

제8장

종합결론

8.1 내서방향

8.2 여주방향

제8장 종합결론

용전2교(내서, 여주)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서, 2002년에 준공되어 약 14년 정도 공용 중에 있으며, 충청북도 충주시 가금면 용전리(중부내륙선, 이정 228.64km)에 위치하고 있는 편도 2차로 교량이다.

본 교량은 총폭 11.40m, 총연장 255.0m(45.0m + 3@55.0m + 45.0m)이며, 상부구조는 5경간의 Steel Box Girder 형식으로써, 교각의 형식은 II형이고 기초는 확대직접기초(P1~P5)로 이루어져 있으며, 교대의 형식은 역T형이고 기초는 확대기초+강관말뚝기초로 시공되어 있다. 또한, 교량받침은 포트받침, 신축이음 장치는 핑거조인트(내서·여주방향-A1, A2)로 시공되었다.

기존 점검·진단보고서 등의 관련 자료를 검토하고 외관조사와 현장시험 및 측정 등을 통해 기초자료를 확보하였으며, 조사결과를 근거로 교량의 상태평가 및 안전성, 기본내하력 평가를 실시하였다.

8.1 내서방향

가. 외관조사 결과

- 각 부재별 외관조사 결과, 주요 손상으로는 바닥판하면의 미세균열(0.2mm이하, 횡방향 균열), 폭 0.3mm이상 균열, 백태, 유간협착에 따른 단부 파손, 강박스 거더의 내·외부 도장박리 및 부식, 하부구조의 최대 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열, 받침장치의 이동량 초과, 표면부식, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 파손, 신축이음장치의 토사퇴적, 교면포장의 갓길 측 아스콘 들뜸, 방호벽의 균열 및 재료분리, 녹발생 등이 조사되었다.
- 바닥판하면의 균열은 구조적 균열이 아닌 시공상 또는 콘크리트의 재료적인 특성상 발생한 균열(콘크리트 부등건조수축 및 콘크리트 내·외부 온도차 등)로 판단된다. 전차진단 시 조사된 균열은 대부분 보수가 완료된 상태로서, 금회 조사시 조사된 균열은 대부분 신규손상이며 내구성확보를 위하여 표면처리보수 및 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상의 균열은 주입보수가 필요하다.
- 교대 A1의 바닥판 하면 단부 유간부족에 의한 파손은 2012년 정기점검에서 조사되었으며, 신축이음장치를 교체하였다. 이후 내서방향의 바닥판 하면 단부에서 일부 파손이 조사되었으나 교량의 받침 및 신축이음장치 용기 등이 발생되지 않은 점과 교대의 기울

기 조사와 측방유동검토에 대한 결과 기울림 및 수평변위는 없는 것으로 분석되어 교대 이동은 미미한 것으로 분석되었다. 다만, 공용중인 교량으로써 협착된 거더 단부와 흙벽에 차량의 윤하중으로 진동 및 충격에 의해 발생한 것으로 볼 수 있으며 1차적으로 1안)으로 내구성 확보를 위해 단면보수를 실시하고, 2안)으로 교대의 지반보강 그라우팅(A1)과 영구앵커공법(A2)을 이용한 보강을 실시하고 추가적인 손상여부를 관찰한 후 손상이 진행되거나 추가적으로 발생된다면 3안)으로 바닥판하면 단부를 절취하는 보수방법이 있으나 이는 신축이음장치를 지지하는 단부로서 신축이음장치와 함께 교체가 진행되어야하는 이점이 있다.

- Steel Box Girder 내·외부, 격벽에서 조사된 용접결함 및 표면열화 손상은 시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 용접결함은 지속 관찰하는 것이 적절하며, 표면열화 손상은 내구성 확보를 위해 재도장이 필요하다.
- 하부구조에서 조사된 0.3mm미만 및 0.3mm이상의 균열은 대부분 Massive한 기둥부에서 시공초기 수화열에 의한 내외부 온도차 및 건조수축균열로 판단되며, 내구성 확보를 위해 표면처리보수 및 주입보수가 필요하다.
- 받침이동량 초과 구간은 받침주변에 이상변위가 없는 상태이고, 기능상에 문제가 없는 상태로 보수의 필요성은 적은 상태이나, 향후 점검시 받침장치의 이상거동 상태 등에 대해서 중점관리가 필요하다.
- 신축이음장치 유간 협착은 금회 조사시 바닥판 단부 박락 등의 손상이 발생한 상태이며, 중점관리를 통하여 추가 단부 박락 등의 2차 손상 증가시 바닥판 유간확보를 위한 보수·보강이 필요하다.
- 교면포장 갓길측 아스콘 들뜸은 바닥판상면 열화로 인하여 바닥판 하면에 영향을 미치므로 갓길측 재포장이 필요하다.
- 기타, 소규모로 발생한 단면손상 및 표면손상은 외부충격 및 다짐부족, 피복부족 등에 의한 손상으로써, 시설물의 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

나. 내구성조사 결과

- 비파괴시험을 통한 콘크리트 강도시험 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 만족하고 있으며, 철근배근 상태는 준공도면과 거의 일치하는 것으로 측정되었다.
- 탄산화 깊이측정 결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a”로 분석되었고, 염화물 함유량시험 결과 상부구조는 “a”, 하부구조는 “a~b”로 평가되었다.
- 강재초음파 탐사 결과는 전 개소에서 합격으로 판정되어, 맞대기 용접부의 이상결함은

없는 것으로 확인되었다.

- 도막두께 및 강재두께 측정결과 설계기준치를 만족하는 것으로 분석되었다.

다. 상태평가 결과

- 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태인 “B” (결함지수 $X=0.204$)로 평가되었다.
- 기 진단(2012년) 대비 금회 진단 결과에 따른 상태등급이 상향 조정되었으며, 그 원인은 바닥판 하면 및 교대, 교각에 발생한 균열보수, 신축이음 장치 보수, 받침장치 도장 보수, 교면 배수구 청소에 따라 상태 등급이 상향된 것으로 분석되었다.

라. 안전성평가 결과

- 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 바닥판의 캔틸레버부와 중앙 단면은 최소 안전율 1.0이상인 1.220으로 평가되어 안전성을 확보하고 있으며, 강박스 거더의 휨응력, 전단응력, 합성응력 모두 최소안전율 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있다.
- 기본내하율도 1.0이상으로 설계하중 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었고, 하부구조의 교대 및 교각에 대한 안전성 검토결과 안전성을 확보(교대, 교각의 최소안전율이 1.0이상)하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 종합평가 및 안전등급 지정

- 상태평가 및 안전성 평가결과를 통한 종합평가 결과, 용전2교(내서방향)는 “B”로 평가되었고, 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 B등급으로 평가되었다.

바. 결론

- 용전2교(내서방향)는 DB-24의 1등급로서 정밀안전진단 결과, 상태평가(B)와 안전성평가(A)에 의거 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 기본내하력은 설계내하력(DB-24 / DL-24) 이상으로 평가되었다.
- 본 교량은 2002년 준공되어 약14년 정도 경과한 교량으로, 전차점검 및 진단결과에 따른 주요 손상에 대해 유지보수가 지속적으로 실시되고 있는 것으로 확인되었으며, 공용년수(14년)가 증가함에 따라 손상의 급격한 진전은 없는 상태이며, 상부구조 및 하부구

조 안전성 검토 결과는 구조적인 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

- 그밖에 조사된 일부부재에 발생한 손상(바닥판하면의 0.2mm이하 횡방향 미세균열, 폭 0.3mm이상 균열, 백태, 유간협착에 따른 단부 파손, 강박스 거더의 내·외부 도장박리 및 부식, 하부구조의 최대 $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열, 받침장치의 이동량 초과, 부식, 받침물 탈 및 콘크리트 균열, 파손, 신축이음장치의 토사퇴적 및 덮개볼트 탈락, 교면포장의 갓길측 아스콘 들뜸, 방호벽의 균열 및 재료분리 및 파손, 녹발생 등)에 대해서는 보고서에서 제시한 “보수·보강 및 유지관리 방안”에 따라 보수를 실시하고, 진단결과에 따른 중점유지관리방안에서 제시한대로 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 효율적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

8.2 여주방향

가. 외관조사 결과

- 각 부재별 외관조사 결과, 주요 손상으로는 바닥판하면의 미세균열(0.2mm이하, 횡방향 균열), 백태, 강박스 거더의 내·외부 도장박리 및 부식, Splice 볼트부식, 하부구조의 미세균열, 받침장치의 이동량 초과, 받침물탈 및 콘크리트 균열, 후타재 균열 및 파손, 교면포장 균열, 소성변형 및 패임, 배수구 이물질퇴적 및 배수관 고정클립불량, 방호벽의 균열 및 철근노출 등이 조사되었다.
- 바닥판하면의 미세균열은 구조적 균열이 아닌 시공상 또는 콘크리트의 재료적인 특성상 발생한 균열(콘크리트 부등건조수축 및 콘크리트 내·외부 온도차 등)로 판단된다. 전차 진단 시 조사된 균열은 대부분 보수가 완료된 상태로서, 금회 조사시 조사된 균열은 대부분 신규손상이며 내구성확보를 위하여 표면처리보수가 필요하다.
- Steel Box Girder 내·외부, 격벽에서 조사된 용접결함 및 표면열화 손상은 시공미흡 및 경년증가에 따른 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 용접결함은 지속 관찰하는 것이 적절하며, 표면열화 손상은 내구성 확보를 위해 재도장이 필요하다.
- 하부구조에서 조사된 0.3mm미만의 균열은 대부분 Massive한 기둥부에서 시공초기 수화열에 의한 내외부 온도차 및 건조수축균열로 판단되며, 내구성 확보를 위해 표면처리보수가 필요하다.
- 받침이동량 초과 구간은 받침주변에 이상변위가 없는 상태이고, 기능상에 문제가 없는 상태로 보수의 필요성은 적은 상태이나, 향후 점검시 받침장치의 이상거동 상태 등에

대해서 중점관리가 필요하다.

- 후타재 균열 및 파손, 포장의 균열, 소성변형 및 패임 등의 손상은 공용년수의 증가, 중차량 통행 등이 원인으로 지속적인 관찰을 통하여 손상진전여부검토가 필요하다.
- 기타, 소규모로 발생한 단면손상 및 표면손상은 외부충격 및 다짐부족, 피복부족 등에 의한 손상으로써, 시설물의 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

나. 내구성조사 결과

- 비파괴시험을 통한 콘크리트 강도시험 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 만족하고 있으며, 철근배근 상태는 준공도면과 거의 일치하는 것으로 측정되었다.
- 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a”로 판정되었고, 염화물 함유량시험 결과 상부구조는 “a”, 하부구조는 “a~b”로 평가되었다.
- 강재초음파 탐사 결과는 전 개소에서 합격으로 판정되어, 맞대기 용접부의 이상결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 도막두께 및 강재두께 측정결과 설계기준치를 만족하는 것으로 분석되었다.

다. 상태평가 결과

- 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가 결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 전반적으로 양호한 상태인 “B” (결합지수 $X=0.252$)로 평가되었다.
- 기 진단(2012년) 대비 금회 진단 결과에 따른 상태등급이 상향 조정되었으며, 그 원인은 바닥판 하면 및 교대, 교각에 발생한 균열보수, 신축이음 장치 보수, 받침장치 도장 보수, 교면 배수구 청소에 따라 상태 등급이 상향된 것으로 분석되었다.

라. 안전성평가 결과

- 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 바닥판의 캔틸레버부와 중앙 단면은 최소 안전율 1.0이상인 1.243으로 평가되어 안전성을 확보하고 있으며, 강박스 거더의 휨응력, 전단응력, 합성응력 모두 최소안전율 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있다.
- 기본내하율도 1.0이상으로 설계내하력 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었고, 하부구조의 교대 및 교각에 대한 안전성 검토결과 안전성을 확보(교대, 교각의 최소안전율이 1.0이상)하고 있는 것으로 평가되었다.

마. 종합평가 및 안전등급 지정

- 상태평가 및 안전성 평가결과를 통한 종합평가 결과, 용전2교(여주방향)는 “B”로 평가되었고, 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 B등급으로 평가되었다.

바. 결론

- 용전2교(여주방향)는 DB-24의 1등급교로서 정밀안전진단 결과, 상태평가(B)와 안전성 평가(A)에 의거 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 기본내하력은 설계내하력(DB-24 / DL-24) 이상으로 평가되었다.
- 본 교량은 2002년 준공되어 약14년 정도 경과한 교량으로, 전차점검 및 진단결과에 따른 주요 손상에 대해 유지보수가 지속적으로 실시되고 있는 것으로 확인되었으며, 공용년수(14년)가 증가함에 따라 손상의 급격한 진전은 없는 상태이며, 상부구조 및 하부구조 안전성 검토 결과는 구조적인 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- 그밖에 조사된 일부부재에 발생한 손상(바닥판하면 0.3mm미만의 횡방향 미세균열 및 망상균열, 백태, 강박스 거더의 내·외부 도장박리 및 부식, Splice 볼트부식, 용접불량, 하부구조의 미세균열, 받침장치의 이동량 초과, 받침몰탈 및 콘크리트 균열, 신축이음장치 덮개볼트 파손 및 후타재 균열 및 파손, 교면포장 균열, 소성변형 및 패임, 배수구 이물질퇴적 및 배수관 고정클립불량, 방호벽의 균열 및 철근노출 등)에 대해서는 보고서에서 제시한 “보수·보강 및 유지관리 방안”에 따라 보수를 실시하고, 진단결과에 따른 중점유지관리방안에서 제시한대로 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 효율적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.