

제9장 종합결론

9.1 개 요

9.2 점검결과

9.3 종합결론 및 건의사항

제9장 종합결론

9.1 개 요

목주교는 일반국도 21호선상의 도로교로 천안시 목천읍 운전리에 위치하는 1종 시설물로써 2004년에 준공(공용기간 11년)되었다. 상부형식은 STB 형식으로 총 연장 390.0m이며, 폭은 20.5m(상·하행 각 2차선) 시설물이다.

9.2 점검결과

9.2.1 외관조사 결과

목주교 외관조사 결과 발생 손상 및 물량, 보수방안은 다음과 같다.

<표 9.1> 외관조사 결과

부 재	손상 내용	손상물량	단위	보수방안	우선 순위
교면포장	토사퇴적	383.3	m ³	정비(청소)	3
	아스콘패임	1.0	m ²	아스콘 패칭	2
	아스콘균열	45	m	아스콘 패칭	2
방호벽	cw=0.3mm미만 균열	8.4	m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열	2.4	m	주입보수(에폭시)	1
	델리네이터파손	4	ea	정비(교체)	3
	박리	0.8	m ²	단면보수(t=10)(몰탈)	2
	보수부망상균열	2.5	m ²	표면처리	2
	보수부재균열	225.6	m	표면처리	2
	차광판 파손	4	ea	정비(교체)	3
	차량사고흔적	3.3	m ²	단면보수(t=10)(몰탈)	2
	철근노출 및 파손	3.3	m ²	단면보수(t=30)(방청)	1
신축이음	본체 토사퇴적	1.0	m	정비(청소)	3
	후타재 균열	7.9	m	표면처리	2
	신축이음 본체 부식	2.3	m ²	주의관찰	3
	후타재 망상균열	0.48	m ²	표면처리	2
배수시설	배수관막힘	1	ea	정비(청소)	3
	배수관파손	1	ea	정비(교체)	3
	배수관부식	38	ea	주의관찰	3
	배수구막힘	42	ea	정비(청소)	3
	배수구 노후화	전개소	ea	정비(교체)	3
바닥판 하면	cw=0.3mm미만 균열	54.9	m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열	0.5	m	주입보수(에폭시)	2
	망상균열	23	m ²	표면처리	2
	박락	0.41	m ²	단면보수(t=20)(몰탈)	2
	백태	1.46	m ²	표면처리	2
	재료분리	0.38	m ²	단면보수(t=10)(몰탈)	2
	철근노출	0.7	m ²	단면보수(t=30)(방청)	2

<표 9.1> 외관조사 결과 (계속)

부 재	손상 내용	손상물량	단위	보수방안	우선 순위
거더 내부	도장불량	1.21	m ²	재도장	2
	부식	0.12	m ²	재도장	2
	우수유입흔적	229	ea	정비(청소)	3
	이물질퇴적	45.75	m ²	정비(청소)	3
거더 외부	굽힘	0.25	m ²	재도장	2
	도장탈락	0.14	m ²	재도장	2
	점부식	3	m ²	재도장	2
받침 장치	균열cw=0.3mm미만	1.8	m	표면처리	2
	부식	3	ea	재도장	2
	재료분리	0.02	m ²	단면보수(t=10)(몰탈)	2
	파손	0.01	m ²	단면보수(t=20)(몰탈)	2
	전단키볼트접촉불량	3	ea	주의관찰	3
	전단키 볼트 부식	36	ea	재도장	3
교대 교각	cw=0.3mm미만 균열	109.8	m	표면처리	2
	cw=0.3mm이상 균열	12.4	m	주입보수(에폭시)	1
	망상균열	43.75	m ²	표면처리	2
	철근노출 박락(t=30), 파손	1.54	m ²	단면보수(t=30)(방청)	1
	백태	0.48	m ²	표면처리	2
	보수부재균열	0.2	m	표면처리	2
	재료분리	0.5	m ²	단면보수(t=10)(몰탈)	2
	점검통로볼트부파손	1	ea	주의관찰	3
	표면불량	3.0	m ²	표면처리	2

9.2.2 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

외관조사결과 아스콘 균열, 아스콘 패임, 포장부 토사퇴적 등이 발생한 것으로 조사되었다. 2014년 정밀점검 이후 재포장이 실시된 것으로 추정되며, 현재 발생된 손상부는 재포장시 충분한 다짐이 시행되지 않은 손상으로 상태는 경미한 정도이며, 기 손상부는 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 패칭 등의 조치가 필요 하다. 바닥판하면에 포장부 누수로 인한 손상(균열부 백태) 등의 손상은 없는 것으로 보아, 재 포장시 방수층 등이 양호하게 시공되어진 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석

외관조사 결과 방호벽 균열 및 재균열, 망상균열, 철근노출 및 파손, 텔리네이트 파손 등이 조사되었고, 발생한 균열은 전차에 비해 신규손상이 일부 발생하였다. 균열 구간은 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열이며 0.3mm이상 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하며, 0.3mm미만 균열 구간은 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상의 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 텔리네이트, 차광판 파손은 외부 충격 등에 의한 것으로 사용성 확보를 위하여 교체 등의 조치가 필요하다. 기존 손상인 철근노출 및 파손 구간은 피복두께 부족, 외부 충격으로 인하여 발생한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하다.

다. 배수시설

외관조사결과 배수구 막힘과 배수관 파손, 배수관 부식(전개소)이 조사되었으며, 배수구 막힘은 공용 중 반복적인 통행 차량에 의한 토사퇴적으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성에 문제가 될 수 있으므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이고, 배수관 파손 및 부식은 공용기간 증가로 인하여 발생한 손상으로 상부슬래브와 배수관을 이어주는 접속부 및 배수관 접속부 전개소가 부식이 된 상태이다. 배수관 파손 및 부식은 구조적 손상은 아니나, 현재 부식의 상태가 심하고 부식의 추가 손상 우려가 존재하므로 교체 등의 조치를 권장한다.

라. 신축이음장치

외관조사결과 후타재 균열, 망상균열, 본체 토사퇴적, 본체 부식 등이 발생한 상태로 조사되었다. 후타재 균열, 망상균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상 진전시 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며, 토사퇴적 및 부식 구간은 장기 공용에 인한 손상으로 청소 및 지속적인 관찰이 필요하다.

신축이음 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.

마. 바닥판

외관조사결과, 균열 및 망상균열, 백태, 박락, 철근노출 등이 발생한 상태로 조사되었다.

균열 및 망상균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 판단되며, 기손상부는 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열로 지속적인 관찰 후 진전시 주입보수, 표면처리 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 박락, 철근노출, 재료분리 구간은 시공불량 및 외부 충격에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하며, 콘크리트 백태 구간은 손상이 경미하므로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 요구된다.

바. 거더 및 가로보

외관조사결과, 거더 및 가로보 거더외부에 도장긫힘, 도장탈락, 점부식이 조사되었으며, 거더내부 이물질퇴적, 도장불량, 우수유입흔적, 부식이 조사되었다. 가로보는 손상이 없는 양호한 상태이다.

기 발생한 도장손상(도장긫힘, 도장부식, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장이 필요하며, 거더내부에 발생한 우수유입 흔적 구간은 스플라이스부를 통한 우수유입으로 판단되며, 이물질퇴적은 외부인 출입에 의한 손상으로 우수유입 및 이물질퇴적은 청소, 시건장치 체결을 통한 유지관리가 요망된다.

사. 받침장치

외관조사결과 본체 파손, 편기, 신축기능 불량 등 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 및 무수축물탈 균열, 재료분리, 콘크리트 파손, 전단키 접촉불량 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 건조수축에 의한 손상으로 주의 관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 재도장 등의 조치가 요망되며, 전단키 접촉불량은 전차 점검에 비해 수량이 다소 줄었으나, 접촉흔적은 유지하고 있는 바, 손상이 남아 있는 것으로 사료되며, 지속적인 관찰이 필요하다.

받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

아. 교대 및 교각

외관조사결과 교대 및 교각은 균열 및 망상균열, 재균열, 콘크리트 파손, 철근노출, 백태 등이 발생한 상태로, 균열 및 망상균열 구간은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 주의관찰이 요망되나, 폭 0.3mm이상의 균열은 주입보수 등의 조치가 필요하다. 교각 P3 우측 코핑 하면에 발생한 교축직각방향의 폭 0.2mm균열은 휨균열로 판단되며, 주의관찰 후 손상의 진전시 주입보수 등의 조치가 요망된다.

기존 손상인 철근노출, 백태, 재료분리 등의 손상은 주기적인 관찰이 필요하며, 손상부 규모가 미미하므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 손상의 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구된다.

9.2.3 내구성시험 결과

구 분	내구성 조사 결과					평가의견	
콘크리트 압축 강도	시험 종류		측정결과 (MPa)			· 설계기준강도 상회	
			상부구조	하부구조			
	반발경도	27.0~28.9	24.5~27.6				
	초음파 강도	28.4~29.5	24.2~27.7				
	설계기준강도	27.0	24.0				
코어 강도	시험 종류		측정결과 (MPa)			· 설계기준강도 85% 이상 건전함	
			상부구조	하부구조			
	코어강도	26.7	30.1~30.2				
	설계기준강도	27.0	24.0				
철근 탐사	철근종류		측정 (mm)		설계 (mm)		· 배근간격은 설계간격과 유사 설계간격 대비 83%~120%(평균:96%) · 피복두께 일부구간 부족 설계피복 대비 76%~145%(평균:107%)
			배근	피복	배근	피복	
	바닥판	주철근	124~145	51~58	120	55	
		배력근	104~127	33~40	125	40	
	교 대 홍 벽	수직근	148	54	125	67	
		수평근	150	60	150	50	
	교 각 코 평	주철근	123~140	94~114	125	120	
		배력근	140~153	76~91	150	100	
	교 각 기 등	주철근	100~120	105~107	100	122	
		띠철근	150~155	96~100	150	100	
탄산화 시험	부 재	탄산화깊이 (mm)	실측피복두께 (mm)		탄산화 잔여깊이(mm)	· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음	
	상부구조	4.0~4.8	35.0~35.0		30.2~31.0		
	하부구조	8.3~19.1	70.0~93.0		59.7~80.7		
염화물 함유량 시험	부 재	측정결과 (kgf/m³)	평가기준(kgf/m³)			· a등급 2개소, b등급 1개소로 부식발생 가능성 낮음	
	상부구조	0.196	b등급 0.3kg/m³<염화물<1.2kg/m³				
	하부구조	0.192, 0.74	c등급 1.2kg/m³<염화물≤2.5kg/m³				
균열깊이	부 재	균열 깊이 (mm)	피복두께 (mm)		균열폭 (mm)	· 1개소 피복두께 이상 · 2개소 피복두께 이하	
	상부구조	42.1	38.0		0.3		
	하부구조	19.7~22.7	89.0~114.0		0.3		
철근부식 도조사	부 재		검사개소	등급		· 90%이상의 확률로 부식없음	
	하부구조		3	Ⅰ ~ Ⅱ			
강재초음파탐상	부 재		검사개소	등급		· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		32	Ⅰ			
강재자분탐상	부 재		검사개소	등급		· 1등급으로 양호함	
	상부구조 (거더내부)		3	1 급			

9.2.4 상태평가 결과

0	보수 불필요	0.13	부분 보수	0.26	보수	0.49	보강	0.79	재가설
A(최상)		B(양호)		C(보통)		D(불량)		E(위험)	
B등급 (0.225)				금회 정밀안전진단 상태평가 등급					
B등급 (0.214)				전회(2014년 정밀점검) 상태평가 등급					

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:0.225)인 상태로 평가되었다.

전회(2014년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.214)와 비교시 일부 부재에서 신규 손상(바닥판 하면, 교대 및 교각 손상 일부 증가)에 따라 결함도 점수가 다소 상향된 것으로 평가되었다.

9.2.5 구조해석 및 안전성평가 결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강 거 더	1.189	A
세 로 보	2.511	A
가 로 보	4.463	A
콘크리트 바닥판	1.189	A

강박스 거더 형식의 목주교에 대한 구조검토 및 내하력 평가 결과, 전 부재에서 설계활하중 DB-24에 대한 안전성을 확보하고 있으며 재하시험 결과를 고려한 기본 및 공용 내하력도 측정된 전 부재에서 설계 기준인 DB-24이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

9.2.6 종합평가 및 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	결과	안전율	결과
	0.225	B	1.189	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			

9.3 종합결론 및 건의사항

목주교는 2004년 준공 후 지금까지 약 11년 동안 공용중인 구조물로써, 주요 손상으로는 바닥판하면의 망상균열, 균열, 주거더 도장박리, 굽힘, 교대, 교각 균열, 망상균열 등이 확인 되었으며, 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 안전성을 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.