

제7장 종합 결론

7.1 개 요

7.2 현장조사 및 시험

7.3 시설물의 상태평가

7.4 안전등급 지정

7.5 종합결론

제7장 종합결론

7.1 개요

신월여의지하도로(인천방향)는 서울시 영등포구 여의대로에서 양천구 신월동까지 연결된 지하도로로서 2021년 04월 15일에 준공되어 약 3년이 경과된 1종 시설물이다.

본 과업은 정밀안전점검이며, 시공자료 분석을 포함하여, 근접 육안조사를 이용한 외관조사와 재료시험 등을 이용한 내구성조사 등 현장조사 결과를 통한 상태평가를 바탕으로 구조물을 평가하였으며, 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

7.2 현장조사 및 시험

7.2.1 본선

가. BOX구간

1) 슬래브

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 균열부백태, 층분리, 누수(떨어짐, 스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 백태, 균열부백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 층분리의 경우 시공당시 외부충격, 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ⑤ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 벽체

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 누수(스며있음), 누수흔적이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ④ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.

나. NATM구간

1) 천단부

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 보수부 망상균열, 백태, 보수부 백태, 박락, 박리, 층분리, 파손, 보수부 층분리, 단면불량, 재료분리, 철근노출, 피복부족, 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음), 누수흔적 등이 조사되었다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 보수부 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 백태, 보수부 백태, 누수흔적은 우수유입, 수분침투, 보수미흡 등에 의해 발생된 것으로 판단되며, 백태, 보수부 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 콘크리트 박락, 박리, 층분리, 파손, 보수부 층분리, 단면불량, 재료분리 등의 손상은 전반적으로 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 시공시 외부충격, 품질관리 미흡, 보수미흡 등에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ⑤ 콘크리트 철근노출, 피복부족은 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.
- ⑥ 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- ⑦ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 박락, 층분리, 파손, 단면불량, 보수부 층분리, 보수부 파손, 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음), 누수흔적, 백태, 파손 및 철근노출, 타일탈락, 타일들뜸 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리, 주입보수 등의 보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 콘크리트 박락, 층분리, 파손, 단면불량, 보수부 층분리, 보수부 파손이 확인되었고, 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 시공시 외부충격, 품질관리 미흡, 보수 미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 일부 손상(풍도슬래브 지지대 손상 등)의 경우 탈락시 차량의 안전사고를 유발할 우려가 있으므로 깨어내기 후 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 파손 및 철근노출은 시공당시 물리적 충격, 시공미흡으로 인한 피복두께 부족 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.
- ⑦ 타일탈락, 타일들뜸은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관, 안전 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

3) 풍도슬래브

- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

다. 포장

- ① 본선 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 균열, 망상균열, 파손, 박리, 보수부 파손, 들뜸, 표면오염, 누수흔적 등이 조사되었다.
- ② 포장 균열, 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 지속적인 차량윤하중 등의 원인에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 주기적으로 점검을 실시하는 유지관리가 요망된다.
- ③ 콘크리트 파손, 박리, 보수부 파손의 경우 대부분 종·횡방향 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량윤하중에 의한 충격, 보수미흡 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ④ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 윤하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.
- ⑤ 표면오염, 누수흔적의 경우 공용기간 경과, 체수, 배수불량 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.

라. 공동구

- ① 본선 공동구에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 파손, 덮개탈락, 덮개파손이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하고 주변 부재 보수시 일괄보수가 요구된다.
- ③ 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 덮개탈락, 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전 확보 및 원활한 유지관리를 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

마. 배수시설

- ① 본선 배수시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 추후 정기적인 점검을 통해 신규손상 발생 여부에 대한 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

바. 갯문

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 진입·진출부 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

7.2.2 RAMP-D

가. BOX구간

1) 슬래브

- ① BOX구간 슬래브에 대한 외관조사 결과 망상균열, 백태, 누수흔적 및 백태, 누수(떨어짐, 스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- ③ 백태, 누수흔적 및 백태의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 벽체

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음) 등의 손상이 조사되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

나. NATM구간

1) 천단부

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 누수흔적 등이 조사되었으며, 일부구간 균열, 파손 등의 손상에 대한 하자보수를 실시하였다.

- ② 균열(0.3mm미만, 이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의관찰이 요구된다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 박리, 층분리, 파손, 백태, 누수흔적, 누수(스며있음), 타일탈락 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 박리, 층분리, 파손의 경우 시공이음부(조인트부) 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 시공시 외부충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑤ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 2차손상 발생 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑥ 타일탈락은 시공미흡에 따른 부착강도 저하 등에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 시야 및 미관 확보 등을 위해 타일 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

3) 풍도슬래브

- ① 풍도슬래브 외관조사 결과 풍도슬래브 파손, 보수부 파손, 몰탈파손, 격벽 파손, 댐퍼 변형, 댐퍼 고정볼트 탈락 및 파손 등의 손상이 조사되었다.
- ② 풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

다. 포장

- ① RAMP-D 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 로드셀 파손이 조사되었다.
- ② 포장 로드셀 파손의 경우 조인트부에 발생한 손상으로 차량운하중에 의한 충격, 공용기간 증가 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 손상의 정도가 경미한 바 즉각적인 보수보다는 주의관찰을 통한 유지관리가 요구된다.

라. 공동구

- ① RAMP-D 공동구에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm이상), 박리, 파손, 덮개파손이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하고 주변 부재 보수시 일괄보수가 요구된다.
- ③ 콘크리트 박리, 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡, 유도배수관 길이부족에 따른 하부 우수접촉 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다. 박리의 경우 유도배수관 정비와 연계된 보수가 필요할 것으로 사료된다.
- ④ 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.

마. 배수시설

- ① 배수시설에 대한 외관조사 결과 유도배수관 길이부족이 조사되었다.
- ② 유도배수관 길이부족의 경우 시공미흡에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 2차손상 발생방지를 위하여 정비(재시공 등)를 통한 보수대책 수립이 요구된다.

바. 갯문

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 진입부 갯문은 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

7.2.3 부대시설물

가. 피난연락장

- ① 피난연락장에 대한 외관조사 결과 누수(떨어짐, 스며있음), 체수 등이 조사되었다.
- ② 누수(떨어짐, 스며있음), 체수의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하고, 체수는 주의관찰이 요구된다.

나. U-TYPE옹벽

- ① U-TYPE 옹벽에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

다. 기타시설

- ① 기타시설에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 백태, 누수 및 백태, 누수(스며있음), 체수, 철근노출, 파손, 표면열화, 트레이 내부 체수 등의 손상이 조사되었다.
- ② 상기 발생한 손상의 경우 건조수축, 온도변화, 시공미흡, 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 균열(0.3mm미만, 이상)은 표면처리/주입보수, 백태, 누수 및 백태, 누수는 표면처리/지수보수, 파손, 철근노출은 단면보수/단면보수(방청), 체수, 표면열화는 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 트레이 내부 체수는 전기실 내 전선 트레이부에 발생한 손상으로 점검일 현재 체수 상태는 미미하나 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구되며, 트레이 내 체수시 2차손상 발생이 우려되므로 그에 대한 방지대책(체수부 유도배수, 전선 이동 등)을 수립하는 것이 요구된다.

7.2.4 부속시설물

- ① 부속시설에 대한 외관조사 결과 파손, 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 볼트, 너트 등의 고정장치의 체결은 전반적으로 양호한 것으로 확인되었다.
- ② 높이제한 위반차량의 충돌에 의해 신호기 파손 등의 손상이 발생할 우려가 있으므로 손상방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

7.2.5 공중이 이용하는 부위

- ① 차량의 주행성에 대한 안전성 저하 및 중대결함은 없는 것으로 조사되었다.
- ② 신축이음부 및 추락방지시설, 환기구 등의 덮개 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.

7.2.6 내구성 조사결과

- ① 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 26.5 ~ 27.2MPa로 설계 기준강도(24MPa) 대비 110.5 ~ 113.3%로 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 값으로 분석되었다.
- ② 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 준공도면의 설계치와 비교시 전반적으로 일치한 것으로 확인되었다.
- ③ 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 1)』의 건전성 평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

7.3 시설물의 상태평가

구 분	구조형식	환산결합도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	연장× 차선	연장비	환산결합도 점수×연장비
본선	가. NATM(무근)	0.182	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.116
	나. NATM(철근)	0.114	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.029
	다. BOX	0.110	a	527.9	2	1,056	0.069	0.008
RAMP	가. NATM(무근)	0.287	b	200.1	1	200	0.013	0.004
	나. NATM(철근)	0.121	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.078	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.159
								B

▶ 결합도 범위 = 0.150 ≤ 결합도 지수(0.159) < 0.300 ➡ 『B』

7.4 안전등급 지정

구조물명	안전등급
신월여의지하도로(인천방향)	B등급(양호)

7.5 종합결론

7.5.1 정밀안전점검 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로(인천방향)의 정밀안전점검 종합평가 결과, 기준 ‘B’로 평가되어 안전등급은 “B등급(양호)”으로 지정되었다. 대상 구조물은 안전성 및 사용성이 양호한 상태로 판단되며 외관조사에서 나타난 부분적인 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시한다면 구조물의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

7.5.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

내구성능의 현저한 저하 또는 구조적 안전성에 문제가 될 만한 사안은 발생되지 않은 상태로서 시설물의 정밀안전진단 및 사용제한은 필요치 않은 것으로 검토되었다.

7.5.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

BOX 및 라이닝 누수의 경우 강우, 하천수 등에 따른 누수로 인해 주변 콘크리트 오염, 내부 철근 부식, 포장 빙판 발생에 따른 콘크리트 내구성 저하 및 주행차량 안전사고 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 보수가 필요하며, 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검 요구된다.

풍도슬래브에 발생한 손상의 경우 S52~54에 집중적으로 확인되었으며, 이는 높이제한 위반차량의 충격에 의해 발생한 손상으로 각 손상별 단면보수, 정비를 통한 유지관리가 요구된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 높이제한 위반차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

7.5.4 기타 필요한 사항

시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

