제 3장 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 개요

3.2 외관조사(대구)

3.3 외관조사(부산)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 개요

남천대교(대구, 부산)는 경상북도 경산시 남천면 협석리~옥곡동(부산기점 79.7km)에 위치하고 있으며, 2006년도에 준공되어 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 경부고속철도를 횡단하고 있는 1종 시설물이다.

남천대교의 연장은 대구방향 930.0m(50.0m+3@60.0m+2@55.0m+11@50.0m+40.0m), 부산방향 1,050.0m(2@50.0m+55.0m+3@60.0m+3@55.0m+11@50.0m)이며, 상부구조는 P.S.C Box 거더 형식이며, 하부구조의 교대는 역T형, 교각은 중공사각기둥(단주식)이며, 기초는 현장타설말뚝기초 및 직접기초로 시공되어 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량의 외관조사시에는 교량점검차(굴절차) 및 고소작업차를 이용하여 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 마련하는데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리시 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	강재 받침	• 균열, 부식, 변형, 파손	
	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	

굴절차를 이용한 조사

고소작업차를 이용한 조사

【사진 3.1.1】 교량점검차 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사(대구)

3.2.1 상부구조

가. 거더 외부

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 거더는 P.S.C Box형식으로 시공되어 있고, 좌·우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 설치되어있다.
- 거더 외부의 외관조사는 교량점검차(굴절차) 및 고소작업차를 이용하여 근접조사를 시행하였다.

거더 외부	캔틸레버

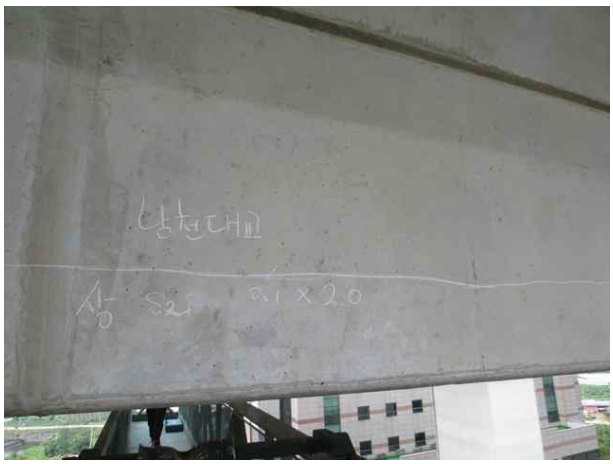
【사진 3.2.1】 거더 외부 전경(대구)

2) 외관조사 결과

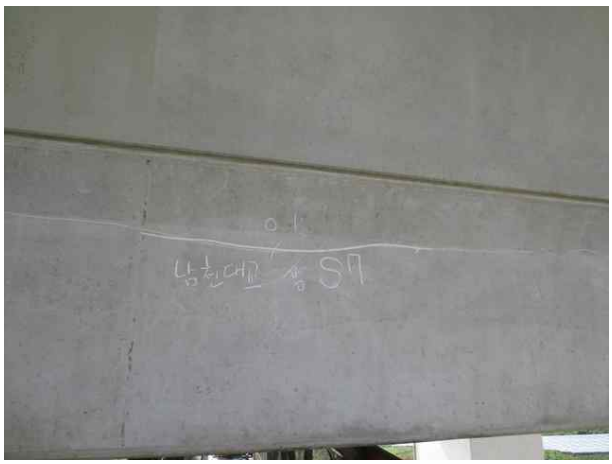
- 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 미세균열 및 망상균열이 다수 조사되었으며, 캔틸레버와 방호벽 접합부에서 누수에 의한 백태 등의 손상이 일부 확인되었다.
- 거더 외부에 발생한 균열의 대표 형상은 거더 복부의 경우 수평균열이 조사되었으며, 하면은 종방향으로 미세균열이 확인되었다.
- 국부적인 콘크리트 들뜸이 일부 추가 발생하였다.

【표 3.2.1】 거더 외부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (m/개소) (0.3㎜ 미만)	망상균열(㎡/개소)	들뜸(㎡/개소)	백태(㎡/개소)
S1	3.0/2	-	-	-
S2	107.0/4	-	-	0.3/1
S3	97.0/7	-	-	-
S4	79.0/9	-	-	0.2/1
S5	45.0/4	-	-	0.2/1
S6	40.0/3	-	-	-
S7	28.5/4	-	-	-
S8	53.0/5	-	-	-
S9	15.0/3	-	-	0.1/1
S10	74.0/9	-	-	-
S11	55.0/3	-	-	-
S12	18.0/3	-	-	-
S13	42.5/11	-	-	-
S14	-	-	-	-
S15	10.0/2	-	-	-
S16	151.0/7	-	-	0.3/1
S17	2.0/1	-	0.4/1	-
S18	54.0/11	4.0/1	-	0.2/1
합 계	**874.0/88**	**4.0/1**	**0.4/1**	**1.3/6**



폭 0.1㎜ 수평균열(S2)



폭 0.1㎜ 수평균열(S7)

【사진 3.2.2】 거더 외부 손상현황(대구)

폭 0.1㎜ 수평균열(S10)	폭 0.1㎜ 수평균열(S13)

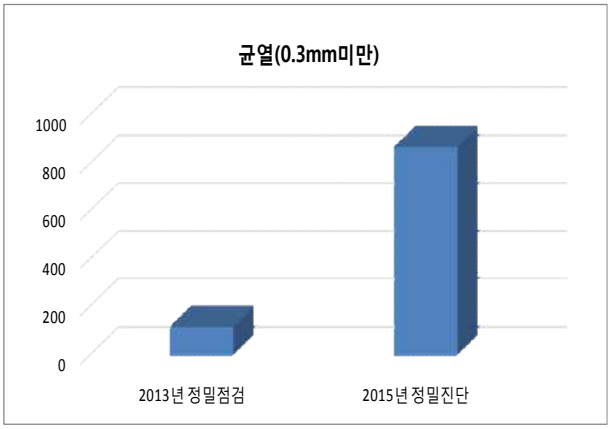
【사진 3.2.2】 거더 외부 손상현황(대구) - 계속

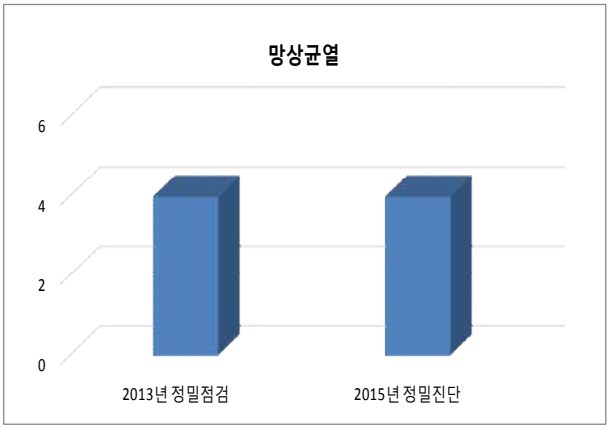
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 균열 및 콘크리트 들뜸 등의 손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.2】 거더 외부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	121.0	874.0	
망상균열(㎡)	4.0	4.0	
들뜸(㎡)	-	0.4	
백태(㎡)	0.2	1.3	





【그림 3.2.1】 거더 외부 기 점검결과 비교

4) 검토의견

- 조사된 균열 및 망상균열은 대부분 미세균열로 조사되었으며, 깊이가 얕은 표면균열 형태로서 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 노후화에 의해 발생한 비구조적인 손상으로 판단되나, 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.
- 백태 및 들뜸의 경우 손상의 범위가 크지 않으며, 손상의 정도가 경미한 상태로 조사된 바, 진전 여부에 대한 주의관찰 후 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

나. 거더 내부

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 P.S.C Box 형식으로서 1기의 18경간 연속으로 구성되어있다.
- 거더 내부에 대해서는 도보로 외관조사를 실시하였다.

거더 내부 전경

거더 내부 기보수 전경

【사진 3.2.3】 거더 내부 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축에 의한 상면 종방향균열이 다수 조사되었으며, 복부 수평균열 및 사방향 균열이 일부 확인되었다.
- 하면에 마감처리된 콘크리트의 박락이 일부 조사되었으며, 시공초기에 발생한 백태 등의 손상이 확인되었다.

【표 3.2.3】 거더 내부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (m/개소) (0.3㎜ 미만)	콘크리트 박락(㎡/개소)	백태 (㎡/개소)
S1	400.0/18	-	-
S2	390.0/16	-	-
S3	496.0/10	-	-
S4	492.7/42	3.0/1	-
S5	450.0/24	-	-
S6	615.6/32	-	0.05/2
S7	691.0/33	-	-
S8	510.0/24	-	-
S9	606.5/13	-	-
S10	722.0/25	-	-
S11	662.6/34	-	-
S12	600.0/20	-	-
S13	518.6/34	-	-
S14	532.5/34	-	-
S15	460.0/25	-	-
S16	297.5/38	-	-
S17	223.0/28	-	-
S18	236.0/22	-	-
합 계	8,904.0/472	3.0/1	0.05/2

콘크리트 박락(S4)	폭 0.1㎜ 종방향균열(S5)
백태(S6)	폭 0.1㎜ 종방향균열(S7)
폭 0.1㎜ 수평균열(S14)	폭 0.1㎜ 종방향균열(S16)

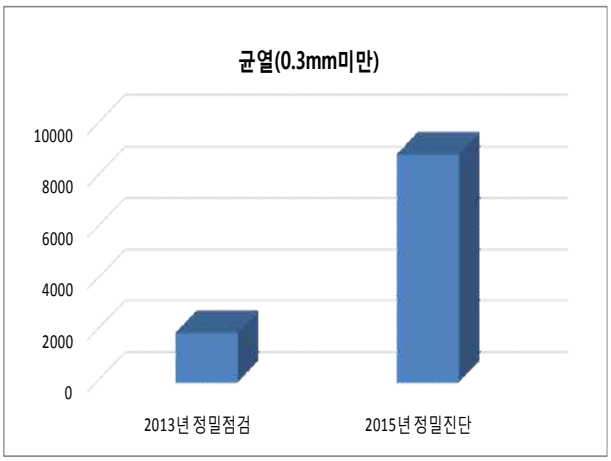
【사진 3.2.4】 거더 내부 손상현황(대구)

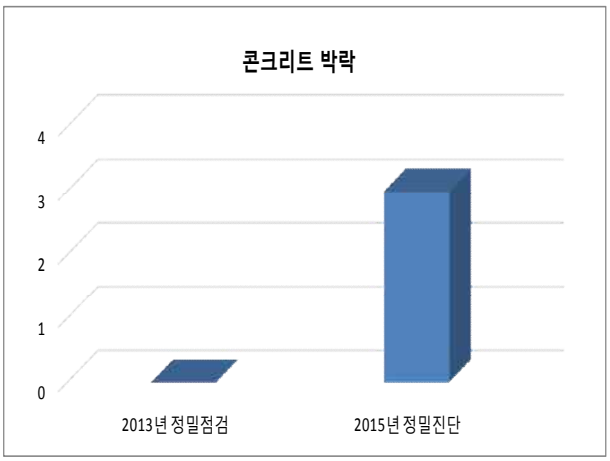
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더 내부는 기 발생한 손상의 진전은 미미하나, 균열 및 콘크리트 박락이 일부 추가 조사되었다,

【표 3.2.4】 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	1,940.5	8,904.0	
콘크리트 박락(㎡)	-	3.0	
백태(㎡)	0.05	0.05	





【그림 3.2.2】 거더내부 기 점검 결과 비교(대구)

4) 검토의견

- 거더 내부는 상면 종방향균열이 다수 확인되었으며, 규모와 형상을 미루어보아 비구조적인 손상으로 판단된다. 일반적으로 교축방향의 균열은 흔히 발생하는 손상으로서 균열폭 및 깊이는 크지 않으며, 시공초기 발생하는 건조수축 등의 원인으로 추정된다.
- 복부 사방향 균열의 경우, 시공당시(ILM공법) 압출부위로서, 종단면상 캔틸레버 역할을 하게되며, 지점부 인장응력에 의한 시공초기 균열로 판단된다.
- 기 발생한 손상은 구조적 안전성을 저해하는 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 확보 차원의 보수 및 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 교대는 철근콘크리트 역T형, 기초는 직접기초로 시공되었으며, 교대에 대한 외관조사는 도보로 근접하여 실시하였다.

교대 전경(A2)

【사진 3.2.5】교대 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교대의 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 시공이음부 균열이 일부 조사되었으며, 우수 유입에 의한 국부적인 백태 및 들뜸이 일부 확인되었다.

【표 3.2.5】교대 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(m/개소)		들뜸 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 이상)		
A1	-	-	-	-
A2	3.0/3	1.2/1	0.03/1	0.7/2
합 계	**3.0/3**	**1.2/1**	**0.03/1**	**0.7/2**

백태(A2)	콘크리트 들뜸(A2)

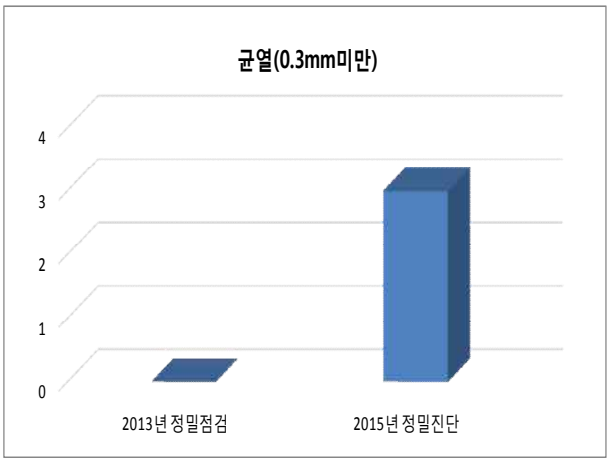
【사진 3.2.6】 교대손상현황(대구)

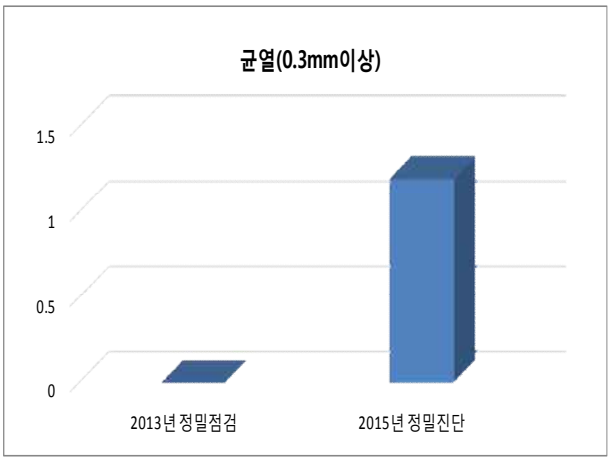
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 국부적인 균열 및 콘크리트 들뜸 등의 손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.6】 교대 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(0.3㎜ 미만), (m)	-	3.0	
균열(0.3㎜ 이상), (m)	-	1.2	
백태(㎡)	0.6	0.7	
들뜸(㎡)	-	0.03	





【그림 3.2.3】 교대 기 점검결과 비교(대구)

4) 검토의견

- 교대에 발생한 손상은 시공초기 건조수축 및 우수유입 등의 시공적·환경적인 원인에 의해 발생한 비구조적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수 및 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰이 필요하다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 교각은 T형, 기초는 직접기초 및 현장타설기초로 시공되어 있으며 교각에 대한 외관조사는 고소작업차 및 점검로를 이용하여 근접 조사 실시하였다.

교각(P2)	교각(P7)

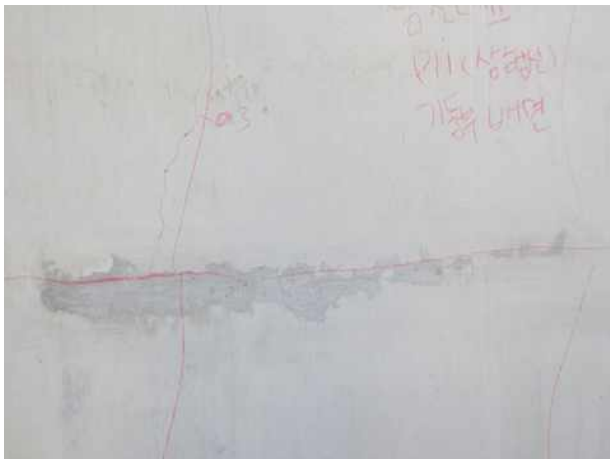
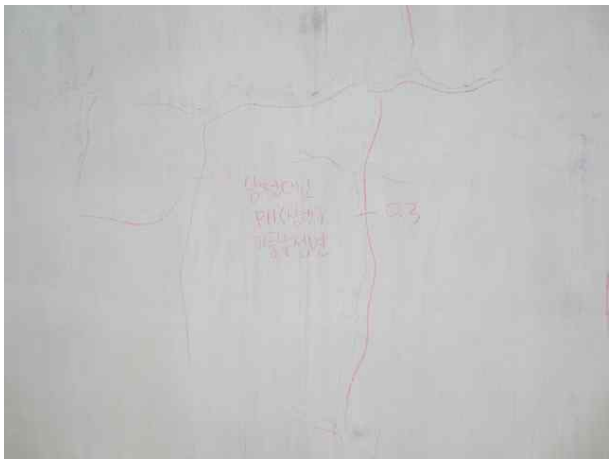
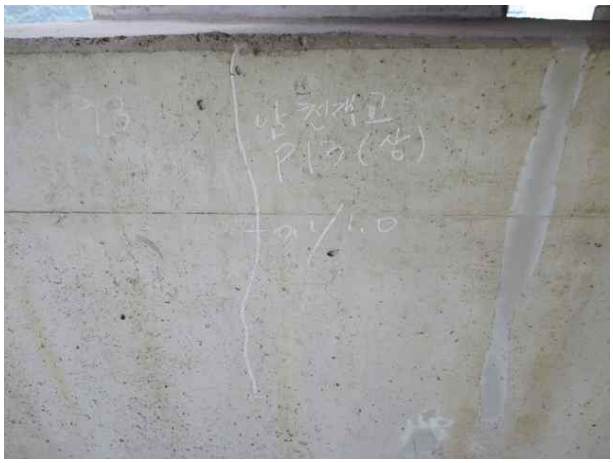
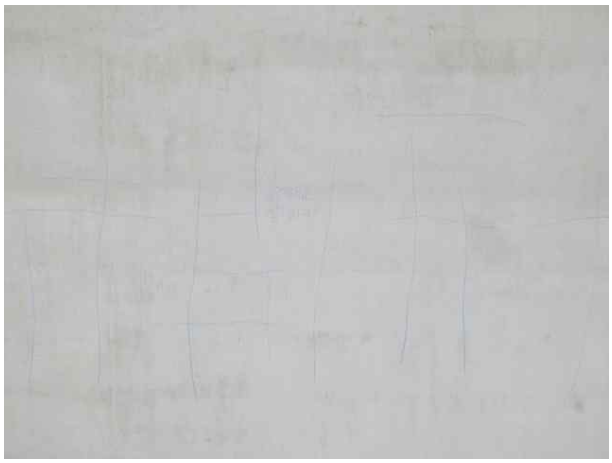
【사진 3.2.7】교각 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교각의 외관조사 결과, 시공초기 건조수축에 의한 미세균열 및 망상균열이 추가 조사되었으며, 우수 유입 및 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 균열이 일부 진전된 것으로 확인되었다.
- 시공이음부를 중심으로 국부적인 콘크리트 들뜸이 일부 조사되었다.

【표 3.2.7】교각 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	콘크리트 박리 (㎡/개소)
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 이상)		
P1	-	-	345.0/4	-
P2	6.0/7	-	337.5/4	-
P3	1.0/1	-	320.0/4	-
P4	-	-	327.5/4	-
P5	-	-	337.5/4	-
P6	-	1.0/1	500.0/4	-
P7	4.8/8	-	402.5/4	0.12/2
P8	-	-	456.0/5	0.08/1
P9	1.0/1	-	517.5/4	0.09/1
P10	2.0/4	-	525.0/4	-
P11	1.5/2	11.5/4	460.0/4	0.3/1
P12	0.6/2	-	575.0/4	0.04/1
P13	1.0/1	-	460.0/4	-
P14	0.5/1	-	460.0/4	-
P15	2.3/5	-	402.5/4	-
P16	2.0/2	3.0/1	320.0/4	-
P17	10.0/6	-	230.0/4	-
합계	32.7/40	15.5/6	6,976.0/69	0.63/6

망상균열(P7)	망상균열(P8)
	
콘크리트 들뜸(P11)	폭 0.3㎜ 수직균열(P11)
	
폭 0.1㎜ 수직균열(P13)	망상균열(P13)

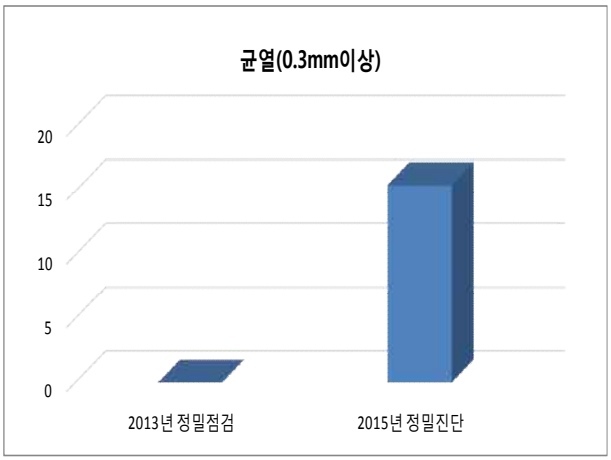
【사진 3.2.8】교각 손상현황(대구)

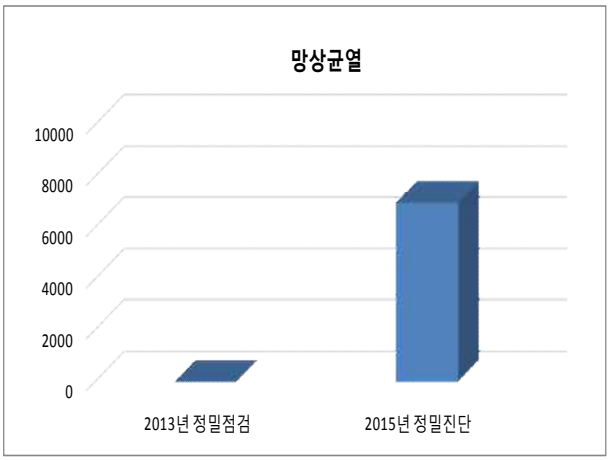
4) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 균열 및 망상균열, 국부적인 콘크리트 박리 등의 손상이 추가 조사되었다.

【표 3.2.8】 교각 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	3.0	32.7	
균열 (0.3㎜ 이상), (m)	-	15.5	
망상균열(㎡)	-	6,976.0	
콘크리트 박리(㎡)	-	0.63	





【그림 3.2.4】 교각 기 점검결과 비교(대구)

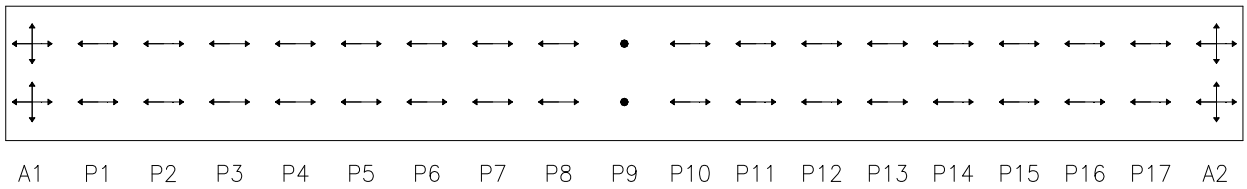
5) 검토의견

- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되나, 공용년수 경과에 의한 노후화 및 동결융해 등의 원인에 의해 일부 균열의 경우 균열폭이 0.3㎜ 이상 진전된 것으로 확인된 바, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.
- 콘크리트 박리의 경우, 우수 유입 등의 원인에 의해 손상의 진전이 우려되므로 단면보수가 요망된다.

3.2.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 교량받침은 포트받침 및 납면진받침(L.R.B)이 설치되어 있으며, 교각부는 교량기초분리장치가 설치되어 있다.
- 교량받침은 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 중점적으로 시행하였다.



【그림 3.2.5】 교량받침 배치도(대구)

포트받침 전경

교량기초분리장치 전경

【사진 3.2.9】 교량받침 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 교량받침의 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 받침콘크리트 균열이 일부 조사되었다.
- Plate는 우수 유입 등의 환경적인 원인에 의해 국부적인 도장손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.9】 교량받침 외관조사 결과(대구)

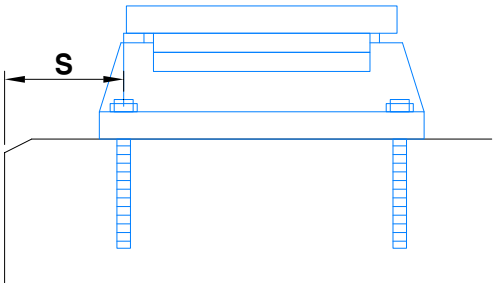
구 분	받침 콘크리트 균열 (m/개소) (0.3㎜ 미만)	Plate 도장손상 (㎡/개소)	비 고
A1	-	-	
P1	-	-	
P2	0.3/1	-	
P3	0.2/1	-	
P4	-	-	
P5	-	-	
P6	-	-	
P7	-	-	
P8	0.2/1	-	
P9	-	-	
P10	0.2/3	-	
P11	-	-	
P12	0.5/5	-	
P13	1/5	0.04/1	
P14	0.6/6	-	
P15	0.2/1	-	
P16	-	-	
P17	0.2/2	-	
A2	-	-	
합계	3.4/25	0.04/1	

받침콘크리트 균열(P3 Sh2)	받침콘크리트 균열(P8 Sh1)
받침콘크리트 균열(P10 Sh1)	받침콘크리트 균열(P13 Sh1)
Plate 도장손상(P13 Sh1)	받침콘크리트 균열(P15 Sh1)

【사진 3.2.10】 교량받침 손상현황(대구)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교량받침면은 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(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.2.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

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

연단거리 측정 전경

【사진 3.2.11】 연단거리 측정 전경

【표 3.2.10】 연단거리 측정 결과(대구)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	1,250	1,250	O.K
P1	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	500	2,000	2,000	O.K
P2	A1측	500	2,000	2,000	O.K
	A2측	500	2,000	2,000	O.K
P3	A1측	500	2,000	2,000	O.K
	A2측	500	2,000	2,000	O.K
P4	A1측	500	2,000	2,000	O.K
	A2측	475	2,000	2,000	O.K
P5	A1측	475	2,000	2,000	O.K
	A2측	475	2,000	2,000	O.K
P6	A1측	475	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P7	A1측	450	2,000	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,000	O.K
P8	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P9	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P10	A1측	450	2,000	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,000	O.K
P11	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P12	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P13	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P14	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P15	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P16	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P17	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	400	2,050	2,050	O.K
A2		400	1,350	1,350	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(23.3℃(2015.9.7)) 측정하였다.

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

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

【표 3.2.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(대구)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	490	135.7	57.3	7.8	135.7	65.1
P1	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	440	124.5	51.5	-	124.5	51.5
P2	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	380	107.5	44.5	-	107.5	44.5
P3	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	320	90.6	37.4	-	90.6	37.4
P4	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	260	73.6	30.4	-	73.6	30.4
P5	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	205	58.1	24.0	-	58.1	24.0
P6	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	150	42.5	17.6	-	42.5	17.6
P7	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	100	28.3	11.7	-	28.3	11.7
P8	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	50	14.2	5.9	-	14.2	5.9
P9	고정단								
P10	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	50	14.2	5.9		14.2	5.9
P11	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	100	28.3	11.7	-	28.3	11.7
P12	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	150	42.5	17.6	-	42.5	17.6
P13	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	200	56.6	23.4	-	56.6	23.4
P14	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	250	70.8	29.3	-	70.8	29.3
P15	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	300	84.9	35.1	-	84.9	35.1
P16	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	350	99.1	41.0	-	99.1	41.0
P17	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	400	113.2	46.8	-	113.2	46.8
A2	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	440	124.5	51.5	7.8	124.5	59.3

1) 조사당시 온도 : 23.3℃(조사일 : 2015년 9월 7일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.2.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(대구)

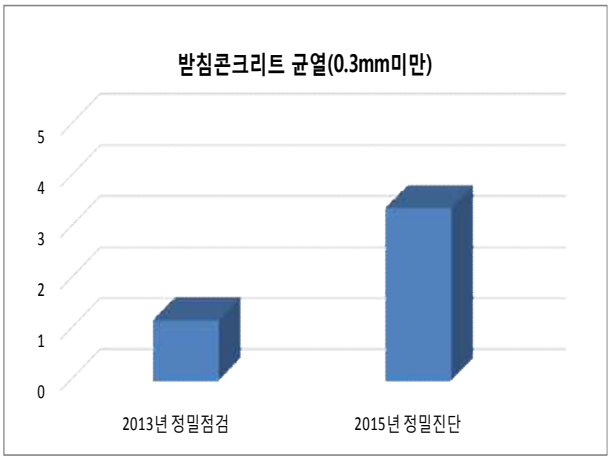
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	140(A2)	135.7	65.1	210	490	±350	O.K
	Sh2	140(A2)			210	490	±350	O.K
P1	Sh1	50(A1)	124.5	51.5	250	150	±200	O.K
	Sh2	57(A1)			257	143	±200	O.K
P2	Sh1	50(A1)	107.5	44.5	200	100	±150	O.K
	Sh2	50(A1)			200	100	±150	O.K
P3	Sh1	32(A1)	90.6	37.4	182	118	±150	O.K
	Sh2	32(A1)			182	118	±150	O.K
P4	Sh1	35(A1)	73.6	30.4	160	90	±125	O.K
	Sh2	35(A1)			160	90	±125	O.K
P5	Sh1	18(A1)	58.1	24.0	143	107	±125	O.K
	Sh2	18(A1)			143	107	±125	O.K
P6	Sh1	18(A1)	42.5	17.6	118	82	±100	O.K
	Sh2	18(A1)			118	82	±100	O.K
P7	Sh1	19(A1)	28.3	11.7	94	56	±75	O.K
	Sh2	19(A1)			94	56	±75	O.K
P8	Sh1	11(A1)	14.2	5.9	86	64	±75	O.K
	Sh2	11(A1)			86	64	±75	O.K
P9	고정단							
P10	Sh1	5(A2)	14.2	5.9	80	70	±75	O.K
	Sh2	3(A2)			78	72	±75	O.K
P11	Sh1	17(A2)	28.3	11.7	92	58	±75	O.K
	Sh2	13(A2)			88	62	±75	O.K
P12	Sh1	38(A2)	42.5	17.6	113	37	±75	O.K
	Sh2	38(A2)			113	37	±75	O.K
P13	Sh1	38(A2)	56.6	23.4	138	62	±100	O.K
	Sh2	41(A2)			141	59	±100	O.K
P14	Sh1	42(A2)	70.8	29.3	142	58	±100	O.K
	Sh2	45(A2)			145	55	±100	O.K
P15	Sh1	49(A2)	84.9	35.1	174	76	±125	O.K
	Sh2	53(A2)			178	72	±125	O.K
P16	Sh1	59(A2)	99.1	41.0	209	91	±150	O.K
	Sh2	59(A2)			209	91	±150	O.K
P17	Sh1	54(A2)	113.2	46.8	204	96	±150	O.K
	Sh2	56(A2)			206	94	±150	O.K
A2	Sh1	85(A1)	124.5	59.3	215	385	±300	O.K
	Sh2	95(A1)			205	395	±300	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

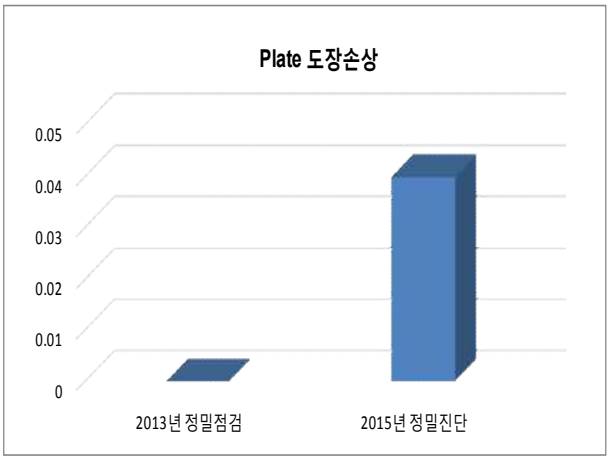
바. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 국부적인 받침콘크리트 균열 및 Plate 도장손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.13】 교량받침 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
받침콘크리트균열 (0.3㎜ 미만), (m)	1.2	3.4	
Plate 도장손상(㎡)	-	0.04	





【그림 3.2.7】 교량받침 기 점검결과 비교

사. 검토의견

- 남천대교(대구)의 교량받침은 온도변화에 따른 신장 및 수축시 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되어 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 균열은 시공초기 건조수축에 의한 균열로서 현재 보수보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직하다.
- Plate 부식은 외부 우수유입 등의 환경적인 원인에 의한 국부적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 신축이음장치는 A1, A2에 Rail Joint 형식으로 각 1개씩 모두 2개 시공되어 있다.
- 외관조사시에는 도보를 이용하여 근접조사를 시행하였으며, 특히, Rail Joint는 신축이음장치 하부에서 베어링 및 탄성패드 탈락, 서포트빔 파손에 의한 이상음 발생과 방수 고무씰(Rubber Seal) 파손으로 인한 누수 등에 대해 중점적으로 조사를 실시하였다.

Rail Joint 상부	Rail Joint 하부

【사진 3.2.12】 신축이음장치 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 본체 유간 이물질퇴적이 일부 조사되었다.
- 후타재의 경우 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었으나, 시공초기 건조수축, 지속적인 차량의 윤하중 및 충격에 의한 균열 및 망상균열이 일부 조사되었다.

【표 3.2.14】 신축이음장치 외관조사 결과(대구)

위 치	구 분		손상내용	비고
A1	Rail Joint	본체	▪ 유간이물질퇴적(1.2m/1개소)	
		후타재	▪ 균열(7.8m/18개소)	
A2	Rail Joint	본체	▪ 유간이물질퇴적(1.5m/1개소)	
		후타재	▪ 후타재 균열(4.2m/10개소) ▪ 후타재 망상균열(2.0㎡/4개소)	

본체 유간 이물질퇴적(EXP.J1)	본체 유간 이물질퇴적(EXP.J2)

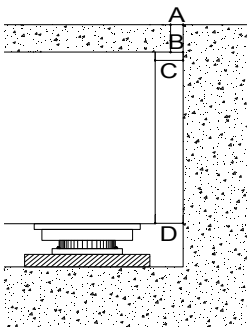
【사진 3.2.13】 신축이음장치 손상현황(대구)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회[(1차:23.1℃, 9월18일), (2차:12.6℃, 11월19일)]에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

신축이음장치 유간(A)	거더 하부 유간(D)



< 측정 개요도 >

【사진 3.2.14】 신축이음 유간 측정방법(대구)

【표 3.2.15】 신축이음 유간 측정결과(대구)

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)	244	290	485	533	481	530	460	509	Rail Joint(No.400)
EXP.J2(A2)	245	288	521	565	518	563	500	543	Rail Joint(No.400)

- 9월(23.1℃)과 11월(12.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 실측 변동량과 이론 변동량이 미소하게 차이가 발생하고 있었으나, 그 차이는 최대 5.5㎜에 불과하며, 10년의 공용기간 동안 특이손상이 발생하지 않은 점으로 보아 전반적으로 이론치와 유사하게 가동하고 있는 것으로 판단된다.

【표 3.2.16】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(대구)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	244	290	46.0	51.5	
	바닥판 단부	485	533	48.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	245	288	43.0	46.2	
	바닥판 단부	521	565	44.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.2.17】 신축이음 신축이동량 산정(대구)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수(α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	28.1	11.9	1.0×10^{-5}	490	137.7	58.3	7.8	145.5	58.3
EXP.J2 (A2)	28.1	11.9	1.0×10^{-5}	440	123.6	52.4	7.8	131.4	52.4

1) 조사당시 온도 : 23.1℃(조사일 : 2015년 9월 18일)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 수축시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.2.18】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(대구)

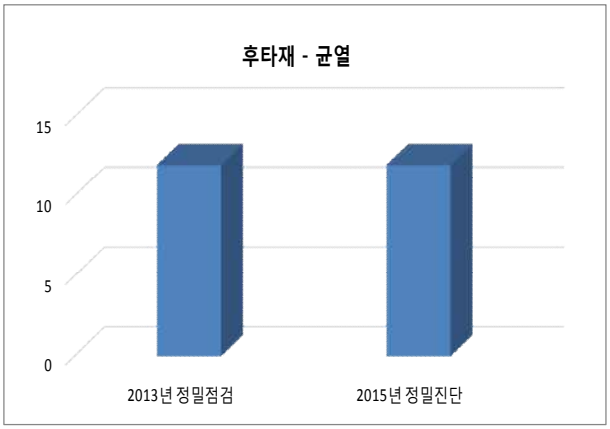
구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	145.5	58.3	244	400	10.5	185.7	O.K
	바닥판 단부	145.5	58.3	485	-	-	426.7	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	131.4	52.4	245	400	23.6	192.6	O.K
	바닥판 단부	131.4	52.4	521	-	-	468.6	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

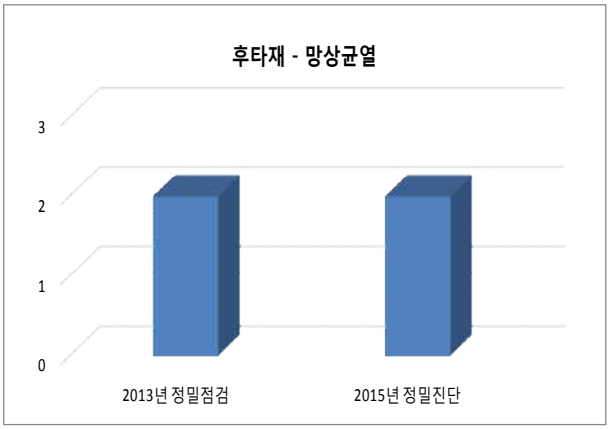
라. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 기 발생한 손상의 진전은 미미하나, 본체 이물질퇴적 및 후타재 균열이 일부 조사되었다.

【표 3.2.19】 신축이음장치 기 점검 결과 비교(대구)

구 분		2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
본체	이물질퇴적(m)	2.7	2.7	
후타재	균열(m)	12.0	12.0	
	망상균열(㎡)	2.0	2.0	





【그림 3.2.8】 신축이음장치 기 점검결과 비교

마. 검토 결과

- 남천대교(대구)의 신축이음부는 온도변화에 따른 수축 및 신장시 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되어 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.
- 후타재는 시공초기 건조수축, 지속적인 윤하중 및 충격에 의한 균열 및 망상균열이 일부 조사되었으며, 윤하중에 의한 손상의 진전이 우려되므로 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며, 본체 유간 이물질퇴적은 정비가 요망된다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 교면은 아스팔트(T=80㎜)로 포장되어 있으며, 교면방수는 침투식 방수층으로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

교면포장 전경

【사진 3.2.15】 교면포장 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 공용년수 경과에 의한 노후화 등의 원인에 의해 라벨링이 국부적으로 발생되었으나, 굵은 골재까지 탈리되지는 않은 상태였으며, 지속적인 윤하중에 의한 국부적인 포트홀 및 패임이 일부 조사되었다.

【표 3.2.20】 교면포장 외관조사 결과(대구)

구 분	포트홀 (㎡/개소)	라벨링 (㎡/개소)	포장패임 (㎡/개소)	비고
S2	0.01/1	-	-	
S3	0.01/1	-	0.05/1	
S4	-	-	0.55/2	
S5	0.02/1	-	-	
S6	-	6.0/1	0.05/1	
S7	-	20.0/1	-	
S8	-	10.0/1	-	
S9	-	30.0/1	-	
S13	-	3.0/2	-	
S14	-	8.0/2	-	
S15	-	2.0/1	-	
S16	-	6.0/2	-	
S17	-	4.9/2	-	
S18	-	8.0/1	-	
합계	0.04/3	97.9/14	0.65/4	

아스콘 패임(S3)	라벨링(S9)
라벨링(S14)	라벨링(S16)
라벨링(S17)	라벨링(S18)

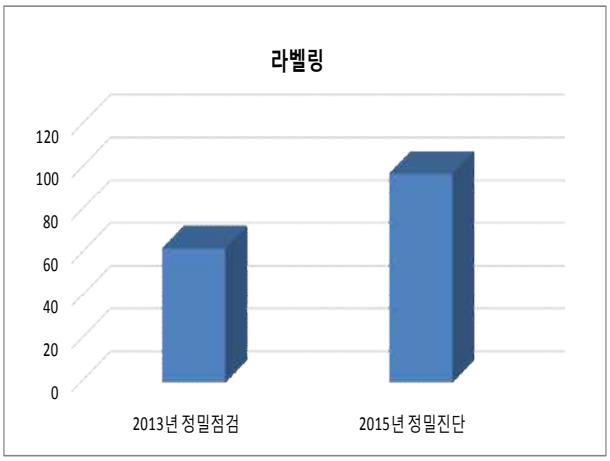
【사진 3.2.16】 교면포장 손상현황(대구)

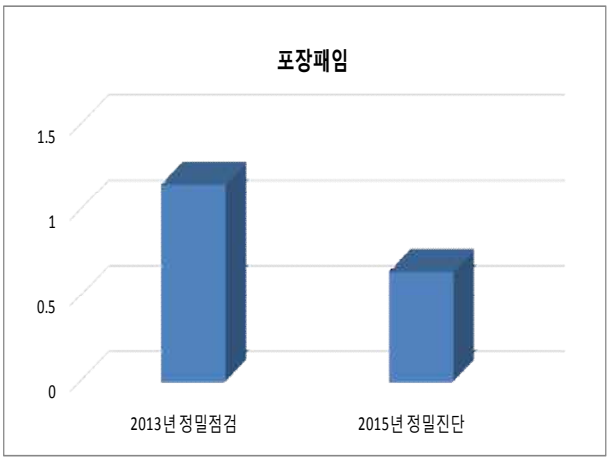
다. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 공용년수 경과에 의한 라벨링이 일부 추가 조사되었으며, 국부적인 포트홀 및 패임이 확인되었다.

【표 3.2.21】 포장 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
포트홀(㎡)	0.55	0.04	
라벨링(㎡)	62.8	97.9	
포장패임(㎡)	1.16	0.65	





【그림 3.2.9】 포장 기 점검결과 비교

다. 검토 의견

- 남천대교(대구)의 교면포장은 공용년수 경과에 의한 노후화 및 반복적인 중차량 통행에 의해 라벨링, 포트홀 및 패임 등의 손상이 조사되었으나, 현재는 통행차량의 주행성 저하를 유발하는 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되는 바, 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 장기적인 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)는 교량의 횡단구배(최대 -2.0%)에 따라 우측 캔틸레버에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구

배수관

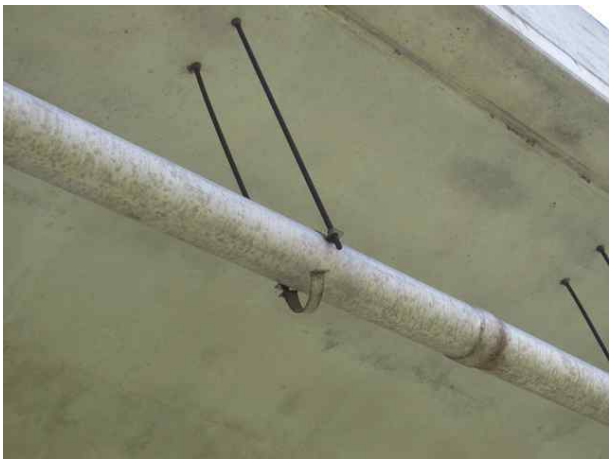
【사진 3.2.17】 배수시설 전경

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 그레이팅 변형, 배수관 고정고리 탈락 및 체결불량, 녹발생 등의 손상이 일부 조사되었다.
- 상부에 발생한 우수를 하부로 유도하기 위한 연결부인 배수홈통의 경우 상부구조의 온도에 의한 신축의 영향으로 여유량이 다소 부족하게 조사되었다.

【표 3.2.22】 배수시설 외관조사 결과(대구)

구 분	고정고리 탈락, 체결불량 (개소)	누수 (개소)	그레이팅 변형 (개소)	녹발생 및 누수흔적 (개소)	배수홈통 용량부족 (개소)
S3	1	-	-	-	-
S12	-	1	-	-	1
S13	2	-	1	1	-
S16	1	-	-	-	-
S17	3	-	-	-	-
합계	**7**	**1**	**1**	**1**	**1**

배수관 고정고리 체결불량(S3)	배수홈통 용량부족(S12)
배수구 그레이팅 변형(S13)	배수관 고정고리 체결불량(S13)
	
배수관 녹발생 및 누수흔적(S13)	배수관 고정고리 탈락(S16)

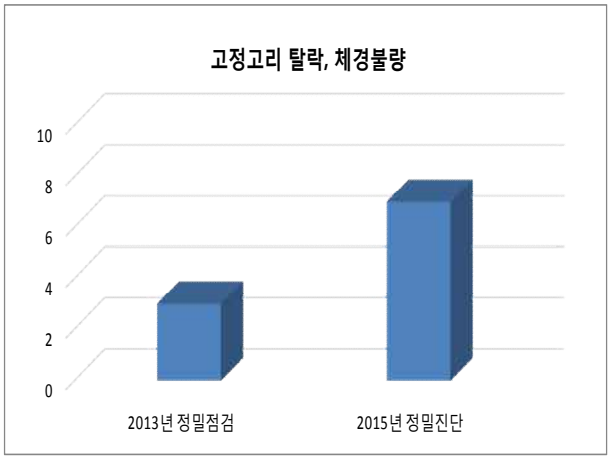
【사진 3.2.18】 배수시설 손상현황(대구)

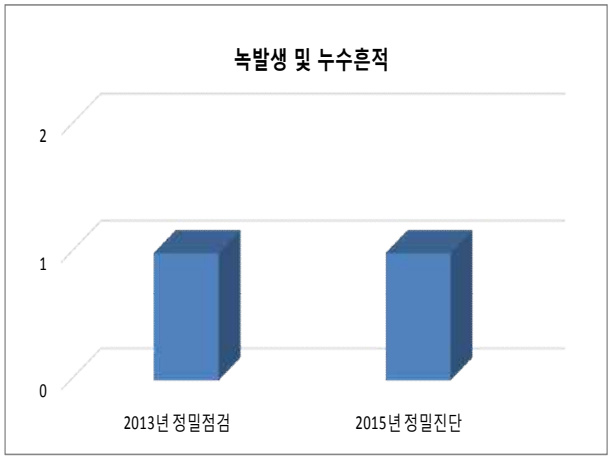
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었으나, 고정고리 탈락이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.23】 배수시설 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
고정고리 탈락, 체결불량(개소)	3	7	
누수(개소)	1	1	
그레이팅 변형(개소)	1	1	
녹발생 및 누수흔적(개소)	1	1	
배수홈통 용량부족(개소)	1	1	





【그림 3.2.10】 배수시설 기 점검결과 비교

4) 검토 의견

- 배수시설에 발생한 배수구 그레이팅 변형, 배수관 고정고리 탈락 및 체결불량, 녹발생 등의 손상은 배수 기능 발휘에 큰 문제는 없는 것으로 판단되나, 내구성 확보를 위한 조치가 필요하다.
- 배수홈통 여유량 부족으로 인한 추가 손상은 없는 것으로 확인된 바, 지속적인 주의관찰 후 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

나. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 남천대교(대구)의 좌·우측 방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, 외관조사는 도보로 근접조사를 실시하였다.

좌측 방호벽	우측 방호벽

【사진 3.2.19】 난간 및 연석 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 우수유입에 의한 균열 및 보수부 재균열, 균열부 백태 등이 조사되었다.
- 통행차량의 충돌에 의한 국부적인 콘크리트 손상이 일부 조사되었다.

【표 3.2.24】 난간 및 연석 외관조사 결과(대구)

구 분	균열 (m/개소)		균열부 백태	파손	긁힘	들뜸
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 이상)	(㎡/개소)	(㎡/개소)	(㎡/개소)	(㎡/개소)
S1	-	-	-	-	0.22/2	-
S2	1.0/1	-	-	-	0.06/2	-
S3	1.5/1	-	-	-	-	-
S4	1.2/2	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	0.04/1	-
S6	-	0.4/1	-	-	-	-
S7	3.0/5	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	0.02/2	-	-
S10	0.4/1	-	-	-	-	0.02/1
S11	2.0/2	-	0.2/2	-	-	-
S12	6.0/1	-	0.1/1	-	-	-
S13	1.0/1	-	0.1/1	-	-	-
S14	1.0/1	-	0.3/1	-	-	-
S15	1.0/1	-	-	0.01/1	-	-
S16	6.0/4	-	-	-	-	-
S17	6.0/6	-	-	-	-	-
S18	2.0/2	-	-	-	-	-
합 계	32.1/28	0.4/1	0.7/7	0.03/3	0.32/5	0.02/1

콘크리트 긁힘(S1)	보수부 재균열(S3)
보수부 재균열(S4)	보수부 재균열(S7)
방호벽 들뜸(S10)	균열부 백태(S14)

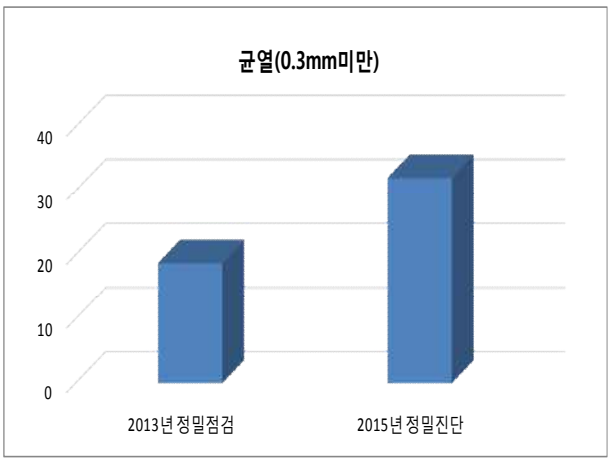
【사진 3.2.20】 난간 및 연석 손상현황(대구)

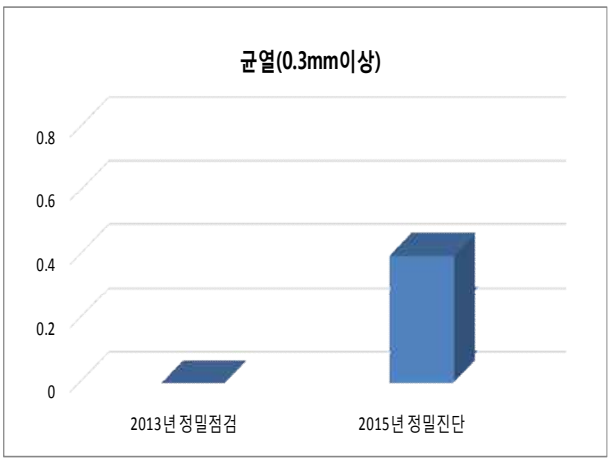
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 균열 및 보수부 재균열, 균열부 백태, 파손 등의 손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.2.25】 난간 및 연석 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	18.8	32.1	
균열 (0.3㎜ 이상), (m)	-	0.4	
균열부 백태(㎡)	-	0.7	
파손(㎡)	0.02	0.03	
긁힘(㎡)	-	0.32	
들뜸(㎡)	-	0.02	





【그림 3.2.11】 난간 및 연석 기 점검결과 비교

4) 검토 의견

- 방호벽에 발생한 균열, 보수부 재균열 및 균열부 백태의 경우 시공초기 건조수축 및 우수유입에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 국부적인 콘크리트 파손이 조사된 바, 미관 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

3.3 외관조사(부산)

3.3.1 상부구조

가. 거더 외부

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 거더는 P.S.C Box형식으로 시공되어 있고, 좌·우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 설치되어있다.
- 거더 외부의 외관조사는 교량점검차(굴절차) 및 고소작업차를 이용하여 근접조사를 시행하였다.

거더 외부	캔틸레버

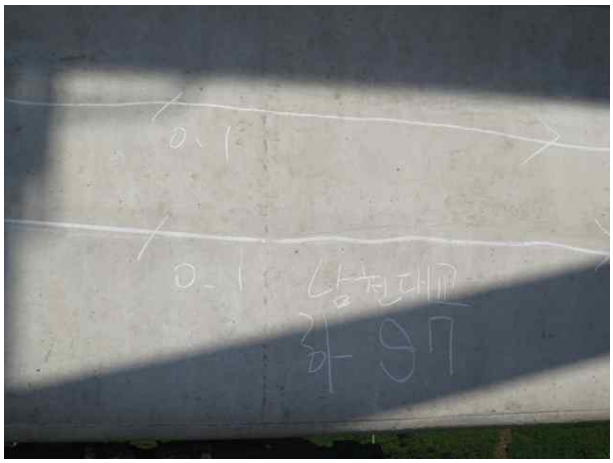
【사진 3.3.1】 거더 외부 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 균열이 다수 추가 조사되었으며, 균열폭이 일부 진전된 것으로 확인되었다.
- 거더 외부에 발생한 균열의 대표 형상은 거더 복부의 경우 시공이음부 수평균열이 일부 조사되었으며, 하면은 종방향으로 미세균열이 확인되었다.
- 교량받침 접합부는 시공시 다짐 및 마감 불량 등의 원인에 의한 국부적인 콘크리트 박리가 조사되었다.
- 방호벽 접합부를 통한 우수유입에 의해 캔틸레버에 백태가 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.1】 거더 외부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (m/개소)		콘크리트 박리(㎡/개소)	백태(㎡/개소)
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 이상)		
S1	-	-	-	-
S2	4.0/11	-	0.03/1	-
S3	64.5/11	-	-	-
S4	47.0/5	-	-	-
S5	44.0/9	-	-	-
S6	63.2/28	-	0.12/2	-
S7	72.7/27	1.0/1	0.09/1	-
S8	50.0/7	-	-	0.3/1
S9	13.0/2	-	-	-
S10	25.0/2	-	-	-
S11	10.0/2	-	-	-
S12	17.0/5	-	-	-
S13	14.0/4	-	-	-
S14	13.0/2	-	-	-
S15	40.0/7	-	-	-
S16	65.0/15	-	-	0.19/3
S17	24.6/18	-	-	-
S18	93.5/7	-	-	-
S19	15.0/3	-	-	-
S20	0.5/1	-	0.02/1	1/1
합 계	**676.0/166**	**1.0/1**	**0.26/5**	**1.49/5**

폭 0.1㎜ 수평균열(S5)	폭 0.1㎜ 수평균열(S6)
	
폭 0.1㎜ 수평균열(S7)	콘크리트 박리(S7)
폭 0.1㎜ 수평균열(S8)	폭 0.1㎜ 종방향균열(S16)

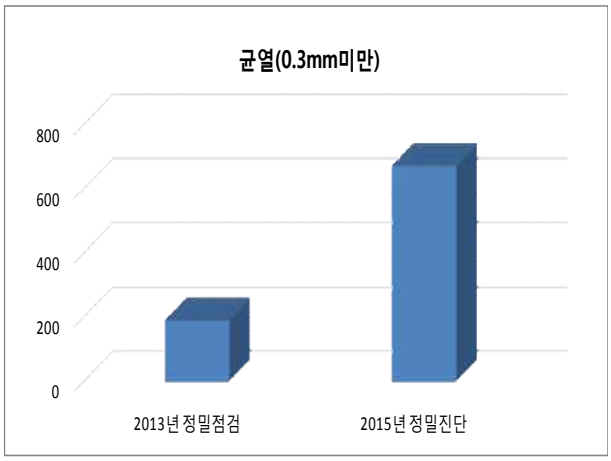
【사진 3.3.2】 거더 외부 손상현황(부산)

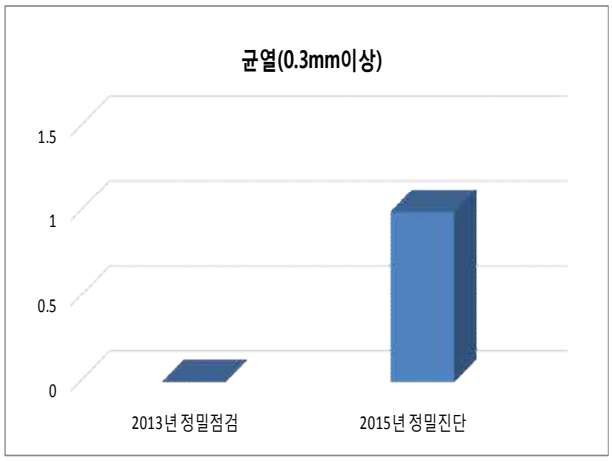
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 거더 외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열 및 콘크리트 박리, 백태 등의 손상이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.2】 거더 외부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	192.3	676.0	
균열 (0.3㎜ 이상), (m)	-	1.0	
콘크리트 박리(㎡)	0.12	0.26	
백태(㎡)	-	1.49	





【그림 3.3.1】 거더 외부 기 점검결과 비교

4) 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 미세균열로 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 공용년수 경과에 의한 노후화 및 온도, 습도 등의 환경적인 원인에 의해 0.3㎜ 이상의 균열이 일부 조사된 바, 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰 및 보수가 필요하다.
- 교량받침 접합부 콘크리트 박리 및 방호벽 접합부 우수유입에 의한 백태 등의 손상은 내구성 확보 차원의 조치가 요망된다.

나. 거더 내부

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 P.S.C Box 형식으로서 1기의 20경간 연속으로 구성되어있다.
- 거더 내부에 대해서는 도보로 외관조사를 실시하였다.

거더 내부	
거더 내부 격벽 전경	우측 복부 전경

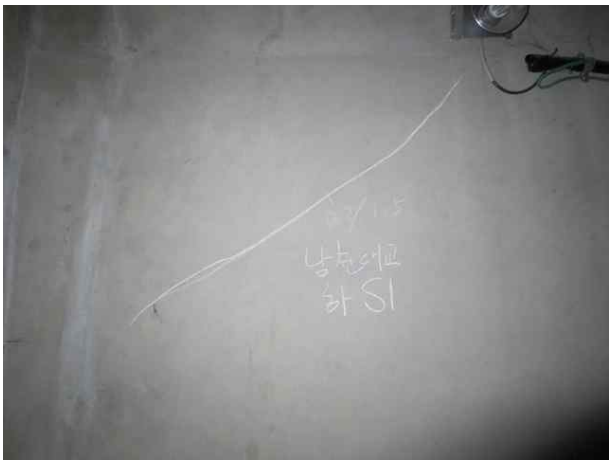
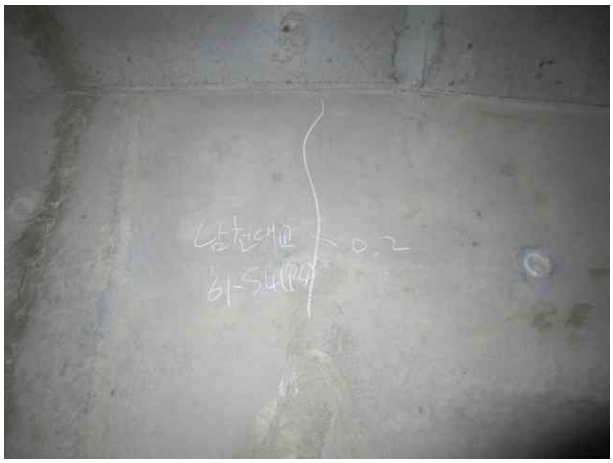
【사진 3.3.3】 거더 내부 전경(부산)

2) 외관조사결과

- 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 시공이음부에서 균열 및 망상균열이 다수 확인되었다.
- 거더 내부에 발생한 균열의 대표 형상은 상면 종방향 미세균열, 복부 수평 및 사방향 균열이 확인되었다.
- 국부적인 백태 및 철근노출이 일부 조사되었다.

【표 3.3.3】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (m/개소) (0.3㎜ 미만)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)
S1	288.0/18	-	0.5/1	-
S2	166.0/22	-	0.09/1	-
S3	253.0/16	-	0.09/1	-
S4	351.0/9	-	-	-
S5	412.1/15	-	0.04/1	-
S6	357.0/10	-	0.06/1	0.04/4
S7	253.0/6	-	0.25/1	0.01/4
S8	402.0/9	-	-	-
S9	377.0/10	-	0.04/1	-
S10	287.0/9	-	-	-
S11	263.0/9	-	-	-
S12	410.0/11	2.25/1	-	-
S13	278.0/12	-	-	-
S14	200.0/4	-	-	-
S15	203.8/7	-	-	-
S16	172.5/13	-	-	-
S17	275.0/8	-	-	-
S18	330.0/8	-	-	-
S19	250.0/5	-	-	-
S20	303.0/7	-	-	-
합 계	5,831.4/209	2.25/1	1.07/7	0.05/8

	
백태(S1)	폭 0.2㎜ 사방향 균열(S1)
폭 0.1㎜ 종방향 균열(S3)	폭 0.1㎜ 종방향 균열(S4)
	
폭 0.2㎜ 수직균열(S4)	폭 0.1㎜ 수평균열(S9)

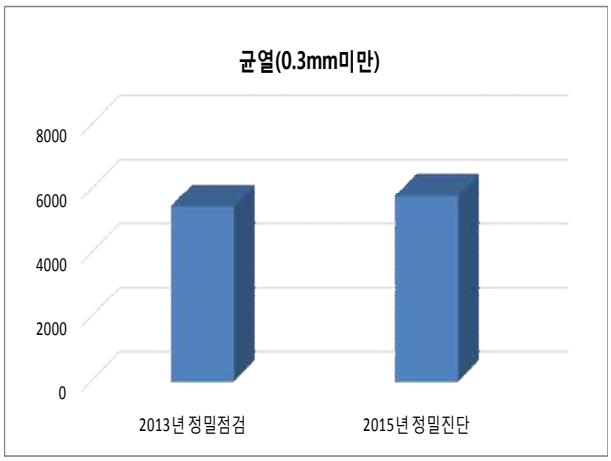
【사진 3.3.4】 거더 내부 손상현황(부산)

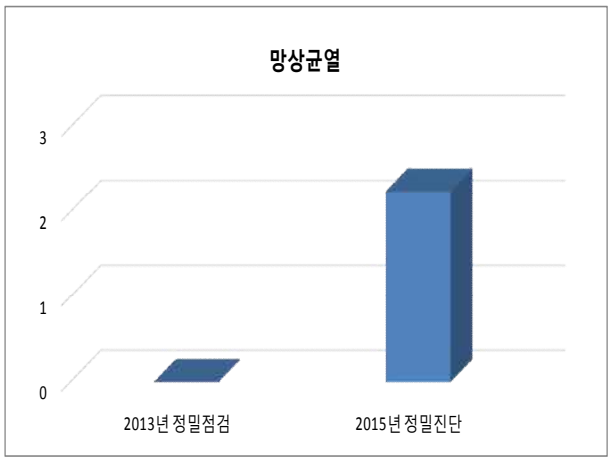
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 균열 및 망상균열 등의 손상이 다수 추가 조사되었다.

【표 3.3.4】 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	5,490.9	5,831.4	
망상균열(㎡)	-	2.25	
백태(㎡)	0.3	1.07	
철근노출(㎡)	0.04	0.05	





【그림 3.3.2】 거더내부 기 점검 결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 거더 내부는 전구간에 걸쳐 상면 종방향균열이 확인되었으며, 규모와 형상을 미루어보아 비구조적인 손상으로 판단된다. 일반적으로 교축방향의 균열은 흔히 발생하는 손상으로서 균열폭 및 깊이는 크지 않으며, 시공초기 건조수축 등의 원인으로 추정된다.
- 복부 수평 및 사방향 균열의 경우, 시공당시(ILM공법) 압출부위로서, 종단면상 캔틸레버 역할을 하게되며, 지점부 인장응력에 의한 시공초기 균열로 판단된다.
- 기 발생한 손상은 구조적 안전성을 저해하는 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되나, 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 교대는 철근콘크리트 역T형, 기초는 A1, A2 직접기초로 시공되었으며, 교대에 대한 외관조사는 도보로 근접하여 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 3.3.5】교대 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교대에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 균열 및 보수부 재균열이 일부 추가 조사되었다.
- 거더 내부로 진입하기 위한 연결통로 구간에 국부적인 백태 및 파손이 일부 조사되었다.

【표 3.3.5】교대 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(m/개소) (0.3㎜ 미만)	백태 (㎡/개소)	연결통로 파손 (개소)
A1	1.5/1	2.0/1	1
A2	4.4/6	0.15/1	-
합 계	**5.9/7**	**2.15/2**	**1**

점검통로 백태(A1)	보수부 재균열(A2 벽체)

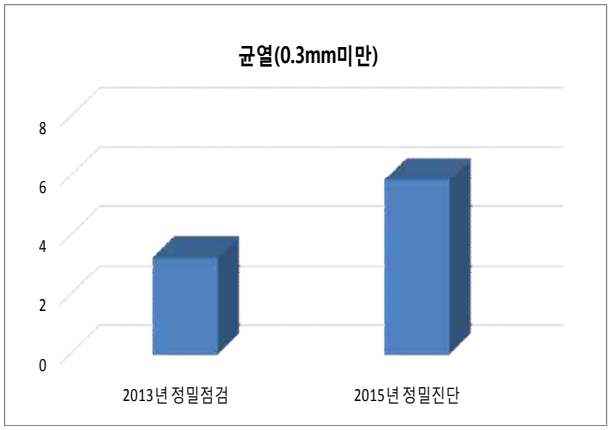
【사진 3.3.6】교대 손상현황(부산)

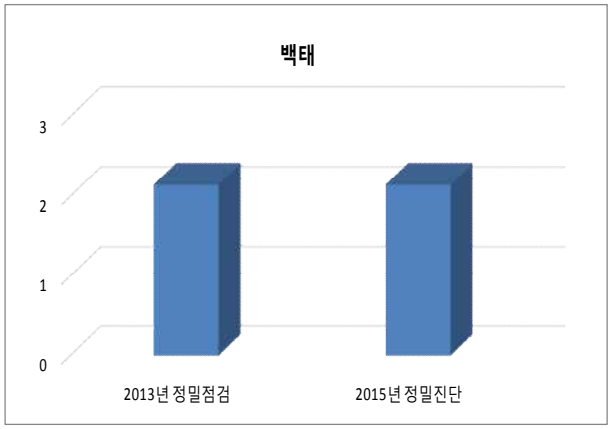
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후, 국부적인 균열 및 백태 등의 손상이 일부 조사되었다.

【표 3.3.6】교대 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열(0.3㎜ 미만), (m)	3.3	5.9	
백태(㎡)	2.15	2.15	
연결통로 파손(개소)	-	1	





【그림 3.3.3】교대 기 점검결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 교대에서 조사된 균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.
- 교대 측면에 설치된 거더 내부 점검통로의 우수 유입에 의한 백태가 일부 조사되었으나, 콘크리트 열화 정도는 경미한 것으로 판단되는 바, 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 교각은 T형, 기초는 직접기초 및 현장타설기초로 시공되어 있으며 교각에 대한 외관조사는 고소점검차 및 점검로를 이용하여 근접 조사 실시하였다.

교각(P4)	교각(P8)
교각(P15)	교각(P17)

【사진 3.3.7】교각 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교각의 외관조사 결과, 시공초기 건조수축에 의한 미세균열 및 망상균열이 추가 조사되었으며, 우수 유입 및 공용년수 경과에 의한 노후화로 인해 균열이 일부 진전된 것으로 확인되었다.
- 시공이음부 및 우수유입 등의 원인에 의한 국부적인 콘크리트 박리, 파손 및 백태 등의 손상이 일부 조사되었다.

【표 3.3.7】 교각 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	콘크리트 파손 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 이상)				
P1	-	-	69.0/4	-	-	-
P2	-	-	115.0/4	-	-	-
P3	2.0/1	-	260.0/5	0.06/6	-	-
P4	3.3/4	-	402.5/4	0.04/1	-	-
P5	0.5/1	-	427.5/4	-	-	1.26/3
P6	-	1.0/1	510.0/4	0.08/2	0.03/1	0.45/1
P7	-	-	460.0/4	-	-	0.04/1
P8	-	-	550.0/4	-	-	0.03/1
P9	-	-	460.0/4	-	-	-
P10	-	-	525.0/4	-	-	-
P11	-	1.5/1	525.0/4	-	-	0.1/1
P12	3.8/5	-	527.2/5	-	-	-
P13	1.8/2	4.0/2	460.0/4	-	-	0.96/2
P14	-	13.5/7	487.5/4	-	-	0.69/3
P15	1.0/1	-	492.5/4	-	-	-
P16	1.0/1	-	492.5/4	-	-	0.64/4
P17	1.2/1	-	402.5/4	-	-	-
P18	1.8/2	-	345.0/4	-	-	-
P19	0.6/1	-	125.0/4	-	-	-
합 계	17.0/19	20.0/11	7,636.2/78	0.18/9	0.03/1	4.17/16

망상균열(P5)	콘크리트 들뜸(P6)
폭 0.3㎜ 수직균열(P6)	콘크리트 파손(P6)
폭 0.3㎜ 수직균열(P11)	망상균열(P12)

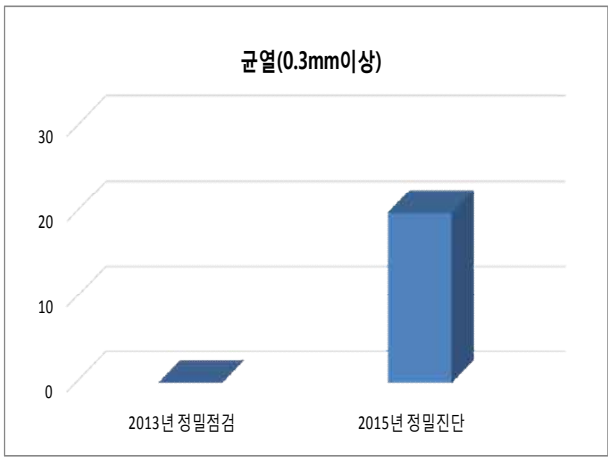
【사진 3.3.8】교각 손상현황(부산)

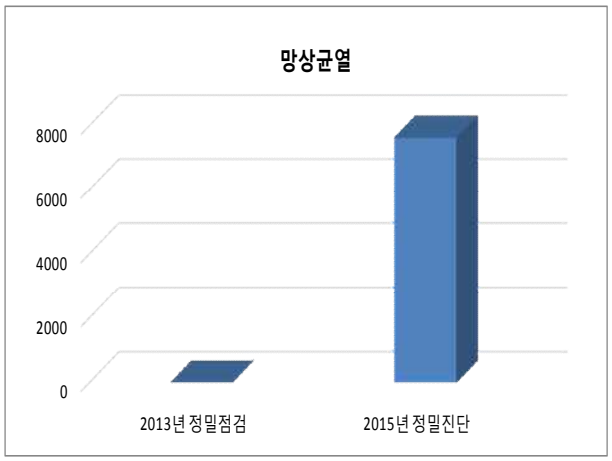
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 균열 및 콘크리트 박리 등의 손상이 다수 추가 조사되었다.

【표 3.3.8】 교각 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	8.8	17.0	
균열 (0.3㎜ 이상), (m)	-	20.0	
망상균열(㎡)	2.2	7,636.2	
콘크리트 파손(㎡)	0.08	0.18	
백태(㎡)	0.03	0.03	
박리(㎡)	-	4.17	





【그림 3.3.4】 교각 기 점검결과 비교(부산)

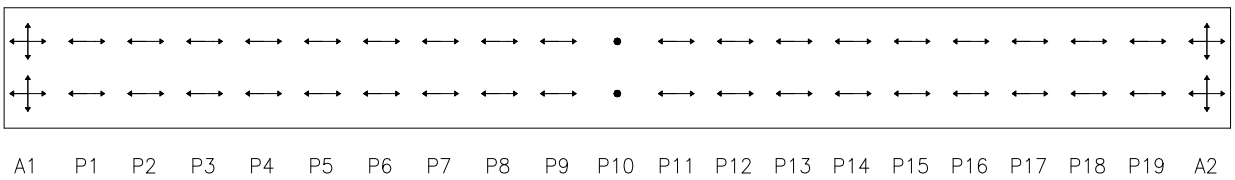
4) 검토의견

- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되나, 공용년수 경과에 의한 노후화 및 동결융해 등의 원인에 의해 일부 균열의 경우 균열폭이 0.3㎜ 이상 진전된 것으로 확인된 바, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.
- 기 발생한 콘크리트 파손, 박리 및 백태의 경우 현재 손상의 정도가 경미하며, 구조적 안전성에 큰 문제는 없는 것으로 판단되는 바, 진전 여부에 대한 지속적인 주의관찰 후 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

3.3.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 교량받침은 포트받침 및 납면진받침(L.R.B)이 설치되어 있으며, 교각부는 교량기초분리장치가 설치되어 있다.
- 교량받침은 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 중점적으로 시행하였다.



【그림 3.3.5】 교량받침 배치도(부산)

포트받침 전경

교량기초분리장치 전경

【사진 3.3.9】 교량받침 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교량받침의 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 공용년수 경과에 의한 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열이 일부 조사되었다.
- Plate는 우수 유입 등의 환경적인 원인에 의해 국부적인 부식이 일부 추가 조사되었다.
- 교량받침 시공시 이용된 가설철물이 일부 미제거된 것으로 확인되었다.

【표 3.3.9】교량받침 외관조사 결과(부산)

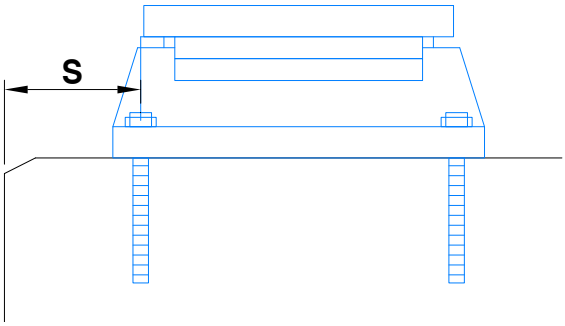
구 분	받침 콘크리트 균열 (m/개소)	무수축 몰탈 균열 (m/개소)	Plate 부식 (㎡/개소)	상부 Plate 가설철물 미제거 (개소)
	(0.3㎜ 미만)	(0.3㎜ 미만)		
A1	-	-	-	-
P1	0.2/2	0.1/1	-	-
P2	0.6/3	-	-	-
P3	-	-	-	-
P4	0.2/1	-	0.3/1	-
P5	0.8/4	-	-	-
P6	-	-	-	-
P7	0.6/2	-	-	-
P8	-	-	-	-
P9	-	-	-	2
P10	0.3/3	-	-	-
P11	-	-	-	2
P12	-	-	-	-
P13	-	-	-	-
P14	-	-	-	-
P15	-	-	-	-
P16	-	-	-	-
P17	-	-	-	-
P18	-	-	-	-
P19	0.5/5	-	-	-
A2	-	-	-	-
합 계	3.2/20	0.1/1	0.3/1	4

무수축몰탈 균열(P1 Sh1)	받침콘크리트 균열(P1 Sh1)
받침콘크리트 균열(P2 Sh2)	PLATE 부식(P4 Sh2)
가설철물 미제거(P9 Sh1)	가설철물 미제거(P11 Sh1)

【사진 3.3.10】 교량받침 손상현황(부산)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교량받침면은 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(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.3.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

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

연단거리 측정 전경

【사진 3.3.11】 연단거리 측정 전경

【표 3.3.10】 연단거리 측정 결과(부산)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		450	1,300	1,300	O.K
P1	A1측	450	1,980	2,030	O.K
	A2측	450	2,030	1,980	O.K
P2	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	475	2,050	2,030	O.K
P3	A1측	475	1,970	1,970	O.K
	A2측	500	1,950	1,970	O.K
P4	A1측	500	1,950	1,950	O.K
	A2측	500	1,950	1,950	O.K
P5	A1측	500	1,950	1,950	O.K
	A2측	500	1,950	1,980	O.K
P6	A1측	500	2,000	2,000	O.K
	A2측	475	2,000	1,950	O.K
P7	A1측	475	2,000	2,000	O.K
	A2측	475	2,000	2,000	O.K
P8	A1측	475	2,000	2,000	O.K
	A2측	475	2,000	2,000	O.K
P9	A1측	475	2,000	2,050	O.K
	A2측	450	2,050	2,000	O.K
P10	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P11	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P12	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P13	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P14	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P15	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,000	2,050	O.K
P16	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P17	A1측	450	2,050	2,050	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
P18	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,050	2,050	O.K
P19	A1측	450	2,000	2,000	O.K
	A2측	450	2,000	2,000	O.K
A2		450	1,350	1,350	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(23.3℃(2015.9.7)) 측정하였다.

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 신축에 대한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	550	155.7	64.4	7.8	155.7	72.2
P1	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	500	141.5	58.5	-	141.5	58.5
P2	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	450	127.4	52.7	-	127.4	52.7
P3	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	395	111.8	46.2	-	111.8	46.2
P4	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	335	94.8	39.2	-	94.8	39.2
P5	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	275	77.8	32.2	-	77.8	32.2
P6	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	215	60.8	25.2	-	60.8	25.2
P7	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	160	45.3	18.7	-	45.3	18.7
P8	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	105	29.7	12.3	-	29.7	12.3
P9	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	50	14.2	5.9	-	14.2	5.9
P10	고정단								
P11	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	50	14.2	5.9	-	14.2	5.9
P12	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	100	28.3	11.7	-	28.3	11.7
P13	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	150	42.5	17.6	-	42.5	17.6
P14	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	200	56.6	23.4		56.6	23.4
P15	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	250	70.8	29.3	-	70.8	29.3
P16	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	300	84.9	35.1		84.9	35.1
P17	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	350	99.1	41.0		99.1	41.0
P18	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	400	113.2	46.8		113.2	46.8
P19	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	450	127.4	52.7		127.4	52.7
A2	28.3	11.7	1.0×10^{-5}	500	141.5	58.5	7.8	141.5	66.3

1) 조사당시 온도 : 23.3℃(조사일 : 2015년 9월 7일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.3.12】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(부산)

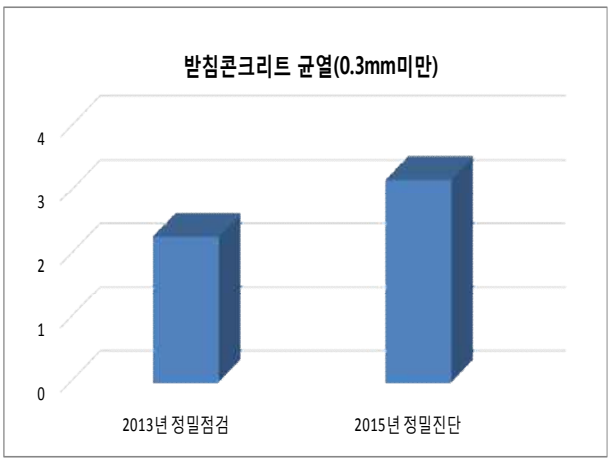
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	140(A2)	155.7	72.2	210	490	±350	O.K
	Sh2	140(A2)			210	490	±350	O.K
P1	Sh1	73(A1)	141.5	58.5	273	127	±200	O.K
	Sh2	73(A1)			273	127	±200	O.K
P2	Sh1	90(A1)	127.4	52.7	290	110	±200	O.K
	Sh2	81(A1)			281	119	±200	O.K
P3	Sh1	76(A1)	111.8	46.2	251	99	±175	O.K
	Sh2	74(A1)			249	101	±175	O.K
P4	Sh1	63(A1)	94.8	39.2	213	87	±150	O.K
	Sh2	61(A1)			211	89	±150	O.K
P5	Sh1	52(A1)	77.8	32.2	177	73	±125	O.K
	Sh2	52(A1)			177	73	±125	O.K
P6	Sh1	23(A1)	60.8	25.2	148	102	±125	O.K
	Sh2	25(A1)			150	100	±125	O.K
P7	Sh1	17(A1)	45.3	18.7	117	83	±100	O.K
	Sh2	17(A1)			117	83	±100	O.K
P8	Sh1	8(A1)	29.7	12.3	83	67	±75	O.K
	Sh2	5(A1)			80	70	±75	O.K
P9	Sh1	0	14.2	5.9	75	75	±75	O.K
	Sh2	0			75	75	±75	O.K
P10	고정단							
P11	Sh1	12(A2)	14.2	5.9	87	63	±75	O.K
	Sh2	14(A2)			89	61	±75	O.K
P12	Sh1	27(A2)	28.3	11.7	102	48	±75	O.K
	Sh2	26(A2)			101	49	±75	O.K
P13	Sh1	40(A2)	42.5	17.6	115	35	±75	O.K
	Sh2	39(A2)			114	36	±75	O.K
P14	Sh1	46(A2)	56.6	23.4	146	54	±100	O.K
	Sh2	56(A2)			156	44	±100	O.K
P15	Sh1	53(A2)	70.8	29.3	153	47	±100	O.K
	Sh2	51(A2)			151	49	±100	O.K
P16	Sh1	71(A2)	84.9	35.1	196	54	±125	O.K
	Sh2	70(A2)			195	55	±125	O.K
P17	Sh1	68(A2)	99.1	41.0	218	82	±150	O.K
	Sh2	68(A2)			218	82	±150	O.K
P18	Sh1	65(A2)	113.2	46.8	215	85	±150	O.K
	Sh2	65(A2)			215	85	±150	O.K
P19	Sh1	77(A2)	127.4	52.7	252	98	±175	O.K
	Sh2	77(A2)			252	98	±175	O.K
A2	Sh1	105(A1)	141.5	66.3	195	405	±300	O.K
	Sh2	105(A1)			195	405	±300	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

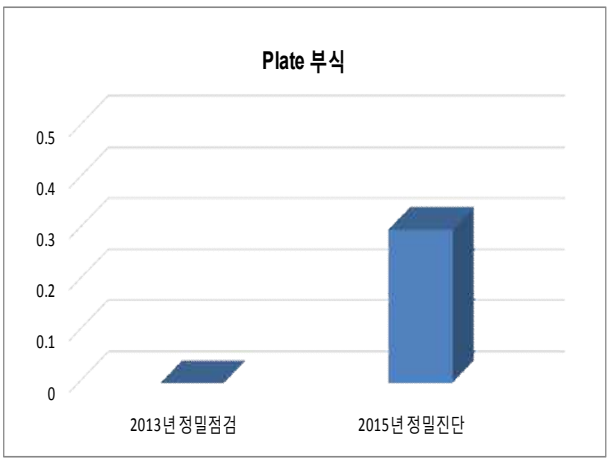
바. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검 이후 손상의 진전은 미미하나, 국부적인 Plate 부식이 추가 조사되었다.

【표 3.3.13】 교량받침 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
받침콘크리트균열 (0.3㎜ 미만), (m)	2.3	3.2	
무수축 몰탈 균열 (0.3㎜ 미만), (m)	0.1	0.1	
Plate 부식(㎡)	-	0.3	
Plate 가설철물 미제거(개소)	4	4	





【그림 3.3.7】 교량받침 기 점검결과 비교

사. 검토의견

- 남천대교(부산)의 교량받침은 온도변화에 따른 신장 및 수축시 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되어 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열은 시공초기 건조수축에 의한 균열로서 현재 보수보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직하다.
- Plate 부식은 외부 우수유입 등의 환경적인 원인에 의한 국부적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.
- 교량받침의 원활한 신축가동을 위해 가설철물 미제거는 정비가 요망된다.

3.3.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 신축이음장치는 A1, A2에 Rail Joint 형식으로 각 1개씩 모두 2개 시공되어 있다.
- 외관조사시에는 도보를 이용하여 근접조사를 시행하였으며, 특히, Rail Joint는 신축이음장치 하부에서 베어링 및 탄성패드 탈락, 서포트빔 파손에 의한 이상음 발생과 방수 고무씰(Rubber Seal) 파손으로 인한 누수 등에 대해 중점적으로 조사를 실시하였다.

Rail Joint 상부	Rail Joint 하부

【사진 3.3.12】 신축이음장치 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 본체 유간 이물질퇴적이 일부 조사되었다.
- 후타재의 경우 손상의 진전은 없는 것으로 확인되었으나, 시공초기 건조수축, 지속적인 차량의 윤하중 및 충격에 의한 균열이 일부 조사되었다.

【표 3.3.14】 신축이음장치 외관조사 결과(부산)

위 치	구 분		손상내용	비고
A1	Rail Joint	본체	-	
		후타재	▪ 균열(0.3㎜ 이상), (6.4m/8개소)	
A2	Rail Joint	본체	▪ 유간이물질퇴적(2.0m/1개소)	
		후타재	▪ 균열(0.3㎜ 미만), (3.5m/18개소)	

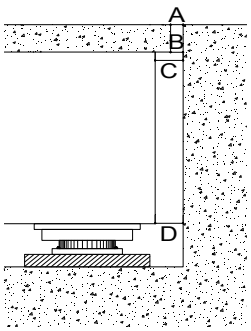
후타재 균열(EXP.J1)	본체 유간 이물질퇴적(EXP.J2)

【사진 3.3.13】 신축이음장치 손상현황(부산)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회[(1차:23.1℃, 9월18일), (2차:12.6℃, 11월19일)]에 걸쳐 신축이음자치, 바닥판, 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

신축이음장치 유간(A)	거더 하부 유간(D)
 < 측정 개요도 >	

【사진 3.3.14】 신축이음 유간 측정방법(부산)

【표 3.3.15】 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)	313	368	665	718	662	716	655	710	Rail Joint(No.480)
EXP.J2(A2)	246	298	657	711	652	706	640	694	Rail Joint(No.400)

- 9월(23.1℃)과 11월(12.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 실측 변동량과 이론 변동량이 미소하게 차이가 발생하고 있었으나, 그 차이는 최대 4.8㎜에 불과하며, 10년의 공용기간 동안 특이손상이 발생하지 않은 점으로 보아 전반적으로 이론치와 유사하게 가동하고 있는 것으로 판단된다.

【표 3.3.16】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	313	368	55.0	57.8	
	바닥판 단부	665	718	53.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	246	298	52.0	52.5	
	바닥판 단부	657	711	54.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 신축이음 유간을 검토한 결과, 온도변화에 따른 수축 및 신장시 모든 신축이음에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.3.17】 신축이음 신축이동량 산정(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수(α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	28.1	11.9	1.0×10^{-5}	550	154.6	65.5	7.8	162.4	65.5
EXP.J2 (A2)	28.1	11.9	1.0×10^{-5}	500	140.5	59.5	7.8	148.3	59.5

1) 조사당시 온도 : 23.1℃(조사일 : 2015년 9월 18일)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 수축시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.3.18】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(부산)

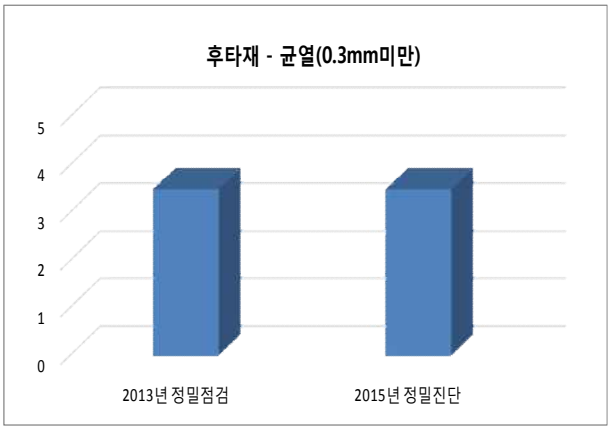
구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	162.4	65.5	313	480	4.6	247.5	O.K
	바닥판 단부	162.4	65.5	665	-	-	599.5	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음장치	148.3	59.5	246	400	5.7	186.5	O.K
	바닥판 단부	148.3	59.5	657	-	-	597.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

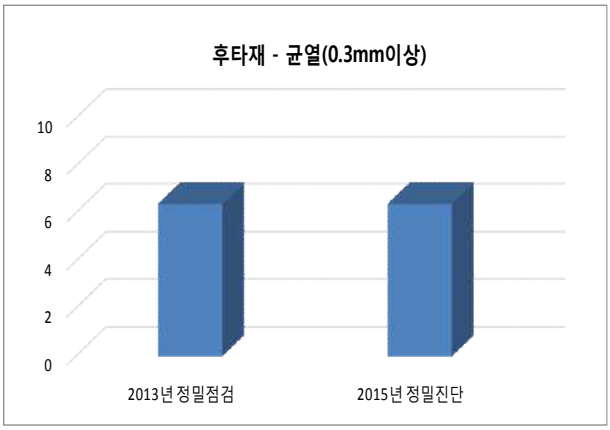
라. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 손상의 진전은 미미하나, 본체 유간 이물질퇴적 및 후타재 균열이 일부 조사되었다.

【표 3.3.19】 신축이음장치 기 점검 결과 비교(부산)

구 분		2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
본체	유간 이물질퇴적(m)	2.0	2.0	
후타재	균열(0.3㎜ 미만), (m)	3.5	3.5	
	균열(0.3㎜ 이상), (m)	6.4	6.4	





【그림 3.3.8】 신축이음장치 기 점검결과 비교

마. 검토 결과

- 남천대교(부산)의 신축이음부는 온도변화에 따른 수축 및 신장시 여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되어 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.
- 후타재는 시공초기 건조수축, 지속적인 윤하중 및 충격에 의한 균열이 일부 조사되었으며, 윤하중에 의한 손상의 진전이 우려되므로 내구성 확보를 위한 보수가 필요하며, 본체 유간 이물질퇴적은 정비가 요망된다.

3.3.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 남천대교(부산)의 교면은 아스팔트(T=80㎜)로 포장되어 있으며, 교면방수는 침투식 방수층으로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.

교면포장 전경

【사진 3.3.15】 교면포장 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 중차량 통행 및 충격에 의한 국부적인 포트홀 및 패임이 일부 조사되었다.

【표 3.3.20】 교면포장 외관조사 결과(부산)

구 분	포트홀(㎡/개소)	포장패임(㎡/개소)	비고
S1	-	0.02/2	
S12	-	0.1/1	
S15	-	0.2/2	
S17	0.02/2	0.03/1	
S18	0.01/1	-	
S19	-	0.02/1	
S20	-	0.1/1	
합 계	0.03/8	0.47/8	

아스콘 패임(S12)	아스콘 패임(S15)

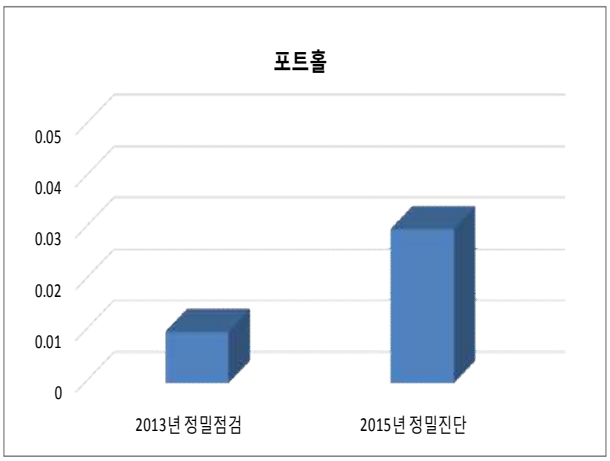
【사진 3.3.16】 교면포장 손상현황(부산)

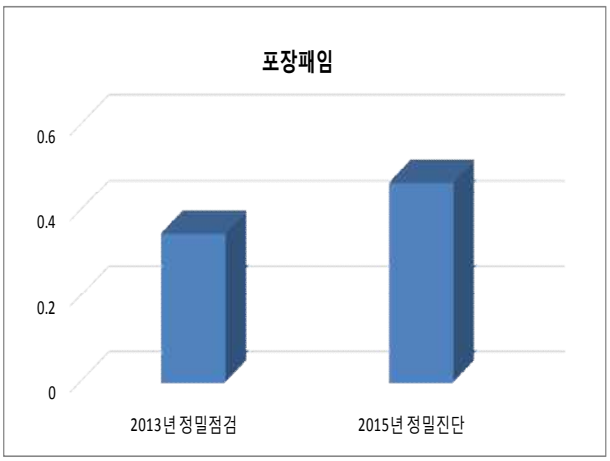
다. 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 반복적인 중차량 통행에 의한 패임 및 포트홀이 추가 조사되었다.

【표 3.3.21】 포장 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
포트홀(㎡)	0.01	0.03	
포장패임(㎡)	0.35	0.47	





【그림 3.3.9】 포장 기 점검결과 비교

다. 검토 의견

- 남천대교(부산)의 교면포장은 반복적인 중차량 통행에 의한 국부적인 패임 및 포트홀이 조사되었으나, 주행성 및 안전성에 큰 문제는 없는 것으로 판단되는 바, 진전 여부에 대한 주의관찰 후 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산)는 교량의 횡단구배(최대 -2.0%)에 따라 좌측 캔틸레버에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구	배수관

【사진 3.3.17】 배수구 및 배수관 전경

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수구 이물질퇴적, 배수관 고정고리 체결불량 및 연결부 불량이 일부 조사되었다.

【표 3.3.22】 배수시설 외관조사 결과(부산)

구 분	고정고리 체결불량 (개소)	연결부 불량 (개소)	이물질퇴적 (개소)	비고
S8	-	-	1	
S12	1	-	-	
S15	-	-	-	
S16	1	-	-	
S18	-	1	-	
S19	-	-	1	
S20	-	-	2	
합 계	2	1	4	

배수관 고정고리 체결불량(S12)	배수구 이물질퇴적(S19)

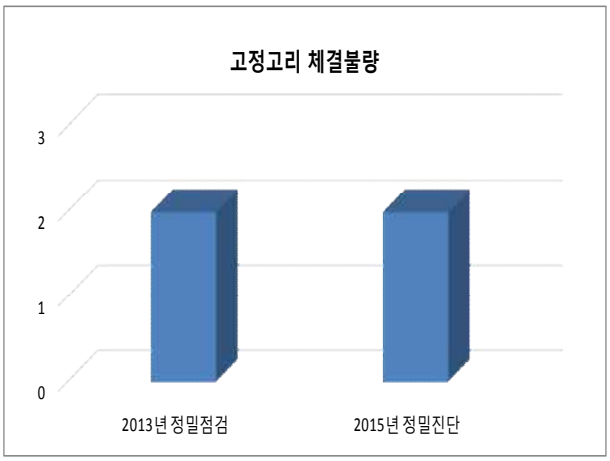
【사진 3.3.18】 배수시설 손상현황(부산)

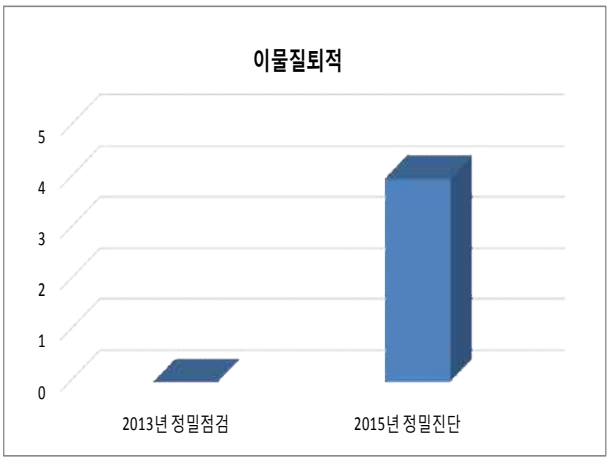
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

- 기 점검결과와 비교 시 배수구 이물질퇴적 및 연결부 불량이 일부 추가 조사되었다.

【표 3.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
고정고리 체결불량(개소)	2	2	
연결부 불량(개소)	-	1	
이물질퇴적(개소)	-	4	





【그림 3.3.10】 배수시설 기 점검결과 비교

4) 검토 의견

- 배수시설에 발생한 손상은 정비를 통한 유지관리시 기능 발휘에 큰 문제는 없는 것으로 판단된다.

라. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 남천대교(부산방향)의 좌·우측 방호벽은 철근콘크리트로 시공되어 있으며, S1~S6 좌측방호벽에는 방음벽이 설치되어 있다.
- 남천대교 방호벽의 높이는 노면으로부터 100cm로 확인되어 차량방호울타리 적정 설치높이인 100cm(도로안전시설 설치 및 관리 지침)에 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

좌측 방호벽 및 방음벽	우측 방호벽

【사진 3.3.19】 난간 및 연석 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 시공초기 건조수축 및 우수유입에 의한 균열 및 보수부재균열, 망상균열이 일부 조사되었다.

【표 3.3.24】 방호벽 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
	0.3㎜ 미만)		
S1	5.0/3	-	
S3	6.5/5	2.0/1	
S4	3.0/2	-	
S5	10.0/8	-	
S6	-	3.5/1	
S10	3.0/1	-	
S20	1.8/2	-	
합 계	29.3/21	5.5/2	

보수부 재균열(S1)	망상균열(S3)
보수부 재균열(S3)	폭 0.1㎜ 수평균열(S5)
망상균열(S6)	보수부 재균열(S10)

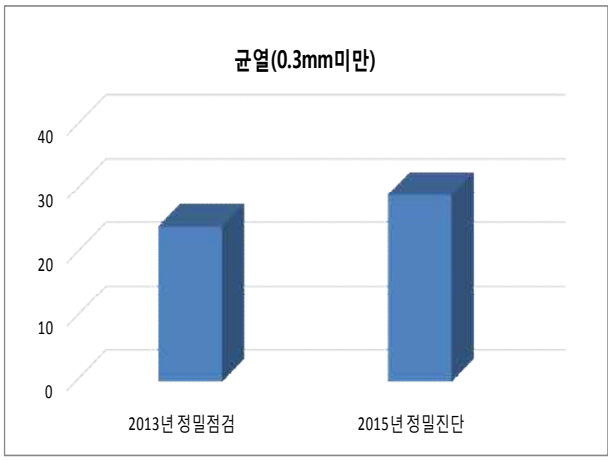
【사진 3.3.20】 난간 및 연석 손상현황(부산)

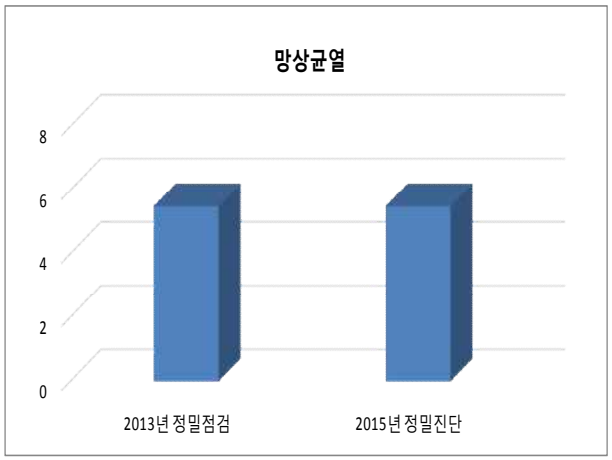
3) 기 점검(2013년) 결과와 비교

▪ 기 점검결과와 비교 시 손상의 진전은 미미하나, 균열 및 망상균열이 일부 조사되었다.

【표 3.3.25】 방호벽 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀진단	비 고
균열 (0.3㎜ 미만), (m)	24.3	29.3	
망상균열(㎡)	5.5	5.5	





【그림 3.3.11】 방호벽 기 점검결과 비교

3) 검토 의견

▪ 방호벽에 발생한 균열 및 보수부 재균열, 망상균열은 시공초기 건조수축 및 우수유입에 의한 비구조적인 손상으로 판단되나, 미관 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.

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 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(PSC BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	38	19	38	19	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	38	19	38	19	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	38	19	38	19	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		7	9	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	-	폭 0.3㎜ 이상 균열

주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시
주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

【표 3.4.2】 콘크리트 비파괴시험 현황(부산)

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(PSC BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	43	21	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	43	21	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	43	21	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		10	9	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	-	폭 0.3㎜ 이상 균열

주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시
주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

2) 콘크리트 강도시험 위치 선정사유

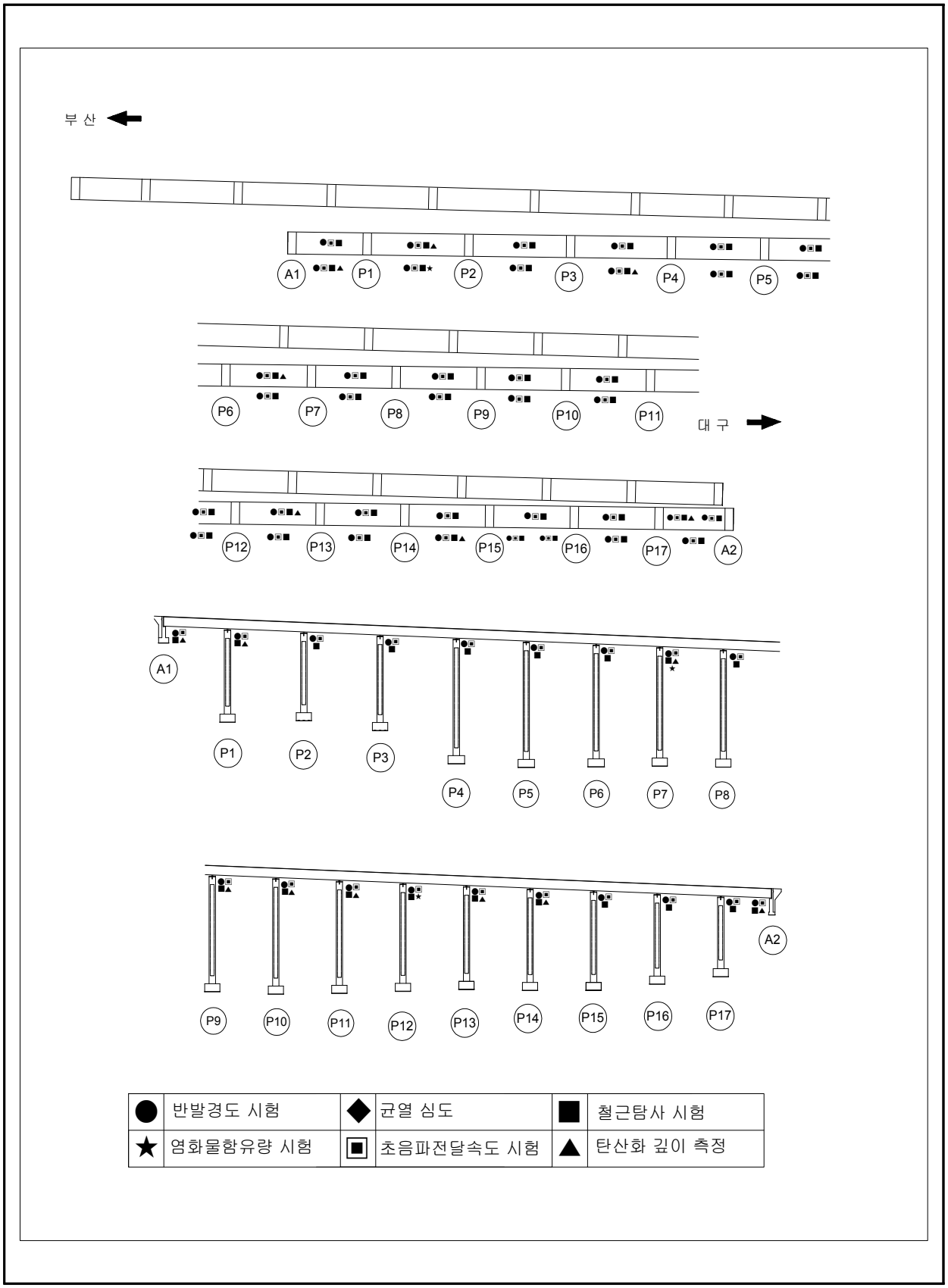
상부구조(PSC BOX)는 외관조사 결과 전경간 노출된 상태로 되어 있으며, 내구성시험의 정확한 결과값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트 표면의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

3) 조사 사진

반발경도시험	초음파전달속도시험	탄산화 깊이 측정	철근탐사시험

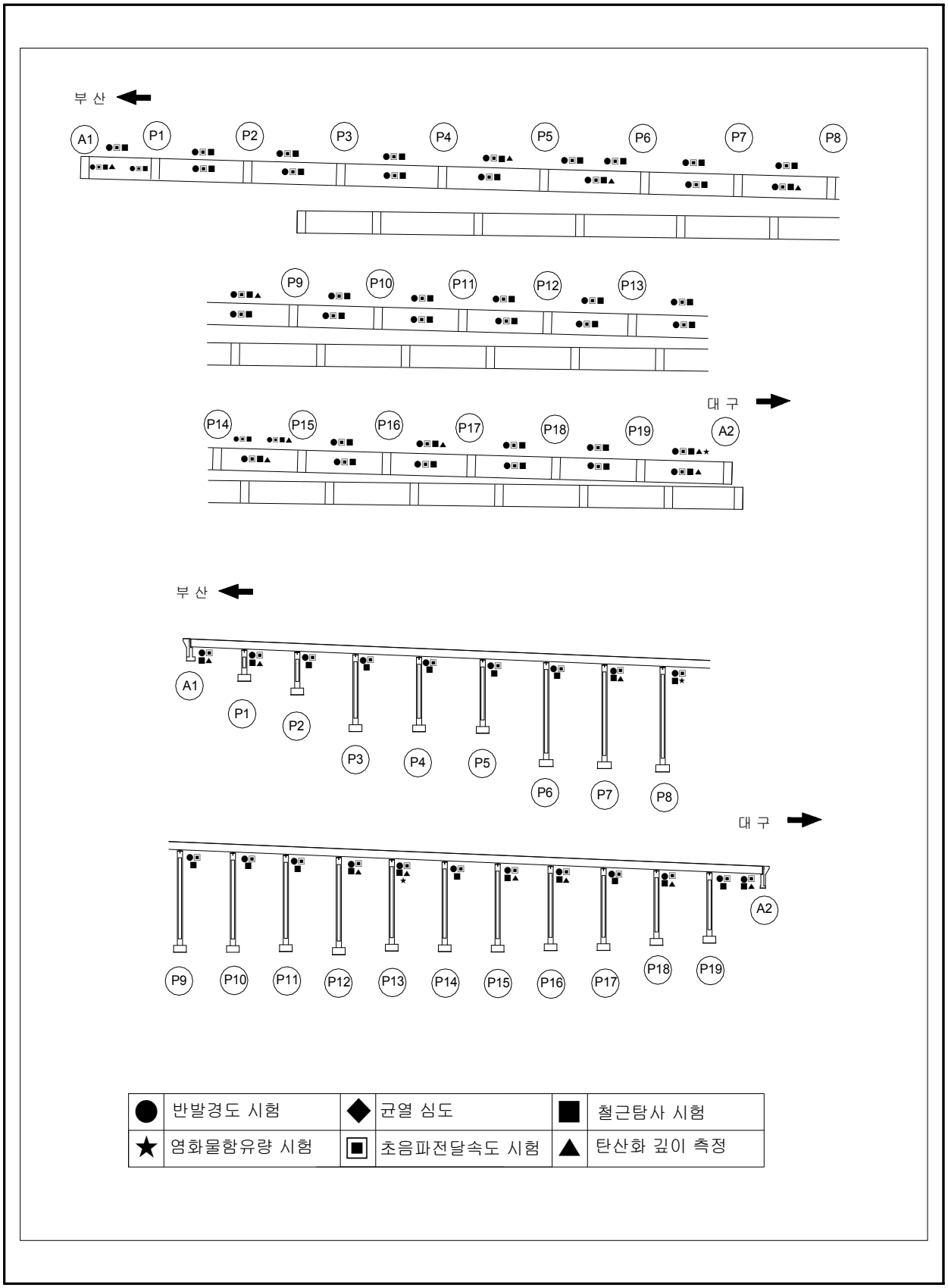
【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 전경

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)

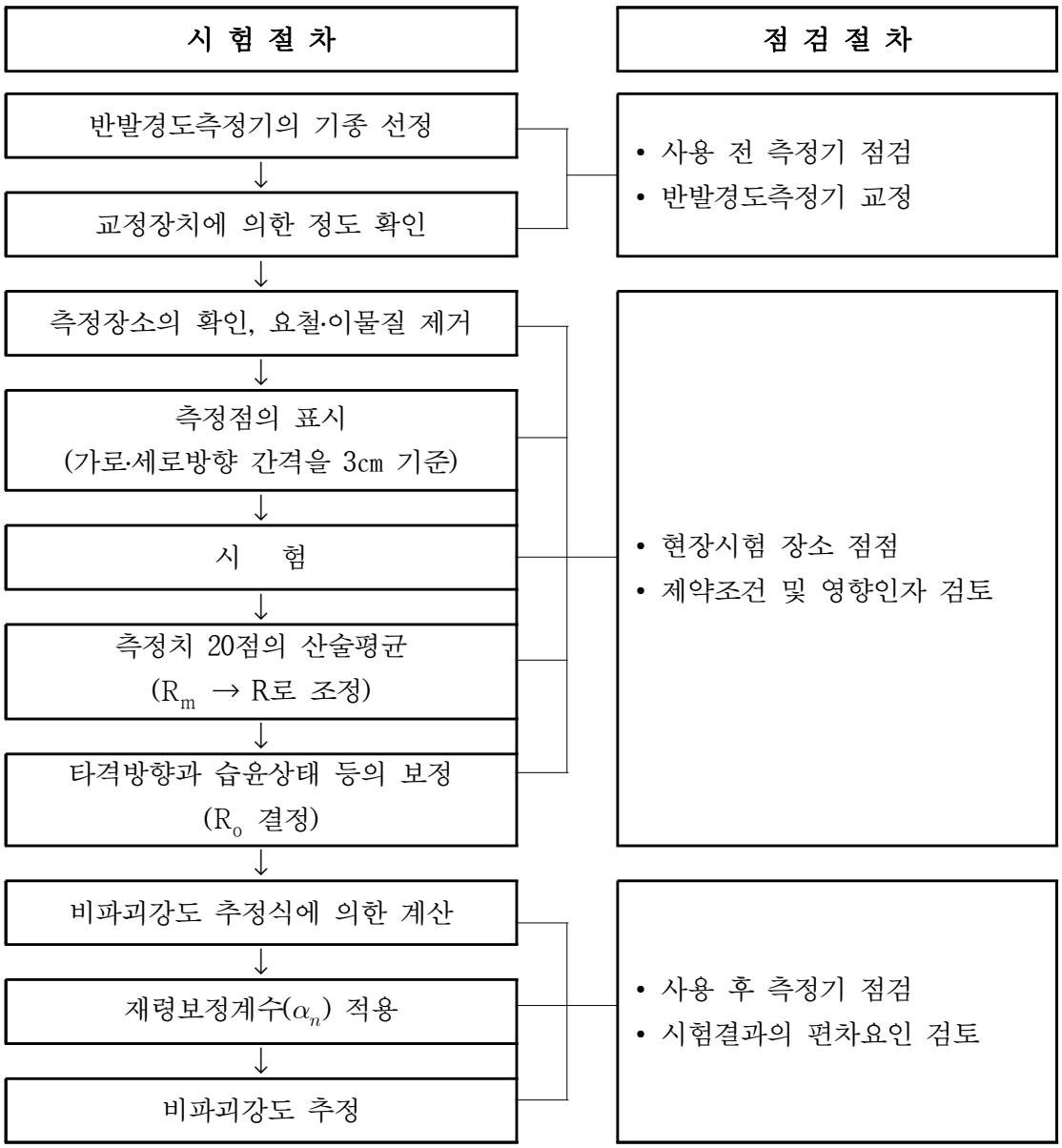
3.4.2 시험내용 및 평가기준

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 3㎝를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.4.3】 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

R \ α	보 정 값			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : ΔR_2 = +3으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

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

【표 3.4.4】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)		

고강도 콘크리트의 경우 일본재료학회, 일본건축학회에서 제안한 강도 추정식을 사용하는 것은 강도가 실제 강도보다 낮게 평가되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 검사에서는 과학기술부에서 제안한 식을 적용하였다.

【표 3.4.5】 고강도 콘크리트 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
과학기술부	$F_c = 1.52 \times R - 11.28$(MPa)	금회 적용(식③)

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 아래【표 3.4.6】과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

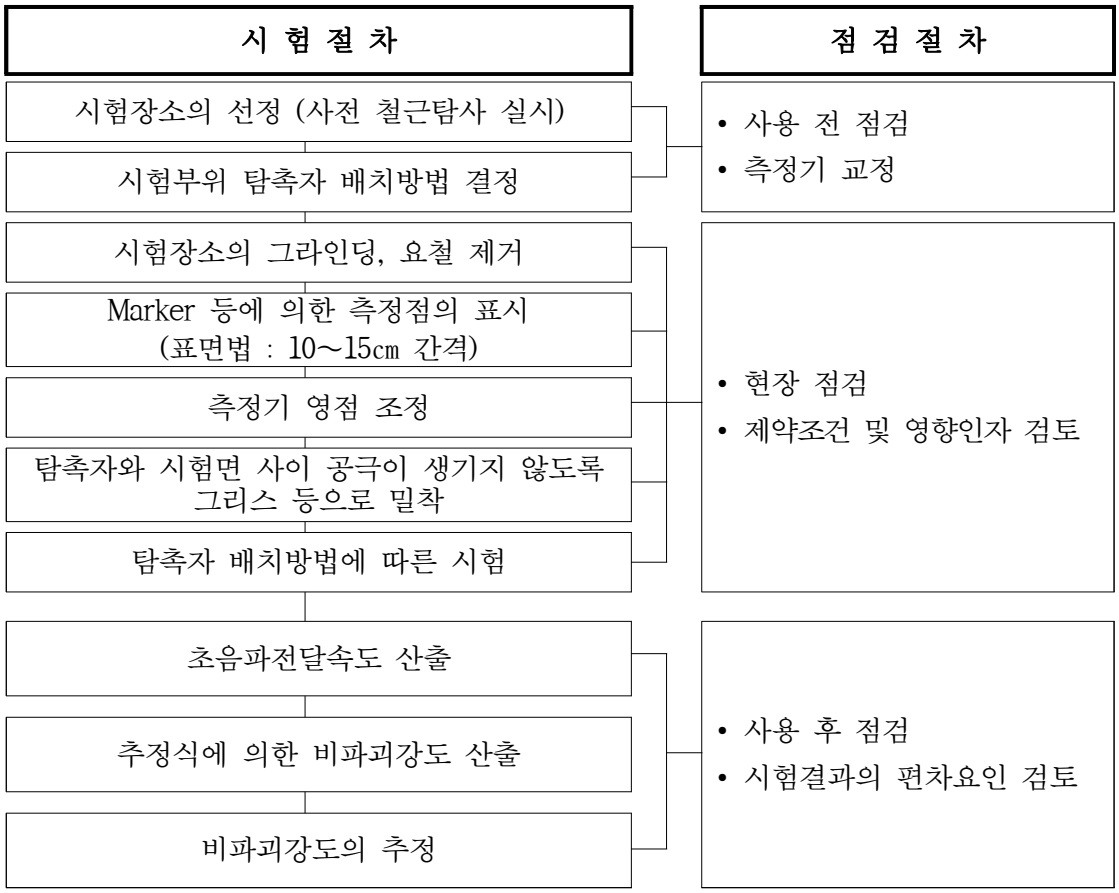
【표 3.4.6】 재령계수 α값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1,000	3,000
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



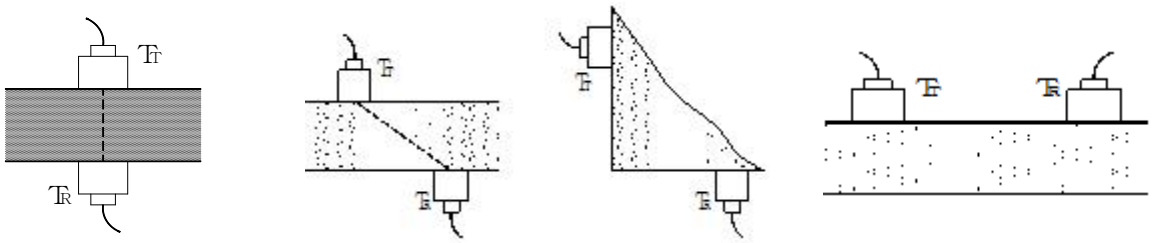
【그림 3.4.4】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.4.5】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

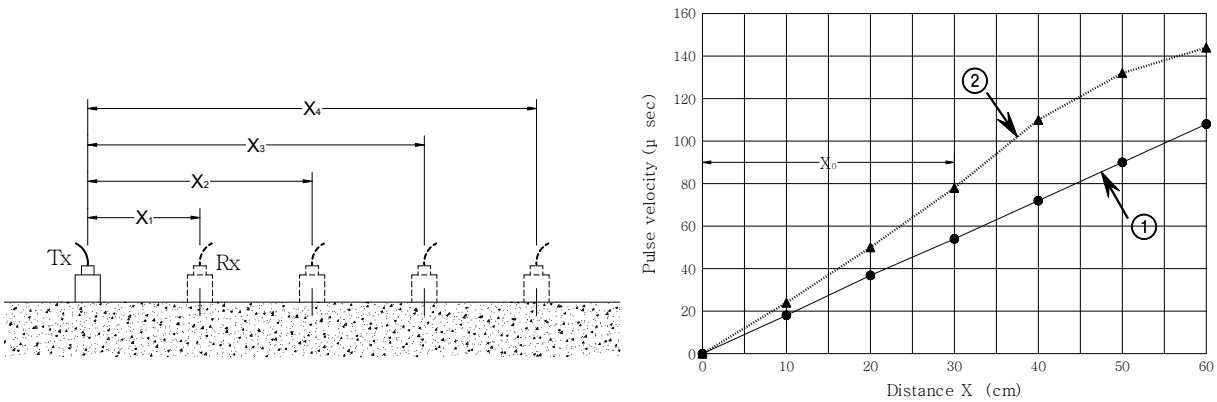
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

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



【그림 3.4.6】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.

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

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

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.4.7】 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)
한전기술연구원	$F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$	금회 적용(식⑤)
※ 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		

고강도 콘크리트의 경우 일본건축학회에서 제안한 강도 추정식을 사용하는 것은 강도가 실제 강도보다 낮게 평가되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 검사에서는 신뢰도가 높게 보고된(김용준, 비파괴시험에 의한 공용중인 고강토 콘크리트 교량의 추정압축강도 비교 연구, 2008.8) 김무한(외 5명)의 추정식을 적용하였다.

【표 3.4.8】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
김무한 외	$F_c = 33.53\,V_d - 103.38$	금회 적용(식⑥)
※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)		

나. 철근탐사시험

1) 개 요

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

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

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.4.7】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

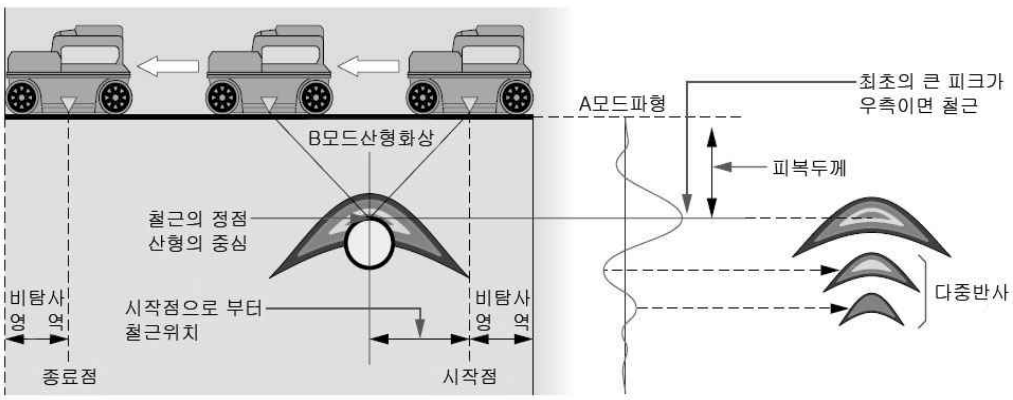
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6～10)

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

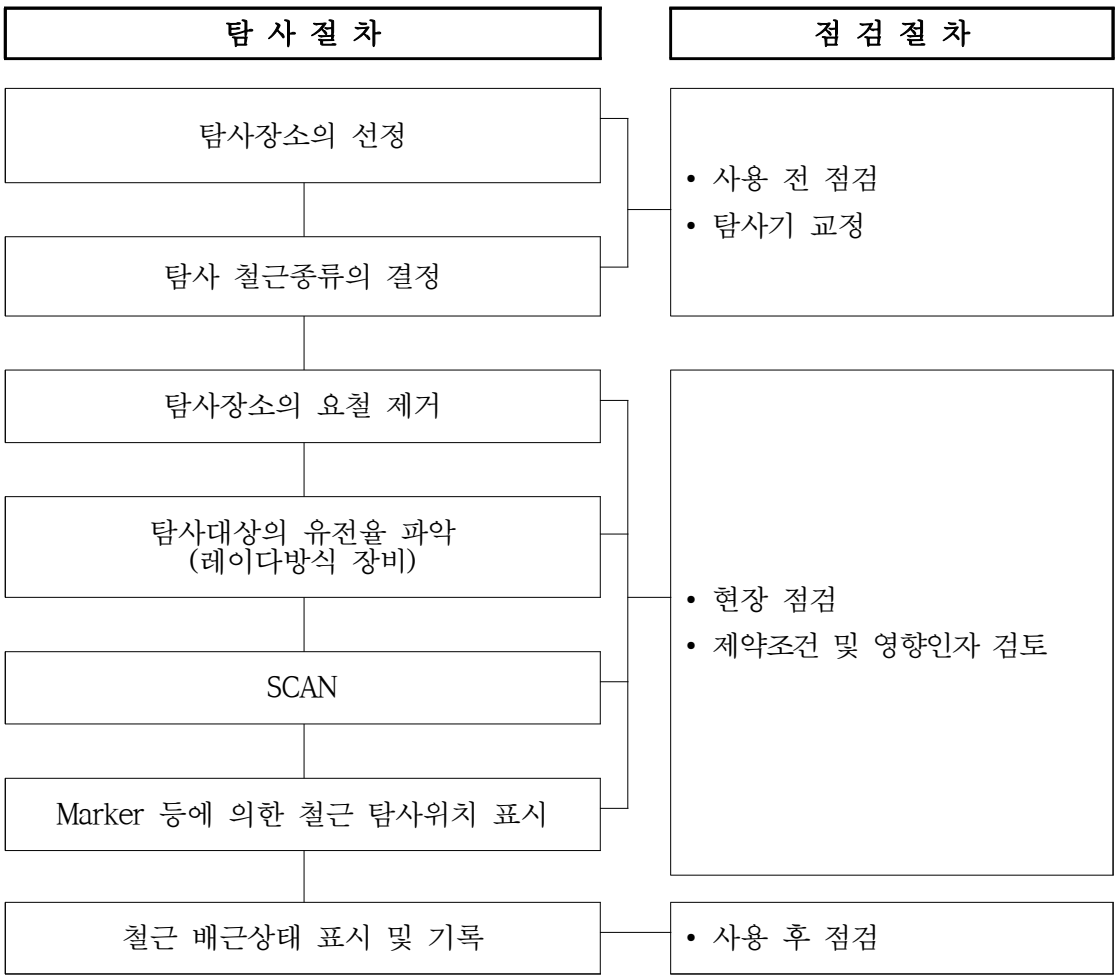
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.4.7】 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 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ø6㎜이상
  - 콘크리트의 질이 균일한 곳
  - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
  - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
  - 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
  - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

② 적용한계

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

다. 탄산화깊이 측정

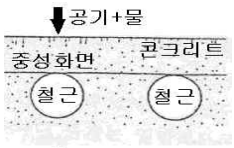
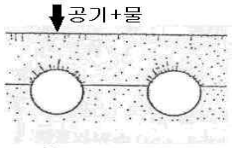
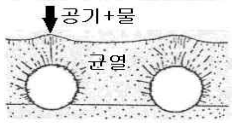
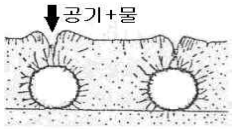
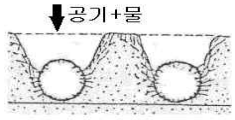
1) 개 요

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

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

(pH 12～13) (대기 중에 존재) (pH 8.5～10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 pH 12～13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5～10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

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

【그림 3.4.9】 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 3.4.9】 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 3.4.9】 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 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)^2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.4.10】 탄산화 상태평가 기준

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

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

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

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

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

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

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

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m³ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/㎥이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/㎥까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.4.11】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

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

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.4.12】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

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

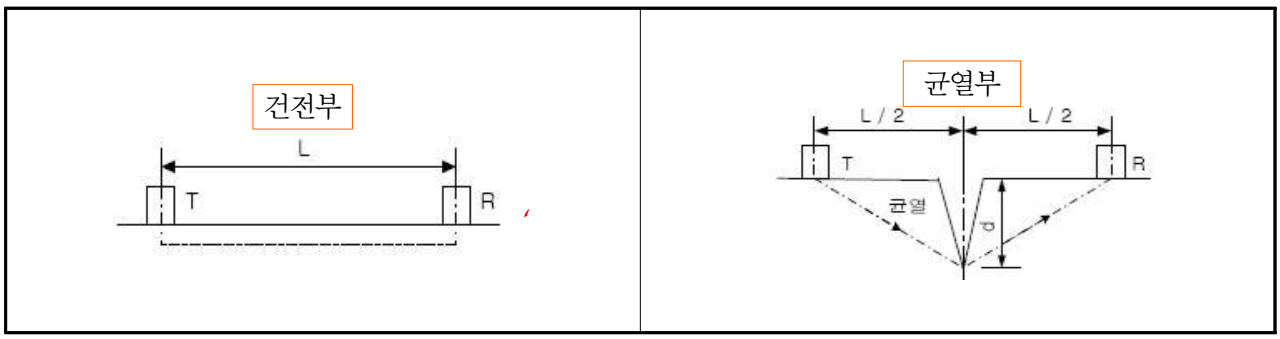
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.4.10】과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파 초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c를 구한다.

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

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



【그림 3.4.10】 T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 대구방향

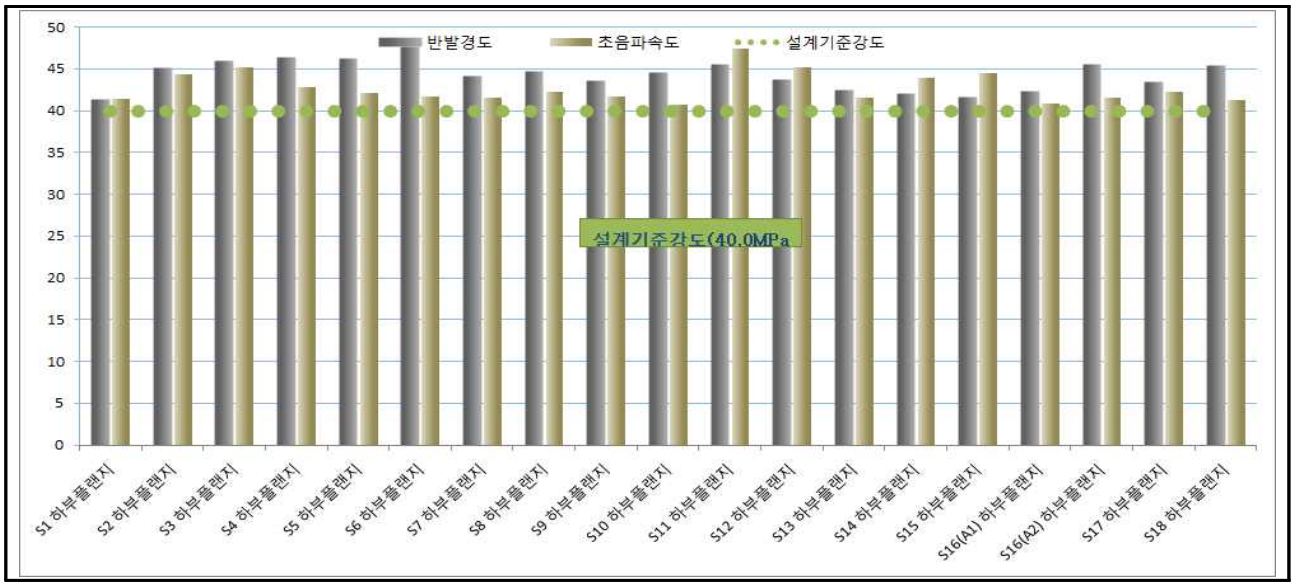
1) 콘크리트 강도시험

- 남천대교(대구)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험(총 57개소) 및 초음파전달속도시험(총 57개소)를 실시하였으며, 검토결과는 【표 3.4.13】, 【표 3.4.14】, 【표 3.4.15】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.13】 상부구조(거더외부) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치			비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
			반발 경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상부 구조	거더 외부	S1 하부플랜지	50.5	4.32	41.3	41.4	40.0
		S2 하부플랜지	54.5	4.41	45.1	44.4	
		S3 하부플랜지	55.5	4.43	46.0	45.2	
		S4 하부플랜지	55.9	4.36	46.4	42.8	
		S5 하부플랜지	55.8	4.34	46.3	42.1	
		S6 하부플랜지	57.2	4.33	47.7	41.7	
		S7 하부플랜지	53.5	4.32	44.1	41.6	
		S8 하부플랜지	54.1	4.34	44.7	42.3	
		S9 하부플랜지	53.0	4.33	43.6	41.7	
		S10 하부플랜지	54.0	4.30	44.6	40.7	
		S11 하부플랜지	55.0	4.50	45.6	47.4	
		S12 하부플랜지	53.1	4.43	43.7	45.2	
		S13 하부플랜지	51.8	4.32	42.5	41.6	
		S14 하부플랜지	51.4	4.39	42.1	43.9	
		S15 하부플랜지	50.9	4.41	41.6	44.5	
		S16(A1) 하부플랜지	51.6	4.30	42.3	40.9	
		S16(A2) 하부플랜지	54.9	4.32	45.5	41.6	
		S17 하부플랜지	52.7	4.34	43.4	42.3	
		S18 하부플랜지	54.8	4.31	45.4	41.2	
	평 균				44.3	42.8	
	표준편차				1.8	1.8	
	변동계수				4.1	4.2	



【그림 3.4.11】 상부구조(거더외부) 비파괴강도 추정결과(대구)

【표 3.4.14】 상부구조(거더내부) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치			비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
			반발 경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상부 구조	거더 내부	S1 복부	53.3	4.35	43.9	42.4	40.0
		S2 복부	52.1	4.33	42.8	41.9	
		S3 복부	51.6	4.32	42.3	41.4	
		S4 복부	51.8	4.37	42.5	43.2	
		S5 복부	51.5	4.33	42.2	41.7	
		S6 복부	50.6	4.41	41.3	44.4	
		S7 복부	51.5	4.32	42.2	41.4	
		S8 복부	51.4	4.33	42.1	41.7	
		S9 복부	51.8	4.33	42.5	41.7	
		S10 복부	51.9	4.33	42.6	41.7	
		S11 복부	50.9	4.29	41.6	40.5	
		S12 복부	50.8	4.32	41.5	41.5	
		S13 복부	51.4	4.31	42.1	41.3	
		S14 복부	51.4	4.31	42.1	41.3	
		S15 복부	51.3	4.34	42.0	42.1	
		S16 복부	51.3	4.32	42.0	41.5	
		S17 복부	51.9	4.32	42.6	41.6	
		S18(A1) 복부	51.6	4.38	42.3	43.4	
		S18(A2) 복부	51.2	4.36	41.9	42.9	
	평 균				42.2	42.0	
	표준편차				0.6	0.9	
	변동계수				1.4	2.1	

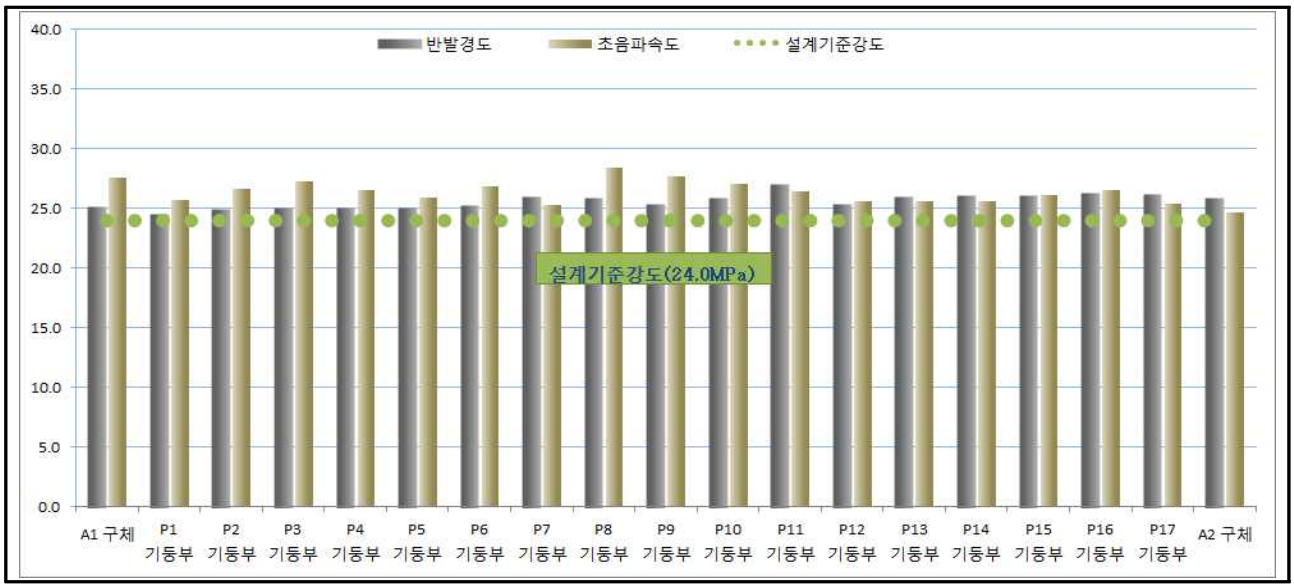
【그림 3.4.12】 상부구조(거더내부) 비파괴강도 추정결과(대구)

【표 3.4.15】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부구조	A1 구체	44.4	4.13	24.2	26.2	25.2	26.4	28.9	27.7	24.0
	P1 기둥부	43.3	4.07	23.3	25.7	24.5	24.9	26.6	25.8	
	P2 기둥부	44.1	4.10	23.9	26.0	25.0	25.6	27.7	26.7	
	P3 기둥부	44.3	4.12	24.1	26.1	25.1	26.1	28.6	27.4	
	P4 기둥부	44.2	4.10	24.0	26.1	25.1	25.5	27.6	26.6	
	P5 기둥부	44.3	4.07	24.1	26.1	25.1	25.0	26.8	25.9	
	P6 기둥부	44.6	4.11	24.3	26.3	25.3	25.8	28.0	26.9	
	P7 기둥부	45.7	4.05	25.2	26.8	26.0	24.5	26.1	25.3	
	P8 기둥부	45.5	4.17	25.1	26.7	25.9	27.0	29.9	28.5	
	P9 기둥부	44.7	4.14	24.4	26.3	25.4	26.4	29.0	27.7	
	P10 기둥부	45.5	4.11	25.1	26.7	25.9	25.9	28.2	27.1	
	P11 기둥부	47.4	4.09	26.6	27.5	27.1	25.4	27.5	26.5	
	P12 기둥부	44.7	4.06	24.4	26.3	25.4	24.8	26.5	25.7	
	P13 기둥부	45.7	4.06	25.2	26.8	26.0	24.8	26.5	25.7	

【표 3.4.15】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(대구,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부구조	P14 기둥부	45.9	4.06	25.4	26.8	26.1	24.8	26.5	25.7	24.0
	P15 기둥부	45.8	4.08	25.3	26.8	26.1	25.2	27.1	26.2	
	P16 기둥부	46.2	4.09	25.6	27.0	26.3	25.5	27.6	26.6	
	P17 기둥부	46.0	4.05	25.5	26.9	26.2	24.6	26.2	25.4	
	A2 구체	45.6	4.03	25.1	26.7	25.9	24.1	25.3	24.7	
	평 균			24.8	26.5	25.6	25.4	27.4	26.4	
	표준편차			0.8	0.4	0.6	0.8	1.2	1.0	
	변동계수			3.2	1.5	2.3	3.1	4.4	3.8	



【그림 3.4.13】 하부구조 평균압축강도 추정결과(대구)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 103.3~119.3%, 하부구조 : 102.1~112.7%로 상・하부구조 모두 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 100%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전구간 강도가 설계강도에 100%이상으로 조사되어 상・하부구조의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 남천대교(대구) 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.16】 비파괴강도 시험결과 분석(대구)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도법	41.3～47.7	40.0	103.3～119.3
	초음파속도법	40.5～47.4		101.3～118.5
하부 구조	반발경도법	24.5～27.1	24.0	102.1～112.7
	초음파속도법	24.7～28.5		102.9～118.5

② 기 정밀점검 결과와의 비교

【표 3.4.17】 비파괴강도 기 정밀점검 결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조	40.2～43.8	41.3～47.7	40.0
	하부구조	24.2～26.5	24.5～27.1	24.0
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 57개소(상부구조 38개소, 하부구조 19개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.18】 철근탐사 시험결과(대구)

시험위치			철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	거더외부	S1 하부플랜지	주철근	100.0	49.0	100.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S2 하부플랜지	주철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	126.0	47.0	125.0	50.0	
		S3 하부플랜지	주철근	201.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S4 하부플랜지	주철근	205.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S5 하부플랜지	주철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S6 하부플랜지	주철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	121.0	45.0	125.0	50.0	
		S7 하부플랜지	주철근	207.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	121.0	47.0	125.0	50.0	
		S8 하부플랜지	주철근	205.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	120.0	47.0	125.0	50.0	
		S9 하부플랜지	주철근	200.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	45.0	125.0	50.0	
		S10 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S11 하부플랜지	주철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S12 하부플랜지	주철근	205.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S13 하부플랜지	주철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S14 하부플랜지	주철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S15 하부플랜지	주철근	207.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S16(A1) 하부플랜지	주철근	201.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
		S16(A2) 하부플랜지	주철근	205.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S17 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S18 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	

【표 3.4.18】 철근탐사 시험결과(대구,계속)

시험위치			철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	거더 내부	S1 복부	수직철근	121.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
		S2 복부	수직철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
		S3 복부	수직철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	47.0	200.0	50.0	
		S4 복부	수직철근	123.0	50.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
		S5 복부	수직철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	53.0	200.0	50.0	
		S6 복부	수직철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	49.0	200.0	50.0	
		S7 복부	수직철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S8 복부	수직철근	125.0	52.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
		S9 복부	수직철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
		S10 복부	수직철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
			수평철근	205.0	52.0	200.0	50.0	
		S11 복부	수직철근	125.0	45.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	52.0	200.0	50.0	
		S12 복부	수직철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
		S13 복부	수직철근	123.0	49.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	47.0	200.0	50.0	
		S14 복부	수직철근	127.0	49.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S15 복부	수직철근	129.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
		S16 복부	수직철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
		S17 복부	수직철근	127.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
		S18(A1) 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	49.0	200.0	50.0	
		S18(A2) 복부	수직철근	127.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	47.0	200.0	50.0	

【표 3.4.18】 철근탐사 시험결과(대구,계속)

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 구체	수직철근	203.0	100.0	200.0	100.0	
		수평철근	125.0	95.0	125.0	100.0	
	P1 기둥부	수직철근	127.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	151.0	100.0	150.0	100.0	
	P2 기둥부	수직철근	125.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	153.0	100.0	150.0	100.0	
	P3 기둥부	수직철근	127.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	95.0	150.0	100.0	
	P4 기둥부	수직철근	123.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	151.0	105.0	150.0	100.0	
	P5 기둥부	수직철근	127.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P6 기둥부	수직철근	129.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	105.0	150.0	100.0	
	P7 기둥부	수직철근	125.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	105.0	150.0	100.0	
	P8 기둥부	수직철근	125.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P9 기둥부	수직철근	127.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	153.0	103.0	150.0	100.0	
	P10 기둥부	수직철근	123.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	157.0	100.0	150.0	100.0	
	P11 기둥부	수직철근	123.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	153.0	98.0	150.0	100.0	
	P12 기둥부	수직철근	123.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	98.0	150.0	100.0	
	P13 기둥부	수직철근	123.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	153.0	95.0	150.0	100.0	
	P14 기둥부	수직철근	123.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P15 기둥부	수직철근	127.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	157.0	95.0	150.0	100.0	
	P16 기둥부	수직철근	125.0	103.0	125.0	100.0	
		수평철근	151.0	95.0	150.0	100.0	
	P17 기둥부	수직철근	125.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	151.0	97.0	150.0	100.0	
	A2 구체	수직철근	200.0	95.0	200.0	100.0	
		수평철근	250.0	100.0	250.0	100.0	

3) 탄산화 깊이 측정

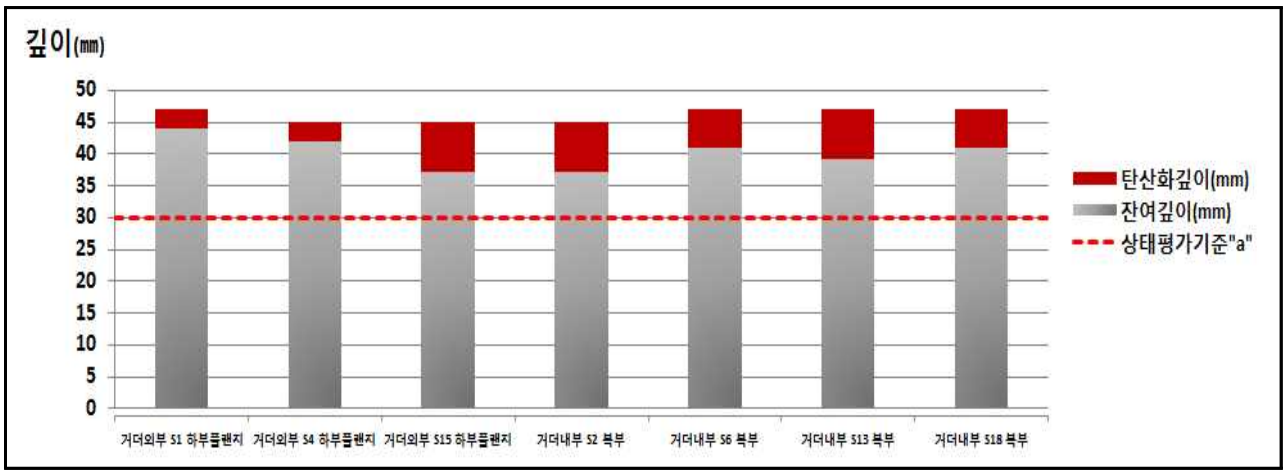
탄산화 깊이 측정은 총 16개소(상부구조 7개소, 하부구조 9개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가 “a” 로 평가되었다.

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

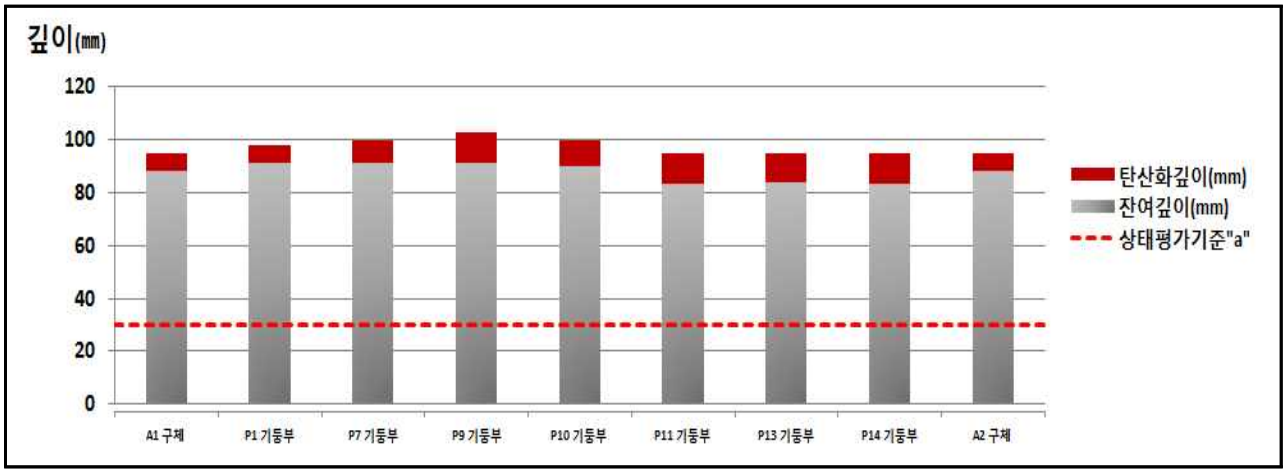
① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.19】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(대구)

시험위치			탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	거더 외부	S1 하부플랜지	3.0	47.0	44.0	a	0.95	2,444	
		S4 하부플랜지	3.0	45.0	42.0	a	0.95	2,240	
		S15 하부플랜지	8.0	45.0	37.0	a	2.53	306	
	거더 내부	S2 복부	8.0	45.0	37.0	a	2.53	306	
		S6 복부	6.0	47.0	41.0	a	1.90	603	
		S13 복부	8.0	47.0	39.0	a	2.53	335	
		S18 복부	6.0	47.0	41.0	a	1.90	603	
하부 구조	A1 구체		7.0	95.0	88.0	a	2.21	1,831	
	P1 기둥부		7.0	98.0	91.0	a	2.21	1,950	
	P7 기둥부		9.0	100.0	91.0	a	2.85	1,224	
	P9 기둥부		12.0	103.0	91.0	a	3.79	726	
	P10 기둥부		10.0	100.0	90.0	a	3.16	990	
	P11 기둥부		12.0	95.0	83.0	a	3.79	616	
	P13 기둥부		11.0	95.0	84.0	a	3.48	735	
	P14 기둥부		12.0	95.0	83.0	a	3.79	616	
	A2 구체		7.0	95.0	88.0	a	2.21	1,831	



【그림 3.4.14】 상부구조 탄산화 깊이 측정결과(대구)



【그림 3.4.15】 하부구조 탄산화 깊이 측정결과(대구)

② 기 정밀점검 결과와의 비교

【표 3.4.20】 탄산화 깊이 기 정밀점검 결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (㎜)	상부구조	2	3~8	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	6~8	7~12	
검토의견		▪ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨		

4) 염화물함유량 시험

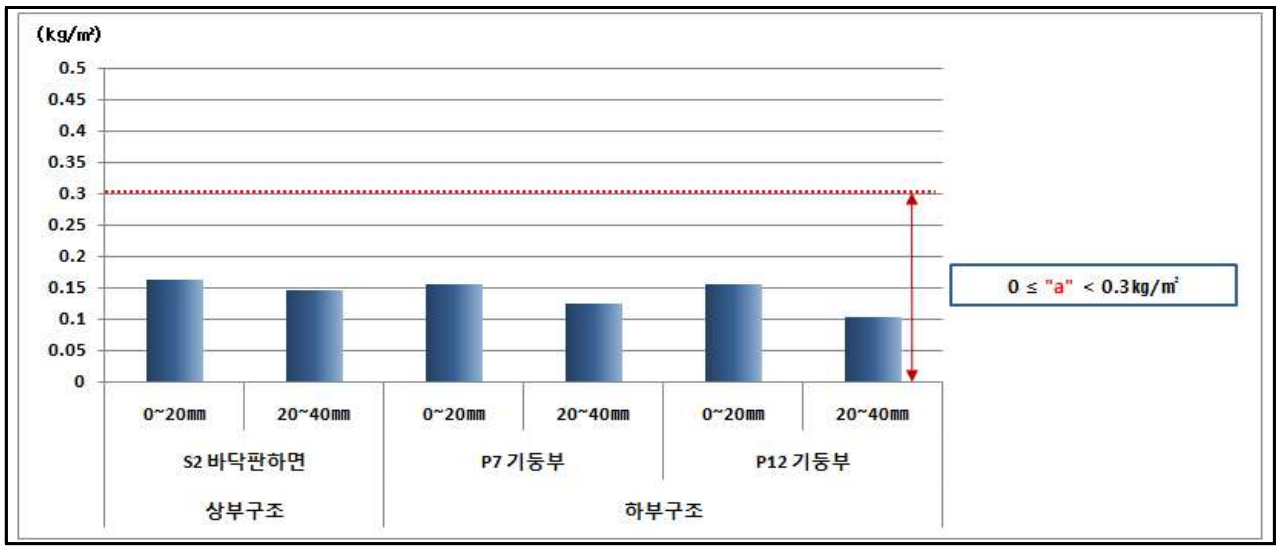
염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 상부구조 및 하부구조는 “a”로 평가되어 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없다고 평가되었다.

① 염화물 함유량 시험결과

【표 3.4.21】염화물 함유량 시험결과 및 평가(대구)

시험위치			실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
				Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S2 바닥판하면	0~20㎜	47.0	0.0072	0.163	a	
		20~40㎜		0.0064	0.145	a	
하부 구조	P7 기둥부	0~20㎜	100.0	0.0069	0.156	a	
		20~40㎜		0.0055	0.124	a	
	P12 기둥부	0~20㎜	98.0	0.0068	0.154	a	
		20~40㎜		0.0045	0.102	a	

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



【그림 3.4.16】염화물시험 측정결과(대구)

나. 부산방향

1) 콘크리트 강도시험

- 남천대교(부산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 상・하부구조에서 반발경도시험(총 64개소) 및 초음파전달속도시험(총 64개소)를 실시하였으며, 검토결과는 【표 3.4.22】, 【표 3.4.23】, 【표 3.4.24】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.22】 상부구조(거더외부) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치			비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
			반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상부구조	거더외부	S1 하부플랜지	52.4	4.31	43.1	41.1	40.0
		S2 하부플랜지	51.8	4.33	42.5	41.9	
		S3 하부플랜지	50.4	4.31	41.2	41.0	
		S4 하부플랜지	51.4	4.36	42.1	42.8	
		S5 하부플랜지	54.4	4.38	45.0	43.5	
		S6(A1) 하부플랜지	55.3	4.39	45.8	43.7	
		S6(A2) 하부플랜지	54.7	4.36	45.3	42.8	
		S7 하부플랜지	54.2	4.37	44.8	43.1	
		S8 하부플랜지	51.5	4.35	42.2	42.3	
		S9 하부플랜지	51.4	4.32	42.1	41.4	
		S10 하부플랜지	53.5	4.35	44.1	42.5	
		S11 하부플랜지	54.9	4.33	45.5	42.0	
		S12 하부플랜지	51.2	4.33	41.9	41.8	
		S13 하부플랜지	51.4	4.31	42.1	41.1	
		S14 하부플랜지	52.1	4.31	42.8	41.2	
		S15(A1) 하부플랜지	52.1	4.51	42.8	47.9	
		S15(A2) 하부플랜지	52.3	4.34	43.0	42.2	
		S16 하부플랜지	53.8	4.48	44.4	46.7	
		S17 하부플랜지	52.6	4.34	43.3	42.2	
		S18 하부플랜지	53.0	4.32	43.6	41.6	
		S19 하부플랜지	52.6	4.42	43.3	44.9	
		S20 하부플랜지	51.8	4.31	42.5	41.2	
	평 균				43.3	42.7	
	표준편차				1.3	1.8	
	변동계수				3	4.2	

【그림 3.4.17】 상부구조(거더외부) 비파괴강도 추정결과(부산)

【표 3.4.23】 상부구조(거더내부) 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치			비파괴시험		반발경도법 (MPa)	초음파속도법 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)
			반발 경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
상부 구조	거더 내부	S1(A1) 복부	53.1	4.35	43.7	42.3	40.0
		S1(A2) 복부	51.6	4.31	42.3	41.2	
		S2 복부	52.4	4.30	43.1	40.9	
		S3 복부	51.7	4.48	42.4	46.7	
		S4 복부	51.1	4.37	41.8	43.3	
		S5 복부	55.1	4.32	45.7	41.3	
		S6 복부	51.9	4.29	42.6	40.5	
		S7 복부	52.2	4.34	42.9	42.0	
		S8 복부	52.5	4.38	43.2	43.5	
		S9 복부	52.6	4.33	43.3	42.0	
		S10 복부	51.7	4.32	42.4	41.3	
		S11 복부	50.7	4.40	41.4	44.1	
		S12 복부	51.7	4.31	42.4	41.2	
		S13 복부	51.5	4.31	42.2	41.3	
		S14 복부	51.5	4.32	42.2	41.5	
		S15 복부	51.7	4.31	42.4	41.1	
		S16 복부	55.8	4.29	46.3	40.6	
		S17 복부	54.2	4.32	44.8	41.4	
		S18 복부	53.9	4.33	44.5	41.9	
		S19 복부	53.0	4.32	43.6	41.4	
		S20 복부	54.4	4.32	45.0	41.5	
	평 균				43.2	42.0	
	표준편차				1.3	1.4	
	변동계수				3.0	3.3	

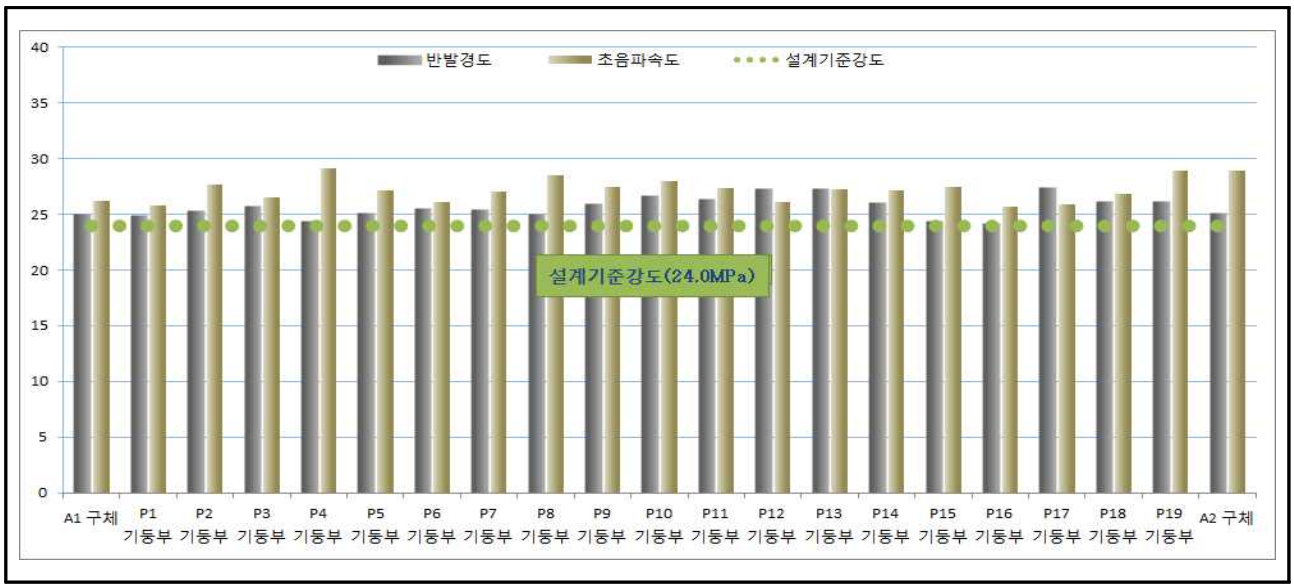
【그림 3.4.18】 상부구조(거더내부) 비파괴강도 추정결과(부산)

【표 3.4.24】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부구조	A1 구체	44.1	4.08	23.9	26.0	25.0	25.2	27.1	26.2	24.0
	P1 기둥부	43.9	4.07	23.8	26.0	24.9	24.9	26.6	25.8	
	P2 기둥부	44.6	4.13	24.3	26.3	25.3	26.3	28.8	27.6	
	P3 기둥부	45.1	4.09	24.8	26.5	25.7	25.4	27.5	26.5	
	P4 기둥부	43.0	4.19	23.1	25.6	24.4	27.5	30.7	29.1	
	P5 기둥부	44.3	4.11	24.1	26.1	25.1	25.9	28.2	27.1	
	P6 기둥부	44.9	4.08	24.6	26.4	25.5	25.1	27.0	26.1	
	P7 기둥부	44.7	4.11	24.4	26.3	25.4	25.8	28.1	27.0	
	P8 기둥부	44.1	4.16	23.9	26.0	25.0	27.0	29.9	28.5	
	P9 기둥부	45.6	4.13	25.1	26.7	25.9	26.2	28.6	27.4	
	P10 기둥부	46.8	4.15	26.1	27.3	26.7	26.6	29.3	28.0	
	P11 기둥부	46.2	4.12	25.6	27.0	26.3	26.1	28.5	27.3	
	P12 기둥부	47.6	4.08	26.8	27.7	27.3	25.1	27.0	26.1	
	P13 기둥부	47.8	4.12	26.9	27.7	27.3	26.0	28.4	27.2	
	P14 기둥부	45.7	4.11	25.2	26.8	26.0	25.9	28.3	27.1	

【표 3.4.24】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산,계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부구조	P15 기둥부	43.0	4.12	23.1	25.6	24.4	26.1	28.6	27.4	24.0
	P16 기둥부	42.7	4.06	22.8	25.4	24.1	24.8	26.5	25.7	
	P17 기둥부	47.9	4.07	27.0	27.8	27.4	25.0	26.7	25.9	
	P18 기둥부	45.8	4.10	25.3	26.8	26.1	25.7	27.8	26.8	
	P19 기둥부	45.8	4.18	25.3	26.8	26.1	27.3	30.4	28.9	
	A2 구체	44.2	4.18	24.0	26.1	25.1	27.3	30.4	28.9	
	평 균			24.8	26.5	25.6	26.0	28.3	27.1	
	표준편차			1.2	0.7	1.0	0.8	1.3	1.1	
	변동계수			4.8	2.6	3.9	3.1	4.6	4.1	



【그림 3.4.19】 하부구조 평균압축강도 추정결과(부산)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 103.0~115.8%, 하부구조 : 100.4~114.2%로 상・하부구조 모두 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 100%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전구간 강도가 설계강도에 100%이상으로 조사되어 상・하부구조의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 남천대교(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	41.2～46.3	40.0	103.0～115.8
	초음파속도법	40.5～47.9		101.3～119.8
하부 구조	반발경도법	24.1～27.4	24.0	100.4～114.2
	초음파속도법	25.7～29.1		106.9～121.3

② 기 정밀점검 결과와의 비교

【표 3.4.26】 비파괴강도 기 정밀점검 결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조	41.0～43.2	41.2～46.3	40.0
	하부구조	25.0～26.8	24.1～27.4	24.0
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 64개소(상부구조 43개소, 하부구조 21개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.27】 철근탐사 시험결과(부산)

시험위치			철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	거더외부	S1 하부플랜지	주철근	201.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S2 하부플랜지	주철근	200.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	47.0	125.0	50.0	
		S3 하부플랜지	주철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	47.0	125.0	50.0	
		S4 하부플랜지	주철근	205.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	130.0	47.0	125.0	50.0	
		S5 하부플랜지	주철근	207.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	130.0	47.0	125.0	50.0	
		S6(A1) 하부플랜지	주철근	195.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	47.0	125.0	50.0	
		S6(A1) 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S7 하부플랜지	주철근	197.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S8 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
		S9 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	123.0	47.0	125.0	50.0	
		S10 하부플랜지	주철근	200.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S11 하부플랜지	주철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S12 하부플랜지	주철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S13 하부플랜지	주철근	201.0	52.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S14 하부플랜지	주철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
			배력철근	130.0	45.0	125.0	50.0	
		S15(A1) 하부플랜지	주철근	203.0	49.0	200.0	50.0	
			배력철근	127.0	45.0	125.0	50.0	
		S15(A2) 하부플랜지	주철근	203.0	49.0	200.0	50.0	
			배력철근	130.0	45.0	125.0	50.0	
		S16 하부플랜지	주철근	205.0	45.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	45.0	125.0	50.0	
		S17 하부플랜지	주철근	200.0	49.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S18 하부플랜지	주철근	200.0	52.0	200.0	50.0	
			배력철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
		S19 하부플랜지	주철근	205.0	49.0	200.0	50.0	
			배력철근	121.0	47.0	125.0	50.0	
		S20 하부플랜지	주철근	200.0	47.0	100.0	50.0	
			배력철근	121.0	45.0	125.0	50.0	

【표 3.4.27】 철근탐사 시험결과(부산,계속)

시험위치			철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	거더 내부	S1(A1) 복부	수직철근	127.0	52.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S1(A2) 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	205.0	55.0	200.0	50.0	
		S2 복부	수직철근	125.0	47.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S3 복부	수직철근	127.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	207.0	47.0	200.0	50.0	
		S4 복부	수직철근	123.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	207.0	49.0	200.0	50.0	
		S5 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S6 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	53.0	200.0	50.0	
		S7 복부	수직철근	123.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	200.0	47.0	200.0	50.0	
		S8 복부	수직철근	123.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	47.0	200.0	50.0	
		S9 복부	수직철근	125.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
		S10 복부	수직철근	123.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	49.0	200.0	50.0	
		S11 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	49.0	200.0	50.0	
		S12 복부	수직철근	123.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S13 복부	수직철근	125.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	52.0	200.0	50.0	
		S14 복부	수직철근	127.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	49.0	200.0	50.0	
		S15 복부	수직철근	127.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	55.0	200.0	50.0	
		S16 복부	수직철근	127.0	55.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S17 복부	수직철근	123.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	201.0	47.0	200.0	50.0	
		S18 복부	수직철근	125.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	47.0	200.0	50.0	
		S19 복부	수직철근	123.0	52.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	45.0	200.0	50.0	
		S20 복부	수직철근	127.0	53.0	125.0	50.0	
			수평철근	203.0	53.0	200.0	50.0	

【표 3.4.27】 철근탐사 시험결과(부산,계속)

시험위치		철근종류	측정치(㎜)		설계치(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 구체	수직철근	111.0	100.0	100.0	100.0	
		수평철근	255.0	100.0	250.0	100.0	
	P1 기둥부	수직철근	127.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	98.0	150.0	100.0	
	P2 기둥부	수직철근	130.0	103.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	98.0	150.0	100.0	
	P3 기둥부	수직철근	130.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P4 기둥부	수직철근	130.0	103.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	105.0	150.0	100.0	
	P5 기둥부	수직철근	125.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	160.0	95.0	150.0	100.0	
	P6 기둥부	수직철근	125.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	160.0	103.0	150.0	100.0	
	P7 기둥부	수직철근	130.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P8 기둥부	수직철근	125.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	105.0	150.0	100.0	
	P9 기둥부	수직철근	120.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	105.0	150.0	100.0	
	P10 기둥부	수직철근	120.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	103.0	150.0	100.0	
	P11 기둥부	수직철근	125.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	98.0	150.0	100.0	
	P12 기둥부	수직철근	125.0	100.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	105.0	150.0	100.0	
	P13 기둥부	수직철근	130.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P14 기둥부	수직철근	125.0	105.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	105.0	150.0	100.0	
	P15 기둥부	수직철근	125.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	155.0	95.0	150.0	100.0	
	P16 기둥부	수직철근	130.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	95.0	150.0	100.0	
	P17 기둥부	수직철근	125.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	98.0	150.0	100.0	
	P18 기둥부	수직철근	130.0	95.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	95.0	150.0	100.0	
	P19 기둥부	수직철근	125.0	98.0	125.0	100.0	
		수평철근	150.0	95.0	150.0	100.0	
	A2 구체	수직철근	111.0	100.0	100.0	100.0	
		수평철근	125.0	100.0	125.0	100.0	

3) 탄산화 깊이 측정

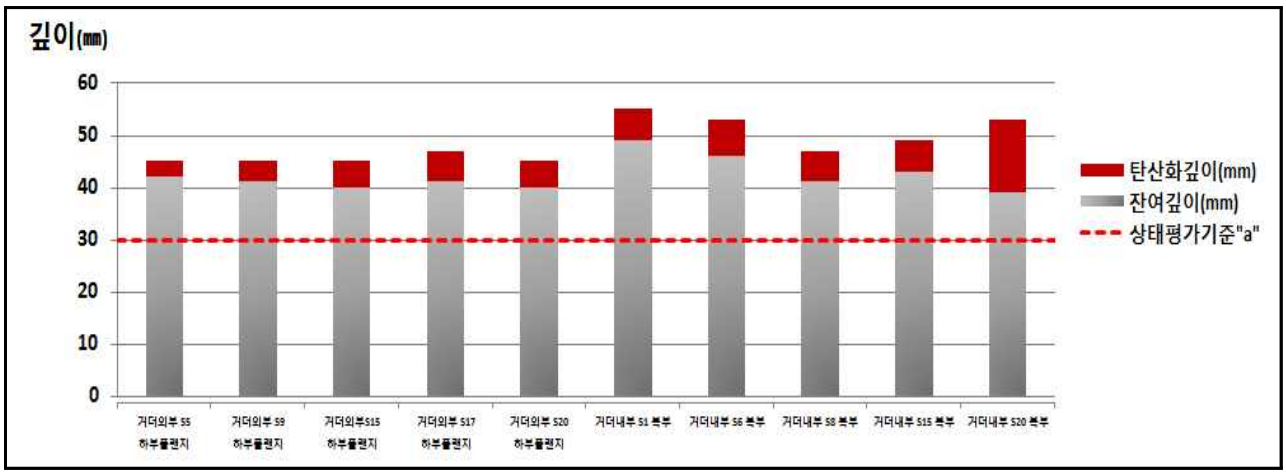
탄산화 깊이 측정은 총 19개소(상부구조 12개소, 하부구조 7개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가 “a” 로 평가되었다.

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

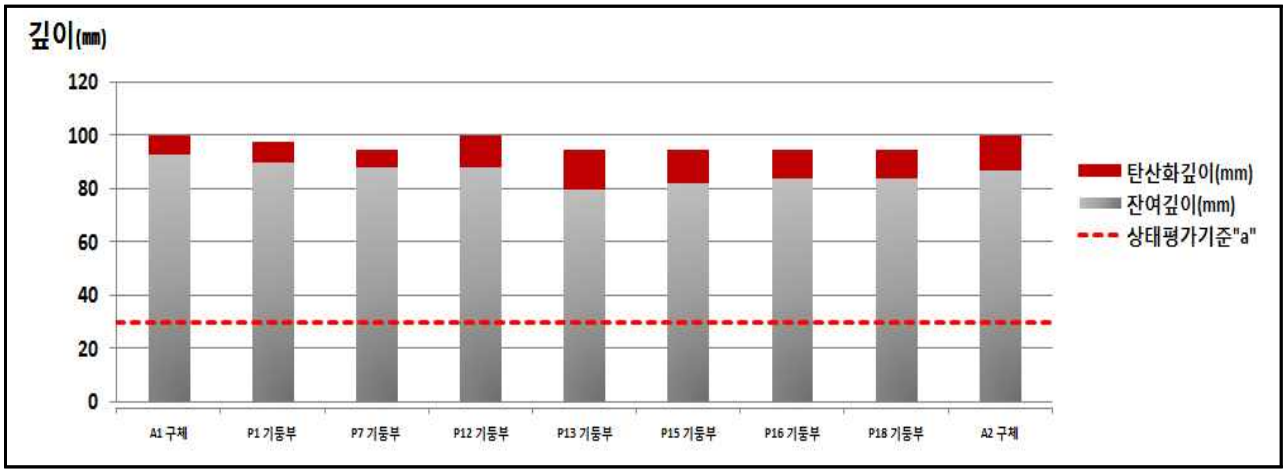
① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.28】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(부산)

시험위치			탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	거더 외부	S5 하부플랜지	3.0	45.0	42.0	a	0.95	2,240	
		S9 하부플랜지	4.0	45.0	41.0	a	1.26	1,255	
		S15 하부플랜지	5.0	45.0	40.0	a	1.58	800	
		S17 하부플랜지	6.0	47.0	41.0	a	1.90	603	
		S20 하부플랜지	5.0	45.0	40.0	a	1.58	800	
	거더 내부	S1 복부	6.0	55.0	49.0	a	1.90	830	
		S6 복부	7.0	53.0	46.0	a	2.21	563	
		S8 복부	6.0	47.0	41.0	a	1.90	603	
		S15 복부	6.0	49.0	43.0	a	1.90	656	
		S20 복부	14.0	53.0	39.0	a	4.43	133	
하부 구조	A1 벽체		7.0	100.0	93.0	a	2.21	2,030	
	P1 기둥부		8.0	98.0	90.0	a	2.53	1,490	
	P7 기둥부		7.0	95.0	88.0	a	2.21	1,831	
	P12 기둥부		12.0	100.0	88.0	a	3.79	684	
	P13 기둥부		15.0	95.0	80.0	a	4.74	391	
	P15 기둥부		13.0	95.0	82.0	a	4.11	524	
	P16 기둥부		11.0	95.0	84.0	a	3.48	735	
	P18 기둥부		11.0	95.0	84.0	a	3.18	735	
	A2 벽체		13.0	100.0	87.0	a	4.11	581	



【그림 3.4.20】 상부구조 탄산화 깊이 측정결과(부산)



【그림 3.4.21】 하부구조 탄산화 깊이 측정결과(부산)

② 기 정밀점검 결과와의 비교

【표 3.4.29】 탄산화 깊이 기 정밀점검 결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조	2	3~14	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	6~9	7~15	
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨		

4) 염화물함유량 시험

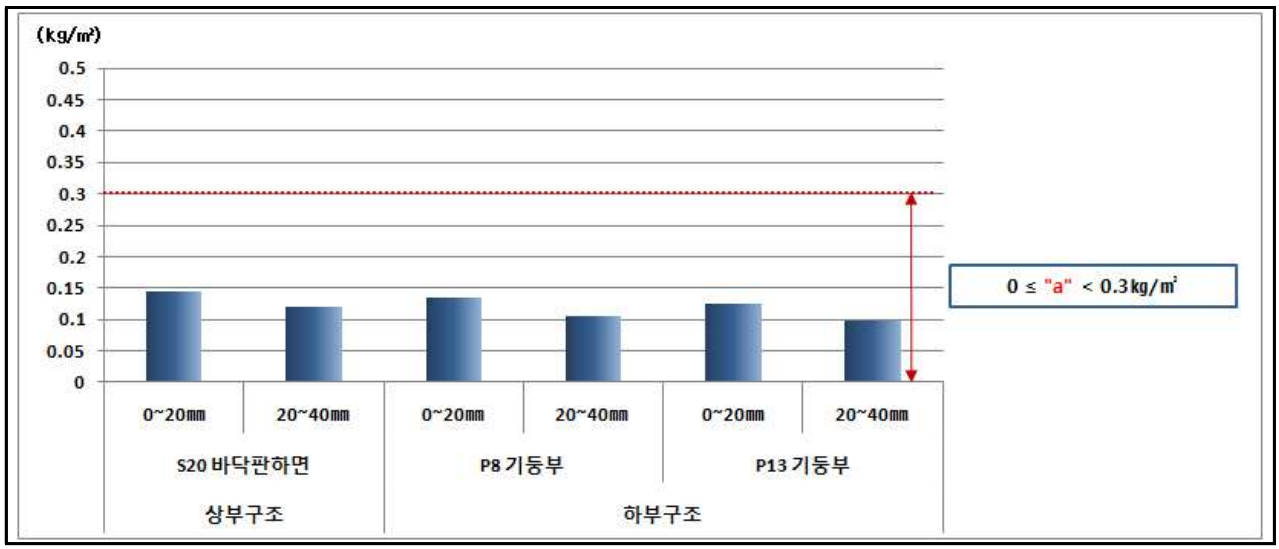
염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 상부구조 및 하부구조는 “a”로 평가되어 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없다고 평가되었다.

① 염화물 함유량 시험결과

【표 3.4.30】염화물 함유량 시험결과 및 평가(부산)

시험위치			실측 피복두께 (㎜)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
				Cl^-(%)	Cl^-(kg/㎥)		
상부 구조	S20 바닥판하면	0~20㎜	45.0	0.0064	0.145	a	
		20~40㎜		0.0053	0.120	a	
하부 구조	P8 기둥부	0~20㎜	95.0	0.0059	0.134	a	
		20~40㎜		0.0046	0.104	a	
	P13 기둥부	0~20㎜	95.0	0.0055	0.124	a	
		20~40㎜		0.0043	0.097	a	

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



【그림 3.4.22】염화물시험 측정결과(부산)

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 외관조사 결과요약

가. 대구방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약(대구)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
거더	내부	• 상면 종방향 균열	• 시공초기 건조수축에 의해 발생하는 교축방향의 미세균열
		• 복부 수평균열 및 사방향균열	• 시공당시(ILM) 압출부위로서, 지점부 인장응력에 의한 시공초기 균열이며, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 들뜸 및 백태	• 우수유입 등의 원인에 의한 비구조적 손상으로 진전 여부에 대한 지속관찰 후 대책 수립이 필요함
	외부	• 균열 및 망상균열	• 대부분 미세균열이며, 시공초기 건조수축 및 노후화에 의한 비구조적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 들뜸 및 백태	• 우수유입에 의한 손상으로 정도가 경미하게 조사된 바, 주의관찰 후 대책 수립 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 이상 균열	• 시공초기 건조수축에 의한 균열이며, 우수유입 및 노후화에 의해 균열폭의 진전이 일부 발생한 것으로 확인된 바, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 국부적인 콘크리트 들뜸 및 백태	• 우수 유입 등의 원인에 의한 손상으로, 현재 콘크리트 열화 정도는 경미한 상태로 확인된 바, 진전 여부에 대한 지속관찰 후 조치 필요함
교각		• 균열 및 망상균열	• 시공초기 건조수축에 의한 균열이며, 우수유입 및 노후화에 의해 균열폭의 진전이 일부 발생한 것으로 확인된 바, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 콘크리트 박리	• 시공이음부 및 우수 유입에 의한 손상으로 추가 손상의 우려가 있으므로 단면보수 필요함

【표 3.5.1】 금회 진단 외관조사 결과요약(대구,계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침콘크리트 폭 0.3㎜ 미만의 균열 • Plate 부식	• 시공초기 건조수축에 의한 균열로서 지속적인 주의관찰 후 대책 수립 필요함 • 우수유입 등의 환경적인 원인에 의한 손상으로 내구성 확보를 위한 보수 필요함
신축이음	• 후타재 균열과 망상균열 • 본체 유간 이물질퇴적	• 후타재 손상은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함 • 공용중 발생하는 일반적인 손상으로 지속적인 정비 필요함
교면포장	• 라벨링, 포트홀 및 패임	• 공용년수 경과에 의한 노후화 및 반복적인 중차량 통행에 의한 손상으로 현재 주행성 저하를 유발하는 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되는 바, 주의관찰 후 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수관 고정고리 탈락 및 녹발생 등 • 배수홈통 용량부족	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 사용성 확보 차원에서 보수 필요함 • 상부구조 온도 변화에 의한 신축의 영향으로 발생한 손상이며, 배수홈통 용량부족으로 인한 추가 손상은 없는 것으로 확인된 바, 주의관찰 후 대책 수립 필요함
난간 (방호벽)	• 균열, 보수부 재균열, 균열부백태 • 콘크리트 파손 및 들뜸	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 내구성 및 미관 확보를 위한 보수 필요함

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와의 비교

구 분	2013년 점검결과	금회 진단결과	비 고
거더	• 폭 0.3㎜ 미만 균열, 망상균열, 백태 발생	• 기점검 이후 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 백태, 콘크리트 들뜸이 추가 조사됨	
하부구조	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 백태 발생	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열, 백태, 콘크리트 들뜸이 추가 조사됨 • 폭 0.3㎜ 이상 균열이 추가 조사됨	
교량받침	• 받침콘크리트 균열이 일부 조사됨	• 받침콘크리트의 균열 및 국부적인 Plate 도장손상이 일부 추가 조사됨	
신축이음	• 본체 이물질 퇴적 • 후타재 균열 및 망상균열	• 기 발생한 손상의 진전은 없는 것으로 조사됨	
교면포장	• 라벨링, 포트홀 및 패임이 일부 조사됨	• 기 발생한 손상의 진전은 미미하나, 라벨링이 추가 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수구 그레이팅 변형, 배수관 고정고리 탈락 및 체결 불량, 녹발생 등이 조사됨 • 방호벽 : 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 콘크리트 손상이 일부 조사됨	• 배수시설 : 기 발생한 손상의 진전은 미미하나, 고정고리 탈락 및 체결불량이 일부 추가 조사됨 • 방호벽 : 균열 및 균열부 백태, 콘크리트 파손 등의 손상이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2013년)결과 공용년수 경과에 의한 노후화 및 우수 유입 등의 원인에 의해 추가 손상이 일부 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

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	• 상면 종방향 균열	• 시공초기 건조수축에 의해 발생하는 교축방향의 미세균열
		• 복부 수평균열 및 사방향균열	• 시공당시(ILM) 압출부위로서, 지점부 인장응력에 의한 시공초기 균열이며, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
	외부	• 균열 및 콘크리트 박리, 백태	• 주로 시공초기 건조수축 및 우수 유입에 의한 비구조적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
교대		• 폭 0.3㎜ 이상 균열	• 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 건조수축에 의한 손상으로 판단되나, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 연결통로 콘크리트 파손 및 백태	• 교대 측면에 설치된 거더 내부 연결통로의 우수 유입에 의한 손상으로 현재 콘크리트 열화 정도는 경미한 것으로 확인된 바, 주의관찰 후 대책 수립 필요함
교각		• 균열 및 망상균열	• 시공초기 건조수축에 의한 균열이며, 우수유입 및 노후화에 의해 균열폭의 진전이 일부 발생한 것으로 확인된 바, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• 콘크리트 파손, 박리, 백태	• 시공이음부 및 우수 유입에 의한 손상으로 현재 손상의 정도는 경미한 것으로 확인된 바, 지속관찰 후 대책 수립 필요함
교량받침		• 받침콘크리트 및 무수축몰탈 폭 0.3㎜ 미만의 균열	• 시공초기 건조수축에 의한 균열로서 지속적인 주의관찰 후 대책 수립 필요함
		• Plate 부식	• 우수유입 등의 환경적인 원인에 의한 국부적인 손상이나, 내구성 확보를 위한 보수 필요함
		• Plate 가설철물 미제거	• 교량받침의 원활한 신축가동을 위해 가설철물 정비 필요함

【표 3.5.2】 금회 진단 외관조사 결과요약(부산,계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재 균열	• 후타재 손상은 시공초기 건조수축과 반복적인 윤하중에 의한 것으로 내구성 확보차원의 보수 필요함
	• 본체 유간 이물질퇴적	• 공용중 발생하는 일반적인 손상으로 지속적인 정비 필요함
교면포장	• 포트홀 및 패임	• 반복적인 중차량 통행에 의한 손상으로 현재 주행성 저하를 유발하는 정도의 손상은 아닌 것으로 판단되는 바, 주의관찰 후 대책 수립 필요함
배수시설	• 배수구 이물질퇴적 및 배수관 체결불량 등	• 배수시설의 기능에는 문제가 없으나 사용성 확보 차원에서 보수 필요함
난간 (방호벽)	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열	• 교량의 안전성에 영향이 없는 부재이나 미관 및 내구성 확보를 위한 보수 필요함

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와의 비교

구 분	2013년 점검결과	금회 진단결과	비 고
거더	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 콘크리트 박리, 백태, 철근노출 발생	• 기점검 이후 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열, 콘크리트 박리, 백태, 철근노출이 추가 조사됨 • 폭 0.3㎜ 이상 균열이 추가 조사됨	
하부구조	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 발생 • 교대 거더 내부 연결통로 백태 일부 발생	• 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손, 박리가 추가 조사됨 • 일부 균열의 경우 폭 0.3㎜ 이상으로 진전됨 • 교대 거더 내부 연결통로 파손 및 백태 일부 추가 발생	
교량받침	• 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열이 일부 조사됨 • Plate 가설철물 미제거 일부 발생	• 받침콘크리트의 균열 및 국부적인 Plate 부식이 일부 추가 조사됨 • 기 발생한 손상은 조치가 미실시된 상태임	
신축이음	• 본체 이물질 퇴적 • 후타재 균열	• 기 발생한 손상의 진전은 없는 것으로 조사됨	
교면포장	• 포트홀 및 패임이 일부 조사됨	• 포트홀 및 패임이 추가 조사됨	
기타부재	• 배수시설 : 배수관 체결 불량이 조사됨 • 방호벽 : 폭 0.3㎜ 미만 균열 및 망상균열이 일부 조사됨	• 배수시설 : 기 발생한 손상의 진전은 미미하나, 배수구 이물질퇴적 및 연결부 불량이 일부 추가 조사됨 • 방호벽 : 폭 0.3㎜ 미만 균열이 추가 조사됨	
검토의견	• 기 점검(2013년)결과 공용년수 경과에 의한 노후화 및 우수 유입 등의 원인에 의해 추가 손상이 일부 확인됨 • 대부분의 부재에서 손상이 추가로 발생되어 증가된 상태로서 내구성 확보와 유지관리차원의 보수가 필요함		

3.5.2 내구성조사 결과요약

가. 대구방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.5.3】 금회 진단 내구성조사 결과요약(대구)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	41.3~47.7	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	40.5~47.4	
	하부 구조	반발경도	24.5~27.1	
		초음파	24.7~28.5	
철근탐사 (㎜)	PSC BOX Girder	배근간격	100.0~207.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	45.0~55.0	
	교대 (구체부)	배근간격	125.0~250.0	
		피복두께	95.0~100.0	
	교각 (기둥부)	배근간격	123.0~157.0	
		피복두께	95.0~105.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0~44.0	■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		83.0~91.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		0.145~0.163	■ 염화물 함유량은 0.3kg/㎥ 이하로 확인되어 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인됨
	하부구조		0.102~0.156	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a" 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물함유량 시험결과, 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인되어 염화물에 의한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨			

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과 비교

【표 3.5.4】 내구성조사 기 점검(2013년 정밀점검) 결과 비교(대구)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>'13년
정밀점검</th><th>금회
정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="2">비파괴
강도
(MPa)</td><td>상부구조</td><td>반발경도</td><td>40.2～43.8</td><td>41.3～47.7</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도 대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>반발경도</td><td>24.2～26.5</td><td>24.5～27.1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td>38.0</td><td>37.0～44.0</td><td rowspan="2">■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a 등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td>92.0～94.0</td><td>83.0～91.0</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a" 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨
• 기 정밀점검 결과와 비교할 때 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 콘크리트 내구성저하는 거의 없는 상태이며, 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨</td></tr>
</table>

나. 부산방향

1) 금회 진단 내구성조사 결과요약

【표 3.5.5】금회 진단 내구성조사 결과요약(부산)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	반발경도	41.2~46.3	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨
		초음파	40.5~47.9	
	하부 구조	반발경도	24.1~27.4	
		초음파	25.7~29.1	
철근탐사 (㎜)	PSC BOX Girder	배근간격	121.0~207.0	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함
		피복두께	45.0~55.0	
	교대 (구체부)	배근간격	111.0~255.0	
		피복두께	100.0	
	교각 (기둥부)	배근간격	120.0~160.0	
		피복두께	95.0~105.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		39.0~49.0	■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨
	하부구조		80.0~93.0	
염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부구조		0.120~0.145	■ 염화물 함유량은 0.3kg/㎥ 이하로 확인되어 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인됨
	하부구조		0.097~0.134	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 판단됨 • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a" 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨 • 염화물함유량 시험결과, 철근의 부식환경은 없는 상태로 확인되어 염화물에 의한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨			

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과 비교

【표 3.5.6】 내구성조사 기 점검(2013년 정밀점검) 결과 비교(부산)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="2">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>'13년
정밀점검</th><th>금회
정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="2">비파괴
강도
(MPa)</td><td>상부구조</td><td>반발경도</td><td>41.0～43.2</td><td>41.2～46.3</td><td rowspan="2">■ 설계기준강도 대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>반발경도</td><td>25.0～26.8</td><td>24.1～27.4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td>38.0</td><td>39.0～49.0</td><td rowspan="2">■ 잔여깊이가 30㎜이상 'a 등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td>91.0～94.0</td><td>80.0～93.0</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">• 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도 대비 100%이상으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨
• 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가 "a" 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨
• 기 정밀점검 결과와 비교할 때 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 콘크리트 내구성저하는 거의 없는 상태이며, 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨</td></tr>
</table>