

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

본 과업 대상교량인 속사천6교는 강원도 평창군 용평면 이목정리(영동선 인천기점 190.53km 지점)에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 20년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 주행 왕복 4차로 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 220.0m(35.0m+3@50.0m+35.0m) 총 폭 24.210m인 교량이며, 상부구조는 5경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형(4기), 교각은 T형(8기) 구조이고 기초는 교대는 말뚝기초, 교각은 직접기초로 시공되어 있다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

7.1.1 인천방향

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 캔틸레버에 발생된 박리, 박락, 표면열화 등의 손상은 방호벽과 바닥판 접합부로 침투한 우수가 측면으로 누수가 진행되면서 발생된 결함으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 데크플레이트 백태 및 부식의 경우 교면수 침투, 우수 유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 재도장 등의 조치가 요망된다.

2) Steel BoX Girder

- 거더 내부에 발생된 우수유입은 현장이음부 틈새에 실런트 주입 이전에 발생된 손상이며 현재 우수가 유입되고 있고, 장기 방치시 강재에 부식이 진행되어 단면손실이 발생되므로 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다. 거더 내부에 발생된 백태오염, 부식, 볼트부식 등의 손상부 역시 외부 우수유입에 의해 발생된 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치가 요망된다. 거더 내부 일부에 발생된 용접불량의 경우 시공미흡에 의해 발생된 손상으로 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 하여도 무방하다.
- 거더 외부에 발생된 점부식 및 볼트부식의 경우 도장 공사전 전처리미흡, 공용기간 증가에 따른 도장 노후화, 우수접촉 등에 의한 것으로 판단되며 먼처리 후 부분 재도장 보수가 요구된다. 그 외 거더내부에 조사된 손상은 구조물에 영향을 미치는 손상이 아니므로 유지관리하는 것이 바람직하다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 파악 등의 유지관리를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대의 구체 및 흉벽 등에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축에 의한 소수의 미세균열(0.3mm미만)로서 표면보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흉벽 및 구체에서 조사된 백태, 박리, 보호블럭 이격 및 파손 등의 손상은 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 신축이음 양 외측 단부 유도배수시설 설치를 통한 유입원 차단이 필요한 것으로 판단되며, 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.

5) 교각

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 폭 0.3mm내 · 외 균열, 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 폭 0.3mm 미만 균열의 경우 표면보수를, 폭 0.3mm이상 균열의 경우 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

- 교각 일부 구간 발생한 박리, 박락, 균열, 재료분리, 파손, 철근노출 등의 손상은 시공 초기 다짐부족, 우수유입에 의한 철근부식, 외부 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수, 방청 등의 조치가 요망된다.
- 교각 코핑부에 주로 발생한 표면열화의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 받침본체 외측에서 조사된 본체 부식, 도장박리 및 박락은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다.
- 받침콘크리트 및 받침물탈에서 조사된 균열은 국부적으로 발생한 폭 0.1~0.2mm의 미세 균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지 등에 의한 이물질퇴적이 조사되어 청소가 필요하며, 신축부 부식 손상은 현재 신축작용에 문제는 없는 상태로서 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재에 조사된 폭 0.3mm이상 균열은 건조수축 및 차량반복하중에 의하여 발생한 것으로 표면보수를 통한 유지관리가 필요하고, 후타재 파손은 중차량 통행에 의한 윤하중의 반복작용에 의한 손상으로 차량의 주행성 확보를 위하여 단면보수가 요구된다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생한 LMC 포장균열 및 망상균열의 경우 공용기간 증가 및 차량반복하중에 의해 발생한 손상으로 판단된다. 포장층의 균열 및 망상균열 등의 손상의 경우 진전 시 차량의 주행성을 저해할 우려가 있으므로 LMC 포장 표면보수 또는 포장 재시공 등의 조치가 요망된다.
- 그 외 차량의 주행성 및 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 발생되지 않는 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 및 기존 손상의 진전 여부를 파악하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 발생한 배수구 스틸그레이팅 파손은 공용기간 증가에 따른 열화, 우수유입에 의한 부식, 외부충격 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 원활한 배수기능 확보를 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

10) 방호벽

- 방호벽 및 중앙분리대의 경우 기존 점검시 실시한 보수작업으로 인해 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하여 현재 상태를 유지하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 점검통로 발판 부식의 경우 공용기간 증가에 따른 열화, 우수 유입 등에 의해 발생된 손상으로 현재 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~29.1MPa, 하부구조 24.0~26.5MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 속사천6교(인천)은 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 9.5~12.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 8.5~13.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 “a”로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 2017년 정밀안전점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않았으며 일부 부재의 손상물량이 증감되었다. 기 정밀안전점검시 확인된 하부구조 및 바닥판의 일부 손상 균열보수, 표면보수 및 단면보수와 교면포장 등 일부 부재의 상태등급을 기술자 판단에 의해 상향 평가 되어 속사천6교(인천)의 환산결함도 점수는 0.250 → 0.229으로 감소한 것으로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• LMC 포장 손상여부 점검(주행성 중심) • 인접 콘크리트 포장구간 수축줄눈 일치여부 주기적 점검
방호벽	• 신규 손상 발생 여부 파악
배수시설	• 배수구 그레이팅 파손
바닥판	• 데크플레이트 부식 및 백태 등 • 캔틸레버 콘크리트 박리 및 박락
거더 및 가로보	• 거더외부 부식 • 거더내부 실링재 누락, 우수유입, 부식 및 백태오염
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 받침콘크리트 및 몰탈 균열(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 본체 부식 진전여부 - 교체 이전까지 특이사항 발생여부 주기적 점검 • 후타재 균열, 파손 진전여부 - 국부적으로 발생한 상태로 손상진전 여부 점검
하부구조	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열, 박리, 박락, 철근노출 - 보수후 재손상 발생여부 주기적 점검 • 교각 균열 발생부 추가 및 손상진전 여부 주기적 점검 - 보수후 재손상 발생여부 주기적 점검

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 속사천6교(인천)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 속사천6교(인천)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

7.1.2 강릉방향

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판 하면

- 캔틸레버에 발생된 박리, 박락 등의 손상은 방호벽과 바닥판 접합부로 침투한 우수가 측면으로 누수가 진행되면서 발생된 결함으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 데크플레이트 백태 및 부식의 경우 교면수 침투, 우수 유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 내구성 증진을 위한 재도장 등의 조치가 요망된다.
- S1 경간에 발생된 바닥판 하면 균열 및 재료분리의 경우 시공초기 다짐부족, 건조수축, 외기 환경 등에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 표면보수, 단면보수 등의 조치가 요망된다.

2) Steel BoX Girder

- 거더 내부에 발생된 우수유입은 현장이음부 틈새에 실런트 주입 이전에 발생된 손상이며 현재 우수가 유입되고 있고, 장기 방치시 강재에 부식이 진행되어 단면손실이 발생되므로 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다. 거더 내부에 발생된 백태오염, 부식, 발청, 볼트부식 등의 손상부 역시 외부 우수유입에 의해 발생된 손상으로 손상의 진전 방지를 위한 재도장 등의 조치가 요망된다.
- 거더 외부에 발생된 도장박락 및 하부플렌지 변형의 경우 도장 공사전 전처리미흡, 공용기간 증가에 따른 도장 노후화, 우수접촉, 교량인상시 충격 등에 의한 것으로 판단되며 도장박락의 경우 면처리 후 부분 재도장 보수가 요구된다. 하부플렌지 변형의 경우 구조물의 내구성에 영향을 미칠만한 손상은 아니므로 주의관찰 하여도 무방하다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 파악 등의 유지관리를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대의 구체 및 흉벽 등에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축에 의한 소수의 미세균열(0.3mm내·외)로서 표면보수 및 주입보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흉벽 및 구체에서 조사된 백태, 박리, 박락, 파손, 철근노출 등의 손상은 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 신축이음 양 외측 단부 유도배수시설 설치를 통한 유입원 차단이 필요한 것으로 판단되며, 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.
- 교대 법면에서 조사된 보호블럭 파손 및 침하의 경우 우수로 인한 주변 토사유실에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 현재 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 또한, 공용기간 증가에 의한 실란트 탈락 및 열화의 경우에도 손상정도가 경미하여 주의관찰 하여도 무방하다.

5) 교각

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 폭 0.3mm내·외 균열, 망상균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 폭 0.3mm미만 균열의 경우 표면보수를, 폭 0.3mm이상 균열의 경우 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교각 일부 구간 발생한 박리, 박락, 굽힘, 재료분리, 파손 등의 손상은 시공초기 다짐부족, 우수유입에 의한 철근부식, 외부 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수, 방청 등의 조치가 요망된다.
- 교각 코핑부에 주로 발생한 표면열화 및 침식의 경우 외부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전방지를 위한 표면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직하다.

6) 교량받침

- 받침본체 외측에서 조사된 본체 부식, 도장박리 및 박락은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다.
- 받침콘크리트 및 받침몰탈에서 조사된 균열은 국부적으로 발생한 폭 0.1~0.2mm의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

- 교각 P3에 발생된 몰탈 부족의 경우 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 몰탈 들뜸의 경우 공용기간 증가에 의한 손상으로 구조물의 원활한 거동을 위한 단면보수 등의 조치가 요망된다.
- 그 외 발생된 고정볼트 체결불량 및 눈금자 탈락의 경우 교량받침의 원활한 유지관리를 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지 등에 의한 이물질퇴적이 조사되어 청소가 필요하며, 신축부 부식 손상은 현재 신축작용에 문제는 없는 상태로서 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재에 조사된 폭 0.3mm내 · 외 균열은 건조수축 및 차량반복하중에 의하여 발생한 것으로 표면보수를 통한 유지관리가 필요하고, 후타재 파손은 중차량 통행에 의한 운하중의 반복작용에 의한 손상으로 차량의 주행성 확보를 위하여 단면보수가 요구된다.
- 신축이음 A1 하부 누수의 경우 신축이음 열화에 의한 손상으로 판단되며, 이는 신축이음 하면 및 하부에 위치한 부재의 부식 및 열화를 촉진 시킬 수 있으므로 물받이 설치를 통한 우수 유도가 필요할 것으로 판단된다. 또한 공용중 발생된 손상인 차수판 설치 불량 및 볼트탈락의 경우 우수 차단을 위한 정비가 요망된다.

8) 교면포장

- 교면포장에 발생된 LMC 포장균열의 경우 공용기간 증가 및 차량반복하중에 의해 발생한 손상으로 판단된다. 기 손상부의 경우 손상 정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- S2 경간에 발생된 녹물유출의 경우 균열부를 통한 우수유입에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상 정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

9) 배수시설

- 배수시설에 발생한 배수구 스틸그레이팅 파손은 공용기간 증가에 따른 열화, 우수유입에 의한 부식, 외부충격 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지 및 원활한 배수기능 확보를 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

10) 방호벽

- 방호벽 및 중앙분리대에 발생한 박락, 파손, 균열의 경우 공용중 외부 충격, 우수 유입 등에 의해 발생한 손상으로 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 증진을 위한 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 백태 및 표면열화의 경우 우수유입, 공용기간 증가에 의한 열화 등의 원인으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 표면보수 등의 조치가 요망된다.

11) 교량 점검시설

- 점검통로 볼트 미체결 및 체결불량의 경우 시공미흡에 의한 손상으로 판단되며, 구조물의 원활한 유지관리 및 작업자의 안전성 확보를 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.0~31.3MPa, 하부구조 24.0~26.5MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 속사천6교(강릉)은 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 9.5~11.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 11.5~13.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 “a”로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 상태평가 결과 “B등급” 으로 평가되었으며, 2017년 정밀안전점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않았으며 일부 부재의 손상물량이 증감되었다. 기 정밀안전점검 이후 바닥판, 거더, 교량받침 등 일부부재에 추가 발생한 손상으로 인해 일부 부재의 상태등급 및 결함도 점수가 하향 평가 되어 속사천6교(강릉)의 환산결함도 점수는 0.215 → 0.250으로 증가한 것으로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• LMC 포장 손상여부 점검(주행성 중심) • 인접 콘크리트 포장구간 수축줄눈 일치여부 주기적 점검
방호벽	• 박락, 파손, 굽힘, 백태 등
배수시설	• 배수구 그레이팅 파손
바닥판	• 데크플레이트 부식 및 백태(진전여부 점검) • 캔틸레버 콘크리트 박리 및 박락(진전여부 점검)
거더 및 가로보	• 거더외부 도장박락(진전여부 점검) • 거더내부 실링재 누락, 거더 내부 우수유입, 부식, 백태(진전여부 점검)
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 받침몰탈 부족 및 들뜸(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음장치 유간 여유량 지속적 관리 • 후타재 균열, 파손 진전여부 - 국부적으로 발생된 상태로 손상진전 여부 점검
하부구조	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열, 철근노출, 박리 및 박락 - 보수후 재손상 발생여부 주기적 점검 • 교각 균열 발생부 추가 및 손상진전 여부 주기적 점검 - 보수후 재손상 발생여부 주기적 점검

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 속사천6교(강릉)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 속사천6교(강릉)의 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태인」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.