

제 5 장 원남교(하)

5.1 시설물 현황

5.2 자료수집 및 분석

5.3 외관조사

5.4 내구성조사 및 시험

5.5 상태평가

5.6 구조해석 및 안전성 평가

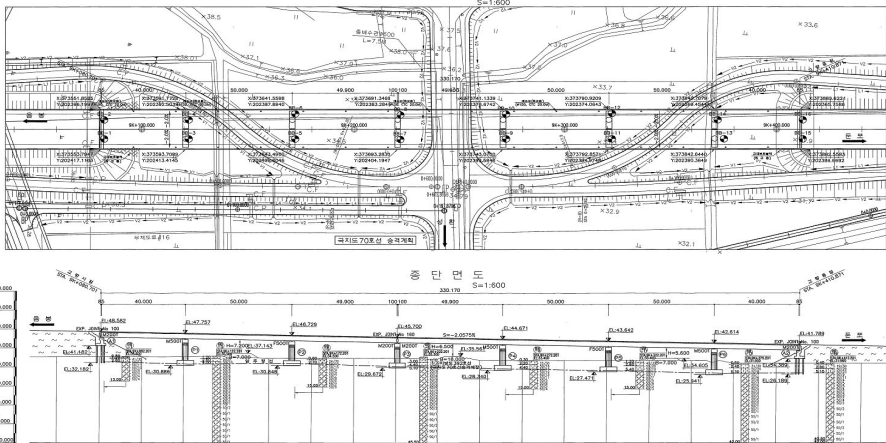
5.7 종합평가 및 안전등급 지정

5.8 보수보강 및 유지관리방안

5.9 종합결론

제5장 원남교(하)

5.1 시설물 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		원남교(하)		시설물번호		BR2005-0000231	
준공년월일		2004년 12월 31일		관리번호		-	
시설물위치		충청남도 아산시 음봉면 원남리					
설계하중		DB-24		노선명		일반국도45호선	
제원	연장	L = 330.0m (40+5@50+40)					
	폭	B = 10.5m(차도:10.5m), 2차로					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교대	말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : T형			교각	직접기초	
교량받침		포트받침		신축이음		Rail Joint(마게바)	
교차시설물 (도로,철도,하천)		지방도70호선		통과높이		5.0m	
부착시설 내용		-					
일반도							

5.2 자료수집 및 분석

5.2.1 자료 보유 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계 도서	◦ 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보 유 보 유 보 유	FMS
	◦ 설계도면 - 교량 - 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상부·하부 구조물도, 신축이음, 받침상세도	보 유 보 유	FMS
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보 유 보 유 보 유	FMS 및 관리주체
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 , 품질시험기록 - 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	보 유 미보유 미보유	FMS
안전점검 및 정밀점검 자료		보 유	FMS 및 관리주체

※ FMS : 시설물 종합관리 시스템

5.2.2 보수 · 보강 이력사항

번호	기간	시공사	보수 사항	금액 (천원)
1	2008.12.04. -2008..12.26	선진건설(주)	국도45호선 원남교 교면포장 보수공사	123,454

5.2.3 전차 점검 및 진단 이력사항

번호	기간 (구분)	점검· 진단기관명	상태 등급	주요 내용	비고
1	2004.12 (초기점검)	비엔티엔지니 어링(주)	A	- 교량 상태는 매우 양호	
2	2005.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 특이사항 없음	
3	2005.10 (정기점검)	자체수행	양호	- 특이사항 없음	
4	2006.05 (정밀점검)	비엔티엔지니 어링(주)	A	- 시설물 대체로 양호한 상태로 국부적인 손상에 보수가 요구됨	
5	2006.10 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
6	2007.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
7	2008.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
8	2008.08 (정밀점검)	(주)양지엔지니 어링	A	- 구조적인 손상, 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았으며 교면포장 보수부에 발생한 단 차, 골재분리, 균열에 대한 보수가 필요하며, 교대 와 교각의 건조수축균열에 대한 보수가 필요하다.	
9	2009.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
10	2009.10 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
11	2010.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
12	2010.08 (정밀점검)	(주)한길종합엔 지니어링	B	- 포장보수, 배수시설 정비, 몰탈 균열보수, 받침 볼 트 재체결, 균열보수 등의 보수가 필요함	
13	2011.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
14	2011.10 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	

번호	기간 (구분)	점검· 진단기관명	상태 등급	주요 내용	비고
15	2012.06 (정밀점검)	(주)장백엔지니어링	B	- 교면포장-토사퇴적, 포장파손/배수시설-막힘/난간-변형, 델리네이터 탈락/방호벽-교명판 탈락/중앙분리대-가드레일 변형, 가드레일 지주 파손/신축이음-유간토사, 차수덮개 미설치, 본체 부식, 후타재 균열($C.W \leq 0.2$)/STEEL BOX-누수흔적, 환기구 볼트풀림/받침장치-무수축 몰탈 균열($C.W \leq 0.2$), 받침콘크리트 균열($C.W \leq 0.2$)/교각-균열($C.W \leq 0.2$)	
16	2012.10 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
17	2013.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
18	2013.11 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
19	2014.05 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	
20	2014.10 (정밀점검)	(주)양지엔지니어링	B	- 교면포장 : 보수불량, 아스콘망상균열, 토사퇴적 등 난간 및 연석 : 콘크리트열화, 철근노출 등 주형 및 가로보 : 매공미처리, 누수흔적, 부식, 볼트체결불량 등 신축이음장치 : 후타재망상균열, 토사퇴적 교대 및 교각 : 균열, 망상균열 등 받침장치 : 균열, 볼트부식, 받침부식 등	
21	2015.06 (정기점검)	자체수행	양호	- 지속적 관찰 요망	

5.3 외관조사

원남교(하)는 충청남도 아산시 음봉면 원남리에 위치하며, 2004년에 준공되어 약 11년 동안 공용중인 교량이며, 연장은 330m이고 차로수는 편도2차선으로 구성되어 있다. 하부구조는 교대의 경우 역T형, 교각은 T형으로 구성되어있다.

5.3.1 교면포장 및 보도부

원남교(하)는 7경간의 편도2차선 교량으로 총 연장 330.0m, 전체 폭 10.5m의 교량이다.



본 교량의 교면은 아스콘 포장으로 시공되었으며, 외관조사결과 보수불량, 아스콘 망상균열 등이 발생한 것으로 조사되었다.

2014년 정밀점검 이후 기존 손상의 진전은 없는 것으로 조사되었으며, 손상의 원인은 장기간 공용 및 보수시 다짐불량으로 판단된다. 손상의 상태는 경미한 정도로서 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭 등의 조치가 필요하다.

5.3.2 난간 및 연석

난간은 콘크리트 방호벽으로 교량 좌측에 시공되어 있으며, 우측에는 가드레일로서 중앙 분리대가 설치되어 있는 상태이다.



외관조사결과 방호벽 철근노출, 텔리네이트 탈락, 방호벽 및 중분대 콘크리트 열화가 조사되었고, 방호벽 측면 콘크리트 열화는 전차점검에 비해 손상이 증가하였다. 콘크리트 열화 및 철근노출은 방호벽의 사용성 및 내구성 증진을 위하여 하단부 전구간 단면보수 및 내구수명 연장을 위한 표면처리 조치가 권장된다. 텔리네이트 탈락은 외부충격에 의한 손상으로 교체가 필요하다.

5.3.3 배수시설

배수시설은 16개소가 설치되어 있으며, 상부 집수구는 이물질 침투 방지를 위해 그레이팅이 설치되어 있고, 하부 배수관은 육교형으로 시공되어 있는 상태이다.



배수시설 전경

외관조사결과 배수구 막힘과 배수관 부식이 조사되었으며, 배수구 막힘은 공용중 토사퇴적에 의한 것으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량의 주행성을 저하시키므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이고, 배수관 부식은 공용기간 증가로 인하여 발생한 손상으로 손상의 정도가 미미하므로, 주의관찰 후 교체가 필요하다.

5.3.4 신축이음

원남교(하)의 신축이음은 A1(NO.100), A2(NO.100), P3(NO.160) 3개소 Rail Joint(마개바) 형식으로 설치되어 있다.



외관조사결과 후타재 망상균열, 본체 토사퇴적이 발생된 상태로 조사되었다. 후타재 망상균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 본체 유간 토사퇴적은 주기적인 청소를 실시하는 유지관리가 요망된다.



위 치	측정 결과 (mm)			이론 계산량 (mm)		허용 이동량 (mm)	평가
	S	G1	G2	최대 신장시	최대 수축시		
A1	30	80	200	22.68	31.32	100	O.K
P3	50	170	270	37.80	52.20	160	O.K
A2	25	90	200	22.68	31.32	100	O.K
- 2015년 10월 16일 15시, 측정시 온도 : 19℃							

※ 유간 S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더

◎ 측정 유간 > 최대 신장시 이론 계산량 ⇒ 양호

◎ 측정 유간(신축이음=S) + 최대 수축시 이론 계산량 < 허용 이동량 ⇒ 양호

유간(신축이음, 슬래브, 거더) 측정결과를 토대로 온도변화에 따른 유간 변화량 검토결과, 하절기 최대 신장시 유간 여유량이 충분한 상태였으며, 동절기 최대 수축시 역시 허용 이동량 범위 내로 유간에 따른 교량의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

5.3.5 바닥판

바닥판 하면은 9경간으로써 하부에 도로가 지나가는 S3, S4, S9는 Deck Plate가 설치되어 있으며, 그 외 바닥판은 콘크리트로 시공되어 있었다.



외관조사결과 켄틸레버에 미세균열, 백태, 재료분리, 파손이 발생한 상태로 조사되었다.

미세균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로서 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요하며, 백태, 재료분리, 파손은 손상이 경미하므로 지속적인 주의관찰이 요망된다.

5.3.6 거더 및 가로보

원남교(하)의 거더는 2련의 Steel Box형식으로 시공되어 있으며, 가로보의 경우 경간당 8~10행이 시공되어 있다.

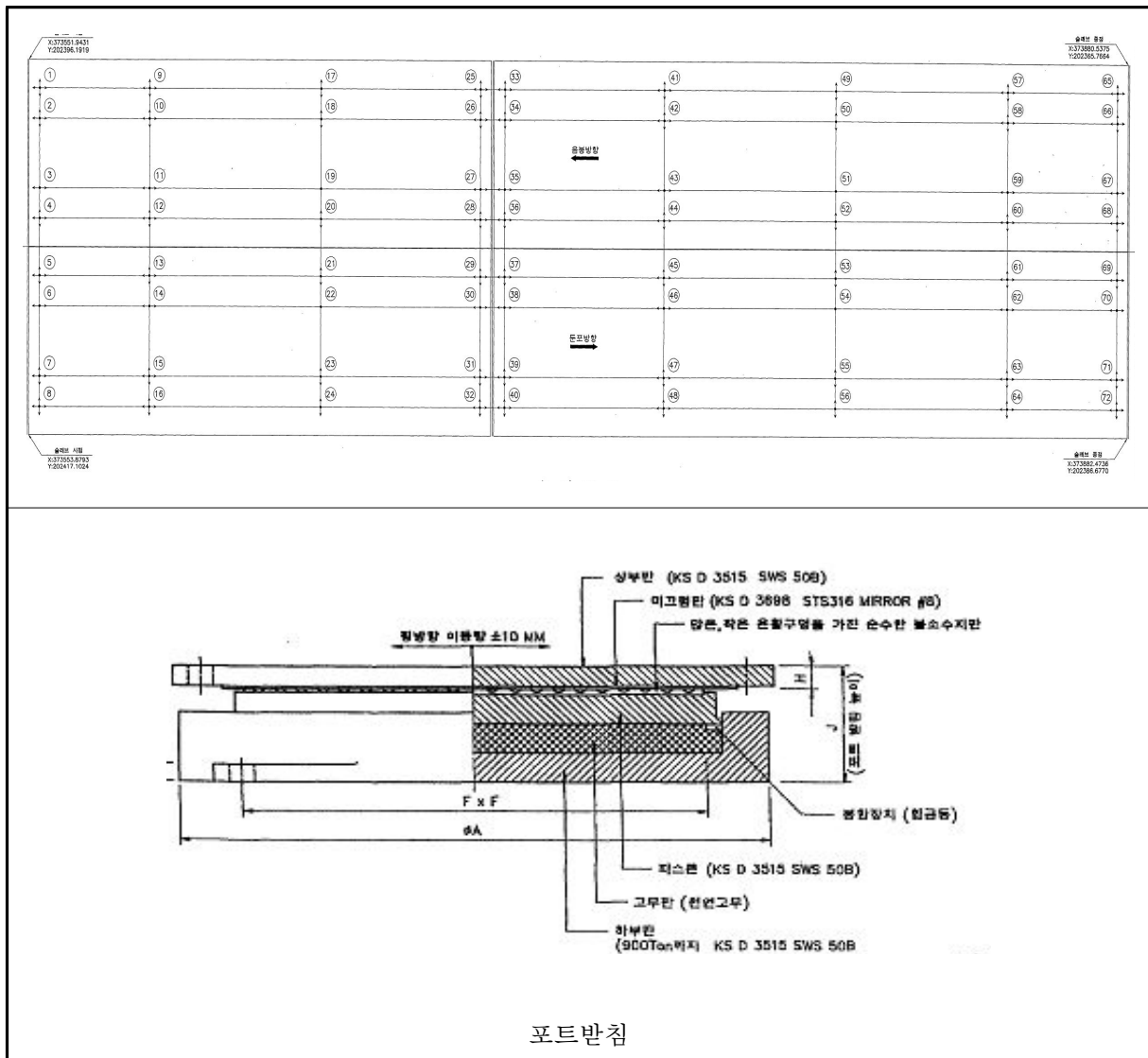


거더 및 가로보 외관조사결과 거더외부 및 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이며, 거더 내부는 부식, 누수흔적, 볼트 체결불량, 매공미처리 등의 손상이 조사되었다.

거더내부에 발생한 누수흔적, 매공미처리는 시공초기에 발생한 손상으로 청소 등의 조치가 필요하며, 이물질 퇴적은 외부인 출입에 의한 손상으로 금회 점검시 시건장치를 체결하였다.

5.3.7 받침장치

받침장치는 포트받침으로 각각 4개소씩(P4 8개소) 총 36개소에 시공되어 있으며, 고정 지점부는 P2, P5로써 그 세부배치현황은 다음과 같다.



외관조사결과 본체 파손, 편기, 신축기능 불량 등 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 볼트부식, 앵커볼트 부식이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5.3.8 교대 및 교각

하부구조 형식은 본 교량의 교대는 본 교량의 교대는 역T형 구조로 2기가 시공되어 있으며, 법면보호를 위한 보호블럭이 시공되어 있다.

교각은 T형이며, 기초형식은 직접기초로 8기가 시공되었으며, P2, P5(고정단)를 제외한 모든 교각에 점검로가 설치되어 있다.



교대 및 교각은 균열 및 망상균열, 들뜸, 누수흔적 등이 발생한 상태이다. 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 0.3mm이상의 균열은 주입보수가 필요하며, 0.3mm미만의 균열 및 파손, 신축이음 하부를 통한 누수흔적은 현 상태에서의 보수조치보다는 향후 일괄적인 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5.3.9 전차 점검결과와 비교

본 과업대상 교량에 대한 전차 정밀점검(2014) 결과와 금회 정밀안전진단(2015) 결과를 비교 검토한 내용은 다음과 같다.

구 분		단위	'14년 점검 수량/개소	'15년 진단 수량/개소	증감	비고
교면포장	보수불량	m ²	3.71/4	3.71/4	- -	증감없음
	아스콘 망상균열	m ²	3.0/1	3.0/1	- -	증감없음
	토사퇴적	m ²	0.08/1	0.08/1	- -	증감없음
난간/ 연석	콘크리트 열화	m ²	152/8	208/10	▲ 56/2	신규손상
	철근노출	m ²	0.59/5	5.7/29	▲ 5.11/24	신규손상
	텔리네이터 파손	ea	-	3	▲ 3	신규손상
바닥판 하 면	cw=0.3mm미만 균열	m	2.4/3	240.4/241	▲ 238.0/238	신규손상
	백태	m ²	0.04/1	0.04/1	- -	증감없음
	재료분리	m ²	-	5.0/1	▲ 5.0/1	신규손상
	파손	m ²	-	0.09/1	▲ 0.09/1	신규손상
거 더 내 부	누수흔적. 이물질퇴적	m ²	25.9/24	30.65/28	▲ 4.75/4	신규손상
	부식	m ²	0.24/3	1.05/6	▲ 0.81/3	신규손상
	환기구볼트 체결불량	ea	3	6	▲ 3	신규손상
	매공미처리	ea	26	26	- -	증감없음
교대, 교각	0.3mm 미만 균열	m	20.6/22	49.9/32	▲ 29.3/10	신규손상
	0.3mm 이상 균열	m	2.7/3	3.7/4	▲ 1.0/1	신규손상
	누수흔적	m ²	-	5.0/1	▲ 5.0/1	신규손상
	들뜸	m ²	-	0.25/1	▲ 0.25/1	신규손상
	표면오염 및 망상균열	m ²	72.75/11	152.65/16	▲ 79.9/5	신규손상
받침장치	cw=0.3mm미만 받침균열	m	6.9/32	19.02/78	▲ 12.12/46	신규손상
	받침 부식	m ²	-/3	0.37/3	▲ 0.37/-	물량조정
	볼트 부식	ea	51	51	- -	증감없음
	앵커볼트 부식	ea	-	2	▲ 2	신규손상
신 축 이 음	후타재 망상균열	m ²	12.1/3	12.32/7	▲ 0.22/4	신규손상
	본체 토사퇴적	m	2.1/2	2.18/3	▲ 0.08/1	신규손상
배수시설	배수구 막힘	ea	9	13	▲ 4	신규손상
	배수관 부식	ea	-	1	▲ 1	신규손상

5.4 내구성조사 및 시험

5.4.1 콘크리트 반발강도조사

가. 측정결과

구 분		기준 경도 (Ro)	재령 계수 (α)	재료 학회 (MPa)	건축 학회 (MPa)	측정강도 (MPa) (A)	설계강도 (MPa) (B)	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	47.5	0.63	26.6	27.6	27.1	27.0	100	
	S2 바닥판	48.8	0.63	27.7	28.2	27.9		103	
	S3 바닥판	49.0	0.63	27.9	28.3	28.1		104	
	S4 바닥판	48.4	0.63	27.4	28.0	27.7		102	
	S5 바닥판	48.8	0.63	27.7	28.2	27.9		103	
	S6 바닥판	48.1	0.63	27.2	27.9	27.5		101	
	S7 바닥판	48.2	0.63	27.2	27.9	27.6		102	
하부 구조	A1 전면	44.3	0.63	24.1	26.1	25.1	24.0	104	
	P1 전면	44.5	0.63	24.3	26.2	25.2		105	
	P2 전면	44.7	0.63	24.4	26.3	25.3		105	
	P3 전면	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2		100	
	P4 전면	44.0	0.63	23.8	26.0	24.9		103	
	P5 전면	44.5	0.63	24.2	26.2	25.2		105	
	P6 전면	44.2	0.63	24.0	26.1	25.0		104	

나. 코어와 반발경도와의 비교

위치	반발경도	일본재료학회		일본건축학회		코어강도 (MPa)	비고
		강도 (MPa)	코어강도 /비파괴강도	강도 (MPa)	코어강도 /비파괴강도		
A2	44.5	24.3	1.00	26.2	0.92	24.2	
P3	44.0	23.8	1.03	26.0	0.94	24.4	
S7	48.2	27.2	1.01	27.9	0.99	27.5	
상관계수 평균		-	1.01	-	0.95	-	

분석결과 본 현장에서는 일본재료학회 추정식이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 이에 따라 현장에서 획득한 반발경도를 일본재료학회식을 적용하되 상관계수 1.01를 곱하여 비파괴 강도를 추정하기로 하였다.

다. 콘크리트 압축강도 추정

구 분		기준 경도	재령 계수	재료학회	상관계수	추정강도 (MPa)	비고
상부 구조	S1 바닥판	47.5	0.63	26.6	1.01	26.9	
	S2 바닥판	48.8	0.63	27.7		28.0	
	S3 바닥판	49.0	0.63	27.9		28.2	
	S4 바닥판	48.4	0.63	27.4		27.7	
	S5 바닥판	48.8	0.63	27.7		28.0	
	S7 바닥판	48.1	0.63	27.2		27.5	
하부 구조	A1 전면	48.2	0.63	27.2		27.5	
	A2 전면	44.3	0.63	24.1		24.3	
	P1 전면	44.5	0.63	24.3		24.5	
	P2 전면	44.7	0.63	24.4		24.6	
	P3 전면	42.8	0.63	22.9		23.1	
	P4 전면	44.0	0.63	23.8		24.0	
	P6 전면	44.5	0.63	24.2		24.4	

반발경도 시험을 통한 콘크리트 압축강도 평가결과, 상부구조의 경우 각 27.1~28.1MPa, 하부구조의 경우 24.2~25.3MPa로 측정되었다. 이는 전회 정밀점검 결과인 상부구조 27.3~27.9MPa, 하부구조 24.3~24.9MPa와 유사한 상태로 전회와 비교시 강도의 저하 등의 열화는 없는 것으로 판단된다.

코어강도와 비교하여 상관계수를 곱하여 추정한 비파괴 강도는 상부구조의 경우 26.9~28.2MPa, 하부구조의 경우 23.1~27.5MPa로 측정되었다.

이는 부재별 설계기준 강도(27.0MPa, 24.0MPa)를 90%이상 상회하는 것으로 반발경도법에 의한 콘크리트 품질은 양호한 것으로 분석되었다.

5.4.2 콘크리트 초음파강도조사

가. 측정결과

구 분		전달속도 Vd (km/s)	측정강도 평균(MPa) A	설계 기준강도(MPa) B	(A/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판	4.179	27.3	27.0	101	
	S2 바닥판	4.230	28.4		105	
	S3 바닥판	4.202	27.8		102	
	S4 바닥판	4.176	27.3		101	
	S5 바닥판	4.216	28.1		104	
	S6 바닥판	4.246	28.7		106	
	S7 바닥판	4.205	27.9		103	
하부 구조	A1 전면	4.209	28.0	24.0	116	
	A2 전면	4.035	24.3		101	
	P1 전면	4.238	28.5		118	
	P2 전면	4.276	29.3		122	
	P3 전면	4.164	27.0		112	
	P5 전면	4.035	24.3		101	
	P6 전면	4.139	26.5		110	

나. 코어와 초음파강도와의 비교

위치	초음파 전달속도	일본재료학회		일본건축학회		코어강도 (MPa)	비고
		강도 (MPa)	초음파강도 /비파괴강도	강도 (MPa)	초음파강도 /비파괴강도		
A2	4.035	28.9	0.84	24.3	1.00	24.2	
P3	4.164	30.2	0.81	27.0	0.90	24.4	
S7	4.205	30.6	0.90	27.8	0.99	27.5	
상관계수 평균		-	0.85	-	0.96	-	

분석결과 본 현장에서는 일본건축학회 추정식이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 이에 따라 현장에서 획득한 초음파강도를 건축학회식을 적용하되 상관계수 0.96을 곱하여 비파괴 강도를 추정하기로 하였다.

다. 콘크리트 압축강도 추정

구 분		전달속도 Vd (km/s)	건축학회 (MPa)	상관계수	추정강도 (MPa)	비고
상부 구조	S1 바닥판	4.179	27.3	0.96	26.2	
	S2 바닥판	4.230	28.4		27.3	
	S3 바닥판	4.202	27.8		26.7	
	S4 바닥판	4.176	27.2		26.1	
	S5 바닥판	4.216	28.1		27.0	
	S7 바닥판	4.246	28.7		27.6	
하부 구조	A1 전면	4.205	27.8		26.7	
	A2 전면	4.209	27.9		26.8	
	P1 전면	4.035	24.3		23.3	
	P2 전면	4.238	28.5		27.4	
	P3 전면	4.276	29.3		28.1	
	P4 전면	4.164	27.0		25.9	
	P6 전면	4.035	24.3		23.3	

본 과업대상 구조물의 초음파속도를 이용한 콘크리트 압축강도 추정결과 상부구조의 경우 27.3~28.7MPa, 하부구조의 경우 24.3~28.5MPa로 측정되었다.

코어강도와 비교하여 상관계수를 곱하여 추정한 비파괴 강도는 상부구조의 경우 26.1~27.6MPa, 하부구조의 경우 23.3~28.1MPa로 측정되었다.

각 설계기준 강도인 27MPa, 24MPa를 90%이상 상회하여 초음파속도법에 따른 콘크리트 강도는 양호한 것으로 분석되었다.

5.4.3 콘크리트 코어압축강도시험

측정위치	압축강도 (MPa)	설계기준 (MPa)	비 고
A2	24.2	24.0	
P3	24.4	24.0	
S7	27.5	27.0	

코어공시체에 의하여 강도를 측정한 결과, 상부구조는 27.5MPa, 하부구조 24.2~24.4MPa로 측정되었다. 이 결과 채취한 코어공시체는 상·하부구조 설계기준 강도 27MPa, 24MPa를 모두 만족시키는 양호한 상태로 판단되며, 건전부위로 평가 되었다.

5.4.4 철근탐사

연번	구 분	철근종류	측정 (mm)		설계 (mm)		배근상태
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
1	S1	주철근	145	62	120	55	83
		배력근	123	45	125	40	102
2	S2	주철근	130	62	120	55	92
		배력근	125	45	125	40	100
3	S3	주철근	138	62	120	55	87
		배력근	123	45	125	40	102
4	S4	주철근	128	60	120	55	94
		배력근	127	40	125	40	98
5	S5	주철근	120	67	120	55	100
		배력근	128	39	125	40	98
6	S6	주철근	119	67	120	55	101
		배력근	126	40	125	40	99
7	S7	주철근	135	57	120	55	89
		배력근	123	37	125	40	102
8	A2 홍벽	수직근	150	50	125	64	83
		수평근	152	56	150	50	99
9	P3 기둥	주철근	120	100	125	125	104
		띠철근	150	91	150	100	100
10	P3 코핑	주철근	100	112	100	124	100
		배력근	150	72	150	100	100
11	P4 기둥	주철근	110	100	125	125	114
		띠철근	140	75	150	100	107
12	P4 코핑	주철근	102	119	100	124	98
		배력근	130	102	150	100	115
13	P6 기둥	주철근	125	110	125	125	100
		띠철근	150	100	150	100	100
14	P6 코핑	주철근	110	100	100	124	91
		배력근	150	78	150	100	100

상부 바닥판과 하부 교대 및 교각에 대하여 철근배근 탐사결과, 설계도면과 비교시 배근 간격은 설계 배근간격과 유사한 상태였으나, 실측 피복두께가 설계 피복두께를 만족하지 못한 구간이 일부 분석되었다.

5.4.5 탄산화시험

구 분		실측 탄산화 깊이(mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 기준	경과 년수 (년)	탄산화 속도계수 (mm/√년)	잔존수명 (년)
상부	S1 바닥판	11.5	45.0	33.5	a	11	3.47	50년 이상
	S5 바닥판	12.0	45.0	33.0	a	11	3.62	50년 이상
	S7 바닥판	0.7	33.0	32.3	a	11	0.21	50년 이상
하부	A1 전면	11.8	65.0	53.2	a	11	3.56	50년 이상
	A2 전면	22.3	54.0	31.7	a	11	6.72	50년 이상
	P1 전면	12.5	70.0	57.5	a	11	3.77	50년 이상
	P3 전면	23.1	112.0	88.9	a	11	6.96	50년 이상
	P5 전면	11.0	77.0	66.0	a	11	3.32	50년 이상
	P6 전면	13.5	117.0	103.5	a	11	4.07	50년 이상

탄산화 시험결과, 상부구조의 탄산화 깊이는 0.7mm~12.0mm, 하부구조는 11.0mm~23.1mm로 측정되었다. 탄산화 잔여깊이 30mm이상으로 탄산화 상태등급 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

전회 정밀점검과 탄산화 잔여깊이인 상부구조 43.8mm~48.1mm, 하부구조 72.0mm~77.0mm과 비교시 탄산화의 진행은 거의 없는 것으로 확인되었다.

5.4.6 염화물 함유량시험

구 분			전 염화물 (%)	환산 염화물 함량 (kgf/m ³)	평가결과
상부구조	S7	0mm~20mm	0.1576	3.566	C
		20mm~40mm	0.1021	2.310	
		40mm~60mm	0.0687	1.554	
하부구조	A2	0mm~20mm	0.5368	12.147	C
		20mm~40mm	12.147	7.017	
		40mm~60mm	0.1036	2.344	
	P3	0mm~20mm	0.0134	0.303	A
		20mm~40mm	0.0099	0.224	
		40mm~60mm	0.0092	0.208	

상부구조(바닥판 상면)와 하부구조(교대 및 교각)에 대해서 시료를 채취하여 염화물함량 분석을 실시하였다. 하부구조의 시험깊이가 주철근 피복두께 미만으로 시험을 하였지만, 시험깊이의 염화물함량이 피복두께로 환산하였을 경우, A등급으로 판단되므로, 60mm깊이 까지 시험결과를 수록하였다.

시험결과, P3 전면에서 a등급(염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음), 그 외 S7 바닥판 상면, A2 교대에서는 c등급(향후 염화물에 의한 부식 발생 가능성 높음)으로 분석되었다.

c등급으로 분석된 상부구조의 경우 동절기 제설제(염화칼슘) 침투로 인한 것으로 판단되며, 하부구조는 신축이음 하부 누수로 인한 것으로 판단되어, 향후 지속적인 유지관리를 실시하여 포장부 손상에 따른 하부 바닥판 열화 발생 여부를 확인해야 할 것이다.

5.4.7 초음파속도법에 의한 균열깊이 평가

구 분		측정 거리 (mm)	초음파 전달시간		균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	균열 폭 (mm)	비고
			건전부 To	균열부 Tc				
하부 구조	A1 전면	150	52.2	112.4	14.3	55.0	0.3	
	P2 전면	150	50.7	225.7	28.1	61.0	0.2	
	P6 전면	150	41.5	99.8	16.4	117.0	0.1	

균열 깊이 측정결과 총 3개소 피복두께 이상 균열깊이는 없는 것으로 나타났으며, 피복 두께 50% 미만으로 균열이 진행되지 않은 것으로 측정되어 지속적 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 필요한 것으로 판단된다.

5.4.8 철근 부식도 조사

위치	철근부식도	평가
A2 흥벽		90% 이상의 확률로 부식없음
P3 코핑부		90% 이상의 확률로 부식없음
P5 기둥부		90% 이상의 확률로 부식없음

측정결과, A2, P3, P5 전위차는 $-30\text{mV} \sim -180\text{mV}$ 정도의 분포를 나타내고 있으며, 측정결과를 전위에 의한 철근부식 평가기준과 비교·검토할 때 현재 대상 구조물의 부식확률은 약 10% 이하로 콘크리트 단면이 건전한 구간에 대해서는 철근부식이 활성화 될 가능성은 크지 않은 것으로 판단된다.

5.4.9 강재 초음파탐상 (UT : Ultrasonic Testing)

번호	위치		수량	판정		등급	결함위치		결함길이	깊이	비고
				합	불		From	From			
1	G1	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
2	G1	P1~P2	1개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
3	G1	P2~P3	1개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
4	G1	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
5	G1	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
6	G1	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
7	G1	P6~P7	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
8	G1	P7~A2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
9	G2	A1~P1	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
10	G2	P1~P2	1개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
11	G2	P2~P3	1개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
12	G2	P3~P4	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
13	G2	P4~P5	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
14	G2	P5~P6	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
15	G2	P6~P7	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				
16	G2	P7~A2	2개소	✓		I	NO RECORDABLE INDICATION				

본 과업대상 구조물의 용접부 강재 초음파 탐상시험 결과 다음과 같이 결함 등급은 1등급으로 조사되어 양호한 것으로 판단된다.

5.4.10 자분탐상시험 (MT : Magnetic Particle Testing)

번호	거더	위치	검사개소	무결함	결함	비고
1	G1	P1~P2	1	1	0	
2	G1	P6~P7	1	1	0	
3	G2	P1~P2	1	1	0	
합 계			3	3	0	

KS D 0213의 검사기준에 의거 시험대상 용접부 3개소에 대하여 자분탐상을 실시한 결과 기공 및 Under Cut등 표면결함이 검출되지 않은 양호한 상태로 평가 되었다.

5.4.11 내구성조사 및 시험 결과

구 분	내구성 조사 결과					평가의견	
콘크리트 압축 강도	시험 종류	측정결과 (MPa)				· 설계기준강도 상회	
		상부구조		하부구조			
	반발경도	27.1~28.1		24.2~25.3			
	초음파 강도	27.3~28.7		24.3~28.5			
	설계기준강도	27.0		24.0			
코어 강도	시험 종류	측정결과 (MPa)				· 설계기준강도 상회 건전함	
		상부구조		하부구조			
	코어강도	27.5		24.2~24.4			
	설계기준강도	27.0		24.0			
철근 탐사	철근종류	측정 (mm)		설계 (mm)		· 배근간격은 설계간격과 유사 설계간격 대비 83%~115%(평균:98%) · 피복두께 일부구간 부족 설계피복 대비 72%~167%(평균:114%)	
		배근	피복	배근	피복		
	바닥판	주철근	119~145	57~67	120		55
		배력근	123~128	37~45	125		40
	교 대 홍 벽	수직근	150	50	125		64
		수평근	152	56	150		50
	교 각 코 핑	주철근	100~110	100~119	100		124
		배력근	130~150	72~102	150		100
	교 각 기 둥	주철근	110~125	100~110	125		125
		띠철근	140~150	75~100	150		100
탄산화 시험	부 재	탄산화깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)		탄산화 잔여깊이(mm)	· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음	
	상부구조	0.7~12.0	33.0~45.0		32.3~33.5		
	하부구조	11.0~23.1	54.0~117.0		31.7~103.5		
염화물 함유량 시험	부 재	측정결과 (kgf/m³)	평가기준(kgf/m³)			· a등급 1개소, c등급 2개소로 부식발생 가능성 높음	
	상부구조	1.554	b등급 0.3kg/m³<염화물<1.2kg/m³ c등급 1.2kg/m³<염화물≤2.5kg/m³				
	하부구조	2.344, 0.208					
균열깊이	부 재	균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)		균열폭 (mm)	· 3개소 피복두께 이하	
	상부구조	14.3	55.0		0.3		
	하부구조	16.4~28.1	61.0~117.0		0.1~0.2		
철근부식 도조사	부 재		검사개소	등급		· 90%이상의 확률로 부식없음	
	하부구조		3	I			
강재초음파탐상	부 재		검사개소	등급		· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		28	I			
강재자분 탐상	부 재		검사개소	등급		· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		3	1 급			

5.5 상태평가

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	신축 이음	포장	배수 시설	난간 연석	교량 받침	교대 교각	기초	탄산화		염화물	
												(상)	(하)	(상)	(하)
S1,A1	STB	b	b	a	c	a	c	d	b	c	q	a	a	x	x
S2,P1	STB	b	b	a	x	a	c	d	b	b	q	x	a	x	x
S3,P2	STB	b	b	a	x	b	c	d	b	c	q	x	x	x	x
S4,P3	STB	a	b	a	c	a	c	a	b	b	q	x	a	x	a
S5,P4	STB	b	b	a	x	a	c	d	b	b	q	a	x	x	x
S6,P5	STB	b	b	a	x	b	c	d	b	b	q	x	a	x	x
S7,P6	STB	b	b	a	x	b	c	d	b	c	q	a	a	c	x
A2	STB				c				b	b	q		a		c
평균		0.186	0.200	0.100	0.400	0.143	0.400	0.614	0.200	0.275	0.000	0.100	0.100	0.400	0.250
가중치		18	20	5	9	7	3	2	9	20	0	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.033	0.040	0.005	0.036	0.010	0.012	0.012	0.018	0.055	0.000	0.002	0.002	0.008	0.003
1. 환산 결함도 점수												0.236			
2. 상태평가 결과												B			

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태 인 “B” (결함도 지수:0.236)인 상태로 평가되었다.

전회(2014년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.208)와 비교시 일부 부재에서 신규 손상(바닥판하면, 교대 및 교각 손상 일부 증가)에 따라 결함도 점수가 다소 상향된 것으로 평가되었다.

5.6 구조해석 및 안전성 평가

나. 안전성평가 결과

구 분		발생응력(MPa) /소요강도	허용응력(f_a) /설계강도	안전율	안전성 평가등급
허용응력	강거더	168.10	190.000	1.130	A
허용응력	세로보	58.296	95.706	1.642	A
허용응력	가로보	28.832	114.150	4.419	A
강도설계	바닥판	87.983	122.167	1.389	A

5.7 종합평가 및 안전등급지정

구분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	결과	안전율	결과
	0.236	B	1.130	A
종합평가 결과	1. 종합평가 결과 = Min(상태평가 결과, 안전성평가 결과) 2. 시설물의 종합평가 등급은 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정한다. 종합평가 결과 : B등급			

본 과업대상 구조물의 상태평가 결과와 안전성 검토를 종합적으로 검토한 결과 ‘보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태’인 “B” 등급으로 평가되었다.

5.8 보수보강 및 유지관리방안

5.8.1 보수보강방안

부 재	손상 내용	손상물량	단위	보수방안	우선 순위
교면포장	보수불량	3.71	m ²	아스콘 팻칭	2
	아스콘망상균열	3	m ²	아스콘 팻칭	2
방호벽	텔리네이더 탈락	3	ea	정비(교체)	3
	철근노출	5.7	m ²	단면보수(t=30)(방청)	1
	콘크리트열화	208.0	m ²	단면보수(t=30)(방청)	2
신축이음	토사퇴적	2.18	m ²	정비(청소)	3
	후타재망상균열	12.32	m ²	지속적관찰	3
배수시설	배수구막힘	13	ea	정비(청소)	3
	배수관부식	1	ea	지속적관찰	3
바닥판 하면	cw=0.3mm미만 균열	240.4	m	표면처리	2
	백태	0.04	m ²	표면처리	2
	재료분리	5	m ²	단면보수(t=20)(몰탈)	1
	파손	0.09	m ²	단면보수(t=20)(몰탈)	1
거더 내부	누수흔적	15.65	m ²	지속적관찰	3
	매공미처리	26	m ²	지속적관찰	3
	부식	0.43	m ²	재도장	2
	이물질퇴적	15	m ²	정비(청소)	3
	점부식	0.39	m ²	재도장	2
	표면부식	0.23	m ²	재도장	2
	환기구볼트체결불량	6	m ²	정비(재체결)	3
받침 장치	무수축몰탈균열	5.42	m ²	표면처리	2
	받침부식	0.37	m ²	재도장	2
	받침콘크리트균열	13.6	m ²	표면처리	2
	볼트부식	51	m ²	재도장	2
	앵커볼트부식	2	m ²	재도장	2
교대 교각	누수흔적	5	m ²	지속적관찰	3
	cw=0.3mm미만 균열	49.9	m ²	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열	3.4	m ²	주입보수(에폭시)	1
	들뜸	0.25	m ²	단면보수(t=20)(몰탈)	1
	망상균열	154.15	m ²	표면처리	2
	표면오염 및 망상균열	9	m ²	표면처리	2

5.8.2 개략공사비

가. 1순위 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
방호벽	철근노출	단면보수(t=30)	5.7	m ²	6.56	m ²	250	1,640
교대/교각	cw=0.3mm이상균열	주입보수	3.4	m	3.91	m	46	180
순공사비								1,820
부대공 (순공사비 10% 이상)								182
제경비 (순공사비 50% 이상)								910
총공사비 (순공사비+제경비)								≒ 2,900

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 15%적용 = 위험할증15%

나. 2순위 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
교면포장	보수불량	아스콘 패칭	3.71	m ²	4.27	m ²	60	256
	아스콘망상균열	아스콘 패칭	3	m ²	3.45	m ²	60	207
방호벽	콘크리트열화	단면보수(t=30)	208.0	m ²	239.20	m ²	250	59,800
		표면처리	330	m ²	379.50	m ²	32	12,144
바닥판하면	cw=0.3mm미만균열	표면처리	240.4	m	69.12	m ²	32	2,212
	백태	표면처리	0.04	m ²	0.05	m ²	32	1
	재료분리	단면보수(t=20)	5	m ²	5.75	m ²	212	1,219
	파손	단면보수(t=20)	0.09	m ²	0.10	m ²	212	22
거더내부	부식	채도장	0.43	m ²	0.49	m ²	77	38
	점부식	채도장	0.39	m ²	0.45	m ²	77	35
	표면부식	채도장	0.23	m ²	0.26	m ²	77	20
받침장치	무수축몰탈균열	표면처리	5.42	m	1.56	m ²	32	50
	받침부식	채도장	0.37	m ²	0.43	m ²	77	33
	받침콘크리트균열	표면처리	13.6	m	3.91	m ²	32	125
	볼트부식	채도장	51	m ²	0.51	m ²	77	39
	앵커볼트부식	채도장	2	m ²	2.30	m ²	77	177
교대/교각	cw=0.3mm미만균열	표면처리	49.9	m	14.35	m ²	32	459
	들뜸	단면보수(t=20)	0.25	m ²	0.29	m ²	212	61
	망상균열	표면처리	154.15	m ²	177.27	m ²	32	5,673
	표면오염 및 망상균열	표면처리	9	m ²	10.35	m ²	32	331
순공사비								82,902
제경비 (순공사비 10% 이상)								8,290
제경비 (순공사비 50% 이상)								41,451
총공사비 (순공사비+제경비)								≒ 132,600

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 15%적용 = 위험할증15%

- 균열(표면처리) = 손상물량 × 1.15 × 0.25

다. 3순위 개략공사비

부 재	손상 내용	보수방안	손상 물량	단위	보수 물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)
방호벽	델리네이터 탈락	정비(교체)	3	ea	3	ea	80	240
신축이음	토사퇴적	정비(청소)	2.18	m ²	2.51	m ²	10	25
	후타재망상균열	지속적관찰	12.32	m ²	14.17	m ²	-	-
배수시설	배수구막힘	정비(청소)	13	ea	13	ea	10	130
	배수관부식	지속적관찰	1	ea	1	ea	-	-
거더내부	누수흔적	지속적관찰	15.65	m ²	18.00	m ²	-	-
	매공미처리	지속적관찰	26	m ²	29.90	m ²	-	-
	이물질퇴적	정비(청소)	15	m ²	17.25	m ²	10	173
	환기구불트체결불량	정비(재체결)	6	m ²	6.90	m ²	10	69
교대/교각	누수흔적	지속적관찰	5	m ²	5.75	m ²	-	-
순공사비			637					
제경비 (순공사비 10% 이상)			64					
제경비 (순공사비 50% 이상)			318					
총공사비 (순공사비+제경비)			≒ 1,000					

*주) 보수물량은 손상물량의 복개구조물 할증 15%적용 = 위험할증15%

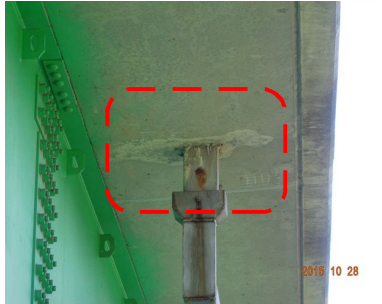
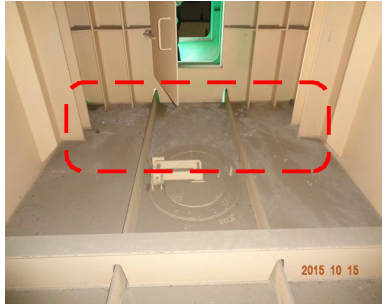
5.8.3 유지관리 방안

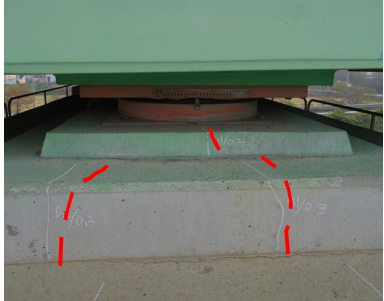
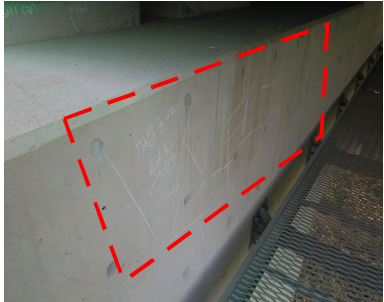
가. 점검 주기 및 주요 조사내용

점검 종류	점검 주기	주요 조사항목	범위
정기점검	반기1회	· 세심한 육안검사 수준의 점검 · 중대한 결함의 가능성 발견	테스트 해머 분필 등
정밀점검	2년 1회 이상	· 육안검사와 간단한 측정, 시험장비를 이용하여 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하고 사용요건 만족 여부 판단 · 상태평가등급결정 및 안전등급 지정	점검 및 주변현지 답사
긴급점검	필요시	· 손상점검과 특별점검으로 구분하여 재해나 사고 에 의해 비롯된 구조적 손상을 긴급하게 점검함	점검이 필요한 구간

나. 유지관리시 점검항목

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진
교면 포장	보수불량	기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인
		  (보수 불량) (보수 불량)
난간 연석	- 열화 - 철근노출 - 박리, 박락	- 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인 - 균열부 및 단면손상부 손상 진전 및 신규 발생 여부 확인
		  (철근노출) (열화)
배수 시설	- 배수구 막힘 - 배수관 부식	- 상부 이물질퇴적에 의한 체수(차량 주행성 확보)발생 여부 확인 - 배수관 파손에 의한 구조물 열화 여부 확인
		  (상부 배수구 막힘) (상부 배수구 막힘)

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진
신축 이음	후타재 균열	본체 및 후타재 손상에 의한 차량 주행성 확보 여부 확인
		 (후타재 망상균열)
바닥판 하면	- 균열, 균열/백태 - 재료분리	- 기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인 - 균열부 및 단면손상부 손상 진전 여부 확인 - 상부(교면,보도부) 손상에 따른 누수/백태 발생 여부 확인
		 (균열)  (백태)
거더	- 도장손상 - 이물질퇴적 - 누수흔적	기 발생된 손상부 손상 진전 여부 확인
		 (부식)  (이물질퇴적)

구 분	주요 손상내용	점검 내용 및 현황 사진
받침 장치	- 받침 몰탈 균열 - 받침 도장손상	- 과도한 변형, 부풀음 및 갈라짐 발생 여부 확인 - 받침 이동 상태 및 연단 확보 여부 확인
		  (도장 손상) (받침 몰탈 균열)
교대 교각	- 균열, 균열/백태 - 누수흔적	- 균열 및 단면손상부 손상 진전 여부 확인 - 신축이음 하부 누수에 의한 열화 발생 여부 확인
		  (누수흔적) (망상균열)

5.9 종합결론

현재 원남교(하)는 B등급으로 구조적 안전성은 큰 이상이 없는 상태이나, 내구성 및 사용성 확보를 위해 방호벽 콘크리트 열화, 교량받침 플레이트 부식, 하부구조 균열 등이 확인되었으며, 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었다.

금회 외관조사 및 내구성조사 결과를 기초한 상태평가의 B등급과 안전성평가 A등급으로 종합평가는 “본 시설물은 현재 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 안전등급 B등급”으로 지정됨. 손상에 대한 보수 및 유지관리가 지속된다면 시설물의 기능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

목주교는 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안

전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.