

제8장 종합결론

8.1 개 요

8.2 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

제8장 종합결론

8.1 개 요

본 과업대상 시설물인 청미천교(양평, 마산)는 2002년 12월에 준공되어 14년째 공용 중에 있으며, 경기도 여주시 점동면 원부리에 위치하고 있다. 상부구조 형식은 강박스 거더교(Steel Box)로서 총폭 12.15m, 총연장은 L=450.0m(5@50.0+4@50.0)이다. 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010.12」, 과업지시서에 따라 교량의 안전성, 사용성, 내구성을 종합적으로 평가하고, 물리적, 기능적 결함의 원인분석 및 안전성평가를 실시하여 보수·보강대책을 수립함으로써 시설물의 효율적인 관리 및 재해, 재난을 예방하는데 그 목적을 두고 정밀안전진단을 실시하였으며, 외관조사 및 내구성조사를 통한 시설물의 상태평가, 안전성평가 등 과업의 결과를 종합한 결론은 다음과 같다.

8.2 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

8.2.1 양평방향

가. 외관조사 결과

- 상부구조인 바닥판에 건조수축에 의한 균열, 우수유입에 의한 캔틸레버 하면 폭 0.3mm 종균열 및 콘크리트 들뜸, 백태, 파손, 시공미흡에 의한 고무재탈락, 녹발생 등이 조사되었다. Steel Box Girder와 가로보 및 세로보에서는 부식 및 도장박리, 볼트부식, 굽힘 등이 조사되어 보수가 필요한 상태이며, 거더 내부의 이물질퇴적은 지속적인 청소를 통한 관리가 필요하고 변형, Pit 등의 손상은 지속관찰을 실시한다.
- 교량의 하부구조는 건조수축에 의한 균열 및 망상균열과 시공시 다짐 미흡에 따른 박락, 박리, 재료분리와 외부충격에 의한 파손, 신축이음 누수에 의한 누수흔적, 표면오염, 녹발생, 잡철물부식, 점검로 볼트부식 유심부 경미한 침식 등이 조사되었다. A2 홍벽과 교각P1 기둥부 하단에서 폭 0.3mm균열이 조사되어 보수가 필요하며, 시공 초기 다짐 불량과 신축이음 커브플레이트의 길이부족으로 인한 지속적인 우수유입에 의해 교대A1 홍벽 들뜸이 조사되어 단면보수가 필요하다.
- 받침본체의 경우 경년열화 등으로 인해 받침부식 및 슬플레이트부식, 낙교방지시설 고무재 탈락, 볼트부식, 볼트이완, 부식, 받침 몰탈 및 콘크리트의 균열, 철근노출, 파손 등이 조사되어 내구성 저하방지를 위하여 도장보수 및 단면보수가 필요한 상태이며, A1과 A2에서 조사된 여유량 부족은 설치시 발생한 프리셋팅 오류로 가동흔적 조사결

과 기능상 문제가 없고 이동여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상이 없으므로 지속관찰 실시한다.

- 신축이음 유간에 대하여 계산 신축량과 측정유간을 비교·검토한 결과 여유량을 확보 하였으며, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 커브플레이트 탈락 등의 손상이 조사되었다.
- 교면포장은 마모, 소성변형, 파손, 패임, 포장균열 등이 조사되어 차량의 주행성을 확보 차원에서 손상부에 대한 팻칭보수, 절삭, 실링보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 배수시설은 S6의 배수관 길이부족으로 마산방향 교각 점검로를 통해 노면수가 유입되어 배수관 길이연장이 필요하며, 바닥판 유공관의 유도배수시설 필요와 배수관 볼트탈락이 조사되었다.
- 방호벽 및 중앙분리대는 줄눈 절단시기 미흡 및 건조수축에 의한 균열, 망상균열과 백태, 파손, 재료분리, 박리, 녹발생 및 잡철물 부식, 방호벽 하단의 박락과 철근노출, 충돌흔적 등이 조사되어 보수가 필요한 상태이다.
- 청미천교(양평)에 발생된 손상들은 구조적으로 문제가 될 만한 손상은 발생되지 않았으나, 기 진단(2012년)시 조사된 상·하부구조의 균열, 표면손상 및 단면손상, 배수시설 등은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었으나 공용증가 및 경미한 손상에 대한 누락, 수량집계의 부분적인 오류 등으로 일부 손상에 대해서는 손상수량이 증가된 것을 조사되었다.

나. 내구성조사 결과

- 비파괴시험을 이용한 콘크리트 강도시험 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 만족하고 있으며, 철근의 배근 간격 및 피복두께는 설계도면과 유사한 것으로 조사되었으나, 일부 부재에서 피복두께가 설계 값과 미소하게 차이가 나는 것으로 분석되었고, 준공 이후 공용기간 동안 피복두께로 인한 손상이 없는 점으로 보아, 공용 중 이로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이측정결과 “a”로 분석되었으며 전반적으로 양호한 상태인 것으로 평가되었다. 또한, 염화물 함유량 시험결과 상태평가 등급은 상부구조에서 ‘a’ 등급(0.3kg/m³이하), 하부구조에서 ‘a’ 등급(0.3kg/m³이하)으로 평가되었으며, A2벽체에서 누수부에 추가 확인한 결과 표면층에서 ‘c’ 등급(1.2kg/m³이상~2.5kg/m³미만)으로 나타났으나, 철근깊이에서 ‘a’ 등급(0.3kg/m³이하)으로 분석되어 염화물에 의한 부식발생 가능성은 낮은 상태인 것으로 확인되었다.

- 균열깊이 측정 결과, 측정 철근 피복두께에 근접한 것으로 조사되어, 내구성 및 사용성 확보 차원의 주입보수($C_w=0.3\text{mm}$ 이상)를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 강제초음파 탐상 결과는 전 개소에서 합격으로 판정되어, 맞대기 용접부의 이상결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 도장도막두께는 기준치를 만족하는 상태이며, 도장박리가 발생된 것은 공용 년 수 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 판단되었다.

다. 상태평가 결과

- 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태인 “B” (결합지수 $X=0.234$)로 평가되었다.

라. 안전성평가 결과

- 청미천교(양평)에 대하여 허용응력설계법을 이용하여 Steel Box Girder의 안전성을 검토하고, 강도설계법을 이용하여 바닥판 및 하부구조에 대한 안전성을 검토한 결과 안전성을 확보한 것으로 확인되었으며, 설계활하중 DB-24, DL-24에 대해 충분한 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 종합평가 및 안전등급 지정

- 현장조사 및 시험 결과를 바탕으로 상태평가를 실시한 결과는 “B” ($F=0.234$), 구조해석을 통한 안전성평가를 실시한 결과는 “A” 로 평가되어, 청미천교(양평)의 안전등급은 “양호한 상태” B(양호)로 지정하였다.

바. 결론

- 청미천교(양평)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 바닥판 캔틸레버 하면의 폭 0.3mm 균열과 들뜸, A2와 P1 기둥부 폭 0.3mm 균열, A1 흉벽 들뜸 등에 대한 적절한 보수와 A1과 A2 교량받침 여유량부족의 주기적인 점검 등을 통한 지속관찰이 필요한 상태이나, 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태인 것으로 확인되었다.
- 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

8.2.2 마산방향

가. 외관조사 결과

- 상부구조인 바닥판에 건조수축에 의한 균열 및 망상균열, 우수유입에 의한 캔틸레버 하면 폭 0.3mm 중균열 및 콘크리트 들뜸, 박태, 파손, 시공미흡에 의한 고무재탈락, 노치미제거, 녹발생 등이 조사되었다. Steel Box Girder와 가로보 및 세로보에서는 부식 및 도장박리 등이 조사되어 보수가 필요한 상태이며, 거더 내부의 이물질퇴적은 지속적인 청소를 통한 관리가 필요하며, 변형, Pit 등의 손상은 지속관찰을 실시한다.
- 교량의 하부구조는 건조수축에 의한 균열 및 망상균열과 시공시 다짐 미흡에 따른 들뜸, 박락, 박리, 재료분리와 외부충격에 의한 파손, 신축이음 누수에 의한 누수흔적, 표면오염, 녹발생, 잡철물부식, 유심부 경미한 침식, 교대 보호블럭 침하 및 파손 등이 조사되었다. 특히 P4 코핑부에서 조사된 철근노출 및 박락은 유공관을 통해서 유입된 우수가 코핑부의 철근노출(피복부족)부에 떨어져 철근부식으로 발생한 손상으로 바닥판 유공관의 유도배수 설치와 손상부에 대한 단면보수가 필요하다.
- 받침본체의 경우 경년열화 등으로 인해 받침부식 및 볼트부식, 낙교방지시설 고무재 탈락, 받침 몰탈 및 콘크리트의 균열, 철근노출, 파손, 재료분리 등이 조사되어 내구성 저하방지를 위하여 도장보수 및 단면보수가 필요한 상태이며, A1과 A2에서 조사된 여유량 부족은 설치시 발생한 프리캐스팅 오류로 가동흔적 조사결과 기능상 문제가 없고 이동 여유량 부족으로 인한 이상변위 및 기타손상이 없으므로 지속관찰 실시한다.
- 신축이음 유간에 대하여 계산 신축량과 측정유간을 비교·검토한 결과 여유량을 확보하였으며, P5 신축이음에서 조사된 본체부식과 변형은 공용증가 및 중차량 통행의한 것으로 가동상태와 유간량은 만족하므로 지속관찰 실시하고, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 파손, 커버플레이트 탈락 등의 손상은 청소와 적절한 보수를 통한 유지관리를 실시한다.
- 교면포장은 포장균열, 망상균열, 파손, 패임, 포트홀, 이물질 용입 등이 조사되어 차량의 주행성을 확보차원에서 손상부에 대한 팻칭보수, 실링보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- 배수시설은 P2 배수관 길이부족으로 교각 기둥부 표면오염을 유발시키므로 배수관 길이연장이 필요하며, 바닥판 유공관의 유도배수시설 필요와 배수관 탈락이 조사되었다.
- 방호벽 및 중앙분리대는 줄눈 절단시기 미흡 및 건조수축에 의한 균열, 망상균열과 박태, 파손, 재료분리, 박리, 녹발생 및 잡철물 부식, 방음벽 지주부식 및 국부적인 파손 등이 조사되어 적절한 보수와 지속관찰이 필요한 상태이다.

- 청미천교(마산)에 발생한 손상들은 구조적으로 문제가 될 만한 손상은 발생되지 않았으나, 기 진단(2012년)시 조사된 상·하부구조의 균열, 표면손상 및 단면손상, 배수시설 등은 일부 보수가 실시된 것으로 확인되었으나 공용증가 및 경미한 손상에 대한 누락, 수량집계의 부분적인 오류 등으로 일부 손상에 대해서는 손상수량이 증가된 것을 조사되었다.

나. 내구성조사 결과

- 비파괴시험을 이용한 콘크리트 강도시험 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 만족하고 있으며, 철근의 배근 간격 및 피복두께는 설계도면과 유사한 것으로 조사되었으나, 일부 부재에서 피복두께가 설계 값과 미소하게 차이가 나는 것으로 분석되었고, 준공 이후 공용기간 동안 피복두께로 인한 손상이 없는 점으로 보아, 공용 중 이로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이측정결과 “a” 로 분석되었으며 전반적으로 양호한 상태인 것으로 평가되었다. 또한, 염화물 함유량 시험결과 상태평가 등급은 상부구조에서 ‘a’ 등급(0.3kg/m^3 이하), 하부구조에서 ‘a’ 등급(0.3kg/m^3 이하)으로 평가되었으며, A2벽체에서 누수부에 추가 확인한 결과 표면층에서 ‘d’ 등급(2.5kg/m^3 이상), 철근깊이에서 ‘c’ 등급(1.2kg/m^3 이상 2.5kg/m^3 미만)으로 분석되어 염화물에 의한 부식발생 가능성이 높은 상태인 것으로 분석되었다. 교대 A2 누수부에 염화물이 진전됨에 따라 보수를 통한 유지관리가 필요하다.
- 균열깊이 측정 결과, 측정 철근피복두께에 근접한 것으로 조사되어, 내구성 및 사용성 확보 차원의 주입보수($Cw=0.3\text{mm}$ 이상)를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 강재초음파 탐상 결과는 전 개소에서 합격으로 판정되어, 맞대기 용접부의 이상결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 도장도막두께는 기준치를 만족하는 상태이며, 도장박리가 발생한 것은 공용년수 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 것으로 판단되었다.

다. 상태평가 결과

- 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 양호 상태인 “B” (결합지수 $X=0.258$)로 평가되었다.

라. 안전성평가 결과

- 청미천교(마산)에 대하여 허용응력설계법을 이용하여 Steel Box Girder의 안전성을 검토하고, 강도설계법을 이용하여 바닥판 및 하부구조에 대한 안전성을 검토한 결과 안전성을 확보한 것으로 확인되었으며, 설계활하중 DB-24, DL-24에 대해 충분한 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 종합평가 및 안전등급 지정

- 현장조사 및 시험 결과를 바탕으로 상태평가를 실시한 결과는 “B” ($F=0.258$), 구조해석을 통한 안전성평가를 실시한 결과는 “A” 로 평가되어, 청미천교(마산)의 안전등급은 “양호 상태” B(양호)로 지정하였다.

바. 결론

- 청미천교(마산)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 바닥판 캔틸레버 하면의 폭 0.3mm 균열과 들뜸, A2와 P2, P8 기둥부 폭 0.3mm 균열, P4 코핑부 철근노출 및 박락 등에 대한 적절한 보수와 A1과 A2 교량받침 여유량부족의 주기적인 점검 등을 통한 지속관찰이 필요한 상태이나, 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태인 것으로 확인되었다.
- 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.