

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

제 7 장 종합결론

7.1 종합결론

본 과업 대상교량인 백옥포교는 강원도 평창군 용평면 백옥포리(영동선 인천기점 180.45km 지점)에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 20년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 왕복 4차로(인천방향 2차로, 강릉방향 2차로) 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 120.0m(4@30.0m) 총 폭 각각 12.5m인 교량이며, 상부구조는 2경간 연속 PSCI 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형, 교각은 T형 구조이고 기초는 교대·교각 전면기초로 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

- 바닥판하면의 발생된 백태, 재료분리는 시공초기 건조수축 및 온도변화, 워커빌리티 효율성 감소, 관리미흡에 의한 타설불량에 의해 발생된 균열이 신축이음부 및 외부로부터 유입된 우수 침투 및 공용기간 증가에 따른 동결융해 반복 작용으로 인해 열화, 바닥판 콘크리트 철근부식에 의한 팽창현상으로 인한 손상으로 판단되어, 내구성 증진을 위해 방청 및 단면보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다.
- 보수를 실시하였던 철근노출은 재손상으로 인해 우수유입 발생시 부식으로 인해 추가 손상 발생 가능성이 있으므로 방청 및 단면보수가 필요하다.

2) PSCI Girder

- 거더의 박리, 박락, 파손은 신축이음을 통한 우수유입이 기존 표면 결함의 열화를 진행시켜 발생한 것으로 판단된다. 손상의 정도가 크지는 않으나 콘크리트 내구성 확보를 위한 단면보수가 필요한 상태이다.

3) 가로보

- 가로보는 부분적으로 균열 및 박리, 재료분리가 발생하였고, 손상부는 시공초기 건조수축, 동결융해의 반복, 공용기간 증가 등에 의한 열화로 판단되며, 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.
- 재료분리, 박리는 시공관리 미흡으로 인한 손상으로 외부 우수유입에 의한 철근부식을 가속화 시킬 수 있으므로, 단면보수를 실시해야한다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 흔적이 확인되었고, 그로 인한 표면열화 현상이 나타났다.
- 들뜸(파손)에 대해 보수를 실시하였으나, 재손상이 확인되었고 손상의 정도나 범위가 중대한 위험 수준은 아니나 내구성 유지를 위해 단면보수 등의 유지관리가 필요하다.
- 교대 법면은 보호공이 없는 압성토사면을 시공하여 관리가 되고 있으며, 국부적인 표층 유실이 확인되었으나, 유지관리(주의관찰)후 향후 보호블럭 공법 또는 배수로 설치 등의 보호공이 필요할 것으로 판단된다.

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.
- 교각에 발생한 박리는 보수부 재손상으로 시공불량, 우수유입 및 염화칼슘 유입 등에 의한 콘크리트 열화로 판단되며, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침본체에서 조사된 본체 부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수 덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다.

- 받침콘크리트에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 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.
- 받침콘크리트에서 조사된 박락, 열화, 박리 등은 국부적으로 발생되었으나, 파손부로 우수유입, 동절기 급격한 온도차에 의한 철근부식에 의해 손상이 진전이 우려되므로, 단면복구가 요망된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 박리는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면복구를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적, 본체 부식 등의 손상이 추가 발생할 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장은 신규 손상인 망상균열이 확인되었고, 차량의 반복하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생한 것으로 판단된다. 손상부에 대한 즉시보수보다는 주기적인 유지관리로 손상의 정도를 판단하는 것이 바람직하다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추방통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 균열, 박리, 철근노출은 초기 건조수축, 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 표면보수, 단면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 발판 부식은 정도가 크지 않은 상태로 위험성은 높지 않으나, 점검자의 안전을 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.5~28.4MPa, 하부구조 24.4~27.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.
- 상부구조 탄산화깊이는 4.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.5mm로 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 상부구조의 거더 국부적 변형, 배수시설 배수구 막힘에 대해 상태등급을 기술자 판단에 의해 상향 평가 되어 백옥포교 인천방향의 환산결함도 점수는 0.165 → 0.191으로 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	• 방호벽 박리, 철근노출 • 폭 0.1~0.2mm의 균열
배수시설	• 배수구 막힘여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열 등 • 박리, 박락, 철근노출 등
거더 및 가로보	• 거더 균열, 박리, 박락 등 • 가로보 폭 0.1~0.3mm의 균열, 박리, 철근노출 등
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 박리, 박락(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 본체 부식(진전여부 점검) • 후타재 균열, 박리 등
하부구조	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열, 백태 • 박리, 박락, 파손, 재료분리 등

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 백옥포교 인천방향에 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 백옥포교 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

- 바닥판하면의 발생된 균열, 백태, 층분리, 재료분리는 시공초기 건조수축 및 온도변화, 워커빌리티 효율성 감소, 관리미흡에 의한 타설불량에 의해 발생한 균열이 신축이음부 및 외부로부터 유입된 우수 침투 및 공용기간 증가에 따른 동결융해 반복 작용으로 인해 열화, 바닥판 콘크리트 철근부식에 의한 팽창현상으로 인한 손상으로 판단되어, 내구성 증진을 위해 방청 및 단면보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다.

2) PSCI Girder

- 거더의 박리, 박락, 균열은 신축이음을 통한 우수유입이 기존 균열 및 표면 결함의 열화를 진행시켜 발생한 것으로 판단된다. 균열은 그 정도가 미미하므로 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하고, 그 외의 손상에 대해서는 보수가 필요한 상태이다.

3) 가로보

- 가로보는 부분적으로 균열 및 재료분리가 발생하였고, 손상부는 시공초기 건조수축, 동결융해의 반복, 공용기간 증가 등에 의한 열화로 판단되며, 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.
- 재료분리는 시공관리 미흡으로 인한 손상으로 외부 우수유입에 의한 철근부식을 가속화 시킬 수 있으므로, 단면보수를 실시해야한다.

4) 교대

- 교대에 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 흔적이 확인되었고, 그로 인한 백태, 표면 오염, 열화 현상이 나타났다. 일부 손상에 대해 보수를 실시하여 수량이 감소하였으며, 신규 손상이 추가 되지 않은 것으로 보아 전회와 비교시 손상의 열화 및 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 보수가 미실시된 일부 손상에 대해서는 손상의 정도나 범위가 중대한 위험 수준은 아니나 내구성 유지를 위해 표면보수 및 주입보수 등의 유지관리가 필요하다.
- 교대 법면은 보호공이 없는 압성토사면을 시공하여 관리가 되고 있으며, 국부적인 표층 유실이 확인되었으나, 주변 배수로 설치 및 전회와 비교시 진전이 미미한 것으로 보아 유지관리(주의관찰)후 향후 보호블럭 공법 등의 보호공이 필요할 것으로 판단된다.

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.
- 교각에 발생한 박락, 층분리, 열화 등의 손상은 시공당시 다짐 및 타설불량, 장기공용에 의한 우수유입 및 염화칼슘 유입 등에 의한 콘크리트 열화로 판단되며, 교각 P2 코핑부에 전면적인 보수를 실시한 것이 확인되었다. 그 외 미보수된 일부 손상에 대해서는 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

6) 교량받침

- 받침 본체에서 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 받침 물탈에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 폭 0.1~0.3mm의 미세균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트에서 조사된 박락, 열화, 박리 등은 국부적으로 발생되었으나, 파손부로 우수유입, 동절기 급격한 온도차에 의한 철근부식에 의해 손상이 진전이 우려되므로, 단면복구가 요망된다.

7) 신축이음장치

- 신축이음에 발생한 후타재 균열 및 박리는 차량 통행하중 및 충격, 콘크리트 열화 등으로 인한 손상으로 판단되며, 표면처리 및 단면복구를 실시하는 유지관리가 필요하다. 공용시 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 갓길측 체수 등에 의한 이물질퇴적의 추가 발생 가능성이 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

8) 교면포장

- 교면포장은 기존 손상인 균열이 확인되었고, 현재까지 손상의 추가 발생이 없는 대체로 양호한 상태이다. 교면포장은 차량의 반복하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생할 수 있으므로, 지속적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

9) 배수시설

- 배수구는 현재 양호한 상태이나, 공용기간 경과 및 추방통행에 의한 비산물퇴적 등의 원인으로 이물질퇴적, 그로인한 체수, 배수관 부식 등의 손상이 발생할 수 있으므로, 주기적인 정비를 통한 유지관리가 필요하다.

10) 방호벽

- 방호벽에 발생한 박리, 철근노출은 공용기간 증가, 우수유입 등에 의한 손상으로 내구성확보를 위한 단면보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- 금회 신규 조사된 보수재 박락은 콘크리트와의 접착성 불량, 외부 환경(온도, 우수) 등에 의한 손상으로 방호벽 하단에 주로 발생하였다. 보수재 박락에 대해서는 주의관찰하는 유지관리 후 손상의 진전에 따라 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

11) 교량 점검시설

- 점검시설에 발생한 발판 부식은 정도가 크지 않은 상태로 위험성은 높지 않으나, 점검자의 안전을 위한 정비가 필요할 것으로 판단된다.

12) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 28.7~30.6MPa, 하부구조 25.8~27.5MPa 로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도저하가 없는 것으로 판단된다.

- 상부구조 탄산화깊이는 4.5mm, 하부구조 탄산화깊이는 5.5mm로 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 하부구조의 일부 손상 단면보수와 바닥판, 배수시설 등 일부 부재의 상태등급을 기술자 판단에 의해 상향 평가 되어 백옥포교 강릉방향의 환산 결함도 점수는 0.254 → 0.256으로 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	• 방호벽 박리, 철근노출 • 폭 0.1~0.2mm의 균열
배수시설	• 배수구 막힘여부 점검(발생여부 점검)
바닥판	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열 등 • 박리, 박락, 철근노출 등
거더 및 가로보	• 거더 균열, 박리, 박락 등 • 가로보 폭 0.1~0.3mm의 균열, 박리, 철근노출 등
교량받침	• 부식(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 균열(진전여부 점검) • 무수축물탈, 받침콘크리트 박리, 박락(진전여부 점검) • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 본체 부식(진전여부 점검) • 후타재 균열, 박리 등
하부구조	• 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열, 백태 • 박리, 박락, 파손, 재료분리 등

라. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 백옥포교 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 백옥포교 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.

