제3장
현장조사 및 분석

3.1 개 요
3.2 외관조사 결과(양평방향)
3.3 외관조사 결과(마산방향)
3.4 내구성조사 결과
3.5 현장조사 및 시험 결과 요약

제3장 현장조사 및 분석

3.1 개 요

청미천교(양평, 마산)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서, 2002년에 준공되어 약 14년 정도 공용 중에 있으며, 경기도 여주시 점동면 원부리 (중부내륙선 256.010km 지점)에 위치하고 있는 방향별 2차로 교량이다.

본 교량은 총폭 12.15m, 총연장 450.0m(5@45+4@50.0)이며, 상부구조는 Steel Box Girder로써, 하부구조는 역T형 교대, T형 교각으로 구성되어 있고 기초 형식은 직접기초와 강관말뚝기초이며, 교량받침은 포트받침, 신축이음 장치는 강핑거조인트(양평방향 A1, P5, A2, 마산방향 A1, A2)와 레일조인트(마산방향 P5)로 시공되었다.

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·평가하는데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

외관조사 범위는 주요 구조부재와 부부재로서 콘크리트바닥판, STB 거더(내・외부), 가로보 및 세로보, 교면포장, 방호벽, 배수시설, 신축이음장치, 하부구조, 교량받침 등의 현 상태를 조사하였고, 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』평가 기준에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 등급 a~e의 5단계로 구분하여 판정하였다.

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

【표 3-1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염	
	강재 거더	• 균열, 파손, 변형 • 연결부 부식, 이완, 이상음, 볼트 파손 • 표면상태 오염, 부식, 가로보 연결불량 • 강박스 거더 내부로의 우수 유입	
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 위치 불량	
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강재 받침	• 균열, 부식, 변형, 파손	
	기타	• 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차 • 후타재와 포장면 사이 이격	

금회 정밀안전진단용역 수행 중 청미천교(양평, 마산)의 현장조사 및 시험 일정 및 내용은 다음과 같다.

【표 3-2】 현장조사 기간

구 분	일 시	조사내용	수행자
사전답사	2016.06.20. ~ 06.22.	현장답사, 구조물 현황조사	서외택 외 18명
1차 현장조사	2016.07.11. ~ 08.30.	외관조사, 비파괴시험	
2차 현장조사	2016.10.10. ~ 10.21.	추가조사 (이동량 2차 측정 및 균열 진행성 측정 등)	

청미천교(양평, 마산) 외관조사시 강박스 내부, 교대 및 교각 하부 등 접근이 용이한 부재는 도보 및 점검사다리를 이용하였으며, 강박스 거더 외부 및 바닥판 하면 등 접근이 난해한 부재는 교량 점검차, 고소점검차 등을 이용하여 점검을 실시하였다.

【그림 3-1】 구간별 근접장비 활용방법

교량점검차를 이용한 외관조사

고소점검차를 이용한 외관조사

사다리를 이용한 외관조사

도보를 이용한 외관조사

3.2 외관조사 결과(양평방향)

3.2.1 부재제원 확인

청미천교(양평)의 부재제원 확인을 위해 각각의 부재별로 실측을 실시하고 이를 준공도와 비교・검토하여 주요 부재의 규격을 확인하였다.

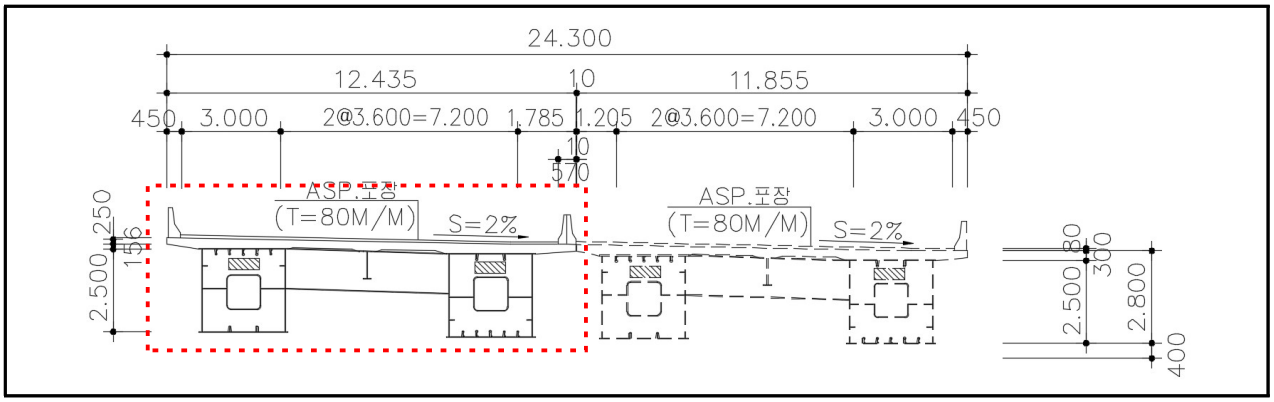
【표 3-3】 부재제원 확인(양평방향)

구 분		부재제원	실측결과	비 고
상부구조	Steel Box Girder	B=2.50m	B=2.50m	
		H=2.50m	H=2.50m	
하부구조	교 대(A1)	B=12.435m	B=12.435m	
	교 대(A2)	B=12.435m	B=12.435m	
기타부재	방호벽	H=1.08m	H=1.30m	
	중앙분리대	H=1.08m	H=1.32m	
측정결과	■ 부재제원의 실측결과, 전반적으로 준공도상의 제원과 일치하였으나, 방호벽과 중앙분리대의 제원이 실측결과와 상이하여 구조계산은 실측치를 적용하였다.			

3.2.2 상부구조

가. 바닥판 하면

상부의 교통하중을 직접 지지하며, 상부하중을 거더로 전달해 주는 바닥판으로 청미천교(양평) 바닥판 하면의 경우, 좌・우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있으며, 거더와 거더 사이의 콘크리트 바닥판이 노출되어있다. 금회 바닥판에 대한 현장조사는 교량 점검차와 고소점검차를 이용하여 근접조사를 실시하였으며, 바닥판 하면에 대한 조사는 1, 2방향 균열 및 백태, 누수, 박락 등의 손상을 중점적으로 조사하였다.



콘크리트 바닥판 하면	캔틸레버부 하면 콘크리트 노출부

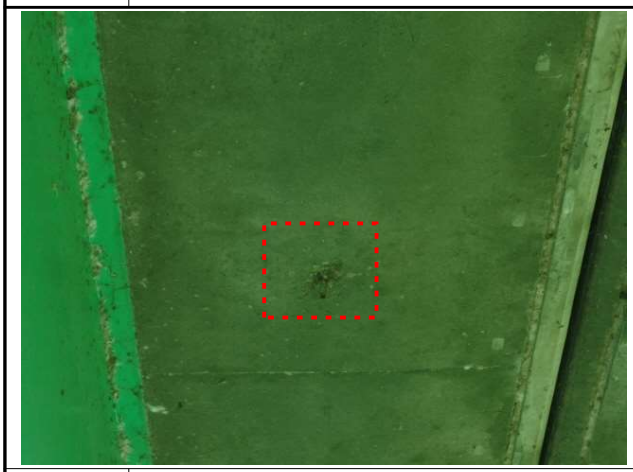
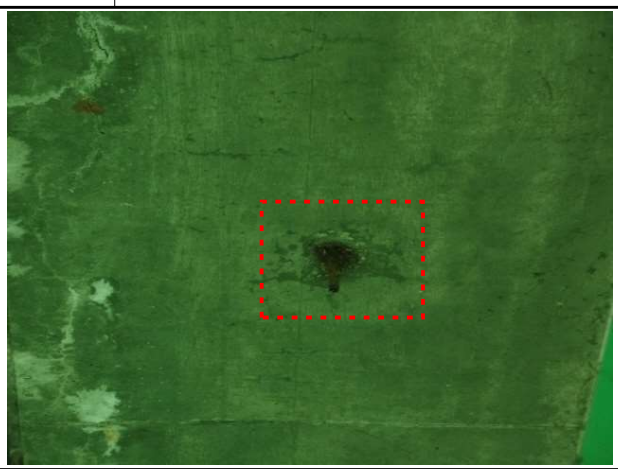
1) 외관조사 결과

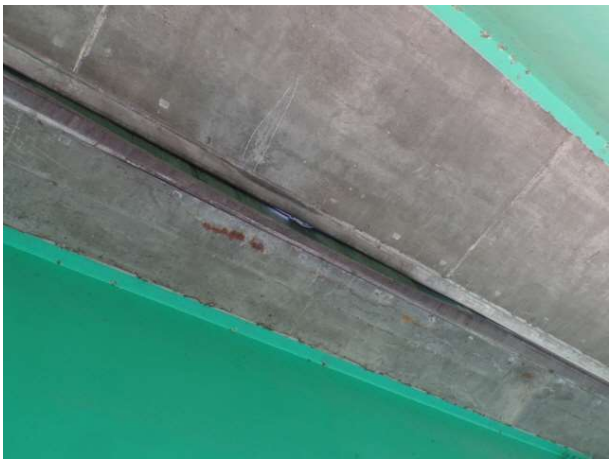
【표 3-4】 바닥판 외관조사 결과(양평방향)

구분	균열						열화 손상	
	Cw=0.1㎜(m)		Cw=0.2㎜(m)		Cw=0.3㎜(m)		들뜸(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	127.20	52	15.10	7	-	-	0.43	3
S2	163.40	76	-	-	-	-	-	-
S3	56.30	27	1.10	1	-	-	-	-
S4	150.80	62	9.40	6	-	-	-	-
S5	195.30	89	7.50	3	-	-	-	-
S6	170.50	70	-	-	-	-	-	-
S7	4.40	4	27.50	11	-	-	0.40	1
S8	4.40	4	-	-	-	-	-	-
S9	12.20	6	1.30	1	3.00	1	0.20	1
합계	884.50	390	61.90	29	3.00	1	1.03	5

구분	열화 손상				기타			
	백태(㎡)		파손(㎡)		고무재 탈락(m)		녹발생 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	0.26	7	-	-	-	-	-	-
S2	0.14	5	-	-	19.00	1	-	-
S3	0.08	2	-	-	5.00	1	-	-
S4	0.24	2	0.27	3	2.50	2	0.09	1
S5	0.24	6	-	-	3.50	2	-	-
S6	0.20	5	-	-	3.50	2	-	-
S7	0.01	1	-	-	-	-	0.09	1
S8	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	1.17	28	0.27	3	33.50	8	0.18	2

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S3 균열(cw=0.2mm)	**현 황**	◦S9 균열(cw=0.3mm, 들뜸)
원 인	◦건조수축	**원 인**	◦건조수축 및 우수유입
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦치핑 후 면보수
현 황	◦S4 바닥판 백태	**현 황**	◦S1 바닥판 박락(들뜸)
원 인	◦건조수축 및 우수유입	**원 인**	◦건조수축 및 우수유입
대 책	◦표면처리보수	**대 책**	◦치핑 후 면보수
			
현 황	◦S5 바닥판 백태	**현 황**	◦S4 바닥판 하면 파손
원 인	◦시공미흡, 우수유입	**원 인**	◦시공미흡
대 책	◦표면처리보수	**대 책**	◦단면보수

			
현 황	◦S2 고무재 탈락	**현 황**	◦S7 녹발생(누수흔적)
원 인	◦시공미흡, 온도에 따른 신축거동	**원 인**	◦우수유입
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦지속관찰

3) 기 진단(2012년)결과와의 비교 · 분석

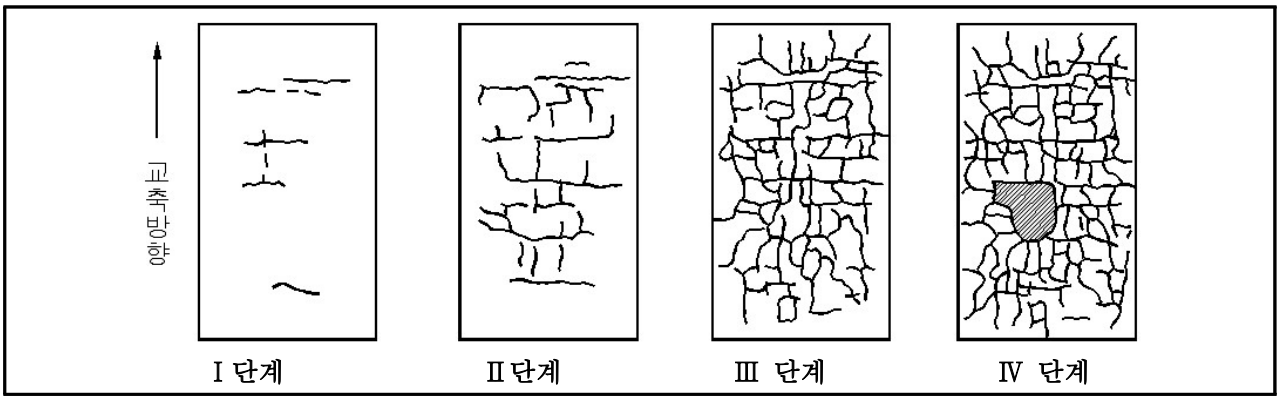
■ 바닥판 하면에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 균열 및 백태에 대한 보수가 이루어져 손상물량이 감소하였으나, 공용증가에 따른 신규 손상이 조사된 것으로 나타났다.

【표 3-5】 바닥판 하면 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	563	1317.90m	419	946.40m	▼	371.5m	
균열(cw=0.3mm이상)	1	0.30m	1	3.00m	▲	2.70m	
들뜸	-	-	5	1.03㎡	▲	1.03㎡	
백태, 파손, 녹발생	35	5.43㎡	33	1.62㎡	▼	3.82㎡	
고무재 탈락	6	16.00m	8	33.50m	▲	17.50m	

4) 검토 의견

■ 본 교량에서 조사된 횡방향 균열은 구조적인 균열이 아닌 Con'c 구조물의 노후화 과정에서 발생되는 부산물이라 할 수 있으며 이러한 균열로 말미암아 구조적 안전성에 문제를 야기할만한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 일반적인 Con'c 바닥판의 노후화 과정을 살펴보면 더 쉽게 이해 할 수 있을 것이며 【그림 3-2】은 주철근이 교축직각 방향으로 배치되는 현장타설 R.C 바닥판의 균열 진전과정을 도식화한 것으로 이를 좀 더 세분화하여 나타내면 아래와 같다.



【그림 3-2】 R.C 바닥판의 균열진전 과정

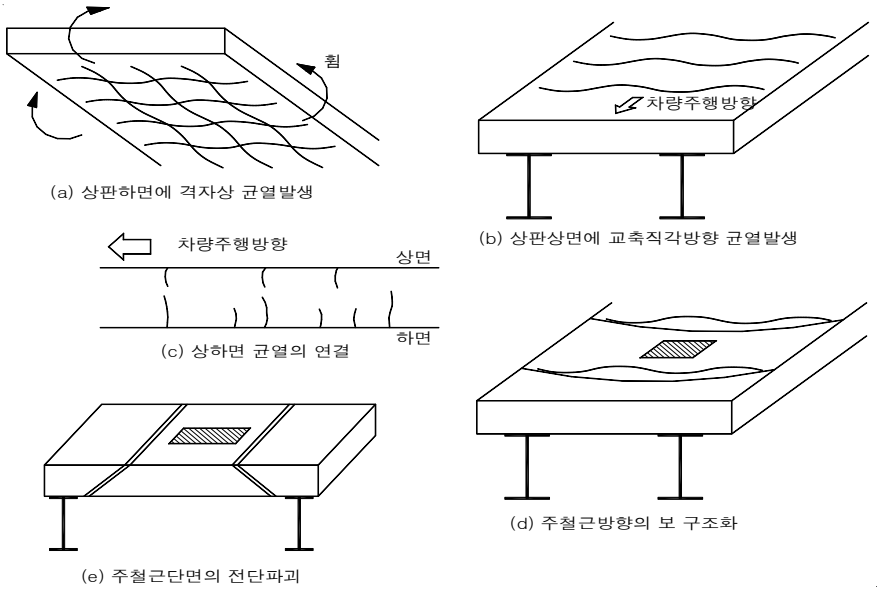
거더에 의하여 지지되는 R.C 바닥판은 거더가 콘크리트의 건조수축 등을 구속하여 교축직각 방향 횡방향 균열이 먼저 발생되고 이에 활하중에 의한 휨모멘트에 의해 변형이 부가되어 양방향으로 균열이 진전된다. 균열이 발생된 바닥판은 전단 및 비틂 강성이 저하되고 균열 폭, 균열 수가 증가함에 따라 조밀한 격자상의 균열 형태를 나타내게 된다. 이러한 손상이 윤하중의 반복에 의하여 관통 균열로 진전되고 균열면의 마찰 및 우수의 침투 등에 의하여 마침내는 함몰 또는 펀칭전단이 발생한다. 이러한 바닥판의 손상은 【그림 3-3】과 같은 피로손상 과정에 의하여 진행된다.

① 제1단계 (교축직각방향에 초기 균열)

본 교량의 경우 R.C 바닥판은 거더와 가로보에 의하여 지지되는데 전단 연결재가 콘크리트를 구속하는 형태를 가지며 콘크리트에 발생되는 온도 및 건조수축 등에 의하여 교축방향으로 인장응력이 발생하고 이에 따라 공용 전 균열이 발생되고 이러한 인장 잔류변형 상태에 윤하중에 의한 휨 변형이 가해지면 바닥판 하면에 교축직각 방향으로 균열이 발생하게 된다.

② 제2단계(상판 하면에 휨 균열망 형성, 상면에도 균열)

활하중이 재하되면 바닥판 하면의 교축방향에서도 균열이 발생되는데 이것은 교축직각방향의 균열에 의해 바닥판은 등방성에서 이방성으로 변화되어 교축방향으로의 하중분배 성능을 저해시켜 주철근 방향에서의 하중 분담률이 증가하기 때문이다 【그림 3-3(a)】. 또한, 바닥판 상면에서도 휨모멘트의 반복작용에 의하여 교축직각방향의 균열이 거더 부근에서 바닥판 중앙으로 진전되고 하면의 균열과 만나 관통균열이 된다 【그림 3-3(b)】.



【그림 3-3】 R.C 바닥판의 피로파괴 과정

③ 제3단계 (빗물의 침투)

R.C 바닥판 상면의 아스팔트 포장은 침수성과 수분 보유성이 높아 약 1시간의 비가 내리면 아스팔트는 포화상태가 되며, 그 후의 증발 속도는 늦고 약 1주 후에도 잔류되는 경우가 많다. 관통균열이 존재하는 바닥판 상면에 이와 같은 수분이 잔류하는 경우 균열에 수분이 침투되어 서서히 하면으로 이동함으로써 유리석회를 하면에 침착시킨다. 일반적으로 선상으로 유리석회가 발생한 경우에는 관통균열에 따른 것으로 판단할 수 있으며, 면상으로 곰팡이처럼 퍼지고 있는 경우는 바닥판 콘크리트가 치밀하지 않은 다짐불량 상태로 추정할 수 있다.

④ 제4단계 (교축직각방향 균열의 균열면 상호 마찰)

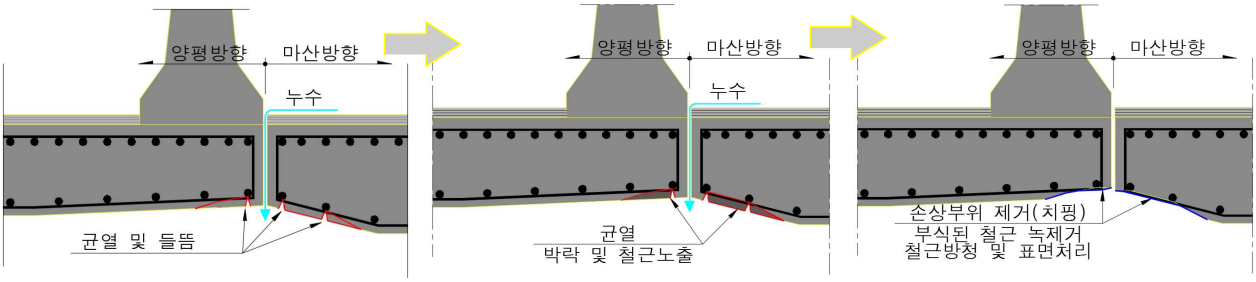
교축직각방향의 관통균열이 형성된 후 차량의 주행이 계속되면 균열면에 작용하는 전단력 및 휨모멘트의 교체 반복에 의하여 균열면 상호에서 상·하 방향 및 수평방향의 마찰의 움직임이 일어나 균열면의 마찰이 진행된다. 그 결과 서서히 균열폭이 커지고 교축방향으로의 하중분배 효과가 떨어져 판구조에서 교축직각방향으로 보를 늘어놓은 상태로 변화한다. 【그림 3-3(d)】 빗물이 침투한 균열에서는 그 마찰속도가 매우 빨라지는데 유리석회에 황색의 침착물이 있는 경우 상호마찰이 진행되고 있는 것으로 판단할 수 있다. 윤하중이 이들의 균열 바로 위로 오면 균열이 닫히고 그 면에서 수직으로 수압이 발생하고 마찰운동과 연동해서 골재를 강제 진동시키기 때문에 골재 주위에서 모르타르와의 부착이 끊겨 콘크리트가 서서히 분쇄되어 골재화 현상이 나타난다.

⑤ 제5단계 (파괴, 함몰)

교축직각방향에서 【그림 3-3(d)】와 같이 보 구조화가 형성되면 그 보 폭에서의 전단강도 부족으로 전단력에 의한 피로현상이 발생하고 내하력을 상실하게 되며 【그림 3-3(e)】 차량의 주행에 의하여 파괴 부위의 콘크리트가 작게 나뉘어져 작은 조각의 낙하가 일어나 결국에는 구멍이 커지게 된다. 물의 침투가 있는 경우 압축측 콘크리트의 골재화가 진행되고 포장이 망 형상으로 파손되거나 포트홀이 형성되어 방치하면 함몰하게 된다. 일반적으로 R.C 바닥판은 최소두께 기준이 적용하는 한 전단력이 문제가 되는 경우는 거의 없다. 실제로 재하시험에 의하여 바닥판을 전단력으로 파괴시키기 위해서는 설계하중의 5~10배의 전단력이 필요한 것으로 보고되고 있다. 다만 바닥판에 건조수축과 온도수축으로 균열이 발생하고 이것과 휨모멘트에 의한 인장균열의 영향에 더하여 전단력은 바닥판의 손상에 더 큰 영향을 주게 된다.

- 현재 본 교량의 바닥판은 균열의 형태 및 경간별 분포상태로 미루어 볼 때, 바닥판 손상은 Ⅰ번째 단계로써, 조사된 횡균열은 대부분 근접한 상태에서 확인 가능한 0.2㎜이하의 미세균열이다. 본 손상은 전 경간에 걸쳐 분포되어 있는 손상으로 균열의 형상이 일방향성 형태의 균열로서, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 양생과정 또는 시공 후 일정기간이 경과한 후에 발생한 건조수축에 의해 발생한 것으로 추정된다. 점검 당시 균열보수가 일부 이루어진 상태이며 보수되지 않은 균열 또한 0.2㎜이하의 미세균열로 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰한다.
- 일부 관찰되는 백태는 건조수축에 의해 발생한 미세균열부로 침투한 공기중 이산화탄소가 수화반응으로 생성된 수산화칼슘이 반응하여 석회석을 생성하면서 수분에 용해되어 바닥판 표면에 퇴적된 침전물로서 기 점검시부터 조사된 손상이다. 내측 바닥판의 균열과 백태는 금회 현장조사 결과 손상의 진행과 확대는 없는 것으로 조사되었으나 내구성 확보 차원의 표면처리 보수와 보수후에도 주기적인 점검으로 재손상 여부를 확인하여야 한다.
- 내측 캔틸레버 하면과 신축이음 단부에 발생한 균열, 백태, 들뜸 등의 손상은 신축이음부 또는 종방향조인트 누수로 인해 비교적 피복두께가 얇게 시공된 바닥판 철근을 부식시켜 균열을 유발시키고, 균열부로의 지속적인 우수 유입과 동절기 살포된 제설제의 영향은 철근 부식과 팽창을 가속시켜 바닥판 콘크리트가 들뜸 및 박락, 철근노출로 진행하게 된다. 내측 캔틸레버 하면과 신축이음 단부에 발생한 균열, 박락, 철근노출은 방치시 확대 가능성이 높은 손상에 해당하므로 내구성 저하 방지를 위해 단면을 복구하여야 하나 보수를 하더라도 지속적인 누수와 구조물의 신축 및 중차량 통과시 충격으로 인해

보수재의 탈락 또는 추가 손상의 가능성이 높다. 또한 본 교량의 하부는 도로(국도37호선), 제방도로 등이 위치하고 있어 보수재료 또는 탈락 된 콘크리트가 낙반으로 이어질 경우 2차 사고의 가능성도 배제할 수 없으므로 단면을 복구하는 방법보다는 손상 단면을 제거한 후 부식된 철근의 방청처리와 표면처리보수로 마감하는 방법이 보다 합리적이라 할 수 있다.

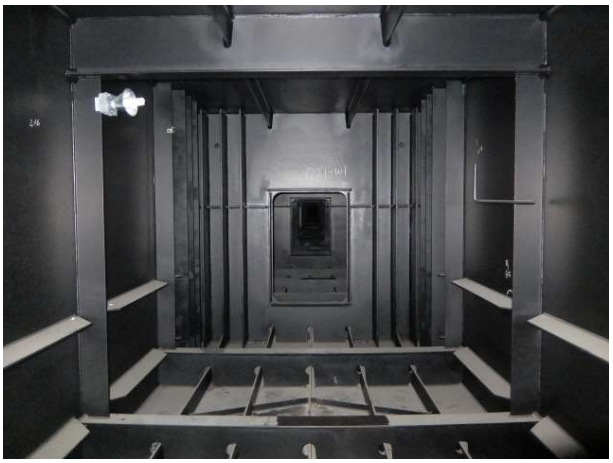


■ 캔틸레버 하면의 들뜸과 같은 단면손상은 기설 콘크리트와 보수재료와의 부착강도 증대를 위해 바닥판의 내하력에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 손상된 부위를 모두 제거(치핑)한다. 손상부위 면정리가 완료되면 부착성과 내구성이 높은 보수재를 손상 제거부위 표면에 도포하여 피막을 형성시킨다. 이때 철근이 노출될 경우 부식된 철근에 대해서 녹제거와 방청을 실시하여야 한다. 또한 보수 후에도 재손상 발생 및 추가손상 여부 확인을 위한 주기적인 점검이 필요하다.

■ 바닥판 하면 내측 캔틸레버부에서 조사된 종조인트 고무재 탈락은 시공미흡, 온도에 따른 신축거동, 차량진동 등이 원인으로 판단되며, 이로 인한 추가 손상발생이 없어 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 지속관찰이 요망된다.

나. Steel Box Girder

본 교량의 주부재인 Steel Box Girder는 2열로 배치되어 있고, 강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.



Steel Box Girder 내부 전경

Steel Box Girder 외부 전경

1) Steel Box Girder 내부

① 외관조사 결과

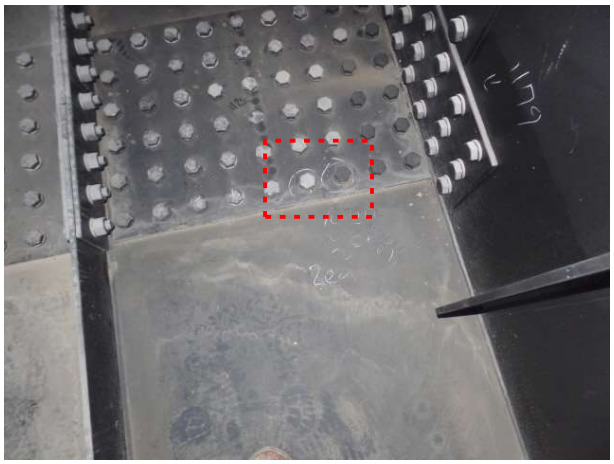
【표 3-6】 Steel Box Girder 내부 외관조사 결과(양평방향)

구분		표면열화						기타		
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		볼트부식(㎡)		Pit	이물질퇴적(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
S1	G1	-	-	-	-	0.02	2	2	-	-
	G2	-	-	0.05	1	-	-	-	0.18	2
S2	G1	-	-	-	-	-	-	3	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	G1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G2	0.02	1	-	-	-	-	-	-	-
S4	G1	-	-	-	-	-	-	5	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	3	-	-
S5	G1	-	-	-	-	-	-	9	0.50	1
	G2	-	-	-	-	-	-	8	5.50	1
S6	G1	-	-	0.01	1	-	-	3	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	1	6.25	1

【표 3-6】 Steel Box Girder 내부 외관조사 결과(양평방향)(계속)

구분		표면열화						기타		
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		볼트부식(㎡)		Pit	이물질퇴적(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
S7	G1	-	-	-	-	-	-	3	-	-
	G2	0.01	1	0.02	1	-	-	1	-	-
S8	G1	0.02	2	-	-	-	-	2	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
S9	G1	0.01	1	0.04	4	-	-	3	-	-
	G2	0.30	8	-	-	-	-	3	0.09	1
합계		0.36	13	0.12	7	0.02	2	47	12.52	6

㉠ 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S3-G2 도장박리
원 인 ◦시공미흡 및 경년열화
대 책 ◦재도장</td><td>현 황 ◦S9-G2 도장박리
원 인 ◦시공미흡 및 경년열화
대 책 ◦재도장</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S1-G2 부식
원 인 ◦우수유입
대 책 ◦재도장</td><td>현 황 ◦S1-G1 Sp1 볼트부식
원 인 ◦우수유입
대 책 ◦재도장</td></tr>
</table>

현 황	◦S5-G1 Pit	**현 황**	◦S1-G2 이물질퇴적
원 인	◦시공미흡	**원 인**	◦작업자 이물질 적치
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦청소

② 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ Steel Box Girder 내부에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 도장박리 및 부식 등 대부분에 손상에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었으며, 일부 보수누락 및 경년증가에 따른 손상이 일부 조사되었다.

【표 3-7】 Steel Box Girder 내부 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	970	4.81㎡	20	0.48㎡	▼	4.33㎡	
볼트부식	8	0.08㎡	2	0.02㎡	▼	0.06㎡	
이물질 퇴적	8	2.92㎡	6	12.52㎡	▲	12.99㎡	
씰링재 충진누락	-	128ea	-	-	▼	128ea	

③ 검토 의견

■ Steel Box Girder 내부의 외관조사 실시결과 도장박리, 부식, 볼트부식, Pit, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

■ 도장박리는 시공초기 또는 재도장 보수 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 발생된 것이며, 강재의 부식 방지를 위한 도장보수가 요구된다.

■ 강재 부식은 국부적인 도장불량과 경년열화에 의해 발생된 손상이나 부식의 대부분이 거더 입 · 출구부에서 조사된 점을 감안하면 강우 시 신축이음부 누수로 인해 노면수가 스캘럽을 통해 거더 내부로 유입되어 부식성 환경이 조성된 것이 주된 원인이다. 현재

구조물에 발생된 부식의 정도가 강재 거더의 단면결손을 유발할 정도는 아니지만 장기적 내구성 저하 방지를 위해 녹제거 후 재도장 보수가 필요한 상태이다. 다만, 부식의 근본적인 원인인 신축이음부 누수를 차단하는 것이 선행되어야 하나 신축이음부에서 누수가 발생하더라도 거더 내부로 노면수가 유입되지 않도록 누수가 발생하는 위치에서 거더의 스캘럽을 폐쇄시키는 것도 한 방법이라 할 수 있다.

- 피트손상에 대하여「강도로교 시공·검사 실무 요령(前 건설교통부 1995.05)」에서 용접 비드 표면의 필렛용접한 이음에 대해 3개 또는 이음길이 1m에 대해 3개까지 허용(Ø1mm 이하는 3개를 1개로 간주)하는 것으로 명시되어 있어, 청미천교(양평)에 발생된 피트의 경우 해당 기준을 만족하는 것으로 나타나 현 상태로 주의 관찰한다.
- 이물질퇴적은 일부 점검자 또는 보수자의 인식 부족에 의한 용변 처리 미흡으로 발생한 경우도 일부 존재한다. 거더 내부의 이물질퇴적은 강재 부식의 원인이 되므로 청소와 더불어 예방적 유지관리 차원의 재도장 보수가 요구된다.

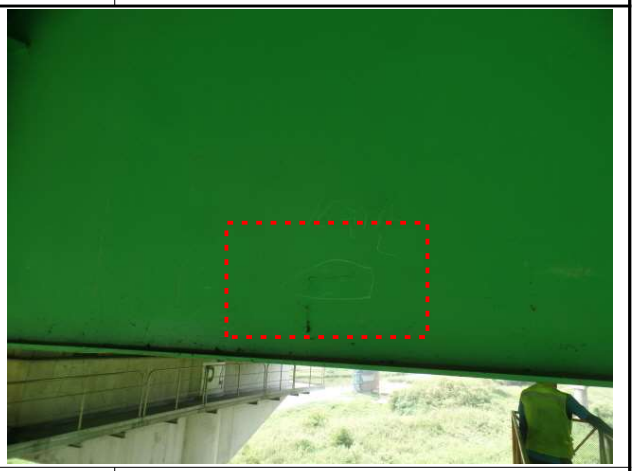
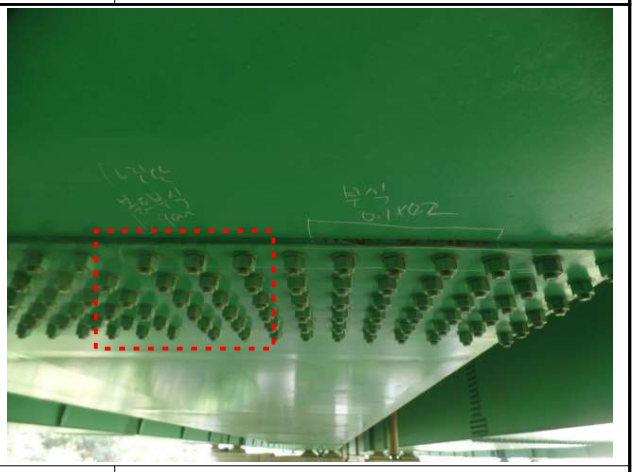
2) Steel Box Girder 외부

㉠ 외관조사 결과

【표 3-8】 Steel Box Girder 외부 외관조사 결과(양평방향)

구분		표면열화									
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		긁힘(㎡)		변형(m)		볼트부식(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	G1	-	-	4.50	21	-	-	-	-	0.09	9
	G2	-	-	0.33	9	-	-	-	-	-	-
S2	G1	0.07	3	0.31	10	-	-	-	-	-	-
	G2	0.07	5	0.66	12	-	-	-	-	-	-
S3	G1	-	-	4.61	8	-	-	-	-	-	-
	G2	0.18	9	0.15	8	-	-	-	-	-	-
S4	G1	-	-	0.78	6	0.02	1	-	-	-	-
	G2	0.01	1	0.44	14	0.05	1	-	-	-	-
S5	G1	0.14	4	0.12	1	-	-	-	-	-	-
	G2	0.43	15	0.28	10	0.04	2	-	-	-	-
S6	G1	0.68	7	0.15	8	0.02	1	-	-	-	-
	G2	0.13	4	0.11	7	0.03	1	-	-	-	-
S7	G1	-	-	0.63	5	-	-	-	-	-	-
	G2	0.02	2	1.19	14	-	-	-	-	-	-
S8	G1	0.09	2	0.10	1	-	-	0.30	1	-	-
	G2	-	-	0.02	1	-	-	-	-	-	-
S9	G1	0.03	1	0.60	12	-	-	-	-	-	-
	G2	0.01	1	0.75	10	-	-	-	-	-	-
합계		1.86	54	15.74	158	0.16	6	0.30	1	0.09	9

② 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S6-G1 도장박리</td><td>현 황</td><td>◦S1-G1 부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦재도장</td><td>대 책</td><td>◦재도장</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S2-G1 부식</td><td>현 황</td><td>◦S4-G1 긁힘</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td><td>원 인</td><td>◦시공당시 외부충격</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦재도장</td><td>대 책</td><td>◦재도장</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S8-G1 변형</td><td>현 황</td><td>◦S2 거더외부 볼트부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공당시 외부충격</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦지속관찰</td><td>대 책</td><td>◦재도장</td></tr>
</table>

③ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ Steel Box Girder 외부에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 도장박리, 부식 등의 손상은 증가한 것으로 확인되었으며, 긁힘 손상이 신규로 조사되었다.

【표 3-9】 Steel Box Girder 외부 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	84	1.07㎡	221	17.69㎡	▲	16.62㎡	
긁힘	-	-	6	0.16㎡	▲	0.16㎡	
변형	1	0.30m	1	0.30m		-	

④ 검토 의견

■ Steel Box Girder 외부에는 도방박리, 부식, 긁힘, 변형, 볼트부식이 조사되었다.

■ 거더 외부에 발생한 도장박리는 유분, 이물질 등의 하지(표면)처리 미흡과 공용 년 수 증가에 따른 노후화에 의해 발생된 손상으로, 강재 부식을 방지하기 위한 손상된 부위의 재도장이 필요한 상태이다.

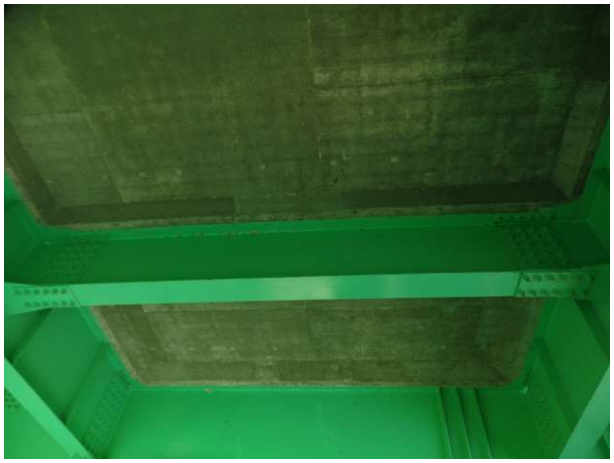
■ 거더 외부 부식은 환경적인 영향, 즉 대기 중의 오염물질, 온도, 습도 등의 영향을 직접적으로 받고 신축이음부 및 종방향조인트 누수에 의해 장기간 직접적인 수분의 접촉, 국부적으로 도장이 불량한 부위에서의 도장면 열화 등이 원인이 되어 발생한 것이며, 특히 돌출된 하부플랜지 모서리 등은 도장이 상대적으로 불량할 뿐만 아니라 시공초기 거더 운반 및 적재, 가설 과정에서 외부 충격과 경년열화에 의해 도장면 손상이 발생할 가능성이 크다. 현재 조사된 부식이 단면결손을 유발할 정도의 단계에 이르지는 않았으나 확대손상 방지 및 내구성 저하 방지를 위해 방청 후 재도장 보수가 요구된다.

■ 도장 긁힘은 공장 제작된 거더의 운반과 적재, 가설 과정 중에 예기치 못한 충격에 의해 발생된 손상이며, 교량의 안전성에는 영향이 없겠으나 충격으로 발생한 도장 손상은 재도장을 실시하여야 한다.

■ 거더 변형은 시공 중 충격에 의해 하부 플렌지가 변형된 것으로 보수보다는 지속관찰함이 바람직하다.

3) 강 가로보 및 세로보

공용 기간중 거더의 횡변형(좌굴)을 방지해 주며 상부에 작용하는 하중을 횡분배 시켜주는 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있다.

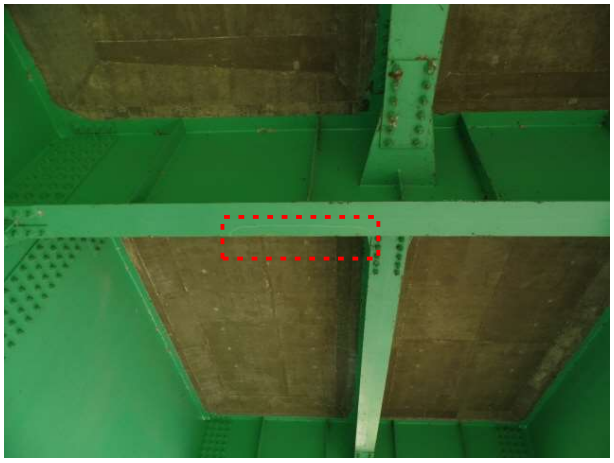
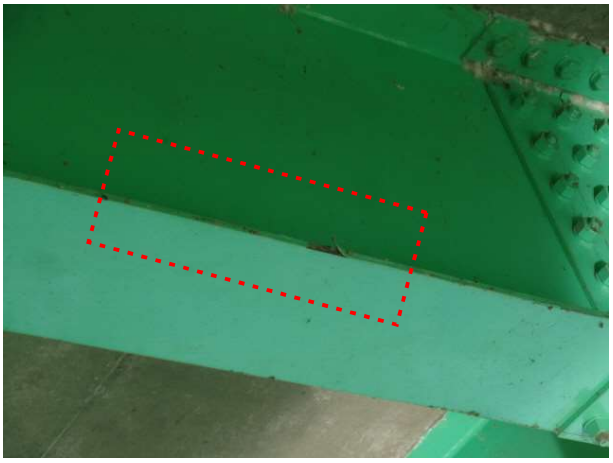
	
강 가로보 전경	강 세로보 전경

① 외관조사 결과

【표 3-10】 강 가로보 및 세로보 외관조사 결과(양평방향)

구분	표면열화			
	도장박리(㎡)		부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	0.07	3
S2	0.03	2	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	0.03	1	0.08	1
S7	-	-	0.05	4
S8	-	-	0.05	3
S9	-	-	-	-
합계	**0.06**	**3**	**0.25**	**11**

② 손상별 원인분석

			
현 황	◦S6-CB5 가로보 하면 부식	**현 황**	◦S5-ST1 세로보 도장박리
원 인	◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화	**원 인**	◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화
대 책	◦재도장	**대 책**	◦재도장

③ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 도장박리, 부식 등의 손상은 증가한 것으로 확인되었다.

【표 3-11】 강 가로보 및 세로보 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	3	0.032㎡	4	0.10㎡	▲	0.10㎡	

④ 검토 의견

■ 가로보 및 세로보에서는 도방박리, 부식이 조사되었다.

■ 도장박리는 유분, 이물질 등의 하지(표면)처리 미흡과 공용 년 수 증가에 따른 노후화에 의해 발생된 손상으로, 강재 부식을 방지하기 위한 손상된 부위의 재도장이 필요한 상태이다.

■ 부식은 환경적인 영향, 즉 대기 중의 오염물질, 온도, 습도 등의 영향을 직접적으로 받고 장기간 직접적인 수분의 접촉, 국부적으로 도장이 불량한 부위에서의 도장면 열화 등이 원인이 되어 발생한 것으로 현재 조사된 부식이 단면결손을 유발할 정도의 단계에 이르지는 않았으나 확대손상 방지 및 내구성 저하 방지를 위해 방청 후 재도장 보수가 요구된다.

3.2.3 하부구조

가. 교대

교대는 교량 상부구조 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다.

청미천교(양평)의 교대형식은 역T형식이고, 기초형식 강관말뚝기초로 시공되어 있으며 금회 현장 조사시 교대의 외관상태, 법면사면(앞성토)를 중점적으로 조사하였다.

교대 전경(A1)

교대 전경(A2)

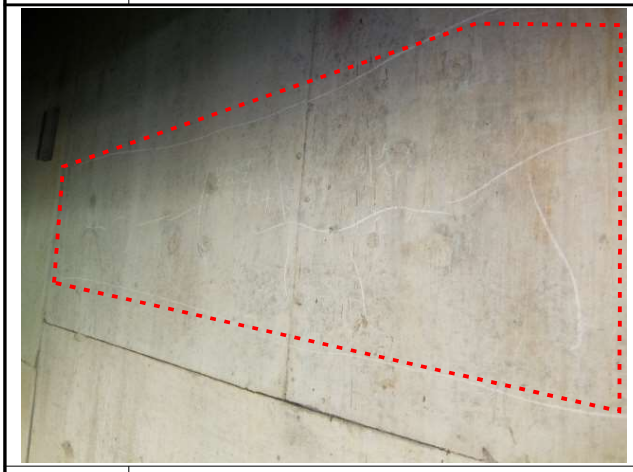
1) 외관조사 결과

【표 3-12】 교대 외관조사 결과(양평방향)

구분	균열								열화 및 손상					
	Cw=0.1㎜ (m)		Cw=0.2㎜ (m)		Cw=0.3㎜ (m)		망상균열(㎡) (Cw=0.1㎜)		들뜸(㎡)		박락(㎡)		박리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	29.20	35	1.70	2	-	-	1.02	2	3.00	1	-	-	-	-
A2	5.00	5	2.70	2	2.80	1	10.18	5	-	-	0.13	12	1.50	1
합계	34.20	40	4.40	4	2.80	1	11.20	7	3.00	1	0.13	12	1.50	1

구분	열화 및 손상				기타							
	백태(㎡)		보수부 들뜸(㎡)		이물질퇴적(㎡)		잡철물부식(㎡)		누수흔적(㎡)		표면오염(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.03	1	0.09	1	-	-	-	-	4.40	2	-	-
A2	-	-	-	-	1.80	1	0.06	6	-	-	11.13	4
합계	0.03	1	0.09	1	1.80	1	0.06	6	4.40	2	11.13	4

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦A1 벽체 균열(cw=0.2mm)</td><td>현 황</td><td>◦A2 흉벽 균열(cw=0.3mm)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공초기 건조수축</td><td>원 인</td><td>◦공용 중 온도변화 및 우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦지속관찰</td><td>대 책</td><td>◦주입보수</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦A1 흉벽 망상균열</td><td>현 황</td><td>◦A1 흉벽 들뜸, 누수흔적</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공초기 건조수축</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡(다짐불량), 우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦표면처리보수</td><td>대 책</td><td>◦커버플레이트 재설치, 단면보수</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦A2 흉벽 박락</td><td>현 황</td><td>◦A2 코핑면 박리</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡(다짐불량)</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦단면보수</td><td>대 책</td><td>◦단면보수</td></tr>
</table>

현 황	◦A1 벽체 백태	**현 황**	◦A1 코핑면 보수부 들뜸
원 인	◦우수유입	**원 인**	◦시공미흡
대 책	◦표면처리보수	**대 책**	◦단면보수
현 황	◦A2 코핑면 이물질 퇴적	**현 황**	◦A2 흉벽 표면오염
원 인	◦우수유입	**원 인**	◦우수유입
대 책	◦청소	**대 책**	◦지속관찰

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 균열, 파손 등의 손상에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었으며, 보수누락 및 경년증가에 따른 손상의 증가 또한 조사되었다.

【표 3-13】 교대 기 진단 결과 비교(양평방향)

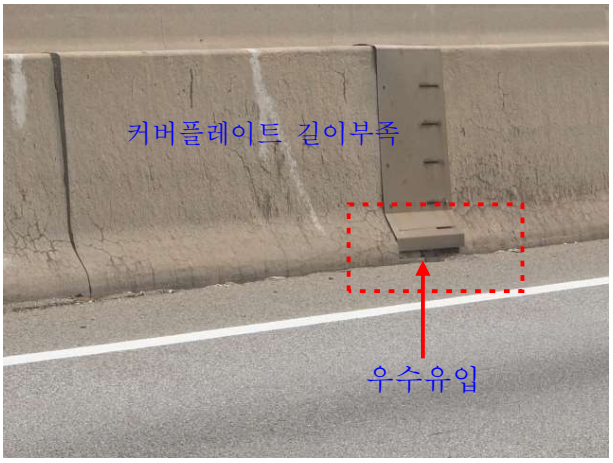
결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	72	54.20m	44	38.60m	▼	15.60m	
균열(cw=0.3mm)	1	2.80m	1	2.80m	-	-	
망상균열	5	9.76㎡	7	11.20㎡	▲	1.44㎡	

【표 3-13】 교대 기 진단 결과 비교(양평방향)(계속)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
들뜸	-	-	1	3.00㎡	▲	3.00㎡	
박락, 박리	-	-	13	1.63㎡	▲	1.63㎡	
백태	-	-	1	0.16㎡	▲	0.16㎡	
파손	3	0.38㎡	-	-	▼	0.38㎡	
누수흔적, 표면오염	5	4.24㎡	6	15.53㎡	▲	11.29㎡	
이물질퇴적	-	-	1	1.80㎡	▲	1.80㎡	
잡철물 부식	39	0.17㎡	6	0.06㎡	▼	0.11㎡	

4) 검토 의견

- 교대는 균열과 망상균열, 들뜸, 박락, 박리, 백태, 보수부들뜸, 이물질퇴적, 누수흔적, 표면오염, 잡철물 부식 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에서 조사된 대부분의 수직균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 손상으로 대부분 폭 0.2mm이하의 미세균열이며, 0.2㎜이하의 미세균열은 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰 한다. 또한, A2의 흉벽에서 조사된 폭 0.3mm의 균열은 공용 중 온도변화 및 지속적인 우수유입에 의한 열화로 발생한 균열이며, 균열깊이 시험결과(3.4.3 현장시험결과 및 분석, p221) 철근깊이까지 도달한 것으로 나타나 주입보수가 요구된다.
- A1 흉벽에서 조사된 들뜸은 시공 초기 다짐불량과 신축이음 커버플레이트의 길이부족으로 인한 지속적인 우수유입에 의한 손상으로 커버플레이트의 재설치를 통한 우수유입 방지를 실시한 후 손상부 콘크리트의 제거와 단면보수가 이루어져야 할 것으로 판단된다.



A1 커버플레이트 마산측 전경

A1 신축이음 하부 전경

- 누수흔적과 표면오염은 공용 년 수 증가에 의한 신축이음 노후화와 중앙분리대 커버플레이트 길이부족으로 인한 누수가 주원인이며 2013~2014년 신축이음 교체가 완료되어 커버플레이트 탈락 및 설치오류에 의한 캔틸레버측 누수가 일부 조사되었으나 대부분의 손상은 진행되지 않는 상태인 것으로 조사되었다.
- 박락, 박리 등은 시공초기 또는 공용 중 예기치 못한 외부충격, 우수 및 동결융해의 반복 등 장기간 외기에 노출된 콘크리트가 열화되어 발생한 손상이며, 보수부 들뜸은 보수부의 시공미흡에 의한 것으로 이들 손상은 손상의 정도가 교대의 안전성을 저해할 정도는 아닌 것으로 조사되었으나 확대손상 방지와 내구성 확보를 위해 단면을 복구하여야 한다.
- 백태는 콘크리트 내부의 백태가 노출된 것으로 내구성 확보 차원의 표면보수가 필요하고, 기타 손상으로 이물질퇴적, 잡철물부식 등의 조사되었으나 보수의 의미는 없으므로 지속관찰한다.

나. 교각

상부구조를 지지하는 구조물인 교각형식은 T형이고, 기초형식은 P1~P7은 직접기초, P8은 강관말뚝기초(φ508)로 시공되어 있다. 청미천교(양평)는 9경간 교량이며 교각이 8개소로 유지관리를 용이하게 하기 위한 출입사다리 및 점검통로가 P1~P6까지 시공되어 있으며, P7과 P8은 설치되어 있지가 않다. 또한 P5는 유심부에 위치하여 수심측정을 실시하였다. 교각에 대한 외관조사는 보도점검 및 사다리, 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

교각 전경(P1)

교각 전경(P5)

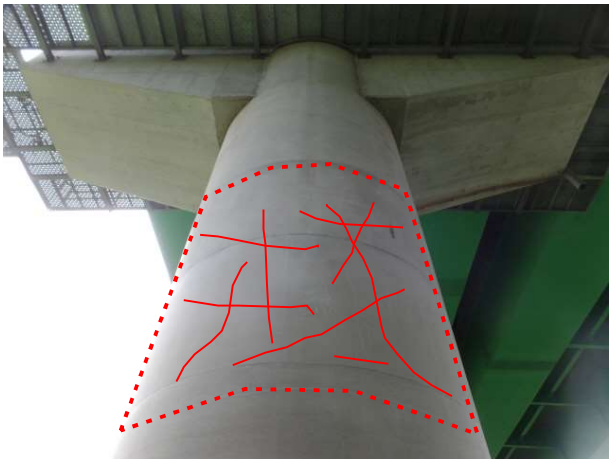
1) 외관조사 결과

【표 3-14】 교각 외관조사 결과(양평방향)

구분	균열								열화 및 손상					
	Cw=0.1㎜ (m)		Cw=0.2㎜ (m)		Cw=0.3㎜ (m)		망상균열(㎡) (Cw=0.1㎜)		박락(㎡)		백태(㎡)		재료분리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
P1	58.50	80	6.20	4	0.80	1	26.43	7	0.04	2	-	-	-	-
P2	13.80	20	6.10	5	-	-	6.18	2	-	-	-	-	-	-
P3	8.90	14	7.40	5	-	-	18.40	7	-	-	-	-	-	-
P4	11.30	12	7.20	4	-	-	9.38	5	-	-	-	-	-	-
P5	16.90	21	7.80	3	-	-	33.77	12	-	-	-	-	0.08	2
P6	23.90	21	2.00	1	-	-	9.38	6	-	-	-	-	0.18	1
P7	14.60	14	-	-	-	-	6.14	5	-	-	0.02	2	-	-
P8	8.60	4	4.60	4	-	-	1.96	3	-	-	-	-	-	-
합계	156.50	186	41.30	26	0.80	1	111.64	47	0.04	2	0.02	2	0.26	3

구분	열화 및 손상				기타						
	침식(㎡)		파손(㎡)		녹발생(㎡)		누수흔적(㎡)		점검로 볼트부식	표면오염(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
P1	-	-	0.04	1	-	-	-	-	20	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.50	1
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
P4	5.40	1	0.01	1	-	-	1.20	1	4	-	-
P5	9.00	1	0.02	1	0.16	16	-	-	12	-	-
P6	-	-	0.01	1	-	-	-	-	21	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	14.40	2	0.08	4	0.16	16	1.20	1	65	1.50	2

2) 손상별 원인분석

현 황	◦P4 기둥부 균열(cw=0.2㎜)	**현 황**	◦P1 기둥부 균열(cw=0.3㎜)
원 인	◦시공초기 건조수축	**원 인**	◦공용중 온도변화 및 우수유입
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦주입보수
			
현 황	◦P3 기둥부 망상균열	**현 황**	◦P1 기둥부 박락
원 인	◦시공초기 건조수축	**원 인**	◦시공미흡, 우수유입
대 책	◦표면처리보수	**대 책**	◦단면보수
현 황	◦P6 코핑부 재료분리	**현 황**	◦P4 기둥부 침식
원 인	◦시공미흡	**원 인**	◦유수작용, 경년증가
대 책	◦단면보수	**대 책**	◦지속관찰

현 황	◦P6 기둥부 파손	**현 황**	◦P4 코핑부 누수흔적, 표면오염
원 인	◦외부충격	**원 인**	◦배수관 길이부족(보수완료)
대 책	◦단면보수	**대 책**	◦지속관찰
현 황	◦P4 코핑부 점검로 볼트부식	**현 황**	◦P5 코핑부 녹발생
원 인	◦경년증가, 시공미흡	**원 인**	◦잡철물 미제거, 우수유입
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦지속관찰

3) 수중 교각 점검

- 청미천교(양평)의 유심부에 위치한 P4와 P5는 수중조사를 실시하였으며 현장조사 결과 수심이 얕고(H=0.6m이내) 도보로 접근이 가능하여 육안조사를 실시하였다.
- 하천 상에 위치한 교각(P5)의 외관 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 유수에 의한 기둥부 침식이 일부 관찰되었으나 손상정도가 경미하므로 지속관찰 한다. 다만 하천 상에 위치한 교각은 항시 유수와 유송잡물의 영향을 받고 있는 상태이므로 손상발생 유무에 대해 주기적인 점검과 지속적인 관찰이 필요하다.

교각 수심측정	수중부 경미한 침식(P5)

4) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 균열, 파손에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었다. 망상균열은 기존 균열의 확대와 경년증가에 따른 노후화로 손상물량이 증가하였으며, 대부분의 손상이 보수누락 및 경년증가에 따른 손상 증가한 것으로 조사되었다.

【표 3-15】 교각 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	422	404.45	212	197.80m	▼	206.65m	
균열(cw=0.3mm)	-	-	1	0.80m	▲	0.80m	
망상균열	43	74.46㎡	47	111.64㎡	▲	37.18㎡	
누수흔적, 백태	7	1.46㎡	3	1.22㎡	▼	0.24㎡	
파손, 침식	11	9.87㎡	6	14.48㎡	▲	4.61㎡	
재료분리, 녹발생	17	0.34㎡	17	0.34㎡		-	
점검로 볼트부식	-	63EA	-	65EA	▲	2EA	

5) 검토 의견

■ 교각은 균열, 망상균열, 박락, 백태, 재료분리, 침식, 파손, 녹발생, 누수흔적, 점검로 볼트부식, 표면오염 등의 손상이 조사되었다.

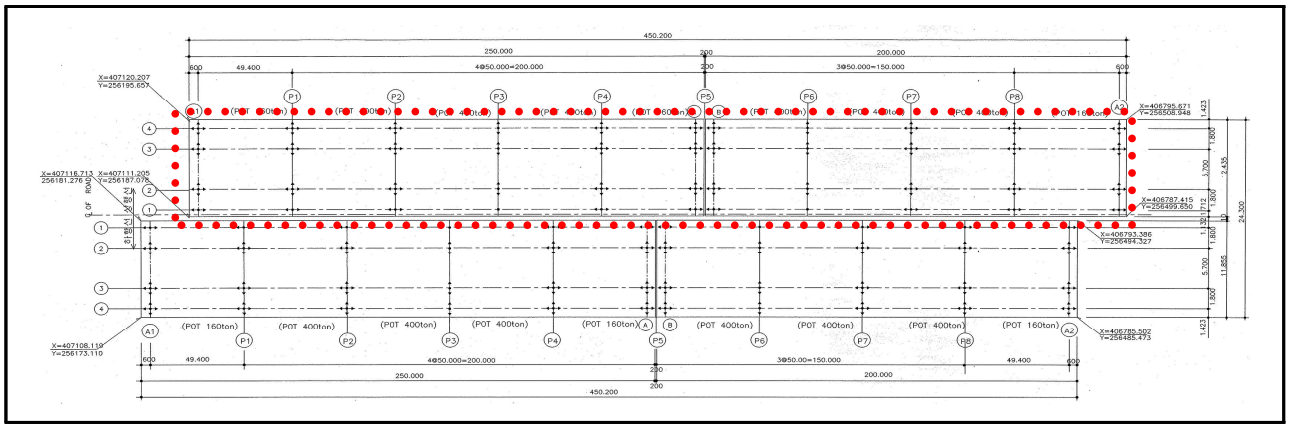
■ 균열, 망상균열 등의 손상에 대하여 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 손상으로 대부분 폭 0.2mm이하의 미세균열이며, 폭 0.3mm의 균열이 1개소 조사되었다. 균열부로의 우수 유입은 손상을 확대시킬 수도 있

으므로 교량등급 제고와 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3mm이상의 균열은 보수를 실시하고, 0.2㎜이하의 미세균열은 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰 한다.

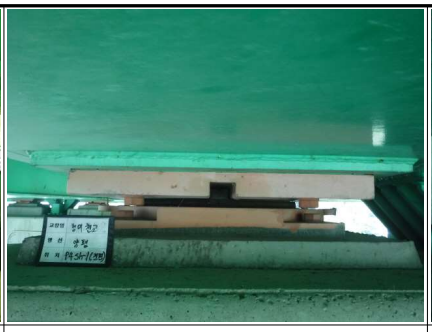
- P1 기둥부 하단에서 조사된 박락은 배수관 길이부족에 따른 우수 및 동결융해의 반복 등 장기간 외기에 노출된 콘크리트가 열화되어 발생한 손상이며, 현재 배수관이 연장된 상태이므로 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시한다면 더 이상의 손상확대는 없을 것으로 판단된다.
- 파손, 재료분리 등은 시공초기 또는 공용 중 예기치 못한 외부충격, 우수 및 동결융해의 반복 등 장기간 외기에 노출된 콘크리트가 열화되어 발생한 손상이며, 손상의 정도가 교각의 안전성을 저해할 정도는 아닌 것으로 조사되었으나 확대손상 방지와 내구성 확보를 위해 단면을 복구하여야 한다.
- 기타 손상으로 P4과 P7에서 조사된 누수흔적, 표면오염은 배수관 길이부족에 의한 것으로 배수관의 길이연장이 되어 손상의 확대는 없는 것으로 나타났다. 하지만 P2에서 조사된 누수흔적은 현재 배수관의 길이부족으로 발생한 손상으로 배수관 길이연장이 필요한 상태이다.
- 백태는 콘크리트 내부의 백태가 노출된 것으로 내구성 확보 차원의 표면보수가 필요하다. 녹발생, 점검로 볼트부식 등은 보수의 의미는 없으므로 지속관찰한다.

다. 교량받침

청미천교(양평)의 교량받침은 교대(A1, A2)와 교각(P1~P4, P6~P8)에 각 4개씩 36개소와 교각(P5)에 8개소 총 44개 포트받침이 설치된 상태로서, 받침용량 160ton은 교대(A1, A2, P5), 400ton은 교각(P1~P4, P6~P8)에 시공된 것으로 조사되었다. 고정단은 교각 P3-Sh1, P6-Sh1에 설치되어 있으며, 교량받침 배치 현황은 다음과 같다.



【그림 3-4】 청미천교(양평) 교량받침 배치도

		
교량받침 전경(P3-Sh1, 고정단)	교량받침 전경(P4-Sh1, 일방향)	교량받침 전경(A1-Sh3, 양방향)

1) 외관조사 결과

【표 3-16】 교량받침 외관조사 결과(양평방향)

구분	받침 본체				낙교방지시설				
	부식(㎡)		솔플레이트 부식(㎡)		볼트부식(㎡)		볼트이완(m)	부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
A1	0.20	1	-	-	-	-	-	-	-
A2	0.32	2	-	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	1.12	4	-	-	-	-	-
P2	-	-	0.84	3	-	-	-	-	-
P3	0.11	3	-	-	-	-	-	0.24	1
P4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	0.56	56	1	-	-
P6	-	-	0.08	1	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	0.63	6	2.04	8	0.56	56	1	0.24	1

구분	낙교방지시설		받침콘크리트, 받침몰탈					
	고무재탈락(m)		균열(cw=0.2mm이하)		철근노출(㎡)		파손(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	-	-	-	-	-	-	0.02	1
A2	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	1.00	2	0.20	2	-	-	-	-
P2	1.00	2	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	0.20	2	0.02	1	0.04	1
P4	-	-	-	-	0.02	2	-	-
P5	-	-	0.50	2	0.03	3	-	-
P6	-	-	0.50	2	-	-	-	-
P7	-	-	0.60	4	-	-	-	-
P8	-	-	1.00	6	-	-	-	-
합계	2.00	4	3.00	17	0.07	6	0.06	2

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦A2-Sh4 본체부식
원 인 ◦공용증가, 우수유입
대 책 ◦재도장</td><td>현 황 ◦P2-Sh4 솔플레이트 부식
원 인 ◦공용증가
대 책 ◦재도장</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦P5 낙교방지시설 볼트부식
원 인 ◦공용증가, 우수유입
대 책 ◦재도장</td><td>현 황 ◦P5 낙교방지시설 볼트이완
원 인 ◦시공미흡
대 책 ◦지속관찰</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦P1 낙교방지시설 고무재 탈락
원 인 ◦시공미흡, 경년증가
대 책 ◦지속관찰</td><td>현 황 ◦P8-Sh3 받침콘크리트 균열(cw=0.2mm)
원 인 ◦건조수축
대 책 ◦지속관찰</td></tr>
</table>

현 황	◦P5-Sh1(A2) 받침콘크리트 철근노출	**현 황**	◦P3-Sh 받침콘크리트 파손
원 인	◦시공미흡, 피복부족	**원 인**	◦외부충격
대 책	◦단면보수(방청)	**대 책**	◦단면보수

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 대부분의 손상에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었다. 하지만 교량받침과 낙교방지시설의 부식은 경년증가에 따른 손상이 증가한 것으로 조사되었다.

【표 3-17】 교량받침 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
부식, 도장박리	3	0.29㎡	14	2.67㎡	▲	2.38㎡	
낙교방지시설 부식, 볼트부식	57	0.80㎡	57	0.80㎡		-	
낙교방지시설 볼트이완	-	1EA	-	1EA		-	
낙교방지시설 고무재 탈락	-	-	4	2.00m	▲	2.00m	
균열(cw=0.3mm미만)	36	6.23m	17	3.00m	▼	3.23m	
재료분리, 파손	3	0.08㎡	2	0.06㎡	▼	0.02㎡	
철근노출	45	0.27㎡	6	0.07㎡	▼	0.20㎡	

4) 검토 의견

■ 교량받침 본체 및 솔플레이트, 낙교방지시설 부식, 낙교방지시설 볼트이완, 고무재탈락, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 철근노출, 파손 등의 손상이 조사되었다.

■ 부식 및 볼트부식은 공용 년 수 증가 및 외부 환경적인 요인(강우)에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 저하방지를 위해 재도장를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 볼트이완의 경우 지속관찰 함이 바람직할것으로 판단된다.

■ 받침몰탈 및 콘크리트에 발생한 균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 폭 0.2㎜이하의 미세균열은 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰 한다.

■ 철근노출은 시공미흡, 파손은 외부충격에 의한 것으로 판단되며, 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

■ 낙교방지시설 고무재 탈락은 시공미흡과 경년증가에 따른 노후화로 탈락된 상태로 조사되었으며, 보수보다는 유지관리 후 상태가 진전된다면 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

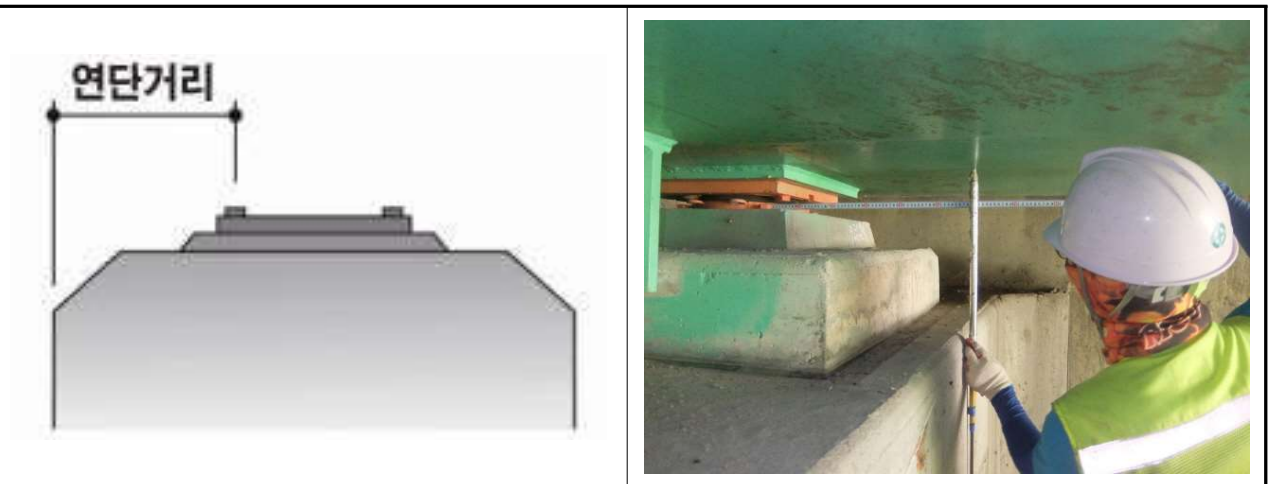
교량받침면은 받침을 통해 상부구조로부터 하중을 받는 곳이고 또한 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 받침 끝에서 정부 연단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 연해서 콘크리트 구체 또는 받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다. 따라서 도로교설계기준에서는 상부구조의 길이에 따라 연단거리의 최소값을 정해놓았으며, 본 과업에서는 실제 시공된 연단거리와 설계 연단거리를 비교·검토하였다.

■ 거더의 경간길이 100m이하 : S = 200 + 5.0L

100m이상 : S = 300 + 4.0L (도로교설계기준)

여기서, S : 받침연단거리(㎜), L : 거더의 경간길이(m)

■ 연단거리 산출 –거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)



2010년 도로교설계기준 | 연단거리 측정 전경

【표 3-18】 연단거리 측정결과 (단위 : ㎜)(양평방향)

위치		연단기준	Sh1		Sh2		Sh3		Sh4	
			측정	평가	측정	평가	측정	평가	측정	평가
A1	A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A2	450	570	O.K	570	O.K	570	O.K	570	O.K
P1	A1	450	1050	O.K	1060	O.K	1060	O.K	1050	O.K
	A2	450	1070	O.K	1050	O.K	1090	O.K	1050	O.K
P2	A1	450	1080	O.K	1080	O.K	1080	O.K	1110	O.K
	A2	450	1020	O.K	1030	O.K	1030	O.K	1010	O.K
P3	A1	450	1040	O.K	1040	O.K	1020	O.K	1020	O.K
	A2	450	1040	O.K	1020	O.K	1030	O.K	1020	O.K
P4	A1	450	1020	O.K	1010	O.K	1010	O.K	1010	O.K
	A2	450	1000	O.K	1030	O.K	1030	O.K	1030	O.K
P5	A1	450	640	O.K	660	O.K	650	O.K	660	O.K
	A2	450	640	O.K	650	O.K	660	O.K	660	O.K
P6	A1	450	1070	O.K	1050	O.K	1070	O.K	1070	O.K
	A2	450	1010	O.K	1020	O.K	1020	O.K	1010	O.K
P7	A1	450	1110	O.K	1110	O.K	1060	O.K	1060	O.K
	A2	450	970	O.K	960	O.K	1040	O.K	1030	O.K
P8	A1	450	1020	O.K	1030	O.K	1070	O.K	1070	O.K
	A2	450	1040	O.K	1040	O.K	1030	O.K	1030	O.K
A2	A1	450	540	O.K	550	O.K	550	O.K	550	O.K
	A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

■ 연단거리 측정 결과, 모든 교량받침 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 가동량 측정

【표 3-19】 교량받침 가동량 측정방법(양평방향)

평가 기준

▣ 온도에 의한 가동량

$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$ (신축거더 길이)

ΔT = 온도변화(-20℃~+40℃) → Steel Box Girder교(한랭지방)

α = 선팽창계수(1.2×10^{-5}) → Steel Box Girder교

※ 한랭지방 적용근거

도로설계편람 (2000년)	■ 온도범위는 교량상부구조의 평균온도이며, 지역구분은 최근 5년간 최저기온 및 최고기온을 참조하여 결정(도로공사 연구보고서. 1993) ■ 대전 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산
기상청 통계자료	■ 최근 5년간 이천(기)의 일평균 최저 온도 : -14.2℃(2011. 1. 16.) ■ 설계편람 발간당시의 이천(기) 5년간 일평균 최저 온도 : -15.8℃(2001. 1. 15.) ■ 최근 5년간 평균 최저 온도 < 발간당시의 5년간 평균 최저 온도

▣ 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량

$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$

여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)

θ_i : 보의 회전각(강교 1/150)

▣ 계산 가동량 산정

온도변화 범위	-20℃ ~ +40℃	**선팽창 계수(α)**	1.2×10^{-5}
점검시 기온(℃)	2016. 08. 12.(1차) 2016. 10. 11.(2차)	29.2(1차) 13.2(2차)	
온도에 의한 가동량($\Delta \ell t$)	$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$		
보의 중립축까지 높이 2h/3(hi)	$\frac{2}{3}\times2{,}500$		
보의 회전각(θi)	1/150(Steel Box Girder교)		
보의 처짐에 의한 가동량($\Delta \ell r$)	$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$		

신축거더길이 (L)	A1	P1	P2	P3	P4	P5 (시)	P5 (종)	P6	P7	P8	A2
	150	100	50	0	50	100	50	0	50	100	150

※ 처짐에 의한 가동량은 신축거더 100m이상 교량의 단부에 팽창시만 고려하여 계산

① 교량받침 가동량 측정결과 및 가동 여유량 분석

포트받침으로 시공된 청미천교(양평) 교량받침에 대해 가동 여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동 여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축, 크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공 후 14년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하였으며, 활하중에 의한 거더의 처짐은 신축거더 길이 100m이상 교량의 단부에 적용 하였다.

【표 3-20】 교량받침 계산 가동량 산정(측정시 온도 기준)(양평방향)

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 가동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 가동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	(1차)	49.2	10.8	0.000012	150.0	88.6	19.4	11.1	88.6	30.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	150.0	59.8	48.2	11.1	59.8	59.3
P1	(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	-	59.0	13.0
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	-	39.8	32.2
P2	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P3	고정단									
P4	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P5	A1(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	11.1	59.0	24.1
	A1(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	11.1	39.8	43.3
	A2(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	A2(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P6	고정단									
P7	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P8	(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	-	59.0	13.0
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	-	39.8	32.2
A2	(1차)	49.2	10.8	0.000012	150.0	88.6	19.4	11.1	88.6	30.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	150.0	59.8	48.2	11.1	59.8	59.3

1) 조사당시 온도 : 1차 29.2℃(조사일 : 2016년 08월 12일), 2차 13.2℃(조사일 : 2016년 10월 11일)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산 가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

② 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교

【표 3-21】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(양평방향)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
A1 (1차)	Sh1	60(A1)	88.6	30.5	140	20	N.G
	Sh2	60(A1)			140	20	N.G
	Sh3	55(A1)			135	25	N.G
	Sh4	52(A1)			132	28	N.G
A1 (2차)	Sh1	25(A1)	59.8	48.2	105	55	O.K
	Sh2	23(A1)			103	57	O.K
	Sh3	33(A1)			113	47	N.G
	Sh4	32(A1)			112	48	N.G
P1 (1차)	Sh1	28(A1)	59.0	13.0	78	22	O.K
	Sh2	28(A1)			78	22	O.K
	Sh3	30(A1)			80	20	O.K
	Sh4	28(A1)			78	22	O.K
P1 (2차)	Sh1	5(A1)	39.8	32.2	55	45	O.K
	Sh2	2(A1)			52	48	O.K
	Sh3	8(A1)			58	42	O.K
	Sh4	5(A1)			55	45	O.K
P2 (1차)	Sh1	19(A1)	29.5	6.5	99	61	O.K
	Sh2	20(A1)			100	60	O.K
	Sh3	16(A1)			96	64	O.K
	Sh4	17(A1)			97	63	O.K
P2 (2차)	Sh1	9(A1)	19.9	16.1	89	71	O.K
	Sh2	7(A1)			87	73	O.K
	Sh3	5(A1)			85	75	O.K
	Sh4	4(A1)			84	76	O.K
P4 (1차)	Sh1	14(A2)	29.5	6.5	94	66	O.K
	Sh2	13(A2)			93	67	O.K
	Sh3	15(A2)			95	65	O.K
	Sh4	14(A2)			94	66	O.K
P4 (2차)	Sh1	1(A2)	19.9	16.1	81	79	O.K
	Sh2	0			80	80	O.K
	Sh3	0			80	80	O.K
	Sh4	0			80	80	O.K

【표 3-21】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(양평방향)(계속)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
P5 A1 (1차)	Sh1	36(A2)	59.0	24.1	136	64	O.K
	Sh2	25(A2)			125	75	O.K
	Sh3	36(A2)			136	64	O.K
	Sh4	25(A2)			125	75	O.K
P5 A1 (2차)	Sh1	3(A2)	39.8	43.3	103	97	O.K
	Sh2	1(A2)			101	99	O.K
	Sh3	0			100	100	O.K
	Sh4	2(A2)			102	98	O.K
P5 A2 (1차)	Sh1	8(A1)	29.5	6.5	88	72	O.K
	Sh2	12(A1)			92	68	O.K
	Sh3	12(A1)			92	68	O.K
	Sh4	10(A1)			90	70	O.K
P5 A2 (2차)	Sh1	3(A1)	19.9	16.1	83	77	O.K
	Sh2	1(A1)			81	79	O.K
	Sh3	2(A1)			82	78	O.K
	Sh4	4(A1)			84	76	O.K
P7 (1차)	Sh1	17(A2)	29.5	6.5	97	63	O.K
	Sh2	13(A2)			93	67	O.K
	Sh3	15(A2)			95	65	O.K
	Sh4	16(A2)			96	64	O.K
P7 (2차)	Sh1	9(A2)	19.9	16.1	89	71	O.K
	Sh2	4(A2)			84	76	O.K
	Sh3	7(A2)			87	73	O.K
	Sh4	8(A2)			88	72	O.K
P8 (1차)	Sh1	23(A2)	59.0	13.0	103	57	O.K
	Sh2	20(A2)			100	60	O.K
	Sh3	20(A2)			100	60	O.K
	Sh4	22(A2)			102	58	O.K
P8 (2차)	Sh1	0	39.8	32.2	80	80	O.K
	Sh2	0			80	80	O.K
	Sh3	0			80	80	O.K
	Sh4	0			80	80	O.K

【표 3-21】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(양평방향)(계속)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
A2 (1차)	Sh1	50(A2)	88.6	30.5	160	0	N.G
	Sh2	50(A2)			160	0	N.G
	Sh3	48(A2)			158	2	N.G
	Sh4	48(A2)			158	2	N.G
A2 (2차)	Sh1	15(A2)	59.8	48.2	125	35	N.G
	Sh2	18(A2)			128	32	N.G
	Sh3	18(A2)			128	32	N.G
	Sh4	18(A2)			128	32	N.G

- 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 대부분 충분한 가동 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 다만, A1, A2의 받침 이동량은 계산에 의한 최대 받침이동량(신장시)이 받침 이동허용량을 고려한 받침 가동여유량(신장시)을 초과하는 것으로 검토되었다.
- 가동여유량 부족은 1차와 2차 조사결과 정상적인 가동상태를 보이고 있어 받침장치 설치 시 발생한 프리셋팅 오류로 판단된다. 가동흔적 조사결과, 기능상에 문제가 없고 이동여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상(받침들뜸 및 파손, 받침장치 주변 부재의 파손 및 변형, 받침편기 등)이 없으며, 현재 교량의 안전성 및 사용성에 문제가 없으므로, 경제성을 고려하여 교체보다는 현상유지가 타당할 것으로 판단된다. 그러나 여유량 부족으로 인한 받침장치 및 거더 등에 손상발생 가능성을 배제할 수 없으므로 중점유지관리 사항으로 선정하여 점검 시 이상유·무를 확인할 수 있도록 중점유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

A2-Sh4 받침 이동위치 측정

A2-Sh4 가동흔적

■ 교량받침의 이동위치는 2회(1차:29.2℃(8월12일), 2차:13.2℃(10월11일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 이동량 측정결과, 계산 이동량과 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

③ 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교

【표 3-22】 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교(단위 : ㎜)(양평방향)

위치	1차온도	2차온도	온도차	거더길이	이론수축량(A)	실측수축량(B)	비고 (A/B)×100
A1	29.2	13.2	16.0	150.0	28.8	37.0	77.8
P1	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	26.0	73.8
P2	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	13.0	73.8
P4	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	15.0	64.0
P5(A1)	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	36.0	53.3
P5(A2)	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	11.0	87.3
P7	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	9.0	106.7
P8	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	23.0	83.5
A2	29.2	13.2	16.0	150.0	28.8	35.0	82.3

■ 교량받침에 대한 기온이 10도 이상 차이나는 2일을 산정하여 현장에서 측정한 결과와 이론 수축량 대비 받침 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다.

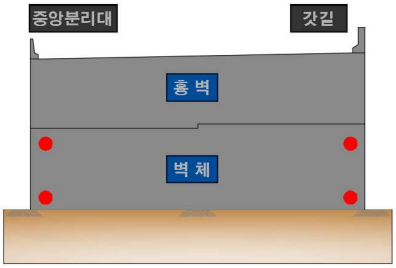
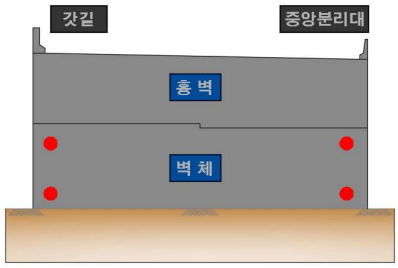
3.2.4 교대 기울기

공용중인 교량의 교대 측방유동 및 밀림의 영향으로 교대 기울음이 발생할 수 있다. 따라서 교대 주변의 현상과 장기적인 추적조사를 통하여 교대의 이동 및 회전현상을 파악할 수 있는데 기존 정밀점검 Data와 비교 분석 및 금회 광파기 및 경사계를 이용하여 측정한 자료를 초기 값으로 하여 향후 교대의 기울기 변화를 지속적으로 관찰할 수 있도록 하였다.

가. 광파기를 이용한 측정

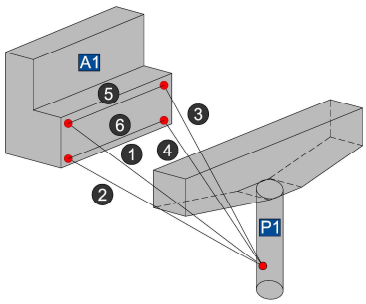
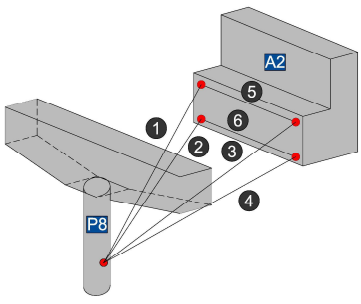
교대의 기울기 및 변위를 관찰하고자 교대 A1, A2 흉벽 및 구체에 4개의 측점을 선정하여 설치하고 광기를 이용하여 측정하였다.

1) 측량 위치 및 측량 전경

측정 위치		측정 전경
A1 교대	A2 교대	
		

2) 측량 결과 및 분석

【표 3-23】 광파기를 이용한 측량 결과(양평방향)

좌표 모식도(A1)	좌표 모식도(A2)	좌표 전경
		

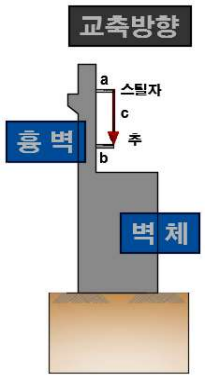
측정일자	위치	측정 결과					
		①	②	③	④	⑤	⑥
2016.10.10	교대 A1	47.9106	47.8089	48.0091	47.8849	12.0649	12.0582
	교대 A2	47.8563	47.7721	47.7891	47.6878	12.0378	12.0937

교대 A1, A2에 대한 측정결과를 향후 진단 시 활용할 수 있도록 위 표와 같이 나타내었다.

나. 다림추를 이용한 측정

교대의 기울기 및 변위를 관찰하고자 교대 A1, A2 흉벽에 다짐추를 이용하여 측정하였다.

1) 측정 위치 및 측정 전경



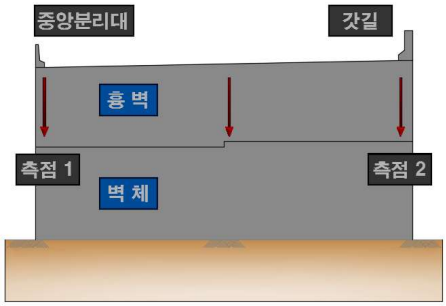
- a : 상단 이격거리(mm), 스틸자 사용
- b : 하단 이격거리(mm), 교대 흉벽에서 추의 거리
- c : 줄의 총 길이(mm)

$$\text{경사}(d) = \frac{(b-a)}{c}(\%)$$

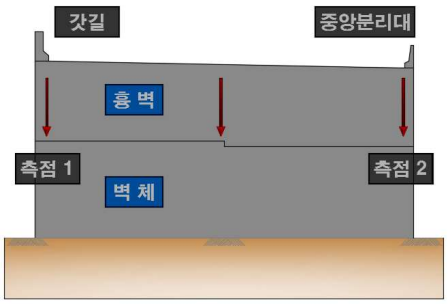
- 경사 부호

: (−)부호일 경우 ◿(교대가 흉벽측으로 기울음)

: (+)부호일 경우 ◹(교대가 교각측으로 기울음)



A1 교대 기울기 측정 위치



A2 교대 기울기 측정 위치

2) 측정 결과 및 분석

【표 3-24】 다림추를 이용한 기울기 결과(양평방향)

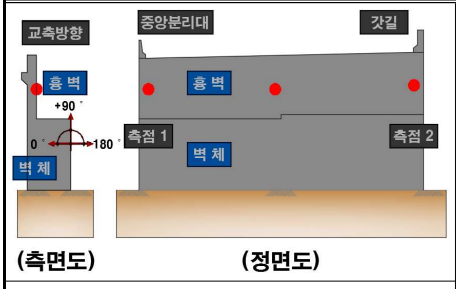
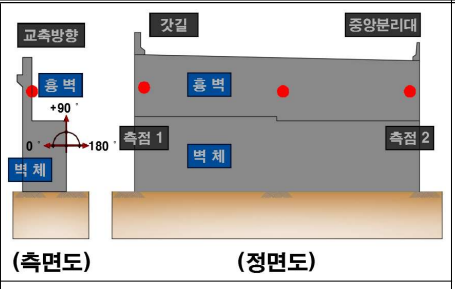
구 분		교대 기울기 측정 결과(단위 : mm)					
		①		②		③	
		금희	전희	금희	전희	금희	전희
A1	상단 이격거리(a)	100	100	100	100	100	100
	하단 이격거리(b)	98	106	101	100	99	85
	줄의 총 길이(c)	1000	2300	1000	2300	1000	2300
	경사(d)	−0.20%	0.26%	0.10%	0.00%	0.10%	−0.65%
A2	상단 이격거리(a)	100	100	100	100	100	100
	하단 이격거리(b)	99	96	101	122	100	106
	줄의 총 길이(c)	1000	2300	1000	2300	1000	2300
	경사(d)	−0.10%	−0.17%	0.10%	0.96%	0.00%	0.26%

A1 교대는 -0.20~+0.10%의 경사가 측정되었고, A2 교대는 -0.10~+0.10%의 경사가 측정되었다. A1의 기울기는 흉벽측으로 다소 기울어져 있으며, A2는 배면측으로 기울어져 있는 것으로 확인이 되었고 신축이음 유간을 만족하고 흉벽 시공 시 거푸집 변형 및 콘크리트면이 일정하지 않는 오차로서 수평이동에 대한 영향은 미미한 것으로 분석되었다. 또한, 기 점검 결과와 유사한 것으로 분석되었다.

다. 경사계 및 디지털 카메라를 이용한 측정

■ 교량의 A1, A2에 대해서는 『디지털 카메라를 이용한 토목구조물 안전진단장치(특허등록번호 : 10-1619407), 디지털 카메라를 이용한 토목구조물 안전진단장치의 운용방법(특허등록번호 : 10-1619412)』을 이용하여 직립도(기울기)를 측정하였고 경사계로 측정된 값과 비교하였다.

1) 측정 위치 및 전경

측정 위치		측정전경
		
A1 교대	A2 교대	

2) 디지털 카메라를 이용한 측정

디지털 카메라 직립도 측정 전경	디지턴 카메라 직립도 측정결과

3) 측정결과 및 분석

【표 3-25】 경사계를 이용한 기울기 결과(양평방향)

구 분			설계기울기 (o)	측정기울기(o)			기울기오차 (o)	각변위
				측점 1	측점 2	Max 값		
A1	흉벽	교축방향	90.00	-89.80	-90.00	-89.80	0.20	1/286
A2	흉벽	교축방향	90.00	-90.05	-89.95	-89.95	0.05	1/1146

※ 각변위에서 (+)는 교대 전면방향으로 경사 발생, (-)는 교대 배면방향으로 경사 발생.

【표 3-26】교대 직립도(기울기-디지털 카메라) 측정 결과(양평방향)

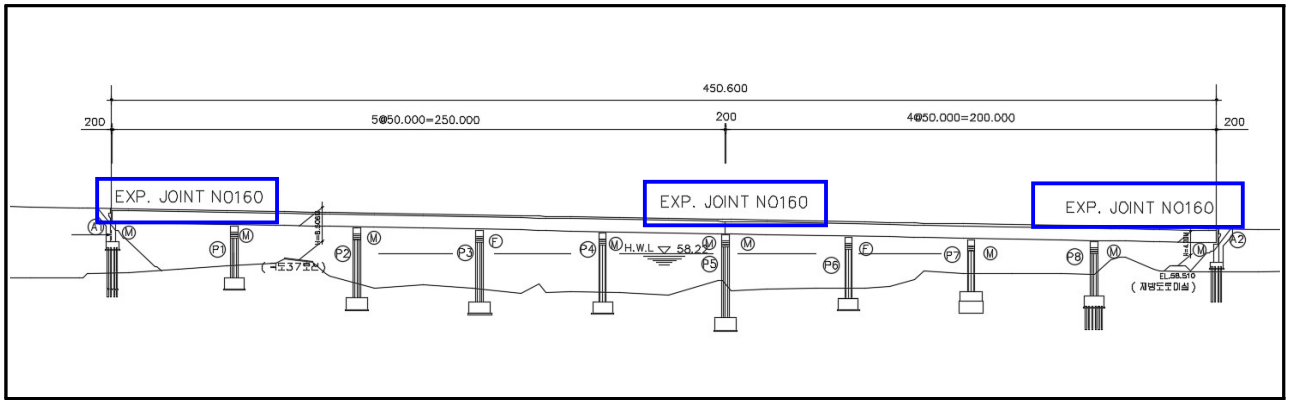
구 분			설계기울기 (o)	측정기울기(o)		기울기오차 (o)	각변위
				측점1	환산		
A1	흉벽	교축방향	90.00	-0.165063	-89.84	0.16	1/358
A2	흉벽	교축방향	90.00	-0.033749	-89.97	0.03	1/1910

※ 각변위에서 (+)는 교대 전면방향으로 경사 발생, (-)는 교대 배면방향으로 경사 발생.

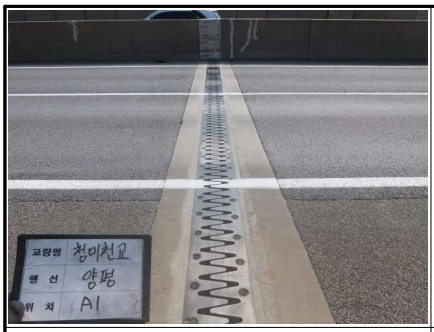
디지털 카메라와 전자경사계를 이용한 기울기 측정결과 교대 구체 A1 및 A2 모두 허용변위 내의 각 변위를 보이고 있어 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

3.2.5 신축이음 장치

청미천교(양평)의 신축이음장치는 A1, P5, A2에 강핑거 조인트가 설치되어 있으며 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.

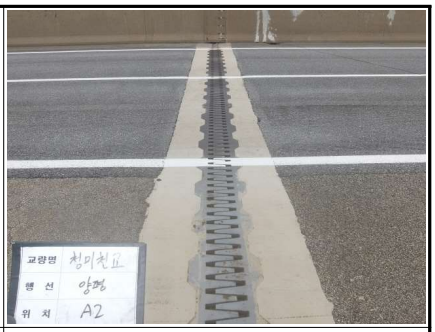


【그림 3-5】청미천교(양평) 신축이음 배치도



신축이음장치 전경(A1)

신축이음장치 전경(P5)



신축이음장치 전경(A2)

1) 외관조사 결과

【표 3-27】 신축이음장치 외관조사 결과(양평방향)

구분	본체		커버플레이트	후타재			
	유간토사퇴적(m)		탈락(개소)	균열(Cw=0.1㎜)(m)		균열(Cw=0.2㎜)(m)	
	물량	개소	개소	물량	개소	물량	개소
A1	-	-	1	1.00	2	2.70	9
P5	11.00	1	1	-	-	-	-
A2	1.20	1	-	8.90	20	-	-
합계	**12.20**	**2**	**2**	**9.90**	**22**	**2.70**	**9**

2) 손상별 원인분석

현 황	◦P5 유간토사퇴적
원 인	◦공용증가
대 책	◦주기적인 청소

현 황	◦A1 커버플레이트 탈락
원 인	◦외부충격
대 책	◦재설치

현 황	◦P5 커버플레이트 탈락
원 인	◦외부충격
대 책	◦재설치

현 황	◦A1 후타재 균열(0.2㎜/0.2m)
원 인	◦건조수축, 중차량 통과
대 책	◦지속관찰

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 청미천교(양평)의 신축이음은 2013년과 2014년에 모두 교체되어 기 점검 결과비교가 불가한 상태이다.

4) 검토 의견

■ 신축이음 본체는 부식, 유간토사퇴적이 조사되었으며, 후타재의 균열과 커버플레이트 탈락이 조사되었다.

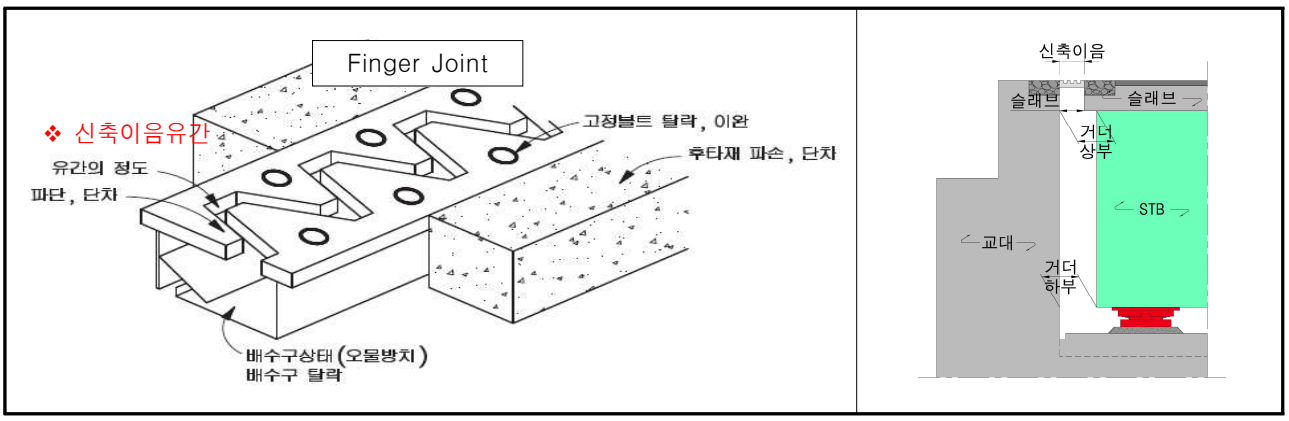
■ 신축이음장치의 본체는 2013년과 2014년 레일조인트에서 강핑거조인트로 교체되어 매우 양호한 상태이며, 가동상태와 유간량은 거더가 최대로 신장할 경우에 만족하는 것으로 분석되었다. 또한 하부 고무재 파손, 단차 등의 손상이 조사되지 않는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

■ 신축이음 유간 토사퇴적은 주행차량의 충격과 마찰로 인해 신축이음 본체 파손과 누수를 유발시켜 상 · 하부구조의 열화 및 교량받침 부식 등의 손상을 초래하게 되므로 정기적인 청소와 유지관리가 필요하다. 또한 커버플레이트 탈락은 강우시 우수의 하부유입으로 인한 교량받침과 하부구조의 손상이 우려되므로 재설치가 필요하다.

■ 후타재 균열은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중에 의한 손상으로 내구성 및 차량의 주행성 확보 차원의 표면처리보수가 요구된다.

5) 신축량 조사 및 평가

① 계산 신축량 산정



신축이음장치 유간 측정	슬래브 및 거더 상부 유간 측정	거더 하부 유간 측정

【표 3-28】 계산 신축량 산정(양평방향)

평가 기준

▣ 온도에 의한 가동량

$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$ (신축거더 길이)

ΔT = 온도변화(-20℃~+40℃) → Steel Box Girder교(한랭지방)

α = 선팽창계수(1.2×10-5) → Steel Box Girder교

※ 한랭지방 적용근거

도로설계편람 (2000년)	■ 온도범위는 교량상부구조의 평균온도이며, 지역구분은 최근 5년간 최저기온 및 최고기온을 참조하여 결정(도로공사 연구보고서. 1993) ■ 대전 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산
기상청 통계자료	■ 최근 5년간 이천(기)의 일평균 최저 온도 : -14.2℃(2011. 1. 16.) ■ 설계편람 발간당시의 이천(기) 5년간 일평균 최저 온도 : -15.8℃(2001. 1. 15.) ■ 최근 5년간 평균 최저 온도 < 발간당시의 5년간 평균 최저 온도

▣ 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량

$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$

여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(1h/3)

θ_i : 보의 회전각(강교 1/150)

▣ 계산 가동량 산정

온도변화 범위	-20℃ ~ +40℃	**선팽창 계수(α)**	1.2×10^{-5}
점검시 기온(℃)	2016. 08. 12.(1차) 2016. 10. 10.(2차)	29.2(1차) 11.6(2차)	
온도에 의한 가동량($\Delta \ell t$)	$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$		
보의 중립축까지 높이 1h/3(hi)	$\frac{1}{3}\times2{,}500$		
보의 회전각(θi)	1/150(Steel Box Girder교)		
보의 처짐에 의한 가동량($\Delta \ell r$)	$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$		

신축거더길이(L)	A1	P5	A2
	150.0	150.0	150.0

※ 처짐에 의한 가동량은 신축거더 100m이상 교량의 단부에 수축시만 고려하여 계산

② 신축이음 유간거리 산정

【표 3-29】 신축이음 유간거리 산정(양평방향)

위치		측정시 온도 (℃)	온도변화(⊿T)		선팽창 계수	신축거더 길이(m)	거더높이 (m)	최대 신축량(㎜)	
			동절기 (℃)	하절기 (℃)				동절기 (최대수축시)	하절기 (최대팽창시)
A1	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1
P2	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1
A2	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1

③ 신축이음 유간거리 측정결과

【표 3-30】 신축이음 유간거리 측정결과(단위 : ㎜)(양평방향)

부 재		신축이음장치 (A)	바닥판(B)	Steel Box Girder		장치종류
				상부(C)	하부(B)	
Exp.J1(A1)	1차	67.0	125.0	250.0	225.0	Finger Joint, NO.160
	2차	91.0	155.0	275.0	250.0	
Exp.J2(P2)	1차	64.0	110.0	390.0	368.0	Finger Joint, NO.160
	2차	95.0	143.0	425.0	400.0	
Exp.J3(A2)	1차	54.0	125.0	285.0	270.0	Finger Joint, NO.160
	2차	81.0	145.0	310.0	297.0	

【표 3-31】 신축이음 유간거리 검토결과(양평방향)

부 재			측정유간 (㎜)	계산 신축량(㎜)		허용신장량 (㎜)	신축 여유량(㎜)		평가
				수축	팽창		수축	팽창	
Exp.J1 (A1)	1차	A	67.0	88.6	19.4	160.0	93.0	67.0	O.K
		B	125.0				-	125.0	
		C	250.0				-	250.0	
		D	225.0				-	225.0	
	2차	A	91.0	56.9	51.1	160.0	69.0	91.0	O.K
		B	155.0				-	155.0	
		C	275.0				-	275.0	
		D	250.0				-	250.0	

【표 3-31】 신축이음 유간거리 검토결과(양평방향)(계속)

부 재			측정유간 (㎜)	계산 신축량(㎜)		허용신장량 (㎜)	신축 여유량(㎜)		평가
				수축	팽창		수축	팽창	
Exp.J2 (P2)	1차	A	64.0	88.6	19.4	160.0	96.0	64.0	O.K
		B	110.0				-	110.0	
		C	390.0				-	390.0	
		D	368.0				-	368.0	
	2차	A	95.0	56.9	51.1	160.0	65.0	95.0	O.K
		B	143.0				-	143.0	
		C	425.0				-	425.0	
		D	400.0				-	400.0	
Exp.J2 (A2)	1차	A	54.0	88.6	19.4	160.0	106.0	54.0	O.K
		B	125.0				-	125.0	
		C	285.0				-	285.0	
		D	270.0				-	270.0	
	2차	A	81.0	56.9	51.1	160.0	79.0	81.0	O.K
		B	145.0				-	145.0	
		C	310.0				-	310.0	
		D	297.0				-	297.0	

※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창), 신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축)
※ 신축여유량 > 0인 경우 양호
※ A : 신축이음장치, B : 바닥판, C : Steel Box 상부, D : Steel Box 하부

④ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단(2012년)과 금회 신축이음 여유량 검토 결과 A1~A2 모두 유간은 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.

⑤ 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교

【표 3-32】 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교(단위 : ㎜)(양평방향)

위치	1차온도	2차온도	온도차	거더길이	온도차 이론 수축량(A)	온도차 실측수축량(B)	비고 (A/B)×100
A1	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	24.0	132.08
P2	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	31.0	102.26
A2	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	27.0	117.41

■ 신축이음장치에 대한 기온이 10도 이상 차이나는 2일을 산정하여 현장에서 측정한 결과와 이론 수축량 대비 신축이음의 가동 상태는 양호한 것으로 분석되었다.

3.2.6 교면포장

바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스팔트콘크리트 포장으로 시공되어 있다.

교면포장의 상태는 청음조사 확인결과 포장 들뜸이 일부 조사되었다. 코아채취에 의한 아스콘(교면방수) 및 바닥판 콘크리트 상태조사는 S7경간에서 확인하였으며 포장두께는 80.0㎜로 준공도면(t=80㎜)과 동일하며, 바닥판의 재료열화와 같은 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이다. 콘크리트 코어시편은 염화물시험을 위한 시료로 활용하였다.

교면포장 전경

교면포장 두께 측정(t=80mm)

1) 외관조사 결과

【표 3-33】 교면포장 외관조사 결과(양평방향)

구분	포장불량									
	마모(㎡)		소성변형(㎡)		파손(㎡)		패임(㎡)		포장균열(m)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	3.50	1	-	-	0.01	1	9.50	3
S2	-	-	14.50	1	-	-	-	-	29.00	1
S3	1.00	1	25.00	1	0.09	1	-	-	21.00	1
S4	-	-	30.00	1	-	-	0.16	3	20.00	1
S5	-	-	25.00	1	-	-	-	-	1.00	1
S6	12.80	1	30.00	1	-	-	-	-	-	-
S7	6.00	1	30.00	1	-	-	0.67	3	28.50	4
S8	-	-	30.00	1	-	-	-	-	50.00	1
S9	-	-	30.00	1	-	-	-	-	50.00	1
합계	**19.80**	**3**	**218.00**	**9**	**0.09**	**1**	**0.84**	**7**	**209.00**	**13**

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S3 교면포장 마모
원 인 ◦시공미흡(다짐불량), 중차량 통과
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S2 교면포장 소성변형
원 인 ◦시공미흡(다짐불량), 중차량 통과
대 책 ◦절삭 후 사토</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S3 교면포장 아스콘 파손
원 인 ◦시공미흡(다짐불량), 중차량 통과
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S4 교면포장 아스콘 패임
원 인 ◦차량충돌
대 책 ◦팻칭보수</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S7 교면포장 아스콘 패임
원 인 ◦차량충돌
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S8 교면포장 아스콘 균열
원 인 ◦다짐불량, 중차량 통과
대 책 ◦실링보수</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 공용 년 수 증가와 지속적인 차량통행에 의한 노후화로 손상물량이 전반적으로 증가한 상태이며, 파손, 패임이 일부 조사되었다.

【표 3-34】 교면포장 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열	10	82.00m	13	209.00m	▲	127.00m	
소성변형	5	66.00㎡	9	218.00㎡	▲	152.00㎡	
마모	4	27.80㎡	3	19.80㎡	▼	19.80㎡	
파손, 패임	-	-	8	0.93㎡	▲	0.93㎡	

4) 검토 의견

■ 교면포장에는 마모, 소성변형, 파손, 패임, 포장균열 등의 손상이 조사되었다. 이들 손상은 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화 등에 의해 발생한 것이며, 현재 주행차량의 안전성에는 문제가 없으나 구조물의 내구성 차원에서 포장균열은 실링보수, 마모, 파손, 패임은 팻칭보수 함이 바람직하며, 소성변형은 차량의 주행성 확보차원의 절삭 등의 보수가 필요하다.

3.2.7 기타부재

가. 배수시설

배수시설은 우수 유입에 따른 열화방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로서, 청미천교(양평)의 배수시설은 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있다.

【그림 3-6】 배수시설 현황(양평방향)

배수구 전경

배수관 전경

1) 외관조사 결과

【표 3-35】 배수시설 외관조사 현황(양평방향)

구분	배수관 길이부족	배수관 볼트탈락	유도배수관설치 필요
	개소	개소	개소
S1	-	-	-
S2	1	-	-
S3	-	-	-
S4	-	-	1
S5	-	-	-
S6	1	-	1
S7	-	-	-
S8	-	-	1
S9	-	1	-
합계	**2**	**1**	**3**

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S6 배수관 길이부족	**현 황**	◦S9 배수관 볼트탈락
원 인	◦시공미흡	**원 인**	◦시공미흡
대 책	◦배수관 연장	**대 책**	◦재설치

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 지속적인 유지관리가 이루어지고 있는 관계로 배수관 길이연장과 유공관 유도배수관 설치 등의 보수가 이루어져 손상은 감소한 상태이다. 하지만 보수누락, 연장부 볼트탈락 등으로 일부 손상이 남아있는 것으로 파악되었다.

【표 3-36】 교면포장 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
이물질 및 토사퇴적	-	1EA	-	-	▼	1EA	
배수관 길이부족	-	11EA	-	2EA	▼	9EA	
유도배수관 설치 필요	-	8EA	-	2EA	▼	6EA	
배수관 곡관 누락	-	14EA	-	-	▼	14EA	
배수관 볼트탈락	-	-	-	1EA	▲	1EA	

4) 검토 의견

■ 배수시설은 배수관 길이부족, 유도배수관 설치필요, 배수관 볼트탈락, 배수관 곡관누락 등의 손상이 조사되었다.

■ S6에서 조사된 배수관 길이부족은 마산방향 교각 점검로 상부에 배수관이 설치되어 노면수가 유입됨으로 점검로에 직접적인 손상을 유발하고 있는 상태이며 기 진단에서 조사된 대부분의 배수관 길이부족이 보수가 된 것을 감안하면 배수관 길이연장이 필요한 것으로 사료된다.

■ 바닥판 하면에 설치된 유공관에서 지속적인 우수가 유입되어 바닥판과 교각에 2차 손상을 초래할 수 있는 상태로 배수홀 파이프 설치가 필요하다. 또한 길이가 연장된 배수관의 연결부에서 조사된 볼트탈락은 볼트의 재설치를 통하여 배수관 탈락 등을 방지하여야 한다.

나. 방호벽, 중앙분리대

자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호벽과 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 덮개판이 설치되어 있다.

방호벽 전경

중앙분리대 전경

1) 외관조사 결과

【표 3-37】 방호벽, 중앙분리대 외관조사 결과(양평방향)

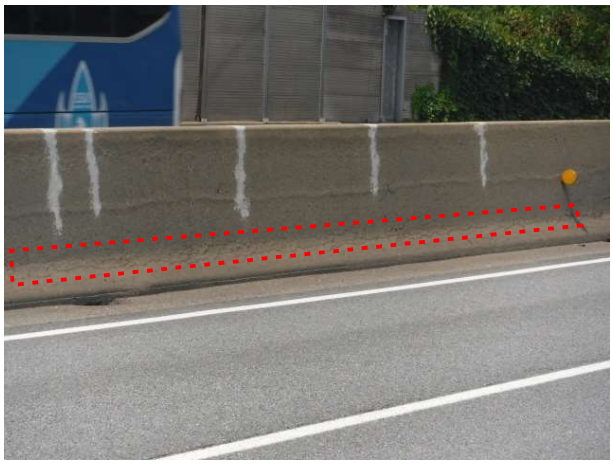
구분	콘크리트											
	균열(cw=0.1㎜) (m)		균열(cw=0.2㎜) (m)		균열(cw=0.3㎜) (m)		망상균열 (㎡)		박락 (㎡)		박리 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	8.00	22	3.00	5	0.40	1	46.25	7	-	-	-	-
S2	7.10	19	26.60	23	0.90	2	10.50	2	0.01	1	-	-
S3	0.20	1	20.00	28	0.70	1	12.53	8	0.48	2	0.02	1
S4	5.10	9	11.90	7	0.70	1	11.71	7	0.11	2	-	-
S5	3.60	9	18.90	10	0.40	1	5.52	6	2.00	2	-	-
S6	2.80	4	14.00	8	8.70	12	-	-	-	-	-	-
S7	3.90	8	6.10	6	6.00	7	0.66	2	-	-	0.01	1
S8	9.80	26	1.90	3	2.10	4	1.64	4	-	-	-	-
S9	9.30	35	6.30	9	11.40	14	1.78	3	-	-	0.04	4
합계	**49.80**	**133**	**108.70**	**99**	**31.30**	**43**	**90.59**	**39**	**2.60**	**7**	**0.07**	**6**

【표 3-37】 방호벽, 중앙분리대 외관조사 결과(양평방향)(계속)

구분	콘크리트													
	백태 (㎡)		재료분리 (㎡)		철근노출 (㎡)		파손 (㎡)		충돌흔적 (㎡)		녹발생 (㎡)		잡철물부식 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	0.03	1	-	-	-	-	0.07	4	2.00	1	0.12	2	-	-
S2	0.04	2	-	-	-	-	0.01	1	7.50	3	-	-	-	-
S3	0.03	1	0.64	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	0.41	4	-	-	-	-	-	-	4.25	3	-	-	-	-
S5	0.26	1	0.01	1	-	-	-	-	3.00	1	-	-	4.60	2
S6	0.04	1	-	-	-	-	0.11	4	2.72	2	-	-	0.01	1
S7	0.13	2	0.41	2	-	-	-	-	2.00	1	-	-	-	-
S8	0.01	1	-	-	-	-	0.09	2	3.00	2	-	-	-	-
S9	0.38	4	-	-	0.04	1	0.01	1	2.25	2	-	-	-	-
합계	1.33	17	1.06	5	0.04	1	0.29	12	26.72	15	0.12	2	4.61	3

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S6 중앙분리대 균열(cw=0.3mm)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦주입보수



현 황	◦S1 중앙분리대 망상균열
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면처리보수

현 황	◦S1 방호벽 백태
원 인	◦건조수축, 우수유입
대 책	◦표면처리보수

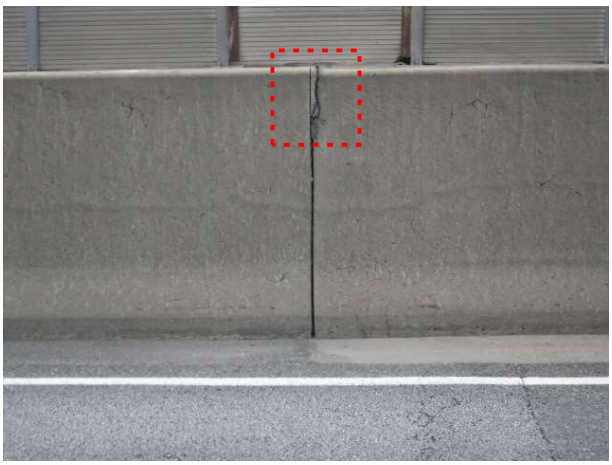
현 황	◦S3 방호벽 박락, 망상균열
원 인	◦제설재 및 동결융해, 건조수축
대 책	◦단면보수, 표면처리보수

현 황	◦S4 방호벽 백태
원 인	◦건조수축, 우수유입
대 책	◦표면처리보수

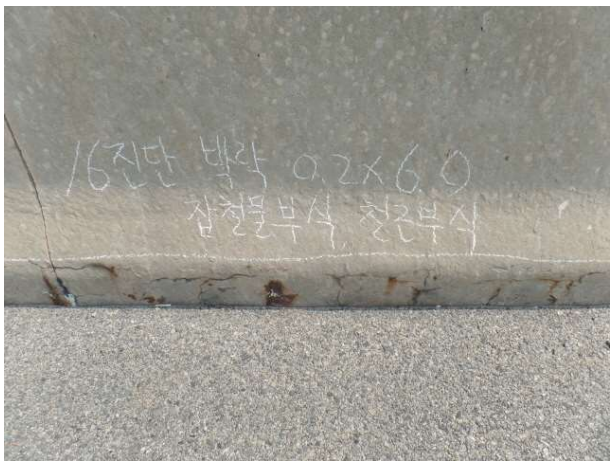
현 황	◦S7 방호벽 재료분리
원 인	◦시공미흡(다짐불량)
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S9 방호벽 철근노출
원 인	◦시공미흡
대 책	◦단면보수(방청)

현 황	◦S6 방호벽 충돌흔적 및 파손
원 인	◦차량충돌
대 책	◦지속관찰



현 황	◦S1 중앙분리대 파손
원 인	◦시공미흡, 온도에 따른 신축
대 책	◦지속관찰



현 황	◦S5 방호벽 잡철물 부식
원 인	◦시공미흡, 우수유입
대 책	◦지속관찰

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 균열, 균열백태, 백태, 파손, 박리 등에 대한 보수가 이루어져 손상이 감소한 상태이며, 기 점검 시 누락 및 공용 년 수 증가에 의한 노후화로 망상균열 물량이 증가한 상태이다. 또한 신규 손상으로 박락, 백태, 철근노출 등이 조사되었다.

【표 3-38】 방호벽, 중앙분리대 기 진단 결과 비교(양평방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	295	227.90m	232	158.50m	▼	69.40m	
균열(cw=0.3mm)	85	68.50m	43	31.30m	▼	37.20m	
망상균열	10	9.88m	39	90.59㎡	▲	80.71㎡	
백태, 녹발생	16	0.45㎡	19	1.45㎡	▲	1.00㎡	
파손, 재료분리, 박리, 긁힘	26	3.99㎡	23	1.42㎡	▼	2.58㎡	
박락	-	-	7	2.60㎡	▲	2.60㎡	
철근노출	-	-	1	0.04㎡	▲	0.04㎡	
잡철물 부식	-	-	3	4.61㎡	▲	4.61㎡	

4) 검토 의견

■ 방호벽 및 중앙분리대에는 균열(최대폭 : 0.3㎜), 망상균열, 박리, 박락, 백태, 파손, 철근노출, 재료분리, 충돌흔적, 녹발생, 잡철물부식 등이 조사되었다.

■ 균열(최대폭 0.3㎜)과 망상균열, 백태 등은 건조수축, 우수유입, 콘크리트 타설 미흡 등에 의한 비구조적인 손상이다. 다만, 방호벽과 중앙분리대는 기상조건과 온도변화의 영향을 지속적으로 받는 부재로서 균열 폭 0.2㎜이하의 균열, 망상균열, 백태는 표면처리 보수, 폭 0.3mm 균열은 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

■ 파손, 재료분리, 박리 등의 손상은 온도에 따른 콘크리트 신축과 다짐불량, 경년열화, 차량충돌 등에 의한 손상으로 내구성 확보차원의 보수가 필요하며, 충돌흔적은 차량의 사고로 인한 손상이다. 또한, 방호벽 하단의 녹발생 및 잡철물 부식은 다짐불량과 콘크리트 내부로의 우수침투에 의한 손상이다. 이들 손상은 손상정도가 경미하여 지속관찰하도록 한다.

■ 방호벽 하단에서 주로 조사된 박락은 다짐불량과 동절기 제설제 및 동결융해에 의한 손상이며 철근노출은 국부적인 피복부족에 의한 것으로 손상의 확대 및 내구성 확보 차원의 단면보수가 필요하다. 이때 염화물에 대한 대책으로 무기질계 코팅재 마감처리를 실시하여 제설제에 의한 추가적인 재손상 및 손상확대를 방지하여야 한다.

3.3 외관조사 결과(마산방향)

3.3.1 부재제원 확인

청미천교(마산)의 부재제원 확인을 위해 각각의 부재별로 실측을 실시하고 이를 준공도와 비교・검토하여 주요 부재의 규격을 확인하였다.

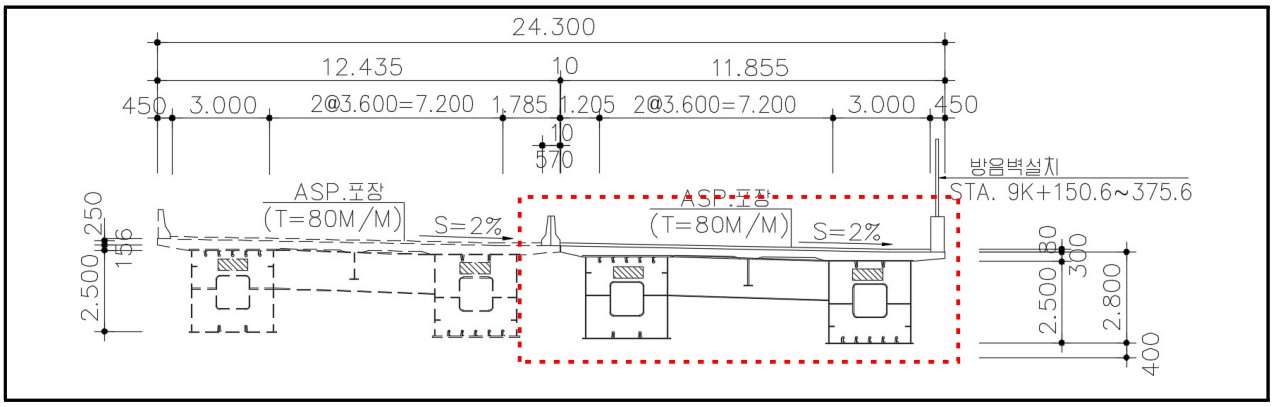
【표 3-39】 부재제원 확인(마산방향)

구 분		부재제원	실측결과	비 고
상부구조	Steel Box Girder	B=2.50m	B=2.50m	
		H=2.50m	H=2.50m	
하부구조	교 대(A1)	B=11.855m	B=11.500m	
	교 대(A2)	B=11.855m	B=11.500m	
기타부재	방호벽	H=1.08m	H=1.02m	
	방음벽	-	H=3.05m	
측정결과	■ 부재제원의 실측결과, 전반적으로 준공도상의 제원과 일치하였다.			

3.3.2 상부구조

가. 바닥판 하면

상부의 교통하중을 직접 지지하며, 상부하중을 거더로 전달해 주는 바닥판으로 청미천교(마산) 바닥판 하면의 경우, 좌・우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있으며, 거더와 거더 사이의 콘크리트 바닥판이 노출되어있다. 금회 바닥판에 대한 현장조사는 교량 점검차와 고소점검차를 이용하여 근접한 후 조사를 실시하였으며, 바닥판 하면에 대한 조사는 1, 2방향 균열 및 백태, 누수, 박락 등의 손상을 중점적으로 조사하였다.



콘크리트 바닥판 하면	캔틸레버부 하면 콘크리트 노출부

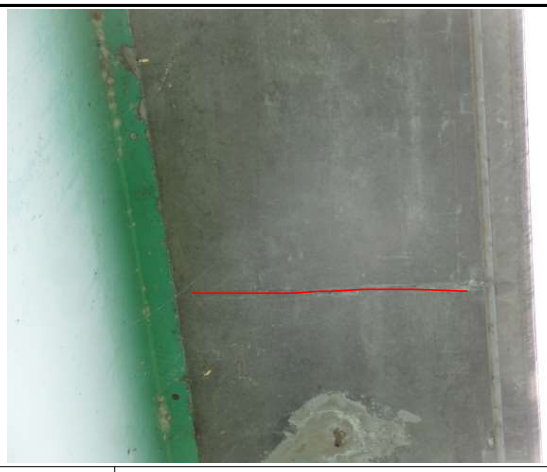
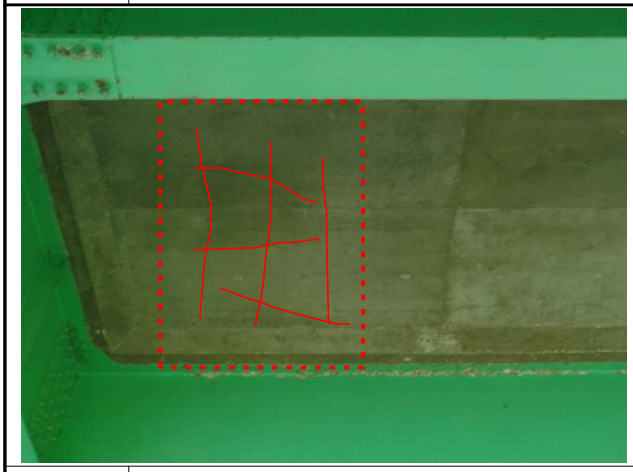
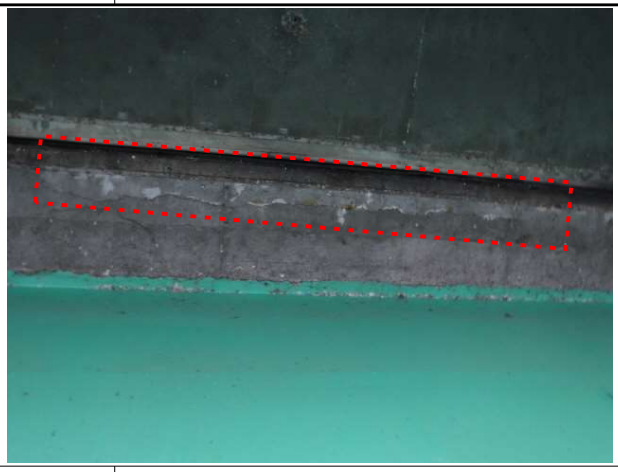
1) 외관조사 결과

【표 3-40】 바닥판 외관조사 결과(마산방향)

구분	균열							
	Cw=0.1㎜(m)		Cw=0.2㎜(m)		Cw=0.3㎜(m)		망상균열(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	62.50	25	-	-	-	-	-	-
S2	194.80	84	-	-	-	-	-	-
S3	97.50	39	-	-	-	-	-	-
S4	111.90	47	50.00	20	2.50	1	-	-
S5	149.10	63	2.50	1	-	-	-	-
S6	172.70	72	-	-	-	-	1.25	1
S7	67.80	29	9.90	9	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	1.00	1	32.50	13	-	-	1.00	1
합계	857.30	360	94.90	43	2.50	1	2.25	2

구분	열화 손상						기타					
	들뜸(㎡)		백태(㎡)		파손(㎡)		고무재 탈락(m)		노치 미제거(m)		녹발생 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	3.60	2	1.45	10	-	-	-	-	-	-	0.14	2
S2	10.00	1	0.14	6	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	10.00	1	0.66	7	-	-	9.00	2	-	-	0.01	1
S4	10.00	1	0.31	4	-	-	13.00	2	-	-	0.25	1
S5	9.00	2	4.04	10	0.04	1	3.00	2	-	-	0.05	2
S6	6.90	5	0.40	7	0.25	2	6.50	4	-	-	0.02	2
S7	10.00	1	2.74	11	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	10.00	1	1.19	10	-	-	-	-	-	-	0.04	1
S9	10.00	1	0.04	1	0.20	1	-	-	2.00	2	-	-
합계	79.50	15	10.97	66	0.49	4	31.50	10	2.00	2	0.51	9

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S1 바닥판 균열(cw=0.1mm)
원 인 ◦건조수축
대 책 ◦지속관찰</td><td>현 황 ◦S3 캔틸레버 백태
원 인 ◦건조수축, 우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S6 바닥판 망상균열
원 인 ◦건조수축
대 책 ◦표면처리보수</td><td>현 황 ◦S6 바닥판 하면 들뜸
원 인 ◦건조수축 및 우수유입
대 책 ◦치핑 후 면보수</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S4 바닥판 백태
원 인 ◦시공미흡, 우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td><td>현 황 ◦S5 바닥판 하면 파손
원 인 ◦시공미흡
대 책 ◦단면보수</td></tr>
</table>

현 황	◦S5 고무재 탈락	**현 황**	◦S8 녹발생
원 인	◦시공미흡, 온도에 따른 신축거동	**원 인**	◦시공미흡, 우수유입
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦지속관찰

3) 기 진단(2012년)결과와의 비교 · 분석

■ 바닥판 하면에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 균열백태에 대한 보수가 이루어져 손상물량이 감소하였으나, 내측 캔틸레버의 폭 0.3mm이상의 균열들은 대부분 철근부식을 동반한 들뜸으로 손상이 확대 되었으며, 고무재 탈락, 파손, 백태 등의 손상은 공용증가에 따른 손상물량이 증가한 것으로 나타났다.

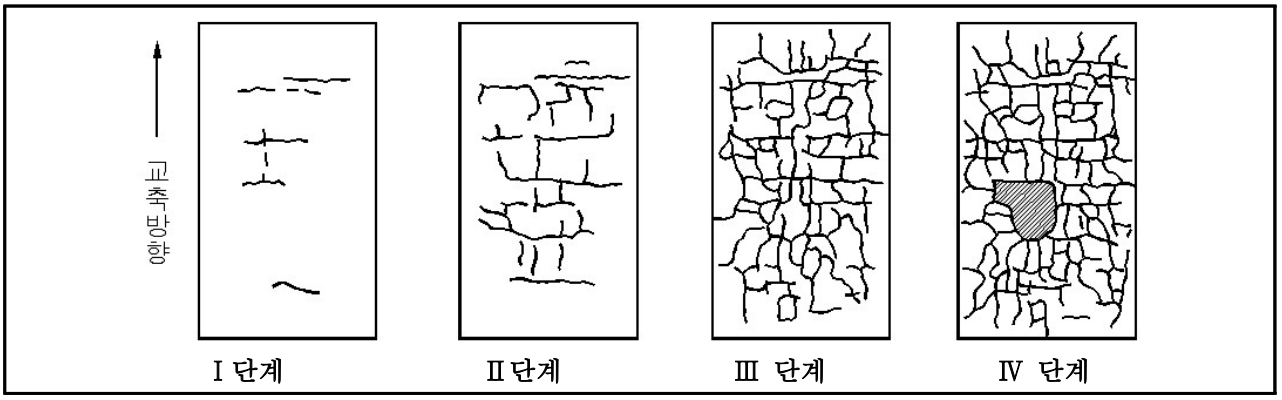
【표 3-41】 바닥판 하면 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	715	1727.60m	403	952.20m	▼	775.40m	
균열(cw=0.3mm이상)	29	66.90m	1	2.50m	▼	64.40m	
망상균열	-	-	2	2.25㎡	▼	2.25㎡	
들뜸	-	-	15	79.50㎡	▲	79.50㎡	
백태, 파손, 녹발생	75	6.73㎡	79	11.97㎡	▲	5.03㎡	
고무재 탈락	8	18.00m	10	31.50m	▲	13.50m	

4) 검토 의견

■ 본 교량에서 조사된 횡방향 균열은 구조적인 균열이 아닌 Con'c 구조물의 노후화 과정에서 발생되는 부산물이라 할 수 있으며 이러한 균열로 말미암아 구조적 안전성에 문제를 야기할만한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 일반적인 Con'c 바닥판의 노후화 과정을

살펴보면 더 쉽게 이해 할 수 있을 것이며 【그림 3-7】은 주철근이 교축직각 방향으로 배치되는 현장타설 R.C 바닥판의 균열 진전과정을 도식화한 것으로 이를 좀더 세분화하여 나타내면 아래와 같다.



【그림 3-7】 R.C 바닥판의 균열진전 과정

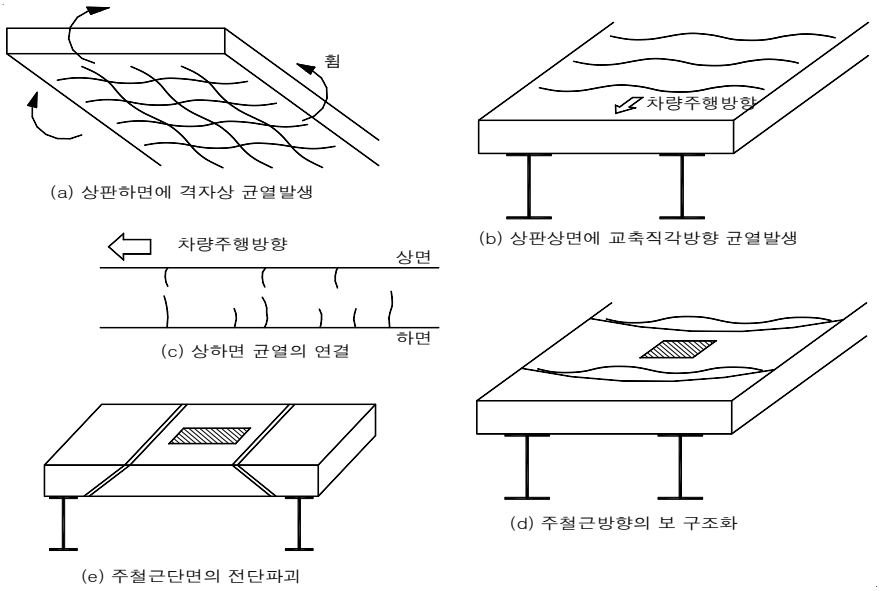
거더에 의하여 지지되는 R.C 바닥판은 거더가 콘크리트의 건조수축 등을 구속하여 교축직각 방향 횡방향 균열이 먼저 발생되고 이에 활하중에 의한 휨모멘트에 의해 변형이 부가되어 양방향으로 균열이 진전된다. 균열이 발생된 바닥판은 전단 및 비틂 강성이 저하되고 균열 폭, 균열 수가 증가함에 따라 조밀한 격자상의 균열 형태를 나타내게 된다. 이러한 손상이 윤하중의 반복에 의하여 관통 균열로 진전되고 균열면의 마찰 및 우수의 침투 등에 의하여 마침내는 함몰 또는 펀칭전단이 발생한다. 이러한 바닥판의 손상은 【그림 3-8】과 같은 피로손상 과정에 의하여 진행된다.

① 제1단계 (교축직각방향에 초기 균열)

본 교량의 경우 R.C 바닥판은 거더와 가로보에 의하여 지지되는데 전단 연결재가 콘크리트를 구속하는 형태를 가지며 콘크리트에 발생되는 온도 및 건조수축 등에 의하여 교축방향으로 인장응력이 발생하고 이에 따라 공용 전 균열이 발생되고 이러한 인장 잔류변형 상태에 윤하중에 의한 휨 변형이 가해지면 바닥판 하면에 교축직각 방향으로 균열이 발생하게 된다.

② 제2단계(상판 하면에 휨 균열망 형성, 상면에도 균열)

활하중이 재하되면 바닥판 하면의 교축방향에서도 균열이 발생되는데 이것은 교축직각방향의 균열에 의해 바닥판은 등방성에서 이방성으로 변화되어 교축방향으로의 하중분배 성능을 저해시켜 주철근 방향에서의 하중 분담률이 증가하기 때문이다 【그림 3-8(a)】. 또한, 바닥판 상면에서도 휨모멘트의 반복작용에 의하여 교축직각방향의 균열이 거더 부근에서 바닥판 중앙으로 진전되고 하면의 균열과 만나 관통균열이 된다 【그림 3-8(b)】.



【그림 3-8】 R.C 바닥판의 피로파괴 과정

③ 제3단계 (빗물의 침투)

R.C 바닥판 상면의 아스팔트 포장은 침수성과 수분 보유성이 높아 약 1시간의 비가 내리면 아스팔트는 포화상태가 되며, 그 후의 증발 속도는 늦고 약 1주 후에도 잔류되는 경우가 많다. 관통균열이 존재하는 바닥판 상면에 이와 같은 수분이 잔류하는 경우 균열에 수분이 침투되어 서서히 하면으로 이동함으로써 유리석회를 하면에 침착시킨다. 일반적으로 선상으로 유리석회가 발생한 경우에는 관통균열에 따른 것으로 판단할 수 있으며, 면상으로 곰팡이처럼 퍼지고 있는 경우는 바닥판 콘크리트가 치밀하지 않은 다짐불량 상태로 추정할 수 있다.

④ 제4단계 (교축직각방향 균열의 균열면 상호 마찰)

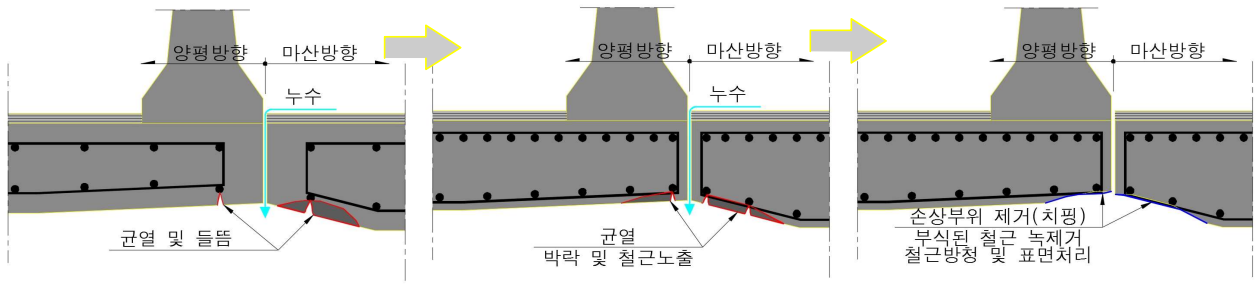
교축직각방향의 관통균열이 형성된 후 차량의 주행이 계속되면 균열면에 작용하는 전단력 및 휨모멘트의 교체 반복에 의하여 균열면 상호에서 상·하 방향 및 수평방향의 마찰의 움직임이 일어나 균열면의 마찰이 진행된다. 그 결과 서서히 균열폭이 커지고 교축방향으로의 하중분배 효과가 떨어져 판구조에서 교축직각방향으로 보를 늘어놓은 상태로 변화한다. 【그림 3-8(d)】 빗물이 침투한 균열에서는 그 마찰속도가 매우 빨라지는데 유리석회에 황색의 침착물이 있는 경우 상호마찰이 진행되고 있는 것으로 판단할 수 있다. 윤하중이 이들의 균열 바로 위로 오면 균열이 닫히고 그 면에서 수직으로 수압이 발생하고 마찰운동과 연동해서 골재를 강제 진동시키기 때문에 골재 주위에서 모르타르와의 부착이 끊겨 콘크리트가 서서히 분쇄되어 골재화 현상이 나타난다.

⑤ 제5단계 (파괴, 함몰)

교축직각방향에서 【그림 3-8(d)】와 같이 보 구조화가 형성되면 그 보 폭에서의 전단강도 부족으로 전단력에 의한 피로현상이 발생하고 내하력을 상실하게 되며 【그림 3-8(e)】 차량의 주행에 의하여 파괴 부위의 콘크리트가 작게 나뉘어져 작은 조각의 낙하가 일어나 결국에는 구멍이 커지게 된다. 물의 침투가 있는 경우 압축측 콘크리트의 골재화가 진행되고 포장이 망 형상으로 파손되거나 포트홀이 형성되어 방치하면 함몰하게 된다. 일반적으로 R.C 바닥판은 최소두께 기준이 적용하는 한 전단력이 문제가 되는 경우는 거의 없다. 실제로 재하시험에 의하여 바닥판을 전단력으로 파괴시키기 위해서는 설계하중의 5~10배의 전단력이 필요한 것으로 보고되고 있다. 다만 바닥판에 건조수축과 온도수축으로 균열이 발생하고 이것과 휨모멘트에 의한 인장균열의 영향에 더하여 전단력은 바닥판의 손상에 더 큰 영향을 주게 된다.

- 현재 본 교량의 바닥판은 균열의 형태 및 경간별 분포상태로 미루어 볼 때, 【그림 3-8】의 바닥판 손상은 Ⅰ번째 단계로써, 조사된 횡균열은 대부분 근접한 상태에서 확인 가능한 0.2㎜이하의 미세균열이다. 본 손상은 전 경간에 걸쳐 분포되어 있는 손상으로 균열의 형상이 일방향성 형태의 균열로서, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 양생과정 또는 시공 후 일정기간이 경과한 후에 발생한 건조수축에 의해 발생한 것으로 추정된다. 점검 당시 균열보수가 일부 이루어진 상태이며 보수되지 않은 균열은 0.2㎜이하의 미세균열로 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰한다. 바닥판 사용성 검토결과(제5장【표 5.6】참조), 발생인장응력이 허용응력 이내로 검토되어 바닥판 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.
- 백태는 건조수축에 의해 발생한 미세균열부로 침투한 공기중 이산화탄소가 수화반응으로 생성된 수산화칼슘이 반응하여 석회석을 생성하면서 수분에 용해되어 바닥판 표면에 퇴적된 침전물로서 기 점검시부터 조사된 손상이다. 내측 바닥판의 균열과 균열백태는 금회 현장조사 결과 손상의 진행과 확대는 없는 것으로 조사되었으나 내구성 확보 차원의 표면처리 보수와 보수후에도 주기적인 점검으로 재손상 여부를 확인하여야 한다.
- 내측 캔틸레버 하면과 신축이음 단부에 발생한 균열, 백태, 들뜸 등의 손상은 신축이음부 또는 종방향조인트 누수로 인해 비교적 피복두께가 얇게 시공된 바닥판 철근을 부식시켜 균열을 유발시키고, 균열부로의 지속적인 우수 유입과 동절기 살포된 제설제의 영향은 철근 부식과 팽창을 가속시켜 바닥판 콘크리트가 들뜸 및 박락, 철근노출로 진행하게 된다. 내측 캔틸레버 하면과 신축이음 단부에 발생한 균열, 박락, 철근노출은 방치

시 확대 가능성이 높은 손상에 해당하므로 내구성 저하 방지를 위해 단면을 복구하여야 하나 보수를 하더라도 지속적인 누수와 구조물의 신축 및 중차량 통과시 충격으로 인해 보수재의 탈락 또는 추가 손상의 가능성이 높다. 또한 본 교량의 하부는 도로(국도37호선), 제방도로 등이 위치하고 있어 보수재료 또는 탈락된 콘크리트가 낙반으로 이어질 경우 2차 사고의 가능성도 배제할 수 없으므로 단면을 복구하는 방법보다는 손상 단면을 제거한 후 부식된 철근의 방청처리와 표면처리보수로 마감하는 방법이 보다 합리적이라 할 수 있다.

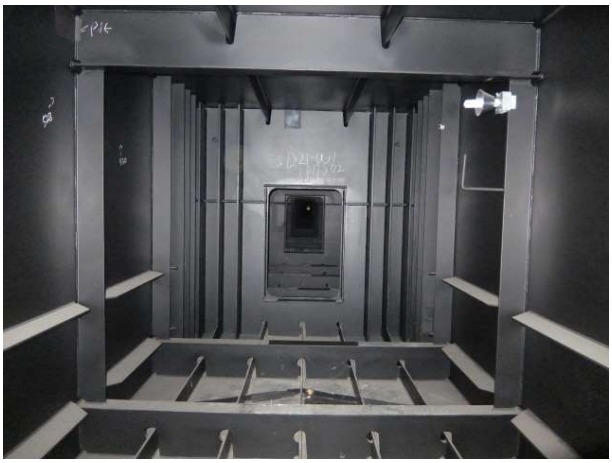


■ 캔틸레버 하면의 들뜸과 같은 단면손상은 기설 콘크리트와 보수재료와의 부착강도 증대를 위해 바닥판의 내하력에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 손상된 부위를 모두 제거(치핑)한다. 손상부위 면정리가 완료되면 부착성과 내구성이 높은 보수재를 손상 제거부위 표면에 도포하여 피막을 형성시킨다. 이때 철근이 노출될 경우 부식된 철근에 대해서 녹제거와 방청을 실시하여야 한다. 또한 보수 후에도 재손상 발생 및 추가손상 여부 확인을 위한 주기적인 점검이 필요하다.

■ 바닥판 하면 내측 캔틸레버부에서 조사된 종조인트 고무재 탈락은 시공미흡, 온도에 따른 신축거동, 차량진동 등이 원인으로 판단되며, 이로 인한 추가 손상발생이 없어 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 지속관찰이 요망된다.

나. Steel Box Girder

본 교량의 주부재인 Steel Box Girder는 2열로 배치되어 있고, 강박스 거더 내·외부에 대한 점검은 붕괴유발부재(F.C.M)에 대한 점검을 중점적으로 시행하였으며, 특히, 피로균열 발생 부재, 부식에 의한 단면감소, 구조적인 변형 여부, 도장손상 등 안전성, 내구성 및 사용성에 영향을 미치는 결함에 대하여 조사를 수행하였다.



Steel Box Girder 내부 전경

Steel Box Girder 외부 전경

1) Steel Box Girder 내부

① 외관조사 결과

【표 3-42】 Steel Box Girder 내부 외관조사 결과(마산방향)

구분		표면열화				기타				
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		변형(m)		Pit	이물질퇴적(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
S1	G1	-	-	-	-	-	-	-	0.09	1
	G2	0.07	7	-	-	-	-	-	-	-
S2	G1	0.04	4	-	-	-	-	1	-	-
	G2	-	-	0.34	2	-	-	-	-	-
S3	G1	0.60	10	-	-	-	-	-	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
S4	G1	-	-	-	-	0.80	1	2	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	G1	-	-	-	-	-	-	-	0.50	1
	G2	0.01	1	-	-	-	-	-	-	-
S6	G1	0.12	3	-	-	-	-	-	0.18	2
	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

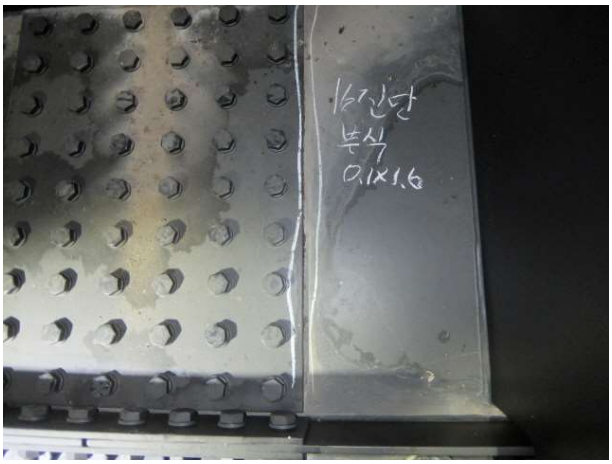
【표 3-42】 Steel Box Girder 내부 외관조사 결과(마산방향)(계속)

구분		표면열화				기타				
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		변형(m)		Pit	이물질퇴적(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
S7	G1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
S8	G1	-	-	0.21	5	-	-	-	-	-
	G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	G1	16.98	117	-	-	-	-	-	-	-
	G2	28.19	16	-	-	-	-	1	-	-
합계		46.01	159	0.55	7	0.80	1	6	0.77	4

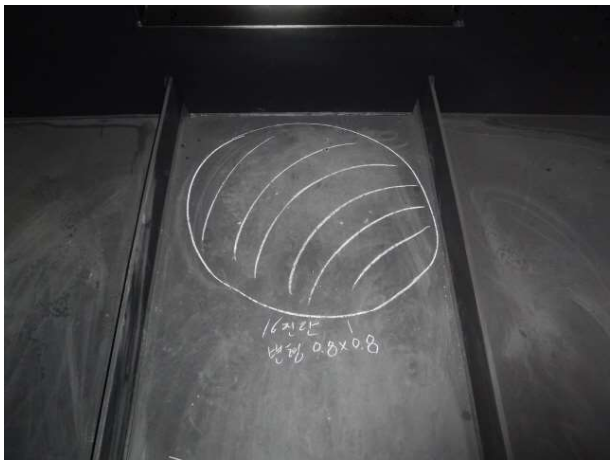
㉠ 손상별 원인분석

현 황	◦S1-G2 도장박리
원 인	◦시공미흡 및 경년열화
대 책	◦재도장

현 황	◦S9-G1 도장박리
원 인	◦시공미흡 및 경년열화
대 책	◦재도장



현 황	◦S2-G2 부식
원 인	◦시공미흡 및 경년열화
대 책	◦재도장



현 황	◦S4-G1 변형
원 인	◦시공미흡
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S4-G1 Pit	**현 황**	◦S5-G1 이물질퇴적
원 인	◦시공미흡	**원 인**	◦작업자 이물질 적치
대 책	◦지속관찰	**대 책**	◦청소

② 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ Steel Box Girder 내부에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 기 진단 이후 도장박리 및 부식 등의 손상에 대하여 보수가 실시되었으나 보수누락, 재손상 및 경년증가에 등의 이유로 손상이 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3-43】 Steel Box Girder 내부 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	1,378	37.60㎡	166	46.56㎡	▲	7.96㎡	
변형	-	-	1	0.80㎡	▲	0.79㎡	
이물질 퇴적	9	1.95㎡	4	0.77㎡	▼	1.18㎡	
Pit	-	-	-	6EA	▲	6EA	
씰링재 충진누락	-	129ea	-	-	▼	129ea	

③ 검토 의견

■ Steel Box Girder 내부의 외관조사 실시결과 도장박리, 부식, 변형, Pit, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

■ 도장박리는 시공초기 또는 재도장 보수 당시 먼지, 녹 등 도장 전처리 미흡에 의해 발생된 것이며, 강재의 부식 방지를 위한 도장보수가 요구된다.

■ 강재 부식은 국부적인 도장불량과 경년열화에 의해 발생된 손상이나 부식의 대부분이 거더 입 · 출구부에서 조사된 점을 감안하면 강우 시 신축이음부 누수로 인해 노면수가 스캘럽을 통해 거더 내부로 유입되어 부식성 환경이 조성된 것이 주된 원인이다. 현재 구조물에 발생된 부식의 정도가 강재 거더의 단면결손을 유발할 정도는 아니지만 장기적 내구성 저하 방지를 위해 녹제거 후 재도장 보수가 필요한 상태이다. 다만, 부식의

근본적인 원인인 신축이음부 누수를 차단하는 것이 선행되어야 하나 신축이음부에서 누수가 발생하더라도 거더 내부로 노면수가 유입되지 않도록 누수가 발생하는 위치에서 거더의 스캘럽을 폐쇄시키는 것도 한 방법이라 할 수 있다.

- 국부적인 강재변형은 공장 제작된 거더의 운반과 적재, 가설 과정 중에 예기치 못한 충격에 의해 발생된 손상이며 손상부 주위 종리브 및 다이아프램에 추가적인 손상이 조사되지 않아 교량의 안전성에 미치는 영향이 적으므로 지속관찰 한다.
- 피트손상에 대하여「강도로교 시공·검사 실무 요령(前 건설교통부 1995.05)」에서 용접 비드 표면의 필렛용접한 이음에 대해 3개 또는 이음길이 1m에 대해 3개까지 허용(Φ1mm 이하는 3개를 1개로 간주)하는 것으로 명시되어 있어, 청미천교(양평)에 발생된 피트의 경우 해당 기준을 만족하는 것으로 나타나 현 상태로 주의 관찰한다.
- 이물질퇴적은 일부 점검자 또는 보수자의 인식 부족에 의한 용변 처리 미흡으로 발생한 경우도 일부 존재한다. 거더 내부의 이물질퇴적은 강재 부식의 원인이 되므로 청소와 더불어 예방적 유지관리 차원의 재도장 보수가 요구된다.

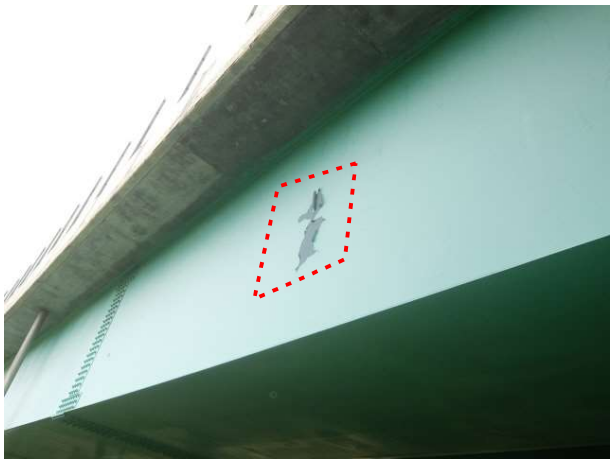
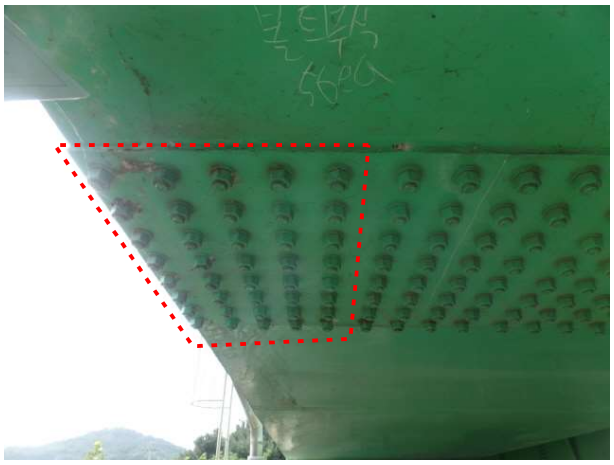
2) Steel Box Girder 외부

㉠ 외관조사 결과

【표 3-44】Steel Box Girder 외부 외관조사 결과(마산방향)

구분		표면열화					
		도장박리(㎡)		부식(㎡)		볼트부식(㎡)	
		물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	G1	0.05	4	1.67	10	0.68	68
	G2	0.18	7	0.50	14	0.03	3
S2	G1	0.01	1	0.66	15	-	-
	G2	-	-	1.12	8	0.81	81
S3	G1	0.01	1	4.83	10	-	-
	G2	-	-	0.16	13	-	-
S4	G1	0.21	3	0.91	7	0.05	5
	G2	0.02	2	1.14	5	-	-
S5	G1	0.08	7	2.61	15	-	-
	G2	0.07	4	0.89	21	-	-
S6	G1	0.01	1	5.13	14	-	-
	G2	0.03	1	0.33	12	-	-
S7	G1	-	-	6.54	11	-	-
	G2	0.11	2	0.15	12	-	-
S8	G1	1.87	2	0.49	12	-	-
	G2	5.92	4	0.11	10	-	-
S9	G1	-	-	0.27	6	0.04	4
	G2	11.36	8	0.63	10	-	-
합계		19.84	47	28.05	205	1.61	161

② 손상별 원인분석

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S8-G1 도장박리</td><td>현 황</td><td>◦S9-G2 도장박리</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦재도장</td><td>대 책</td><td>◦재도장</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S3-G1 부식</td><td>현 황</td><td>◦S2-G2 거더외부 볼트부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦재도장</td><td>대 책</td><td>◦재도장</td></tr>
</table>

③ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ Steel Box Girder 외부에서 조사된 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 도장박리, 부식 등의 손상은 증가한 것으로 확인되었다.

【표 3-45】 Steel Box Girder 외부 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	115	1.14㎡	413	49.50㎡	▲	48.36㎡	

④ 검토 의견

- Steel Box Girder 외부에는 도방박리, 부식, 긁힘, 볼트부식이 조사되었다.
- 거더 외부에 발생한 도장박리는 유분, 이물질 등의 하지(표면)처리 미흡과 공용 년 수 증가에 따른 노후화에 의해 발생된 손상으로, 강재 부식을 방지하기 위한 손상된 부위의 재도장이 필요한 상태이다.
- 거더 외부 부식은 환경적인 영향, 즉 대기 중의 오염물질, 온도, 습도 등의 영향을 직접적으로 받고 신축이음부 및 종방향조인트 누수에 의해 장기간 직접적인 수분의 접촉, 국부적으로 도장이 불량한 부위에서의 도장면 열화 등이 원인이 되어 발생한 것이며, 특히 돌출된 하부플랜지 모서리 등은 도장이 상대적으로 불량할 뿐만 아니라 시공초기 거더 운반 및 적재, 가설 과정에서 외부 충격과 경년열화에 의해 도장면 손상이 발생할 가능성이 크다. 현재 조사된 부식이 단면결손을 유발할 정도의 단계에 이르지는 않았으나 확대손상 방지 및 내구성 저하 방지를 위해 방청 후 재도장 보수가 요구된다.

3) 강 가로보 및 세로보

공용 기간중 거더의 횡변형(좌굴)을 방지해 주며 상부에 작용하는 하중을 횡분배 시켜주는 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있다.

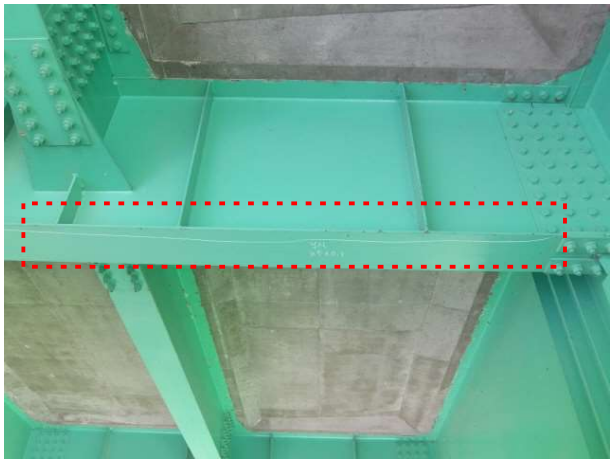
강 가로보 전경	강 세로보 전경

① 외관조사 결과

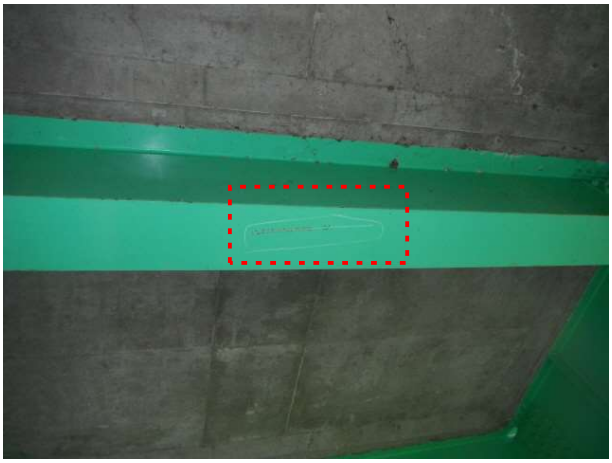
【표 3-46】 강 가로보 및 세로보 외관조사 결과(마산방향)

구분	표면열화			
	도장박리(㎡)		부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-
S2	0.05	1	-	-
S3	-	-	0.02	1
S4	-	-	0.06	2
S5	-	-	-	-
S6	0.03	2	0.36	2
S7	-	-	0.05	3
S8	-	-	-	-
S9	0.09	1	-	-
합계	**0.17**	**4**	**0.49**	**8**

② 손상별 원인분석



현 황	◦S7-CB62 가로보 하면 부식
원 인	◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화
대 책	◦재도장



현 황	◦S2-ST1 세로보 도장박리
원 인	◦시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화
대 책	◦재도장

③ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 토대로 손상여부를 검토한 결과, 금회 진단에서 도장박리, 부식 등의 손상은 증가한 것으로 확인되었다.

【표 3-47】 강 가로보 및 세로보 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
도장박리 및 부식	3	0.05㎡	12	0.66㎡	▲	0.10㎡	

④ 검토 의견

- 가로보 및 세로보에서는 도방박리, 부식이 조사되었다.
- 거더 외부에 발생한 도장박리는 유분, 이물질 등의 하지(표면)처리 미흡과 공용 년 수 증가에 따른 노후화에 의해 발생된 손상으로, 강재 부식을 방지하기 위한 손상된 부위의 재도장이 필요한 상태이다.
- 거더 외부 부식은 환경적인 영향, 즉 대기 중의 오염물질, 온도, 습도 등의 영향을 직접적으로 받고 신축이음부 및 종방향조인트 누수에 의해 장기간 직접적인 수분의 접촉, 국부적으로 도장이 불량한 부위에서의 도장면 열화 등이 원인이 되어 발생한 것이며, 특히 돌출된 하부플랜지 모서리 등은 도장이 상대적으로 불량할 뿐만 아니라 시공초기 거더 운반 및 적재, 가설 과정에서 외부 충격과 경년열화에 의해 도장면 손상이 발생할 가능성이 크다. 현재 조사된 부식이 단면결손을 유발할 정도의 단계에 이르지는 않았으나 확대손상 방지 및 내구성 저하 방지를 위해 방청 후 재도장 보수가 요구된다.

3.3.3 하부구조

가. 교대

교대는 교량 상부구조 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다.

청미천교(마산)의 교대형식은 역T형식이고, 기초형식 강관말뚝기초로 시공되어 있으며 금회 현장 조사시 교대의 외관상태, 법면사면(앞성토)를 중점적으로 조사하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

1) 외관조사 결과

【표 3-48】 교대 외관조사 결과(마산방향)

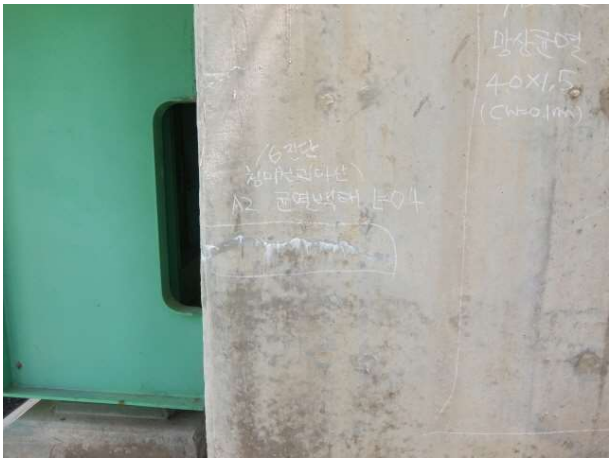
구분	균열						열화 및 손상	
	Cw=0.1㎜ (m)		Cw=0.2㎜ (m)		망상균열(㎡) (Cw=0.1㎜)		백태(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	40.40	56	4.10	3	1.00	3	0.66	5
A2	9.80	9	5.00	4	8.72	4	0.80	3
합계	50.20	65	9.10	7	9.72	7	1.46	8

구분	열화 및 손상		기타							
	파손(㎡)		누수흔적(㎡)		보수부들뜸(㎡)		보호블럭 침하(㎡)		보호블럭 파손(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.12	1	1.54	2	-	-	71.20	4	-	-
A2	0.25	3	-	-	0.50	1	0.77	1	9.00	1
합계	0.37	4	1.54	2	0.50	1	71.97	5	9.00	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A2 교좌면 균열(0.3㎜/1.0m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦주입보수-보수완료

현 황	◦A2 날개벽 망상균열
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면처리보수

<table>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦A2 흉벽 백태
원 인 ◦건조수축, 우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td><td>현 황 ◦A2 흉벽 백태
원 인 ◦건조수축, 우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦A1 흉벽 파손
원 인 ◦온도에 의한 신축, 외부충격
대 책 ◦단면보수</td><td>현 황 ◦A1 흉벽 누수흔적
원 인 ◦커버플레이트 탈락, 우수유입
대 책 ◦커버플레이트 설치, 지속관찰</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦A2 교좌면 보수부 들뜸
원 인 ◦우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td><td>현 황 ◦A2 법면 보호블럭 침하, 파손
원 인 ◦배수관 길이부족(보수), 우수유입
대 책 ◦지속관찰</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 균열, 파손 등의 손상에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었으며, 보수누락 및 경년증가에 따른 손상의 증가 또한 조사되었다.

【표 3-49】 교대 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	92	62.39m	72	59.30m	▼	2.09m	
망상균열	6	5.48㎡	7	9.72㎡	▲	4.24㎡	
누수흔적 및 체수	4	9.33㎡	2	1.54㎡	▼	7.79㎡	
파손, 열화, 잡철근부식	12	2.29㎡	4	0.37㎡	▼	1.92㎡	
보호블럭 침하 및 파손	25	22.39㎡	6	80.97㎡	▲	58.58㎡	
백태	-	-	8	1.46㎡	▲	1.46㎡	
보수부들뜸	-	-	1	0.50㎡	▲	0.50㎡	

4) 검토 의견

■ 교대는 균열과 망상균열, 백태, 파손, 누수흔적, 보수부들뜸, 보호블럭 침하 및 파손 등의 손상이 조사되었다.

■ 교대에서 조사된 수직균열은 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 기존 점검 시 누락되었던 시공초기 건조수축에 의해 발생한 손상이며, 대부분 폭 0.2mm이하의 미세균열이다. 교좌면에서 조사된 폭 0.3mm의 균열은 과업기간중 보수가 실시되어 현재는 양호한 상태인 것으로 조사되어 지속관찰을 실시한다.

■ 백태는 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물이 용해되어 구체 표면에 퇴적되는 현상이며, 노후화나 누수를 동반한 백태는 품질저하가 확연하지만 본 구조물에서는 이러한 특징을 나타내지 않는다. 다만, 장기적인 내구성 저하 방지를 위해 보수가 필요하다.

■ 파손, 보수부들뜸 등은 시공초기 또는 공용중 예기치 못한 외부충격, 우수 및 동결융해의 반복 등 장기간 외기에 노출된 콘크리트가 열화되어 발생한 손상이며, 손상의 정도가 교대의 안전성을 저해할 정도는 아닌 것으로 조사되었으나 확대손상 방지와 내구성 확보를 위해 단면을 복구하여야 한다.

■ 누수흔적은 공용 년 수 증가에 의한 신축이음 노후화와 중앙분리대 신축이음 미설치 구간으로의 누수가 주원인이며 2013~2014년 신축이음 교체가 완료되어 커버플레이트 탈락 및 설치오류에 의한 캔틸레버측 누수가 일부 조사되었으나 대부분의 손상은 진행되지 않는 상태인 것으로 조사되었다.

■ 보호블럭 침하 및 파손은 배수관 길이부족에 의한 노면수의 유입으로 나타난 손상이다. 하지만 기 진단 이후 배수관길이연장 보수가 실시되어 손상의 확대 우려는 없는 것으로 나타나 지속관찰을 실시한다.

나. 교각

상부구조를 지지하는 구조물인 교각형식은 T형이고, 기초형식은 P1~P7은 직접기초, P8은 강관말뚝기초(φ508)로 시공되어 있다. 청미천교(마산)는 9경간 교량이며 교각이 8개소로 유지관리를 용이하게 하기 위한 출입사다리 및 점검통로가 P1~P6까지 시공되어 있으며, P7과 P8은 설치되어 있지가 않다. 또한 P5는 유심부에 위치하여 수심측정을 실시하였다. 교각에 대한 외관조사는 보도점검 및 사다리, 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

교각 전경(P3)

교각 전경(P8)

1) 외관조사 결과

【표 3-50】 교각 외관조사 결과(마산방향)

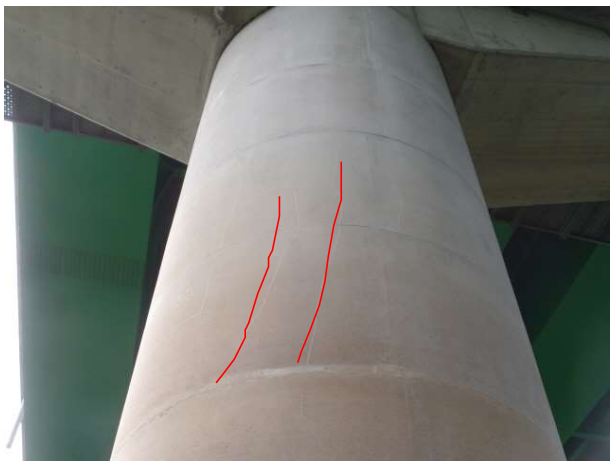
구분	균열						열화 및 손상					
	Cw=0.1㎜ (m)		Cw=0.2㎜ (m)		망상균열(㎡) (Cw=0.1㎜)		들뜸(㎡)		박락(㎡)		박리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
P1	59.40	71	1.50	1	2.00	1	-	-	-	-	-	-
P2	11.40	17	6.20	4	-	-	1.20	1	-	-	0.04	1
P3	11.40	19	8.10	11	26.84	11	-	-	-	-	1.00	2
P4	11.20	16	9.40	6	7.22	6	-	-	3.00	2	-	-
P5	7.60	10	1.50	2	1.20	1	-	-	-	-	-	-
P6	15.10	21	0.60	2	7.36	2	-	-	-	-	1.50	2
P7	15.70	15	2.00	2	12.86	7	-	-	-	-	-	-
P8	20.90	11	4.90	5	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	152.50	180	34.20	33	57.48	28	1.20	1	3.00	2	2.54	5

【표 3-50】 교각 외관조사 결과(마산방향)(계속)

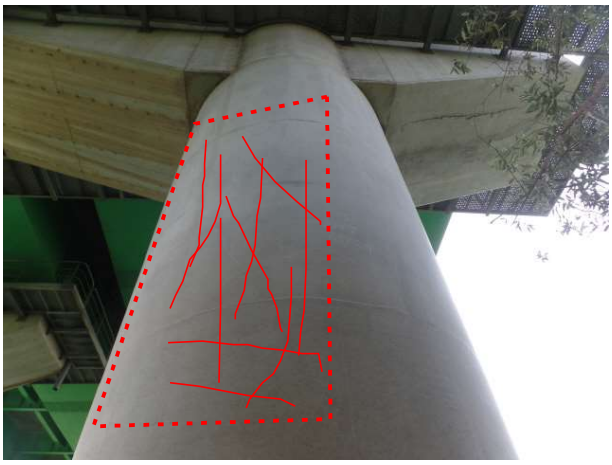
구분	열화 및 손상										기타				
	백태(㎡)		재료분리(㎡)		철근노출(㎡)		침식(㎡)		파손(㎡)		표면오염(㎡)		볼트부식	화재흔적(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0.04	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	1	-	-	-
P3	0.10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	0.05	1	-	-	0.09	1	4.50	1	-	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	0.16	2	-	-	7.20	1	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	0.01	1	-	-	-	-	0.01	1	-	-	89	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	1
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	2	-	-	-	-	-
합계	**0.19**	**4**	**0.17**	**3**	**0.09**	**1**	**11.70**	**2**	**0.03**	**3**	**0.35**	**1**	**89**	**0.50**	**1**

2) 손상별 원인분석

현 황	◦P8 코핑부 균열(cw=0.3㎜)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦주입보수-보수완료



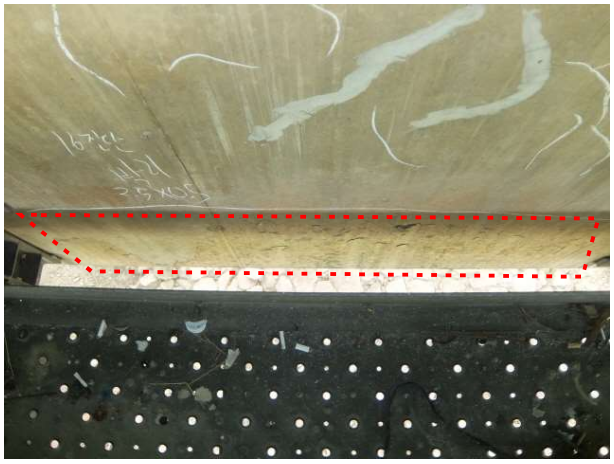
현 황	◦P4 기둥부 균열(cw=0.2㎜)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦지속관찰



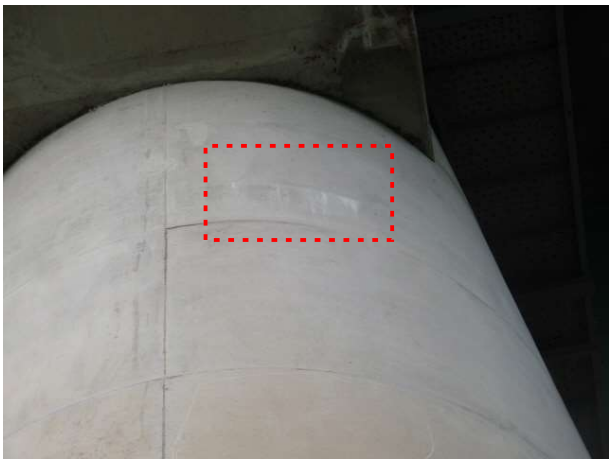
현 황	◦P3 기둥부 망상균열
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면처리보수

현 황	◦P2 코핑부 들뜸
원 인	◦시공미흡, 우수유입
대 책	◦단면보수

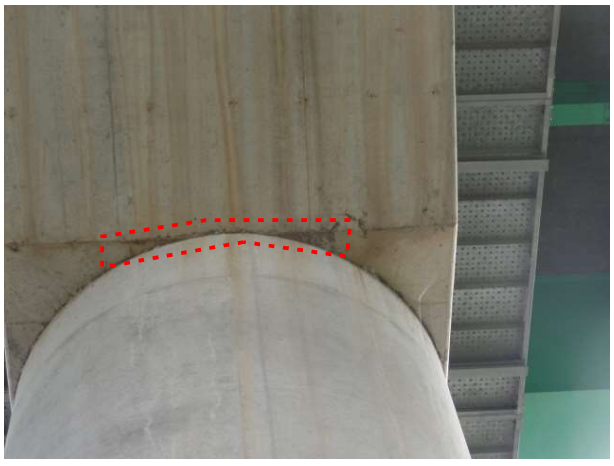
현 황	◦P4 코핑부 박락, 철근노출
원 인	◦시공미흡(다짐불량), 우수유입
대 책	◦단면보수(방청)



현 황	◦P6 코핑부 박리
원 인	◦시공미흡(다짐불량)
대 책	◦단면보수



현 황	◦P4 기둥부 백태
원 인	◦건조수출, 우수유입
대 책	◦표면처리보수



현 황	◦P5 코핑부 재료분리
원 인	◦시공미흡(다짐불량)
대 책	◦단면보수

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦P5 기둥부 침식</td><td>현 황</td><td>◦P8 기둥부 파손</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦유수작용, 경년증가</td><td>원 인</td><td>◦외부충격</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦지속관찰</td><td>대 책</td><td>◦단면보수</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦P2 기둥부 표면오염</td><td>현 황</td><td>◦P6 코핑부 점검로 볼트부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦배수관 길이부족</td><td>원 인</td><td>◦경년증가, 시공미흡</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦배수관 길이연장, 지속관찰</td><td>대 책</td><td>◦지속관찰</td></tr>
</table>

3) 수중 교각 점검

- 청미천교(마산)의 유심부에 위치한 P4와 P5는 수중조사를 실시하여야 한다. 하지만 현장조사 결과 수심이 얕고(H=0.6m이내) 도보로 접근이 가능하여 육안조사를 실시하였다.
- 하천 상에 위치한 교각(P5)의 외관 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었으며, 유수에 의한 기둥부 침식이 일부 관찰되었으나 손상정도가 경미하므로 지속관찰 한다. 다만 하천 상에 위치한 교각은 항시 유수와 유송잡물의 영향을 받고 있는 상태이므로 손상발생 유무에 대해 주기적인 점검과 지속적인 관찰이 필요하다.

교각 수심측정	수중부 경미한 침식(P5)

4) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 균열, 파손에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었다. 망상균열은 기존 균열의 확대와 경년증가에 따른 노후화로 손상물량이 증가하였으며, 대부분의 손상이 보수누락 및 경년증가에 따른 손상 증가한 것으로 조사되었다.

【표 3-51】 교각 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	359	306.25m	213	186.70m	▼	119.55m	
균열(cw=0.3mm)	4	4.30m	-	-	▼	4.30m	
망상균열	30	52.04㎡	28	57.48㎡	▲	5.44㎡	
들뜸	-	-	1	1.20㎡	▲	1.20㎡	
누수흔적, 백태, 표면오염	5	1.34㎡	6	1.04㎡	▼	0.30㎡	
철근노출	46	6.80㎡	1	0.09㎡	▼	6.71㎡	
박락, 파손, 재료분리	15	0.79㎡	13	5.74㎡	▲	4.95㎡	
침식	2	5.30㎡	2	11.70㎡	▲	6.40㎡	
점검로 볼트부식	-	64EA	-	89EA	▲	25EA	

5) 검토 의견

■ 교각은 균열, 망상균열, 들뜸, 박락, 박리, 백태, 재료분리, 파손, 철근노출, 침식, 표면오염, 화재흔적, 점검로 볼트부식 등의 손상이 조사되었다.

■ 균열, 망상균열 등의 손상에 대하여 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축에 의해 발생한 손상으로 대부분 폭 0.2mm이하의 미세균열이며, 폭

0.3mm의 균열이 코핑면에서 2개소 조사되었으나, 과업기간중 보수가 실시되어 현재 양호한 상태이다. 폭 0.2mm이하의 균열은 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으며 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰한다.

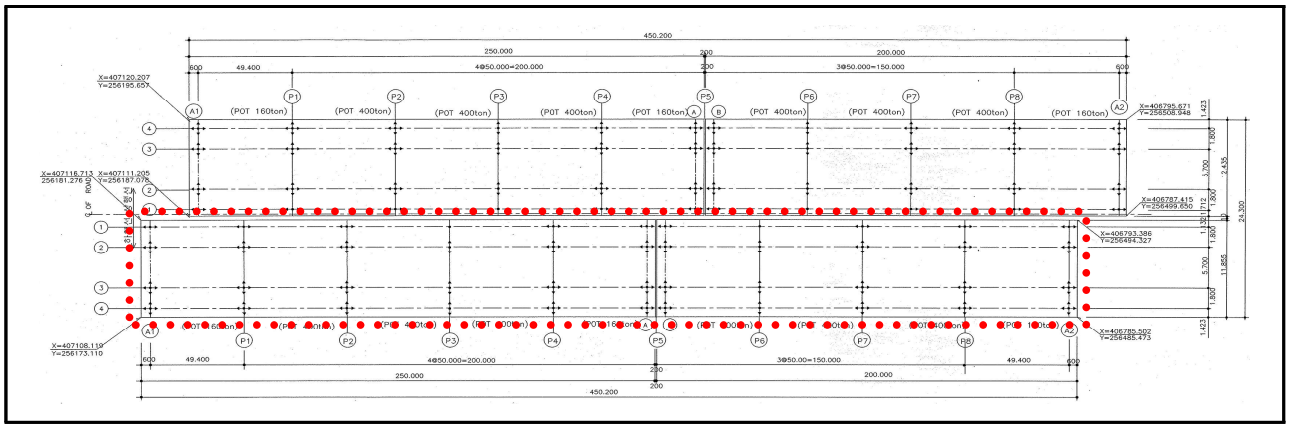
- P4에서 조사된 철근노출, 박락은 바닥판 하면의 유공관을 통해서 유입된 우수가 코핑부의 철근노출(피복부족)부에 떨어져 철근부식으로 발생된 손상이며, 철근부식에 의한 박락으로 확대된 것이다. 기 진단 이후 박락에 대한 보수가 실시되었으나 손상의 근본적인 원인인 유공관의 배수시설이 설치되지 않아 재손상이 일어났으며 코핑면 하단까지 손상이 확대된 것이 확인 되었다. 손상부에 대한 보수방안으로 부식된 철근에 대한 방청처리와 단면보수가 필요하며, 손상의 근본적인 원인인 바닥판 유공관에 대해서는 배수관설치가 필요할 것으로 판단된다.

S4 바닥판 유공관	P4 코핑면 박락(재손상)	유도배수관 설치 예(S2)

- 박리, 파손, 들뜸, 재료분리 등은 시공초기 또는 공용중 예기치 못한 외부충격, 우수 및 동결융해의 반복 등 장기간 외기에 노출된 콘크리트가 열화되어 발생한 손상이며, 손상의 정도가 교각의 안전성을 저해할 정도는 아닌 것으로 조사되었으나 확대손상 방지와 내구성 확보를 위해 단면을 복구하여야 한다.
- 백태는 콘크리트 내부에 존재하는 석회화합물이 용해되어 구체 표면에 퇴적되는 현상이며, 노후화나 누수를 동반한 백태는 품질저하가 확연하지만 본 구조물에서는 이러한 특징을 나타내지 않는다. 다만, 장기적인 내구성 저하 방지를 위해 보수가 필요하다.
- P2에서 조사된 누수흔적은 현재 배수관의 길이부족으로 발생한 손상으로 배수관 길이 연장이 필요한 상태이다. 점검로 볼트부식은 우수유입 및 경년증가에 의한 손상이고 화재흔적의 경우 보행자의 화재로 인하여 발생되었으나, 구조물에 영향을 미치지 않는 표면에 약간의 그을음만 발생한 상태로 지속관찰함이 바람직하다.

다. 교량받침

청미천교(마산)의 교량받침은 교대(A1, A2)와 교각(P1~P4, P6~P8)에 각 4개씩 36개소와 교각(P5)에 8개소 총 44개 포트받침이 설치된 상태로서, 받침용량 160ton은 교대(A1, A2, P5), 400ton은 교각(P1~P4, P6~P8)에 시공된 것으로 조사되었다. 고정단은 교각 P3-Sh1, P6-Sh1에 설치되어 있으며, 교량받침 배치 현황은 다음과 같다.



【그림 3-9】 청미천교(마산) 교량받침 배치도

교량받침 전경(P3-Sh1, 고정단)

교량받침 전경(P2-Sh1, 일방향)

교량받침 전경(A1-Sh3, 양방향)

1) 외관조사 결과

【표 3-52】 교량받침 외관조사 결과(마산방향)

구분	받침 본체						낙교방지시설		
	도장박리(㎡)		부식(㎡)		솔플레이트 부식(㎡)		볼트길이 부족	부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
A1	-	-	0.17	4	-	-	-	-	-
A2	0.03	1	0.36	3	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	0.21	1	-	-	-	-	-
P3	-	-	0.20	2	-	-	42	0.05	1
P4	-	-	-	-	-	-	26	0.09	2
P5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	0.08	1	-	-	-

【표 3-52】 교량받침 외관조사 결과(마산방향)(계속)

구분	받침 본체						낙교방지시설		
	도장박리(㎡)		부식(㎡)		솔플레이트 부식(㎡)		볼트길이 부족	부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소
P7	-	-	-	-	0.08	1	-	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	0.03	1	0.94	10	0.16	2	68	0.14	3

구분	낙교방지시설		받침콘크리트, 받침몰탈									
	고무재탈락(m)		균열(cw=0.1mm)		균열(cw=0.3mm)		파손(㎡)		재료분리(㎡)		철근노출(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.50	1	0.20	2	-	-	0.06	1	-	-	-	-
A2	-	-	1.00	3	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	0.50	1	-	-	-	-	-	-	0.04	1	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	0.04	1	-	-	-	-
P3	-	-	0.10	1	1.40	1	0.07	2	-	-	-	-
P4	0.50	1	0.30	1	-	-	0.05	1	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	1
P6	-	-	0.30	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	1.60	6	-	-	-	-	0.03	1	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	1.50	3	3.50	14	1.40	1	0.22	5	0.07	2	0.01	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A2-Sh1 본체부식
원 인	◦공용증가
대 책	◦재도장

현 황	◦P7-Sh1 솔플레이트 부식
원 인	◦공용증가
대 책	◦재도장

현 황	◦P3 낙교방지시설 볼트길이부족, 부식
원 인	◦시공미흡, 공용증가
대 책	◦지속관찰, 재도장

현 황	◦P4 낙교방지시설 고무재 탈락
원 인	◦시공미흡, 온도에 의한 신축
대 책	◦지속관찰

현 황	◦P3-Sh4 받침콘크리트 균열(cw=0.3mm)
원 인	◦건조수축
대 책	◦주입보수

현 황	◦A1-Sh1 받침몰탈 파손
원 인	◦외부충격
대 책	◦단면보수

현 황	◦P1-Sh1 받침콘크리트 재료분리
원 인	◦시공미흡(다짐불량)
대 책	◦단면보수

현 황	◦P5-Sh4(A1) 받침콘크리트 철근노출
원 인	◦시공미흡, 피복부족
대 책	◦단면보수(방청)

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 기 진단 이후 보수가 실시되어 대부분의 손상에 대하여 수량이 감소한 것으로 확인되었다. 하지만 교량받침과 낙교방지시설의 부식, 재료분리, 파손 등의 손상은 보수누락, 경년증가에 따른 손상이 증가한 것으로 조사되었다.

【표 3-53】 교량받침 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
부식, 도장박리	10	0.90㎡	16	1.22㎡	▲	0.32㎡	
낙교방지시설 부식	-	-	2	0.09㎡	▲	0.09㎡	
낙교방지시설 볼트길이부족	-	68EA	-	68EA		-	
낙교방지시설 고무재 탈락	-	2EA	3	1.50m	▲	1.50m	
균열(cw=0.3mm미만)	69	34.21m	14	3.50m	▼	30.71m	
균열(cw=0.3mm)	-	-	1	1.40m	▲	1.40m	
재료분리, 파손	2	0.07㎡	7	0.29㎡	▲	0.22㎡	
철근노출	51	0.45㎡	1	0.01㎡	▼	0.44㎡	

4) 검토 의견

■ 교량받침 본체 및 솔플레이트, 낙교방지시설 부식, 낙교방지시설 볼트이완, 고무재탈락, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 철근노출, 파손 등의 손상이 조사되었다.

■ 부식 및 볼트부식은 공용년수 증가 및 외부 환경적인 요인(강우)에 의해 발생된 것으로 판단되며, 내구성 저하방지를 위해 재도장를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

■ 받침몰탈 및 콘크리트에 발생한 균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 폭 0.2mm이하의 균열은 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으며 내구성 저하에는 크게 영향이 없으므로 지속관찰하고, 폭 0.3mm 균열은 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시한다.

■ 철근노출과 재료분리는 시공미흡, 파손은 외부충격에 의한 것으로 판단된다. 이들 손상은 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

■ 낙교방지시설 고무재 탈락은 시공미흡과 경년증가에 따른 노후화로 탈락된 상태로 조사되었으며, 보수보다는 유지관리 후 상태가 진전된다면 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5) 연단거리 검토

교좌면은 받침을 통해 상부구조로부터 하중을 받는 곳이고 또한 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 받침 끝에서 정부 연단까지의 거리가 작으면 고정단에서는 전단면에 연해서 콘크리트 구체 또는 받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다. 따라서 도로교설계기준에서는 상부구조의 길이에 따라 연단

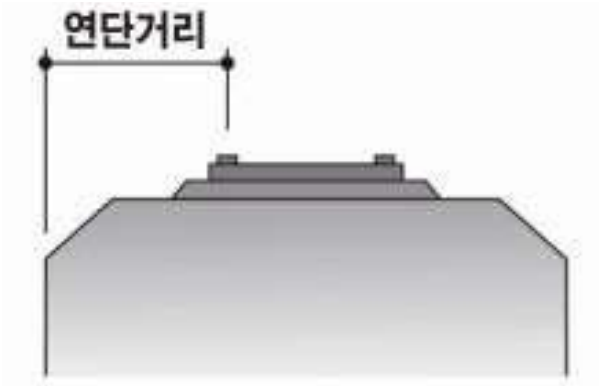
거리의 최소값을 정해놓았으며, 본 과업에서는 실제 시공된 연단거리와 설계 연단거리를 비교·검토하였다.

■ 거더의 경간길이 100m이하 : S = 200 + 5.0L

100m이상 : S = 300 + 4.0L (도로교설계기준)

여기서, S : 받침연단거리(㎜), L : 거더의 경간길이(m)

■ 연단거리 산출 -거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)



2010년 도로교설계기준

연단거리 측정 전경

【표 3-54】 연단거리 측정결과 (단위 : ㎜)(마산방향)

위치		연단기준	Sh1		Sh2		Sh3		Sh4	
			측정	평가	측정	평가	측정	평가	측정	평가
A1	A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	A2	450	600	O.K	600	O.K	600	O.K	600	O.K
P1	A1	450	1070	O.K	1070	O.K	1080	O.K	1080	O.K
	A2	450	1050	O.K	1050	O.K	1010	O.K	1010	O.K
P2	A1	450	1070	O.K	1070	O.K	1070	O.K	1070	O.K
	A2	450	1080	O.K	1080	O.K	1080	O.K	1080	O.K
P3	A1	450	990	O.K	990	O.K	990	O.K	990	O.K
	A2	450	1150	O.K	1120	O.K	1120	O.K	1120	O.K
P4	A1	450	1070	O.K	1070	O.K	1080	O.K	1080	O.K
	A2	450	1020	O.K	1020	O.K	1030	O.K	1030	O.K
P5	A1	450	660	O.K	650	O.K	670	O.K	670	O.K
	A2	450	660	O.K	650	O.K	650	O.K	650	O.K
P6	A1	450	1070	O.K	1100	O.K	1100	O.K	1100	O.K
	A2	450	1050	O.K	1040	O.K	1050	O.K	1060	O.K
P7	A1	450	1060	O.K	1060	O.K	1050	O.K	1050	O.K
	A2	450	1020	O.K	1030	O.K	1050	O.K	1060	O.K
P8	A1	450	1080	O.K	1080	O.K	1040	O.K	1040	O.K
	A2	450	1000	O.K	1010	O.K	1040	O.K	1040	O.K
A2	A1	450	540	O.K	540	O.K	520	O.K	530	O.K
	A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

■ 연단거리 측정 결과, 모든 교량받침 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 가동량 측정

【표 3-55】 교량받침 가동량 측정방법(마산방향)

평가 기준

▣ 온도에 의한 가동량

$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$ (신축거더 길이)

ΔT = 온도변화(-20℃~+40℃) → Steel Box Girder교(한랭지방)

α = 선팽창계수(1.2×10^{-5}) → Steel Box Girder교

※ 한랭지방 적용근거

도로설계편람 (2000년)	■ 온도범위는 교량상부구조의 평균온도이며, 지역구분은 최근 5년간 최저기온 및 최고기온을 참조하여 결정(도로공사 연구보고서. 1993) ■ 대전 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산
기상청 통계자료	■ 최근 5년간 이천(기)의 일평균 최저 온도 : -14.2℃(2011. 1. 16.) ■ 설계편람 발간당시의 이천(기) 5년간 일평균 최저 온도 : -15.8℃(2001. 1. 15.) ■ 최근 5년간 평균 최저 온도 < 발간당시의 5년간 평균 최저 온도

▣ 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량

$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$

여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)

θ_i : 보의 회전각(강교 1/150)

▣ 계산 가동량 산정

온도변화 범위	-20℃ ~ +40℃	**선팽창 계수(α)**	1.2×10^{-5}
점검시 기온(℃)	2016. 08. 12.(1차) 2016. 10. 11.(2차)	29.2(1차) 13.2(2차)	
온도에 의한 가동량($\Delta \ell t$)	$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$		
보의 중립축까지 높이 2h/3(hi)	$\frac{2}{3}\times2{,}500$		
보의 회전각(θi)	1/150(Steel Box Girder교)		
보의 처짐에 의한 가동량($\Delta \ell r$)	$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$		

신축거더길이 (L)	A1	P1	P2	P3	P4	P5 (시)	P5 (종)	P6	P7	P8	A2
	150	100	50	0	50	100	50	0	50	100	150

※ 처짐에 의한 가동량은 신축거더 100m이상 교량의 단부에 팽창시만 고려하여 계산

① 교량받침 가동량 측정결과 및 가동 여유량 분석

포트받침으로 시공된 청미천교(마산) 교량받침에 대해 가동 여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동 여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축,

크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공후 10년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하여 온도변화 및 활하중에 의한 처짐만을 검토하는 것으로 하였다.

【표 3-56】 교량받침 계산 가동량 산정(측정시 온도 기준)(마산방향)

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 가동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 가동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
A1	(1차)	49.2	10.8	0.000012	150.0	88.6	19.4	11.1	88.6	30.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	150.0	59.8	48.2	11.1	59.8	59.3
P1	(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	-	59.0	13.0
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	-	39.8	32.2
P2	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P3	고정단									
P4	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P5	A1(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	11.1	59.0	24.1
	A1(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	11.1	39.8	43.3
	A2(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	A2(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P6	고정단									
P7	(1차)	49.2	10.8	0.000012	50.0	29.5	6.5	-	29.5	6.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	50.0	19.9	16.1	-	19.9	16.1
P8	(1차)	49.2	10.8	0.000012	100.0	59.0	13.0	-	59.0	13.0
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	100.0	39.8	32.2	-	39.8	32.2
A2	(1차)	49.2	10.8	0.000012	150.0	88.6	19.4	11.1	88.6	30.5
	(2차)	33.2	26.8	0.000012	150.0	59.8	48.2	11.1	59.8	59.3

1) 조사당시 온도 : 1차 29.2℃(조사일 : 2016년 08월 12일), 2차 13.2℃(조사일 : 2016년 10월 11일)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산 가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

② 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교

【표 3-57】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(마산방향)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
A1	Sh1	65(A1)	88.6	30.5	145	15	N.G
	Sh2	63(A1)			143	17	N.G
	Sh3	60(A1)			140	20	N.G
	Sh4	60(A1)			140	20	N.G
A1 (2차)	Sh1	30(A1)	59.8	48.2	110	50	O.K
	Sh2	35(A1)			115	45	N.G
	Sh3	40(A1)			120	40	N.G
	Sh4	40(A1)			120	40	N.G
P1 (1차)	Sh1	37(A1)	59.0	13.0	87	13	O.K
	Sh2	37(A1)			87	13	O.K
	Sh3	25(A1)			75	25	O.K
	Sh4	25(A1)			75	25	O.K
P1 (2차)	Sh1	5(A1)	39.8	32.2	55	45	O.K
	Sh2	5(A1)			55	45	O.K
	Sh3	3(A1)			53	47	O.K
	Sh4	2(A1)			52	48	O.K
P2 (1차)	Sh1	20(A1)	29.5	6.5	100	60	O.K
	Sh2	19(A1)			99	61	O.K
	Sh3	15(A1)			95	65	O.K
	Sh4	15(A1)			95	65	O.K
P2 (2차)	Sh1	10(A1)	19.9	16.1	90	70	O.K
	Sh2	7(A1)			87	73	O.K
	Sh3	6(A1)			86	74	O.K
	Sh4	4(A1)			84	76	O.K
P4 (1차)	Sh1	15(A2)	29.5	6.5	95	65	O.K
	Sh2	14(A2)			94	66	O.K
	Sh3	17(A2)			97	63	O.K
	Sh4	17(A2)			97	63	O.K
P4 (2차)	Sh1	2(A2)	19.9	16.1	82	78	O.K
	Sh2	1(A2)			81	79	O.K
	Sh3	4(A2)			84	76	O.K
	Sh4	0(A2)			80	80	O.K

【표 3-57】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(마산방향)(계속)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
P5 A1 (1차)	Sh1	18(A2)	59.0	24.1	118	82	O.K
	Sh2	17(A2)			117	83	O.K
	Sh3	20(A2)			120	80	O.K
	Sh4	20(A2)			120	80	O.K
P5 A1 (2차)	Sh1	8(A1)	39.8	43.3	108	92	O.K
	Sh2	6(A1)			106	94	O.K
	Sh3	5(A1)			105	95	O.K
	Sh4	3(A1)			103	97	O.K
P5 A2 (1차)	Sh1	7(A1)	29.5	6.5	87	73	O.K
	Sh2	10(A1)			90	70	O.K
	Sh3	12(A1)			92	68	O.K
	Sh4	13(A1)			93	67	O.K
P5 A2 (2차)	Sh1	6(A2)	19.9	16.1	86	74	O.K
	Sh2	5(A2)			85	75	O.K
	Sh3	2(A2)			82	78	O.K
	Sh4	4(A2)			84	76	O.K
P7 (1차)	Sh1	0(A2)	29.5	6.5	80	80	O.K
	Sh2	12(A2)			92	68	O.K
	Sh3	10(A2)			90	70	O.K
	Sh4	10(A2)			90	70	O.K
P7 (2차)	Sh1	10(A2)	19.9	16.1	90	70	O.K
	Sh2	0(A2)			80	80	O.K
	Sh3	0(A2)			80	80	O.K
	Sh4	0(A2)			80	80	O.K
P8 (1차)	Sh1	20(A2)	59.0	13.0	100	60	O.K
	Sh2	21(A2)			101	59	O.K
	Sh3	20(A2)			100	60	O.K
	Sh4	22(A2)			102	58	O.K
P8 (2차)	Sh1	0(A2)	39.8	32.2	80	80	O.K
	Sh2	0(A2)			80	80	O.K
	Sh3	0(A2)			80	80	O.K
	Sh4	0(A2)			80	80	O.K

【표 3-57】 교량받침 온도차에 따른 가동 여유량과 계산 가동량 비교(단위 : ㎜)(마산방향)(계속)

위 치		점검당시 실측이동량 (㎜)	계산 최대 받침 가동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		평 가
			최대수축 가동량	최대신장 가동량	수축여유량	신장여유량	
A2 (1차)	Sh1	45(A2)	88.6	30.5	155	5	N.G
	Sh2	45(A2)			155	5	N.G
	Sh3	45(A2)			155	5	N.G
	Sh4	45(A2)			155	5	N.G
A2 (2차)	Sh1	10(A2)	59.8	48.2	120	40	N.G
	Sh2	15(A2)			125	35	N.G
	Sh3	13(A2)			123	37	N.G
	Sh4	10(A2)			120	40	N.G

■ 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 대부분 충분한 가동 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 다만, A1, A2의 받침 이동량은 계산에 의한 최대 받침이동량(신장시)이 받침이동허용량을 고려한 받침 가동여유량(신장시)을 초과하는 것으로 검토되었다.

■ 가동여유량 부족은 1차와 2차 조사결과 정상적인 가동상태를 보이고 있어 받침장치 설치 시 발생한 프리셋팅 오류로 판단된다. 가동흔적 조사결과, 기능상에 문제가 없고 이동여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상(받침들뜸 및 파손, 받침장치 주변 부재의 파손 및 변형, 받침편기 등)이 없으며, 현재 교량의 안전성 및 사용성에 문제가 없으므로, 경제성을 고려하여 교체보다는 현상유지가 타당할 것으로 판단된다. 그러나 여유량 부족으로 인한 받침장치 및 거더 등에 손상발생 가능성을 배제할 수 없으므로 중점유지관리 사항으로 선정하여 점검 시 이상유·무를 확인할 수 있도록 중점유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

A1-Sh4 받침 이동위치 측정

A1-Sh4 가동흔적

■ 교량받침의 이동위치는 2회(1차:29.2℃(8월12일), 2차:13.2℃(10월11일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 이동량 측정결과, 계산 이동량과 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

③ 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교

【표 3-58】 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교(단위 : ㎜)(마산방향)

위치	1차온도	2차온도	온도차	거더길이	이론수축량(A)	실측수축량(B)	비고 (A/B)×100
A1	29.2	13.2	16.0	150.0	28.8	35.0	82.3
P1	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	32.0	60.0
P2	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	12.0	80.0
P4	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	17.0	56.5
P5(A1)	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	17.0	112.9
P5(A2)	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	10.0	96.0
P7	29.2	13.2	16.0	50.0	9.6	12.0	80.0
P8	29.2	13.2	16.0	100.0	19.2	22.0	87.3
A2	29.2	13.2	16.0	150.0	28.8	35.0	82.3

■ 교량받침에 대한 기온이 10도 이상 차이나는 2일을 산정하여 현장에서 측정한 결과와 이론 수축량 대비 56.5%~12.9%까지 받침 수축량 변동하는 것으로 받침 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다.

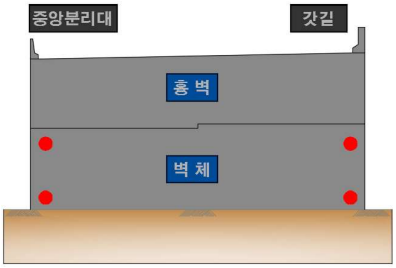
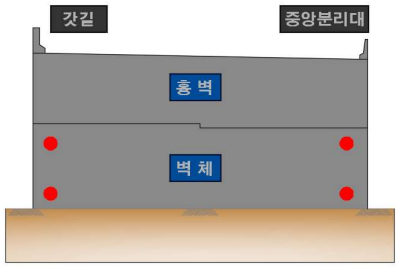
3.3.4 교대 기울기

공용중인 교량의 교대 측방유동 및 밀림의 영향으로 교대 기울음이 발생할 수 있다. 따라서 교대 주변의 현상과 장기적인 추적조사를 통하여 교대의 이동 및 회전현상을 파악할 수 있는데 기존 정밀점검 Data와 비교 분석 및 금회 광파기 및 경사계를 이용하여 측정한 자료를 초기 값으로 하여 향후 교대의 기울기 변화를 지속적으로 관찰할 수 있도록 하였다.

가. 광파기를 이용한 측정

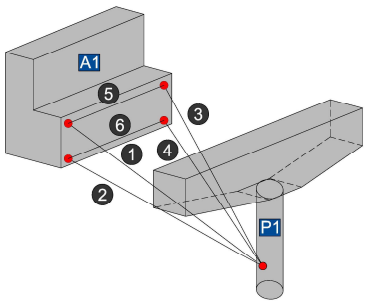
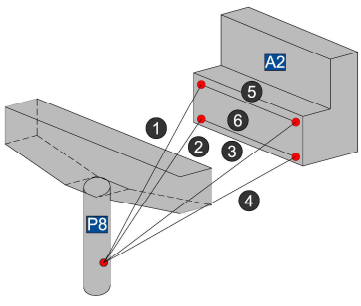
교대의 기울기 및 변위를 관찰하고자 교대 A1, A2 흉벽 및 구체에 4개의 측점을 선정하여 설치하고 광기를 이용하여 측정하였다.

1) 측량 위치 및 측량 전경

측정 위치		측정 전경
A1 교대	A2 교대	
		

2) 측량 결과 및 분석

【표 3-59】 광파기를 이용한 측량 결과(마산방향)

좌표 모식도(A1)	좌표 모식도(A2)	좌표 전경
		

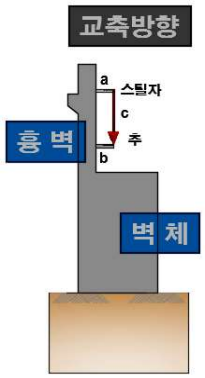
측정일자	위치	측정 결과					
		①	②	③	④	⑤	⑥
2016.10.10	교대 A1	58.2374	58.1592	55.8848	55.7970	11.1989	11.2215
	교대 A2	47.6755	67.6133	67.6465	67.5926	11.4803	11.4898

교대 A1, A2에 대한 측정결과를 향후 진단 시 활용할 수 있도록 위 표와 같이 나타내었다.

나. 다림추를 이용한 측정

교대의 기울기 및 변위를 관찰하고자 교대 A1, A2 흉벽에 다짐추를 이용하여 측정하였다.

1) 측정 위치 및 측정 전경



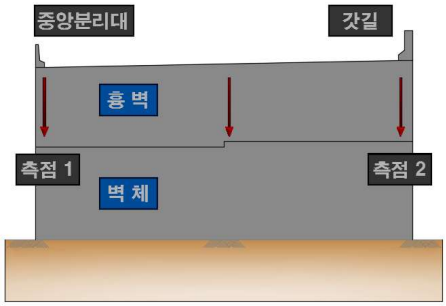
- a : 상단 이격거리(mm), 스틸자 사용
- b : 하단 이격거리(mm), 교대 흉벽에서 추의 거리
- c : 줄의 총 길이(mm)

$$\text{경사}(d) = \frac{(b-a)}{c}(\%)$$

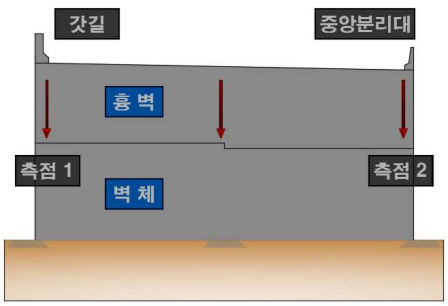
- 경사 부호

: (−)부호일 경우 ◿(교대가 흉벽측으로 기울음)

: (+)부호일 경우 ◹(교대가 교각측으로 기울음)



A1 교대 기울기 측정 위치



A2 교대 기울기 측정 위치

2) 측정 결과 및 분석

【표 3-60】 다림추를 이용한 기울기 결과(마산방향)

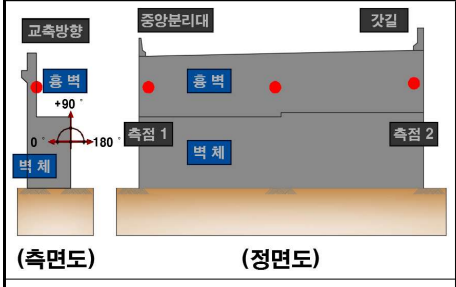
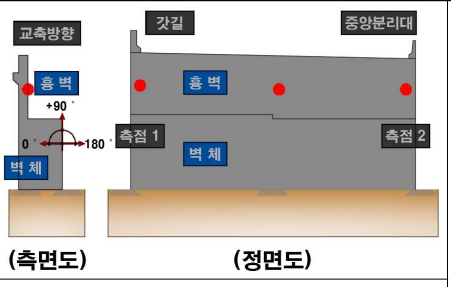
구 분		교대 기울기 측정 결과(단위 : mm)					
		①		②		③	
		금회	전회	금회	전회	금회	전회
A1	상단 이격거리(a)	100	100	100	100	100	100
	하단 이격거리(b)	96.5	90	97	102	98	98
	줄의 총 길이(c)	1000	2300	1000	2300	1000	2300
	경사(d)	−0.35%	−0.43%	−0.30%	0.09%	−0.20%	−0.09%
A2	상단 이격거리(a)	100	100	100	100	100	100
	하단 이격거리(b)	99	106	101	115	101	89
	줄의 총 길이(c)	1000	2300	1000	2300	1000	2300
	경사(d)	−0.10%	0.26%	0.10%	0.65%	0.10%	−0.48%

A1 교대는 -0.35~-0.20%의 경사가 측정되었고, A2 교대는 -0.10~+10%의 경사가 측정되었다. A1의 기울기는 흉벽측으로 다소 기울어져 있으며, A2는 교각측으로 기울어진 것으로 확인이 되었고 신축이음 유간을 만족하고, 흉벽 시공 시 거푸집 변형 및 콘크리트면이 일정하지 않는 오차로서 수평이동에 대한 영향은 미미한 것으로 분석되었다. 또한, 기 점검 결과와 유사한 것으로 분석되었다.

다. 경사계 및 디지털 카메라를 이용한 측정

■ 교량의 A1, A2에 대해서는 『디지털 카메라를 이용한 토목구조물 안전진단장치(특허등록번호 : 10-1619407), 디지털 카메라를 이용한 토목구조물 안전진단장치의 운용방법(특허등록번호 : 10-1619412)』을 이용하여 직립도(기울기)를 측정하였고 경사계로 측정된 값과 비교하였다.

1) 측정 위치 및 전경

측정 위치		측정전경
		
A1 교대	A2 교대	

2) 디지털 카메라를 이용한 측정

디지털 카메라 직립도 측정 전경

디지턴 카메라 직립도 측정결과

3) 측정결과 및 분석

【표 3-61】 경사계를 이용한 기울기 결과(마산방향)

구 분			설계기울기 (o)	측정기울기(o)			기울기오차 (o)	각변위
				측점 1	측점 2	Max 값		
A1	흉벽	교축방향	90.00	-89.90	-89.85	-89.50	0.15	1/382
A2	흉벽	교축방향	90.00	-89.95	-90.00	-89.95	0.05	1/1146

※ 각변위에서 (+)는 교대 전면방향으로 경사 발생, (-)는 교대 배면방향으로 경사 발생.

【표 3-62】 교대 직립도(기울기-디지털 카메라) 측정 결과(마산방향)

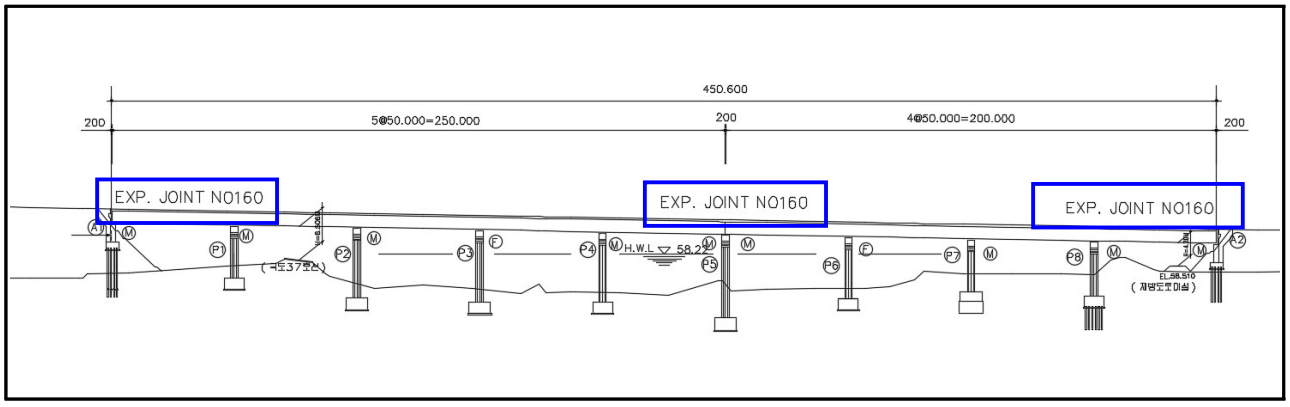
구 분			설계기울기 (o)	측정기울기(o)		기울기오차 (o)	각변위
				측점1	환산		
A1	흉벽	교축방향	90.00	-0.149996	-89.85	0.15	1/382
A2	흉벽	교축방향	90.00	-0.047832	-89.95	0.05	1/1146

※ 각변위에서 (+)는 교대 전면방향으로 경사 발생, (-)는 교대 배면방향으로 경사 발생.

디지털 카메라와 전자경사계를 이용한 기울기 측정결과 교대 구체 A1 및 A2 모두 허용변위 내의 각 변위를 보이고 있어 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

3.3.5 신축이음 장치

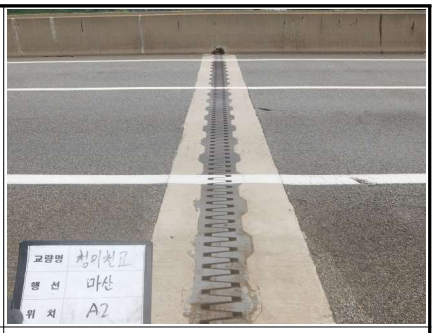
청미천교(마산)의 신축이음장치는 A1, A2에 강핑거 조인트, P5에는 레일 조인트가 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.



【그림 3-10】 청미천교(마산) 신축이음 배치도

신축이음장치 전경(A1)

신축이음장치 전경(P5)



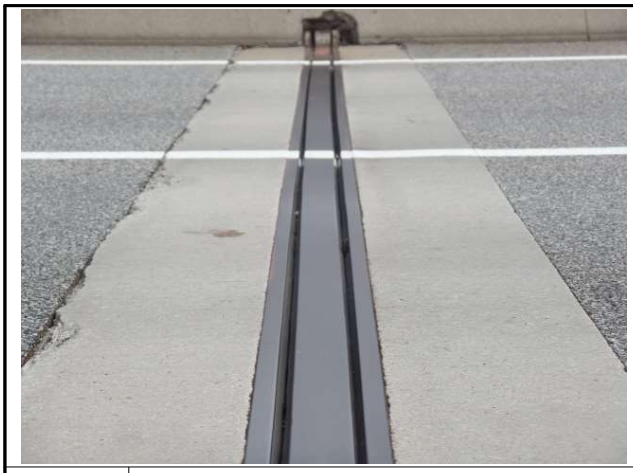
신축이음장치 전경(A2)

1) 외관조사 결과

【표 3-63】 신축이음장치 외관조사 결과(마산방향)

구분	본체						커버플레이트		후타재					
	변형(m)		부식(m)		유간토사퇴적(m)		볼트풀림	탈락	균열(Cw=0.1㎜)		균열(Cw=0.2㎜)		파손(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	-	-	2.00	1	2.00	1	7	-	1.20	4	-	-	0.08	3
P5	11.00	1	2.00	1	2.00	1	1	1	3.60	9	-	-	1.10	1
A2	-	-	-	-	12.00	1	7	-	0.30	1	1.20	3	0.64	4
합계	**11.00**	**1**	**4.00**	**2**	**16.00**	**3**	**15**	**1**	**5.10**	**14**	**1.20**	**3**	**1.82**	**8**

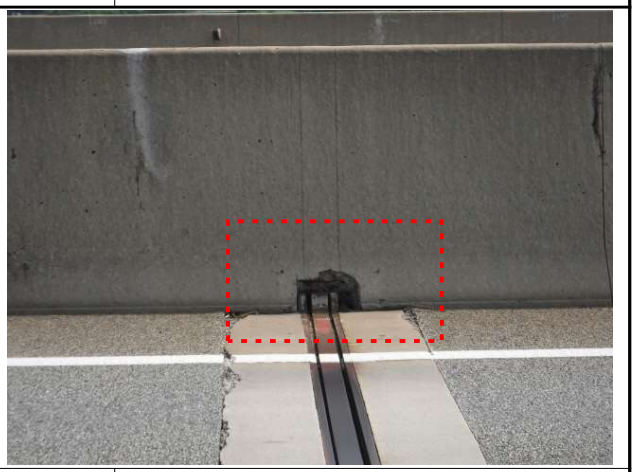
2) 손상별 원인분석



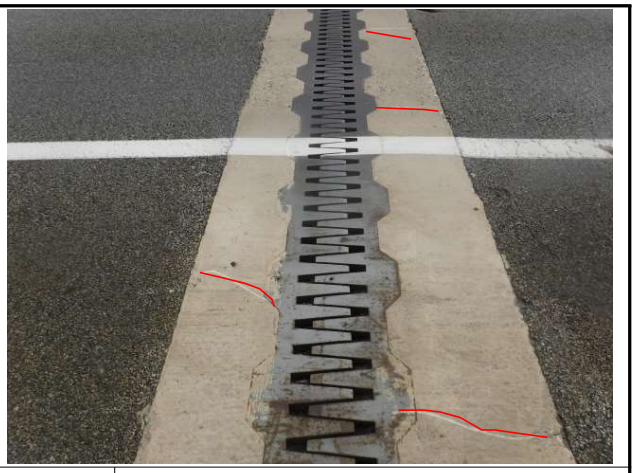
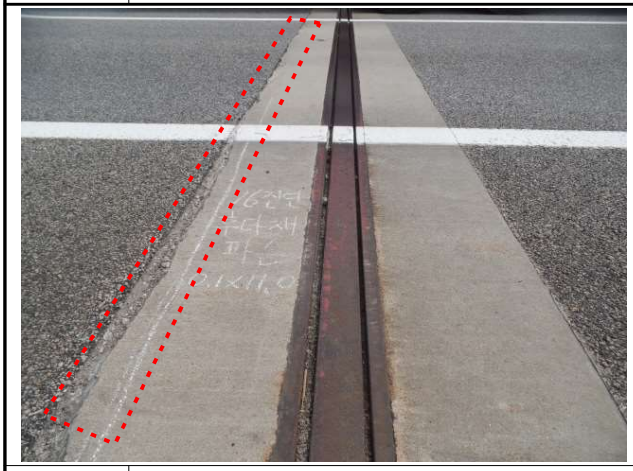
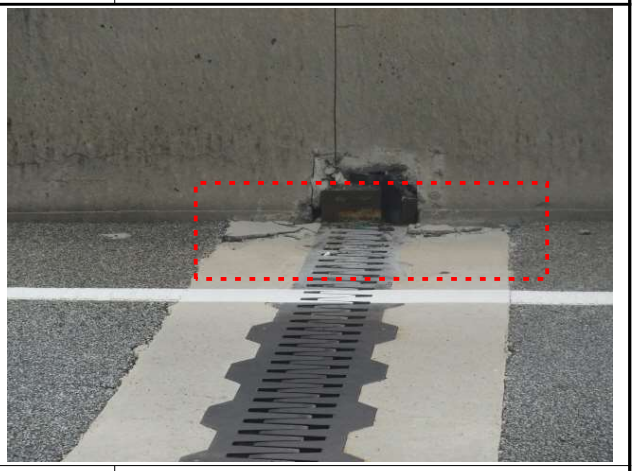
현 황	◦P5 본체 변형
원 인	◦공용증가, 중차량 통행
대 책	◦지속관찰

현 황	◦P5 본체부식
원 인	◦우수 및 제설제 노출
대 책	◦지속관찰

현 황	◦A2 본체 부식, 유간토사퇴적
원 인	◦공용증가
대 책	◦지속관찰, 주기적인 청소



현 황	◦P5 커버플레이트 탈락
원 인	◦외부충격
대 책	◦재설치

			
현 황	◦P5 커버플레이트 볼트탈락	**현 황**	◦A1 후타재 균열(0.2㎜/0.4m)
원 인	◦외부충격	**원 인**	◦건조수축, 중차량 통과
대 책	◦재설치	**대 책**	◦지속관찰
			
현 황	◦P5 후타재 파손	**현 황**	◦A2 후타재 파손
원 인	◦시공미흡, 중차량에 의한 파손	**원 인**	◦시공미흡, 중차량에 의한 파손
대 책	◦단면보수	**대 책**	◦단면보수

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 청미천교(마산)의 A1, A2 신축이음은 2013년과 2014년에 교체되어 비교가 불가한 상태였으며, P5 신축이음은 기 진단에서 상태가 양호한 것으로 조사되어 금회 조사결과 공용증가에 따른 손상의 증가가 나타났다.

【표 3-64】 신축이음 기 진단 결과 비교(마산방향)

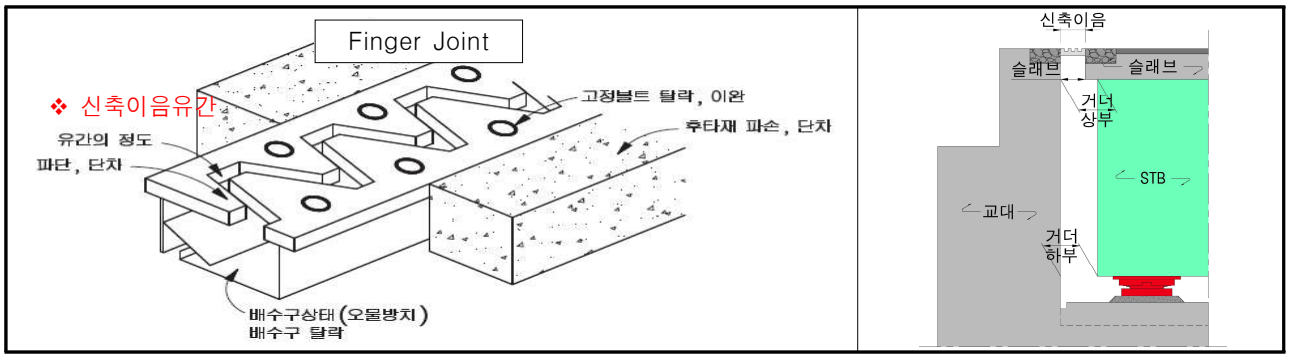
결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
상면부식	-	-	2	4.00m	▲	4.00m	
유간토사퇴적	-	-	3	16.00m	▲	16.00m	
변형	-	-	1	11.00m	▲	11.00m	
균열(cw=0.3mm미만)	-	-	17	6.30m	▲	6.30m	
파손	-	-	8	1.82㎡	▲	1.82㎡	

4) 검토 의견

- 신축이음 본체는 부식, 유간토사퇴적, P5 신축이음의 본체 변형이 조사되었으며, 후타재 균열 및 파손과 커버플레이트 탈락, 볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.
- A1, A2 신축이음장치의 본체는 2013년과 2014년 레일조인트에서 강핑거조인트로 교체되어 매우 양호한 상태이며, 가동상태와 유간량은 거더가 최대로 신장할 경우에 만족하는 것으로 분석되었다. 또한 하부 고무재 파손, 단차 등의 손상이 조사되지 않는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
- P5 신축이음장치의 본체는 지속적인 우수의 유입과 동절기 제설제의 영향으로 일부 부식이 발생한 상태이며, 공용증가 및 중차량 통행으로 변형이 발생하였다. 현재 신축이음장치의 가동상태와 유간량은 거더가 최대로 신장할 경우에 만족하는 것으로 분석되었고, 하부 고무재 파손, 단차 등의 손상이 조사되지 않은 것으로 나타나 현재 상태에서는 지속관찰하고 향후 점검결과에 따라 신축이음 교체를 단계적으로 실시하는 것을 검토하여야 한다.
- 후타재 균열과 파손은 시공초기 건조수축, 공용 중 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로 내구성 및 차량의 주행성 확보 차원의 표면처리보수 및 단면보수를 실시하여야 한다.
- 신축이음 유간 토사퇴적은 주행차량의 충격과 마찰로 인해 신축이음 본체 파손과 누수를 유발시켜 상·하부구조의 열화 및 교량받침 부식 등의 손상을 초래하게 되므로 정기적인 청소와 유지관리가 필요하다. 또한 커버플레이트 볼트탈락은 현재 보수의 의미가 없으므로 향후 추가 손상이 발생할 경우 차수덮개 전체를 교체함이 바람직하며, 커버플레이트 탈락은 강우시 우수의 하부유입으로 인한 교량받침과 하부구조의 손상이 우려되므로 재설치가 필요하다.

5) 신축량 조사 및 평가

① 계산 신축량 산정



신축이음장치 유간 측정	슬래브 및 거더 상부 유간 측정	거더 하부 유간 측정

【표 3-65】 계산 신축량 산정(마산방향)

평가 기준

▣ 온도에 의한 가동량

$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$ (신축거더 길이)

ΔT = 온도변화(-20℃~+40℃) → Steel Box Girder교(한랭지방)

α = 선팽창계수(1.2×10^{-5}) → Steel Box Girder교

※ 한랭지방 적용근거

도로설계편람 (2000년)	■ 온도범위는 교량상부구조의 평균온도이며, 지역구분은 최근 5년간 최저기온 및 최고기온을 참조하여 결정(도로공사 연구보고서. 1993) ■ 대전 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산
기상청 통계자료	■ 최근 5년간 이천(기)의 일평균 최저 온도 : -14.2℃(2011. 1. 16.) ■ 설계편람 발간당시의 이천(기) 5년간 일평균 최저 온도 : -15.8℃(2001. 1. 15.) ■ 최근 5년간 평균 최저 온도 < 발간당시의 5년간 평균 최저 온도

▣ 활하중에 의한 보의 처짐에 의한 가동량

$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$

여기서, h_i : 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(1h/3)

θ_i : 보의 회전각(강교 1/150)

▣ 계산 가동량 산정

온도변화 범위	-20℃ ~ +40℃	**선팽창 계수(α)**	1.2×10^{-5}
점검시 기온(℃)	2016. 08. 12.(1차) 2016. 10. 10.(2차)	29.2(1차) 11.6(2차)	
온도에 의한 가동량($\Delta \ell t$)	$\Delta \ell t = \Delta T \times \alpha \times \ell$		
보의 중립축까지 높이 1h/3(hi)	$\frac{1}{3}\times2{,}500$		
보의 회전각(θi)	1/150(Steel Box Girder교)		
보의 처짐에 의한 가동량($\Delta \ell r$)	$\triangle l_r = \sum(h_i \times \theta_i)$		

신축거더길이(L)	A1	P5	A2
	150.0	150.0	150.0

※ 처짐에 의한 가동량은 신축거더 100m이상 교량의 단부에 수축시만 고려하여 계산

② 신축이음 유간거리 산정

【표 3-66】 신축이음 유간거리 산정(마산방향)

위치		측정시 온도 (℃)	온도변화(⊿T)		선팽창 계수	신축거더 길이(m)	거더높이 (m)	최대 신축량(㎜)	
			동절기 (℃)	하절기 (℃)				동절기 (최대수축시)	하절기 (최대팽창시)
A1	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1
P2	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1
A2	1차	29.2	-49.2	10.8	0.000012	150.0	2.50	88.6	19.4
	2차	11.6	-31.6	28.4	0.000012	150.0	2.50	56.9	51.1

③ 신축이음 유간거리 측정결과

【표 3-67】 신축이음 유간거리 측정결과(단위 : ㎜)(마산방향)

부 재		신축이음장치 (A)	바닥판(B)	Steel Box Girder		장치종류
				상부(C)	하부(B)	
Exp.J1(A1)	1차	50.0	160.0	210.0	190.0	Finger Joint, NO.160
	2차	75.0	200.0	230.0	212.0	
Exp.J2(P2)	1차	27.0	120.0	375.0	350.0	Rail Joint, NO.160
	2차	50.0	140.0	405.0	375.0	
Exp.J3(A2)	1차	50.0	150.0	300.0	280.0	Finger Joint, NO.160
	2차	70.0	180.0	325.0	305.0	

【표 3-68】 신축이음 유간거리 검토결과(마산방향)

부 재			측정유간 (㎜)	계산 신축량(㎜)		허용신장량 (㎜)	신축 여유량(㎜)		평가
				수축	팽창		수축	팽창	
Exp.J1 (A1)	1차	A	50.0	88.6	19.4	160.0	110.0	50.0	O.K
		B	160.0				-	160.0	
		C	210.0				-	210.0	
		D	190.0				-	190.0	
	2차	A	75.0	56.9	51.1	160.0	85.0	75.0	O.K
		B	200.0				-	200.0	
		C	230.0				-	230.0	
		D	212.0				-	212.0	

【표 3-68】 신축이음 유간거리 검토결과(계속)(마산방향)

부 재			측정유간 (㎜)	계산 신축량(㎜)		허용신장량 (㎜)	신축 여유량(㎜)		평가
				수축	팽창		수축	팽창	
Exp.J2 (P2)	1차	A	27.0	88.6	19.4	160.0	133.0	27.0	O.K
		B	120.0				-	120.0	
		C	375.0				-	375.0	
		D	350.0				-	350.0	
	2차	A	53.0	56.9	51.1	160.0	107.0	53.0	O.K
		B	140.0				-	140.0	
		C	405.0				-	405.0	
		D	375.0				-	375.0	
Exp.J2 (A2)	1차	A	50.0	88.6	19.4	160.0	110.0	50.0	O.K
		B	150.0				-	150.0	
		C	300.0				-	300.0	
		D	280.0				-	280.0	
	2차	A	70.0	56.9	51.1	160.0	90.0	70.0	O.K
		B	180.0				-	180.0	
		C	325.0				-	325.0	
		D	305.0				-	305.0	

※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창), 신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축)
※ 신축여유량 > 0인 경우 양호
※ A : 신축이음장치, B : 바닥판, C : Steel Box 상부, D : Steel Box 하부

④ 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단(2012년)결과 A1신축이음의 여유량이 부족한 것으로 조사되었으나 2014년 신축이음 교체가 이루어져 금회 신축이음 여유량 검토 결과 A1~A2 모두 유간은 충분히 만족하는 것으로 평가되었다.

⑤ 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교

【표 3-69】 온도차에 따른 이론 수축량과 실제 수축량 가동 여부 비교(단위 : ㎜)(마산방향)

위치	1차온도	2차온도	온도차	거더길이	온도차 이론 수축량(A)	온도차 실측수축량(B)	비고 (A/B)×100
A1	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	25	126.80
P2	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	26	121.92
A2	29.2	11.6	17.6	150.0	31.7	20	158.50

■ 신축이음장치에 대한 기온이 10도 이상 차이나는 2일을 산정하여 현장에서 측정한 결과와 이론 수축량 대비 신축이음의 가동 상태는 양호한 것으로 분석되었다.

3.3.6 교면포장

바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스팔트콘크리트 포장으로 시공되어 있다.

교면포장의 상태는 청음조사 확인결과 포장 들뜸이 일부 조사되었다. 코아채취에 의한 아스콘(교면방수) 및 바닥판 콘크리트 상태조사는 S5경간에서 확인하였으며 포장두께는 70.0㎜로 준공도면(t=80㎜)과 차이가 있으며, 바닥판의 재료열화와 같은 손상이 발생되지 않은 양호한 상태이다. 콘크리트 코어시편은 염화물시험을 위한 시료로 활용하였다.

교면포장 전경

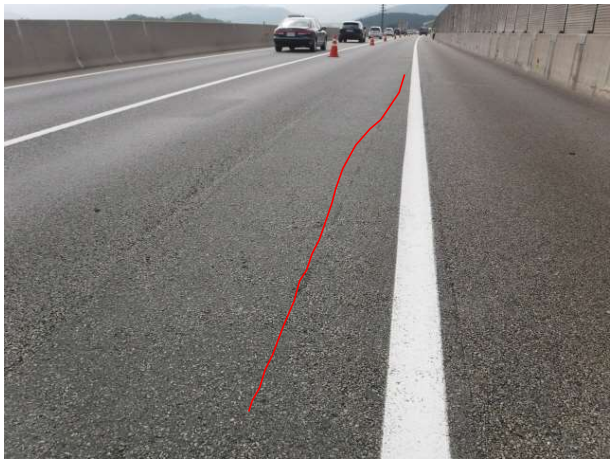
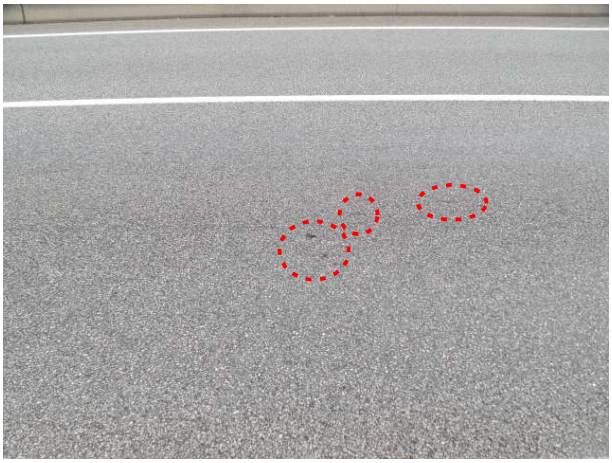
교면포장 두께 측정(t=80mm)

1) 외관조사 결과

【표 3-70】 교면포장 외관조사 결과(마산방향)

구분	포장불량											
	망상균열(㎡)		파손(㎡)		패임(㎡)		포장균열(m)		포트홀(㎡)		이물질용입(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	0.09	1	0.02	2	2.50	2	0.25	1	0.04	1
S2	-	-	-	-	0.04	4	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	15.00	1	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	0.14	2	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	0.04	1	0.01	1	-	-	1.10	3	0.05	5	-	-
S7	0.80	1	-	-	0.13	7	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	0.01	1	-	-	-	-	-	-
S9	10.00	1	-	-	0.73	10	-	-	-	-	-	-
합계	**10.84**	**3**	**0.10**	**2**	**1.07**	**26**	**18.60**	**6**	**0.30**	**6**	**0.04**	**1**

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S9 교면포장 아스콘 망상균열
원 인 ◦시공미흡(다짐불량), 중차량 통과
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S1 교면포장 아스콘 파손
원 인 ◦시공미흡(다짐불량), 중차량 통과
대 책 ◦팻칭보수</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S4 교면포장 아스콘 패임
원 인 ◦차량충돌
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S3 교면포장 아스콘 균열
원 인 ◦다짐불량, 중차량 통과
대 책 ◦실링보수</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S6 교면포장 포트홀
원 인 ◦다짐불량, 중차량 통과
대 책 ◦팻칭보수</td><td>현 황 ◦S1 교면포장 이물질 용입
원 인 ◦시공미흡
대 책 ◦팻칭보수</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 공용 년 수 증가와 지속적인 차량통행에 의한 노후화로 손상물량이 전반적으로 증가한 상태이며, 신규손상으로 포트홀, 이물질 용입이 일부 조사되었다.

【표 3-71】 교면포장 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
아스콘 균열	11	17.60m	6	18.60m	▲	1.00m	
아스콘 망상균열	3	0.93㎡	3	10.84㎡	▲	9.91㎡	
파손, 패임, 포트홀	19	0.40㎡	34	1.47㎡	▲	1.072㎡	
이물질 용입	1	0.04㎡	1	0.04㎡		-	

4) 검토 의견

■ 교면포장에는 균열, 망상균열 파손, 패임, 포트홀, 이물질 용입 등의 손상이 조사되었다. 이들 손상은 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화 등에 의해 발생한 것이며, 현재 주행차량의 안전성에는 문제가 없으나 구조물의 내구성 차원에서 포장균열은 실링보수, 망상균열과 파손, 패임, 포트홀, 이물질용입은 팻칭보수 함이 바람직하다.

3.3.7 기타부재

가. 배수시설

배수시설은 우수 유입에 따른 열화방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로서, 청미천교(마산)의 배수시설은 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있다.

【그림 3-11】 배수시설 현황(마산방향)

배수구 전경

배수관 전경

1) 외관조사 결과

【표 3-72】 배수시설 외관조사 현황(마산방향)

구분	배수관 탈락	유도배수관설치 필요	배수관 길이부족
	개소	개소	개소
S1	1	-	-
S2	-	-	1
S3	-	-	-
S4	-	1	-
S5	1	-	-
S6	-	-	-
S7	-	-	-
S8	-	-	-
S9	-	-	-
합계	2	1	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S1 유도배수관 탈락
원 인	◦공용증가, 외부충격
대 책	◦재설치

현 황	◦P2 배수관 길이부족
원 인	◦시공미흡
대 책	◦배수관 길이연장

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 지속적인 유지관리가 이루어지고 있는 관계로 배수관 길이연장과 배수홀 파이프 설치 등의 보수가 이루어져 손상은 감소한 상태이다. 하지만 보수누락 및 재손상으로 일부 손상이 남아있는 것으로 파악되었다.

【표 3-73】 배수시설 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
이물질 및 토사퇴적	-	2EA	-	-	▼	2EA	
배수관 길이부족	-	1EA	-	1EA		-	
유도배수관 설치 필요	-	9EA	-	2EA	▼	7EA	
배수관 곡관 누락	-	2EA	-	-	▼	2EA	

4) 검토 의견

■ 배수시설은 유도배수관탈락, 유도배수관 설치필요, 배수관 길이부족 손상이 조사되었다.

■ 바닥판 하면에 설치된 유공관에서 지속적인 우수가 유입되어 바닥판과 교각에 2차 손상을 초래할 수 있는 상태로 배수홀 파이프 설치가 필요하다. 또한 P2 기둥부의 배수관 길이가 짧아 기둥부에 오염을 유발시키고 있는 상태로 길이연장을 실시하여 추가적인 손상을 미연에 방지해야 할 것으로 판단된다.

나. 방호벽(방음벽), 중앙분리대

자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호벽과 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 덮개판이 설치되어 있다.

방호벽 및 방음벽 전경

중앙분리대 전경

1) 외관조사 결과

【표 3-74】 방호벽, 중앙분리대 외관조사 결과(마산방향)

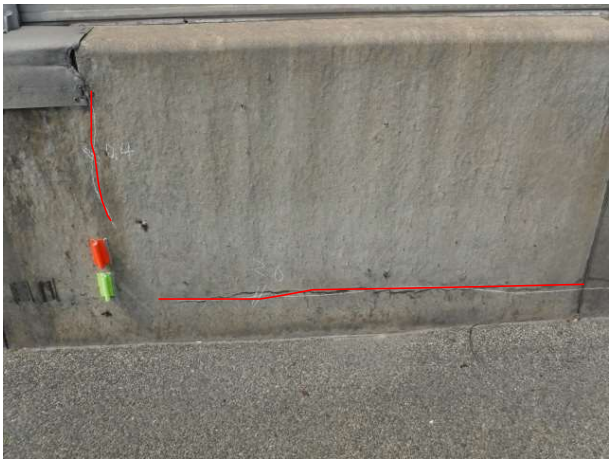
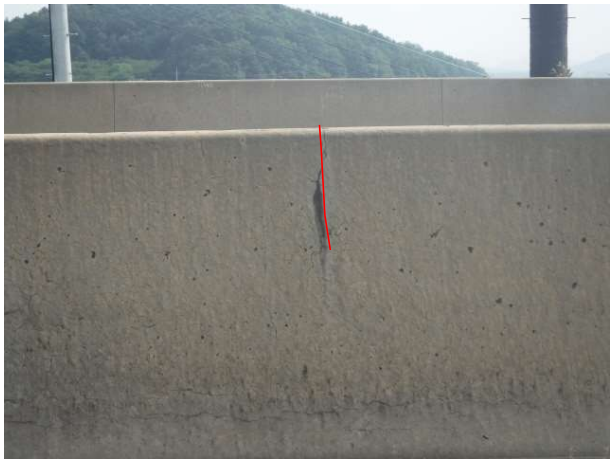
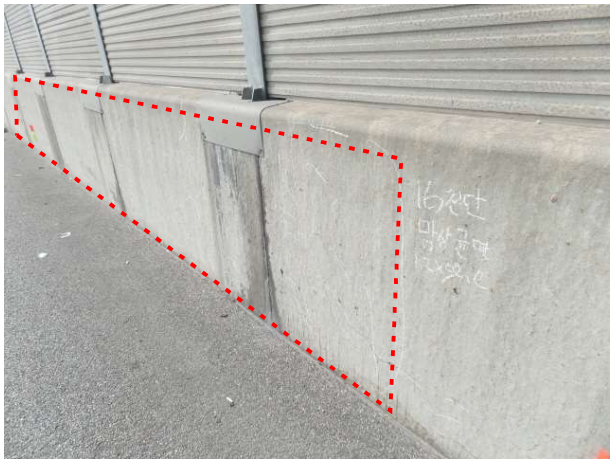
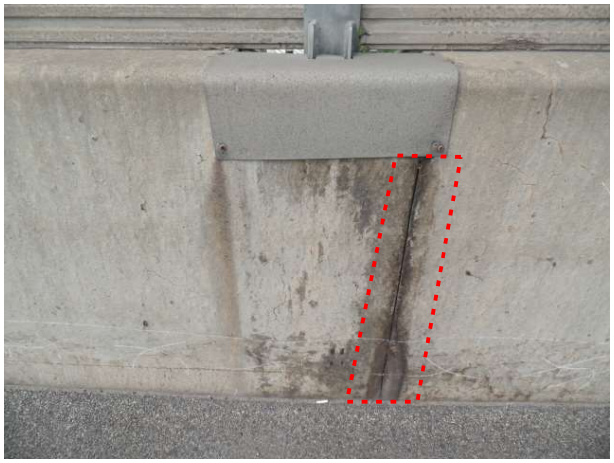
구분	콘크리트											
	균열 (Cw=0.1㎜) (m)		균열 (Cw=0.2㎜) (m)		균열 (Cw=0.3㎜) (m)		망상균열(㎡)		박락(㎡)		백태(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	1.00	4	2.50	6	-	-	50.24	8	-	-	0.11	3
S2	1.60	2	10.40	8	-	-	73.10	3	-	-	0.35	11
S3	14.10	32	9.20	10	-	-	3.55	5	-	-	0.10	1
S4	3.30	10	14.10	5	-	-	25.00	1	-	-	0.19	10

【표 3-74】 방호벽, 중앙분리대 외관조사 결과(계속)(마산방향)

구분	콘크리트											
	균열 (Cw=0.1㎜) (m)		균열 (Cw=0.2㎜) (m)		균열 (Cw=0.3㎜) (m)		망상균열(㎡)		박락(㎡)		백태(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S5	16.30	22	46.00	30	-	-	1.41	7	0.18	1	0.33	4
S6	4.60	15	3.10	7	-	-	2.25	6	-	-	0.01	1
S7	5.40	16	8.70	13	-	-	2.53	10	-	-	0.44	6
S8	11.40	8	54.40	13	-	-	6.50	13	-	-	0.25	6
S9	1.80	4	39.10	9	2.00	4	20.45	10	-	-	3.20	7
합계	59.50	113	186.30	100	2.00	4	185.03	63	0.18	1	4.98	49

구분	콘크리트						방음벽							
	재료분리 (㎡)		충돌흔적 (㎡)		파손 (㎡)		지주덮개 파손(㎡)		방음벽 부식 (㎡)		방음벽 파손 (㎡)		출입문 부식 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	0.02	2	-	-	0.43	14	-	-	1.20	2	0.12	1	-	-
S2	0.05	3	-	-	0.14	13	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	0.02	2	6.00	1	0.22	17	0.01	1	-	-	-	-	-	-
S4	0.01	1	-	-	0.15	10	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	2.00	1	-	-	0.01	1	-	-	-	-	-	-
S6	0.02	2	-	-	0.19	10	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	0.03	1	-	-	-	-	-	-	0.10	1
S8	-	-	-	-	0.22	3	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	0.30	6	0.01	1	1.20	2	-	-	-	-
합계	0.12	10	8.00	2	1.68	74	0.03	3	2.40	4	0.12	1	0.10	1

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S7 방호벽 균열(cw=0.2mm)
원 인 ◦건조수축, 우수유입
대 책 ◦지속관찰</td><td>현 황 ◦S9 중앙분리대 균열(cw=0.3mm)
원 인 ◦건조수축 및 온도변화
대 책 ◦주입보수</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S9 방호벽 백태
원 인 ◦건조수축, 우수유입
대 책 ◦표면처리보수</td><td>현 황 ◦S3 방호벽 망상균열
원 인 ◦건조수축 및 온도변화
대 책 ◦표면처리보수</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>현 황 ◦S5 방호벽 박락
원 인 ◦시공미흡
대 책 ◦단면보수</td><td>현 황 ◦S1 방호벽 박리
원 인 ◦시공미흡
대 책 ◦단면보수</td></tr>
</table>

현 황	◦S2 방호벽 재료분리
원 인	◦시공미흡(다짐불량)
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S3 방호벽 파손
원 인	◦시공미흡, 외부충격
대 책	◦단면보수

현 황	◦S3 방호벽 충돌흔적
원 인	◦차량충돌
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S3 방호벽 플레이트 파손
원 인	◦외부충격
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S1 방음벽 지주부식
원 인	◦경년증가
대 책	◦지속관찰

현 황	◦S1 방음벽 파손
원 인	◦외부충격
대 책	◦지속관찰

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

■ 기 진단 결과를 검토한 결과, 균열, 균열백태, 백태, 파손, 박리 등에 대한 보수가 이루어진 상태이나, 기 점검 시 누락 및 공용 년 수 증가에 의한 노후화로 폭 0.2mm이하 균열과 망상균열 물량이 증가한 상태이다. 또한 신규 손상으로 박락, 백태, 철근노출 등이 조사되었다.

【표 3-75】 방호벽, 중앙분리대 기 진단 결과 비교(마산방향)

결함 및 손상내용	2012년 진단		금회 진단		증 감		비 고
	개소	물량	개소	물량			
균열(cw=0.3mm미만)	231	147.00m	213	245.80m	▲	98.80m	
균열(cw=0.3mm)	85	66.45m	4	2.00m	▼	64.45m	
망상균열	11	3.11㎡	636	185.03㎡	▲	181.92㎡	
백태	31	0.93㎡	49	4.98㎡	▲	4.05㎡	
파손, 재료분리, 박리, 박락	81	1.46㎡	85	1.98㎡	▲	0.52㎡	
덮개파손	10	0.10㎡	3	0.03㎡	▼	0.07㎡	
방음벽 지주부식	4	2.40㎡	4	2.40㎡		-	
방음벽 파손	-	-	1	0.12㎡	▲	0.12㎡	

4) 검토 의견

■ 방호벽 및 중앙분리대에는 균열(최대폭 : 0.3㎜), 망상균열, 박리, 박락, 백태, 파손, 재료분리, 충돌흔적, 덮개파손, 방음벽부식, 방음벽파손, 점검로 출입문 부식 등이 조사되었다.

■ 균열(최대폭 0.3㎜)과 망상균열, 백태 등은 건조수축, 우수유입, 콘크리트 타설 미흡 등에 의한 비구조적인 손상이다. 다만, 방호벽과 중앙분리대는 기상조건과 온도변화의 영향을 지속적으로 받는 부재로서 균열 폭 0.2㎜이하의 균열, 망상균열, 백태는 표면처리 보수, 폭 0.3mm 균열은 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

■ 파손, 재료분리, 박리, 박락 등의 손상은 온도에 따른 콘크리트 신축과 다짐불량, 경년열화, 차량충돌 등에 의한 손상으로 단면보수가 필요하다.

■ 방음벽 지주부식과 지주덮개 파손, 방음벽의 국부적인 파손, 출입문 부식이 조사되었으나 손상정도가 경미하므로 지속관찰 하도록 한다.

3.4 내구성조사 결과

3.4.1 개요

본 구조물은 공용기간이 증가함에 따라 주변 환경과 지하수위의 변동 및 상용여건의 영향으로 강도, 내구성, 사용성 등이 저하되고 이에 따라 균열, 누수, 백태, 표면 노후화, 철근노출 등이 발생한다.

본 과업에서는 현장조사 결과를 기초로 각종 검사기구 및 시험 장비를 사용하여 비파괴강도, 탄산화 깊이, 균열깊이 등을 탐사하고 구조물의 구성재료인 콘크리트의 역학적 · 화학적 특성을 체계적으로 규명하여 대상구조물의 내구성과 구조안전성 평가의 기초자료로 활용하였다.

가. 시험 측정일자 및 조사자

【표 3-76】 현장시험 측정일자 및 조사자

구분	일자	조사자	비고
현장시험	2016.07.11. ~ 08.30.	서외택 외 18명	도보, 사다리, 고소점검차 등 사용

나. 조사항목 및 조사수량

본 과업에서 내구성조사를 위해 실시한 비파괴시험은 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편 한국시설안전공단, 2010.12)” 및 현장조사 여건에 따라 조사 위치와 수량을 결정하였다.

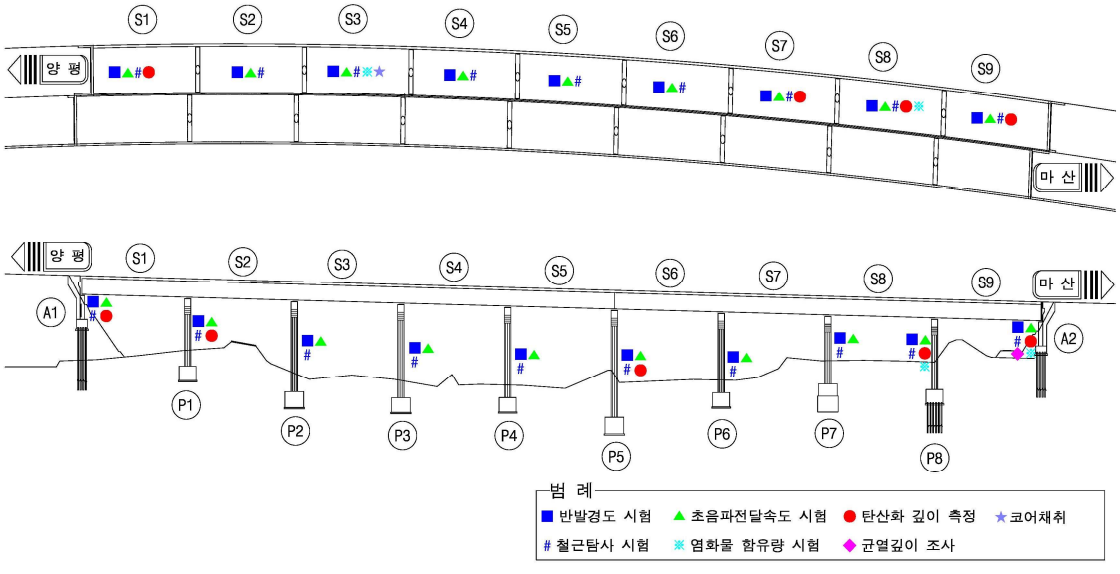
【표 3-77】 현장시험 항목

구 분	조 사 내 용
반발경도시험	■ 반발경도시험을 통하여 구조물의 압축강도를 비파괴로 추정하여 결과 도출
초음파 전달속도시험	■ 콘크리트 초음파 전달속도 시험은 콘크리트의 구성 성분, 다짐 정도, 숙성도 등을 파악하여 콘크리트의 품질 평가 및 분석
철근탐사시험	■ 철근탐사시험은 철근의 간격 및 피복두께를 측정하여 설계도면에 부합되는지 분석함.
탄산화 깊이 측정	■ 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정함
염화물함유량 시험	■ 주변한경(해안) 및 시공시 해사 사용에 따른 염화물함유량 검토
균열깊이 조사	■ 균열 관통여부 및 철근까지 도달하는지 여부 조사
코어 채취	■ 포장 상태 확인 및 염화물함유량 검토

【표 3-78】 비파괴시험 실시 수량(양평방향)

구 분	세부지침 기준		기준수량		금회 시험 수량	
	상부구조	하부구조	상부 구조	하부 구조	상부 구조	하부 구조
반발경도시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
초음파 전달속도시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
철근탐사시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
탄산화 깊이 측정	■ 5경간 이내 4~6개소 (*상부구조에서 최소 2개소 이상) ■ 5경간 이상 6~9개소 (*상부구조에서 최소 3개소 이상)		6개소~9개소		4개소	5개소
염화물함유량 시험	■ 3개소 이상 (*상부구조에서 최소 1개소 이상)		3개소		2개소	3개소
균열깊이 조사	■ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	1개소
강재용접부 초음파탐상 시험	■ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ■ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		36개소		36개소	
도막 두께 측정	■ 별도 기준 없음		-		18개소	
코어 채취	■ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		-		1개소	-

다. 비파괴 위치도(양평방향)



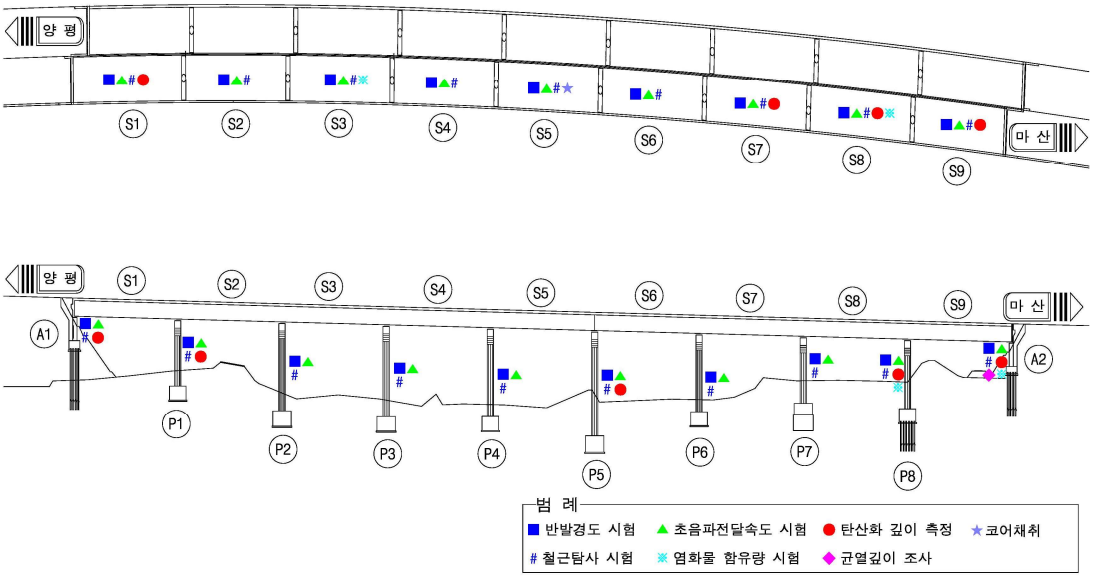
라. 비파괴 시험 전경(양평방향)

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>반발경도법 시험</td><td>초음파 전달속도시험</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>철근탐사시험</td><td>탄산화 깊이 측정</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>균열깊이측정</td><td>도막두께 측정</td></tr>
</table>

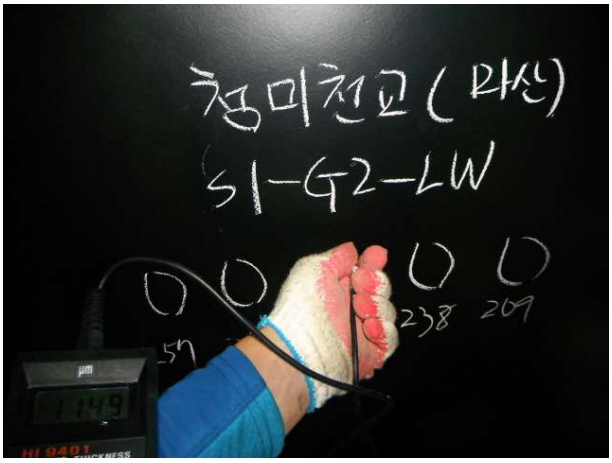
【표 3-79】(마산방향)비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준		기준수량		금회 시험 수량	
	상부구조	하부구조	상부 구조	하부 구조	상부 구조	하부 구조
반발경도시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
초음파 전달속도시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
철근탐사시험	■ 철근콘크리트 : 2개소/50m ■ 강합성교 : 1개소/50m	■ 1개소/연장 50m ■ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m이상)	8개소	8개소	9개소	10개소
탄산화 깊이 측정	■ 5경간 이내 4~6개소 (*상부구조에서 최소 2개소 이상) ■ 5경간 이상 6~9개소 (*상부구조에서 최소 3개소 이상)		6개소~9개소		4개소	5개소
염화물함유량 시험	■ 3개소 이상 (*상부구조에서 최소 1개소 이상)		3개소		2개소	3개소
균열깊이 조사	■ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-	1개소
강재용접부 초음파탐상 시험	■ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ■ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		36개소		36개소	
도막 두께 측정	■ 별도 기준 없음		-		18개소	
코어 채취	■ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		-		1개소	-

마. 비파괴 위치도(마산방향)



바. 비파괴 시험 전경(마산방향)

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>반발경도법 시험</td><td>초음파 전달속도시험</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>철근탐사시험</td><td>탄산화 깊이 측정</td></tr>
<tr><td> </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>균열깊이측정</td><td>도막두께 측정</td></tr>
</table>

3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 압축강도 조사

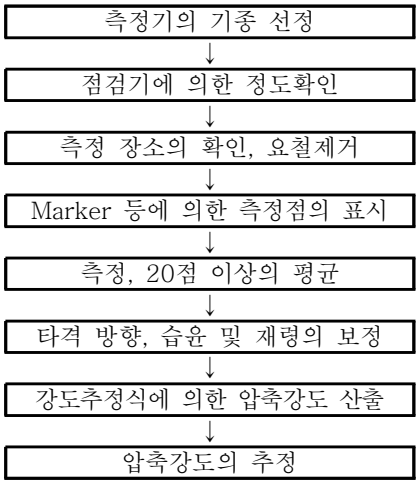
1) 반발경도시험

개 요

■ 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법임
■ 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 적용함

시험 방법

■ 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30㎜기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±20%범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정
■ 측정점간의 최소간격은 보, 기둥 등 모서리로부터 30~60㎜ 이상 떨어진 장소에서 측정 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100㎜이상을 원칙으로 함
■ 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함



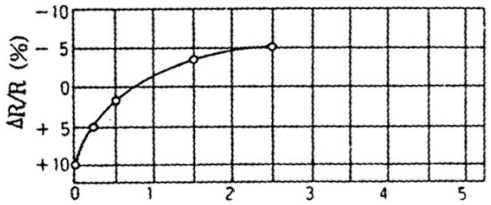
<반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>

보정 방법

■ 타격방향에 따른 보정(ΔR_1)

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도 +90°	+45°	−45°	−90°	비고
10	−	−	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : −90°
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	+1.6	+2.2	
60	−2.3	−1.6	+1.3	+1.7	

■ 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(ΔR_2)
압축응력 1.0kgf/㎠ 인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$,
2.5kgf/㎠ 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 정도임



<압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>

■ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)
기건상태 : $\Delta R_3 = 0$, 습윤상태 $\Delta R_3 = +5$
■ 콘크리트 재령에 따른 보정(α)

구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

■ $Ro = R + \Delta R$ ($\Rightarrow \Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$)
여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값
ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

압축 강도 추정식

■ 일반 콘크리트
− 방법 1 : $Fc = -18.0 + 1.27 \times R_o$ (MPa) ⇒ 일본 재료학회 강도 추정식
− 방법 2 : $Fc = (7.3R_o + 100) \times 0.098$ (MPa) ⇒ 일본 건축학회 강도 추정식
■ 고강도 콘크리트(40MPa이상)
− 방법 1 : $Fc = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098 \times \alpha$ (MPa) ⇒ 과학기술부 추정식
− 방법 2 : $Fc = (2.304 \times R_o - 38.80)$ (MPa) ⇒ 권영웅외 3인식

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12) 참조

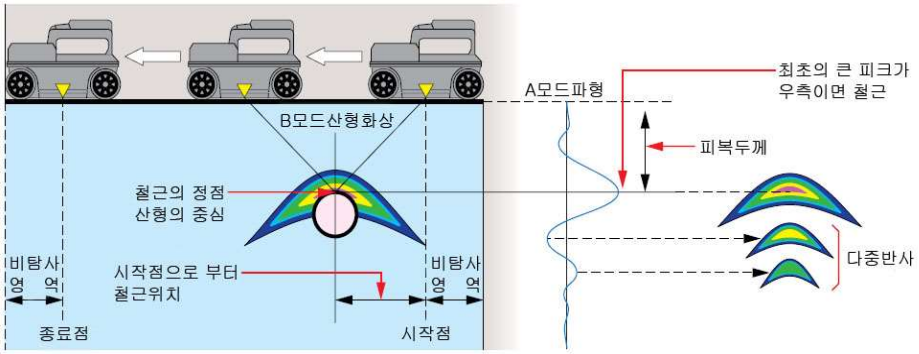
2) 초음파 전달속도시험

개 요	■ 초음파법은 초음파 (주파수 50~100 kHz 정도)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화한다는 것을 이용하여 이 투과속도로부터 콘크리트의 강도, 균열상태, 내부결함 등을 조사하는 방법이다. ■ 그러나 발·수진자의 배치, 콘크리트의 배합비 및 함수율, 내부 철근의 유무 등에 따라 영향을 많이 받기 때문에 강도 추정의 정확도는 높지 않으므로 이 방법을 단독으로 사용하지 않고 반발경도법과 조합법으로 이용하는 것이 일반적이다.
시험 방법	■ 초음파속도를 측정하기 위한 탐촉자의 배열은 직접법, 반직접법 및 간접법이 있음 ■ 직접법에서 구한 초음파 전달속도(종파)를 강도 추정에 이용하나 보통 현장에서 직접법으로 적용할 수 없는 측정부분들에 대해서는 간접법(표면법)으로 초음파속도를 측정함 ■ 타격법과 동일부재 동일위치에서 측정하는 것을 원칙으로 하여 초음파속도를 측정 ■ 간접법을 직접법으로 환산 Vd ≈ 1.05 Vi 여기서, Vd : 직접법에 의한 초음파속도 Vi : 간접법에 의한 초음파속도 측정 장소의 선정 → 측정 장소의 확인, 요철제거 → Marker 등에 의한 측정점의 표시 → 측정기의영점 조정 → 진동자와 측정면 사이 공극이 생기지 않도록 그리스로 밀착 → 전달속도 측정 및 산출 → 압축강도의 추정 또는 품질평가 **<초음파법에 의한 강도추정 흐름도>**
초음파 전달속도	■ 전달속도(*Velocity*, *mm*/μsec) = $\frac{\text{전달길이}(PathLength,\ L:\ mm)}{\text{전달시간}(TransitTime,\ T:\ \mu\text{sec})}$
압축강도 추정식	■ 방법 3 : Fc = (102Vd - 117) × 0.098 (MPa) ⇒ 일본재료학회 강도 추정식 ■ 방법 4 : Fc = (21.5Vd - 62.0) × 0.098 (MPa) ⇒ 일본건축학회 강도 추정식

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12) 참조

나. 철근탐사시험

개 요	■ 본 탐사는 시공 상태평가를 위하여 설계도서에 기록된 배근간격과의 동일 시공여부를 비교하여 구조체 배근상태의 적정성을 판단하며, 철근피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시한다.
탐사 조건	■ 적용 가능한 조건 ◦탐사심도 200㎜ 이내 ◦탐사대상 철근지름이 6㎜ 이상 ◦콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 ■ 적용 곤란한 조건 ◦표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦100㎜ 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우
측정 방법	■ 철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이다 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200㎜이다.



<RC-Radar 측정원리>

평가 기준

■ 철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함
■ 철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단
■ 실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함

<철근의 피복두께 기준>

구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(㎜)	비 고
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40	
			D35 이하	20	
		보 기둥	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10㎜ 저감 가능
			fck < 40MPa	40	
		쉘, 절판 부재		20	
	수중에서 타설 되는 콘크리트			100	
	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80	
	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60	
			D25 이하 철근	50	
			D16 이하의 철근	40	

※콘크리트 구조기준(한국콘크리트학회, 2012) 참조

유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차
d ≤ 200㎜	±10㎜	-10㎜
d > 200㎜	±13㎜	-13㎜

※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함

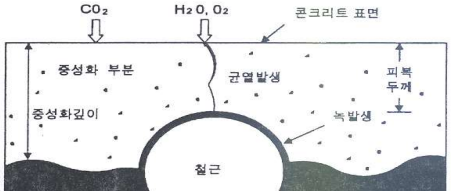
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12) 참조

다. 탄산화 깊이 측정

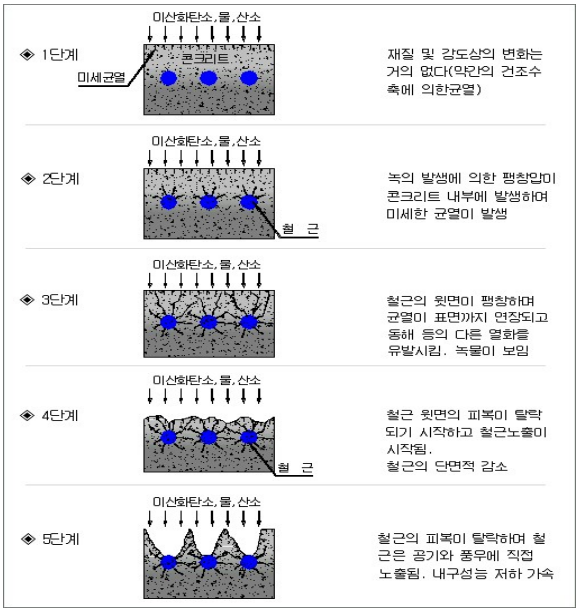
개 요

■ 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10 이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$



■ 콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.



<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>

측정위치 및 방법

① 코어 공시체 표면 또는 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2㎝정도의 구멍을 뚫고 청소 후에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정 또는 채취된 코어에 시험
② 페놀프탈레인 1% 용액 : 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml로 제조

시험 순서

① 햄머드릴을 이용 콘크리트 구조체의 철근의 위치까지 콘크리트를 긁어냄
② 콘크리트를 긁어낸 면을 붓, 솔 등으로 깨끗이 청소
③ 페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트를 벗겨낸 면에 분무기로 분무
④ 탄산화되지 않은 부분은 자주색으로 변하며, 탄산화된 부분은 착색되지 않음
⑤ 콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 깊이(㎜)를 측정, 평균값 산정

평가 기준

<탄산화 상태평가 기준>

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

내구 수명 평가

■ t_1 : 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점
t_2 : 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점
t_3 : 부재내력이 한계에 달하는 시점

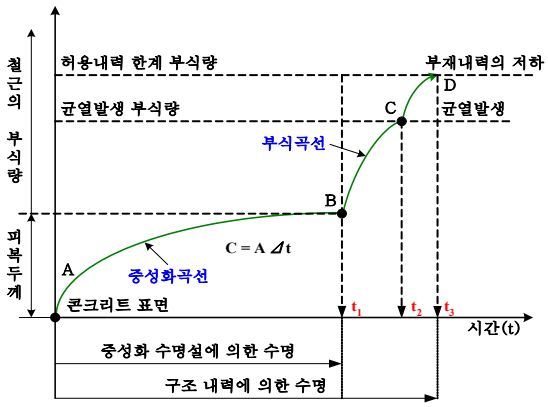
■ 탄산화속도 식 : $C = A\sqrt{t}$

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)
: 경과년수(년)
: 탄산화 속도계수(㎜/)

■ 탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d) :

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$$

여기서, D_c : 철근까지의 피복두께(㎜)
t_0 : 현재의 구조물 경과시간(년)



<콘크리트 내부에서 철근부식의 개념>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12) 참조

라. 염화물 함유량 시험

개 요

■ 콘크리트가 탄산화되거나 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 시작되어 철근의 부식방지를 위해서 염화물 이온량을 원칙적으로 제한할 필요가 있다.

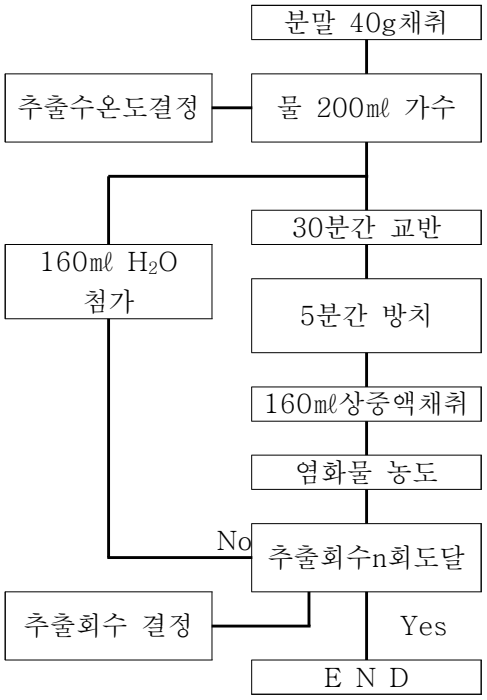
■ 굳지 않은 콘크리트의 총 염화물 이온량은 국내의 경우 0.30kg/㎥이하로 제한하고 있으며, 책임기술자의 승인을 받는 경우 0.60kg/㎥ 까지 허용될 수 있다.

시험 방법

■ 본 진단 대상구조물의 콘크리트 재료 중에 함유된 염화물함유량 정도를 추정하기 위하여 현장에서 채취한 분말시료를 이용하여 실내시험을 실시하였다.

■ 경화콘크리트는 염분을 증류수로 용출하여 시험을 하며, 경화콘크리트에 대한 염분함량 측정은 일본 “건설성 토목연구소”에서 규정한 [콘크리트 중에 포함되어 있는 염화물의 정량 방법에 관한 사안]에 따라 가용성 염분량의 분석을 실시하였다.

■ 그러나 이미 굳은 콘크리트의 총 염화물 이온량에 대한 검토가 염소이온 농도에 의해 이루어질 경우, 재령 29일 이후의 콘크리트에서 최대 수용성 염화물 이온농도 시험은 KS F 2713(콘크리트 및 콘크리트의 재료의 염화물 분석 시험 방법) 또는 KS F 2715(모르타르 및 콘크리트의 수용성 염화물 시험 방법)에 따라 시행하고 콘크리트 구조기준(2012년)에 준하여 철근부식방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율 값으로 검토할 수 있다.



<염화물함유량 시험방법>

평가 기준

<염화물 상태평가 기준>

구 분	a	b	c	d	e
전염화물 이온량(kg/㎥)	염화물≤0.3	0.3<염화물<1.2	1.2≤염화물<2.5	염화물≥2.5	-
철근부식의 가능성	염화물에 의한 부식발생 우려 없음	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-

<철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율>

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

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(한국시설안전공단, 2010.12) 참조

마. 균열깊이 측정

1) 개 요

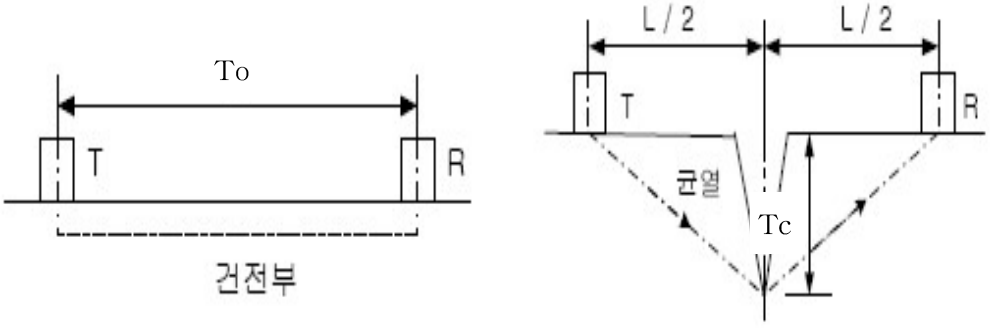
본 시험은 콘크리트에 발생된 균열 부위에서 건전부와 균열부의 측정된 초음파 전달시간의 차이를 이용하여 균열깊이를 평가하여 부재의 관통균열 여부 확인 및 철근의 부식조건 등에 대해 평가한다.

2) 시험방법

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 Tc-To법으로 구한다. 이 방법은 종파용 발·수신자를 균열 개구부를 중심으로 등간격 L/2(=X)로 설치하여 균열선단부를 회절한 초음파의 전파시간 Tc를 구한다. 또한 부근의 균열이 없는 부분에서 발·수진자를 동일한 거리 L(=2X)만큼 떨어진 곳에 설치하여 전파시간 To를 구한다. 측정된 Tc-To로 부터 다음과 같은 식을 적용하여 균열의 깊이를 구한다. 본 시험에서는 X=150㎜를 적용하였다.

$$C = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{(T_C^2)}{(T_O^2)} - 1}$$

위 식은 균열면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으며, 균열주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것이다.

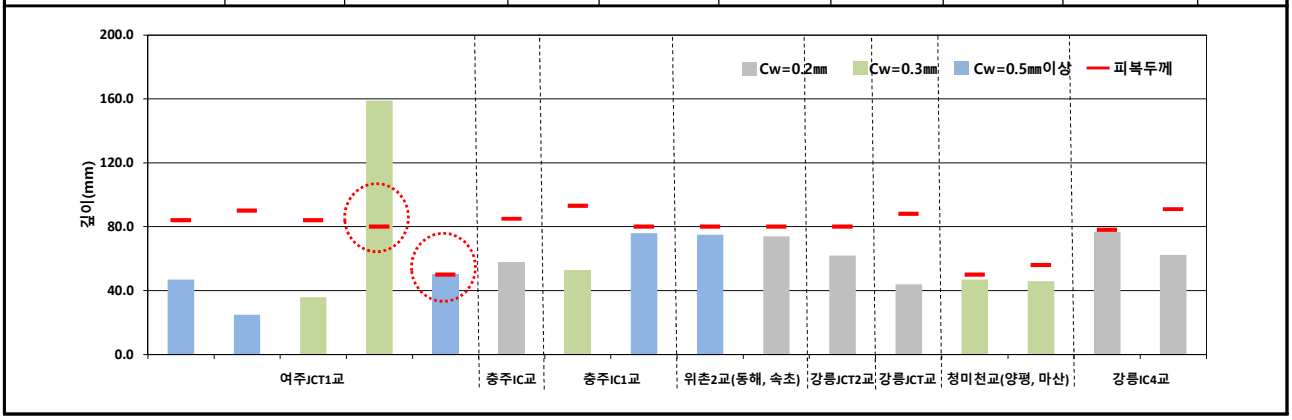


【그림 3-12】 Tc - To법에 의한 균열깊이 측정방법

3) 금회 정밀안전진단 여주JCT1교 등 14개소 균열 깊이 패턴 분석

금회 정밀안전진단 시 조사된 균열 중 「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부-2010.12)」에 따라 초음파속도를 통한 균열깊이를 측정하였다. 균열깊이를 통한 균열의 관통 및 철근까지 도달 여부를 파악하는데 목적이 있으나 초음파 속도에 의한 균열 깊이 값이 철근, 균열 불연속성, 공극 등에 의해 오차가 발생된다. 따라서 금회 진행된 교량에 대해 균열깊이의 패턴을 분석하였고 그 결과를 아래와 같이 나타내었다.

교량명	측정 방법	시험위치		손상 크기 (㎜/m)	초음파전달시간		피복 두께 (㎜)	균열 깊이 (㎜)	비고
		위치	세부 위치		To	Tc			
여주JCT1교	초음파	A1 흉벽부	우측	0.5/1.5	60.3	71.3	84.0	47.0	보수
	건 코어	A1 흉벽부	우측	0.5/1.5	–	–	90.0	25.0	보수
	초음파	A1 흉벽부	우측	0.3/1.0	67.3	74.8	84.0	36.0	보수
		A1 흉벽부	좌측	0.3/2.0	43.3	101.6	80.0	159.0	보수
	건 코어	P2 코핑부	하면	1.5/4.0	–	–	50.0	50.0	보수
충주IC교	초음파	P2 기둥부	배면	0.2/1.7	42.4	53.5	85.0	58.0	–
충주IC1교	초음파	A1 전면부	우측	0.3/0.7	48.2	59.2	93.0	53.0	보수
		A2 흉벽부	우측	1.0/2.2	44.8	63.8	80.0	76.0	보수
위촌2교(동해)	초음파	A1 흉벽부	–	1.0/1.5	51.8	73.3	80.0	75.0	–
위촌2교(속초)	초음파	A1 흉벽부	–	0.2/1.5	51.3	72	80.0	74.0	–
강릉JCT2교	초음파	A2 전면부	–	0.2/0.7	54.8	71.3	80.0	62.0	–
강릉JCT교	초음파	P1 기둥부	후면	0.2/7.5	40.8	47.2	88.0	44.0	–
청미천교(양평)	초음파	A2 흉벽부	–	0.3/2.8	30.6	36.1	50.0	47.0	–
청미천교(마산)	초음파	P8 기둥부	–	0.3/2.0	51.5	60.3	56.0	46.0	보수
강릉IC4교	초음파	P2 기둥부	–	0.2/1.6	28.5	40.8	78.0	76.8	–
		A2 흉벽부	–	0.2/1.3	38.5	50.1	91.0	62.5	–



【그림 3-13】 여주JCT1교 등 14개소 균열깊이 측정 결과

4) 여주JCT1교 등 14개소에 대한 균열 깊이 측정은 총 16개소를 실시하였으며, 각 교량마다 대표적인 균열에 대해 실시하였다. 균열 깊이의 패턴을 검토한 결과 철근피복두께까지 진행된 균열은 2개소, 철근까지 도달하지 않은 균열은 14개소로 분석되었고, 균열 중 철근까지 도달한 균열 및 일부 0.3㎜이상의 균열 보수가 완료되었다. 철근까지 도달하지 않은 균열 중 0.3㎜이상의 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2㎜이하의 균열은 부재별로 표면처리보수 및 지속관찰로 방안을 제시하였으며, 균열 폭이 0.5㎜이상의 균열은 충전공법을 실시하여 구조물의 내구성을 확보하여야한다.

3.4.3 현장시험결과 및 분석(양평방향)

가. 비파괴 강도

1) 반발경도법 시험개요

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우, 일본재료학회와 일본 건축학회 CDNT 소위원회 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

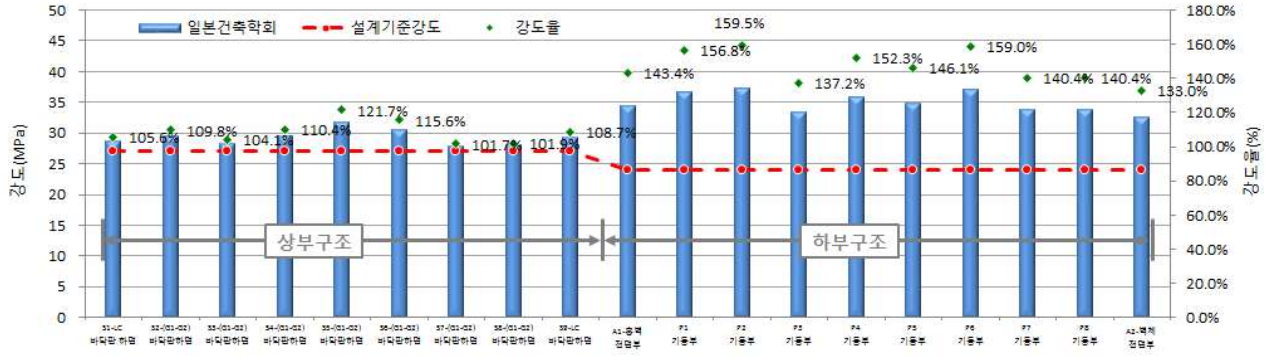
2) 반발경도법 시험결과

【표 3-80】 보정계수를 적용한 추정 비파괴 강도(양평방향)

시험위치		Ro	반발경도법에 의한 추정비파괴강도			설계기준 강도(B)	강도율(%) (A/B×100)
구분	위치		일본건축학회	일본재료학회	평균추정강도 (A)		
상부 구조	S1-LC 바닥판하면	49.7	28.6	28.4	28.5	27㎫	105.6%
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	51.5	29.4	29.9	29.7		109.8%
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	49.0	28.3	27.9	28.1		104.1%
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	51.8	29.5	30.1	29.8		110.4%
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	56.7	31.7	34.0	32.9		121.7%
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	54.0	30.5	31.9	31.2		115.6%
	S7-(G1-G2) 바닥판하면	48.0	27.8	27.1	27.5		101.7%
	S8-(G1-G2) 바닥판하면	48.1	27.9	27.1	27.5		101.9%
	S9-LC 바닥판하면	51.1	29.2	29.5	29.4		108.7%
하부 구조	A1-흉벽 전면부	50.5	34.3	34.5	34.4	24㎫	143.4%
	P1 기둥부	54.8	36.7	38.6	37.6		156.8%
	P2 기둥부	55.7	37.1	39.4	38.3		159.5%
	P3 기둥부	48.5	33.2	32.6	32.9		137.2%

【표 3-80】 보정계수를 적용한 추정 비파괴 강도(양평방향)(계속)

시험위치		Ro	반발경도법에 의한 추정비파괴강도			설계기준강도(B)	강도율(%) (A/B×100)
구분	위치		일본건축학회	일본재료학회	평균추정강도 (A)		
하부구조	P4 기둥부	53.4	35.8	37.3	36.6	24㎫	152.3%
	P5 기둥부	51.4	34.8	35.4	35.1		146.1%
	P6 기둥부	55.5	37.0	39.3	38.2		159.0%
	P7 기둥부	49.6	33.8	33.6	33.7		140.4%
	P8 기둥부	49.6	33.8	33.6	33.7		140.4%
	A2-벽체 전면부	47.2	32.5	31.3	31.9		133.0%



【그림 3-14】 반발경도법 시험결과(양평방향)

3) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 27.5~32.9㎫로 설계기준강도 27㎫의 101.7~121.7%로 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정되었으며, 하부구조 또한 31.9~38.3㎫로 설계기준강도 24㎫의 133.0~159.5%로 설계기준강도를 상회하는 것으로 분석되었다.

금회 진단은 준공 후, 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 향후 금회 시험 결과를 초기값으로 적용하여 점검, 진단 시 강도변화를 관찰하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

나. 콘크리트 품질시험

1) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에

의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였다. 본 과업에서 대상 구조물의 콘크리트 품질평가를 위하여 초음파 속도법의 시험 결과를 나타내었으며, 초음파 전달속도 시험은 반발경도법 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

① 초음파 전달속도 시험결과

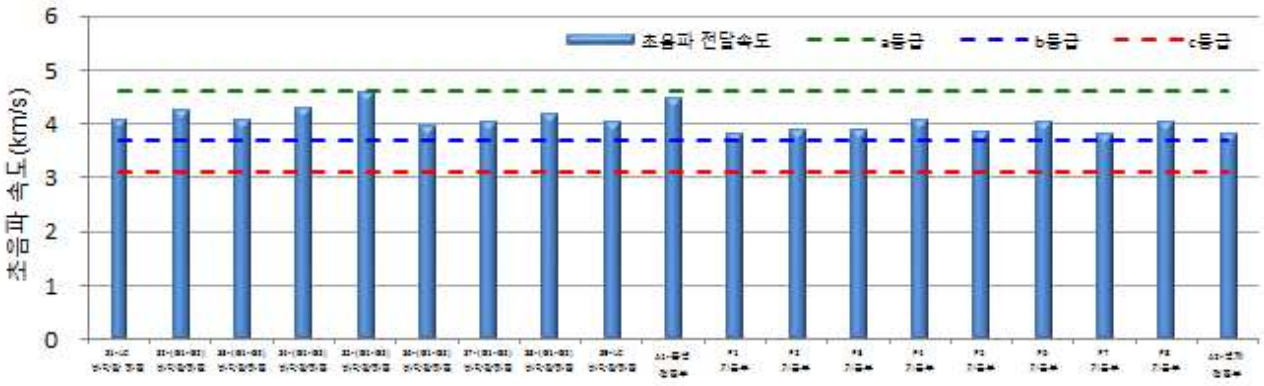
【표 3-81】 보정계수를 적용한 초음파 속도(양평방향)

시 험 위 치		초음파 전달속도(km/sec)			상 태 등 급	비 고
구분	위치	표 면 법	보 정 계 수	직 접 법		
상부 구조	S1-LC 바닥판하면	3.886	1.05	4.080	b	
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	4.083		4.287	b	
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	3.913		4.109	b	
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	4.108		4.313	b	
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	4.406		4.626	a	
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	3.804		3.994	b	
	S7-(G1-G2) 바닥판하면	3.877		4.071	b	
	S8-(G1-G2) 바닥판하면	4.001		4.201	b	
	S9-LC 바닥판하면	3.860		4.053	b	
하부 구조	A1-흉벽 전면부	4.277		4.491	b	
	P1 기둥부	4.022		4.223	b	
	P2 기둥부	3.860		4.053	b	
	P3 기둥부	3.816		4.007	b	
	P4 기둥부	3.634		3.816	b	
	P5 기둥부	3.647		3.829	b	
	P6 기둥부	3.859		4.052	b	

【표 3-81】 보정계수를 적용한 초음파 속도(양평방향)(계속)

시 험 위 치		초음파 전달속도(km/sec)			상 태 등 급	비 고
구분	위치	표 면 법	보 정 계 수	직 접 법		
하부 구조	P7 기둥부	3.702	1.05	3.887	b	
	P8 기둥부	3.859		4.052	b	
	A2-벽체 전면부	3.657		3.840	b	

주) 보정계수는 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



【그림 3-15】 초음파 속도 시험결과(양평방향)

② 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전단속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 3.857~4.626km/s, 하부구조 3.816~4.491km/s로 분석되었다. 초음파 속도 등급분포는 "a" 등급이 1개소 “b” 등급이 18개소 조사되었으며, 대부분 개소의 콘크리트 품질상태는 양호한 것으로 판단되었다.

2) 탄산화 깊이 측정

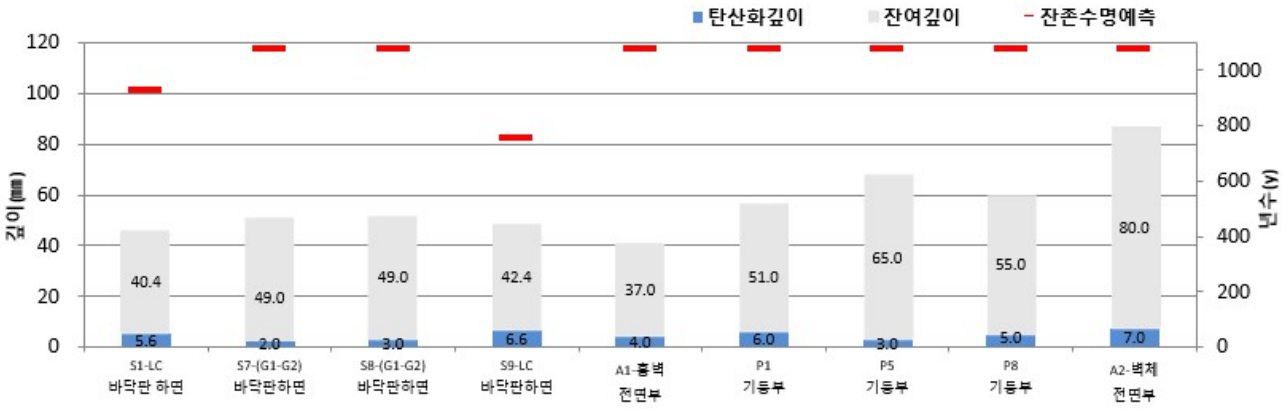
구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알카리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 4개소 하부 5개소 총 9개소에서 수행하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3-82】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(양평방향)

시험 위치		탄산화 깊이(㎜)	최소피복 두께(㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	비고
상부 구조	S1-LC 바닥판하면	5.6	46	1.497	931	40.4	a	
	S7-(G1-G2) 바닥판하면	2.0	51	0.535	1000	49.0	a	
	S8-(G1-G2) 바닥판하면	3.0	52	0.802	1000	49.0	a	
	S9-LC 바닥판하면	6.6	49	1.764	758	42.4	a	
하부 구조	A1-흉벽 전면부	4.0	41	1.069	1000	37.0	a	
	P1 기둥부	6.0	57	1.604	1000	51.0	a	
	P5 기둥부	3.0	68	0.802	1000	65.0	a	
	P8 기둥부	5.0	60	1.336	100	55.0	a	
	A2-벽체 전면부	7.0	87	1.871	100	80.0	a	

주) 청미천교 재령 : 14년으로 산정
주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{재령(년)}$
주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)^2
주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수
주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12)참조
주) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12)참조



주) 잔존수명의 1000년은 1000년 이상을 나타냄.

【그림 3-16】 탄산화 깊이 측정결과(양평방향)

② 탄산화 깊이 측정결과 분석

탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 40.4~49.0㎜, 하부구조에서 37.0~80.0㎜로 나타나 대부분 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때 "a" 의 상태로 평가되어 탄산화에 의한 철근의 부식 발생 가능성은 없는 것으로 분석되었다.

3) 염화물함유량 시험

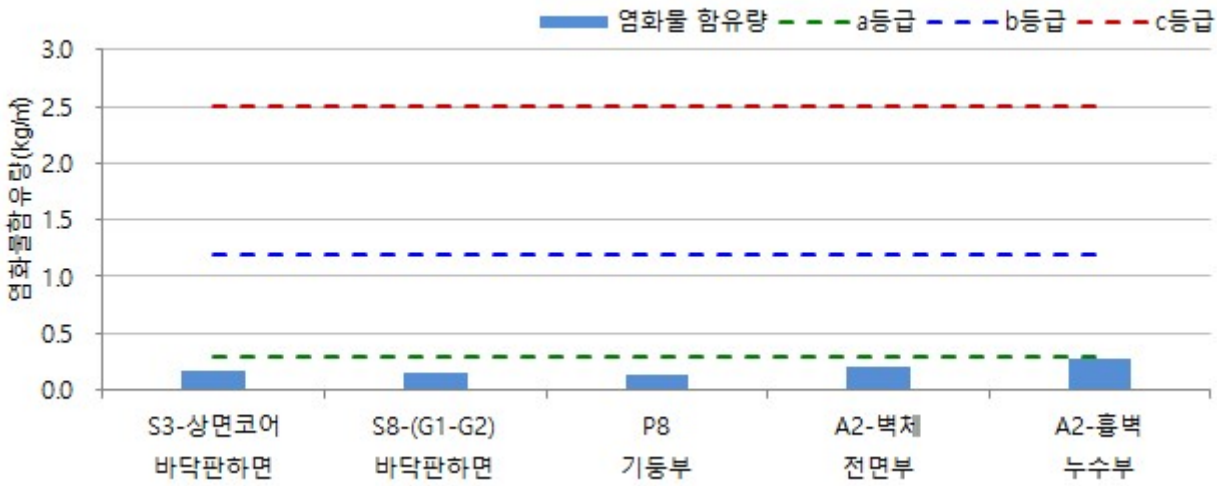
구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다. 금회 염화물함유량 시험은 상부구조 2개소, 하부구조 3개소에서 실시하였으며, 하부구조 A2에서 건전부와 누수부로 측정하였다.

① 염화물함유량 시험결과

【표 3-83】 염화물 함유량 시험결과(양평방향)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/㎥)	등급	비고
상부구조	S3-상면코어 바닥판상면	0-20mm	0.393	b	
		20-40(철근)mm	0.162	a	
	S8-(G1-G2) 바닥판하면	0-20mm	0.285	a	
		30-50(철근)mm	0.160	a	
하부구조	P8 기둥부	0-20mm	0.194	a	
		40-60(철근)mm	0.133	a	
	A2-벽체 전면부	0-20mm	0.260	a	
		70-90(철근)mm	0.203	a	
	A2-흉벽 누수부	0-20mm	1.640	c	
		70-90(철근)mm	0.276	a	

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/㎥ 적용: KS F 2714-02



【그림 3-17】 염화물 함유량 시험결과(양평방향)

② 염화물함유량 시험결과 분석

염화물함유량 시험은 콘크리트 표면과 철근위치까지의 깊이별 시험을 실시하였다.

시험결과, 상태평가 등급은 상부구조에서 'a' 등급(0.3kg/m^{3}이하), 하부구조에서 'a' 등급(0.3kg/m^{3}이하)으로 평가되었으며, A2벽체에서 누수부에 추가 확인한 결과 표면측에서

'c' 등급(1.2kg/m^{3}이상~2.5kg/m^{3}미만)으로 나타났으나, 철근깊이에서 'a' 등급(0.3kg/m^3 이하)으로 분석되어 염화물에 의한 부식발생 가능성은 낮은 상태인 것으로 확인되었다. 이에 추가 손상은 조사되지 않았으나 누수부에 따른 보수를 실시함이 바람직할것으로 판단된다.

다. 철근탐사시험

1) 철근탐사 시험개요

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 RC-Radar를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 반발경도법 및 초음파 전달속도 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

2) 철근탐사 시험결과

【표 3-84】 철근탐사 결과(양평방향)

구 분		교축방향철근(수직철근)				교축직각방향철근(수평철근)			
		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
		평균	설계	최소	설계	평균	설계	최소	설계
상부 구조	S1-LC 바닥판하면	143	150	68	68	115	125	46	52
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	150	150	67	68	112	125	52	52
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	147	150	64	68	125	125	51	52
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	132	150	49	68	128	125	49	52
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	147	150	64	68	125	125	55	52
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	142	150	63	68	123	125	52	52
	S7-(G1-G2) 바닥판하면	145	150	63	68	120	125	51	52
	S8-(G1-G2) 바닥판하면	149	150	63	68	126	125	52	52
	S9-LC 바닥판하면	155	150	62	68	135	125	49	52

【표 3-84】 철근탐사 결과(양평방향)(계속)

구 분		교축방향철근(수직철근)				교축직각방향철근(수평철근)			
		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
		평균	설계	최소	설계	평균	설계	최소	설계
하부 구조	A1-흉벽 전면부	128	125	41	39	147	150	60	61
	P1 기둥부	108	107	87	85.5	99	100	57	60.5
	P2 기둥부	111	107	102	85.5	200	100	65	60.5
	P3 기둥부	110	107	86	84	200	200	60	59
	P4 기둥부	106	107	85	85.5	101	100	64	60.5
	P5 기둥부	100	107	83	85.5	96	100	68	60.5
	P6 기둥부	102	107	85	84	110	100	71	59
	P7 기둥부	108	107	84	85.5	93	100	60	60.5
	P8 기둥부	108	107	83	85.5	99	100	60	60.5
	A2-벽체 전면부	253	250	87	89	137	150	104	111

3) 철근탐사 시험결과 분석

철근탐사시험 결과 철근의 배근 간격 및 피복두께는 설계도면과 유사한 것으로 조사되었으나, 일부 부재에서 피복두께가 설계 값과 미소하게 차이가 있으나 대체로 일치하는 것으로 분석되었다. 이는 콘크리트 타설시 철근의 유동 등에 의한 것으로 판단되며, 준공 이후 공용기간 동안 피복두께로 인한 손상이 없는 점으로 보아, 콘크리트 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

라. 균열깊이 측정

1) 균열깊이 측정개요

균열깊이 측정은 책임기술자의 판단에 따라 철근까지의 진행여부를 판단하기 위해 교각에 발생된 망상균열 및 폭 0.3㎜ 이상의 균열 중 대표 개소를 선정하여 시험을 실시하였다. 측정 시 발·수신자의 거리를 150㎜로 하였으며, 측정된 속도는 동일 위치에서 3회를 측정한 후 그 평균값을 적용하였다.

2) 균열깊이 측정결과

【표 3-85】 균열깊이 측정 결과(양평방향)

시험 위치	균열폭/길이 (㎜/m)	발·수신자 거리 2L (㎜)	초음파 전달시간 (×10-6sec)		균열깊이 (㎜)	철근피복 (㎜)
			건전부(To)	균열부(Tc)		
A2 흉벽	0.3㎜/2.8m	150	30.6	36.1	47.0	50.0

※ 피복두께는 철근탐사를 통한 실측 피복두께임

3) 균열깊이 측정결과 분석

본 구조물에 대하여 1개소에서 균열깊이 측정결과, 균열깊이는 47.0㎜로 조사되었으며 균열은 측정 실측 피복두께를 초과하지 않는 것으로 나타났다. 발생한 균열은 발생 위치 및 형태 등을 고려할 때 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비구조적인 균열로 보이며, 내구성 및 사용성 저하 방지를 위해 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

마. 강재비파괴 시험

1) 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

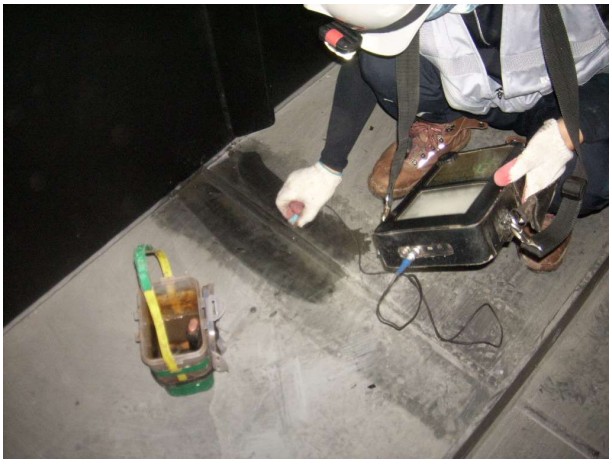
① 초음파탐상 시험결과

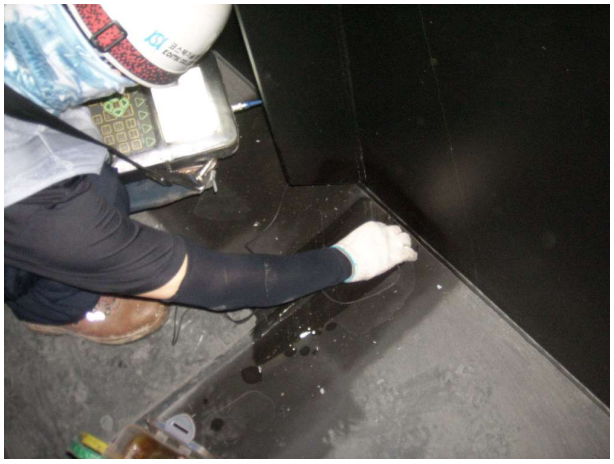
【표 3-86】초음파탐상시험 결과(양평방향)

시험 위치			결과치		평가	비고
			합격	불합격		
S1-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S1-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S2-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S2-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S3-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S3-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S4-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S4-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S5-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S5-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	

【표 3-86】 초음파탐상시험 결과(양평방향)(계속)

시험 위치			결과치		평가	비고
			합격	불합격		
S6-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S6-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S7-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S7-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S8-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S8-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S9-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S9-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	

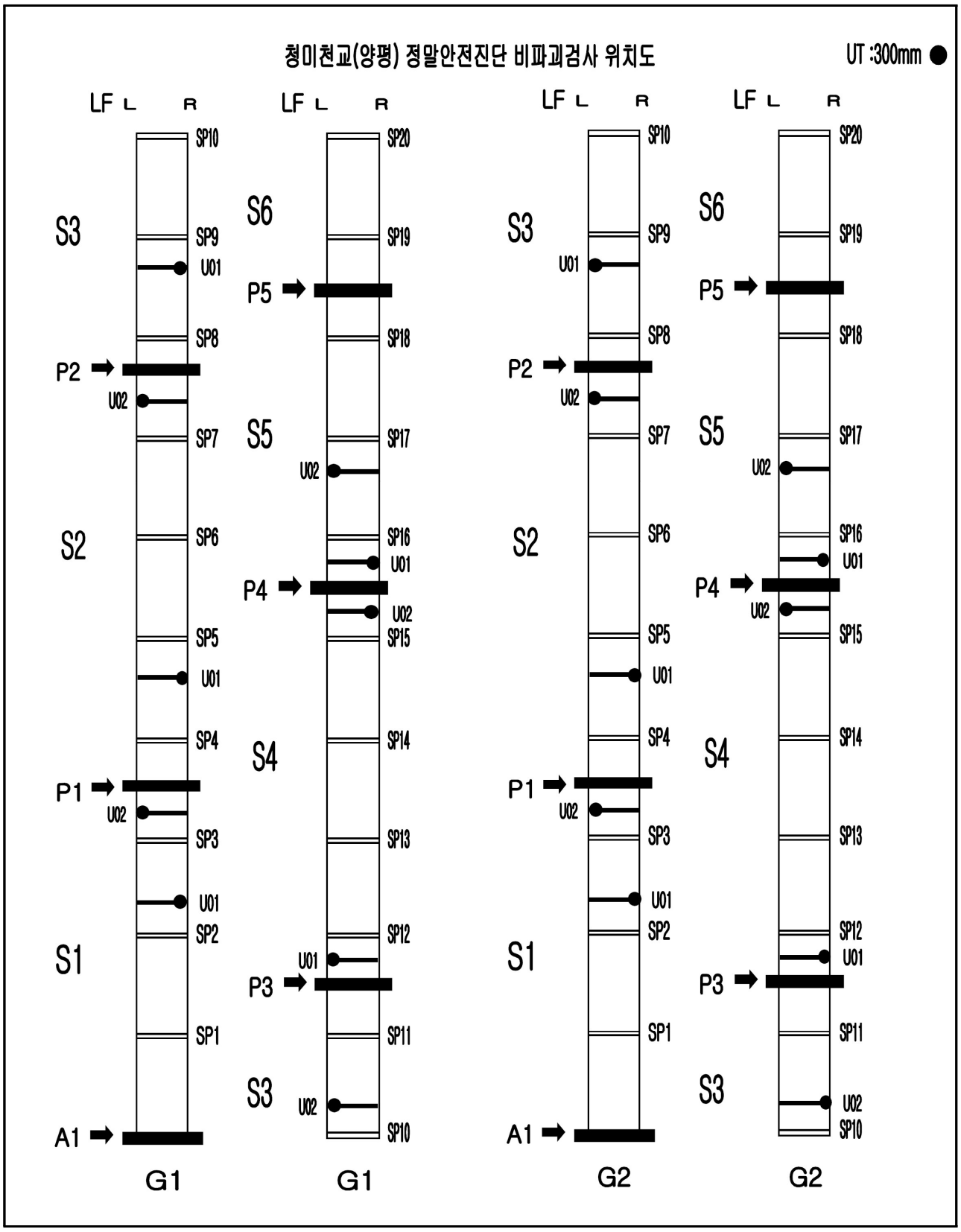




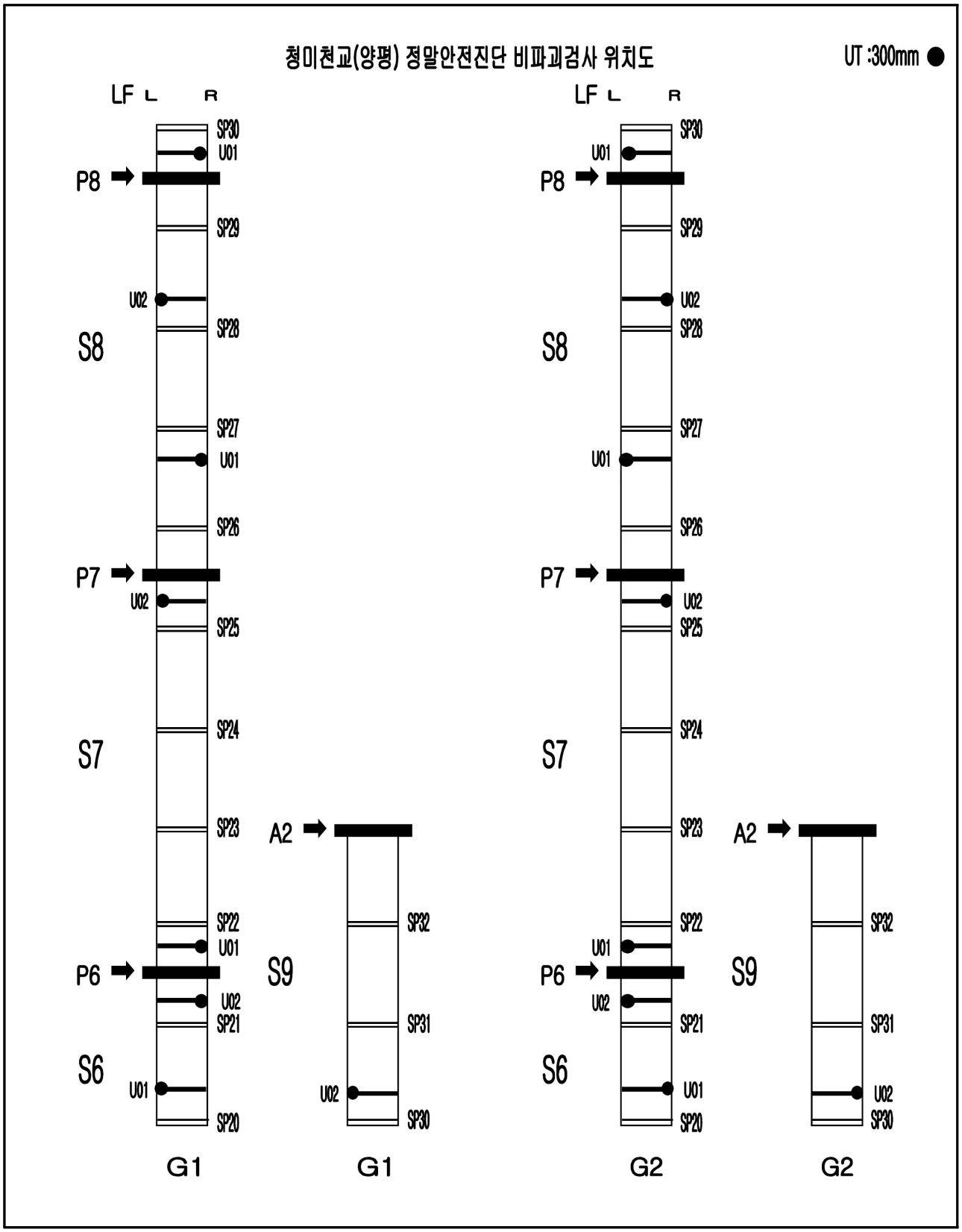
② 초음파탐상 시험결과 분석

Steel Box Girder의 용접상태를 검사하기 위해 맞대기 용접부에 대해 경간별, 거더별로 2개소씩 총 36개소에 대해 검사를 실시하였으며, 검사결과 총 36개소 모두 합격 판정되어 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났다.

2) 강재 초음파탐상시험 위치도



【그림 3-18】 강재 초음파탐상시험 위치도(양평방향)



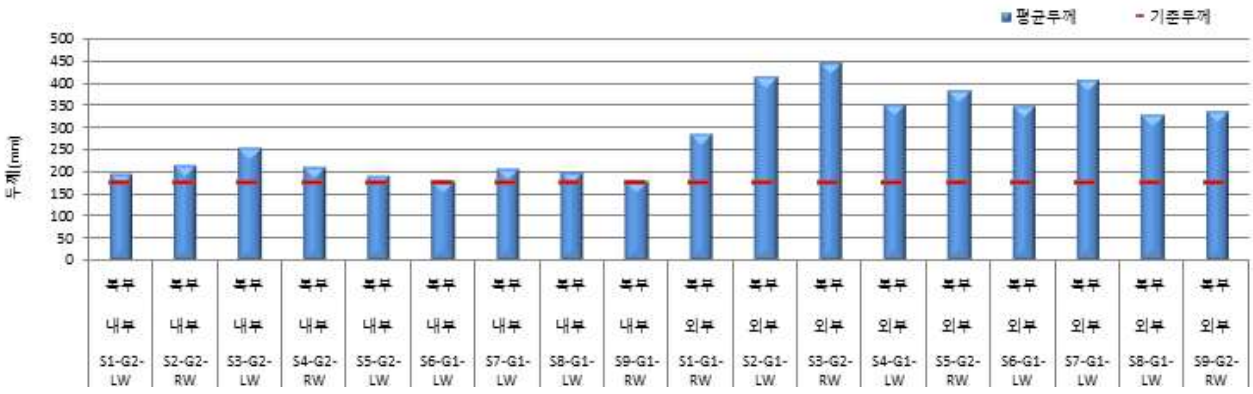
【그림 3-18】 강재 초음파탐상시험 위치도(양평방향)(계속)

3) 도막두께측정

① 도막두께 측정결과

【표 3-87】 도막두께 측정 결과(양평방향)

측 정 위 치			측정두께 (㎛)						기준 두께 (㎛)	비고
			측정No.					평균		
			1	2	3	4	5			
S1-G2-LW	내부	복부플랜지	207	194	188	196	180	193	175	양호
S2-G2-RW		복부플랜지	221	200	233	202	209	213	175	양호
S3-G2-LW		복부플랜지	234	270	257	271	235	253	175	양호
S4-G2-RW		복부플랜지	216	217	206	220	193	210	175	양호
S5-G2-LW		복부플랜지	206	224	186	174	157	189	175	양호
S6-G1-LW		복부플랜지	178	160	195	188	165	177	175	양호
S7-G1-LW		복부플랜지	218	232	224	184	175	207	175	양호
S8-G1-LW		복부플랜지	185	198	205	192	201	196	175	양호
S9-G1-RW		복부플랜지	174	179	172	180	183	178	175	양호
S1-G1-RW	외부	복부플랜지	265	280	272	273	329	284	175	양호
S2-G1-LW		복부플랜지	383	389	385	441	470	414	175	양호
S3-G2-RW		복부플랜지	437	429	441	447	466	444	175	양호
S4-G1-LW		복부플랜지	372	351	340	356	330	350	175	양호
S5-G2-RW		복부플랜지	398	384	382	371	361	379	175	양호
S6-G1-LW		복부플랜지	369	342	353	341	323	346	175	양호
S7-G1-LW		복부플랜지	440	417	437	404	331	406	175	양호
S8-G1-LW		복부플랜지	318	323	331	328	326	325	175	양호
S9-G2-RW		복부플랜지	329	367	364	328	281	334	175	양호



【그림 3-19】 도막두께 측정 결과(양평방향)

② 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 외부의 실측 도막 두께가 콘크리트 및 강재비파괴 시험 매뉴얼의 도장 기준 하한 판정값 (175㎛(교량내부), 215㎛(교량외부)-일반환경용 중방식 도장 기준)을 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 판단된다.

3.4.4 현장시험결과 및 분석(마산방향)

가. 비파괴 강도

1) 반발경도법 시험개요

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우, 일본재료학회와 일본 건축학회 CDNT 소위원회 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

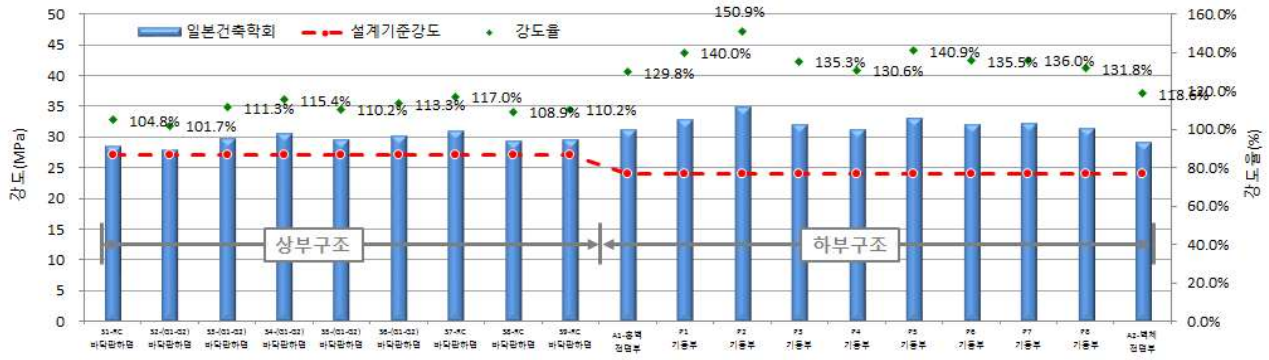
2) 반발경도법 시험결과

【표 3-88】 보정계수를 적용한 추정 비파괴 강도(마산방향)

시험위치		Ro	반발경도법에 의한 추정비파괴강도			설계기준 강도(B)	강도율(%) (A/B×100)
구분	위치		일본건축학회	일본재료학회	평균추정강도 (A)		
상부 구조	S1-RC 바닥판하면	49.4	28.4	28.2	28.3	27㎫	104.8%
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	48.0	27.8	27.1	27.5		101.7%
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	52.2	29.7	30.4	30.1		111.3%
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	53.9	30.5	31.8	31.2		115.4%
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	51.7	29.5	30.0	29.8		110.2%
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	53.0	30.1	31.1	30.6		113.3%
	S7-RC 바닥판하면	54.7	30.8	32.4	31.6		117.0%
	S8-RC 바닥판하면	51.2	29.2	29.6	29.4		108.9%
	S9-RC 바닥판하면	51.7	29.5	30.0	29.8		110.2%
하부 구조	A1-흉벽 전면부	50.8	31.0	31.2	31.1	24㎫	129.8%
	P1 기둥부	54.5	32.7	34.4	33.6		140.0%
	P2 기둥부	58.4	34.7	37.8	36.2		150.9%
	P3 기둥부	52.8	32.0	33.0	32.5		135.3%

【표 3-88】 보정계수를 적용한 추정 비파괴 강도(마산방향)(계속)

시험위치		Ro	반발경도법에 의한 추정비파괴강도			설계기준강도(B)	강도율(%) (A/B×100)
구분	위치		일본건축학회	일본재료학회	평균추정강도(A)		
하부구조	P4 기둥부	51.2	31.1	31.6	31.4	24MPa	130.6%
	P5 기둥부	54.8	33.0	34.7	33.8		140.9%
	P6 기둥부	52.9	32.0	33.1	32.5		135.5%
	P7 기둥부	53.0	32.1	33.2	32.6		136.0%
	P8 기둥부	51.5	31.4	31.9	31.6		131.8%
	A2-벽체 전면부	46.8	29.1	27.8	28.5		118.6%



【그림 3-20】 반발경도법 시험결과(마산방향)

3) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 27.5~31.6MPa로 설계기준강도 27MPa의 101.7~117.0%로 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정되었으며, 하부구조 또한 28.5~36.2MPa로 설계기준강도 24MPa의 118.6~150.9%로 설계기준강도를 상회하는 것으로 분석되었다.

나. 콘크리트 품질시험

1) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였다. 본 과업에서 대상 구조물의 콘크리트 품질평가를 위하여 초음파 속도법의 시험 결과를 나타내었으며,

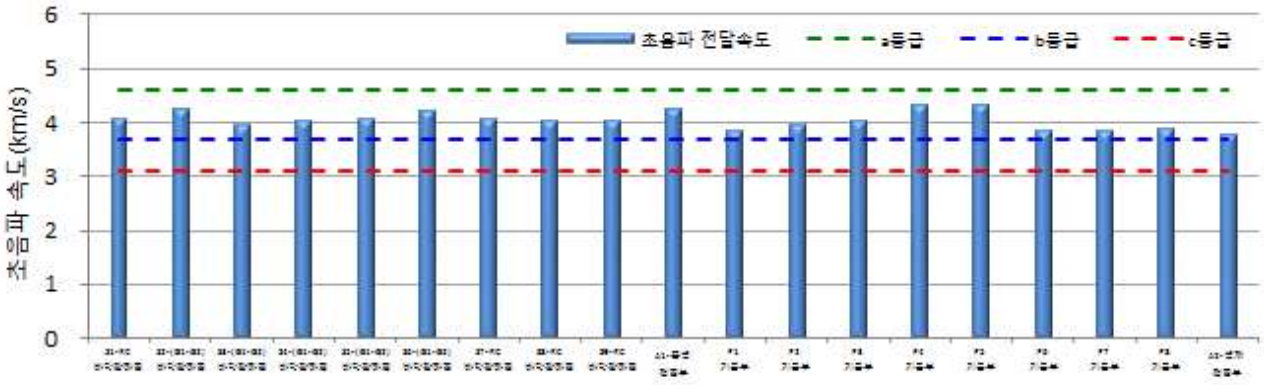
초음파 전달속도 시험은 반발경도법 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

① 초음파 전달속도 시험결과

【표 3-89】 보정계수를 적용한 초음파 속도(마산방향)

시 험 위 치		초음파 전달속도(km/sec)			상 태 등 급	비 고
구분	위치	표 면 법	보 정 계 수	직 접 법		
상부 구조	S1-RC 바닥판하면	3.805	1.05	3.995	b	
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	3.749		3.936	b	
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	3.770		3.959	b	
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	3.805		3.995	b	
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	3.786		3.975	b	
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	3.703		3.888	b	
	S7-RC 바닥판하면	3.714		3.900	b	
	S8-RC 바닥판하면	3.776		3.965	b	
	S9-RC 바닥판하면	3.724		3.910	b	
하부 구조	A1-흉벽 전면부	3.851		4.044	b	
	P1 기둥부	3.761		3.949	b	
	P2 기둥부	3.806		3.996	b	
	P3 기둥부	3.701		3.886	b	
	P4 기둥부	4.295		4.510	b	
	P5 기둥부	4.117		4.323	b	
	P6 기둥부	4.085		4.289	b	
	P7 기둥부	3.726		3.912	b	
	P8 기둥부	3.560		3.738	b	
	A2-벽체 전면부	3.576		3.755	b	

주) 보정계수는 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



【그림 3-21】초음파 속도 시험결과(마산방향)

② 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전단속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 3.888~3.995km/s, 하부구조 3.738~4.510km/s로 분석되었다. 초음파 속도 등급분포는 "b" 등급이 19개소 조사되었으며, 대부분 개소의 콘크리트 품질상태는 양호한 것으로 판단되었다.

2) 탄산화 깊이 측정

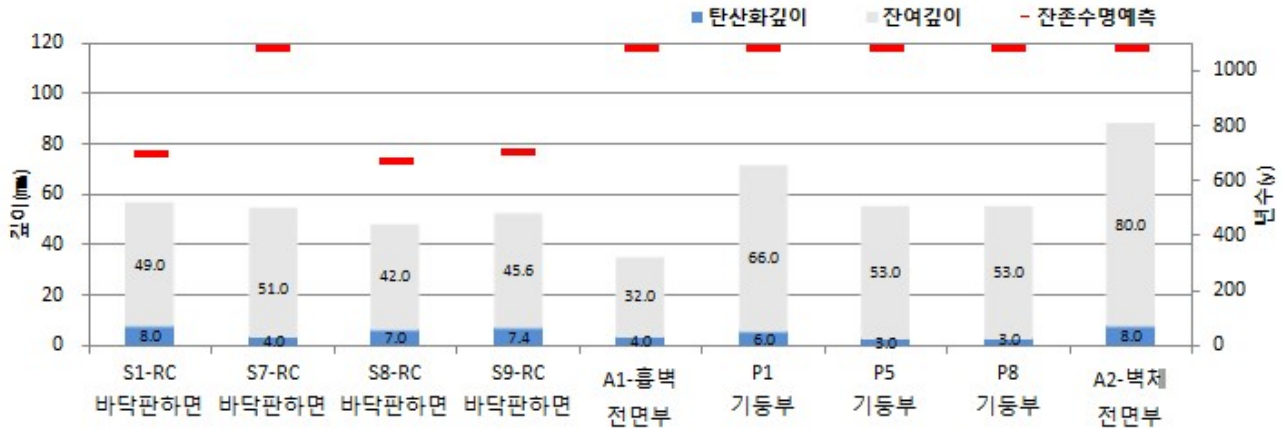
구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알카리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 4개소 하부 5개소 총 9개소에서 수행하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3-90】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가(마산방향)

시험 위치		탄산화 깊이(㎜)	최소피복 두께(㎜)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	비고
상부 구조	S1-RC 바닥판하면	8.0	57.0	2.138	697	49.0	a	
	S7-RC 바닥판하면	4.0	55.0	1.069	1000	51.0	a	
	S8-RC 바닥판하면	7.0	49.0	1.871	672	42.0	a	
	S9-RC 바닥판하면	7.4	53.0	1.978	704	45.6	a	
하부 구조	A1-흉벽 전면부	4.0	36.0	1.069	1000	32.0	a	
	P1 기둥부	6.0	72.0	1.604	1000	66.0	a	
	P5 기둥부	3.0	56.0	0.802	1000	53.0	a	
	P8 기둥부	3.0	56.0	0.802	1000	53.0	a	
	A2-벽체 전면부	8.0	88.0	2.138	1000	80.0	a	

주) 청미천교 재령 : 14년으로 산정
주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$
주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)²
주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수
주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12)참조
주) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12)참조



주) 잔존수명의 1000년은 1000년 이상을 나타냄.

【그림 3-22】 탄산화 깊이 측정결과(마산방향)

② 탄산화 깊이 측정결과 분석

탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 42.0~51.0㎜, 하부구조에서

32.0~80.0㎜로 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때, “a” 의 상태로 평가되어 탄산화에 의한 철근의 부식 발생 가능성은 없는것으로 분석되었다.

따라서, 전체 구간에서 철근에 도달하는 최소시간인 내구수명도 100년 이상을 나타나 탄산화에 의한 철근부식영향 및 콘크리트 내구성 저하의 영향은 작을 것으로 판단된다.

3) 염화물함유량 시험

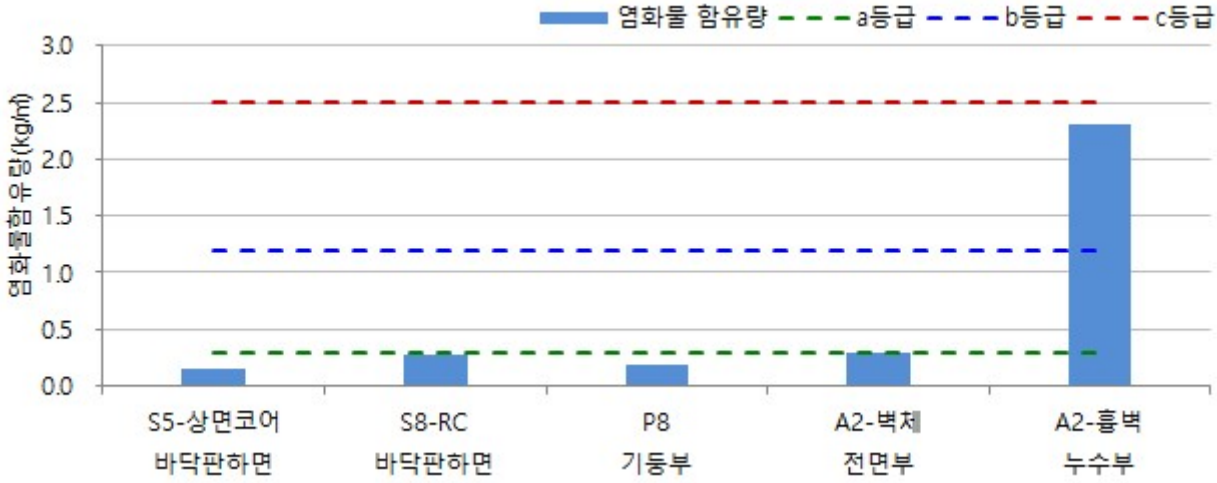
구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다. 금회 염화물함유량 시험은 상부구조 2개소, 하부구조 3개소에서 실시하였으며, 하부구조 A2에서 건전부와 누수부로 측정하였다.

① 염화물함유량 시험결과

【표 3-91】 염화물 함유량 시험결과(마산방향)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/㎥)	등급	비고
상부구조	S5-상면코어 바닥판상면	0-20mm	0.214	a	
		30-50(철근)mm	0.151	a	
	S8-RC 바닥판하면	0-20mm	0.386	b	
		30-50(철근)mm	0.282	a	
하부구조	P8 기둥부	0-20mm	0.289	a	
		40-60(철근)mm	0.196	a	
	A2-벽체 전면부	0-20mm	0.432	b	
		70-90(철근)mm	0.300	b	
	A2-흉벽 누수부	0-20mm	4.410	d	
		70-90(철근)mm	2.301	c	

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/㎥ 적용: KS F 2714-02



【그림 3-23】 염화물 함유량 시험결과(마산방향)

② 염화물함유량 시험결과 분석

염화물함유량 시험은 콘크리트 표면과 철근위치까지의 깊이별 시험을 실시하였다.

시험결과, 상태평가 등급은 상부구조에서 'a' 등급(0.3kg/m^{3}이하), 하부구조에서 'a' 등급(0.3kg/m^{3}이하)으로 평가되었으며, A2벽체에서 누수부에 추가 확인한 결과 표면측에서 'd' 등급(2.5kg/m^{3}이상), 철근깊이에서 'c' 등급(1.2kg/m^{3}이상 2.5kg/m^{3}미만)으로 분석되어 염화물에 의한 부식발생 가능성이 높은 상태인 것으로 분석되었다. 교대 A2 누수부에 염화물이 진전됨에 따라 보수를 통한 유지관리가 필요하다.

다. 철근탐사시험

1) 철근탐사 시험개요

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 RC-Radar를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 반발경도법 및 초음파 전달속도 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 9개소 하부 10개소 총 19개소에서 수행하였다.

2) 철근탐사 시험결과

【표 3-92】 철근탐사 결과(마산방향)

구 분		교축방향철근(수직철근)				교축직각방향철근(수평철근)			
		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
		평균	설계	최소	설계	평균	설계	최소	설계
상부 구조	S1-RC 바닥판하면	141	150	65	68	120	125	57	52
	S2-(G1-G2) 바닥판하면	148	150	64	68	125	125	48	52
	S3-(G1-G2) 바닥판하면	158	150	64	68	124	125	49	52
	S4-(G1-G2) 바닥판하면	150	150	62	68	123	125	49	52
	S5-(G1-G2) 바닥판하면	143	150	68	68	127	125	55	52
	S6-(G1-G2) 바닥판하면	150	150	56	68	127	125	55	52
	S7-RC 바닥판하면	170	150	65	68	245	250	55	52

【표 3-92】 철근탐사 결과(마산방향)(계속)

구 분		교축방향철근(수직철근)				교축직각방향철근(수평철근)			
		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)		철근간격(㎜)		피복두께(㎜)	
		평균	설계	최소	설계	평균	설계	최소	설계
상부 구조	S8-RC 바닥판하면	295	300	59	68	245	250	49	52
	S9-RC 바닥판하면	144	150	65	68	110	125	53	52
하부 구조	A1-흉벽 전면부	123	125	36	39	155	150	54	61
	P1 기둥부	120	107	91	85.5	303	300	72	60.5
	P2 기둥부	113	107	83	85.5	193	200	57	60.5
	P3 기둥부	120	107	83	84	192	200	61	59
	P4 기둥부	115	107	86	85.5	100	100	60	60.5
	P5 기둥부	102	107	93	85.5	101	100	56	60.5
	P6 기둥부	118	107	83	84	101	100	57	59
	P7 기둥부	109	107	86	85.5	201	200	60	60.5
	P8 기둥부	112	107	78	85.5	100	100	56	60.5
	A2-벽체 전면부	240	250	88	89	144	150	114	111

3) 철근탐사 시험결과 분석

철근탐사시험 결과 철근의 배근 간격 및 피복두께는 설계도면과 유사한 것으로 조사되었으나, 일부 부재에서 피복두께가 설계 값과 미소하게 차이가 있으나 대체로 일치하는 것으로 분석되었다. 이는 콘크리트 타설시 철근의 유동 등에 의한 것으로 판단되며, 준공 이후 공용기간 동안 피복두께로 인한 손상이 없는 점으로 보아, 콘크리트 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

라. 균열깊이 측정

1) 균열깊이 측정개요

균열깊이 측정은 책임기술자의 판단에 따라 철근까지의 진행여부를 판단하기 위해 교각에 발생된 망상균열 및 폭 0.3㎜ 이상의 균열 중 대표 개소를 선정하여 시험을 실시하였다. 측정 시 발·수신자의 거리를 150㎜로 하였으며, 측정된 속도는 동일 위치에서 3회를 측정한 후 그 평균값을 적용하였다.

2) 균열깊이 측정결과

【표 3-93】 균열깊이 측정 결과(마산방향)

시험 위치	균열폭/길이 (㎜/m)	발·수신자 거리 2L (㎜)	초음파 전달시간 (×10-6sec)		균열깊이 (㎜)	철근피복 (㎜)
			건전부(To)	균열부(Tc)		
P8 기둥부	0.3㎜/2.0m	150	51.5	60.3	46.0	56.0

※ 피복두께는 철근탐사를 통한 실측 피복두께임

3) 균열깊이 측정결과 분석

본 구조물에 대하여 1개소에서 균열깊이 측정결과, 균열깊이는 46.0㎜로 조사되었으며 균열은 측정 실측 피복두께를 초과하지 않는 것으로 나타났다. 발생한 균열은 발생 위치 및 형태 등을 고려할 때 건조수축 및 온도변화 등에 의한 비구조적인 균열로 보이며, 내구성 및 사용성 저하 방지를 위해 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

마. 강재비파괴 시험

1) 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

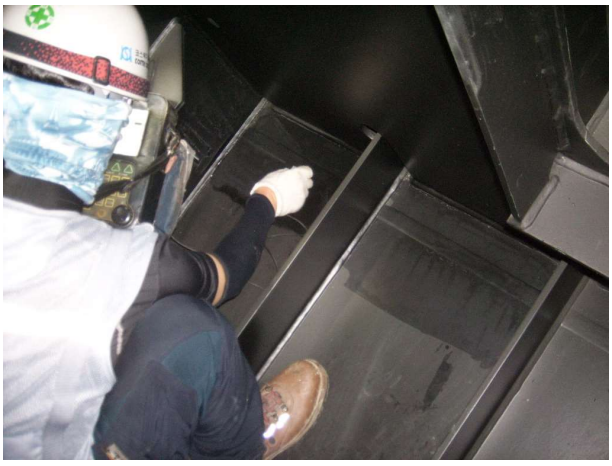
① 초음파탐상 시험결과

【표 3-94】 초음파탐상시험 결과(마산방향)

시험 위치			결과치		평가	비고
			합격	불합격		
S1-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S1-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S2-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S2-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S3-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S3-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S4-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S4-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	

【표 3-94】 초음파탐상시험 결과(마산방향)(계속)

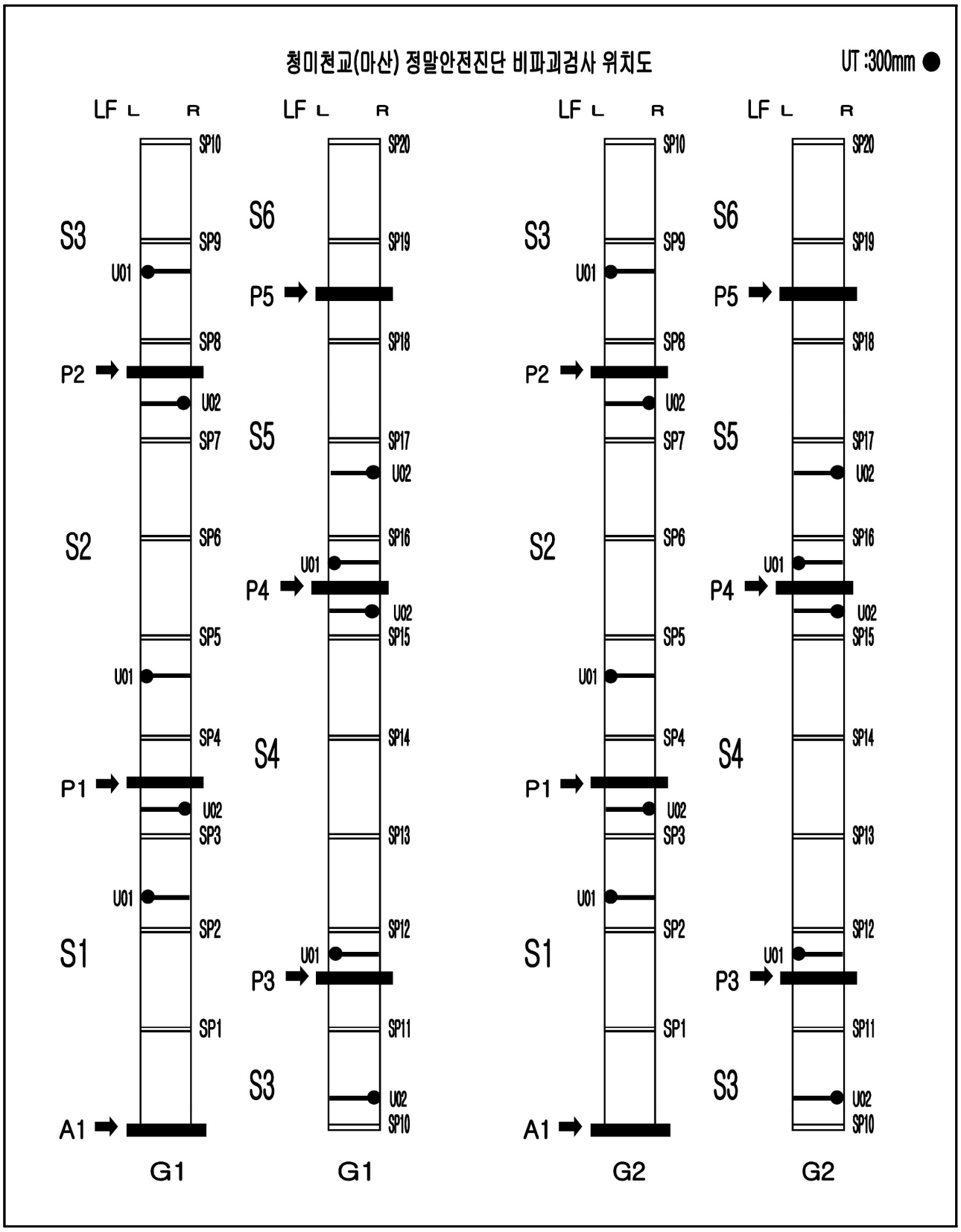
시험 위치			결과치		평가	비고
			합격	불합격		
S5-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S5-G2	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S6-G1	LF	U01-L	O		양호	
		U02-R	O		양호	
S6-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S7-G1	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S7-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S8-G1	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S8-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S9-G1	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	
S9-G2	LF	U01-R	O		양호	
		U02-L	O		양호	



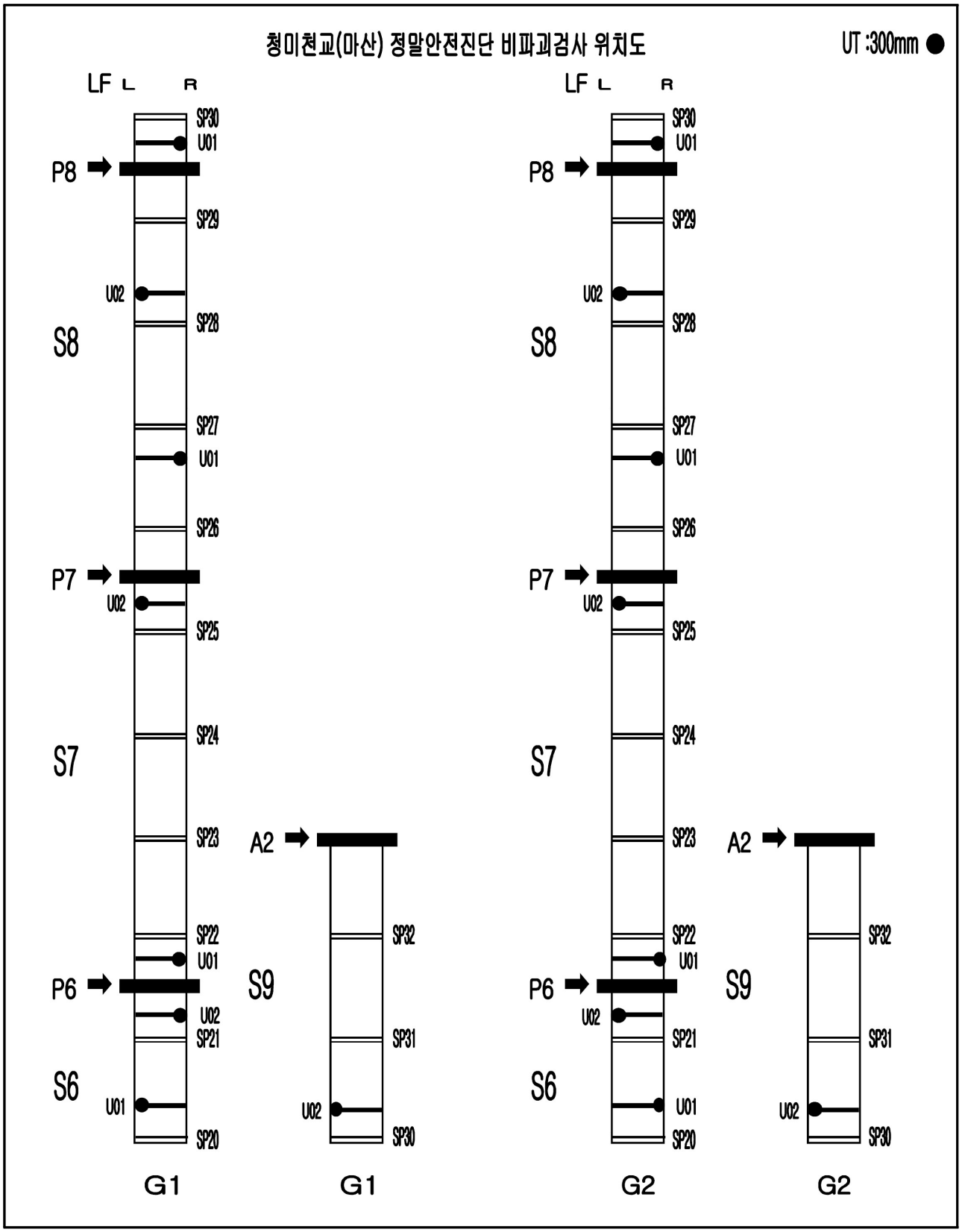
② 초음파탐상 시험결과 분석

Steel Box Girder의 용접상태를 검사하기 위해 맞대기 용접부에 대해 경간별, 거더별로 2개소씩 총 36개소에 대해 검사를 실시하였으며, 검사결과 총 36개소 모두 합격 판정되어 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났다.

2) 강재 초음파탐상시험 위치도



【그림 3-24】 강재 초음파탐상시험 위치도(마산방향)



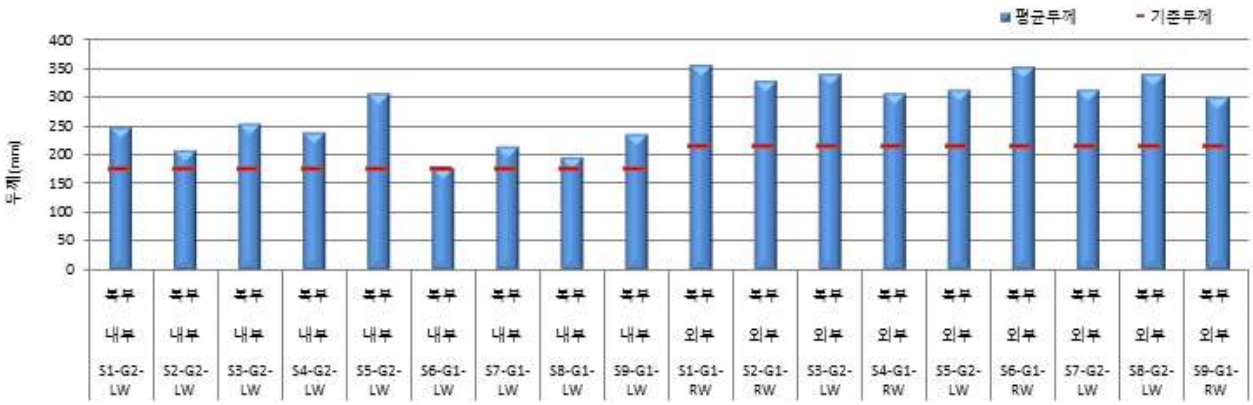
【그림 3-24】 강재 초음파탐상시험 위치도(마산방향)(계속)

3) 도막두께측정

① 도막두께 측정결과

【표 3-95】 도막두께 측정 결과(마산방향)

측 정 위 치			측정두께 (㎛)						기준 두께 (㎛)	비고
			측정No.					평균		
			1	2	3	4	5			
S1-G2-LW	내부	복부플랜지	257	275	249	238	209	246	175	양호
S2-G2-LW		복부플랜지	184	183	220	226	220	207	175	양호
S3-G2-LW		복부플랜지	273	267	247	257	218	252	175	양호
S4-G2-LW		복부플랜지	240	228	250	234	241	239	175	양호
S5-G2-LW		복부플랜지	287	333	316	287	298	304	175	양호
S6-G1-LW		복부플랜지	181	173	193	170	171	178	175	양호
S7-G1-LW		복부플랜지	229	223	210	207	204	215	175	양호
S8-G1-LW		복부플랜지	190	200	201	187	199	195	175	양호
S9-G1-LW		복부플랜지	263	237	228	230	210	234	175	양호
S1-G1-RW	외부	복부플랜지	365	338	354	366	350	355	215	양호
S2-G1-RW		복부플랜지	342	307	344	307	333	327	215	양호
S3-G2-LW		복부플랜지	354	355	309	317	358	339	215	양호
S4-G1-RW		복부플랜지	313	331	303	310	274	306	215	양호
S5-G2-LW		복부플랜지	314	284	296	303	357	311	215	양호
S6-G1-RW		복부플랜지	337	365	347	325	382	351	215	양호
S7-G2-LW		복부플랜지	317	320	336	281	305	312	215	양호
S8-G2-LW		복부플랜지	344	325	330	341	345	337	215	양호
S9-G1-RW		복부플랜지	326	330	295	272	274	299	215	양호



【그림 3-25】 도막두께 측정 결과(마산방향)

② 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 외부의 실측 도막 두께가 콘크리트 및 강재비파괴 시험 매뉴얼의 도장 기준 하한 판정값 (175㎛(교량내부), 215㎛(교량외부)-일반환경용 중방식 도장 기준)을 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 판단된다.

3.5 현장조사 및 시험 결과 요약

3.5.1 외관조사 결과 요약

가. 양평방향

【표 3-96】 금회 진단 외관조사 결과요약(양평방향)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판 하면	• 바닥판 하면 횡방향 균열(0.3㎜이하)	• 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)이며. 구조적인 균열이 아닌 Con'c 구조물의 노후화 과정에서 발생되는 부산물이라 할 수 있으며 이러한 균열로 말미암아 구조적 안전성에 문제를 야기할만한 수준은 아닌 것으로 판단되어 지속관찰 실시
	• 내측 캔틸레버 하면 콘크리트 들뜸, 백태	• 종방향조인트 누수로 인해 비교적 피복두께가 얇게 시공된 바닥판 철근을 부식시켜 균열을 유발시키고, 균열부로의 지속적인 우수 유입과 동절기 살포된 제설제의 영향은 철근 부식과 팽창을 가속시켜 바닥판 콘크리트가 들뜸으로 진행된 것으로 손상 단면 제거 후 표면보수 실시
	• 기타 고무재 탈락, 녹발생 등	• 시공미흡과 지속적인 우수유입에 의한 것으로 지속관찰
강박스 거더	• 도장박리, 부식, 볼트부식, 긁힘 • 거더내부 이물질 퇴적 • 용접부 Pit, 변형	• 내구성저하 방지를 위해 재도장 필요 • 지속적인 청소관리 필요 • 시공초기 결함으로 지속적인 유지관찰
가로보 및 세로보	• 구조적인 손상이 없는 상태이며, 국부적으로 도장박리, 부식 발생	• 내구성저하 방지를 위해 재도장 필요
하부구조	• 균열 및 망상균열(대부분 0.2㎜이하), 폭 0.3mm이상의 균열은 교대A2 흉벽과 교각P1 기둥부 하단에서 1개소씩 조사	• 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)이며. 시공초기 건조수축에 의한 것으로 폭 0.2㎜이하 균열은 지속관찰, 폭 0.3㎜이상 균열은 주입보수 실시
	• 교대A1 흉벽 들뜸	• 시공 초기 다짐불량과 신축이음 커버플레이트의 길이부족으로 인한 지속적인 우수유입에 의한 손상으로 커버플레이트의 재설치를 통한 우수유입방지를 실시한 후 손상부 콘크리트의 제거와 단면보수 실시
	• 일부구간에서 발생한 박락, 박리, 파손, 재료분리	• 시공미흡에 의한 다짐부족, 외부충격 등에 의한 손상으로써, 장기적인 내구성 및 사용성 확보를 위해 단면보수가 필요

【표 3-96】 금회 진단 외관조사 결과요약(양평방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
하부구조	• 하부구조의 백태	• 콘크리트 내부의 백태가 노출된 것으로 내구성 확보 차원의 표면보수가 필요
	• 유심부 교각의 경미한 침식 발생	• 손상정도가 경미하므로 지속관찰 한다. 다만 하천 상에 위치한 교각은 항시 유수와 유송잡물의 영향을 받고 있는 상태이므로 손상발생 유무에 대해 주기적인 점검과 지속적인 관찰이 필요
	• 누수흔적, 표면오염	• 신축이음누수, 배수관 길이부족에 의한 것으로 신축이음 교체 및 배수관의 길이연장이 되어 손상의 확대는 없는 것으로 나타나 지속관찰
	• 녹발생, 잡철물부식, 점검로 볼트부식, 이물질퇴적 등	• 손상정도가 경미하여 지속관찰 실시
교량받침	• 가동상태는 전반적으로 양호한 상태이나 A1, A2 신장여유량이 부족	• 받침장치 설치시 발생한 프리셋팅 오류로 가동흔적 조사결과, 기능상에 문제가 없고 이동여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상이 없으며, 현재 교량의 안전성 및 사용성에 문제가 없으므로 지속관찰 실시
	• 받침장치 부식, 낙교방지시설 부식	• 공용 중 노후화 및 신축이음부를 통한 노면수 유입 및 접촉에 의한 것으로 부식부위 제거 후 재도장
	• 받침몰탈 및 콘크리트 균열	• 건조수축에 의한 비구조적 균열로 지속관찰 실시
	• 받침몰탈 철근노출, 파손	• 시공미흡 및 외부충격에 의한 것으로 내구성 확보를 위한 보수 실시
	• 낙교방지시설 고무재 탈락	• 시공미흡과 경년증가에 따른 노후화로 탈락된 상태로 지속관찰
신축이음장치	• 신축이음장치 유간 토사퇴적	• 본체 파손과 누수유발 등 추가손상 방지를 위한 주기적인 청소와 유지관리
	• 후타재 균열	• 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격에 의한 것으로 표면처리보수 실시
	• 커버플레이트 탈락	• 차량충격에 의한 파손으로 재설치 필요
교면포장	• 마모, 소성변형, 파손, 패임, 포장균열	• 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화 등에 의해 발생한 것이며, 현재 주행차량의 안전성에는 문제가 없으나 구조물의 내구성 차원에서 포장균열은 실링보수, 마모, 파손, 패임은 팻칭보수 함이 바람직하며, 소성변형은 차량의 주행성 확보 차원의 절삭 등의 보수가 필요
배수시설	• 배수관 길이부족(S6)	• 마산방향 교각 점검로로 노면수 유입, 배수관 길이연장 필요
	• 바닥판 유공관 유도배수설치 필요	• 유도배수 설치
	• 배수관 볼트탈락	• 배수관 볼트 재설치

【표 3-96】 금회 진단 외관조사 결과요약(양평방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
방호벽	• 균열(최대폭 0.3㎜)과 망상균열, 균열 백태, 백태	• 건조수축, 우수유입, 콘크리트 타설 미흡 등에 의한 손상, 확대손상 방지와 미관제고를 위해 균열 폭에 따라 0.3㎜ 미만의 균열, 망상균열은 지속관찰, 망상균열, 백태는 표면처리보수, 폭 0.3mm 균열은 주입보수를 실시
	• 파손, 재료분리, 박리	• 온도에 따른 콘크리트 신축과 다짐불량, 경년열화, 차량충돌 등에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 지속관찰
	• 방호벽 하단의 녹발생 및 잡철물 부식	• 다짐불량과 콘크리트 내부로의 우수침투에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 지속관찰
	• 방호벽 하단 박락, 철근노출	• 다짐불량과 동절기 제설재 및 동결융해, 국부적인 피복부족에 의한 것으로 내구성 확보 차원의 단면보수(염해방지)가 필요

나. 마산방향

【표 3-97】 금회 진단 외관조사 결과요약(마산방향)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판 하면	• 바닥판 하면 횡방향 균열(폭 0.3㎜이하) 및 망상균열	• 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)이며. 구조적인 균열이 아닌 Con'c 구조물의 노후화 과정에서 발생되는 부산물이라 할 수 있으며 이러한 균열로 말미암아 구조적 안전성에 문제를 야기할만한 수준은 아닌 것으로 판단되며 지속관찰 실시하고 폭 0.3mm균열은 주입보수 실시
	• 내측 캔틸레버 하면 폭 0.3mm 종균열 및 콘크리트 들뜸, 백태, 파손	• 종방향조인트 누수로 인해 비교적 피복두께가 얇게 시공된 바닥판 철근을 부식시켜 균열을 유발시키고, 균열부로의 지속적인 우수 유입과 동절기 살포된 제설제의 영향은 철근 부식과 팽창을 가속시켜 바닥판 콘크리트가 들뜸으로 진행된 것으로 손상 단면 제거 후 표면보수 실시
	• 기타 고무재 탈락, 녹발생 등	• 시공미흡과 지속적인 우수유입에 의한 것으로 지속관찰
강박스 거더	• 도장박리, 부식, 볼트부식 • 거더내부 이물질 퇴적 • 용접부 Pit, 변형	• 내구성저하 방지를 위해 재도장 필요 • 지속적인 청소관리 필요 • 시공초기 결함으로 지속적인 유지관찰
가로보 및 세로보	• 구조적인 손상이 없는 상태이며, 국부적으로 도장박리, 부식 발생	• 내구성저하 방지를 위해 재도장 필요

【표 3-97】 금회 진단 외관조사 결과요약(마산방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
하부구조	• 균열 및 망상균열(대부분 0.2㎜이하) 조사	• 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)이며. 시공초기 건조수축에 의한 것으로 지속관찰 실시
	• 일부구간에서 발생한 들뜸, 박락, 박리, 파손, 재료분리	• 시공미흡에 의한 다짐부족, 외부충격 등에 의한 손상으로써, 장기적인 내구성 및 사용성 확보를 위해 단면보수가 필요
	• P4 코핑부 철근노출, 박락	• 유공관을 통해서 유입된 우수가 코핑부의 철근노출(피복부족)부에 떨어져 철근부식으로 발생된 손상이며, 철근부식에 의한 박락으로 확대된 것이다. 철근에 대한 방청처리와 단면보수가 필요하며, 손상의 근본적인 원인인 바닥판 유공관 배수관설치가 필요함.
	• 하부구조의 백태	• 콘크리트 내부의 백태가 노출된 것으로 내구성 확보 차원의 표면보수가 필요
	• 유심부 교각의 경미한 침식 발생	• 손상정도가 경미하므로 지속관찰 한다. 다만 하천 상에 위치한 교각은 항시 유수와 유송잡물의 영향을 받고 있는 상태이므로 손상발생 유무에 대해 주기적인 점검과 지속적인 관찰이 필요
	• 누수흔적, 표면오염	• 신축이음누수, 배수관 길이부족에 의한 것으로 신축이음 교체 및 배수관의 길이연장이 되어 손상의 확대는 없는 것으로 나타나 지속관찰
	• 녹발생, 점검로볼트부식 등	• 손상정도가 경미하여 지속관찰 실시
	• 교대 보호블럭 침하 및 파손	• 배수관 길이부족에 의한 노면수의 유입으로 나타난 손상이나 배수관길이연장 보수가 실시되어 지속관찰 실시
교량받침	• 가동상태는 전반적으로 양호한 상태이나 A1, A2 신장여유량이 부족	• 받침장치 설치 시 발생한 프리셋팅 오류로 가동흔적 조사결과, 기능상에 문제가 없고 이동여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상이 없으며, 현재 교량의 안전성 및 사용성에 문제가 없으므로 지속관찰 실시
	• 받침장치 부식, 낙교방지시설 부식	• 공용 중 노후화 및 신축이음부를 통한 노면수 유입 및 접촉에 의한 것으로 부식부위 제거 후 재도장
	• 받침몰탈 및 콘크리트 균열	• 건조수축에 의한 비구조적 균열로 지속관찰 실시
	• 받침몰탈 철근노출, 파손, 재료분리	• 시공미흡 및 외부충격에 의한 것으로 내구성 확보를 위한 보수 실시
	• 낙교방지시설 고무재 탈락	• 시공미흡과 경년증가에 따른 노후화로 탈락된 상태로 지속관찰

【표 3-97】 금회 진단 외관조사 결과요약(마산방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음장치	• P5 신축이음장치 부식 및 변형 • 신축이음장치 유간 토사퇴적 • 후타재 균열, 파손 • 커버플레이트 탈락	• 공용증가 및 중차량 통행의한 것으로 가동상태와 유간량은 만족하므로 지속관찰 실시 • 본체 파손과 누수유발 등 추가손상 방지를 위한 주기적인 청소와 유지관리 • 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격에 의한 것으로 균열은 표면처리보수를 실시하고, 국부적인 파손은 단면을 복구하여 차량의 주행 안전성을 확보 • 차량충격에 의한 파손으로 재설치 필요
교면포장	• 포장균열, 망상균열, 파손, 패임, 포트홀, 이물질 용입	• 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화 등에 의해 발생한 것이며, 현재 주행차량의 안전성에는 문제가 없으나 구조물의 내구성 차원에서 포장균열은 실링보수, 마모, 파손, 패임은 팻칭보수 함이 바람직하며, 소성변형은 차량의 주행성 확보 차원의 절삭 등의 보수가 필요
배수시설	• 배수관 길이부족(P2) • 바다판 유공관 유도배수설치 필요 • 배수관 탈락	• 기둥부 표면오염 유발, 길이연장을 하여 추가적인 손상 방지 • 유도배수 설치 • 배수관 재설치
방호벽	• 균열(최대폭 0.3㎜)과 망상균열, 균열백태, 백태 • 파손, 재료분리, 박리, 박락 • 방음벽 지주부식, 방음벽 파손	• 건조수축, 우수유입, 콘크리트 타설 미흡 등에 의한 손상, 확대손상 방지와 미관제고를 위해 균열 폭에 따라 0.3㎜ 미만의 균열은 지속관찰, 망상균열, 백태는 표면처리보수, 폭 0.3mm 균열은 주입보수를 실시 • 온도에 따른 콘크리트 신축과 다짐불량, 경년열화, 차량충돌 등에 의한 손상으로 손상정도가 경미하여 지속관찰 • 손상정도가 경미하므로 지속관찰

3.5.2 기 진단결과 비교

가. 양평방향

【표 3-98】 기 진단결과 비교표(양평방향)

구 분		손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
				개소	수량	개소	수량	
바닥판 하면		• 균열(0.3mm미만)	m	563	1317.90	419	946.40	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가
		• 균열(0.3mm)	m	1	0.30	1	3.00	
		• 들뜸	㎡	-	-	5	1.03	
		• 백태, 파손, 녹발생	㎡	35	5.43	33	1.62	
		• 고무재 탈락	m	6	16.00	8	33.50	
강박스거더	내부	• 도장박리 및 부식	㎡	970	4.81	20	0.48	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가됨
		• 볼트부식	㎡	8	0.08	2	0.02	
		• 이물질 퇴적	㎡	8	2.92	6	12.52	
		• 씰링재 충진누락	EA	-	128	-	-	보수완료
	외부	• 도장박리 및 부식	㎡	84	1.07	221	17.69	공용증가로 증가
		• 긁힘	㎡	-	-	6	0.16	신규손상
		• 변형	m	1	0.30	1	0.30	-
가로보 및 세로보		• 도장박리 및 부식	㎡	3	0.032	4	0.10	공용증가로 증가
교대		• 균열(0.3mm미만)	m	72	54.20	44	38.60	일부 보수
		• 균열(0.3mm)	m	1	2.80	1	2.80	-
		• 망상균열	㎡	5	9.76	7	11.20	공용증가로 증가
		• 들뜸	㎡	-	-	1	3.00	신규손상
		• 박락, 박리	㎡	-	-	13	1.63	
		• 백태	㎡	-	-	1	0.16	
		• 파손	㎡	3	0.38	-	-	보수완료
		• 누수흔적, 표면오염	㎡	5	4.24	6	15.53	공용증가로 증가
		• 이물질퇴적	㎡	-	-	1	1.80	신규손상
		• 잡철물 부식	㎡	39	0.17	6	0.06	일부 보수
교각		• 균열(0.3mm미만)	m	422	404.45	212	197.80	일부 보수
		• 균열(0.3mm)	m	-	-	1	0.80	신규손상
		• 망상균열	㎡	43	74.46	47	111.64	공용증가로 증가
		• 누수흔적, 백태	㎡	7	1.46	3	1.22	일부 보수
		• 파손, 침식	㎡	11	9.87	6	14.48	
		• 재료분리, 녹발생	㎡	17	0.34	17	0.34	-
		• 점검로 볼트부식	EA	-	63	-	65	공용증가로 증가

【표 3-98】 기 진단결과 비교표(양평방향)(계속)

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			개소	수량	개소	수량	
받침장치	• 부식, 도장박리	㎡	3	0.29	14	2.67	공용증가로 증가
	• 낙교방지시설 부식	㎡	57	0.80	57	0.80	-
	• 낙교방지시설 볼트이완	EA	-	1	-	1	-
	• 낙교방지시설 고무재 탈락	m	-	-	4	2.00	신규손상
	• 균열(0.3mm미만)	m	36	6.23	17	3.00	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가됨
	• 재료분리, 파손	㎡	3	0.08	2	0.06	
	• 철근노출	㎡	45	0.27	6	0.07	
신축이음	• 유간토사퇴적	m	-	-	2	12.20	신축이음장치 교체로 신규손상 추가
	• 커버플레이트 탈락	EA	-	-	-	2	
	• 균열(0.3mm미만)	m	-	-	31	12.60	
교면포장	• 균열	m	10	82.00	13	209.00	중차량 통행 등으로 인하여 손상이 진전됨
	• 소성변형	㎡	5	66.00	9	208.10	
	• 마모	㎡	4	27.80	3	19.80	
	• 파손, 패임	㎡	-	-	8	0.93	신규손상
배수시설	• 이물질 및 토사퇴적	EA	-	1	-	-	보수완료
	• 배수관 길이부족	EA	-	11	-	2	보수 누락
	• 유도배수관 설치필요	EA	-	8	-	2	
	• 배수관 곡관 누락	EA	-	14	-	-	보수완료
	• 배수관 볼트탈락	EA	-	-	-	1	신규손상
난간 및 연석	• 균열(0.3mm미만)	m	295	227.90	232	158.50	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가됨
	• 균열(0.3mm)	m	85	68.50	43	31.30	
	• 백태, 녹발생	㎡	16	0.45	19	1.45	
	• 파손, 재료분리, 박리 등	㎡	26	3.99	23	1.42	
	• 망상균열	㎡	10	9.88	39	90.59	공용증가로 증가
	• 박락	㎡	-	-	7	2.60	신규손상
	• 철근노출	㎡	-	-	1	0.04	
	• 잡철물부식	㎡	-	-	3	4.61	
검토의견	■ 보수이력 및 현장조사 결과, 전차진단(2012년)시 조사된 상·하부구조의 균열, 표면손상 및 단면손상, 배수시설 등은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었으나 공용증가 및 경미한 손상에 대한 누락, 수량집계의 부분적인 오류 등으로 일부 손상에 대해서는 손상수량이 증가된 것을 조사되었다.						

나. 마산방향

【표 3-99】기 진단결과 비교표(마산방향)

구 분		손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
				개소	수량	개소	수량	
바닥판 하면		• 균열(0.3mm미만)	m	715	1727.60	403	950.20	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가
		• 균열(0.3mm)	m	29	66.90	1	2.50	
		• 들뜸	㎡	-	-	15	79.50	
		• 백태, 파손, 녹발생	㎡	75	6.73	79	11.97	
		• 고무재 탈락	m	8	18.00	10	31.50	
강박스거더	내부	• 도장박리 및 부식	㎡	1,378	37.60	166	46.56	일부 보수
		• 이물질 퇴적	㎡	9	1.95	4	0.77	손상증가
		• 변형	㎡	-	-	1	0.80	신규손상
		• Pit	EA	-	-	-	6EA	
		• 씰링재 충진누락	EA	-	129	-	-	보수완료
	외부	• 도장박리 및 부식	㎡	115	1.14	413	49.50	공용증가로 증가
가로보 및 세로보		• 도장박리 및 부식	㎡	3	0.05	12	0.66	공용증가로 증가
교대		• 균열(0.3mm미만)	m	92	62.39	72	59.30	일부 보수
		• 망상균열	㎡	6	5.48	7	9.72	공용증가로 증가
		• 누수흔적 및 체수	㎡	4	9.33	2	1.54	일부 보수
		• 파손, 열화, 잡철근부식	㎡	12	2.29	4	0.37	
		• 보호블럭 침하 및 파손	㎡	25	22.39	6	80.97	공용증가로 증가
		• 백태	㎡	-	-	8	1.46	신규손상
		• 보수부들뜸	㎡	-	-	1	0.50	
교각		• 균열(0.3mm미만)	m	359	306.25	213	186.70	일부 보수
		• 균열(0.3mm)	m	4	4.30	-	-	보수완료
		• 망상균열	㎡	30	52.04	28	57.48	공용증가로 증가
		• 들뜸	㎡	-	-	1	1.20	신규손상
		• 누수흔적, 백태, 표면오염	㎡	5	1.34	6	1.04	일부 보수
		• 철근노출	㎡	46	6.80	1	0.09	
		• 박락, 파손, 재료분리	㎡	15	0.79	13	5.74	공용증가로 증가
		• 침식	㎡	2	5.30	2	11.70	
		• 점검로 볼트부식	EA	-	64	-	89	

【표 3-99】 기 진단결과 비교표(마산방향)(계속)

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			개소	수량	개소	수량	
받침장치	• 부식, 도장박리	㎡	10	0.90	16	1.22	공용증가로 증가
	• 낙교방지시설 부식	㎡	-	-	2	0.09	신규손상
	• 낙교방지시설 볼트길이부족	EA	-	68	-	68	-
	• 낙교방지시설 고무재 탈락	m	2	-	3	1.50	-
	• 균열(0.3mm미만)	m	69	34.21	14	3.50	일부 보수
	• 균열(0.3mm)	m	-	-	1	1.40	신규손상
	• 재료분리, 파손	㎡	2	0.07	7	0.29	공용증가로 증가
	• 철근노출	㎡	51	0.45	1	0.01	일부 보수
신축이음	• 상면부식	m	-	-	2	4.00	신축이음장치 교체로 신규손상 추가
	• 유간토사퇴적	m	-	-	3	16.00	
	• 변형	m	-	-	1	11.00	
	• 균열(0.3mm미만)	m	-	-	17	6.30	
	• 파손	㎡	-	-	8	1.82	
교면포장	• 균열	m	11	17.60	6	18.60	중차량 통행 등으로 인하여 손상이 진전됨
	• 망상균열	㎡	3	0.93	3	10.84	
	• 파손, 패임, 포트홀	㎡	19	0.40	34	1.47	
	• 이물질 용입	㎡	1	0.04	1	0.04	-
배수시설	• 이물질 및 토사퇴적	EA	-	2	-	-	보수완료
	• 배수관 길이부족	EA	-	1	-	1	보수 누락
	• 유도배수관 설치필요	EA	-	9	-	2	
	• 배수관 곡관 누락	EA	-	2	-	-	보수완료
난간 및 연석	• 균열(0.3mm미만)	m	231	147.00	213	245.80	일부보수 및 공용증가에 따른 손상이 추가됨
	• 균열(0.3mm)	m	85	66.45	4	2.00	
	• 망상균열	㎡	11	3.11	636	185.03	
	• 백태	㎡	31	0.93	49	4.98	
	• 파손, 재료분리, 박리 등	㎡	81	1.46	85	1.98	
	• 덮개파손	㎡	10	0.10	3	0.03	일부 보수
	• 방음벽 지주부식	㎡	4	2.40	4	2.40	-
	• 방음벽 파손	㎡	-	-	1	0.12	신규손상
검토의견	■ 보수이력 및 현장조사 결과, 전차진단(2012년)시 조사된 상·하부구조의 균열, 표면손상 및 단면손상, 배수시설 등은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었으나 공용증가 및 경미한 손상에 대한 누락, 수량집계의 부분적인 오류 등으로 일부 손상에 대해서는 손상수량이 증가된 것을 조사되었다.						

3.5.3 내구성조사 결과요약

가. 양평방향

【표 3-100】 내구성조사 결과 요약(양평방향)

시 험 명		시험부위		시험 결과 2012년 전차진단	시험 결과 2016년 금회진단	비 고
콘크리트	비파괴 강도시험 (㎫)	상부구조		25.0~33.0	27.5~31.2	• 설계기준강도(27㎫)를 상회함.
		하부구조		24.0~32.0	31.9~38.3	• 설계기준강도(24㎫)를 상회함.
	철근탐사 시험 (㎜)	상부	배근간격	135~157	112~155	• 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 전반적으로 유사함.
			피복두께	44.0~70.0	46.0~68.0	
		하부	배근간격	95~120	96~253	
			피복두께	77.0~99.0	41.0~104.0	
	품질시험 (km/s)	상부구조		4.130~4.418	3.857~4.626	• 품질상태가 양호함
		하부구조		3.984~4.270	3.816~4.491	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부 구조		38.0~52.0	40.4~49.0	• 상태평가 a
		하부 구조		67.0~95.1	37.0~80.0	
	염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부 구조		0.043	0.160~0.162	• 상태평가 a
		하부 구조		0.172~0.177	0.133~0.203	• 상태평가 a
	균열깊이 (㎝)	하부 구조		17.11	47.0	• 주입보수 필요
강재	초음파 탐상(UT)	거더 내부 (맞대기 용접부)		합 격	시험 36개소 (36개소 합격)	• 1급
	도막두께 (μm)	거더 내부		161.8~290.3	177.0~253.0	• 도막두께(175μm) 상회
		거더 외부		264.0~556.3	284.0~444.0	• 도막두께(215μm) 상회
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 콘크리트 품질시험결과, 모든개소에서 양호한 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a” 로 판정됨. 염화물 함유량 시험결과 상부구조는 "a"로 평가되었고, 하부구조는 “a"로 평가됨. ■ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨. ■ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께까지 근접하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨. ■ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨. ■ 강재에 대한 내구성 조사결과 전 개소에서 합격 판정된 것으로 나타나며, 도막두께 측정치도 측정개소 모두 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨.					

나. 마산방향

【표 3-101】 내구성조사 결과 요약(마산방향)

시 험 명		시험부위		시험 결과 2012년 전차진단	시험 결과 2016년 금회진단	비 고
콘크리트	비파괴 강도시험 (㎫)	상부구조		25.0~31.0	28.9~34.6	• 설계기준강도(27㎫)를 상회함.
		하부구조		24.0~34.0	28.5~36.2	• 설계기준강도(24㎫)를 상회함.
	철근탐사 시험 (㎜)	상부	배근간격	140~153	120~295	• 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 전반적으로 유사함.
			피복두께	44.0~96.0	48.0~68.0	
		하부	배근간격	89~135	100~303	
			피복두께	81.0~106.0	36.0~114.0	
	품질시험 (km/s)	상부구조		4.122~4.311	3.888~3.995	• 품질상태가 양호함
		하부구조		3.992~4.330	3.738~4.510	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부 구조		38.9~47.9	42.0~51.0	• 상태평가 a
		하부 구조		71.5~94.7	32.0~80.0	
	염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부 구조		0.038	0.151~0.282	• 상태평가 a
		하부 구조		0.120~0.292	0.196~2.301	• 상태평가 a~c
	균열깊이 (㎝)	하부 구조		13.4~16.8	46.0	• 주입보수 필요
강재	초음파 탐상(UT)	거더 내부 (맞대기 용접부)		합 격	시험 36개소 (36개소 합격)	• 1급
	도막두께 (μm)	거더 내부		236.5~427.5	178.0~304.0	• 도막두께(175μm) 상회
		거더 외부		231.3~528.5	299.0~355.0	• 도막두께(215μm) 상회
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a” 로 판정됨. 염화물 함유량 시험결과 상부구조는 "a"로 평가되었고, 하부구조의 건전부는 “a~b"로 평가되었으나, A2 흉벽 누수부에서 “c” 로 평가됨. ■ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨. ■ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께까지 근접하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨. ■ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨. ■ 강재에 대한 내구성 조사결과 전 개소에서 합격 판정된 것으로 나타나며, 도막두께 측정치도 측정개소 모두 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨.					