

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

본 과업 대상교량인 속사천4교는 강원도 평창군 용평면 이목정리(영동선 인천기점 187.87km 지점)에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 20년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 왕복 4차로(인천방향 편도 2차로, 강릉방향 편도 2차로) 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 150.0m(3@50.0m), 폭 인천방향 10.2m, 강릉방향 10.2m인 교량이며, 상부구조는 3경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형(2기), 교각은 T형(인천방향 2기, 강릉방향 2기) 구조이고 기초는 교대 및 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

- 보수재 박락 구간은 보수시 전처리 미흡으로 인한 손상으로 손상의 진전시 전처리 후 재도장 실시 등의 유지관리가 요구된다. 또한 데크플레이트 부식은 장기공용에 의한 열화로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 요구된다.
- 바닥판하면의 박리, 박락은 캔틸레버부에 발생되었으며 외부에서 침투한 누수가 진행되면서 발생한 결함으로 내구성 증진을 위해 박리·박락에 대한 단면보수가 필요하다.

2) Steel BoX Girder

- 거더 내부에 발생된 우수유입 및 체수혼적은 현장이음부 틈새에 실린트 주입 이전에 발생된 손상이며 현재 우수가 유입되고 있고, 장기 방치시 강재에 부식이 진행되어 단면손실이 발생되므로 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다. 우수 유입시 일부 토사도 함께 유입되어 있으므로 청소가 요구된다.
- 거더 내부에 발생한 점부식 등의 손상은 현장이음부 틈새 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 강재부식으로 진행된다면 단면손실이 발생할수 있으므로 재도장이 필요한 상태이다.
- 거더 외부에 발생된 플렌지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전 점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에 발생된 플렌지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다.

4) 교대

- 교대의 날개벽에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축, 공용기간 증가에 의한 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흥벽 및 구체에서 조사된 백태, 표면보수재 열화는 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.
- 발생한 박리, 박락은 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

5) 교각

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.

- 교각에 하부에 발생한 침식은 하천의 수세에 의한 것으로, 17년 정밀안전점검과 비교 시 진전이 미미하고 손상의 정도가 경미하므로, 추후 점검시 진전되면 세굴방지공 등의 조치를 해야 한다.
- 발생한 박리, 박락은 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침본체 외측에서 조사된 본체 부식은 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 발생된 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.
- 기 점검시 상부구조물의 수평 거동 징후가 확인되었으며 그로 인해 받침콘크리트 박리/박락, 무수축 모르타르 박리/박락, 균열, 스토퍼 유착, 편기 등의 손상이 다수 발생된 상태로서, 금회 조사된 손상에 대해서는 기능회복을 위한 보수가 요망됨. 향후 정밀안전진단 수행시 정량적인 거동 특성 분석, 교량의 기하학적 형상 분석, 받침콘크리트 철근량 확인, 구조해석을 통한 받침장치의 수직·수평 용량 검토 등을 실시하여 상부구조물의 수평 거동에 대한 명확한 원인을 규명하여 교량의 안전성 확보를 위한 적절한 대책을 강구하여야 함.

7) 신축이음장치

- 발생한 후타재 균열은 반복적인 차량통행 및 건조수축에 의한 손상으로 현재 보수보다는 지속적인 관찰 후 진전시 보수가 필요하며, 유간부 이물질퇴적은 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다.
- A2 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 23.4℃(6월 26일)로써 이때 측정유간은 15.0mm로 측정되었고, 최대 신장시 N.G로 확인되었다. 그러나 금회 조사결과 측정기간 내의 온도변화로 인한 교량의 거동에는 문제점이 없었고 오랜 공용기간동안의 실제 거동으로 인한 연관 부재(교대, 받침, 거더)의 변형 및 파손도 나타나지 않았다. 다만, 설계기준의 온도 변화에 따른 교량의 신축거동 분석결과 교대 A2 측의 신축이음장치는 교량의 신장시에 이론치 여유량을 확보하지 못하는 것으로 분석

되었으나 이를 감안 하더라도 당장의 신축이음장치 교체보다는 주기적인 점검을 통해 유지관찰하고 손상의 확대 및 문제점 확인시 교체 방안을 고려하거나 조치하여도 충분할 것으로 판단된다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재까지 손상의 발생이 없는 양호한 상태이다. 교면포장은 차량의 반복 하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생할 수 있으므로, 지속적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

9) 배수시설

- 발생한 그레이트 망실은 그레이팅망 설치 등의 유지관리가 요구된다.

10) 방호벽

- 방호벽은 금회 전구간 손상이 보수되었고, 보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다. 현재 방호벽은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

11) 교량 점검시설

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 발판부식이 조사되었다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.7~28.1MPa, 하부구조 25.2~26.7MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 속사천4교는 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 8.0~13.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 7.0~12.0mm로 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 보수를 실시 하였다.
- 기 정밀안전점검시 확인된 바닥판하면 균열, 단면손상, 배수구 막힘, 방호벽 균열, 백태 등의 보수로 인한 결함지수 감소로 속사천4교 인천방향의 환산결함도 점수는 0.232 → 0.223로 감소한 것으로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 포장 손상여부 점검(주행성 중심) • 인접 콘크리트 포장구간 수축줄눈 일치여부 주기적 점검
방호벽	• 방호벽 신규손상 발생여부 확인
배수시설	• 배수관 부식 진전여부 확인
바닥판	• 데크플레이트 부식 등 • 켄틸레버 박리, 파손, 박락 등
거더 및 가로보	• 거더외부 강재부식, 도장들뜸 • 거더내부 실링재 누락, 거더 내부 우수유입
교량받침	• 강재부식(진전여부 점검) • 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 후타재 균열, 파손 진전여부 - 국부적으로 발생된 상태로 손상진전 여부 점검
하부구조	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 땅상균열, 두부 박리 - 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 속사천4교 인천방향에 발생한 손상의 진전을 방지 하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 속사천4교 인천방향의 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

- 데크플레이트에 발생한 부식(백태오염)은 빗물유입 및 습기흡착, 콘크리트 열화에 의한 손상은 표면처리 또는 재도장의 유지관리가 요구된다.
- 바닥판하면의 박리는 캔틸레버부에 발생되었으며 외부에서 침투한 누수가 진행 되면서 발생한 결함으로 내구성 증진을 위해 박리에 대한 단면보수가 필요하다.

2) Steel BoX Girder

- 거더 내부에 발생한 우수유입 및 체수혼적은 현장이음부 틈새에 실런트 주입 이전에 발생한 손상이며 현재 우수가 유입되고 있고, 장기 방치시 강재에 부식이 진행되어 단면손실이 발생되므로 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다. 우수 유입시 일부 토사도 함께 유입되어 있으므로 청소가 요구된다.
- 거더 내부에 발생한 부식 및 점부식, 백태오염 등의 손상은 현장이음부 틈새 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 강재부식으로 진행되면 단면손실이 발생할수 있으므로 재도장이 필요한 상태이다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에 발생한 플랜지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다.

4) 교대

- 교대의 날개벽에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축, 동결융해의 반복, 공용기간 증가에 의한 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흉벽 및 구체에서 조사된 백태, 표면열화는 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.
- 발생한 박리, 박락은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

5) 교각

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 재료분리, 철근노출은 재료열화 및 시공초기 결함, 피복두께 부족으로 발생하였으며, 발생한 박락은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

6) 교량받침

- 받침본체 외측에서 조사된 본체 부식은 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 발생된 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.
- 기 점검시 상부구조물의 수평 거동 징후가 확인되었으며 그로 인해 받침콘크리트 박리/박락, 무수축 모르타르 박리/박락, 균열, 스토퍼 유착, 편기 등의 손상이 다수 발생된 상태로서, 금회 조사된 손상에 대해서는 기능회복을 위한 보수가 요망됨. 향후 정밀안전진단 수행시 정량적인 거동 특성 분석, 교량의 기하학적 형상 분석, 받침콘크리트 철근량 확인, 구조해석을 통한 받침장치의 수직·수평 용량 검토 등을 실시하여 상부구조물의 수평 거동에 대한 명확한 원인을 규명하여 교량의 안전성 확보를 위한 적절한 대책을 강구하여야 함.

7) 신축이음장치

- 발생된 본체 부식은 장기공용 및 누수로 인한 손상으로 현재 부식 외 유간 협착등의 손상이 없는 바, 주의관찰 후 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 요구된다.

8) 교면포장

- 교면포장은 현재까지 손상의 발생이 없는 양호한 상태이다. 교면포장은 차량의 반복 하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생할 수 있으므로, 지속적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

9) 배수시설

- 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

10) 방호벽

- 발생한 방호벽 파손은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

11) 교량 점검시설

- 교량 점검시설의 조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 점검로는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 29.7~30.5MPa, 하부구조 27.4~27.9MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 속사천4교 강릉방향은 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 7.0~10.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 9.0~15.0mm로 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 바닥판하면 균열, 박리, 신축이음 본체 부식 등의 신규 손상이 확인되었다.
- 기 정밀안전점검시 확인된 배수구 막힘, 방호벽 균열, 백태 등의 손상이 보수되었으

나, 바닥판 하면 균열, 단면손상, 받침장치 본체 부식 등의 신규 손상으로 인하여 결함지수는 증가 하여 속사천4교 인천방향의 환산결함도 점수는 0.177 → 0.191로 감소한 것으로 분석되었다.

다. 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 사 항
교면포장	- 포장 손상여부 점검(주행성 중심) - 인접 콘크리트 포장구간 수축줄눈 일치여부 주기적 점검
방호벽	방호벽 신규손상 발생여부 확인
배수시설	배수관 부식 진전여부 확인
바닥판	- 데크플레이트 부식 등 - 켄틸레버 박리, 파손, 박락 등
거더 및 가로보	- 거더외부 강재부식, 도장들뜸 - 거더내부 실링재 누락, 거더 내부 우수유입
교량받침	- 강재부식(진전여부 점검) - 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) - 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	- 후타재 균열, 파손 진전여부 - 국부적으로 발생한 상태로 손상진전 여부 점검
하부구조	- 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열, 두부 박리 - 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 속사천4교 강릉방향에 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 속사천4교 강릉방향의 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.

