

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), 균열부백태, 누수흔적, 누수(떨어짐, 스며있음) 등이 조사되었다.
- ② 균열(0.3mm이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 주입보수를 실시하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- ③ 균열부백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 누수는 철근콘크리트에 영향을 미치므로 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수흔적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

2) 벽체

- ① BOX구간 벽체에 대한 외관조사 결과 박리, 백태, 누수흔적이 조사되었다.
- ② 박리의 경우 시공미흡, 외부충격 등에 의해 발생한 손상으로 내구성 확보차원에서 단면보수가 요구된다.

- ③ 백태의 경우 미세균열부 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 손상의 정도는 미미하나 손상 진전 방지를 위해 표면처리 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수혼적은 현재 누수가 발생하지 않은 상태로 우천시 누수여부에 대한 지속적인 주의 관찰이 요구된다.

나. NATM구간

1) 천단부

- ① NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 누수(떨어짐, 스며있음), 누수혼적, 백태, 파손 및 철근노출, 피복부족, 격벽파손 등이 조사되었으며, 일부구간 균열, 백태, 균열부백태, 누수 등에 대한 하자보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다.
- ② 균열 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 보수미흡 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 내구성 확보 차원에서 균열에 대한 표면처리, 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.
- ③ 콘크리트 들뜸, 박리, 박락, 파손, 굽힘, 단면불량, 격벽파손 등의 손상은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(떨어짐, 스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 대체로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 누수혼적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생한 것으로 백태는 표면처리, 누수혼적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ⑥ 콘크리트 파손 및 철근노출, 피복부족은 물리적 충격, 시공미흡 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 균열(0.3mm미만, 이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손, 누수(흐름, 떨어짐, 스며있음), 누수혼적, 백태, 파손 및 철근노출, 타일탈락 등이 조사되었으며, 일부 구간 백태, 균열부백태 등에 대하여 하자보수를 실시하였다.

- 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 들뜸, 박락, 파손, 재료분리, 보수부 들뜸, 보수부 파손이 확인되었고, 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격, 보수미흡 등의 원인으로 발생한 손상으로 판단되며, 일부 손상(풍도슬래브 지지대 손상)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 등에 의한 손상으로, 현재 철근이 일부 외기와 접촉하는 상태로 부식 발생 가능성이 있으므로, 단면보수(방청)가 필요한 상태이다.
- ⑦ 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 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 추후 신규손상 발생여부에 대한 지속적인 유지관리가 요구된다.

다. 포장

- ① 본선 포장부에 대한 외관조사 결과 포장 균열, 망상균열, 파손, 박리, 들뜸 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, 박리의 경우 대부분 종·횡방향 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량윤하중에 의한 충격 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.

라. 공동구

- ① 본선 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개탈락, 덮개파손, 실란트 미시공이 조사되었으며, 일부구간 하자보수를 실시하였다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 덮개탈락, 덮개파손의 경우 품질불량, 시공미흡 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 점검자의 안전을 위해 덮개 재시공을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 실란트 미시공의 경우 시공미흡에 의한 손상으로 즉각적인 보수보다는 주의관찰이 요구되며, 추후 포장부 및 공동구 보수시 일괄보수를 실시하는 보수대책 수립이 요구된다.

마. 배수시설

- ① 본선 배수시설에 대한 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으나, 일부구간 채수가 조사되었다.
- ② 채수의 경우 우천시 우수유입, 배수구 막힘에 따른 역류 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상에 대하여 주의관찰을 실시하고 손상의 진전시 누수부 지수보수, 배수시설 막힘구간 정비 등을 통한 보수대책 수립이 요구된다.

바. 갯문

- ① 금회 점검결과, 유지관리상에 영향을 미치는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 시·종점 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(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, 누수 및 백태의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의한 손상으로 내구성 확보 및 손상 진전 방지를 위해 표면처리, 지수보수 등의 보수가 요구된다.
- ④ 누수(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 조사되었으며, 누수에 대한 하자보수가 실시되었다.
- 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 및 재균열(0.3mm미만, 이상), 파손, 누수흔적 등이 조사되었으며, 일부구간 균열 등의 손상에 대한 하자보수를 실시하였다.
- ② 균열 및 재균열(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 콘크리트 파손은 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 균열 보수시 동시에 일괄 단면보수하는 유지관리가 요망된다.
- ④ 누수(스며있음)의 경우 우천시 우수유입 등에 의한 손상으로 시공이음부에서 확인되었으며, 내구성 확보 및 손상의 진전 방지를 위해 지수보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 측벽부

- ① NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 박리, 파손, 백태, 누수흔적, 타일탈락 등이 조사되었다.
- ② 콘크리트 박리, 파손의 경우 시공이음부(조인트부)가 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등에 의한 국부적인 손상으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보차원에서 단면보수를 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 누수흔적, 백태는 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태는 표면처리, 누수흔적은 우천시 손상의 진전여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ④ 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(균형), 몰탈파손, 파손 및 철근노출, 격벽 파손 및 철근노출, 댐퍼 변형, 댐퍼 고정볼트 및 덮개 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, 단면보수(방청), 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 파손, 들뜸, 체수가 조사되었다.
- ② 포장 파손의 경우 조인트부에 발생한 손상으로 시공미흡, 건조수축, 차량운하중에 의한 충격 등의 원인에 의한 것으로 판단되며, 주행차량의 안전성 확보를 위해 단면보수를 통한 유지관리가 요구된다.
- ③ 포장 들뜸부의 경우 차량 주행시 소음 및 진동이 발생하는 구간으로 시공미흡, 차량 운하중 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상의 진전여부, 들뜸부 파손여부에 대하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 필요하다.
- ④ 체수의 경우 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전여부에 대한 주의관찰이 요구된다. 특히 겨울철 체수시 빙판 등에 의한 차량의 안전사고 위험이 있으므로 동절기 점검을 통한 유지관리가 필요하다.

라. 공동구

- ① RAMP-D 공동구에 대한 외관조사 결과 파손, 덮개파손이 조사되었다.
- ② 콘크리트 파손의 경우 시공시 물리적 충격에 의한 시공미흡 등에 의한 국부적인 손상으로 즉각적인 보수보다는 진전여부에 대한 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.
- ③ 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 누수, 길이부족 등의 손상이 조사되었다.
- ② 유도배수관 누수, 길이부족의 경우 시공미흡, 차량의 충격 등에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 2차손상 발생 방지를 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. 피난연락갱

- ① 피난연락갱에 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 백태, 누수 및 백태, 누수혼적, 트레이 내부 체수 등의 손상이 조사되었다.

- ② 상기 발생한 손상의 경우 우수유입, 수분침투 등에 의해 발생된 것으로 백태, 누수 및 백태는 표면처리, 지수보수가 요구되며, 누수흔적은 우천시 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 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 일부구간 신호기 파손, 비상구 표지판 파손이 조사되었다.
- ② 신호기 파손, 비상구 표지판 파손의 경우 높이제한 위반차량의 충돌에 의한 손상으로 판단되며, 주행차량의 안전확보를 위해 재설치를 통한 보수가 요구되고, 추후 재손상 방지를 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 내의 시급한 보수 또는 보강이 요구되는 손상은 없는 것으로 확인되었다.

7.2.6 내구성 조사결과

- ① 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 24.1~27.2MPa로 설계 기준강도(24MPa) 대비 100.4~113.3%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(2023. 12)』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)	0.214	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.136
	나. NATM(철근)	0.12	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.030
	다. BOX	0.072	a	527.9	2	1,056	0.069	0.005
RAMP	가. NATM(무근)	0.239	b	200.1	1	200	0.013	0.003
	나. NATM(철근)	0.105	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.069	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.177
								B

▶ 결합도 범위 = 0.150 ≤ 결합도 지수(0.177) < 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, 단면보수(방청), 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.