제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사 결과(내서방향)

3.3 외관조사 결과(여주방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

봉곡1교(내서, 여주)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서 2001년에 준공되어 약 11년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 위치상으로 경상북도 구미시 선산읍 봉곡리(중부내륙선 125.0km 지점)에 있는 방향별 편도2차로 교량이다.

본 교량의 제원은 총폭 12.145m(양방향), 총연장 160.165m(50.0m+60.0m+50.0m)이며, 상부구조가 3경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서 하부구조의 교대는 역T형, 교각은 T형이고 기초는 강관말뚝기초(A2, P2)와 확대기초(A1, P1)가 병행하여 시공되어져 있다.

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

본 교량의 외관조사시 S2경간은 교량 하부에 지방도 916호선이 위치하고 있는 구간이며, 교량의 전 구간에 대해 고소점검차의 이용이 가능한 상태로서 이를 이용하여 구조물에 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수.보강 및 유지관리 방안을 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
상부구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염	
	강재거더	• 균열, 파손, 변형 • 연결부 부식, 이완, 이상음, 볼트 파손 • 표면상태 오염, 부식, 가로보 연결불량 • 강박스 거더 내부로의 우수 유입	
하부구조	교대	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 • 교대의 이동 및 회전 유무 • 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	• 세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		• 파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량받침	강재받침	• 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	

고소점검차를 이용한 조사(상부조사)

고소점검차를 이용한 조사(교각조사)

【사진 3.1】 고소점검차를 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사 결과(내서방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

1) 부재의 개요

- 봉곡1교(내서)의 바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있고, 좌.우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있다.
- S2 바닥판 하면(좌.우측 캔틸레버부 제외)은 지방도를 통과하는 구간으로 Deck Plate가 설치되어 있으며, S1 S3경간 바닥판하면은 노출된 상태이다.
- 바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차)를 이용하여 시행하였다.

바닥판 하면 전경

바닥판 하면 Deck Plate 전경

【사진 3.2】 바닥판 전경(내서)

2) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 과업기간 중 망상균열에 대한 보수가 전반적으로 실시된 상태이며, 공용중 구조적으로 발생한 손상은 없는 상태이다. 주요손상으로는 폭 0.2㎜이하의 균열이 좌·우측 캔틸레버에서 전경간에 걸쳐 조사되었다.
- 그 외 중분대 하면에서 부분적으로 백태가 조사되었으며, S3경간 우측 캔틸레버부 하면에 재료분리가 국부적으로 조사되었다.
- 바닥판 하면(S2)에 설치된 Deck Plate는 부식, 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.2】 바닥판 외관조사 결과(내서)

구 분	균열(0.2㎜이하) (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
S1	-	11.8/14	-	0.37/7	-	-
S2	-	73.6/49	-	-	-	-
S3	-	41.1/28	-	-	0.36/1	0.36/1
합 계	-	**126.5/91**	-	**0.37/7**	**0.36/1**	**0.36/1**

폭 0.2㎜이하 망상균열(S1)

폭 0.2㎜이하 횡균열(S1)

단면보수현황 : 양호(S1 캔틸레버부)

백태(S1 중앙분리대 하면)

【사진 3.3】 바닥판 손상현황(내서)

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.2㎜이하), 백태에 대하여 2012년 진단 결과를 토대로 손상 진전 여부를 검토한 결과, 기 진단 이후에 바닥판단부의 박락과 망상균열에 대해서 전구간 보수가 이루어진 것으로 조사되었으며, 균열(0.2㎜이하)과 백태는 금회 전개소 신규로 조사되었는데, 균열의 경우 대부분 폭이 미세한 캔틸레버 균열로 형태나 발생 시기, 내측 바닥판의 망상균열 발생 이력 등을 종합적으로 분석해 볼 때 신규 발생된 손상이 아닌 금회 상세점검에 의해 조사된 것으로 판단된다.
- 백태는 중분대 하면에서 금회 전 개소 신규로 조사되었으며, 상면 우수유입이 주원인으로 분석된다.

【표 3.3】 바닥판하면 기 진단 결과 비교(내서)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
망상균열(㎡)	405.0	405.0	-	-	
박락(㎡)	0.36	0.36	-	-	
폭 0.2㎜ 균열(m)	-	-	-	126.5	
백태(㎡)	-	-	-	0.37	

【그림 3.1】 바닥판하면 기 진단결과 비교(내서)

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 캔틸레버에 조사된 횡균열은 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 균열의 형상, 방향성, 발생 위치, 발생시기, 내측바닥판 망상균열 발생 이력 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축이 금회 상세 점검에 의해 조사된 것으로 판단되며, 균열폭이 현재 경미하여 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다.
- 중분대 하면 백태는 향후 미세균열 및 공극내 우수침투로 인해 철근부식 팽창에 의한 박락이 우려되므로, 중분대 유간부의 실런트 충진이 필요할 것으로 판단된다.
- 바닥판 하면(S2)에 설치된 Deck Plate는 손상이 없는 양호한 상태이며, 지속관찰을 통한 이음부 누수 및 백태발생 등에 유의해야한다. 또한, 향후 유지관리를 위해 바닥판 상태를 점검할 수 있는 배수홀 등의 설치 검토가 필요한 것으로 사료된다.
- S3경간 우측 캔틸레버부에 발생한 재료분리는 다짐불량에 의한 것으로 손상 정도가 경미하여 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

나. 강박스 거더

1) 부재의 개요

- 봉곡1교(내서)의 주부재인 Steel Box Girder는 2열로 배치되어 있고, 거더와 거더 사이에는 세로보(Stringer)가 1열로 배치되어 있다.
- 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.
- 강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.

강박스 거더 내부 전경	강박스 거더 외부 전경

【사진 3.4】 강박스 거더 전경(내서)

2) 강박스 거더 내부

① 외관조사 결과

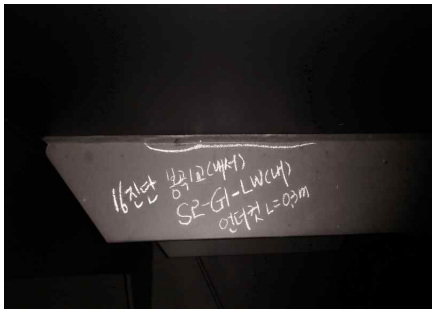
- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 전 구간에 걸쳐 손상 및 결함이 거의 발생하지 않은 양호한 상태이며, 국부적으로 조사된 손상으로 Pit, 언더컷 등의 용접결함과 도장박리, 수평보강재 변형, 이물질 퇴적 등의 손상이 일부 조사되었다.

【표 3.4】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(내서)

구 분	도장박리 (㎡/개소)		언더컷 (m/개소)		Pit (개소)		수평보강재변형 (m/개소)		이물질퇴적 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	0.41/2	-	-	-	-	-	-	-	2.40/3	2.4/3
S2	0.04/1	0.39/12	0.3/1	0.3/1	6	6	0.1/1	0.1/1	-	-
S3	0.14/4	0.04/1	-	-	-	2	-	-	1.52/2	0.08/1
합 계	**0.59/7**	**0.43/13**	**0.3/1**	**0.3/1**	**6**	**8**	**0.1/1**	**0.1/1**	**3.92/5**	**2.48/4**

도장박리(S2-G2-RW)

수평보강재변형 (S2-G2-LW)



언더컷(S2-G1-LW)

이물질퇴적(S1-G1-LF)

【사진 3.5】 강박스 거더 내부 손상현황(내서)

② 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 거더내부 도장박리, 이물질퇴적에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 강박스 내부 청소를 제외하고 기 진단 이후 별도의 보수는 실시되지 않는 것으로 확인되었으며, 금회 진단 시 추가로 도장박리가 조사되었다.

【표 3.5】 강박스 거더 내부 기 진단 결과 비교(내서)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
도장박리(㎡)	0.59	-	-	0.43	
이물질퇴적(㎡)	3.92	2.48	-	-	

【그림 3.2】 강박스 거더 내부 기 진단결과 비교(내서)

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 도장박리는 시공미흡과 도장열화에 의한 손상으로 재도장이 필요한 상태이고, 수평보강재 변형은 가설 당시 제작오차에 의한 것으로 추정되며, 인접해 있는 부재들에서 2차 손상이 발생하지 않은 상태이므로 현상유지가 타당할 것으로 판단된다.
- 용접결함인 언더컷과 Pit는 시공미흡에 의한 손상으로 용접불량 부위를 가우징으로 완전히 제거한 후 다시 용접을 실시하는 것이 원칙이나, 본 교량은 현재 공용 중인 교량으로 용접보수 시 주변 건전부위에 추가 손상이 발생할 가능성이 높고, 결함범위가 작아 용접결함의 정도가 구조물의 안전성에 미치는 영향은 경미한 것으로 판단된다. 따라서, 현 상태에서 용접보수보다는 현상유지가 타당할 것으로 판단된다.
- 이물질 퇴적은 S1과 S3경간 출입구 주변 하부플랜지에서 조사되었으며, 퇴적량은 많지 않은 상태이나, 방치시 부식환경을 조성하여 도장열화 및 강재 부식을 촉진시킬 수 있으므로 청소를 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

3) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 용접부의 용접상태, 고장력볼트의 연결상태 등 전반적으로 손상이 발생하지 않은 양호한 상태를 유지하고 있으며, G2좌측 복부에 전 경간에 걸쳐 경미한 쵸킹이 발생된 상태이다.

【표 3.6】 강박스 거더 외부 외관조사 결과(내서)

구 분	경미한 쵸킹 (㎡/개소)		비 고
	'12진단	'16진단	
S1	-	140.0/1	
S2	-	168.0/1	
S3	-	140.0/1	
합 계	-	**448.0/3**	

강박스 측면전경(개서방향)

경미한 쵸킹(S2-G2-LW)

【사진 3.6】 강박스 거더 외부 손상현황

② 진단(2012년) 결과와 비교

- 강박스 거더 외부에서 조사된 쵸킹에 대하여 기 진단 결과를 토대로 비교 검토한 결과, 경미한 쵸킹이 신규로 발생된 것으로 확인되었다.

【표 3.7】 강박스 거더 외부 기 진단 결과 비교

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
경미한 쵸킹(㎡)	-	-	-	448.0	

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- G2 좌측 복부 전 경간에 걸쳐 발생한 쵸킹은 태양광의 광화학 반응에 의한 것으로 손상 정도가 심하지 않아 현재 보수보다는 현상유지 후 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 가로보 및 세로보

1) 부재의 개요

- 가로보 및 세로보에 대해서는 강박스 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였다.
- 가로보 및 세로보에 대한 외관조사 결과, 용접결함, 연결불량, 변형, 도장손상 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

가로보 및 세로보 전경(S2)

가로보 및 세로보 전경(S3)

【사진 3.7】 가로보 및 세로보 전경(내서)

3.2.2 하부구조

1) 부재의 개요

- 봉곡1교(내서)의 하부구조는 철근콘크리트 구조로서 교대는 역T형이고 기초는 확대기초(A1)와 강관말뚝기초(A2)로 시공되어 있다. 교각은 T형이고 기초는 확대기초(P1)와 강관말뚝기초(P2)로 시공되어 있고, 교대(A1, A2)의 상.하행선 종조인트부에 보강토 조립식 옹벽이 시공되어 있다.

교대 전경(A1)

교각 전경(P1)

【사진 3.8】 교대 및 교각 전경(내서)

2) 외관조사 결과

- 하부구조의 외관조사 결과, 대표손상으로 균열(0.1㎜~0.2㎜이하), 망상균열 등이 조사되었으며, 그 외 잡철물노출, 실런트파손, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.
- 교대(A1, A2)에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 수직균열 형태를 띄고 있으며, 흉벽 및 구체부에 국부적으로 분포하고 있는 것으로 조사되었다.
- A2 구체부와 흉벽에서 들뜸 및 박락이 2개소 조사되으며, A2와 P1에서 발생한 파손은 모서리부에서 외부충격에 의해 발생된 것으로 추정된다.
- 그 외 A1 구체에서 누수흔적이 발생되었으며, A2 구체 상면에서 신축이음누수에 의한 체수가 조사되었다.

【표 3.8】 교대 및 교각 외관조사 결과(내서)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		망상균열(0.2㎜이하) (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
A1	3.4/6	4.8/9	-	-	-	-
P1	27.6/45	18.9/31	1.50/1	1.5/1	-	-
P2	41.9/55	21.8/27	-	-	-	-
A2	4.9/8	5.3/6	-	-	-	6.0/1
합 계	77.8/114	50.8/73	1.50/1	1.5/1	-	6.0/1

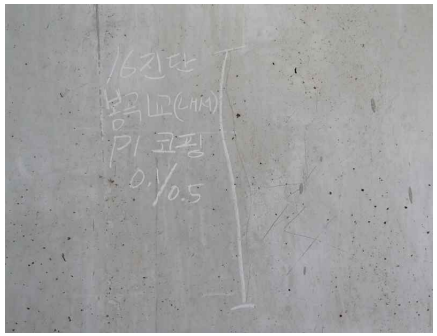
【표 3.8】 교대 및 교각 외관조사 결과(내서) (계속)

구 분	들뜸/박리 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		체수 (㎡/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
A1	-	-	-	-	-	0.8/1	-	-
P1	-	-	0.07/1	0.12/2	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	0.20/1	0.92/2	-	0.08/1	-	-	-	4.0/1
합 계	0.20/1	0.92/2	0.07/1	0.2/3	-	0.8/1	-	4.0/4

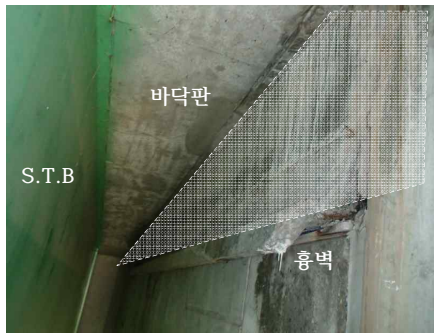
폭 0.2㎜이하 균열(A1 흉벽부)

폭 0.2㎜이하 균열(A2 구체부)

【사진 3.9】 교대 및 교각 손상현황(내서)

들뜸(A2 흉벽)	들뜸/박리(A2 구체)
	
누수흔적(A1 구체)	폭 0.2㎜이하 균열(P1 코핑부)
폭 0.2㎜이하 균열(P1 기둥부)	파손(P1 기둥부)

【사진 3.9】 교대 및 교각 손상현황(내서))(계속)

	
보수부 재균열(A1 구체부)	백태(A2 흉벽부)

【사진 3.9】 교대 및 교각 손상현황(내서)(계속)

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 하부구조에 조사된 주요 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기 진단 이후 균열에 대한 보수가 일부 실시되어 손상물량이 다소 감소한 상태이며, 금회 진단 시 일부 누락된 균열을 추가하였다.
- 교대에서 조사된 잡철물노출(와이어메쉬)는 기 진단 이후 대부분 보수가 완료되었으나, 공용년수 증가와 우수유입으로 인해 금회 신규로 손상이 추가된 상태이다.
- 교각의 코핑부에서 추가된 망상균열은 균열의 형상과 발생 위치로 볼 때, 손상이 추가로 발생되었기 보다는 기 진단시 조사누락으로 인한 것으로 판단된다.

【표 3.9】 교대 및 교각 기 진단 결과 비교(내서)

구 분		2012년 진단	금회 진단			비 고
			미보수	보수부 재손상	신규	
교대	0.2㎜이하균열(m)	8.3	3.3	0.6	6.2	
	들뜸/박리(㎡)	0.2	-	-	0.36	
교각	0.2㎜이하균열(m)	69.5	11.0	-	29.7	
	긁힘/파손(㎡)	0.07	0.12	-	-	

【그림 3.3】 교대 및 교각 기 진단결과 비교(내서)

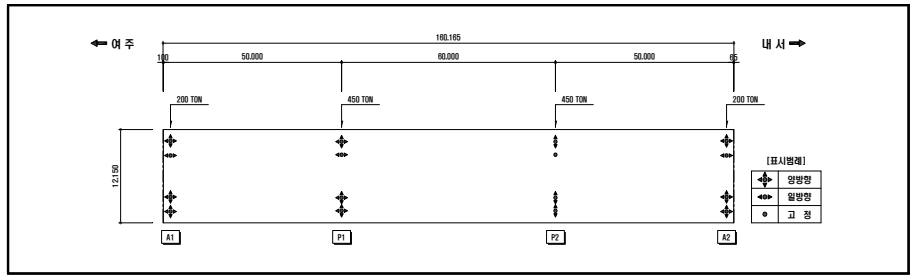
4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- A1과 A2의 구체 및 흉벽부에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- P1의 기둥부에 발생한 균열과 망상균열은 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 깊이가 얕은 표면균열 형태이며, 방향성이 없는 점을 고려 할 때 시공초기 매스콘크리트 양생과정에서 발생한 수화열, 초기 건조수축 등에 의해 발생한 상태이며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수는 불필요한 것으로 판단된다.
- A2 구체부와 흉벽에서 조사된 들뜸 및 박락(2개소)은 신축이음누수에 의해 발생한 2차손상이며, A2와 P1에서 발생한 파손은 모서리부에서 외부충격에 의해 발생된 것으로 추정된다. 들뜸 및 박락은 신축이음누수로 인한 콘크리트 열화로 단면보수가 필요한 상태이며, P1 기둥부의 긁힘은 손상이 경미하므로 현상유지가 타당할 것으로 판단된다.
- 체수와 누수흔적은 신축이음 누수로 인해 발생된 것으로, 그로 인한 2차손상이 A2의 흉벽과 구체에 발생되고 있는상태로 신축이음차수방안과 연계하여 보수하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 본 교량은 교고가 약 10.0m 이내로 비교적 높은 상태임에도 교각 점검로(P1, P2)가 설치되어 있지 않아 접근이 불리한 상황이므로 향후 효율적인 지지관리를 위해 점검시설이 필요한 것으로 판단된다.

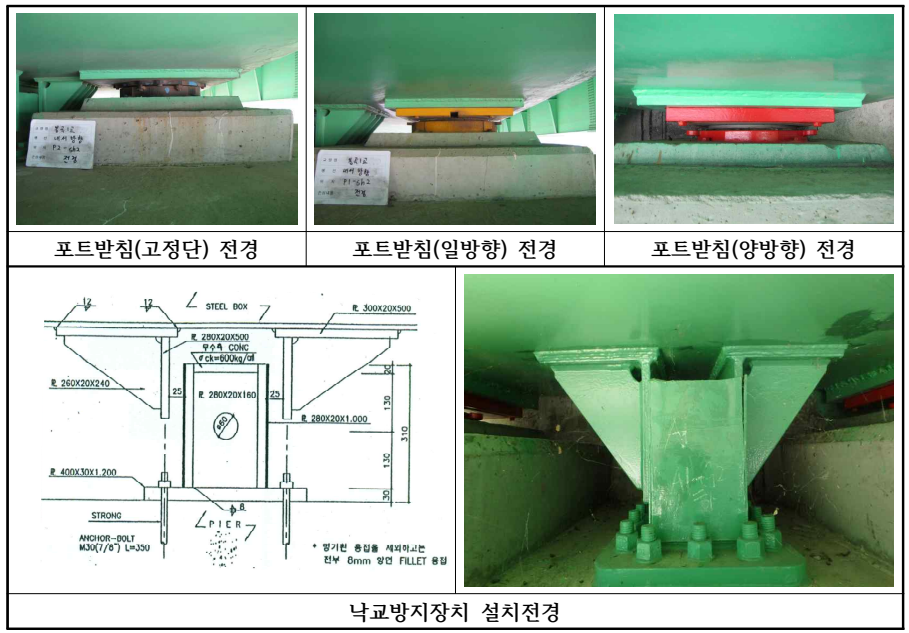
3.2.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 총 16개소(교대/교각 당 4개소)가 시공되어있다. 고정단은 P2에 설치되어 있으며, 나머지 교대 및 교각에는 일방향 및 양방향 가동단이 설치되어 있다. 받침장치의 순서는 시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 번호를 표기하였다.
- 낙교방지장치는 총 8개소(교대/교각당 2개소)가 설치되어 있다.



【그림 3.4】 교량받침 배치도(내서)



포트받침(고정단) 전경	포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경
낙교방지장치 설치전경		

【사진 3.10】 교량받침 전경(내서)

나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음【표 3.10】과 같다.
- 교량받침에 대한 외관상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 포트받침의 가동상태도 적정한 것으로 조사되었다. 공용 중 발생한 국부적인 손상으로 받침본체 도장박리, 폭 0.2㎜이하 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, 받침콘크리트 박리, 낙교방지장치 도장박리(부식) 및 탄성고무 파손 등의 손상이 경미하게 조사되었다.

【표 3.10】 교량받침 외관조사 결과(내서)

구 분	받침본체		무수축몰탈		받침콘크리트	
	플레이트 도장박리 (㎡/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	0.06/1	-	0.1/1	-	0.4/1
P1	-	-	0.3/3	0.4/2	0.9/5	0.5/2
P2	0.13/2	0.16/4	0.4/4	0.7/5	1.8/9	1.6/6
A2	-	-	-	-	-	0.3/1
합 계	0.13/2	0.22/5	0.7/7	1.2/8	2.7/14	2.8/10

【표 3.10】 교량받침 외관조사 결과(내서) (계속)

구 분	받침콘크리트		낙교방지장치			
	박리 (㎡/개소)		부식 (㎡/개소)		탄성고무덮개 파손 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	0.03/1	-	-	0.06/1	1.0/1
P1	-	-	-	-	-	-
P2	0.03/1	-	-	-	-	-
A2	-	0.01/1	0.16/1	0.16/1	-	-
합 계	0.03/1	0.04/2	0.16/1	0.16/1	0.06/1	1.0/1

받침본체 도장박리(P2-Sh4)

받침본체 도장박리(A1-Sh3)

폭 0.2㎜이하 받침콘크리트 균열(A1-Sh4)

받침콘크리트 박리(A1-Sh3)

낙교방지장치 부식(A2-No.1)

낙교방지장치 탄성고무덮개 파손(A1-No.1)

【사진 3.11】교량받침 손상현황(내서)

다. 연단거리 검토

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

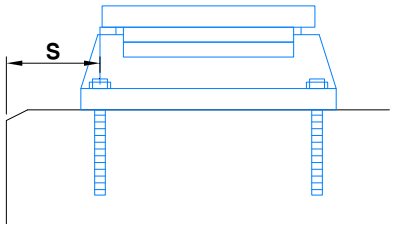
  - 거더의 경간길이 100m 이하 : S(㎜) = 200 + 5L
  - 거더의 경간길이 100m 이상 : S(㎜) = 300 + 4L

  (여기서, L은 경간길이(m))

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

2) 연단거리 측정방법



< 포트받침 >

연단거리 측정 개요도	연단거리 실측 전경

【사진 3.12】 연단거리 측정방법(내서)

3) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.11】 연단거리 측정 결과(내서)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			G1		G2		
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		450	470	470	470	470	O.K
P1	A1측	450	1079	1020	1049	1048	O.K
	A2측	500	1131	1169	1131	1130	O.K
P2	A1측	500	1052	1050	1059	1049	O.K
	A2측	450	1101	1101	1121	1111	O.K
A2		450	500	490	490	480	O.K

다. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차:27.4℃(9월), 2차:14.4℃(10월))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.12】 교량받침 가동상태 검토결과(내서)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	50.0(A1)	35.0(A1)	15.0	17.2	
	Sh2	50.0(A1)	35.0(A1)	15.0		
	Sh3	50.0(A1)	35.0(A1)	15.0		
	Sh4	50.0(A1)	35.0(A1)	15.0		
P1	Sh1	15.0(A1)	5.8(A1)	9.2	9.4	
	Sh2	15.0(A1)	5.8(A1)	9.2		
	Sh3	15.0(A1)	5.8(A1)	9.2		
	Sh4	15.0(A1)	5.8(A1)	9.2		

【표 3.12】 교량받침 가동상태 검토결과(내서) (계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P2		-	-	-	-	고정단
A2	Sh1	25.0(A2)	16.5(A2)	8.5	7.8	
	Sh2	20.0(A2)	12.0(A2)	8.0		
	Sh3	20.0(A2)	12.0(A2)	8.0		
	Sh4	25.0(A2)	17.5(A2)	7.5		

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

【표 3.13】 교량받침 이동량 산정(내서)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	110.0	49.4	16.6	-	49.4	16.6
P1	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	60.0	26.9	9.1	-	26.9	9.1
P2	고 정 단								
A2	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	50.0	22.4	7.6	-	22.4	7.6

1) 조사당시 온도 : 27.4℃(조사일 : 2016년 9월 5일, 최고온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.14】 교량받침 이동량 검토결과(내서)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	50.0(A1)	49.4	16.6	150.0	50.0	±100	O.K
	Sh2	50.0(A1)	49.4	16.6	150.0	50.0	±100	O.K
	Sh3	50.0(A1)	49.4	16.6	150.0	50.0	±100	O.K
	Sh4	50.0(A1)	49.4	16.6	150.0	50.0	±100	O.K
P1	Sh1	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh3	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
P2		고 정 단						
A2	Sh1	25.0(A2)	22.4	7.6	125.0	75.0	±100	O.K
	Sh2	20.0(A2)	22.4	7.6	120.0	80.0	±100	O.K
	Sh3	20.0(A2)	22.4	7.6	120.0	80.0	±100	O.K
	Sh4	25.0(A2)	22.4	7.6	125.0	75.0	±100	O.K

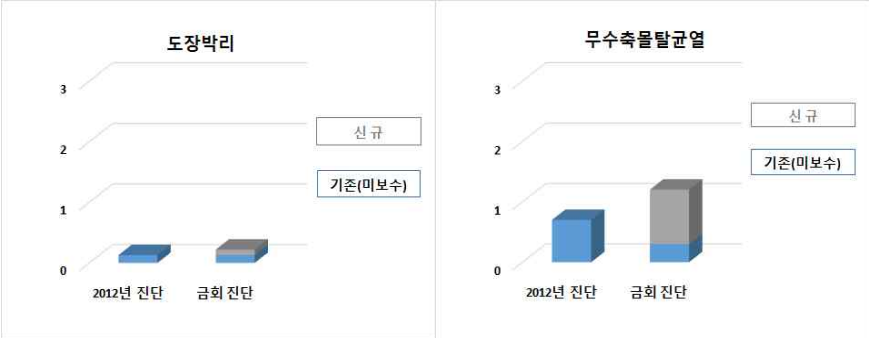
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

마. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 받침장치에 조사된 받침본체 도장박리와, 받침무수축몰탈 균열 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 신규 손상이 일부 추가되었다.
- 신규로 조사된 손상은 대부분 폭 0.1㎜이하 미세균열로 균열의 발생형태 및 균열폭등을 고려할 때 공용 중 활하중에 의한 손상진전이 아닌 시공초기 발생한 미세균열이 금회 조사된 것으로 판단된다.
- 받침도장박리는 기 진단 이후에 보수가 실시되지 않았으며, 공용년수 경과에 따라 신규물량이 증가된 상태이다.

【표 3.15】 교량받침 기 진단 결과 비교(내서)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
도장박리(㎡)	0.13	0.13	-	0.09	
무수축몰탈 균열(m)	0.7	0.3	-	0.9	



【그림 3.5】 교량받침 기 진단결과 비교(내서)

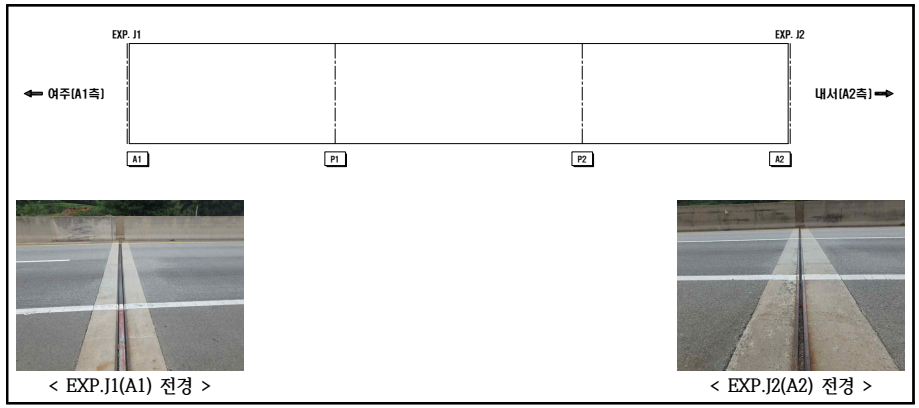
바. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 받침본체부식(P2-Sh4, A1-Sh3) 등의 손상은 시공미흡과 도장열화, 신축이음부의 누수 등에 의한 손상으로 재도장이 필요하다.
- 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열(폭 0.2㎜이하)은 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 현재 기 진단(2012년) 이후 일부 구간에 한해 보수가 실시된 상태이다.
- A1-Sh3에 발생한 받침콘크리트 박리는 신축이음누수로 인한 2차손상으로 분석되며, 내구성확보를 위해 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 낙교방지장치 부식(A2-No.1)은 기 진단(2012년)이후 재도장이 실시되었으나, 금회 손상이 재발생된 상태이며, 손상재발생의 원인은 신축이음누수에 의한 것으로 판단된다.
- 받침장치에서 발생된 받침본체부식, 낙교방지장치 부식 재발생, 받침콘크리트 박리 등은 모두 신축이음누수에 의해 발생된 손상으로 향후 신축이음부의 누수 발생 여부에 대해 지속적인 점검 및 부식 진전 시 하부구조 상단의 유도배수홈 설치 등의 대책수립이 필요한 상태이다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있으며, 모두 Rail Joint로 구성되어 있다.
- 본 교량의 신축이음장치는 준공 이후 약 11년 동안 사용 중인 것으로 조사되었으며, 보수이력에 따르면, 2010년에 신축이음장치 보수가 이루어진 것으로 확인되었다.



【그림 3.6】신축이음장치 전경 및 배치도(내서)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적인 신축거동은 원활하나, EXP.J1(A1)과 J2(A2)의 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에서 본체 부식 및 이물질 퇴적이 조사되었으며, EXP.J2(A2)의 후타재의 갓길부에서 파손이 발생되었다. 그 외에 EXP.J1(A1)과 J2(A2)의 전 폭에 걸쳐서 후타재 균열, 망상균열과 표면박리가 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.16】 신축이음장치 외관조사 결과(내서)

구분	신축이음장치 본체						후타재	
	신축이음누수 (㎡/개소)		본체 부식 (㎡/개소)		이물질 퇴적 (㎡/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
A1	-	12.2/1	0.24/1	0.24/1	0.46/2	0.46/2	2.7/6	1.0/2
A2	-	12.2/1	7.10/2	0.8/2	0.80/2	0.8/2	5.0/9	5.0/9
합계	-	12.2/1	7.34/3	1.04/3	1.26/4	1.26/4	7.7/15	6.0/11

【표 3.16】 신축이음장치 외관조사 결과(내서) (계속)

구 분	후타재		후타재					
	균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		표면박리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	1.5/3	-	0.5/1	-	-	2.80/1	2.80/1
A2	-	-	-	-	0.02/2	0.02/2	7.10/2	7.10/2
합 계	-	1.5/3	-	0.5/1	0.02/2	0.02/2	9.90/3	9.90/3

본체 부식 및 이물질 퇴적(A2)

후타재 파손(A2)

폭 0.2㎜이하 후타재 균열(A1)

폭 0.2㎜이하 후타재 망상균열(A1)

【사진 3.13】신축이음장치 손상현황(내서)

신축이음누수(A1)

후타재 표면박리(EXP.J2)

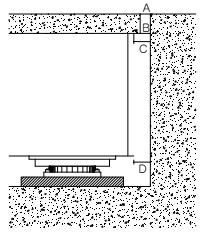
【사진 3.13】 신축이음장치 손상현황(내서) (계속)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:23.9℃(9월), 2차:14.7℃(10월))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

① 신축이음 유간 측정방법

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



< 측정 개요도 >

【사진 3.14】신축이음 유간 측정방법(내서)

② 신축이음 유간 측정결과

【표 3.17】 신축이음 유간 측정결과(내서)

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	24.0	38.0	75.0	88.0	95.0	100.0	95.0	100.0	Rail Joint (EXP-100)
EXP.J2(A2)	40.0	45.0	40.0	45.0	105.0	110.0	95.0	105.0	Rail Joint (EXP-65)

- 9월(23.9℃)과 10월(14.7℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.18】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(내서)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	24.0	38.0	14.0	12.1	
	바닥판 단부	75.0	88.0	13.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	40.0	45.0	5.0	5.5	
	바닥판 단부	40.0	45.0	5.0		

- EXP.J1, J2의 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, EXP.J1, J2의 신축이음 유간이 신장 및 수축시 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되어 현재 신축이음의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.19】신축이음 신축이동량 산정(내서)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	33.9	16.1	1.2×10^{-5}	110.0	44.7	21.3	-	44.7	21.3
EXP.J2 (A2)	33.9	16.1	1.2×10^{-5}	50.0	20.3	9.7	-	20.3	9.7

1) 조사당시 온도 : 23.9℃(조사일 : 2016년 9월 5일, 평균온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.20】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(내서)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	44.7	21.3	24.0	100.0	31.3	2.7	O.K
	바닥판 단부			75.0	-	-	53.7	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음	20.3	9.7	40.0	65.0	4.7	30.3	O.K
	바닥판 단부			40.0	-	-	30.3	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

라. 기 진단(2012년) 결과와 비교

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

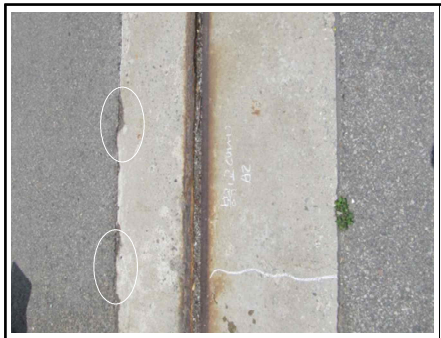
【표 3.21】 신축이음장치 기 진단 결과 비교(내서)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
본체부식(㎡)	7.34	1.04	-	-	
후타재 균열(m)	7.7	5.0	-	1.0	

【그림 3.7】 신축이음장치 기 진단결과 비교(내서)

마. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- EXP.J1, EXP.J2에서 발생된 신축이음누수는 금회 우기 시(2차조사) 추가조사에 의해 조사된 것으로, 전회차 진단보고서 검토 결과 손상물량에는 언급되지 않았으나, 하부구조(받침장치 및 낙교방지 부식, 교대구체 누수흔적 등)의 2차손상 등이 기 발생됐던 점을 고려할 때 금회 신규로 발생된 것이 아닌 기 진단 이전부터 존재했던 것으로 판단된다. 신축이음장치 누수는 2차손상(받침장치 및 낙교방지 부식 재발생, 받침콘크리트 박리 등)을 초래하고 있는 상태로 신축이음 유도배수를 설치하고, 향후 본체부식과 후타재파손 등의 손상이 진전 될 시는 교체를 고려하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.



후차재 파손(A2)[2012년 진단]

후차재 파손(A2)[2016년 진단]

【사진 3.15】 신축이음장치 후타재 파손 진전 현황

- 본체 부식(EXP.J1, EXP.J2)은 경년열화에 의한 것으로 손상 발생 부위가 이물질 퇴적 및 체수가 발생하기 쉬운 신축이음장치 끝단(갓길 구간)에 위치하고 있으나, 현재 손상 정도가 심하지 않고 기능 발휘에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰이 필요한 상태로서 보수의 필요성은 없는 상태이다. 또한, 신축이음장치 끝단(갓길 구간)에서 조사된 이물질 퇴적은 원활한 기능 유지를 위해 정기적인 청소가 필요한 상태이다.
- 후타재 파손(EXP.J2)은 차량의 반복하중 및 충격, 공용기간 증가에 의한 것으로 손상 규모 및 정도가 경미하여 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다.
- 폭 0.2㎜이하 후타재 균열은 건조수축에 의한 것으로 추정되며, 후타재 표면박리(EXP.J1, EXP.J2)는 차량의 반복하중 및 공용기간 증가에 의해 발생된 것으로 판단된다. 후타재 표면박리는 후타재 전폭에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 조사되었으며, 심한 구간은 골재 노출이 진행 중인 상태로서 단면보수 등이 필요하나, 중차량의 통행이 많은 특수성을 고려해 당장의 보수보다는 향후 주기적인 점검을 통해 후타재의 손상진전시 신축이음의 교체를 고려하여야 한다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면포장은 아스콘 포장으로 시공되어 있으며, 교면포장에 대한 현장조사는 외관조사와 함께 포장두께 확인과 바닥판 및 방수층의 상태를 확인하기 위해 코어 채취를 실시하였다.

교면포장 전경

2012년 코어채취 (포장두께 t=11.0cm)

【사진 3.16】교면포장 전경(내서)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이며, S2와 S3경간의 2차로에 인위적인 포장면 긁힘과 A2 배면 접속부에서 단차가 2개소 조사되었다.

【표 3.22】 교면포장 외관조사 결과 및 손상현황(내서)

구 분	단차 (m/개소)		아스콘균열 (m/개소)		아스콘들뜸 (㎡/개소)		아스콘패임 (㎡/개소)		아스콘 긁힘/절삭 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	2.1/4	-	5.0/1	-	2.50/1	-	175.0/1
S2	-	-	-	-	-	-	-	18.25/2	72.00/1	210.0/1
S3	8.0/2	8.0/2	-	4.0/1	-	8.75/2	-	-	60.00/1	175.0/1
합 계	**8.0/2**	**8.0/2**	-	**6.1/5**	-	**13.75/3**	-	**20.7/3**	**132.00/2**	**560.0/3**

아스콘균열(S3, 1차로)	아스콘 들뜸(S1, 2차로)
아스콘패임(S2, 3차로)	아스콘 균열(S1, 3차로)
단차(S3, 1,3차로)	아스콘 긁힘(S3, 2차로)

【사진 3.17】 교면포장 손상현황(내서)

다. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 교면포장에서 조사된 아스콘균열, 아스콘패임, 아스콘들뜸, 단차 등에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 금회 공용년수 증가로 인해 신규 결함이 발생되었으며, 단차(h=0.5~1.0㎝)는 기 진단 이후 손상물량의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

【표 3.23】 교면포장 기 진단 결과 비교(내서)

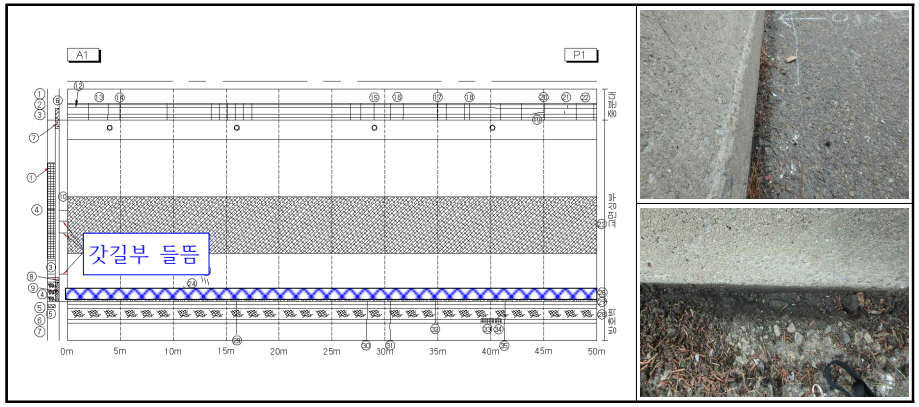
구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
아스콘균열(m)	-	-	-	6.1	
아스콘패임(㎡)	-	-	-	20.7	
아스콘들뜸(㎡)	-	-	-	13.75	
단차(m)	8.0	8.0	-	-	

【그림 3.8】 교면포장 기 진단결과 비교(내서)

라. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 아스콘 균열은 공용년수 증가에 따른 차량통행 반복으로 인한 원인이며, 손상규모는 경미한 수준으로 보수는 필요치 않으며 지속적인 점검을 통해 손상진전에 대한 관찰을 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 단차(h=0.5~1.0㎝)는 기 진단(2012년) 시부터 조사되었던 손상으로 A2 배면 접속부에서 발생하였으며. 이는 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화에 의한 것으로 아스팔트 팻칭보수가 필요한 상태이다.
- 아스콘 긁힘은 공용 중 인위적으로 발생한 손상으로서 손상 정도가 경미하여 차량의 주행에 영향을 미치지 않으므로 지속적인 주의관찰이 필요한 상태로서 보수의 필요성은 없는 상태이다.
- 아스콘 들뜸과 패임은 갓길 방호벽 접속부에서 전경간에 걸쳐 조사된 상태로, 점검망치 타격 결과, 들뜸 폭은 경미하나 방호벽을 따라 전연장에 걸쳐 발생된 것으로 확인되었다.

  손상의 원인은 아스콘 포설시 재료부족, 다짐불량 등에 의한 것으로 판단되며, 바닥판 하면에 직접적인 손상을 초래하지는 않지만 장기 공용시 바닥판 상면으로 교면수가 유입될 가능성이 있으므로 장기적인 보수대책을 마련하여 보수하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.



3.2.6 기타시설

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 교량의 횡단구배 2.00%, 종단구배 2.816%로 설계되어 있으며, 배수시설은 중분대측으로 총 11개소(S1:3개소, S2:4개소, S3:4개소)에 강관이 설치되어 있다.

【사진 3.18】 배수시설 전경(내서)

2) 외관조사 결과

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

나. 난간 및 연석

1) 부재의 개요

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

방호벽 전경

중분대 전경

【사진 3.19】 난간 및 연석 전경(내서)

나. 외관조사 결과

- 난간 및 연석에 대한 외관조사 결과, 전반적인 설치상태는 양호한 상태를 유지하고 있으며, 폭 0.2㎜이하의 수직균열이 전 경간에 걸쳐 분포하고 있으며, 방호벽과 중분대(S2, S3)에서 폭 0.3㎜이상 균열이 일부 조사되었다.

【표 3.24】 난간 및 연석 외관조사 결과(내서)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		균열부 백태 (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	22.5/15	97.9/38	-	-	-	-	-	35.0/1
S2	53.5/58	128.9/61	2.0/2	2.8/2	0.7/3	0.7/3	-	-
S3	40.3/46	94.2/54	4.4/5	10.7/7	1.5/1	1.5/1	-	38.5/1
합 계	**116.3/119**	**321.0/153**	**6.4/7**	**13.5/9**	**2.2/4**	**2.2/4**	**-**	**73.5/2**

【표 3.24】 난간 및 연석 외관조사 결과(내서) (계속)

구 분	박리/파손 (㎡/개소)		방호벽덮개 볼트탈락 (개소)		차량충돌흔적 (m/개소)		표면오염(녹) (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	0.13/2	0.34/2	-	5.0/5	-	-	-	-
S2	-	0.32/2	-	-	-	-	-	-
S3	-	0.12/3	-	-	-	3.0/3	0.02/2	0.02/2
합 계	**0.13/2**	**0.78/7**	**-**	**5.0/5**	**-**	**3.0/3**	**0.02/2**	**0.02/2**

폭 0.2㎜이하 균열(S1 방호벽)

파손(S1 방호벽)

녹발생(S2 방호벽)

폭 0.2㎜이하 망상균열(S3 방호벽)

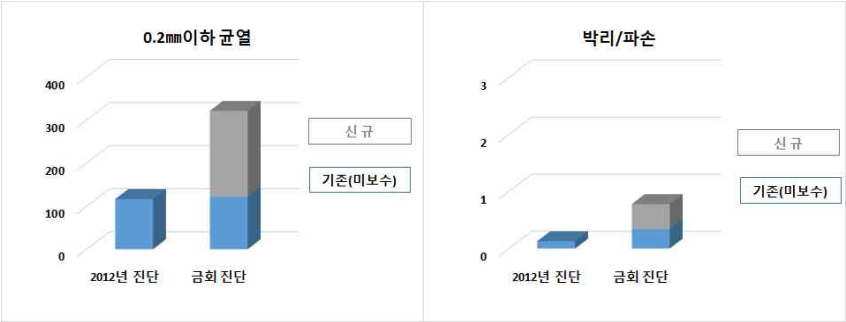
【사진 3.20】 난간 및 연석 손상현황(내서)

다. 기 진단(2012년) 결과와 비교

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

【표 3.25】 방호벽 기 진단 결과 비교(내서)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(0.2㎜이하)(m)	116.3	121.9	-	199.1	
박리/파손(㎡)	0.13	0.34	-	0.44	



【그림 3.9】 방호벽 기 진단결과 비교(내서)

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 폭 0.2㎜이하 균열은 지속적인 주의관찰을 실시하고, 폭 0.3㎜이상 균열과 균열부 백태는 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- 중분대의 보수부 재균열과 방호벽의 균열은 건조수축에 의한 것으로 추정되며, 균열부 백태는 균열부의 우수 유입에 의한 것으로 판단된다.
- 차량 충돌에 의한 방호벽 파손(S1)은 손상 정도가 경미하여 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다.
- 방호벽 표면오염(녹)은 균열부로 우수 및 수분이 침투하여 녹이 발생한 것으로 보이며, 철근부식을 방지하기 위해 표면처리보수가 필요한 상태이다.

3.3 외관조사 결과(여주방향)

3.3.1 상부구조

가. 바닥판

- 봉곡1교(여주)의 바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있고, 좌.우 캔틸레버부 하면에는 외부로부터의 우수유입을 방지하기 위해 물끊기 홈이 전 구간에 걸쳐 설치되어 있다.
- S2 바닥판 하면(좌.우측 캔틸레버부 제외)은 지방도를 통과하는 구간으로 Deck Plate가 설치되어 있으며, S1 S3경간 바닥판하면은 노출된 상태이다.
- 바닥판의 외관조사는 근접장비(고소점검차)를 이용하여 시행하였다.

바닥판 하면 전경	바닥판 하면 Deck Plate 전경

【사진 3.21】 바닥판 전경(여주)

1) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이나 전반적인 망상균열이 전 구간에 분포되어 있으며, 그 외에 단부측의 철근부식 및 박락, 박락 및 철근노출 등이 조사되었다.
- 특히, S1과 S3경간의 좌.우 캔틸레버부를 제외한 경간 전 부위에 망상균열(Cw=0.1~0.2㎜)이 분포하고 있는 것으로 조사되었으며, S1경간 우측 캔틸레버부 단부의 철근부식 및 박락과 S3경간 우측 캔틸레버부 하면에 콘크리트 박락 및 철근노출이 국부적으로 조사되었다.
- 바닥판 하면(S2)에 설치된 Deck Plate는 부식, 파손, 누수 및 백태 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.26】 바닥판 외관조사 결과(여주)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		망상균열(0.2㎜이하) (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
S1	-	3.0/4	202.50/18	-	-	0.93/6
S2	-	23.5/25	-	-	-	1.4/4
S3	-	6.0/6	202.50/18	45.0/4	-	2.5/1
합 계	-	32.5/35	405.00/36	45.0/4	-	4.83/11

【표 3.26】 바닥판 외관조사 결과(여주) (계속)

구 분	철근노출 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	0.04/2
S3	0.10/1	0.1/1	-	0.20/3
합 계	0.10/1	0.1/1	-	0.24/5

폭 0.2㎜이하 횡균열(S1)

폭 0.2㎜이하 횡균열(S1)

【사진 3.22】 바닥판 손상현황(여주)

파손(S3 중분대 하면)

철근노출(S3 중분대 하면)

【사진 3.22】 바닥판 손상현황(여주) (계속)

2) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 바닥판하면에서 조사된 균열과 백태에 대하여 2012년 진단 결과를 토대로 손상 진전 여부를 검토한 결과, 기 진단 시보다 손상물량이 다소 증가한 것으로 나타났는데, 균열의 경우 형상과 패턴으로 보아 시공초기 건조수축에 의해 발생된 균열이 상세점검에 의해 다소 증가한 것으로 분석되며, 백태는 대부분 단부와 중앙분리대 하면에서 조사되었으며, 공용년수 증가에 따라 신규로 발생된 결함으로 판단된다.

【표 3.27】 바닥판하면 기 진단 결과 비교(여주)

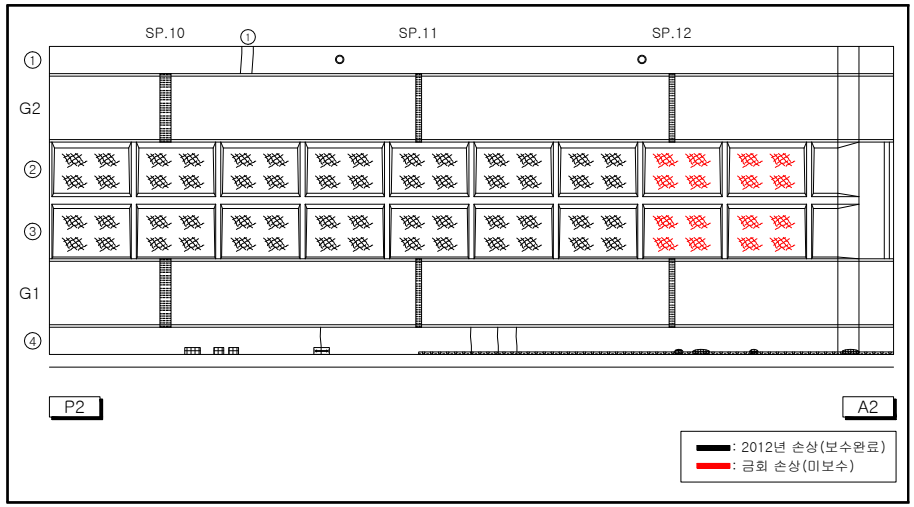
구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(m)	-	-	-	27.7	
백태(㎡)	-	-	-	0.57	

【그림 3.10】 바닥판하면 기 진단결과 비교(여주)

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 캔틸레버에 조사된 횡균열은 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축이 금회 상세 점검에 의해 조사된 것으로 판단된다.
- S3경간에서 조사된 망상균열은 과업기간중 실시된 바닥판하면 표면보수에서 누락된 손상으로 균열폭은 0.2㎜이하의 미세균열이며, 균열의 형상은 일관성이 없는 형상을 띄고 있는 것으로 보아, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 양생과정 또는 시공 후 일정기간이 경과한 후에 발생한 건조수축에 의해 발생한 것으로 추정된다.

  또한, 기 진단에서 조사된 균열의 폭과 길이의 변화가 없는 것으로 보아 진행성 균열이 아닌 것으로 판단되고, 내구성 저하에는 크게 영향이 없는 것으로 판단되며, 현 상태에서 지속적인 관찰을 통해 손상 진전 시 보수를 고려하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

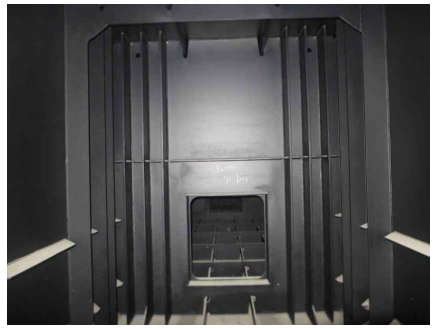


【그림 3.11】 바닥판(S3) 망상균열(Cw=0.2㎜이하) 현황도(여주)

- 중분대 하면에서 발생된 철근노출은 피복부족에 의해 발생되었으며 내구성확보를 위해 단면보수(방청)를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 바닥판 하면(S2)에 설치된 Deck Plate는 손상이 없는 양호한 상태이며, 지속관찰을 통한 이음부 누수 및 백태발생 등에 유의해야한다. 또한, 향후 유지관리를 위해 바닥판 상태를 점검할 수 있는 배수홀 등의 설치 검토가 필요한 것으로 사료된다.

나. 강박스 거더

- 봉곡1교(여주)의 주부재인 Steel Box Girder는 2열로 배치되어 있고, 거더와 거더 사이에는 세로보(Stringer)가 1열로 배치되어 있다.
- 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.
- 강박스 거더 외부에 대해서는 바닥판과 동일한 방법으로, 내부에 대해서는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



강박스 거더 내부 전경

강박스 거더 외부 전경

【사진 3.23】강박스 거더 전경(여주)

1) 강박스 거더 내부

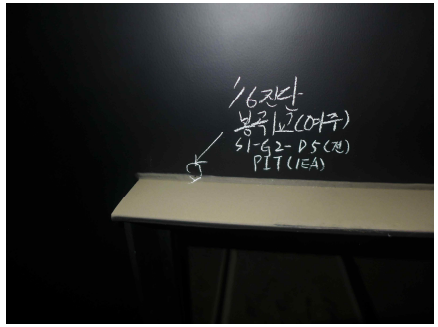
① 외관조사 결과

- 강박스 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 전 구간에 걸쳐 손상 및 결함이 거의 발생하지 않은 양호한 상태이며, 국부적으로 조사된 손상으로 도장박리와 Pit 등이 조사되었다.

【표 3.28】 강박스 거더 내부 외관조사 결과(여주)

구 분	도장박리 (㎡/개소)		Pit (개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	1
S2	-	-	-	-
S3	-	0.04	1	2
합 계	-	**0.04**	**1**	**3**

도장박리 (S3-G1-LW)



Pit(S1-G1-D5)

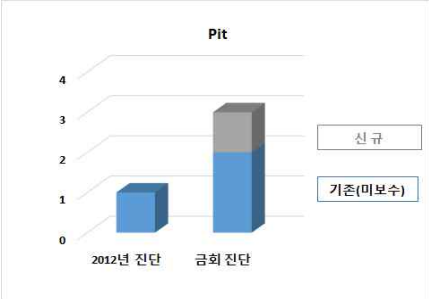
【사진 3.24】 강박스 거더 내부 손상현황(여주)

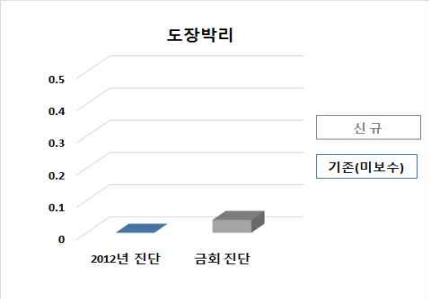
② 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 거더내부 Pit와 도장박리에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 진단 이후 대부분의 손상이 보수된 것으로 확인되었으며, 금회 진단 시 추가로 부식 및 스플라이스 볼트 부식 등이 조사되었다.

【표 3.29】 강박스 거더 내부 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
Pit(개소)	1	2	-	1	
도장박리(㎡)	-	-	-	0.04	





【그림 3.12】 강박스 거더 내부 기 진단결과 비교(여주)

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 도장박리는 S3-G1 복부에서 1개소 조사되었으며, 바탕면 처리 미흡 및 도장의 접착불량 등 도장작업 및 건조과정에서 발생된 결함으로, 상도에 국한된 손상으로 단기간 내에 부식을 초래하지는 않지만 장기적으로 재도장에 의한 보수가 필요하다.
- 용접결함인 Pit는 S3-G1-LW에서 1개소 조사되었으며, 시공미흡에 의한 손상으로 용접불량 부위를 가우징으로 완전히 제거한 후 다시 용접을 실시하는 것이 원칙이다. 그러나 현재 공용중인 교량이라는 점을 고려할 때 용접보수 시 용접열에 의해 주변 건전부위에 추가 손상을 유발하거나, 유해한 영향알 끼칠 수 있는 가능성이 높고, 또한 결함범위가 작아 용접결함의 정도가 구조물의 안전성에 미치는 영향은 경미한 것으로 판단된다. 따라서, 현 상태에서 용접보수보다는 현상유지가 타당할 것으로 판단된다.

2) 강박스 거더 외부

① 외관조사 결과

- 강박스 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 경미한 부식과 G2 외측에서 전 경간에 걸쳐 태양광의 광화학 반응에 의해 도막이 백색으로 변색되는 쵸킹이 발생한 상태이다.

【표 3.30】 강박스 거더 외부 외관조사 결과(여주)

구 분	부식(㎡/개소)		쵸킹(㎡/개소)		비고
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	
S1	-	0.01/1	-	140.0/1	
S2	-	-	-	168.0/1	
S3	-	0.06/1	-	140.0/1	
합 계	-	**0.07/2**	-	**448.0/3**	

경미한 쵸킹(S2-G2-RF)

부식(S1-G2-LF)

【사진 3.25】강박스 거더 외부 손상현황(여주)

② 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 거더외부 부식 및 쵸킹에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 기 진단 이후 현재 부식 및 쵸킹의 손상이 다소 증가한 것으로 나타났다.

【표 3.31】 Steel Box Girder 외부 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
부식(㎡)	-	-	-	0.07	
경미한 쵸킹(개소)	-	-	-	3.00	

【그림 3.13】 Steel Box Girder 외부 기 진단결과 비교(여주)

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- G2 좌측 복부에 전 경간에 걸쳐 발생한 쵸킹은 태양광의 광화학 반응에 의한 것으로 손상은 경미한 수준으로 현재 보수보다는 현상유지 후 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 그 외 하부플랜지 측면에서 발생된 부식은 유지관리 시 도장긁힘과 공용년수 증가 등에 의해 발생된 것으로 추정되며 손상규모는 경미하나, 손상진전 방지 및 부재열화 방지를 위해 재도장이 필요한 상태이다.

다. 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에 대해서는 강박스 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였다.
- 가로보 및 세로보에 대한 외관조사 결과, 용접결함, 연결불량, 변형, 도장손상 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

가로보 전경

가로보 및 세로보 전경

【사진 3.26】 가로보 및 세로보 전경(여주)

3.3.2 하부구조

- 봉곡1교(여주)의 하부구조는 철근콘크리트 구조로서 교대는 역T형이고 기초는 확대기초(A1)와 강관말뚝기초(A2)로 시공되어 있다. 교각은 T형이고 기초는 확대기초(P1)와 강관말뚝기초(P2)로 시공되어 있고, 교대(A1, A2)의 상.하행선 종조인트부에 보강토 조립식 옹벽이 시공되어 있다.

교대 전경

교각 전경

【사진 3.27】교대 및 교각 전경(여주)

가. 외관조사 결과

- 하부구조의 외관조사 결과, 대표손상으로 균열(0.1㎜~0.3㎜이하), 망상균열 등이 조사되었으며, 그 외 잡철물노출, 실런트파손, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.
- 교대(A1, A2)에 발생한 균열은 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 수직균열 형태를 띄고 있으나 A1 구체 측면에서 폭 0.3㎜이상 균열이 2개소 조사되었다. 또한, 교대의 흉벽 구간에는 와이어매쉬가 일부 노출된 상태이며, 교대 측면 접속부에 경미한 실런트 파손, 경미한 백태 등이 조사된 상태이다.
- 교각의 주요 손상으로는 코핑부의 수직균열과 망상균열이며, 국부적으로 폭 0.3㎜의 균열도 조사되었으며, 발생위치는 코핑 전면 및 배면, 상면에 걸쳐 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.32】 교대 및 교각 외관조사 결과(여주)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	5.8/10	7.2/14	-	4.1/2	-	-	-	0.02/1
P1	39.2/61	27.1/36	4.5/3	1.0/1	-	2.4/2	-	0.10/2
P2	27.4/39	30.5/46	-	-	-	2.7/3	-	-
A2	4.2/7	7.4/12	-	-	-	-	-	-
합 계	76.6/117	72.2/108	4.5/3	5.1/3	-	5.1/5	-	0.12/3

【표 3.32】 교대 및 교각 외관조사 결과(여주)(계속)

구 분	실런트파손 (m/개소)		보수부들뜸 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		잡철물 노출 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	1.20/2	3.8/1	-	-	-	-	1.20/2	0.01/1
P1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	1.60/5	-	-	2.0/1	-	0.35/1	1.60/5	0.24/1
합 계	2.80/7	3.8/1	-	2.0/1	-	0.35/1	2.80/7	0.25/2

폭 0.2㎜이하 균열(A1 흉벽부)

폭 0.3㎜ 균열(A1 구체부)

실런트파손(A1 우측 접속부)

들뜸(A2 흉벽부)

잡철물 노출(A1 흉벽부)

보수부 들뜸(A2 흉벽부)

【사진 3.28】 교대 및 교각 손상현황(여주)

폭 0.2㎜이하 균열(P1 코핑부)	폭 0.2㎜이하 균열(P1 코핑부)

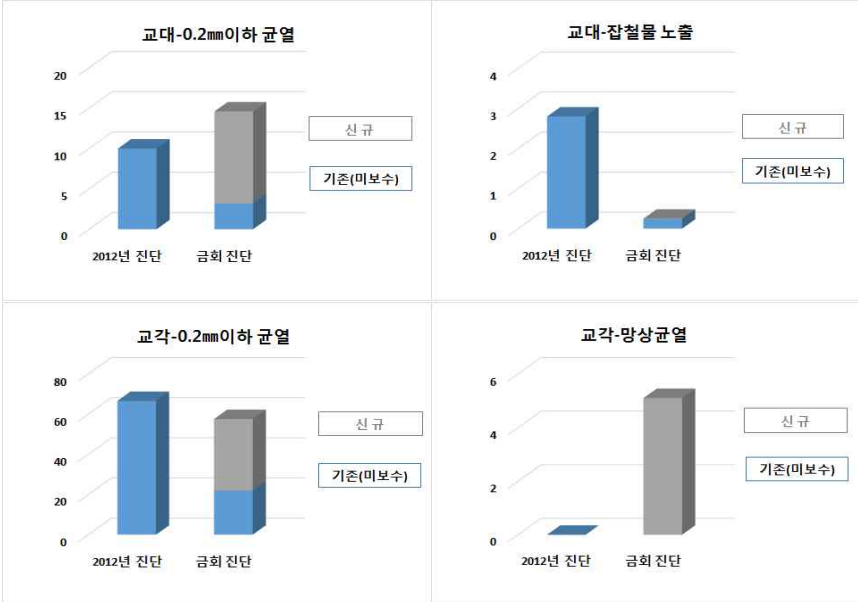
【사진 3.28】교대 및 교각 손상현황(여주) (계속)

나. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 하부구조에 조사된 주요 손상에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기 진단 이후 균열에 대한 보수가 일부 실시되어 손상물량이 다소 감소한 상태이며, 금회 진단 시 일부 누락된 균열을 추가하였다.
- 교대에서 조사된 잡철물노출(와이어메쉬)는 기 진단 이후 대부분 보수가 완료되었으나, 공용년수 증가와 우수유입으로 인해 금회 신규로 손상이 추가된 상태이다.
- 교각의 코핑부에서 추가된 망상균열은 균열의 형상과 발생 위치로 볼 때, 손상이 추가로 발생되었기 보다는 기 진단시 조사누락으로 인한 것으로 판단된다.

【표 3.33】 교대 및 교각 기 진단 결과 비교(여주)

구 분		2012년 진단	금회 진단			비 고
			미보수	보수부 재손상	신규	
교대	0.2㎜이하균열(m)	10.0	3.2	-	2.3	14.6
	잡철물 노출(㎡)	2.8	0.24	-	0.01	
교각	0.2㎜이하균열(m)	66.6	21.9	-	40.0	57.6
	망상균열(㎡)	-	-	-	5.1	



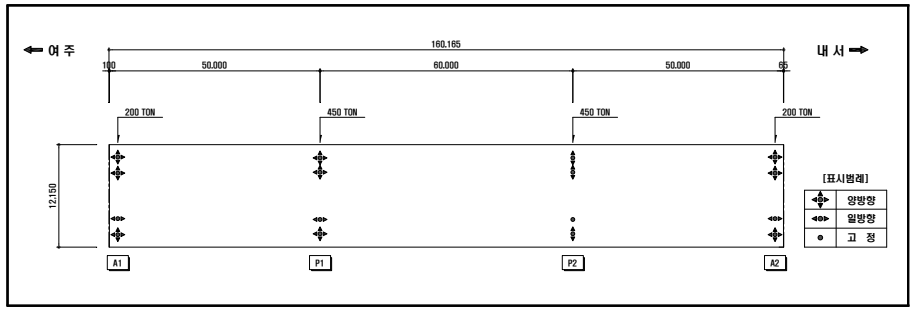
【그림 3.14】 교대 및 교각 기 진단결과 비교(여주)

다. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- A1과 A2의 구체 및 흉벽부에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 수직균열 형태를 띄고 있으며, 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 콘크리트 재료적 특성인 시공초기 건조수축에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- 또한, A1과 A2의 흉벽부에서 조사된 잡철물(와이어메쉬)노출은 기 진단 이후 대부분 보수완료되었으나, 공용년수 증가와 우수유입 등에 의한 신규로 발생되었으며, 콘크리트의 내구성에 영향을 미칠 우려가 있으므로 녹제거 후 단면보수를 실시해야 할 것으로 판단된다.
- P1과 P2의 코핑 및 기둥부에 발생한 균열과 망상균열은 대부분 미세균열(폭 0.2㎜이하)로 깊이가 얕은 표면균열 형태이며, 방향성이 없는 점을 고려 할 때 시공초기 매스콘크리트 양생과정에서 발생한 수화열, 초기 건조수축 등에 의해 발생한 상태이며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수는 불필요한 것으로 판단된다.

3.3.3 교량받침

- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 총 16개소(교대/교각 당 4개소)가 시공되어있다. 고정단은 P2에 설치되어 있으며, 나머지 교대 및 교각에는 일방향 및 양방향 가동단이 설치되어 있다. 받침장치의 순서는 시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 번호를 표기하였다.
- 낙교방지장치는 총 8개소(교대/교각당 2개소)가 설치되어 있다.

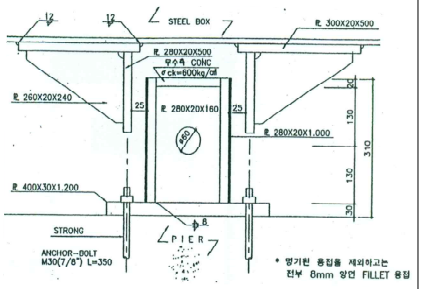


【그림 3.15】 교량받침 배치도(여주)

포트받침(고정단) 전경

포트받침(일방향) 전경

포트받침(양방향) 전경



낙교방지장치 설치전경

【사진 3.29】 교량받침 전경(여주)

가. 외관조사 결과

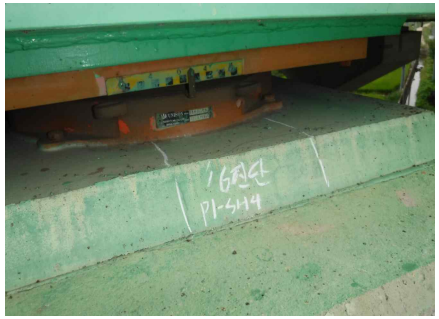
- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음 【표 3.34】과 같다.
- 교량받침에 대한 외관상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 포트받침의 가동상태도 적정한 것으로 조사되었다. 공용 중 발생한 국부적인 손상으로 받침본체 도장박리, 폭 0.2㎜이하 무수축몰탈 및 받침콘크리트 균열, 받침콘크리트 단면결함(파손/들뜸/재료분리), 낙교방지장치 탄성고무 파손 등의 손상이 경미하게 조사되었다.

【표 3.34】 교량받침 외관조사 결과(여주)

구 분	받침본체		무수축몰탈		받침콘크리트			
	플레이트 도장박리 (㎡/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	-	-	-	0.2/1	0.4/1	-	-
P1	-	0.04/2	0.5/5	0.3/3	1.8/10	1.2/7	-	2.5/1
P2	0.07/3	0.07/3	0.1/1	0.5/3	1.5/8	1.4/5	-	-
A2	-	-	-	-	0.2/1	-	-	-
합 계	0.07/3	0.11/5	0.6/6	0.8/6	3.7/20	3.0/13	-	2.5/1

【표 3.35】 교량받침 외관조사 결과(여주)

구 분	받침콘크리트								낙교방지장치	
	파손 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		재료분리 (㎡/개소)		잡철물 (㎡/개소)		탄성고무 파손 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
A1	-	-	-	0.12/1	-	-	-	-	0.02/1	0.02/1
P1	-	-	-	-	0.07/1	0.08/2	-	-	-	-
P2	0.04/2	0.02/1	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	0.01/1	-	-
합 계	0.04/2	0.02/1	-	0.12/1	0.07/1	0.08/2	-	0.01/1	0.02/1	0.02/1

받침본체 도장박리(P1-Sh2)	받침본체 도장박리(P2-Sh3)
	
폭 0.2㎜이하 무수축몰탈 균열(P1-Sh4)	낙교방지장치 탄성고무덮개 파손(A1-No.2)
받침콘크리트 경미한 파손(P2-Sh4)	폭 0.1㎜이하 받침콘크리트 균열(A1-Sh4)

【사진 3.30】 교량받침 손상현황(여주)

나. 연단거리 검토

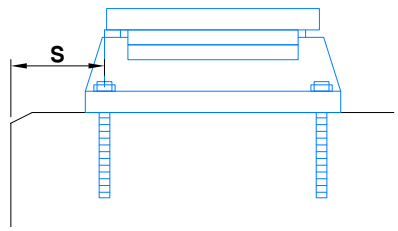
- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침 연단과 하부구조 정부 연단 사이의 거리, S(㎜)는 다음 값 이상을 확보하여야한다.
  - 거더의 경간길이 100m 이하 : S(㎜) = 200 + 5L
  - 거더의 경간길이 100m 이상 : S(㎜) = 300 + 4L

(여기서, L은 경간길이(m))

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500(㎜)

2) 연단거리 측정방법

 < 포트받침 >	
연단거리 측정 개요도	연단거리 실측 전경

【사진 3.31】연단거리 측정방법(여주)

3) 연단거리 측정 결과

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

【표 3.36】 연단거리 측정 결과(여주)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			G1		G2		
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		450	671	649	681	670	O.K
P1	A1측	450	1051	1050	1061	1150	O.K
	A2측	500	1051	1050	1040	1151	O.K
P2	A1측	500	1049	1049	1059	1151	O.K
	A2측	450	1050	1050	1040	1150	O.K
A2		450	490	480	480	490	O.K

다. 교량받침 신축거동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.

- 교량받침의 이동량은 2회(1차:27.4℃(9월), 2차:14.4℃(10월))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 전반적으로 양호한 거동상태를 보이고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.37】교량받침 가동상태 검토결과(여주)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	55.0(A1)	38.5	16.5	17.2	
	Sh2	60.0(A1)	45.0	15.0		
	Sh3	50.0(A1)	32.5	17.5		
	Sh4	55.0(A1)	45.0	10.0		
P1	Sh1	15.0(A1)	6.5	8.5	9.4	
	Sh2	15.0(A1)	6.5	8.5		
	Sh3	15.0(A1)	6.5	8.5		
	Sh4	15.0(A1)	6.5	8.5		
P2		고정단				
A2	Sh1	15.0(A2)	8.0	7.0	7.8	
	Sh2	15.0(A2)	8.0	7.0		
	Sh3	20.0(A2)	12.5	7.5		
	Sh4	20.0(A2)	12.5	7.5		

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

【표 3.38】교량받침 이동량 산정(여주)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	110.0	49.4	16.6		49.4	16.6
P1	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	60.0	26.9	9.1		26.9	9.1
P2	고 정 단								
A2	37.4	12.6	1.2×10^{-5}	50.0	22.4	7.6		22.4	7.6

1) 조사당시 온도 : 27.4℃(조사일 : 2016년 9월 5일, 최고온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.39】교량받침 이동량 검토결과(여주)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	55.0(A1)	49.4	16.6	155.0	45.0	±100	O.K
	Sh2	60.0(A1)	49.4	16.6	160.0	40.0	±100	O.K
	Sh3	50.0(A1)	49.4	16.6	150.0	50.0	±100	O.K
	Sh4	55.0(A1)	49.4	16.6	155.0	45.0	±100	O.K
P1	Sh1	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh3	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh4	15.0(A1)	26.9	9.1	115.0	85.0	±100	O.K
P2		고 정 단						
A2	Sh1	15.0(A2)	22.4	7.6	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh2	15.0(A2)	22.4	7.6	115.0	85.0	±100	O.K
	Sh3	20.0(A2)	22.4	7.6	120.0	80.0	±100	O.K
	Sh4	20.0(A2)	22.4	7.6	120.0	80.0	±100	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

라. 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 받침장치에 조사된 받침본체 도장박리와 받침무수축몰탈 균열에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 보수가 이루어지지 않은 상태로 확인되었으며, 신규 손상이 일부 추가되었다.
- 신규로 조사된 손상은 대부분 폭 0.1㎜이하 미세균열로 균열의 발생형태 및 균열폭등을 고려할 때 공용 중 활하중에 의한 손상진전이 아닌 시공초기 발생한 미세균열이 금회 조사된 것으로 판단된다.

【표 3.40】 교량받침 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
도장박리(㎡)	0.07	0.04	-	0.07	
무수축몰탈 균열(m)	0.6	0.6	-	0.5	

【그림 3.16】 교량받침 기 진단결과 비교(여주)

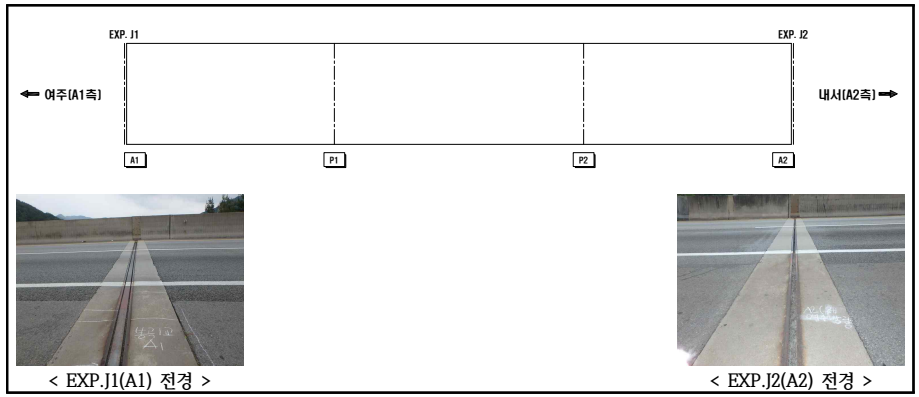
마. 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 플레이트 도장박리는 바당면 처리 미흡 등의 시공미흡과 공용년수 증가에 따른 도장열화에 의한 손상으로 재도장에 의한 보수가 필요하다.
- 일부 무수축몰탈과 받침콘크리트에서 발생한 폭 0.2㎜이하 미세균열과 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 것으로 판단되며, 손상 정도가 경미하므로 현 상태에서 보수는 필요하지 않은 상태이다.
- 받침콘크리트 파손/재료분리/들뜸은 시공당시 외부 충격과 다짐불량 등에 의한 것으로 추정되며, 손상 정도가 경미하여 현 상태에서의 보수보다는 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 사료된다.
- A1-No.2의 낙교방지장치 탄성고무덮개 파손 및 도장박리는 경년열화 및 신축거동시 마찰에 의한 것으로 추정되며, 부식부위 제거 후 재도장이 필요한 것으로 판단된다.

3.3.4 기타부재

가. 신축이음장치

- 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있으며, 모두 Rail Joint로 구성되어 있다.
- 본 교량의 신축이음장치는 준공 이후 약 11년 동안 사용 중인 것으로 조사되었으며, 현재까지 보수된 이력은 없는 것으로 확인되었다.



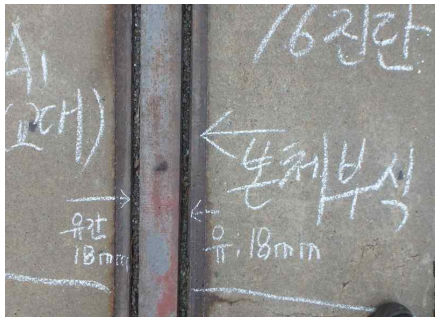
【그림 3.17】신축이음장치 전경 및 배치도(여주)

1) 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적인 신축거동은 원활하나, EXP.J1과 J2의 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에서 본체 부식 및 이물질 퇴적이 조사되었으며, EXP.J1과 J2의 전 폭에 걸쳐서 후타재 균열이 발생된 것으로 조사되었다.

【표 3.41】 신축이음장치 외관조사 결과(여주)

구 분	신축이음장치 본체				후타재			
	본체 부식 (㎡/개소)		이물질 퇴적 (㎡/개소)		균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)	
	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단	′12진단	′16진단
EXP.J1(A1)	0.16/1	0.7/2	0.36/2	0.36/2	-	-	7.9/17	7.9/17
EXP.J2(A2)	0.30/2	0.3/2	4.00/2	0.4/2	7.1/16	7.1/16	-	-
합 계	**0.46/3**	**1.0/4**	**4.36/4**	**0.76/4**	**7.1/16**	**7.1/16**	**7.9/17**	**7.9/17**

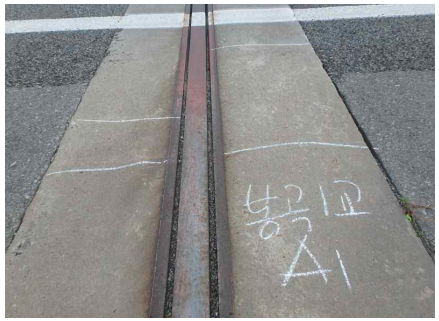


본체 부식 (A1, 갓길)

유간토사퇴적(A1)

본체 부식 (A2, 갓길)

본체 부식 (A2, 1차로)



폭 0.2㎜이하 후타재 균열(A1, 갓길)

폭 0.2㎜이하 후타재 균열(A2, 갓길)

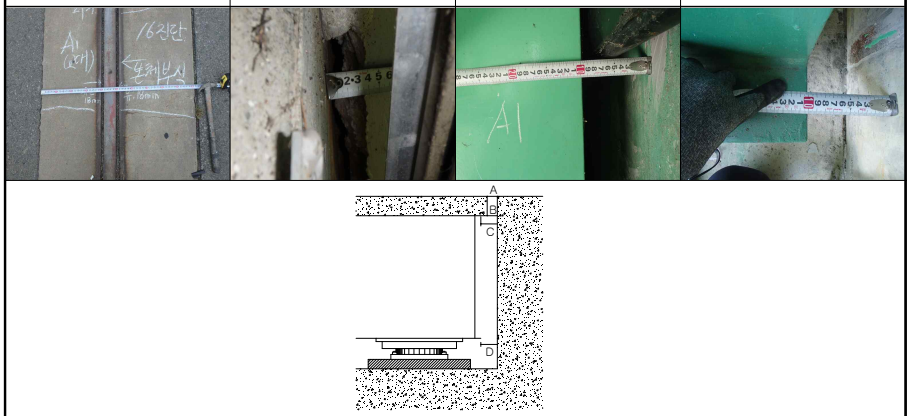
【사진 3.32】 신축이음장치 손상현황(여주)

2) 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차:23.9℃(9월), 2차:14.7℃(10월))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상.하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

① 신축이음 유간 측정방법

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



< 측정 개요도 >

【사진 3.33】 신축이음 유간 측정방법(여주)

② 신축이음 유간 측정결과

【표 3.42】 신축이음 유간 측정결과(여주)

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	36.0	49.0	35.0	50.0	95.0	100.0	98.0	105.0	Rail Joint (EXP-100)
EXP.J2(A2)	39.0	45.0	65.0	70.0	115.0	120.0	110.0	115.0	Rail Joint (EXP-65)

- 9월(23.9℃)과 10월(14.7℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.43】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(여주)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	36.0	49.0	13.0	12.1	
	바닥판 단부	35.0	50.0	15.0		
EXP.J2(A2)	신축이음장치	39	45.0	6.0	5.0	
	바닥판 단부	65.0	70.0	5.0		

- EXP.J1, J2의 신축이음 유간을 각각 측정한 결과, EXP.J1, J2의 신축이음 유간이 신장 및 수축시 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되어 현재 신축이음의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.44】 신축이음 신축이동량 산정(여주)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	33.9	16.1	1.2×10^{-5}	110.0	44.7	21.3	12.4	44.7	21.3
EXP.J2 (A2)	33.9	16.1	1.2×10^{-5}	50.0	20.3	9.7	-	20.3	9.7

1) 조사당시 온도 : 23.9℃(조사일 : 2016년 9월 5일, 평균온도)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(보통지방)
3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.45】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(여주)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	44.7	21.3	36.0	100.0	19.3	14.7	O.K
	바닥판 단부			35.0	-	-	13.7	O.K
EXP.J2 (A2)	신축이음	20.3	9.7	39.0	65.0	5.7	29.3	O.K
	바닥판 단부			65.0	-	-	55.3	O.K

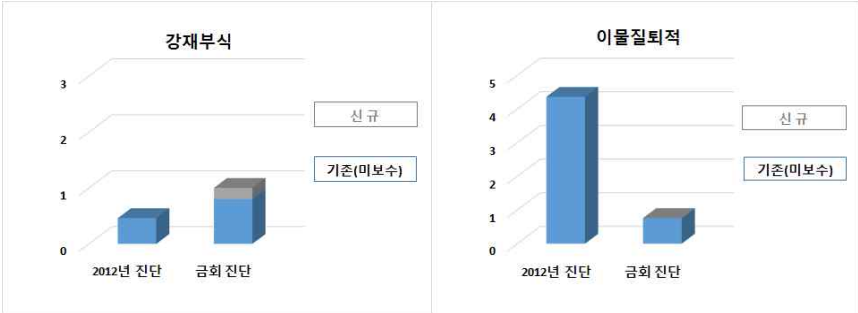
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

3) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 신축이음장치에 조사된 본체부식과 이물질퇴적에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상은 보수가 이루어지지 않은 상태로 확인되었으며, 본체부식은 공용년수 증가에 따른 신규 손상이 일부 추가되었으며, 본체 토사퇴적은 주기적인 청소로 인해 물량이 감소되었다.

【표 3.46】 신축이음장치 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
강재부식(㎡)	0.46	0.8	-	0.2	
이물질퇴적(㎡)	4.36	0.79	-	-	



【그림 3.18】 신축이음장치 기 진단결과 비교(여주)

4) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 본체 부식(EXP.J1, EXP.J2)은 경년열화에 의한 것으로 손상 발생 부위가 이물질 퇴적 및 체수가 발생하기 쉬운 신축이음장치 끝단(갓길 구간)에 위치하고 있으나, 현재 손상 정도가 심하지 않고 기능 발휘에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰이 필요한 상태로서 보수의 필요성은 없는 상태이다.
- 후타재 균열(폭 0.2㎜이하, 0.3㎜이상)은 대부분이 횡균열로서 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격에 의한 손상으로 후타재 전체에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 후타재 균열은 반복된 차량의 통행으로 균열에 대한 보수효과가 적으므로 보수보다는 파손 등 후타재의 손상 진전시 재시공이 적절할 것으로 판단된다.

나. 교면포장

- 본 교량의 교면포장은 아스콘 포장으로 시공되어 있으며, 보수이력 및 현장조사 결과, 2008년에 2차로 전 경간에 대해서 교면절삭 덧씌우기가 이루어진 것으로 확인되었다.

교면포장 전경

2012년 코어채취 (포장두께 t=8.5cm)

【사진 3.34】 교면포장 전경(여주)

1) 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이며, 국부적인 아스콘균열 1개소, S1 방호벽 접속부에서 조사된 아스콘 들뜸 1개소, 아스콘 절삭 2개소, A1 배면 접속부(갓길 구간)에서 이격이 1개소 조사되었다.

【표 3.47】 교면포장 외관조사 결과 및 손상현황(여주)

구 분	아스콘균열 (m/개소)		아스콘들뜸 (㎡/개소)		아스콘절삭(긁힘) (㎡/개소)		이격 (m/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	-	-	2.7/1	-	-	2.0/1	2.5/1
S2	-	-	-	-	-	192.5/1	-	-
S3	-	1.5/1	-	-	-	175.0/1	-	-
합 계	-	**1.5/1**	-	**2.7/1**	-	**367.5/2**	**2.0/1**	**2.5/1**

이격(A1 배면 접속부)

아스콘 균열(S3)

갓길 방호벽 접속부 들뜸(S1)

아스콘 절삭(긁힘)(S2)

【사진 3.35】 교량포장 손상현황(여주)

2) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 교면포장에서 조사된 균열과 이격에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 기존 손상에 대한 보수는 실시되지 않았으며, 다만 공용년수 증가에 따른 아스콘 균열이 일부 추가되었으며, 이격의 손상물량 변화는 점검자의 관점에 따른 손상물량 표기의 오차로 판단된다.

【표 3.48】 교면포장 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(m)	-	-	-	1.5	
이격(m)	2.0	2.5	-	-	

【그림 3.19】 교면포장 기 진단결과 비교(여주)

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 아스콘 균열은 공용년수 증가에 따른 차량통행 반복으로 인한 원인이며, 손상규모는 경미한 수준으로 보수는 필요치 않으며 지속적인 점검을 통해 손상진전에 대한 관찰을 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 이격(폭:15㎜)은 A1 배면 접속부에서 발생하였으며, 포장당시 시공불량에 의한 것으로 추정된다. 현재 이격으로 인한 2차 손상(신축이음부 누수, 거더 및 교량받침 부식 등)이 없고, 손상 정도도 경미한 상태로 현상유지 후 지속적인 관찰을 통해 신축이음하부 누수 및 후타재 파손 등의 유의해야 할 것으로 판단된다.
- 아스콘 들뜸은 시점측 접속부에서 조사되었으며, 발생 원인은 아스콘 포설시 재료부족, 다짐불량 등에 의한 것으로 판단된다. 또한 신축이음 경계부분도 동일한 원인에 의해서 이격이 발생된 상태이다. 갓길부 들뜸 및 패임 등은 바닥판 하면에 2차적 손상을 유발하지는 않지만 장기 공용시 바닥판 콘크리트에 손상 유발 가능성이 있으므로 장기적인 보수대책을 마련하여 보수조치 실시 후 지속관찰이 요구된다.

다. 배수시설

- 교량의 횡단구배 2.00%, 종단구배 2.816%로 설계되어 있으며, 배수시설은 방호벽측으로 총 9개소(S1:2개소, S2:3개소, S3:4개소)에 강관이 설치되어 있다.

배수구 전경

배수관 전경

【사진 3.36】 배수시설 전경(여주)

1) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 이물질의 퇴적에 의한 배수구 막힘이 전 개소(9개소)에서 조사되었다.

【표 3.49】 배수시설 외관조사 결과 및 손상현황(여주)

구 분	배수구 막힘 (개소)	
	'12진단	'16진단
S1	2	1
S2	3	1
S3	4	3
합 계	9	5

< 배수구 막힘(S1)>

2) 기 진단(2012년) 결과와 비교

- 배수시설에서 조사된 배수구막힘에 대하여 기 진단 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토하였으며, 검토결과 교량상면의 배수구는 주기적으로 청소를 실시하여 손상물량은 다소 감소하였다.

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

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

라. 난간 및 연석(방호벽 및 중분대)

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

방호벽 전경

중분대 전경

【사진 3.37】 난간 및 연석 전경(여주)

1) 외관조사 결과

- 방호벽 및 중분대에 대한 외관조사 결과, 전반적인 설치상태는 양호한 상태를 유지하고 있으며, 폭 0.2㎜~0.3㎜이하 수직균열, 방호벽 볼트탈락, 박리 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.50】 난간 및 연석 외관조사 결과(여주)

구 분	균열(0.2㎜이하) (m/개소)		균열(0.3㎜이상) (m/개소)		방호벽 볼트탈락 (㎡/개소)		박리 (㎡/개소)		보수부박리 (㎡/개소)	
	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단	'12진단	'16진단
S1	-	23.1/22	-	5.2/4	-	7.0/7	-	0.04/1	-	-
S2	17.1/18	37.7/34	-	4.9/3	-	-	-	-	-	-
S3	7.0/7	3.5/4	-	-	-	-	-	-	-	0.03/1
합 계	24.1/25	64.3/60	-	10.1/7	-	7.0/7	-	0.04/1	-	0.03/1

폭 0.2㎜이하 균열(S2 방호벽)

박리(S1 방호벽)

폭 0.2㎜이하 균열(S2 중분대)

방호벽덮개 볼트탈락(A1)

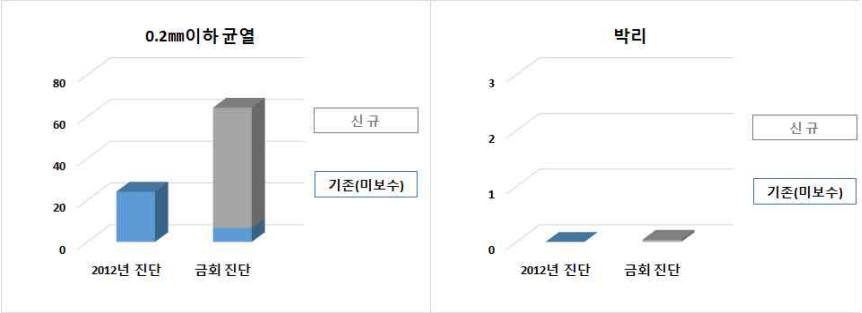
【사진 3.38】 난간 및 연석 손상현황(여주)

2) 기 진단(2012년) 결과와 비교

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

【표 3.51】 방호벽 기 진단 결과 비교(여주)

구 분	2012년 진단	금회 진단			비 고
		미보수	보수부 재손상	신규	
균열(0.2㎜이하)(m)	24.1	6.7	-	57.6	
박리(㎡)	-	-	-	0.04	



【그림 3.20】 방호벽 기 진단결과 비교(여주)

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 방호벽에 발생된 균열은 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 추정되며, 교량의 안전성에는 영향이 없는 보조부재에 발생된 손상으로 0.2㎜이하 균열은 지속관찰이 필요하며 0.3㎜이상 균열은 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.
- A1 방호벽 덮개 볼트 탈락은 공용년수 증가와 차량진동에 의해 발생된 것으로 추정되며, 주기적인 점검을 통해 적절한 조치가 필요하며, 방호벽에 국부적으로 발생한 박리는 손상규모가 경미하여 보수는 불필요할 것으로 판단된다.

3.3.5 결함의 중요도

1) 내서방향

【표 3.52】 부재별 결함의 중요도(내서)

구분			조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
주부재	바닥판		• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 중분대 하면 백태	비구조적	• 내구성 확보 - 유도배수시설설치	Ⅱ	
			• 단면결함(재료분리)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	거더내부		• 도장박리	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• Pit	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 이물질 퇴적	비구조적	• 내구성 확보 - 청소	Ⅱ	
			• 수평보강재 변형	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 언더컷	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	거더외부		• 쵸킹	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	교대 및 교각		• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 단면결함(박리, 파손)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
			• 체수	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 긁힘	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	받침장치		• 도장박리	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 무수축몰탈 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 받침 콘크리트 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 받침 콘크리트 파손	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
			• 낙교방지장치 부식	비구조적	• 기능성 확보 - 슈도장	Ⅱ	
			• 낙교방지장치 탄성고무파손	비구조적	주의관찰	주의관찰	
가타부재	신축이음		• 부식	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 이물질 퇴적	비구조적	• 기능성 확보 - 청소	Ⅲ	
			• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 단면결함(박리, 파손)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
			• 신축이음 누수	비구조적	• 기능성 확보 - 유도배수시설설치	Ⅰ	
			• 이격	비구조적	• 내구성 확보 - 구스 아스팔트 포장	Ⅱ	

【표 3.52】 부재별 결함의 중요도(내서) (계속)

구분		조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
가타부재	포장	• 단차	비구조적	• 기능성 확보 - 팻칭보수	Ⅱ	
		• 균열(1.0㎜)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 아스콘 들뜸 및 패임	비구조적	• 기능성 확보 - 팻칭보수	Ⅱ	
		• 아스콘 절삭	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	방호벽	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅱ	
		• 균열부백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(박리, 파손)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 표면오염(녹)	비구조적	• 내구성 확보 - 표면보수	Ⅲ	

2) 여주방향

【표 3.53】 부재별 결함의 중요도(여주)

구분		조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
주부재	바닥판	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 망상균열(CW=0.1~0.2㎜)	비구조적	• 내구성 확보 - 표면보수	Ⅱ	
		• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(박리, 파손)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(철근노출)	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수(방청)	Ⅰ	
	거더내부	• 이물질 퇴적	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 도장박리	비구조적	• 내구성 확보 - 도장보수	Ⅱ	
		• Pit	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	거더외부	• 부식	비구조적	• 내구성 확보 - 도장보수	Ⅱ	
		• 쵸킹	비구조적	주의관찰	주의관찰	

【표 3.53】 부재별 결함의 중요도(여주) (계속)

구분		조사결과 및 분석	원인분석	보수·보강 수준	결함의 중요도	비고
주부재	교대 및 교각	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅱ	
		• 백태	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 망상균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 실런트 파손	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 단면결함(들뜸)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 잡철물	비구조적	• 내구성 확보 - 단면보수	Ⅱ	
	받침장치	• 도장박리	비구조적	• 기능성 확보 - 슈도장	Ⅱ	
		• 무수축몰탈 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 받침 콘크리트 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅱ	
		• 단면결함(파손, 재료분리)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 잡철물 노출	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 낙교방지장치 탄성고무 파손	비구조적	주의관찰	주의관찰	
기타부재	신축이음	• 강재부식	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 이물질 퇴적	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	포장	• 아스콘 균열	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 아스콘 들뜸	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 이격	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 아스콘 절삭	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	배수시설	• 배수구 막힘	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 배수관 녹	비구조적	주의관찰	주의관찰	
	방호벽	• 균열(0.3㎜미만)	비구조적	주의관찰	주의관찰	
		• 균열(0.3㎜이상)	비구조적	• 내구성 확보 - 주입보수	Ⅲ	
		• 신축이음부 볼트탈락	비구조적	• 기능성 확보 - 볼트재체결	Ⅱ	
		• 박리	비구조적	주의관찰	주의관찰	

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수.보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

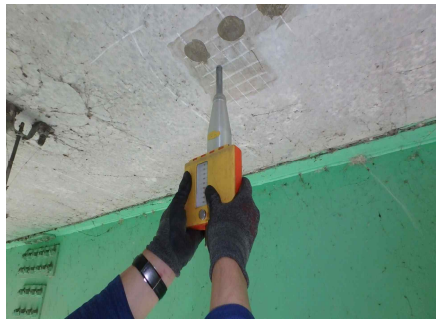
본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량시험, 균열깊이 조사, 철근부식도 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.54】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

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

2) 조사 사진



반발경도시험

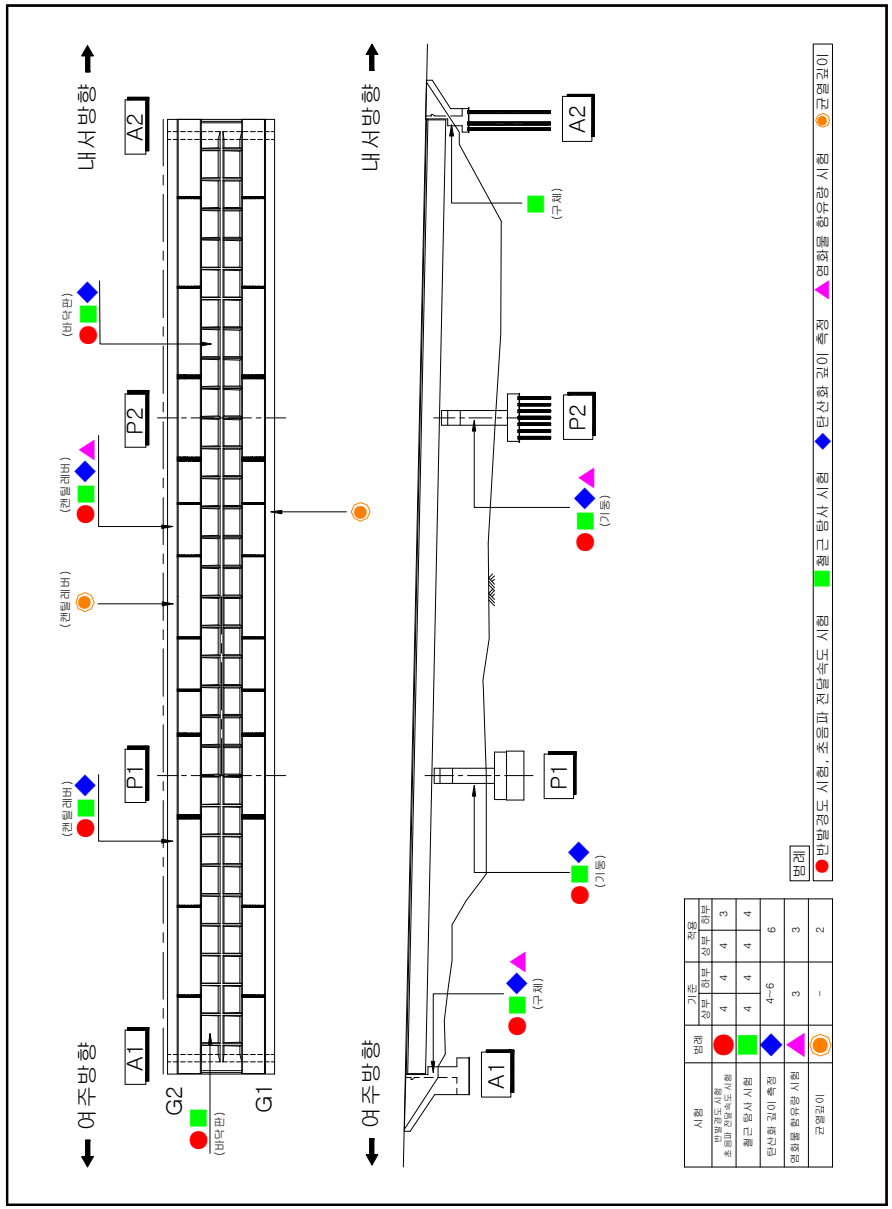
초음파전달속도시험

탄산화깊이 측정

철근탐사시험

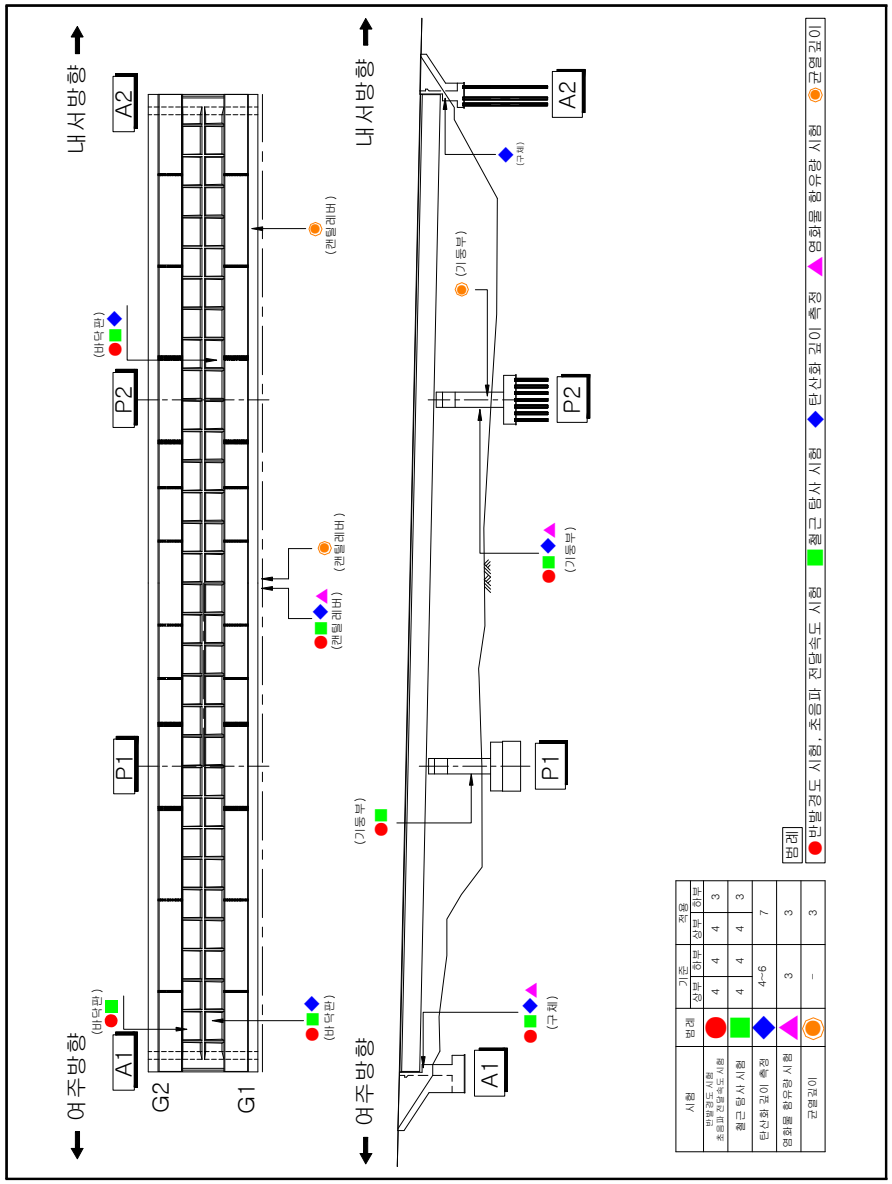
【사진 3.39】 콘크리트 내구성조사 전경

3) 콘크리트 내구성조사 위치도(내서)



【그림 3.21】콘크리트 내구성조사 위치도(내서)

4) 콘크리트 내구성조사 위치도(여주)



【그림 3.22】콘크리트 내구성조사 위치도(여주)

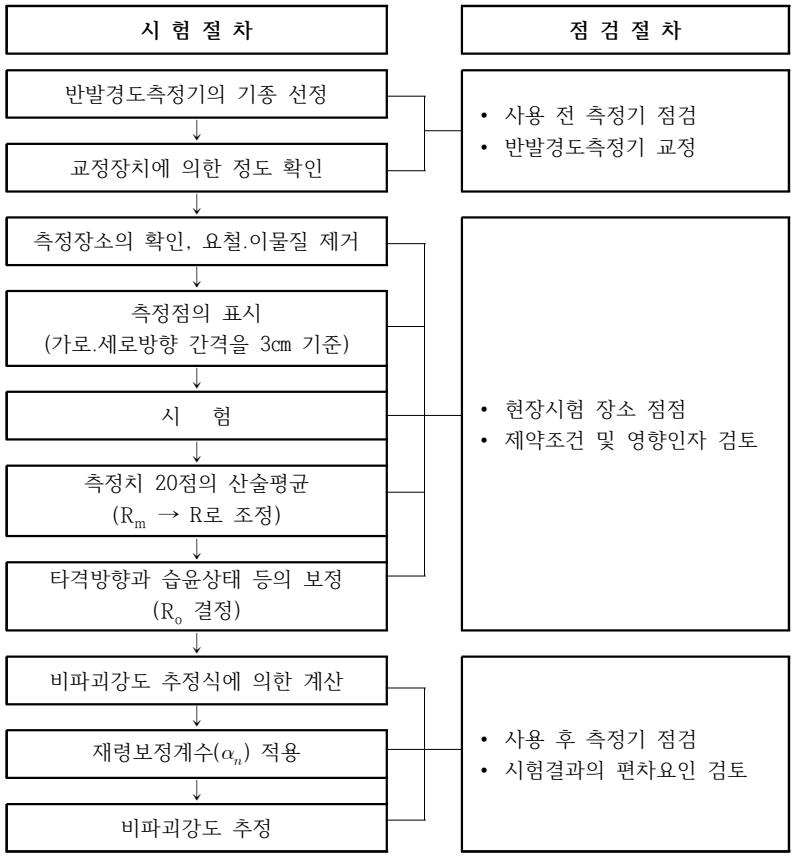
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.23】반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

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

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.55】보정반발경도(R_o)

◈ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격(+90°)의 경우 : (-)값으로 보정

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

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

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

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

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

【표 3.56】기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

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

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

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 아래【표 3.57】과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

【표 3.57】재령계수 α값

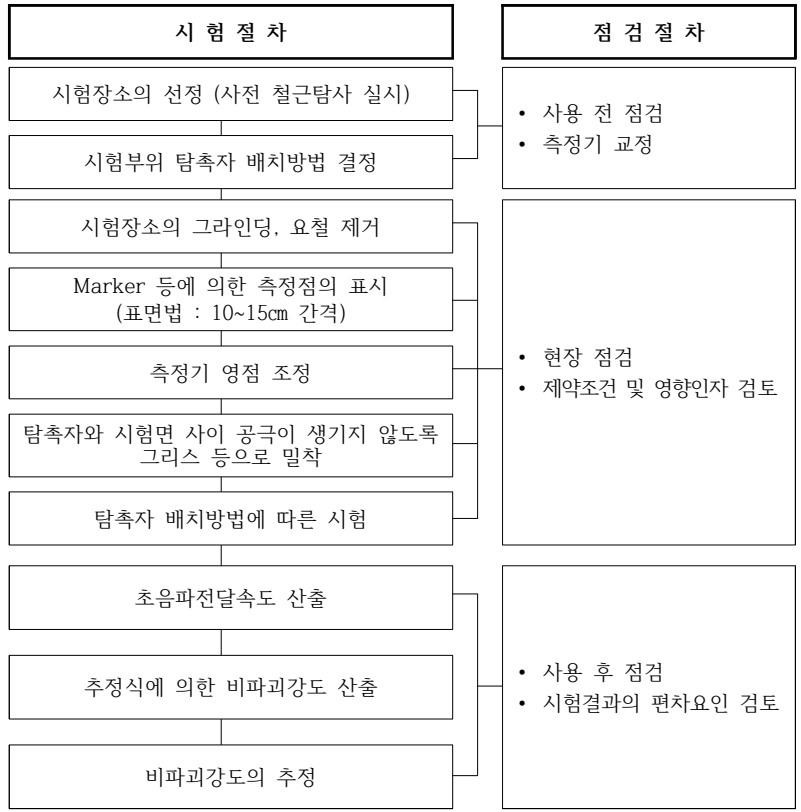
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

본 과업에서는 콘크리트 강도 및 균열깊이 조사에 대해서 시험을 실시하였다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



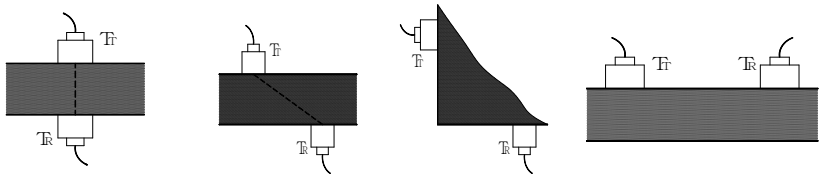
【그림 3.24】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

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

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

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3.25】초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$V_d \approx 1.05 V_i$

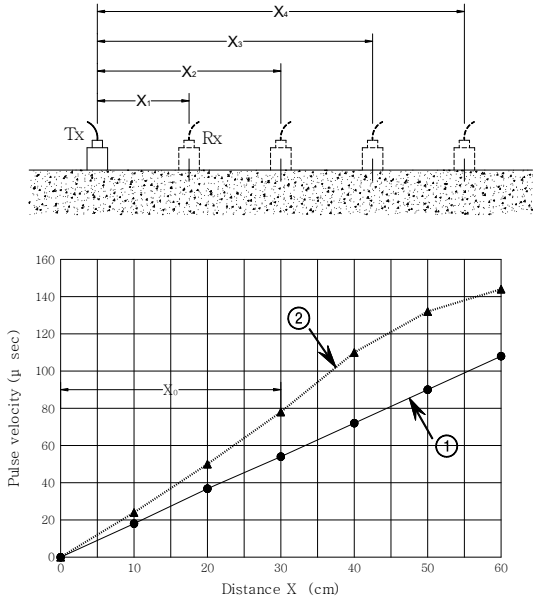
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

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

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

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



【그림 3.26】표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

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

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

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

③ 비파괴강도의 추정

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

【표 3.58】기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용 (식③)
일본재료학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용 (식④)
한전기술연구원	$F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

나. 철근탐사시험

1) 개 요

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

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

2) 측정원리

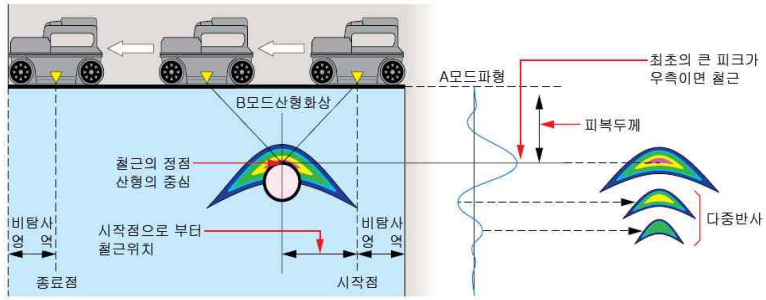
전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래【그림 3.27】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

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

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)
ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

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

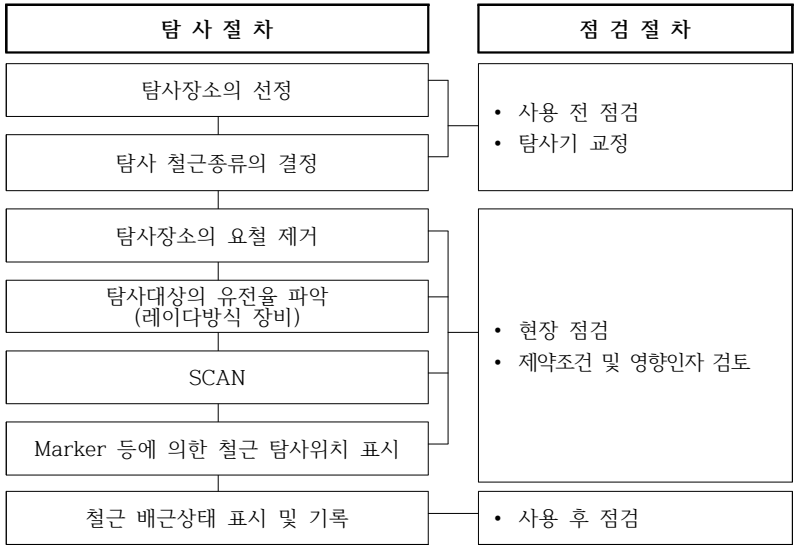
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3.27】철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

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



【그림 3.28】철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

• 적용 가능한 조건

- 탐사심도 200㎜이내
- 탐사대상 철근지름이 ø6㎜이상
- 콘크리트의 질이 균일한 곳
- 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우

• 적용 곤란한 조건

- 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

② 적용한계

• 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우

• 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

• 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움

• 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능

• 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하

• 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

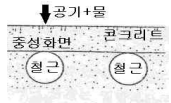
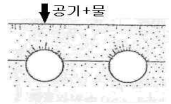
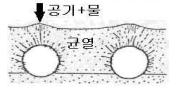
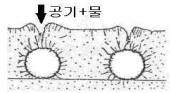
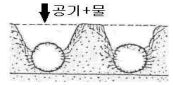
1) 개 요

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

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

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

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

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

【그림 3.29】탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능.품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.59】탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50°C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

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

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

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.60】탄산화 상태평가 기준

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

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

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

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

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘($CaCl_2$)의 사용, ③ 염화칼슘($CaCl_2$)을 주체로

한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl)을 주로 함유한 것)의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

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

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

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m³정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

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

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.61】염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

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

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.62】염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

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

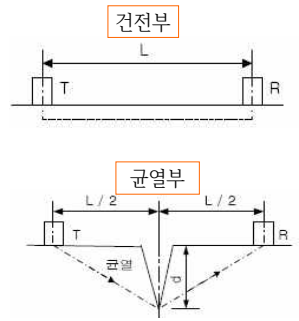
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_o법으로 구한다.

T_c-T_o법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.30】과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c를 구한다.

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

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



< 균열깊이 조사 개요도 >

< 균열깊이 조사현황 >

【그림 3.30】T_c-T_o법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 내서방향

1) 콘크리트 강도시험

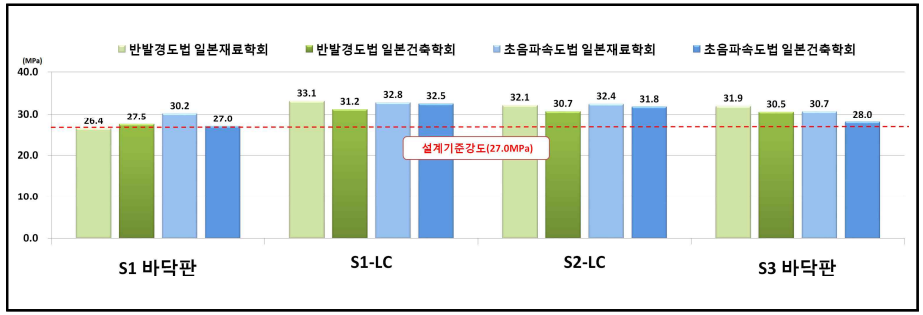
본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험)은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 검토결과, 전 개소에서 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 나타났다.

본 과업에서 대상 구조물의 콘크리트 비파괴강도를 평가하기 위하여 반발경도시험과 초음파전달속도시험에 의해 산출된 콘크리트 비파괴 압축강도 결과를 【표 3.63】, 【표 3.64】와 같이 나타내었다.

① 비파괴강도 시험 결과

【표 3.63】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험 결과(내서)

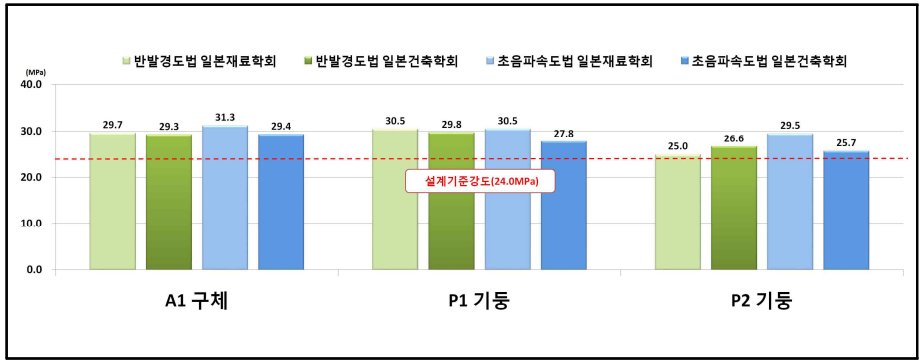
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
상부구조	S1 바닥판	47.2	4.164	26.4	27.5	27.0	27.0	30.2	28.6	27.0
	S1-LC	55.6	4.426	33.1	31.2	32.2	32.5	32.8	32.7	
	S2-LC	54.4	4.392	32.1	30.7	31.4	31.8	32.4	32.1	
	S3 바닥판	54.1	4.214	31.9	30.5	31.2	28.0	30.7	29.4	
	평 균			30.9	30.0	30.4	29.8	31.5	30.7	
	표준편차			2.6	1.5	2.1	2.4	1.1	1.7	
	변동계수			8.4	5.0	6.9	8.1	3.5	5.5	



【그림 3.31】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(상부구조)

【표 3.64】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험 결과(내서)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
하부구조	A1 구체	51.3	4.279	29.7	29.3	29.5	29.4	31.3	30.4	24.0
	P1 기둥	52.4	4.203	30.5	29.8	30.2	27.8	30.5	30.5	
	P2 기둥	45.4	4.103	25.0	26.6	25.8	25.7	29.5	29.5	
	평 균			28.4	28.6	28.5	27.6	30.4	30.1	
	표준편차			2.4	1.4	1.9	1.5	0.7	0.4	
	변동계수			8.5	4.9	6.7	5.4	2.3	1.3	



【그림 3.32】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(하부구조)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 100.0~119.26%, 하부구조 : 107.50~125.83%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 90%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전 구간 설계강도 100%이상으로 조사되어 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 봉곡1교(내서) 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.65】 비파괴강도시험에 의한 압축강도 추정 결과 분석(MPa)(내서)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	반발경도시험	27.0~32.2	27.0	100.0~119.26
	초음파전달속도시험	28.6~32.7		119.17~136.25
하부구조	반발경도시험	25.8~30.2	24.0	107.5~125.83
	초음파전달속도시험	29.5~30.4		122.9~126.67

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.66】 비파괴강도 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	설계기준강도
상부구조	반발경도법	28.6~30.3	27.0~32.2	27.0
	초음파속도법	30.9~33.5	28.6~32.7	
하부구조	반발경도법	28.3~30.8	25.8~30.2	24.0
	초음파속도법	26.1~28.3	29.5~30.4	
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

2) 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 8개소(상부구조 4개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험 결과

【표 3.67】 철근탐사 시험 결과(내서)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 좌측 캔틸레버	주철근	120.0	44.0	125.0	40.0	
		배력철근	277.5	56.0	300.0	56.0	
	S1-바닥판하면	주철근	114.0	42.0	125.0	40.0	
		배력철근	285.0	52.0	300.0	56.0	
	S2 좌측 캔틸레버	주철근	270.0	44.0	251.2	40.0	
		배력철근	300.0	59.0	300.0	56.0	
	S3 바닥판하면	주철근	122.5	39.0	125.5	40.0	
		배력철근	142.5	53.0	150.0	56.0	
하부구조	A1-구체	수직철근	208.0	105.0	200.0	100.0	
		수평철근	183.0	128.0	150.0	127.0	
	A2-구체	수직철근	205.0	109.0	200.0	100.0	
		수평철근	147.0	127.0	150.0	127.0	
	P1-기둥	수직철근	124.0	113.0	110.0	100.0	
		수평철근	151.0	80.0	150.0	74.5	
	P2-기둥	수직철근	108.0	121.0	110.0	100.0	
		수평철근	149.0	82.0	150.0	75.0	

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.68】 철근탐사 시험 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비고
바닥판	배근간격	120.0～125.0	114.0~270.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	39.0～47.0	39.0~44.0	
교대	배근간격	195.0～198.0	205.0~208.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	92.0～93.0	105.0~109.0	
교각	배근간격	100.0	108.0~124.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	95.0～98.0	113.0~121.0	
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 배근간격이 설계치와 근사하며 설계피복을 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 평가됨.		

3) 탄산화 깊이 측정 시험

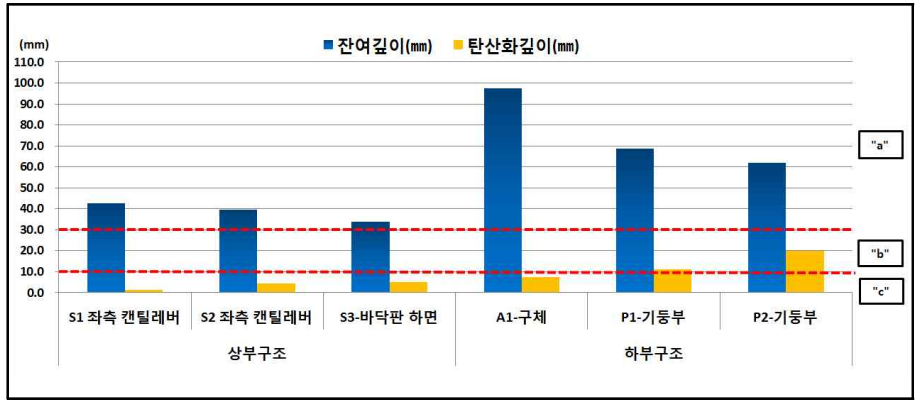
탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 초과한 상태로 측정되어 상태평가"a"로 평가되었다.

철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다. 탄산화 깊이 측정결과는 아래의 표와 같다.

① 탄산화 깊이 측정 결과

【표 3.69】 탄산화 깊이 측정 결과 및 평가(내서)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	상태 평가	잔존수명
상부구조	S1 좌측 캔틸레버	1.5	44.0	42.5	0.38	a	100년이상
	S2 좌측 캔틸레버	4.5	44.0	39.5	1.13	a	100년이상
	S3 바닥판 하면	5.2	39.0	33.8	1.30	a	100년이상
하부구조	A1-구체	7.5	105.0	97.5	1.88	a	100년이상
	P1-기둥부	11.3	80.0	68.7	2.83	a	100년이상
	P2-기둥부	20.0	82.0	62.0	5.00	a	100년이상



【그림 3.33】 탄산화 깊이 측정 결과(내서)

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.70】 탄산화 깊이 측정 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화잔여깊이 (mm)	상부구조	36.5~40.0	33.8~42.5	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	82.0~88.0	62.0~97.5	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

4) 염화물 함유량 시험

염화물 함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하였다. 염화물 함유량 시험결과, 염화물함유량은 0.168~0.246kg/㎥로 조사되어 상태평가 "a"(기준 0.300kg/㎥이하)로 평가되었으며, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태이다. 염화물 함유량 시험결과는 아래 표와 같다.

① 염화물 함유량 시험 결과

【표 3.71】 염화물 함유량 시험 결과(내서)

시험위치		전 염화물 함유량 (%)	환산 염화물 함유량 (kg/m^3)	상태평가	비 고
S1 좌측 캔틸레버	0~20mm	0.0109	0.246	a	
A1 구체부	0~20mm	0.0088	0.200	a	
P2 기둥부	0~20mm	0.0074	0.168	a	
※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/㎥) = 전 염화물 함유량(Cl^-)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,300kg/㎥)					

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.72】 염화물 함유량시험 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
염화물 함유량 (kg/㎥)	상부구조	0.092~0.138	0.246	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	0.046~0.115	0.168~0.200	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근피복근처의 염화물 함유량은 양호한 상태로 염해로 인한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨.		

5) 균열깊이 측정 시험

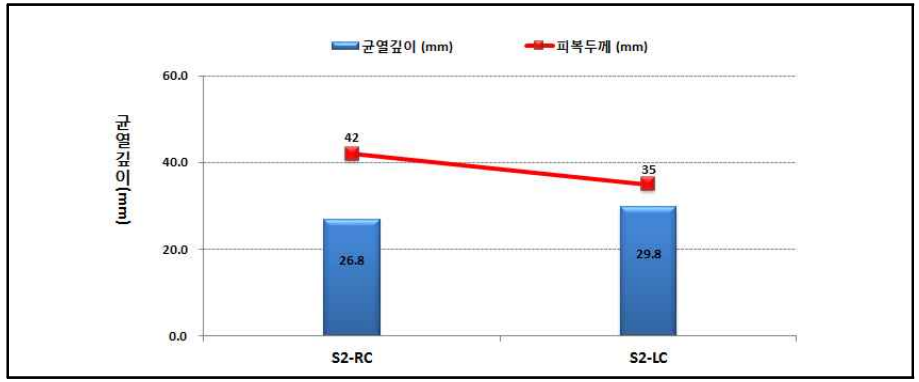
외관조사시 S2 캔틸레버에 발생된 폭 0.2㎜이상 균열에 대하여 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

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

① 균열 깊이 측정 결과

【표 3.73】 균열깊이 측정 결과(내서)

측정위치	전달거리 (㎜)	균열부 (T_c)	건전부 (T_o)	균열폭 (㎜)	균열깊이 (㎜)	실측피복두께 (㎜)
S2 우측 캔틸레버	100	48.0	42.3	0.2	26.8	42
S2 좌측 캔틸레버	100	55.3	47.5	0.2	29.8	35



【그림 3.34】 균열 깊이 측정 결과(내서)

나. 여주방향

1) 콘크리트 강도 시험

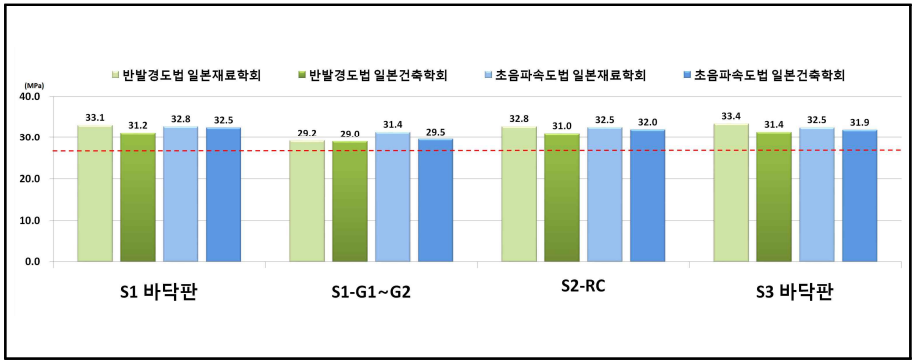
본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험)은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 검토결과, 전 개소에서 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 나타났다.

본 과업에서 대상 구조물의 콘크리트 비파괴강도를 평가하기 위하여 반발경도시험과 초음파전달속도시험에 의해 산출된 콘크리트 비파괴 압축강도 결과를 【표 3.74】, 【표 3.75】와 같이 나타내었다.

① 비파괴강도 시험 결과

【표 3.74】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험 결과(여주)

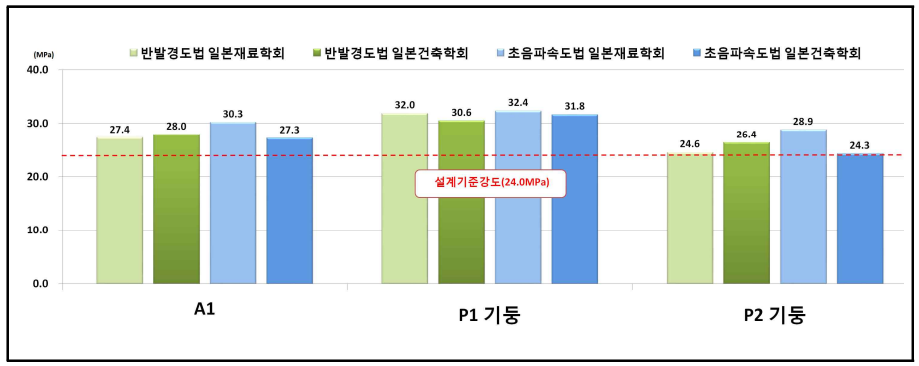
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
상부구조	S1 바닥판	55.5	4.424	33.1	31.2	32.2	32.5	32.8	32.7	27.0
	S1-G1~G2	50.7	4.286	29.2	29.0	29.1	29.5	31.4	30.5	
	S2-RC	55.2	4.401	32.8	31.0	31.9	32.0	32.5	32.3	
	S3 바닥판	56.0	4.398	33.4	31.4	32.4	31.9	32.5	32.2	
	평 균			32.1	30.7	31.4	31.5	32.3	31.9	
	표준편차			1.7	1.0	1.3	1.2	0.5	0.8	
	변동계수			5.3	3.3	4.1	3.8	1.5	2.5	



【그림 3.35】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(상부구조)

【표 3.75】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험 결과(여주)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계기준강도(MPa)
		반발경도(R_o)	초음파속도(V_d)	식①	식②	평균	식⑤	식⑥	평균	
하부구조	A1 구체	48.4	4.179	27.4	28.0	27.7	27.3	30.3	28.8	24.0
	P1 기둥	54.2	4.391	32.0	30.6	31.3	31.8	32.4	32.1	
	P2 기둥	44.9	4.039	24.6	26.4	25.5	24.3	28.9	26.6	
	평 균			28.0	28.3	28.2	27.8	30.5	29.2	
	표준편차			3.1	1.7	2.4	3.1	1.4	2.3	
	변동계수			11.0	6.0	8.5	11.2	4.6	7.9	



【그림 3.36】 각 비파괴 시험방법에 의한 압축강도 추정 결과(하부구조)

- 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 : 108.0~120.0%, 하부구조 : 106.0~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회한 값이 측정되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 90%이상을 만족하면 적정한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전 구간 설계강도 100%이상으로 조사되어 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 봉곡1교(내서) 상부구조 및 하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.76】 비파괴강도 시험에 의한 압축강도 추정 결과 분석(MPa)(여주)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	반발경도시험	29.1~32.4	27.0	108.0~120.0
	초음파전달속도시험	30.5~32.7		113.0~121.0
하부 구조	반발경도시험	25.5~31.3	24.0	106.0~130.0
	초음파전달속도시험	26.6~32.1		111.0~134.0

② 기 진단 결과와의 비교

【표 3.77】 비파괴강도 기 진단 결과와의 비교(여주)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	설계기준강도
상부구조	반발경도법	27.8～28.6	29.1～32.4	27.0
	초음파속도법	29.1～29.8	30.5～32.7	
하부구조	반발경도법	27.2～29.5	25.5～31.3	24.0
	초음파속도법	24.2～29.9	26.6～32.1	
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

2) 철근탐사 시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 7개소(상부구조 4개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면과 근사한 것으로 확인되었다.

① 철근탐사 시험 결과

【표 3.78】 철근탐사 결과(여주)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S1 바닥판 하면	주철근	125.0	43.0	125.0	40.0	
		배력철근	294.9	56.0	300.0	56.0	
	S1 바닥판 하면	주철근	120.0	51.0	125.0	40.0	
		배력철근	294.9	62.0	300.0	56.0	

【표 3.78】 철근탐사 결과(여주) (계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S2 좌측 캔틸레버	주철근	240.0	37.0	251.2	40.0	
		배력철근	302.5	56.0	300	56.0	
	S3 바닥판 하면	주철근	117.5	39.0	125.5	40.0	
		배력철근	145.8	61.0	150.0	56.0	
하부 구조	A1-구체	수직철근	200.0	117.0	200.0	100.0	
		수평철근	146.0	124.0	150.0	127.0	
	P1-기둥	수직철근	210.0	108.0	200.0	100.0	
		수평철근	165.0	141.0	150.0	127.0	
	P2-기둥	수직철근	120.0	91.0	110.0	100.0	
		수평철근	154.0	80.0	150.0	74.5	

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.79】 철근탐사 시험 기 진단 결과와의 비교(여주)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비고
바닥판	배근간격	123.0～125.0	117.5～240.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	36.0～47.0	37.0～51.0	
교대	배근간격	198.0～200.0	200.0~210.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	86.0～96.0	108.0~117.0	
교각	배근간격	97.0～100.0	115.0~120.0	· 측정위치에 따른 편차
	피복두께	95.0～97.0	91.0～113.0	
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 배근간격이 설계치와 근사하며 설계피복을 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 평가됨.		

3) 탄산화 깊이 측정 시험

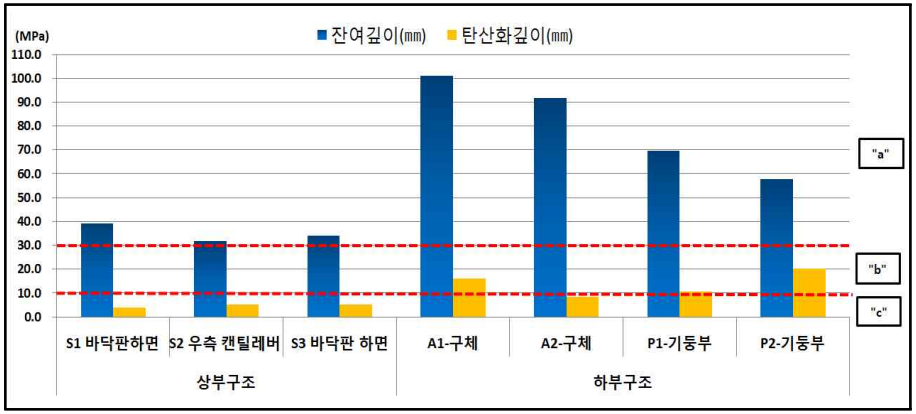
탄산화 깊이 측정은 총 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였다.

모든 부재들의 실측한 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜를 초과하는 것으로 나타나 상태평가"a"로 평가되었다.

① 탄산화 깊이 측정 시험 결과

【표 3.80】 탄산화 깊이 측정 결과 및 평가(여주)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	상태 평가	잔존수명
상부 구조	S1 바닥판 하면	4.0	43.0	39.0	1.00	a	100년이상
	S2 우측 캔틸레버	5.2	37.0	31.8	1.30	a	100년이상
	S3 바닥판 하면	5.1	39.0	33.9	1.28	a	100년이상
하부 구조	A1-구체	16.1	117.0	100.9	4.03	a	100년이상
	A2-구체	8.4	100	91.6	2.1	a	100년이상
	P1-기둥	10.5	80.0	69.5	2.63	a	100년이상
	P2-기둥	20.3	78.0	57.7	5.08	a	100년이상



【그림 3.37】 위치별 탄산화 시험 결과(여주)

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.81】 탄산화 깊이 기 진단 결과와의 비교(여주)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
탄산화잔여깊이 (mm)	상부구조	31.5~42.0	31.8~39	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	0~87.5 (A2측 열화부 포함)	57.7~100.9	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

4) 염화물 함유량 시험

염화물 함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하였다. 염화물 함유량 시험결과, 염화물함유량은 0.194~0.227kg/㎥로 조사되어 상태평가 "a"로 평가되었으며, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태이다. 염화물 함유량 시험결과는 아래 표와 같다.

① 염화물 함유량 시험 결과

【표 3.82】 염화물 함유량 시험 결과(여주)

시험위치		전 염화물 함유량 (%)	환산 염화물 함유량 (kg/m^3)	상태평가	비 고
S2 우측 캔틸레버	0~20mm	0.0100	0.227	a	
A1 구체	0~30mm	0.0086	0.194	a	
P2 기둥	0~30mm	0.0093	0.211	a	

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

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.83】 염화물 함유량 기 진단 결과와의 비교(여주)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
염화물 함유량 (kg/㎥)	상부구조	0.069~0.115	0.227	측정위치에 따른 편차.
	하부구조	0.023~0.092	0.194~0.211	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 철근피복근처의 염화물 함유량은 양호한 상태로 염해로 인한 철근부식 영향은 없을 것으로 판단됨.		

5) 균열깊이 측정 시험

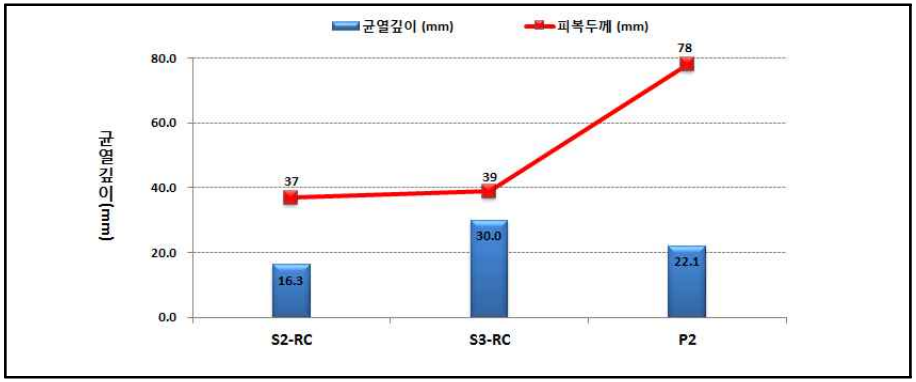
외관조사시 S2,S3 캔틸레버와 P2에 발생된 폭 0.2㎜이상 균열에 대하여 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

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

① 균열 깊이 측정 결과

【표 3.84】 균열깊이 측정결과(여주)

측정위치	전달거리 (㎜)	균열부 (T_c)	건전부 (T_o)	균열폭 (㎜)	균열깊이 (㎜)	실측피복두께 (㎜)
S2 우측 캔틸레버	100	44.7	42.5	0.2	16.3	37.0
S3 우측 캔틸레버	100	61.0	52.3	0.2	30.0	39.0
P2 기둥	100	56.4	51.6	0.2	22.1	78.0



【그림 3.38】 균열 깊이 측정 결과(여주)

3.5 강재 내구성조사

3.5.1 개 요

가. 개 요

공용 중 교량에 있어서 강재 비파괴조사는 강구조의 주요 부재에 대한 제작상태 및 결함의 분포 현황을 조사하고, 그 결과를 분석하여 교량 전체의 내구성평가에 요구되는 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황 및 선정사유

본 과업에서 강재 비파괴조사를 위해 초음파탐상시험(UT), 도막두께 측정을 실시하였다. 본 교량의 초음파탐상시험은 강재 비파괴시험에 앞서 강재 용접부에 대한 외관조사 결과를 토대로 용접결함 및 결함 의심부위가 없는 경우 타부위에 비해 구조적 취약부위인 맞대기용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』참조)

봉곡1교(내서, 여주)는 약 16년 정도의 공용기간이 경과한 구조물로서 현재 강재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태로 조사되어 상기 언급한 과업지시서 및 세부지침에 따라 책임기술자의 판단하에 필렛용접구간의 시험은 실시하지 않았으며, 인장 및 교번구간의 맞대기이음부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다. 각 부재별 강재 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.85】 강재 비파괴시험 현황

조사위치		내서방향		여주방향		비 고
		초음파탐상시험	도막두께측정	초음파탐상시험	도막두께측정	
S1	G1	2	1	2	2	
	G2	2	2	2	1	
S2	G1	2	1	2	1	
	G2	2	2	2	2	
S3	G1	2	1	2	1	
	G2	2	2	2	2	
합 계		12	9	12	9	
세부지침 기준수량		12	-	12	-	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 상 기준수량(강재 초음파탐상시험) : 2개소/경간별 거더(맞대기 용접부)

2) 조사 사진

초음파탐상 검사

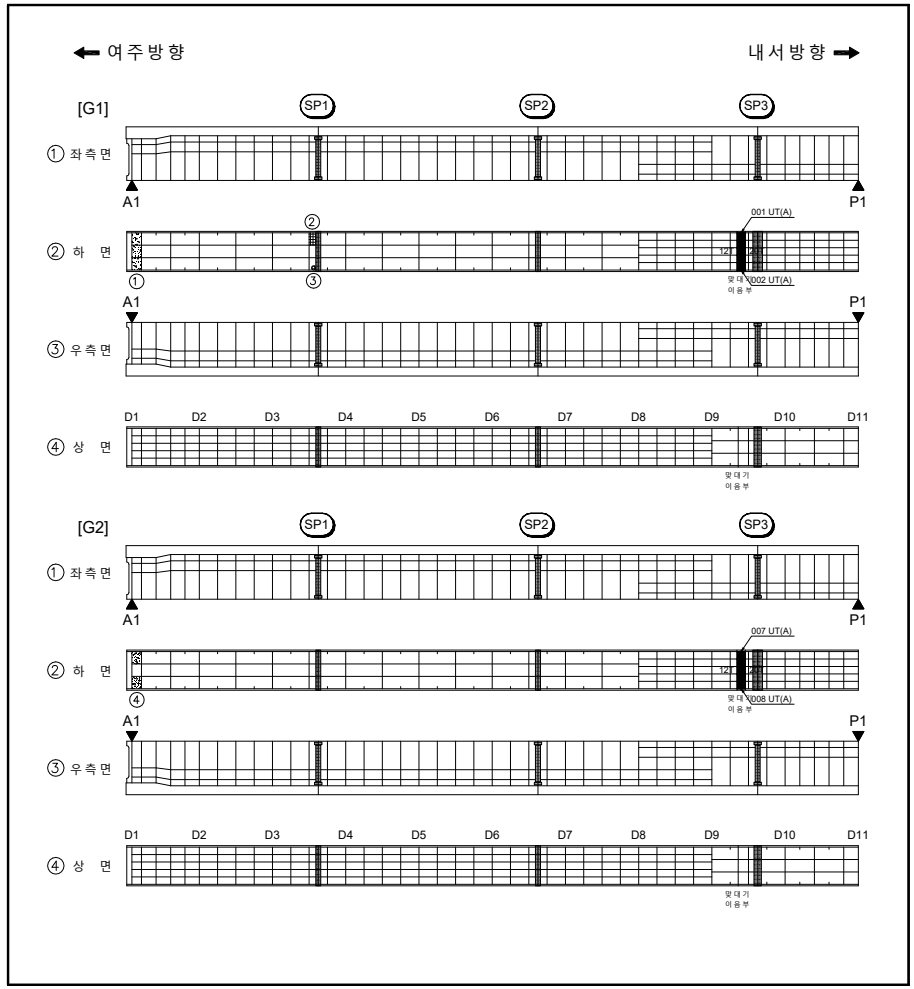
초음파탐상 검사

도막두께 측정

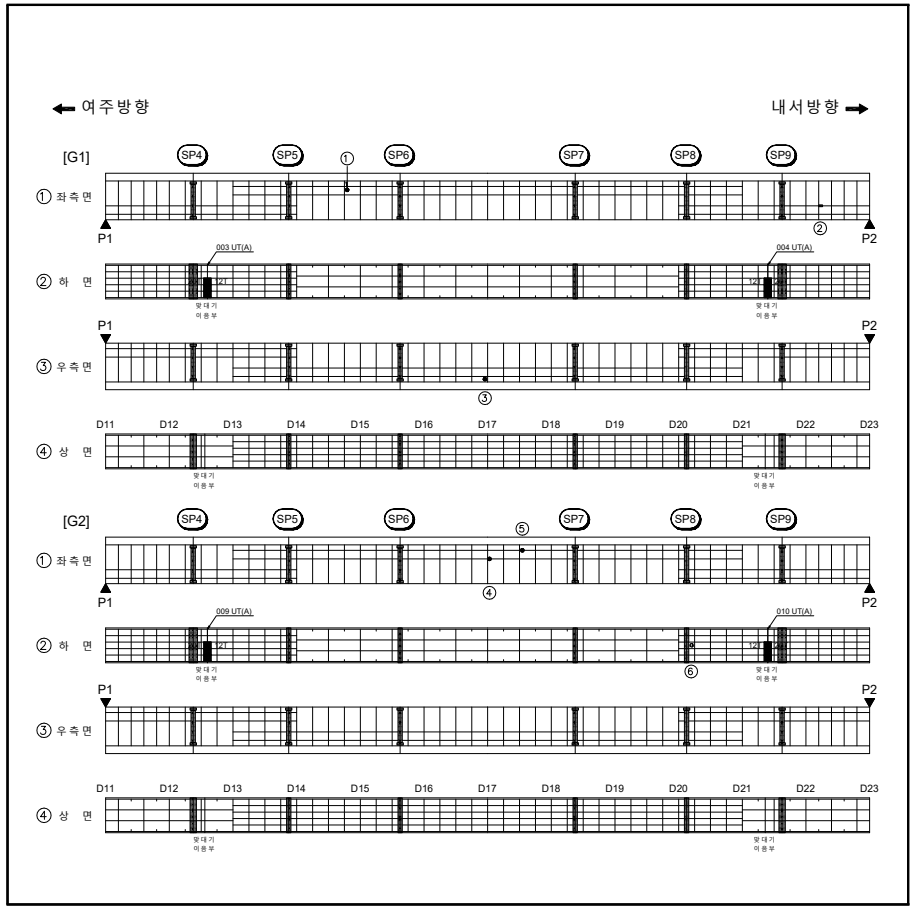
도막두께 측정

【사진 3.40】 강재 내구성조사 전경

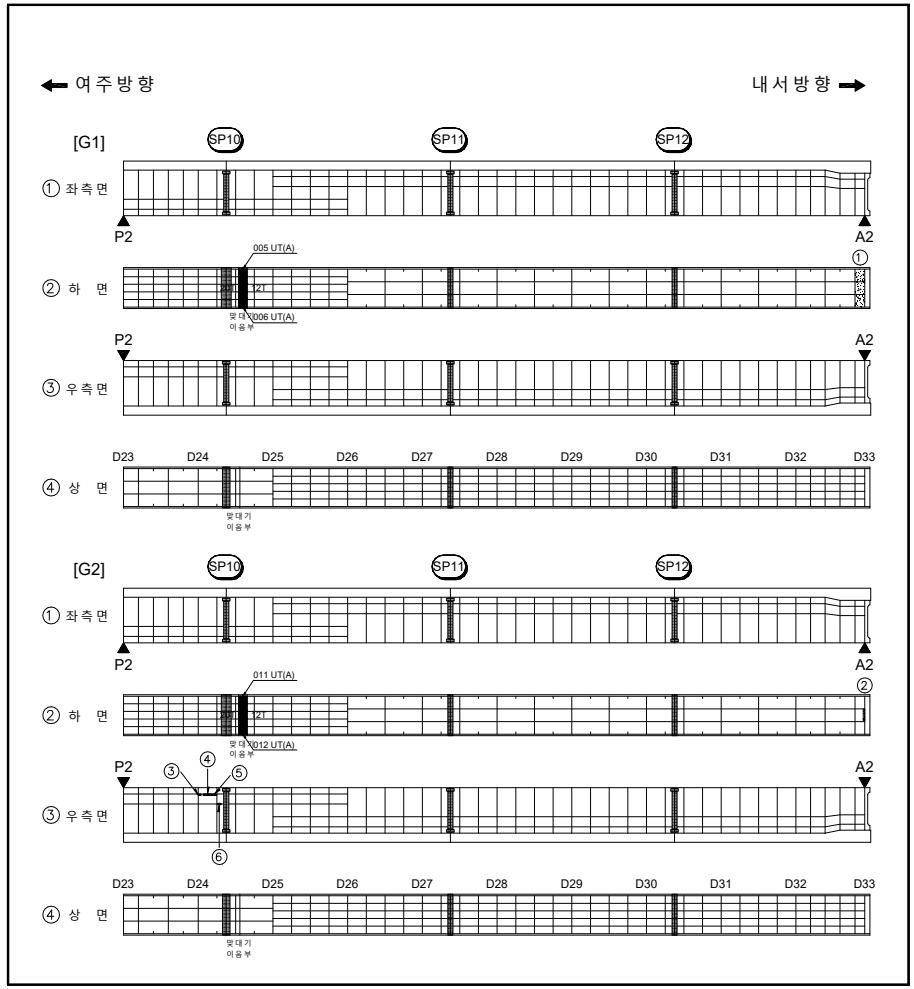
3) 강재 내구성조사 위치도(내서)



【그림 3.39】 강재 내구성조사 위치도 S1(내서)

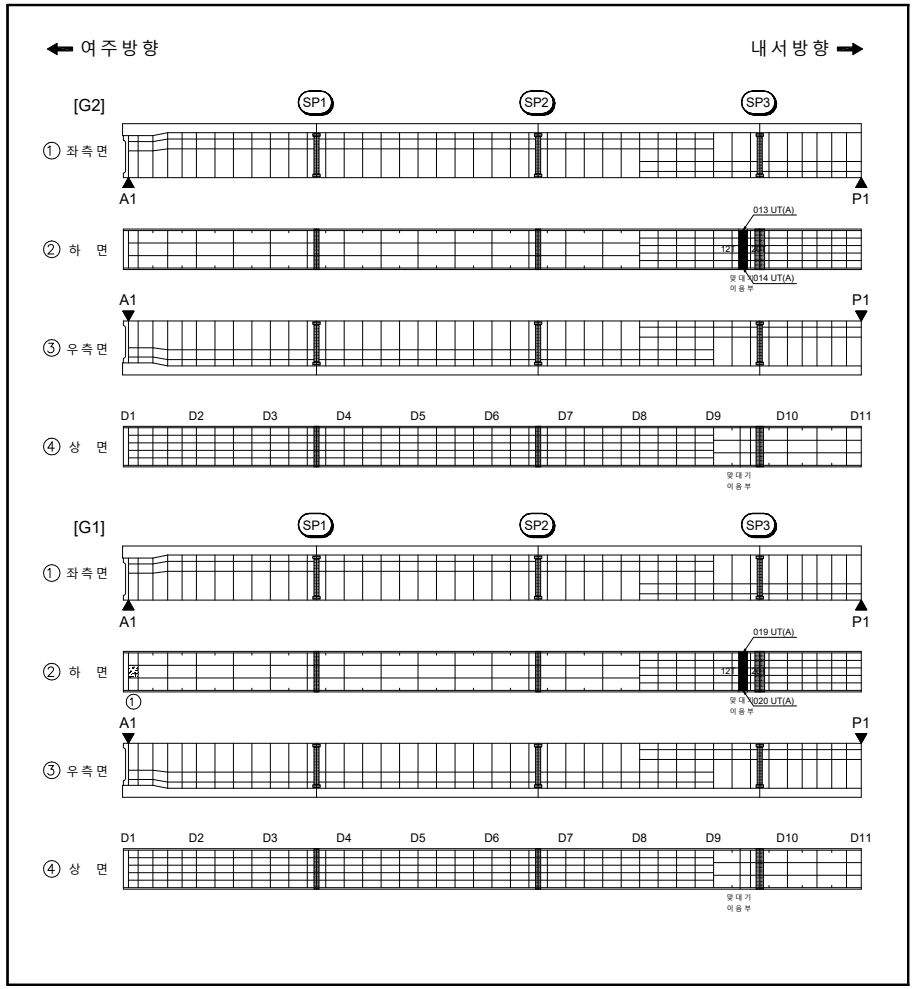


【그림 3.40】 강재 내구성조사 위치도 S2(내서)

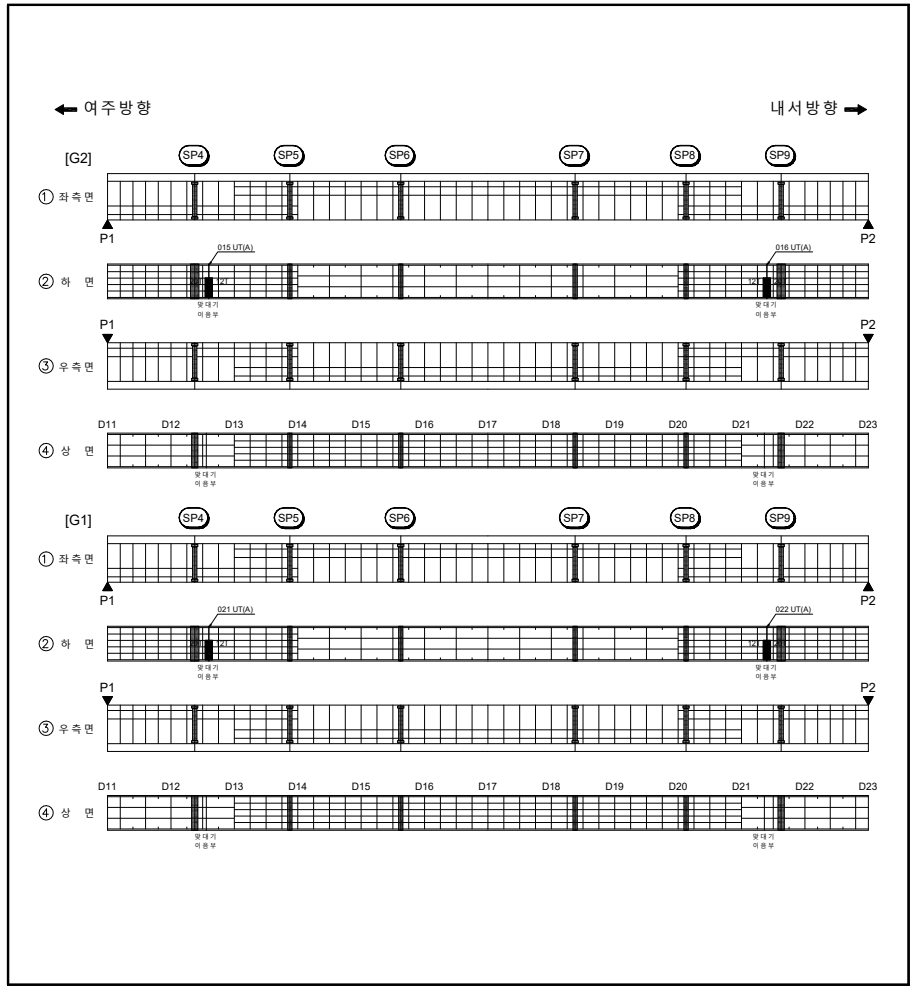


【그림 3.41】 강재 내구성조사 위치도 S3(내서)

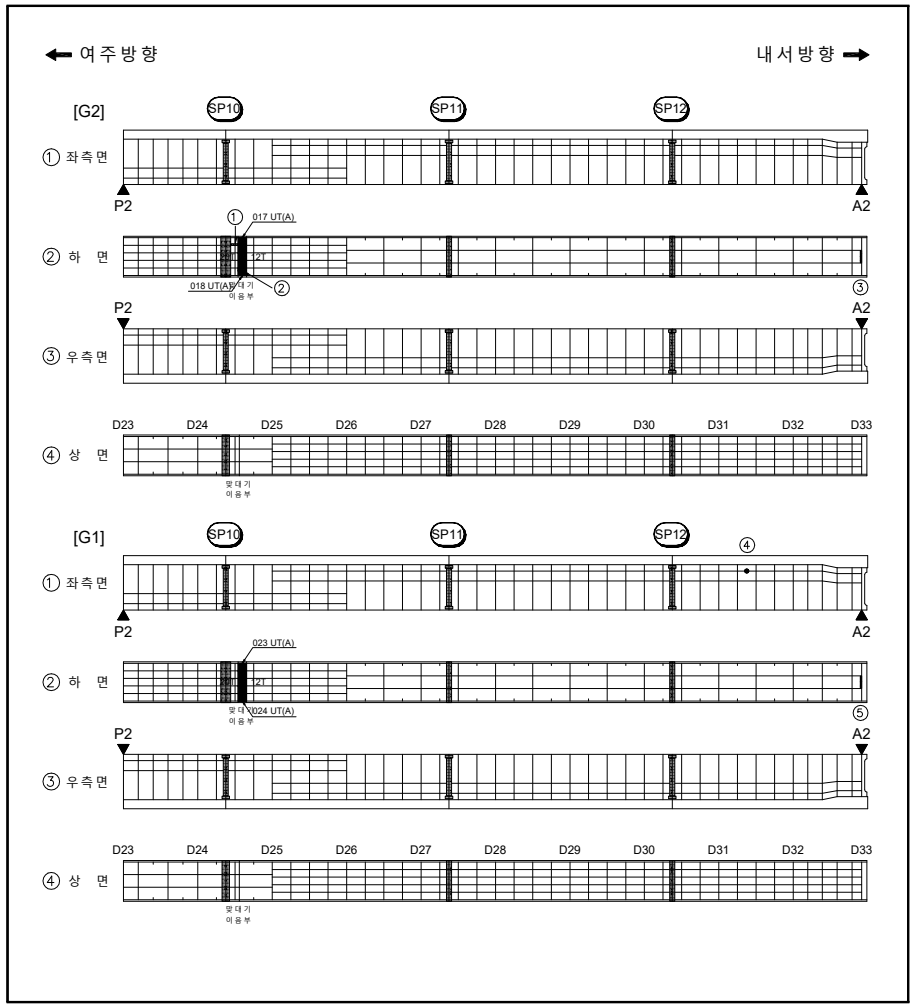
4) 강재 내구성조사 위치도(여주)



【그림 3.42】 강재 내구성조사 위치도 S1(여주)



【그림 3.43】 강재 내구성조사 위치도 S2(여주)



【그림 3.44】 강재 내구성조사 위치도 S3(여주)

3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

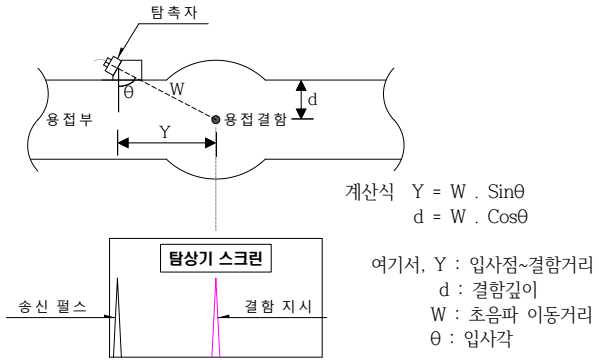
1) 개 요

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재 여부 및 결함 정보를 알아내는 검사방법이다.

초음파의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 대별되며, 수직법은 탐촉자를 시험체에 접촉하여 시험체에 수직으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 통상적으로 판재 및 봉재, 주.단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다.

2) 방법(사각법)

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 각각의 결함부로부터 반사한 에코파형의 펄스형태(펄스폭&높이), 반사체(결함)까지의 진행거리, 초음파 입사각도, 에코의 반사패턴 등을 종합적으로 분석하여 결함의 입체적인 위치를 산출하고 결함종류 및 길이 등을 측정한다.



【그림 3.45】 초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 특 성

① 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.
② 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.
③ 검사 결과를 바로 알 수 있다.
④ 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.
⑤ 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.
⑥ 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.
⑦ 금속 조직의 영향을 많이 받는다.
⑧ 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.
⑨ 검사 결과의 기록 보존이 어렵다.

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

【표 3.86】 결함의 등급 분류

영 역	M검출 레벨은 Ⅲ L검출 레벨은 Ⅱ와 Ⅲ			Ⅳ		
판두께(㎜) / 등급	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
1급	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하	4㎜ 이하	t/4 이하	15㎜ 이하
2급	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하
3급	18㎜ 이하	t 이하	60㎜ 이하	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하
4급	3급을 초과하는 것					

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

5) 합.부 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998, 건설교통부)에 의거하여 합.부를 판정하였다.

【표 3.87】 용접부 결함의 합.부 판정기준

검 사 부 위	합 격 기 준	비 고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2급 이상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3급 이상	

나. 도막두께 측정(Dry Film Thickness Measurement)

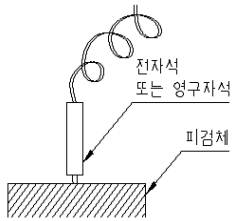
1) 개 요

강재에 있어서 도장의 상태 및 도막의 두께는 구조물의 내구성능을 판단하는 기준이 된다. 도막두께의 부족은 강재의 부식을 촉진시키고 결과적으로 내구성능을 저하시키는 요인으로 작용한다. 본 측정은 강재 거더의 도막두께를 측정하여 현재의 도장상태를 확인하고 내구성능의 저하 여부를 판단하고자 실시하였다.

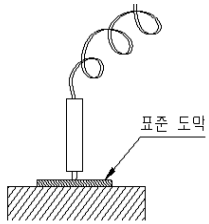
측정은 강박스 거더의 내부와 외부로 구분하였으며, 한 개소당 4회씩 측정하여 평균값을 도막두께로 취하였다.

2) 측정원리

도막두께 측정은 전자석 또는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사 방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 도막두께의 측정 원리는 다음과 같다.



【그림 3.46】Gauge 영점조정



【그림 3.47】Gauge 초기화(Calibration)

【그림 3.46】과 같이 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정한 후【그림 3.47】과 같이 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.

도막두께를 교정한 후 측정 부위에 접촉시켜 전자석 또는 영구자석의 자력차를 수치로 나타내어 측정 부위의 도막두께를 확인한다.

【표 3.88】 일반환경용 중방식 도장 도막두께 기준

구분	도장계열	공정		도료명칭 또는 방법	도막두께 (㎛)	도장 횟수	비고
교량 외부	GEB	1차 표면처리		SSPC-SP10			
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC-SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
			제2층	미스트 코트	80	1	
			제3층	후막형 에폭시계도료		1	
		공장/ 현장도장	제4층	폴리 우레탄계도료	30	1	
			제4층	폴리 우레탄계도료	30	1	
		계			215		
연결판 (내.외부)	SJ	표면처리		SSPC-SP10			
		공장도장	제1층	무기질 아연말도료	50	1	
		계			50		
교량 외부볼트 및 연결판	GEC	표면 처리	연결판	SSPC-SP3			
			볼트	화성피막처리			
		현장 도장	제1층	에폭시계도료	75	1	
			제2층	후막형 에폭시계도료	80	1	
			제3층	폴리 우레탄계도료	30	1	
			제4층	폴리 우레탄계도료	30	1	
		계			215		
교량 내부볼트 및 연결판	GIC	표면 처리	연결판	SSPC-SP3			
			볼트	화성피막처리			
		현장 도장	제1층	에폭시계도료	75	1	
			제2층	고고형분 에폭시계도료	100	1	
		계			175		
콘크티트 접합부위	DK	표면처리		SSPC-SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
		계			75		

▪ 참고문헌: 강구조공사 표준시방서, 2012

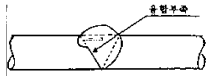
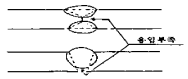
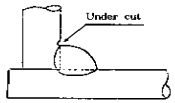
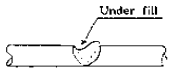
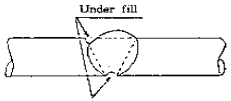
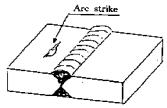
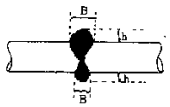
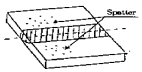
【표 3.89】 강교 도장사양

도 장 부 위	표 면 처 리	도장 순서	도 료 형 태	건조도막 두께(㎛)	작업 장소	비고
모든 스틸 플레이트의 샵프라이머	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st	무기질 징크계 도료	20	공장	
거더 외부	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st	무기질 징크계 도료	70	공장	
		2nd	에폭시계 중도	90	공장	
		3rd	우레탄계 상도	40	공장	
		4th	우레탄계 상도	40	현장	
거더 내부	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st	무기질 징크계 도료	75	공장	
		2nd	역청질계 도료	75	공장	
스플라이스 (외부)	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st(Shop)	무기질 징크계 도료	20	공장	
		1st	무기질 징크계 도료	70	현장	
		2nd	에폭시계 중도	90	현장	
		3rd	우레탄계 상도	40	현장	
		4th	우레탄계 상도	40	현장	
스플라이스 (내부)	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st(Shop)	무기질 징크계 도료	20	공장	
		1st	무기질 징크계 도료	75	현장	
		2nd	역청질계 도료	75	현장	
볼트 (외부)	아연말 화성 피막(다크로)처리 (6~8㎛)	1st	무기질 징크계 도료	70	현장	
		2nd	에폭시계 중도	90	현장	
		3rd	우레탄계 상도	40	현장	
		4th	우레탄계 상도	40	현장	
볼트 (내부)	아연말 화성 피막(다크로)처리 (6~8㎛)	1st	무기질 징크계 도료	75	현장	
		2nd	역청질계 도료	75	현장	
외부 포장면	준나금속 블라스트 세정 (Sa 2 1/2)	1st	무기질 징크계 도료	75	공장	

▪ 참고문헌: 중부내륙 고속도로 상주-구미간 건설공사 특별시방서, 2001. 11

3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3.90】 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
• 균열 Crack	• 용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생함. 균열은 모재 또는 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 함	
• 융합부족(LF) Lack of fusion	• 그림과 같이 용접금속과 모재 사이가 완전하게 융합이 되지 아니한 상태	
• 용입부족(IP) Incomplete Penetration	• 그림과 같이 용융금속의 두께가 모재두께 보다 적게 용입이 이루어진 상태	
• 언더 컷 Under cut	• 용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹 패인 형상으로, 도로교 표준시방서 15.3.3의 (12)에 의하면 0.3~0.8mm 까지 허용됨	
• 언더 필 Under fill	• 용융금속이 덜 채워진 형상 	
• 아크 스트라이크 Arc strike	• 용접을 시작할 때 용접봉을 모재쪽에 대고 Arc를 발생시킴으로 인하여 모재가 움푹 패인 현상으로 응력집중의 원인이 됨	
• 기공 Porosity	• 이물질이나 수분에 의해 용접부 내부에 가스가 발생되어 용접금속 외부로 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 형성한 상태	
• 블로 홀 Blow hole (Pit)	• 이물질이나 수분에 의해 발생된 가스가 용접비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍	
• 용접Bead 상태불량 -과대한 용접 덧붙임 -Bead 표면의 과대한 요철	• 도.시(표 15.3.7)에 의하면 용접 Bead 폭 B에 따라 용접 덧붙임 높이 h값이 규정되어 있으며, 이 규정을 초과하는 덧붙임, 용접 Bead 표면의 과대한 요철 등이 발생	
• 스패터 Spatter	• 용접시 용융 Pool로부터 모재쪽으로 튀겨 나온 조그마한 금속 알갱이	
• 슬래그 혼입 Slag Inclusion	• 용접봉 피복 등이 용접금속 내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장박리의 원인이 됨	

3.5.4 시험결과 및 분석

가. 내서방향

1) 강재 내구성 시험

① 초음파탐상 시험 결과

초음파탐상시험으로 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대해 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사되었다.

【표 3.91】 강재 초음파탐상(UT) 시험결과(내서)

시험위치		시험개소	결함등급	합격여부		결함발생 현황	비 고
				합격	불합격		
S1-G1	D9~D10(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	인장부
	D9~D10(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
S1-G2	D9~D10(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	인장부
	D9~D10(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
S2-G1	D12~D13(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
	D21~D22(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
S2-G2	D12~D13(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
	D21~D22(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
S3-G1	D24~D25(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	인장부
	D24~D25(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부
S3-G2	D24~D25(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	인장부
	D24~D25(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	압축부

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재)

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.92】 초음파탐상 시험 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분	'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
강재 초음파탐상 시험	1등급	1등급	합격
검토의견	■ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입 부족등의 내부 결함이 없는 1급(합격)으로 조사됨.		

2) 도막두께 측정

① 도막두께 측정 결과

시공당시 도장시방으로 『도로교 표준시방서(1999, 한국도로교통협회)』의 일반환경용 중방식 도장을 평가기준으로 정하였으며, 도막두께 측정결과, 실측도막두께가 표준도막두께(외부 195㎛, 내부 150㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 판단된다.

【표 3.93】 도막두께 측정 결과(내서)

시험위치		실측 도막두께(㎛)							평가
		1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균	
S1	G1-LW (외부)	369	365	350	351	390	385	368	양호
	G2-RW (외부)	296	293	303	310	315	302	303	양호
	G1-LW (내부)	207	210	214	217	200	215	211	양호
S2	G1-LF (외부)	219	205	233	230	197	196	213	양호
	G2-RW (외부)	314	325	351	311	313	349	327	양호
	G1-RW (내부)	209	211	216	219	201	205	210	양호
S3	G1-RW (외부)	274	268	278	256	271	249	266	양호
	G2-RW (외부)	249	244	234	266	270	247	252	양호
	G2-LW (내부)	221	232	210	205	207	209	214	양호

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.94】 도막두께 측정 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
도막두께	거더내부	340.0～380.0	210.0~214.0	측정위치에 따른 편차.
	거더외부	370.0～430.0	213.0~368.0	측정위치에 따른 편차.
검토의견		▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 실측도막두께가 표준도막두께를 모두 상회하는 것으로 조사됨.		

3.5.5 시험결과 및 분석

가. 여주방향

1) 강재 내구성 시험

① 초음파탐상 시험 결과

초음파탐상시험으로 강박스 거더의 맞대기 용접부에 대해 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1등급(합격)으로 조사되었다.

【표 3.95】 초음파탐상(UT) 시험결과(여주)

시험위치		시험개소	결함등급	합격여부		결함발생 현황	비 고
				합격	불합격		
S1-G1	D9～D10(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D9～D10(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
S1-G2	D9～D10(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D9～D10(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
S2-G1	D12～D13(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D21～D22(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
S2-G2	D12～D13(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D21～D22(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
S3-G1	D24～D25(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D24～D25(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
S3-G2	D24～D25(UF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간
	D24～D25(LF)	1	1급	1	-	결함사항없음	교번구간

주) 합격기준 : 2급 이상(인장 및 교번하중 작용부재)

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.96】 초음파탐상 시험 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분	'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
강재 초음파탐상 시험	1등급	1등급	합격
검토의견	▪ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입 부족등의 내부 결함이 없는 1급(합격)으로 조사됨.		

2) 도막두께 측정

① 도막두께 측정 결과

도막의 도장상태는 기준치(일반환경용 중방식 도장 도막두께 외부: 215㎛)이상으로 양호하나 그 외 공용년수 증가로 인한 국부적인 도장박리 및 부식 발생구간은 재도장을 실시하여 강재의 내구성 확보가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.97】 도막두께 측정결과(여주)

시험위치		실측 도막두께(㎛)							평가
		1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균	
S1	G1-LW (외부)	395	408	415	416	401	389	404	양호
	G2-LW (외부)	393	417	414	396	410	399	405	양호
	G1-LW (내부)	350	357	328	348	360	329	340	양호
S2	G1-LW (외부)	388	387	399	382	412	407	396	양호
	G2-RW (외부)	433	446	447	421	439	429	436	양호
	G2-RW (내부)	349	342	338	339	346	329	341	양호
S3	G1-RW (외부)	410	413	440	432	428	422	424	양호
	G2-LW (외부)	422	443	439	447	433	429	436	양호
	G2-LW (내부)	344	349	332	337	349	328	340	양호

② 기 진단 결과와의 비교, 분석

【표 3.98】 도막두께 측정 기 진단 결과와의 비교(내서)

구 분		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	비 고
도막두께	거더내부	330.0～380.0	340.0~341.0	측정위치에 따른 편차.
	거더외부	400.0～440.0	396.0~436.0	측정위치에 따른 편차.
검토의견		■ 기 정밀안전진단('12년)과 비교.분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 실측도막두께가 표준도막두께를 모두 상회하는 것으로 조사됨.		

3.6 현장조사 결과요약

3.6.1 외관조사 결과요약

가. 내서방향

【표 3.99】 금회 진단 외관조사 결과요약(내서)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 전반적으로 양호한 상태이며, S1과 S3경간 좌.우 캔틸레버부에 횡균열(폭 0.2㎜이하) • S1 중앙분리대 하면 백태 • S1경간 캔틸레버부 단부에 박락, S3경간 캔틸레버부 하부에 재료분리	• 시공초기 건조수축에 의한 것으로 발생하였으며, 손상 규모 경미하여 주의관찰 • 손상규모가 경미하여 현상유지 후 장기적으로는 유도배수관 설치 • 박락부에 대해 단면보수가 요구되며, 재료분리는 손상 정도가 경미하므로 현상유지
강박스 거더	내부	• 구조적인 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이며, Pit, 언더컷 등의 용접결함, 수평보강재 변형 • 도장박리 • S1과 S3경간 출입구 주변 하부플랜지에 이물질 퇴적	• 시공미흡과 가설 당시 제작오차에 의한 것으로 결함 정도가 경미하여 현상유지 • 시공미흡과 도장열화에 의한 것으로 재도장 실시 • 청소
	외부	• 경미한 쵸킹	• 태양광의 광화학 반응에 의한 것으로 손상 정도가 심하지 않아 현상유지
가로보 및 세로보		• 상태양호	-
하부구조		• 전반적으로 양호한 상태이며, A1과 A2 구체 및 흉벽부에 균열(폭 0.2㎜이하) • P1과 P2 코핑 및 기둥부에 균열(폭 0.2㎜이하), P1 기둥부에 망상균열(폭 0.2㎜이하) • A2 흉벽 상부 백태 • P1 기둥부에 경미한 파손(긁힘) • A2 구체부 상면에 들뜸/박리 • 교대 누수흔적 및 체수	• 미세균열(폭 0.2㎜이하)이며. 시공초기 건조수축에 의한 것으로 지속적인 주의관찰 실시 • 매스콘크리트 양생과정에서 발생한 수화열, 초기 건조수축에 의한 것으로 손상규모가 경미하여 주의관찰 • 신축이음누수에 의한 것으로 신축이음차수 방안과 연계하여 손상진전 시 보수 • 손상 정도가 경미하므로 현상유지 • 신축이음누수에 의한 열화로 신축이음 유도배수 + 단면보수 • 신축이음 유도배수

【표 3.99】 금회 진단 외관조사 결과요약(내서) (계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 외관 및 가동상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 받침본체 도장박리 • 낙교방지장치(A2-No.1) 부식, 탄성고무 파손(A1-No.1) • 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열(폭 0.2㎜이하), 파손(P2-Sh3) • 받침콘크리트 박리	• 시공미흡과 도장열화에 것으로 재도장 실시 • 도장열화와 신축이음부를 통한 노면수 유입 및 접촉(부식), 경년열화 및 신축거동시 마찰(탄성고무 파손)에 의한 것으로 부식부위 제거 후 재도장 • 지속적인 주의관찰 실시 • 신축이음 누수에 의한 것으로 단면보수
신축이음장치	• EXP.J1과 J2 신축이음누수 • EXP.J1과 J2의 양끝단(갓길 구간)에 본체 부식 • EXP.J1과 J2의 양끝단(갓길 구간)에 이물질 퇴적 • 후타재 균열 • EXP.J1과 J2의 후타재 표면박리	• 공용년수 증가에 따른 누수로 본체부식, 후타재 파손 등 손상 진전시 교체 • 경년열화에 의한 것으로 손상 정도가 심하지 않고 기능 발휘에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰 후 추후에 신축이음장치 교체가 바람직함 • 정기적인 청소 필요 • 건조수축에 의한 것으로 지속적인 주의관찰 실시 • 차량의 반복하중 및 공용기간 증가에 의한 것으로 후타재 전폭에 걸쳐 분포하고 있고 심한 구간은 골재 노출이 진행 중인 상태로서 지속관찰이 필요함
교면포장	• S1과 S3 아스콘균열 • 갓길 전경간에서 발생한 아스콘들뜸, 패임 • A2 배면 접속부에 단차(h=0.5~1.0㎝)	• 공용년수 증가에 따른 차량통행 반복에 의한 것으로 주의관찰 • 아스콘 포설시 재료부족, 다짐부족에 의한 것으로 아스팔트 팻칭보수 실시 • 차량의 반복하중 및 아스콘 노후화에 의한 것으로 아스팔트 팻칭보수 실시
배수시설	• 상태양호	-
난간 및 연석	• 중분대 및 방호벽 균열 및 망상균열, 균열부 백태 • 박리/파손/차량충돌 흔적 • 방호벽(S3) 표면오염	• 폭 0.2㎜이하 균열은 지속적인 주의관찰, 폭 0.3㎜이상 균열 및 균열부 백태는 주입보수 실시 • 손상 정도가 경미하므로 현상유지 • 철근부식 방지를 위해 표면처리보수 필요

나. 여주방향

【표 3.100】 금회 진단 외관조사 결과요약(여주)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 전반적으로 양호한 상태이며, S3경간 2016년 보수시 누락된 일부구간(좌.우 캔틸레버부 제외)에 망상균열(폭 0.2㎜이하)과 캔틸레버 횡균열(0.2㎜이하) • 바닥판 측면에 발생된 백태 • S3경간 캔틸레버부 하면에 박락, 박락 및 철근노출, 철근부식 • 재료분리 및 중분대 하면 파손	• 시공초기 건조수축에 의한 것으로 발생하였으며, 손상 규모 경미하여 주의관찰 • 방호벽과 바닥판 이음부 누수에 의한 것으로 백태는 주의관찰토록 하며, 이음부는 주입보수(우레탄), 박락부에 대해 단면보수 • 손상규모가 경미하여 현상유지
강박스 거더	내부	• 구조적인 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태이며, Pit 등의 용접결함 • S3-G1-LW 도장박리	• 시공미흡에 의한 것으로 결함 정도가 경미하여 현상유지 • 경년열화 및 도장열화에 의한 것으로 전처리 후 재도장 실시
	외부	• G2 좌측 복부에 경미한 쵸킹 • 국부적으로 발생된 부식	• 태양광의 광화학 반응에 의한 것으로 손상정도가 경미하여 주의관찰 • 경년열화 및 도장긁힘에 의한 것으로 전처리 후 재도장 실시
가로보 및 세로보		• 상태양호	-
하부구조		• 전반적으로 양호한 상태이며, A1과 A2 구체 및 흉벽부에 균열(폭 0.2~0.3㎜) • P1과 P2 코핑 및 기둥부에 균열(폭 0.3㎜이하) 및 망상균열(폭 0.2㎜이하) • A2교대 들뜸 및 보수부 들뜸 • A1과 A2 흉벽부에 잡철물(와이어매쉬) 노출	• 시공초기 건조수축에 의한 것으로 0.2㎜이하는 지속적인 주의관찰 실시하고 0.3㎜는 주입보수 실시 • 매스콘크리트 양생과정에서 발생한 수화열, 초기 건조수축에 의한 것으로 0.2㎜이하는 지속적인 주의관찰 실시하고 0.3㎜는 주입보수 실시 • 신축이음누수에 의한 열화로 신축이음 유도배수 + 단면보수 • 신축이음 유도배수

【표 3.100】 금회 진단 외관조사 결과요약(여주) (계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 외관 및 가동상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 받침본체(P1, P2) 도장박리 • 낙교방지장치(A1-No.2) 탄성고무 파손 • A1과 A2의 받침콘크리트 균열(폭 0.2㎜이하), P1과 P2의 받침콘크리트 및 무수축몰탈 균열(폭 0.2㎜이하), 파손, 재료분리, 들뜸, 잡철물	• 시공미흡과 도장열화에 것으로 재도장 실시 • 경년열화 및 신축거동시 마찰에 의한 것으로 부식부위 제거 후 재도장 • 지속적인 주의관찰 실시
신축이음장치	• EXP.J1과 J2의 양끝단(갓길 구간)에 본체 부식 • EXP.J1과 J2의 양끝단(갓길 구간)에 이물질 퇴적 • EXP.J1과 J2의 후타재 균열	• 경년열화에 의한 것으로 손상 정도가 심하지 않고 기능 발휘에도 문제가 없으므로 지속적인 주의관찰 후 추후에 신축이음장치 교체가 바람직함 • 정기적인 청소 필요 • 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격에 의한 것으로 폭 0.2㎜이하 균열은 지속적인 주의관찰, 폭 0.3㎜이상 균열은 주입보수 실시
교면포장	• S3 1차로 아스콘 균열 • A1 배면 접속부에 이격(폭:15㎜) • 갓길 전경간에서 발생한 아스콘들뜸	• 공용년수 증가와 차량반복 통행에 의한 것으로 주의관찰 • 포장당시 시공불량에 의한 것으로 추정되며, 지속관찰 후 2차손상 발생시 조치가 필요 • 아스콘 포설시 재료부족, 다짐부족에 의한 것으로 아스팔트 팻칭보수 실시
배수시설	• 전반적으로 양호한 상태이며, 전 개소에서 배수구 막힘 발생	• 청소
난간 및 연석	• 균열(폭 0.2㎜~0.3㎜이하) • 박리 • 방호벽 덮개 볼트탈락(A1)	• 건조수축 및 온도변화에 의한 것으로 폭 0.2㎜이하 균열은 지속적인 주의관찰, 폭 0.3㎜이상 균열은 주입보수 실시 • 수축줄눈 주변에 발생한 손상으로 주의관찰 • 공용년수 증가와 차량진동에 의해 발생된 것으로 재체결

나. 기 점검결과 비교

1) 내서방향

【표 3.101】 기 점검결과 비교표(내서)

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
바 닥 판	• 균열(0.3mm미만)	-	126.5m/91EA	
	• 망상균열	405.00㎡/36EA	-	
	• 박락	0.12㎡/1EA	-	
	• 재료분리	0.36㎡/1EA	0.36㎡/1EA	
	• 백태	-	0.37㎡/7EA	
거 더 내 부	• 도장박리	0.59㎡/7EA	0.43㎡/13EA	
	• 언더컷	0.3㎡/1EA	0.3m/1EA	
	• Pit	6EA	8EA	
	• 보강재 변형	0.1m/1EA	0.1m/1EA	
	• 이물질 퇴적	3.92㎡/5EA	2.48㎡/4EA	
거 더 외 부	• 쵸킹	-	448㎡/3EA	
교 대 및 교각	• 균열(0.2㎜이하)	77.8m/114EA	50.8m/73EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	6.2m/4EA	-	
	• 망상균열	1.50㎡/1EA	1.5㎡/1EA	
	• 파손/ 박락/ 긁힘	0.27㎡/2EA	0.2㎡/3EA	
	• 백태	-	6.0㎡/1EA	
	• 들뜸	-	-	
	• 들뜸 및 박리	-	0.92㎡/2EA	
	• 체수	-	4.0㎡/4EA	
	• 누수흔적	-	0.8㎡/1EA	
교 량 받 침	• 도장박리	0.13㎡/2EA	0.22㎡/5EA	
	• 무수축몰탈균열(0.2㎜이하)	0.7m/7EA	1.2m/8EA	
	• 받침콘크리트균열(0.2㎜이하)	2.7m/14EA	2.8m/10EA	
	• 받침콘크리트 파손	0.03㎡/1EA	0.01㎡/1EA	
	• 낙교방지장치 부식	0.16㎡/1EA	0.16㎡/1EA	
	• 낙교방지장치 탄성고무덮개 파손	0.06㎡/1EA	1EA	
	• 낙교방지장치 도장박리	0.32㎡/1EA	0.03㎡/1EA	

【표 3.101】 기 점검결과 비교표(내서) (계속)

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
신 축 이 음	• 부식	7.34㎡/3EA	1.04㎡/3EA	
	• 이물질 퇴적	1.26㎡/4EA	1.26㎡/4EA	
	• 후타재균열(0.2㎜이하)	7.7m/15EA	6m/11EA	
	• 후타재균열(0.3㎜이상)	-	1.5m/3EA	
	• 후타재 파손	0.02㎡/2EA	0.02㎡/2EA	
	• 후타재 표면박리	9.90㎡/3EA	9.9㎡/3EA	
	• 망상균열	-	0.5㎡/1EA	
	• 신축이음누수	-	24.4m/2EA	
교 면 포 장	• 단차(h=0.5cm)	7m/1	7m/1EA	
	• 단차(h=1.0cm)	1m/1	1m/1EA	
	• 아스콘 긁힘	132.00㎡/2EA	-	
	• 아스콘 균열(1.0mm)	-	6.1m/5EA	
	• 아스콘 들뜸	-	13.75㎡/3EA	
	• 아스콘 패임	-	11.5㎡/2EA	
	• 보수부 패임	-	9.25㎡/1EA	
	• 아스콘 절삭	-	560㎡/3EA	
난 간 및 방 호 벽	• 균열(0.2㎜이하)	116.3m/119EA	321m/153EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	6.4m/7EA	13.5m/9EA	
	• 균열부 백태	2.2m/4EA	2.2m/4EA	
	• 박리/ 파손	0.13㎡/2EA	0.78㎡/7EA	
	• 표면오염(녹)	0.02㎡/2EA	-	
	• 망상균열	-	73.5㎡/2EA	
	• 표면오염(녹)	-	0.02㎡/2EA	
	• 신축덮개 볼트탈락	-	5EA	
	• 차량충돌흔적	-	3m/1EA	

2) 여주방향

【표 3.102】 기 점검결과 비교표(여주)

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
바 닥 판	• 균열(0.3mm미만)	-	32.5m/35EA	
	• 망상균열(0.2㎜이하)	405.00㎡/36EA	45.0㎡/4EA	
	• 박락/ 파손	0.56㎡/4EA	0.24㎡/5EA	
	• 박락 및 철근노출	0.10㎡/1EA	0.1㎡/1EA	
	• 철근부식 및 박락	0.36㎡/1EA	-	
	• 백태	-	4.83㎡/11EA	
	• 재료분리	0.04㎡/1EA	-	
거 더 외 부	• 부식	0.15㎡/2EA	0.07㎡/2EA	
	• 쵸킹	-	448.0㎡/3EA	
거 더 내 부	• Pit	1EA	3EA	
	• 이물질 퇴적	0.32㎡/3EA	-	
	• 도장박리	-	0.04㎡/1EA	
하 부 구 조	• 균열(0.2㎜이하)	76.6m/117EA	72.2m/108EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	4.5m/3EA	5.1m/3	
	• 잡철물 노출	2.80㎡/7EA	0.33㎡/3EA	
	• 백태	-	0.12㎡/3EA	
	• 망상균열	-	5.58㎡/6EA	
	• 실런트 파손	-	3.8m/1EA	
	• 보수부 들뜸	-	2.0㎡/1EA	
	• 들뜸	-	0.35㎡/1EA	
	• 철근부식 및 박락	2.00㎡/1EA	-	

【표 3.102】 기 점검결과 비교표(여주) (계속)

구 분	손상내용	손상물량		비고
		'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
교 량 받 침	• 균열(0.3mm미만)	–	–	
	• 도장박리	0.07㎡/3EA	0.11㎡/5EA	
	• 무수축몰탈균열(0.2㎜이하)	0.6m/6EA	0.6m/5EA	
	• 받침콘크리트균열(0.2㎜이하)	3.7m/20EA	3.0m/13EA	
	• 받침콘크리트균열(0.3㎜이상)	–	2.5m/1EA	
	• 받침콘크리트 파손	0.04㎡/2EA	0.02㎡/1EA	
	• 받침콘크리트 재료분리	0.07㎡/1EA	0.08㎡/2EA	
	• 받침 Con'c 들뜸	–	0.12㎡/1EA	
	• 낙교방지장치 도장박리	0.04㎡/1EA	–	
	• 잡철물 노출	–	0.01㎡/1EA	
	• 낙교방지장치 탄성고무덮개 파손	0.02㎡/1EA	0.02㎡/1EA	
신 축 이 음	• 부식	0.46㎡/3EA	1.0㎡/4EA	
	• 이물질 퇴적	4.36㎡/4EA	0.76㎡/4EA	
	• 균열(0.2㎜이하)	7.1m/16EA	7.1m/16EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	7.9m/17EA	11.0m/24EA	
교 면 포 장	• 아스콘 균열	–	1.5m/1EA	
	• 아스콘 들뜸	–	2.7㎡/1EA	
	• 아스콘 절삭	–	367.5㎡/2EA	
	• 이격	2.0m/1EA	2.5m/1EA	
배 수 시 설	• 배수구 막힘	9EA	5EA	
방 호 벽 및 난 간	• 균열(0.2㎜이하)	24.1m/25EA	64.1m/60EA	
	• 균열(0.3㎜이상)	–	10.1m/7EA	
	• 신축이음부 볼트탈락	–	7EA	
	• 박리	–	0.04㎡/1EA	
	• 보수부박리	–	0.03㎡/1EA	
	• 긁힘 및 파손	0.20㎡/1EA	–	

3.6.2 내구성조사 결과요약

가. 내서방향

【표 3.103】 내구성조사 결과요약(내서)

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
콘크리트	비파괴 강도시험 (㎫)	상부 구조	반발경도	28.6~30.3	27.0~32.2	■설계기준강도를 상회함.
			초음파	30.9~33.5	28.6~32.7	
		하부 구조	반발경도	28.3~30.8	25.8~30.2	
			초음파	26.1~28.3	29.5~30.5	
	철근탐사시험 (㎜)	바닥판	배근간격	120.0~125.0	114.0~270.0	■전반적으로 설계값과 근사함.
			피복두께	39.0~47.0	39.0~44.0	
		교대	배근간격	195.0~198.0	205.0~208.0	
			피복두께	92.0~93.0	105.0~109.0	
		교각	배근간격	100.0	108.0~124.0	
			피복두께	95.0~98.0	113.0~121.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부 구조		36.5~40.0	33.8~42.5	■상태평가 a
		하부 구조		82.0~88.0	62.0~97.5	
	염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부 구조		0.092~0.138	0.246	■상태평가 a
		하부 구조		0.046~0.115	0.168~0.200	■상태평가 a
	균열깊이 (㎜)	상부 구조	S2-RC	-	42.0(피복두께)	■'12년 진단 시험부위 보수(P2 코핑부) ■균열 깊이가 실측피복두께 미만.
				-	26.8(균열깊이)	
			S2-LC	-	35.0(피복두께)	
				-	29.8(균열깊이)	
강재	초음파 탐상(UT)	거더 내부		합 격	합격	■1등급
	도막두께 (㎛)	거더 내부		340.0~380.0	210.0~214.0	■적 정
		거더 외부		370.0~430.0	213.0~368.0	■적 정
종합 평가	■비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 철근부식 우려가 없는 상태평가 기준"a"로 검토됨. ■금회 진단결과 콘크리트의 비파괴강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 측정결과 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사됨. ■강재에 대한 초음파탐상 시험결과, 합격(Ⅰ등급) 판정되어 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났으며, 도막두께 측정치도 전 개소에서 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨.					

나. 여주방향

【표 3.104】 내구성조사 결과요약(여주)

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
콘크리트	비파괴 강도시험 (㎫)	상부 구조	반발경도	27.8~28.6	29.1～32.4	▪설계기준강도를 상회함.
			초음파	29.1~29.8	30.5～32.7	
		하부 구조	반발경도	27.2~29.5	25.5～31.3	
			초음파	24.2~29.9	26.6～32.1	
	철근탐사시험 (㎜)	바닥판	배근간격	123.0~125.0	117.5～240.0	▪전반적으로 설계값과 근사함.
			피복두께	36.0~47.0	37.0～51.0	
		교대	배근간격	198.0~200.0	200.0~210.0	
			피복두께	86.0~96.0	108.0~117.0	
		교각	배근간격	97.0~100.0	115.0~120.0	
			피복두께	95.0~97.0	91.0～113.0	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부 구조		31.5~42.0	31.8~39.0	▪상태평가 a
		하부 구조		0~87.5 (A2측 열화부 포함)	57.7~100.9	
	염화물 함유량시험 (kg/㎥)	상부 구조		0.069~0.115	0.227	▪상태평가
		하부 구조		0.023~0.092	0.194~0.211	▪상태평가
	균열깊이 (㎜)	상부 구조	S2-RC	-	37.0(피복두께)	▪균열 깊이가 실측피복두께 미만.
				-	16.3(균열깊이)	
			S3-RC	-	39.0(피복두께)	
				-	30.0(균열깊이)	
		하부 구조	P2 기둥	-	78.0(피복두께)	
				-	22.1(균열깊이)	

【표 3.104】 내구성조사 결과요약(여주)(계속)

시 험 명		시험부위	시험 결과		비 고
			'12년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	
강재	초음파 탐상(UT)	거더 내부	합격	합격	▪1등급
	도막두께 (㎛)	거더 내부	330.0~380.0	340.0~341.0	▪적 정
		거더 외부	400.0~440.0	396.0~436.0	▪적 정
종합 평가	▪비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ▪탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 철근부식 우려가 없는 상태평가 기준"a"로 검토됨. ▪금회 진단결과 콘크리트의 비파괴강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 측정결과 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사됨. ▪강재에 대한 초음파탐상 시험결과, 합격(Ⅰ등급) 판정되어 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났으며, 도막두께 측정치도 전 개소에서 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨. ▪전회차진단시 A2 흉벽부의 철근부식 및 박락 손상이 조사되어 등급하향이 되었으나 금회진단시 보수를 통하여 등급상향이 되었다. 다만 금회진단시 보수부에 대해 정밀하게 육안조사결과 보수부가불량한 상태로 조사되어 내구성향상을 위한 보수가 필요한 상태이다.				