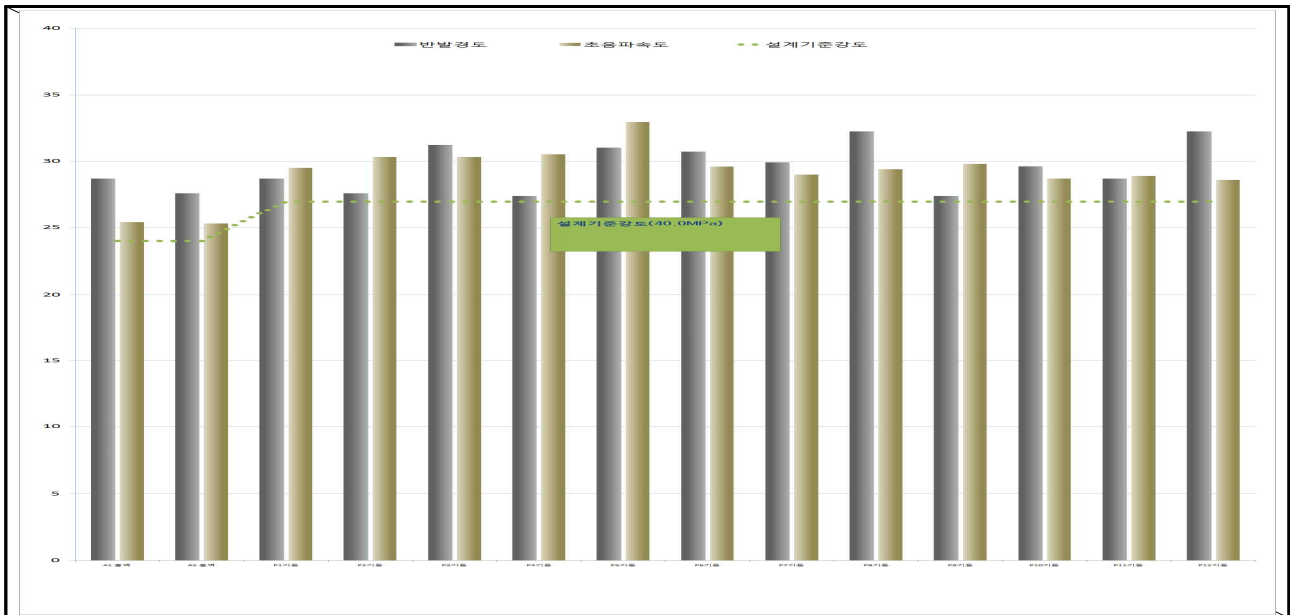
【그림 3.4.15】 상부구조 평균압축강도 추정결과(부산)

【표 3.4.23】 하부구조(교대) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부 구조	A1 흥벽	50.1	4.05	28.7	28.7	28.7	24.6	26.1	25.4	24.0
	A2 흥벽	48.2	4.05	27.2	27.9	27.6	24.5	26.0	25.3	
	평 균			28.0	28.3	28.2	24.6	26.1	25.4	
	표준편차			1.1	0.6	0.8	0.1	0.1	0.1	
	변동계수			3.8	2.0	2.8	0.3	0.3	0.3	

【표 3.4.24】 하부구조(교각) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부 구조	P1기둥	54.0	4.20	28.7	28.7	28.7	27.8	31.1	29.5	27.0
	P2기둥	47.9	4.23	27.2	27.9	27.6	28.4	32.1	30.3	
	P3기둥	53.7	4.23	31.9	30.5	31.2	28.4	32.2	30.3	
	P4기둥	53.2	4.24	27.0	27.8	27.4	28.6	32.4	30.5	
	P5기둥	51.9	4.33	31.6	30.4	31.0	30.4	35.3	32.9	
	P6기둥	55.5	4.21	31.2	30.2	30.7	27.9	31.3	29.6	
	P7기둥	61.3	4.18	30.2	29.5	29.9	27.4	30.5	29.0	
	P8기둥	51.4	4.20	33.1	31.2	32.2	27.7	31.1	29.4	
	P9기둥	50.1	4.21	27.0	27.8	27.4	28.0	31.5	29.8	
	P10기둥	55.6	4.17	29.8	29.4	29.6	27.2	30.2	28.7	
	P11기둥	51.2	4.18	28.7	28.7	28.7	27.3	30.5	28.9	
	P12기둥	47.9	4.17	33.1	31.2	32.2	27.1	30.0	28.6	
	평 균			30.0	29.5	29.8	28.0	31.5	29.8	
	표준편차			2.3	1.3	1.8	0.9	1.4	1.2	
	변동계수			7.5	4.3	5.9	3.2	4.5	3.9	



【그림 3.4.16】 하부구조 평균압축강도 추정결과(부산)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 100.5~128.8%, 하부구조 : 101.5~119.6%로 상·하부 구조 모두 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 100.5~116.5%, 하부구조 : 105.4~121.9%로 상·하부 구조 모두 초음파속도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 상·하부의 강도는 설계강도에 100%이상으로 조사되어, 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 고정대교(부산) 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.25】 비파괴강도 시험결과 분석(부산)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	40.2~51.5	40.0	100.5~128.8
	초음파속도법	40.2~46.6		100.5~116.5
하부 구조	반발경도법	25.1~31.2	24.0/27.0	101.5~119.6
	초음파속도법	28.6~32.9		105.4~121.9

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.26】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조	40.5~44.3	40.2~51.5	40.0
	하부구조	25.9~29.7	25.1~31.2	24.0/27.0
검토의견		기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨		

2) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 68개소(상부구조 54개소, 하부구조 14개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.27】 철근탐사 상부구조 시험결과(부산)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 께	배 근 간 격	피 복 두 께	
상부 구조	S1	거더내부	주철근	150	40	153.0	36.0	
		바닥판	배력철근	150	56	150.0	52.0	
		거더내부	주철근	150	40	153.0	39.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	64.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	44.0	
		좌측	배력철근	150	62	140.0	69.0	
		거더하면	주철근	150	40	147.0	43.0	
			배력철근	150	56	150.0	62.0	
	S2	거더외부	주철근	150	40	140.0	45.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	68.0	
		거더내부	주철근	150	40	150.0	36.0	
		바닥판	배력철근	150	56	140.0	55.0	
		거더내부	주철근	150	40	150.0	42.0	
		우측	배력철근	150	62	145.0	65.0	
		거더내부	주철근	150	40	151.0	42.0	
		좌측	배력철근	150	62	140.0	60.0	
		거더하면	주철근	150	40	140.0	49.0	
			배력철근	150	56	150.0	64.0	
		거더외부	주철근	150	40	143.0	43.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	67.0	

【표 3.4.27】 철근탐사 상부구조 시험결과(부산,계속)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
상부 구조	S3	거더내부	주철근	150	40	142.0	41.0	
		바닥판	배력철근	150	56	152.0	56.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	41.0	
		우측	배력철근	150	62	145.0	65.0	
		거더내부	주철근	150	40	160.0	46.0	
		좌측	배력철근	150	62	140.0	71.0	
		거더하면	주철근	150	40	155.0	45.0	
			배력철근	150	56	145.0	64.0	
	S4	거더내부	주철근	150	40	142.0	40.0	
		바닥판	배력철근	150	56	140.0	50.0	
		거더내부	주철근	150	40	155.0	49.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	68.0	
		거더내부	주철근	150	40	155.0	49.0	
		좌측	배력철근	150	62	145.0	69.0	
		거더하면	주철근	150	40	155.0	46.0	
			배력철근	150	56	150.0	63.0	
	S5	거더내부	주철근	150	40	150.0	39.0	
		바닥판	배력철근	150	56	153.0	53.0	
		거더내부	주철근	150	40	157.0	41.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	70.0	
		거더내부	주철근	150	40	160.0	45.0	
		좌측	배력철근	150	62	155.0	69.0	
		거더하면	주철근	150	40	142.0	46.0	
			배력철근	150	56	150.0	65.0	
	S6	거더내부	주철근	150	40	140.0	44.0	
		바닥판	배력철근	150	56	147.0	62.0	
		거더내부	주철근	150	40	140.0	44.0	
		우측	배력철근	150	62	148.0	68.0	
		거더내부	주철근	150	40	141.0	48.0	
		좌측	배력철근	150	62	145.0	66.0	
		거더하면	주철근	150	40	145.0	41.0	
			배력철근	150	56	150.0	66.0	
		거더외부	주철근	150	40	160.0	44.0	
		우측	배력철근	150	62	160.0	68.0	
	S7	거더내부	주철근	150	40	140.0	42.0	
		바닥판	배력철근	150	56	150.0	56.0	
		거더내부	주철근	150	40	143.0	46.0	
		우측	배력철근	150	62	155.0	66.0	
		거더내부	주철근	150	40	150.0	44.0	
		좌측	배력철근	150	62	150.0	68.0	
	S8	거더내부	주철근	150	40	150.0	39.0	
		바닥판	배력철근	150	56	143.0	58.0	
		거더내부	주철근	150	40	145.0	43.0	
		우측	배력철근	150	62	148.0	66.0	

【표 3.4.27】 철근탐사 상부구조 시험결과(부산,계속)

구 분			철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
				배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
상부 구조	S8	거더내부 좌측	주철근	150	40	148.0	43.0	
			배력철근	150	56	150.0	66.0	
	S9	거더내부 바닥판	주철근	150	40	148.0	36.0	
			배력철근	150	56	145.0	62.0	
		거더내부 우측	주철근	150	40	155.0	48.0	
			배력철근	150	62	148.0	58.0	
		거더내부 좌측	주철근	150	40	155.0	38.0	
			배력철근	150	62	140.0	68.0	
		거더하면	주철근	150	40	142.0	42.0	
			배력철근	150	56	140.0	61.0	
	S10	거더내부 바닥판	주철근	150	40	148.0	49.0	
			배력철근	150	56	140.0	63.0	
		거더내부 우측	주철근	150	40	140.0	46.0	
			배력철근	150	62	155.0	70.0	
		거더내부 좌측	주철근	150	40	150.0	48.0	
			배력철근	150	62	155.0	66.0	
		거더하면	주철근	150	40	153.0	40.0	
			배력철근	150	56	140.0	59.0	
	S11	거더내부 바닥판	주철근	150	40	158.0	38.0	
			배력철근	150	56	150.0	56.0	
		거더내부 우측	주철근	150	40	153.0	45.0	
			배력철근	150	62	145.0	70.0	
		거더내부 좌측	주철근	150	40	155.0	48.0	
			배력철근	150	62	155.0	66.0	
		거더하면	주철근	150	40	140.0	44.0	
			배력철근	150	56	160.0	62.0	
	S12	거더내부 바닥판	주철근	150	40	155.0	36.0	
			배력철근	150	56	150.0	49.0	
		거더내부 우측	주철근	150	40	150.0	37.0	
			배력철근	150	62	145.0	67.0	
		거더내부 좌측	주철근	150	40	160.0	41.0	
			배력철근	150	62	155.0	69.0	
		거더하면	주철근	150	40	153.0	43.0	
			배력철근	150	56	152.0	63.0	
	S13	거더내부 바닥판	주철근	150	40	143.0	38.0	
			배력철근	150	56	140.0	59.0	
		거더내부 우측	주철근	150	40	155.0	46.0	
			배력철근	150	62	153.0	67.0	
		거더내부 좌측	주철근	150	40	150.0	47.0	
			배력철근	150	62	150.0	67.0	
		거더하면	주철근	150	40	153.0	47.0	
			배력철근	150	56	160.0	62.0	
		거더외부 좌측	주철근	150	40	145.0	49.0	
			배력철근	150	62	153.0	67.0	

【표 3.4.28】 철근탐사 하부구조 시험결과(부산)

구 분		철근종류	설 계 값(mm)		실 측 값(mm)		비 고
			배 근 간 격	피 복 두 겹	배 근 간 격	피 복 두 겹	
하부구조	A1 홍벽	수직철근	200	92	197.0	91.0	
		수평철근	150	108	150.0	104.0	
	A2 홍벽	수직철근	200	92	195.0	82.0	
		수평철근	150	108	148.0	112.0	
	P1 기둥	수직철근	125	84	115.0	82.0	
		수평철근	150/300	65	155.0	70.0	
	P2 기둥	수직철근	125	84	127.0	93.0	
		수평철근	150/300	65	305.0	76.0	
	P3 기둥	수직철근	125	84	120.0	90.0	
		수평철근	150/300	65	145.0	71.0	
	P4 기둥	수직철근	125	84	128.0	87.0	
		수평철근	150/300	65	290.0	69.0	
	P5 기둥	수직철근	125	84	115.0	88.0	
		수평철근	150/300	65	148.0	74.0	
	P6 기둥	수직철근	125	84	128.0	87.0	
		수평철근	150/300	65	145.0	61.0	
	P7 기둥	수직철근	125	84	125.0	93.0	
		수평철근	150/300	65	153.0	59.0	
	P8 기둥	수직철근	125	84	130.0	83.0	
		수평철근	150/300	65	140.0	72.0	
	P9 기둥	수직철근	125	84	115.0	75.0	
		수평철근	150/300	65	145.0	56.0	
	P10 기둥	수직철근	125	84	120.0	81.0	
		수평철근	150/300	65	298.0	69.0	
	P11 기둥	수직철근	125	84	125.0	79.0	
		수평철근	150/300	65	140.0	60.0	
	P12 기둥	수직철근	125	84	127.0	85.0	
		수평철근	150/300	65	293.0	64.0	

3) 탄산화 깊이 측정

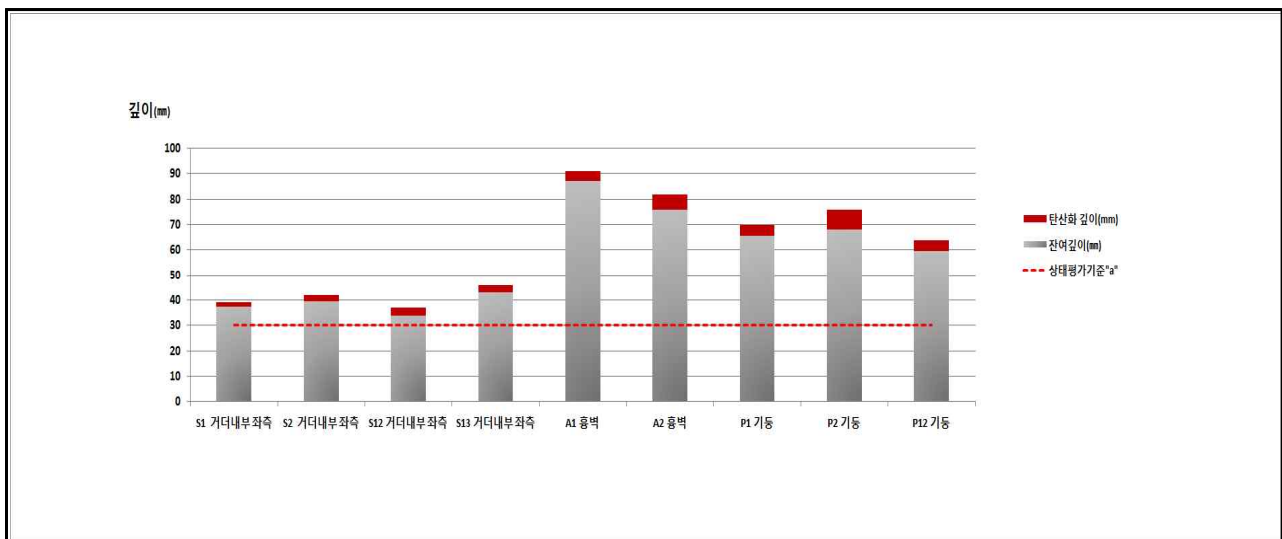
탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 4개소, 하부구조 5개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가“a”로 평가되었다.

또한, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.29】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(부산)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 거터내부 우측	1.5	39.0	37.5	a	0.47	6750	100년이상
	S2 거터내부 우측	2.5	42.0	39.5	a	0.79	2812	
	S12 거터내부 우측	3.0	37.0	34.0	a	0.95	1511	
	S13 거터내부 우측	3.0	46.0	43.0	a	0.95	2341	
하부 구조	A1 홍벽	4.0	91.0	87.0	a	1.26	5166	100년이상
	A2 홍벽	6.0	82.0	76.0	a	1.90	1858	
	P1 기둥	4.5	70.0	65.5	a	1.42	2410	
	P2 기둥	8.0	76.0	68.0	a	2.53	893	
	P12 기둥	4.5	64.0	59.5	a	1.42	2013	



【그림 3.4.17】 탄산화 깊이 측정결과(부산)

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.30】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조	2.0~4.0	1.5~3.0	측정위치에 따른 편차
	하부구조	4.0~8.0	4.0~8.5	
검토의견		▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 유사한 정도로 검토됨		

4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였다. 측정위치는 상부의 경우 캔틸레버, 하부구조의 경우 교대 건전부와 우수접촉부에서 시료를 채취하였다.

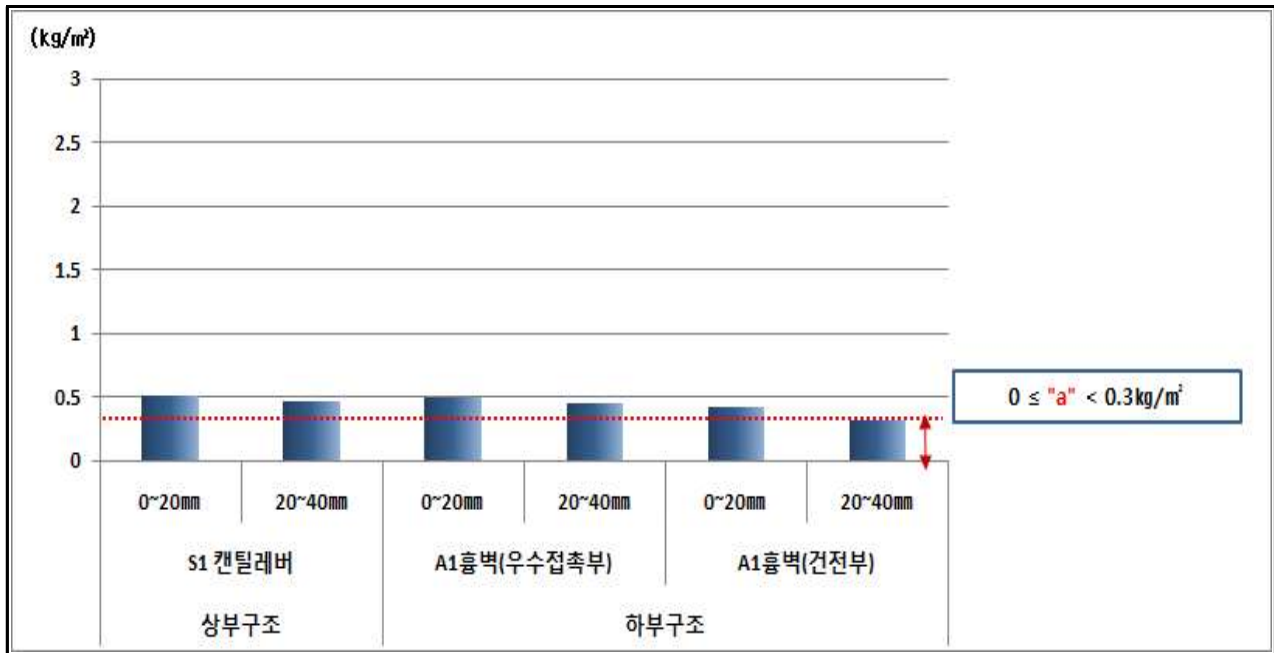
상부구조 S1의 경우 20~40mm 깊이에서 'b'(0.460kg/m³)로 측정 되었으며, 하부구조의 경우 A1의 건전부와 우수접촉부에 시험을 실시한 결과 'b'(0.321~0.457kg/m³)로 향후 염화물에 의한 철근 부식의 영향이 적을 것으로 판단된다.

① 염화물 함유량 시험결과

【표 3.4.31】 염화물 함유량 시험결과 및 평가(부산)

시험위치			실측 피복두께 (mm)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
				Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	S1 캔틸레버	0~20mm	33.0	0.0229	0.519	b	
		20~40mm		0.0203	0.460	b	
하부 구조	A1 홍벽(우수접촉부)	0~20mm	91.0	0.0219	0.496	b	
		20~40mm		0.0202	0.457	b	
	A1 홍벽(건전)	0~20mm	91.0	0.0185	0.418	b	
		20~40mm		0.0142	0.321	b	

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



【그림 3.4.18】 연화물시험 측정결과(부산)

5) 균열깊이 측정결과

외관조사시, 상부구조 S10 거더측면에서 폭 0.3mm 균열이 조사 되어 초음파속도를 이용하여 균열깊이 시험을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 철근 피복두께를 초과한 것으로 분석되어 내구성 저하 방지를 위한 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

【표 3.4.32】 균열깊이 조사결과(부산)

시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간 (X 10 ⁻⁶ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부구조	S10 거더측면	0.3	91.2	41.4	149.0	40.0	

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 외관조사 결과요약

가. 대구방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 금회 진단 외관조사 결과요약(대구)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	외부	대체적으로 양호하며 균열(0.1~0.3mm) 및 망상균열, 재료분리 등이 조사됨	- 균열은 시공초기 건조수축에 의해 발생한 미세균열로서, 구조적 문제는 없는 것으로 판단되며 0.3mm 균열은 복부측 시공이음(이어치기)부위로서 내구성 저하방지를 위한 주입보수가 바람직함 - 거더외부는 대체적으로 양호한 상태이며, 콘크리트 일반적인 손상이 발생한 상태로서, 현재 진전양상을 띄는 손상은 없는 것으로 조사됨
	내부	- 미세균열이 조사되었으며, 일부 백태 및 소규모 단면손상이 조사됨 - 이물질퇴적, 폐자재적치, 거푸집미제거 등이 조사됨	- 균열은 시공초기 건조수축에 의해 발생한 미세균열로서, 구조적 문제는 없는 것으로 판단됨 - 백태손상의 경우, 시공초 콘크리트 개구부마감처리 당시 외부 우수접촉에 의한 국부적인 백태흔적으로서, 손상진전은 없는 상태임
격벽		폭 0.3mm미만 균열, 쉬즈관 녹발생, 백태가 조사됨	- 균열은 Massive한 콘크리트에서 높은 온도의 내부 수화열이 소산되며 발생하는 수축작용이 구속됨으로 인한 균열로 판단됨 - 쉬즈관 단부 녹발생의 경우, 공용중 내부 습기노출에 의해 발생한 표면부식으로 판단됨
교대		대체적으로 양호하며 균열(폭 0.1~0.3mm) 및 보수부 재균열, 백태, 체수가 조사됨	- 교대에서 조사된 수직균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 폭0.3mm균열의 경우 내부 출입구 부근으로 단면취약부에 따른 국부적인 균열로 판단됨 - 체수 및 백태는 신축이음 누수 및 우수노출에 의해 발생한 상태로서 손상정도는 경미함
교각		균열(최대폭 0.3mm), 보수부재균열, 망상균열, 들뜸, 파손, 철근노출 등이 조사됨	- 균열 및 망상균열의 경우 교각 코핑부의 단면변화부 및 불규칙성 수직 수평균열들로서, 기 정밀점검 대비 일부 균열이 추가 조사되었으며, 국부적으로 폭 0.3mm 균열이 조사됨 - 수중조사 결과 수상부와 수중부, 기초저면 및 보호사석 등의 상태는 양호한 것으로 판단됨

【표 3.5.1】 금회 진단 외관조사 결과요약(대구,계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침장치의 외관조사 결과, 몰탈균열 및 받침 콘크리트 균열, 가설철물 미제거, 볼트녹발생 등이 조사됨	• 조사된 균열은 건조수축에 의한 미세균열로 판단됨 • 가설철물 미제거는 받침 인상 작업 시 시공 미흡에 의해 발생된 것으로 판단되며 기능성 및 사용성에 영향을 끼치는 상태는 아닌 것으로 판단됨 • 볼트녹발생은 외부 우수접촉에 의해 발생한 국부적인 손상으로서 손상정도는 경미함
신축이음	• 후타재균열, 본체부식, 이물질퇴적, 차수판 볼트손상, 하부 누수 등이 조사됨	• 후타재 손상은 시공초기 건조수축에 따른 것으로 지속관찰 필요함 • 신축이음 누수는 하부 고무재 열화부를 통해 관찰되며, 누수부 실링처리가 바람직함 • 신축거동 이동량 검토 결과, 충분한 여유량을 확보하는 것으로 평가됨
교면포장	• 대체적으로 양호하며 부분적인 라벨링, 패임, 포트홀, 등이 조사됨	• 반복적인 중차량 통행 및 보수미흡에 의한 패임, 망상균열, 라벨링이 조사되었으며, 주행성 및 안전성에 영향을 주는 손상들은 없는 상태로 판단됨
배수시설	• 배수관 연결재 손상 및 배수관이음부 누수 등이 조사됨	• 금회 정밀조사를 통한 배수관연결재 손상이 추가 조사되었으며, 배수관 내구성 향상을 위한 정비가 바람직함 • 배수관 이음부 누수는 경미한 상태로서 지속관찰이 필요함
난간 (방호벽)	• 폭 0.3mm미만의 균열, 균열부백태, 백태, 철근노출, 파손 등이 조사됨	• 조사된 균열은 시공초기 건조수축 및 수화열에 의한 균열로서, 현재 보수보다는 상태 변화에 대한 지속관찰이 바람직하며, 국부적인 피복부족에 의한 철근노출이 조사됨 • 백태 및 균열부백태는 내구성 저하 방지를 위한 표면처리 실시가 바람직함

2) 기 점검(2013년) 결과와의 비교

구 분	2013년 점검결과	금회 진단결과	비 고
거더	구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 폭 0.1~0.3mm이하 균열, 망상균열 등이 조사됨	- 대부분 기 조사된 손상 유형과 유사하나 일부 물량이 증가됨 - 폭 0.3mm균열의 진전은 없는 것으로 관찰됨	
격벽		대부분 기 조사된 손상으로 일부 추가 조사 및 국부적인 보수부 재손상이 조사됨	
하부구조	구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 폭 0.3mm미만 균열, 백태, 체수 등이 조사됨	- 기존 보수부는 양호한 상태이며, 일부 보수미흡에 의한 보수부재균열이 추가 조사됨 - 국부적인 소규모 단면손상 및 건조수축에 의한 균열이 추가 조사됨	
교량받침	몰탈균열, 반침콘크리트 균열, 가설철물 미제거 등이 조사됨	- 건조수축에 따른 반침콘크리트 및 몰탈균열이 일부 추가 조사됨 - 녹발생은 공용중 외부 우수접촉에 의해 국부적으로 관찰되며 지속관찰이 바람직함	
신축이음	상부 및 하부 본체녹발생, Support Beam 지지대 일부탈락, 이물질퇴적 등이 조사됨	- 기 점검과 유사한 상태로서, Support Beam손상은 보수되었으며, 반복 우수 노출에 의해 녹발생 면적이 일부 증가하였음 - 하부 고무재 열화에 의해 신축하부 누수가 조사되었으며 누수부 썰링처리가 바람직함	
교면포장	대체적으로 양호하며 라벨링 및 패임, 포트홀이 조사됨	- 기 조사된 손상과 대체적으로 유사하며, 차량 반복통행에 의한 손상물량 일부 증가 - 주행성 및 안전성에 영향을 주는 손상은 없는 것으로 조사됨	
기타부재	- 배수시설 : 배수관 연결자재 손상 - 방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직, 수평균열, 백태, 파손 등	- 배수시설 : 금회 과업 시 정밀조사를 통해 배수관 연결자재 손상 및 이음부 누수 등이 추가 조사되었으며 손상정도에 따라 정비가 필요할 것으로 판단됨 - 방호벽 : 대부분 기조사된 손상으로 일부 균열부 우수침투에 의한 균열부백태가 추가 조사되었으며, 소규모 철근 손상이 국부적으로 조사됨	
검토의견	- 기 점검(2013년)결과 발생한 손상중 교대 및 교각과 받침콘크리트 교면포장에서 발생한 손상은 금회 진단 조사 시 대부분 유사한 상태로 조사되었으나, 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 - 신축이음 누수 및 배수관연결재 손상에 대해서는 적정 보수가 실시되는 것이 바람직할 것으로 판단됨 - 또한, 거더, 방호벽의 미세균열 등 기 점검(2013년) 이후 다소 증가하였으나, 구조적인 손상은 관찰되지 않았으며, 대체적으로 양호한 상태로 조사됨		

나. 부산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.2】 금회 진단 외관조사 결과요약(부산)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	대체적으로 양호한 상태에서 복부 및 상면에 폭 0.3mm미만 균열이 관찰되며, 백태, 파손, 강선지지빔 소음발생 등이 조사됨	- 거더내부는 대체적으로 양호한 상태이며, 일부 상면 및 복부측 시공이음부(이어치기) 균열이 조사되었으며, 균열폭은 폭 0.3mm미만 균열로서, 규모와 형상을 미루어 구조 균열과는 무관한 것으로 판단됨 - 강선지지빔 소음의 경우 교량 진동에 의하여 국부적으로 발생되며, 타부위 손상은 없는 상태로서 지속적인 관찰이 바람직함 - 백태는 시공초기 열화부 우수 접촉 및 거더내부 습윤상태에서 발생한 것으로 판단되는 국부적인 손상으로서, 진전은 없는 것으로 조사됨
	외부	대체적으로 양호한 상태를 유지 하고 있으며, 폭 0.1~0.3mm미만 균열, 망상균열, 박리, 백태, 파손, 철근노출, 재료분리 등의 손상이 조사됨	- 균열은 시공초기 건조수축에 의해 발생한 미세균열이며, 폭 0.3mm 균열의 경우, 캔틸레버 종방향 균열로서 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단됨 - 백태는 시공 초기 개구부 마감 시 우수접촉에 의해 발생한 것으로 판단되며 진전은 없음
격벽		폭 0.3mm미만 균열, 백태, 파손, 쉬즈관 단부녹발생이 조사됨	- 균열은 Massive한 콘크리트에서 높은 온도의 내부 수화열이 소산되며 발생하는 수축작용이 구속됨으로 인한 균열로 판단됨 - 쉬즈관 단부 녹발생의 경우, 공용중 내부 습기노출에 의해 발생한 표면부식으로 판단됨
교대		대체적으로 양호한 상태이며 균열 및 보수부재균열(폭 0.3mm미만), 들뜸, 백태, 체수, 법면부 손상 등이 조사됨	- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상정도는 경미함 - 체수 및 백태는 신축이음 누수 및 외부 우수 노출에 의해 발생한 상태로서 손상 정도는 경미함 - 법면부 손상은 기점검 대비 진전은 없는 상태로서 현상태 지속관찰이 바람직함
교각		폭 0.3mm미만 균열, 망상균열, 보수부들뜸, 이물질퇴적, 철근노출 등이 조사됨	- 균열 및 망상균열의 경우 교각 코핑부의 단면변화부 및 불규칙성 수직 수평균열들로서, 기 정밀점검 대비 정밀조사에 의해 균열이 추가 조사되었으며, 지속관찰이 바람직함 - 수중조사 결과 수상부와 수중부, 기초저면 및 보호사석 등의 상태는 양호한 것으로 판단됨

【표 3.5.2】 금회 진단 외관조사 결과요약(부산,계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	받침장치의 외관조사 결과, 몰탈균열 및 받침콘크리트 균열, 가설철물 미제거 등이 조사됨	- 조사된 균열은 건조수축에 의한 미세균열로 판단됨 - 가설철물 미제거는 받침 인상 작업 시 시공미흡에 의해 발생된 것으로 판단되며 기능성 및 사용성에 영향을 끼치는 상태는 아닌 것으로 판단됨
신축이음	후타재균열, 본체부식, 이물질퇴적, 차수판 볼트손상, 하부 누수 등이 조사됨	- 후타재 손상은 시공초기 건조수축에 따른 것으로 지속관찰 필요함 - 신축이음 누수는 하부 고무재 열화부를 통해 관찰되며, 누수부 실링처리가 바람직함 - 신축거동 이동량 검토 결과, 충분한 여유량을 확보하는 것으로 평가됨
교면포장	대체적으로 양호하며 부분적인 라벨링, 패임, 포트홀, 등이 조사됨	반복적인 중차량 통행 및 보수미흡에 의한 패임, 망상균열, 라벨링이 조사되었으며, 주행성 및 안전성에 영향을 주는 손상들은 없는 상태로 판단됨
배수시설	배수관 연결재 손상 및 배수구 그레이팅 미설치 등이 조사됨	금회 정밀조사를 통한 배수관연결재 손상이 추가 조사되었으며, 배수관 내구성 향상을 위한 정비가 바람직함
난간 (방호벽)	폭 0.1~0.3mm균열, 균열부백태, 방호벽 단차, 파손, 철근노출 등이 조사됨	- 조사된 균열은 시공초기 건조수축 및 수화열에 의한 균열로서, 현재 보수보다는 상태변화에 대한 지속관찰이 바람직하며, 국부적인 0.3mm균열에 대해서는 주입보수가 실시되는 것이 바람직함 - 국부적인 피복부족에 의한 철근노출이 조사되었으며 단차의 경우 기 점검 대비 진전은 없는 상태로 서 지속관찰이 필요함

2) 기 점검(2013년) 결과와의 비교

구 분	2013년 점검결과	금회 진단결과	비 고
거더	구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 폭 0.1~0.3mm이하 균열, 망상균열 등이 조사됨	- 대부분 기 조사된 손상 유형과 유사하나 일부 물량이 증가됨 - 폭 0.3mm균열의 진전은 없는 것으로 관찰됨	
격벽		대부분 기 조사된 손상으로 일부 추가 조사 및 국부적인 보수부 재손상이 조사됨	
하부구조	구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 폭 0.3mm미만 균열, 체수, 범면손상 등이 조사됨	- 기존 보수부는 양호한 상태이며, 일부 보수미흡에 의한 보수부재균열이 추가 조사됨 - 국부적인 소규모 단면손상 및 건조수축에 의한 균열이 추가 조사되었으며, 기 조사된 손상과 유사함	
교량받침	몰탈균열, 받침콘크리트 균열, 가설철물 미제거 등이 조사됨	건조수축에 따른 받침콘크리트 및 몰탈균열이 금회 정밀조사를 통해 일부 추가 조사됨	
신축이음	후타재 접속부 이격, 녹발생, 유간이물 질 퇴적 등이 조사됨	- 기 점검과 유사한 상태로서, 반복 우수 노출에 의해 녹발생 면적이 일부 증가하였음 - 하부 고무재 열화에 의해 신축하부 누수가 조사되었으며 누수부 썰링처리가 바람직함 - 후타재 접속부 이격의 경우 기 점검 대비 진전은 없는 상태이며 접속부 누수 및 바닥판손상은 없는 상태로서 지속관찰이 바람직함	
교면포장	대체적으로 양호하며 라벨링 및 패임, 포트홀이 조사됨	- 기 조사된 손상과 대체적으로 유사하며, 차량 반복통행에 의한 손상물량 일부 증가 - 주행성 및 안전성에 영향을 주는 손상은 없는 것으로 조사됨	
기타부재	- 배수시설 : 배수관 연결자재 손상 - 방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직, 수평균열, 백태, 파손 등	- 배수시설 : 금회 과업 시 정밀조사를 통해 배수관 연결자재 손상이 추가 조사되었으며 손상정도에 따라 정비가 필요할 것으로 판단됨 - 방호벽 : 대부분 기조사된 손상으로 일부 균열부 우수침투에 의한 균열부백태가 추가 조사되었으며, 소규모 철근 손상이 국부적으로 조사됨	
검토의견	- 기 점검(2013년)결과 발생한 손상중 교대 및 교각과 받침콘크리트 교면포장에서 발생한 손상은 금회 진단 조사 시 대부분 유사한 상태로 조사되었으나, 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 - 신축이음 누수 및 배수관연결재 손상에 대해서는 적정 보수가 실시되는 것이 바람직할 것으로 판단됨 - 또한, 거더, 방호벽의 미세균열 등 기 점검(2013년) 이후 다소 증가하였으나, 구조적인 손상은 관찰되지 않았으며, 대체적으로 양호한 상태로 조사됨		

3.5.2 내구성조사 결과요약

가. 대구방향

1) 금회진단 내구성조사 결과요약

【표 3.5.3】 금회진단 내구성조사 결과요약(대구)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	40.9~52.4	▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	40.4~43.4	
	하부 구조	반발경도	27.3~31.8	
		초음파	28.5~31.5	
철근탐사 (mm)	상부구조	배근간격	140.0~160.0	▪ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	34.0~74.0	
	교대 (홍벽)	배근간격	145.0~195.0	
		피복두께	84.0~102.0	
	교각 (기둥)	배근간격	115.0~310.0	
		피복두께	58.0~100.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		38.0~46.0	▪ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		59.5~89.0	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.265	▪ 염화물에 의한 철근부식의 영향이 적거나, 부식발생 우려가 없는 것으로 판단
	하부구조		0.345~0.366	
균열깊이 (mm)	상부구조		102.0	▪ 균열심도가 피복두께를 초과함
	하부구조		145.0	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가 • 철근탐사 측정결과 전반적으로 도면의 피복두께 및 배근간격과 유사한 것으로 판단됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 'a'로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단 • 염화물함유량에 따른 상태평가는 'b'이상으로서 철근 부식의 가능성은 낮은 상태로 판단됨. • 균열깊이시험 측정 결과, 최소 피복두께를 초과한 것으로 분석되어, 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단			

2) 기 점검(2013년)결과 비교

【표 3.5.4】 내구성조사 기 점검(2013년)결과 비교(대구)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	40.4~45.1	40.9~52.4	▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강 도 저하는 없는 것으로 판단됨
	하부 구조	반발경도	24.6~29.6	28.5~31.5	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조		47.0	38.0~46.0	▪ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것 으로 검토됨.
	하부 구조		95.0~100.0	59.5~89.0	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비 교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 'a'로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식 의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 기 점검 결과와 비교할 때 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 콘크리트 내구성저하는 거의 없는 상태로 판단됨				

나. 부산방향

1) 금회진단 내구성조사 결과요약

【표 3.5.5】 금회진단 내구성조사 결과요약(부산)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	40.2~51.5	▪ 설계기준강도 대비 100%이 상으로 공용년수 경과에 따 른 콘크리트강도 저하는 없 는 것으로 판단됨
		초음파	40.2~46.6	
	하부 구조	반발경도	25.1~31.2	
		초음파	28.6~32.9	
철근탐사 (mm)	상부구조	배근간격	140.0~160.0	▪ 전반적으로 철근간격 및 피 복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	63.0~71.0	
	교대 (홍벽)	배근간격	148.0~190.0	
		피복두께	82.0~112.0	
	교각 (기둥)	배근간격	115.0~305.0	
		피복두께	56.0~112.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		34.0~43.0	▪ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		59.5~87.0	
염화물 함유량시험 (kg/m ³)	상부구조		0.460	▪ 염화물에 의한 철근부식 발 생이 적을것으로 판단됨
	하부구조		0.321~0.457	
균열깊이 (mm)	상부구조		149.0	▪ 균열심도가 피복두께를 초 과함
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경 과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨 • 철근탐사 측정결과 전반적으로 도면의 피복두께 및 배근간격과 유사한 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 'a'로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부 식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물함유량에 따른 상태평가는 'b'이상으로서 철근 부식의 가능성은 낮은 상태로 판단됨. • 균열깊이시험 측정 결과, 최소 피복두께를 초과한 것으로 분석되어, 주입보수를 실시하는것이 바람직 할 것으로 판단됨			

2) 기 점검(2013년)결과 비교

【표 3.5.6】 내구성조사 기 점검(2013년)결과 비교(부산)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	40.5~44.3	40.2~51.5	▪ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강 도 저하는 없는 것으로 판단됨
	하부 구조	반발경도	25.9~29.7	25.1~31.2	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조		36.0~38.0	34.0~43.0	▪ 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것 으로 검토됨
	하부 구조		92.0~96.0	59.5~87.0	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비 교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 ‘a’로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식 의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 기 점검 결과와 비교할 때 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 콘크리트 내구성저하는 거의 없는 상태로 판단됨				