

제 6 장 결언



제 6 장 결 언

본 과업대상 교량인 당사천교(울산1)는 부산광역시 기장군 기장읍에 위치한 교량으로 시공사인 동우건설산업(주) 외 1개사가 2016년 04월에 준공한 교량으로 7년이 경과된 구조물이다. 또한, 설계하중은 DB-24이며, 총연장이 120m, 폭 3.7m인 2종 시설물이다.

당사천교(울산1)의 상부구조는 SB40 Girder 형식이며, 하부구조는 역T형 교대, T형 교각으로 시공되어 있는 구조물로서 본 과업은 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였고, 사전 현장답사를 통해 주변 교통여건을 파악하여 현장접근에 필요한 장비동원과 계획을 수립하여 교량의 외관상태를 조사하였다.

가. 외관조사결과

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
교면포장	교면포장에 대한 외관조사 본선 LMC 포장은 균열, 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었다	① 포장부 상태양호 대상시설물은 기존 당사천교의 확장교량으로 LMC로 구성된 교면포장은 손상이 없는 상태로 조사되었으며, 공용기간 중 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하여 유지관리한다면 구조물의 내구성 저하를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
방호벽	◦ 방호벽에 대한 외관조사결과, 방호벽 측에서 균열(0.3mm미만), 접속부 박락, 방음벽에서 지주볼트 노출길이 부족 및 마감재 변형의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만) 균열은 시공초기 온도변화 및 환경적 요인에 의한 손상으로 보여지며, 손상정도는 경미하나, 내구성 확보를 위한 표면처리공법 등을 통한 보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 접속부 박락 S1 경간 접속부에서 조사된 접속부 박락의 손상은 접속부 및 본선부측 접합부 단차에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상 정도는 경미하나 내구성 확보 차원에서 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ③ 지주볼트 노출길이 부족 방호벽 상단에 설치된 방음벽 지주볼트의 노출길이 부족의 손상은 시공미흡 또는 공용 중 지속적인 차량 통행 등이 원인으로 판단되며, 손상의 진행성 및 추가손상 발생이 없으므로, 지속적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.
신축이음	◦ 신축이음에 대한 외관조사 결과, 후타재 파손, 본체 부식 및 유간토사퇴적이 전반적으로 발생한 것으로 조사되었다. ◦ 신축이음 유간검토	① 후타재 파손 신축이음 후타재에 발생한 파손의 경우 발생 위치 및 형태 등을 감안할 때 본체하부를 통한 지속적인 우수유입에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상정도는 경미하나, 우수유입으로 인한 하부누수 및 추가손상 발생을 방지하기 위해 단기적인 보수를 통해 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 본체 부식 본체 부식은 공용기간 증가에 따른 도장재의 품질이 저하된 부분으로 외기의 영향(우수, 염화칼슘 등)으로 발생한 것으로 현 상태의 보수보다는 주기적인 점검을 통한 보수 여부를 판단하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ③ 유간부 토사퇴적 유간부 토사퇴적은 환경적요인에 의해 유간부에 토사가 퇴적되는 현상으로 향후 원활한 신축거동을 위한 관리주체의 주기적인 청소가 요구된다. ◦ 신축이음 유간검토 신축이음 유간을 각 지점에서 측정한 결과 온도변화에 따른 가동량은 이론치와 유사한 것으로 조사되어 원활한 신축거동을 하고 있는 것으로 평가되고, 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
바닥판	◦ 바닥판에 대한 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 확인 되었으나, 국부적으로 균열(0.3mm 미만) 및 보수부 박락의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만) 바닥판 하면 캔틸레버부에서 발생한 균열은 시공초기 온도변화 및 환경적 요인에 의한 손상으로 판단된다. 또한 바닥판 상부로 연관된 손상 없이 바닥판 하부에 국부적인 상태이나 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 표면보수를 하자담보책임만료일(2023년 06월 07일) 전에 시행하여 유지관리하는 것 바람직할 것으로 판단된다. ② 보수부 박락 바닥판 S4 집합부측에서 기존에 발생한 손상부의 보수부에서 발생한 박락의 손상은 보수미흡 및 집합부 마찰 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 점검일 현재 손상의 진행성은 없는 것으로 판단되나 하자담보책임만료일(2023년 06월 07일) 전에 시행하여 유지관리하는 것 바람직할 것으로 판단된다.
거더	◦ SB40 Girder에 대한 외관조사결과, 일부 구간에 망상균열의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 망상균열 거더 측면에서 발생한 균열은 시공초기 온도변화 및 건조수축 등의 요인에 의한 것으로 균열 발생 부위 및 형상, 균열폭 등을 종합적으로 고려할 때 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단된다. 조사된 균열은 폭 0.1mm~0.2mm 미만으로, 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 표면보수를 하자담보책임만료일(2023년 06월 07일) 전에 시행하여 유지관리하는 것 바람직할 것으로 판단된다.
가로보	◦ 가로보에 대한 외관조사결과, 국부적으로 균열(0.3mm 미만)의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3mm미만) 가로보에서 폭 0.1~0.3mm의 균열이 국부적으로 조사되었으며, 이는 콘크리트 타설 후 양생과정에서 온도 및 건조수축 등의 콘크리트 재료적 특성에 기인하여 발생한 것으로 판단되고 구조물의 내구성 저하 방지를 위해 균열보수(0.3mm 미만: 표면보수, 0.3mm이상: 주입보수)를 시행하여 유지관리하는 것 바람직할 것으로 판단된다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
교량받침	◦ 교량받침에 대한 외관조사결과, Plate 부식 및 받침 볼트 부식, 받침 콘크리트 재료분리가 발생한 것으로 조사되었다. ◦ 연단거리 검토 ◦ 이동 여유량 검토	① Plate 부식, 볼트 부식 본 교량은 지리적인 특성(소정천 횡단)에 의해 지속적인 수분 공급이 진행되어 Plate 부식 및 볼트 부식이 발생하는 것으로 판단되며, 부식 심화 방지를 위해 재도장을 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 받침콘크리트 재료분리 받침콘크리트에서 국부적으로 발생한 재료분리의 손상은 콘크리트 배합, 타설, 양생, 피복부족 등 품질관리 불량으로 인한 손상으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위해 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 연단거리 검토 본 교량의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 이동 여유량 검토 본 교량의 가동받침 이동량 산정시 온도변화는 보통지방의 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 적용하여 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정·검토되었다.
교대	◦ 교대에 대한 외관조사 결과, 균열, 백태, 표면오염, 파손, 철근노출 등이 발생하지 않은 양호한 상태인 것으로 조사되었다.	① 상태양호 금회 점검 교량의 교대 A1, A2는 역T형으로 시공되어 있으며 전차 정밀안전점검 이후 특별한 손상이 신규로 조사되지 않은 양호한 상태로 조사되었으며, 공용기간동안 주기적인 점검을 실시하여 유지관리를 한다면 구조물의 내구성 저하를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.
교각	◦ 교각에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 굽힘, 파손 등의 기존 손상이 보수되어 양호한 상태를 유지하는 것으로 조사되었다.	① 상태양호 금회 점검 교량의 교각은 전차 정밀안전점검 이후 기존에 조사되었던 균열, 재료분리 및 파손의 손상에 대한 전반적인 보수가 시행되었으며, 금회 점검시 신규 손상이 발견되지 않아 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다. 공용기간증가에 따른 내구성 저하 방지를 위해 주기적인 점검을 통한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

부 재	주요결합 및 외관조사결과	검토의견
기초	기초부는 설계도서 검토결과, 기초형식은 강관말뚝기초(A1, A2), PHC말뚝기초(P1, P3), 직접기초(P2)로 시공된 것으로 검토되었다.	① 기초 매립 점검일 현재 기초는 노출 없이 매립되어 외관조사는 불가능한 것으로 조사되었다.
공중이 이용하는 부위	추락방지시설 (교량 점검시설)	① 점검시설 상태양호 점검결과 앵커볼트의 절단흔적, 앵커볼트 주변 콘크리트 파손 및 균열, 점검난간 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한로 상태로 주의관찰이 요구된다. 또한 출입시설 입구에 주의사항 및 점검사항을 표기하여 점검통로를 이용한 점검자의 전도, 추락 등의 안전사고를 방지하기 위해 지속적인 유지관리를 실시하고 있는 것으로 확인되었다.
	도로포장 (교면포장, 보도부)	교면포장은 아스콘 포장으로 S1~S9 경간에 시공되어 있으며, 마모 및 소성변형의 손상 전체 경간에서 조사되었다. 또한 대상시설물은 보도부가 설치되어 있으며, 전 경간에 들뜸 및 파손의 손상이 조사되어 전면 재포장이 요구된다. 보도부 포장 손상은 사용성에 지장은 없으나 향후 방수층 파손의 가능성이 있으므로 단기적인 보수를 시행하여 유지관리 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
	도로부 신축이음부 (신축이음)	- 신축이음은 Steel Finger Joint로 A1, P3, P6, A2 구간에 설치되어 있으며, 전구간에서 후타재 균열 및 마모, 유간토사퇴적 등의 손상이 조사되었다. 또한 신축이음 유간을 각 지점에서 측정된 결과 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것을 검토되었다. - 금회 점검시 중대한 결함은 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

나. 내구성 조사

시 험 명	시험부위		시험 결과	책임기술자 의견
비파괴강도 (MPa)	상부 구조	바닥판	27.9 ~ 28.6	· 설계강도 이상을 확보 - 바닥판: 27.0MPa - 교대: 24.0MPa - 교각: 27.0MPa
	하부 구조	교대	26.2 ~ 26.4	
		교각	28.0 ~ 28.6	
탄산화시험 (mm)	상부 구조	탄산화깊이	5.5 ~ 6.8	· 탄산화 등급은 상부구조 “a”등급 · 탄산화 등급은 하부구조 “a”등급
		잔여깊이	33.5 ~ 47.2	
	하부 구조	탄산화깊이	7.4 ~ 8.3	
		잔여깊이	87.7 ~ 112.6	
종합평가	· 비파괴강도 측정결과, 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정·검토됨. 건전부와 비건전부 비교결과 비건전부의 강도저하는 있으나 설계기준강도 100%이상으로 강도부족에 의한 내구성저하는 없는 것으로 분석됨. · 탄산화시험결과, 상부구조 및 하부구조는 탄산화 잔여깊이는 30mm이상으로 상태평가 기준“a”등급으로 조사되어 탄산화에 대한 철근부식 발생 우려는 없는 것으로 판단됨.			

다. 종합평가

1) 상태평가

개별교량명	당사천교(울산1)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
당사천교(울산1)	0.155	B	120.0	1	120.0	1.000	0.155
합계(Σ)			120.0		120.0	1.000	0.155
1. 평가지수 =						0.155	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

본 당사천교(울산1)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태” 「B등급」의 상태로 평가되었다.

2) 종합평가

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	안전율	평가기준
평가결과	0.155	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

라. 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀안전점검 대상 시설물인 당사천교(울산1)는 2016년 준공 후 7년이 경과된 교량으로서 금회 정밀안전점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태이나 공용기간 증가로 인한 노후화에 의해 부재별 손상이 국부적으로 조사된 상태로, 향후 차량 통행에 문제가 생길 수 있는 손상에 대해 단기적인 보수를 실시하여 유지관리한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

마. 보수·보강 방안

1) 보수·보강 방안 및 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
방호벽	균열(0.3mm미만)	0.50	1.00	m/m ²	표면처리	65	65	3	
	접속부 박락	0.25	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
신축이음	후타재 파손	0.15	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	유간토사퇴적	126.60	126.60	m	청소	20	2,532	1	
바닥판	균열(0.3mm미만)	0.70	1.00	m/m ²	표면처리	65	65	3	
	보수부 박락	0.04	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
거더	망상균열	1.00	1.50	m ²	표면처리	65	98	3	
가로보	균열(0.3mm미만)	3.60	1.00	m/m ²	표면처리	65	65	3	
교량받침	플레이트 부식	3	3	EA	채도장	80	240	2	
	앵커볼트 부식	6	6	EA	채도장	80	480	2	
	받침콘크리트 재료분리	0.10	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
순 공 사 비							4,505		
제경비(순공사비×0.5)							2,253		
총 공 사 비							6,758		

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

2) 우선순위 개략공사비

구 분	순공사비 (천원)	제경비 (순공사비 × 0.5)	개략공사비 (천원)
1순위	2,532	1,266	3,798
2순위	1,680	840	2,520
3순위	293	147	440
개략공사비 총계	6,758		

바. 종합결론 및 건의

1) 당사천교(울산1)는 준공 후 7년이 경과된 SB40 Girder 형식의 교량으로 금회 정밀안전 점검결과 주요부재(바닥판, 거더) 및 2차부재(가로보)에 균열(0.3mm미만), 망상균열, 단면손상 등이 발생하고 있는 것으로 조사되었으며, 하자담보책임만료일(2023년 06월 07일) 전에 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한, 신축이음(A1, A2)에서 공용기간 증가 및 지속적인 우수집축 등에 의한 본체부식 및 유간토사퇴적이 전반적으로 발생한 것으로 조사되었으며, 원활한 신축거동을 위해 청소 등의 유지관리가 요구된다.

2) 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%을 상회하는 것으로 측정되어 강도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

3) 따라서, 본 교량은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」인 “B등급”(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되고 시설물 등급의 상향 또는 현 상태의 등급을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

- 금회 정밀안전점검 실시결과 시설물의 사용제한 필요 없는 것으로 판단된다.

5) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 신축이음 본체부식 및 이물질 퇴적 등으로 추가손상 및 하부누수 발생 유무

6) 기타 필요한 사항

- 없음