제7장 종 합 결 론

7.1 개 요

7.2 현장조사 및 시험

7.3 시설물의 상태평가

7.4 안전등급 지정

7.5 종합결론

제7장 종 합 결 론

7.1 개요

신월여의지하도로 RAMP-D는 서울특별시 영등포구 영등포동7가 94-411 일원에 위치하며 2021년 04월 15일에 준공된 신월여의지하도로 RAMP-D 구간(BOX구간 207.0m, NATM구간 467.0m) 1차로의 지하도로다.

본 과업은 2025년 상반기에 발생한 허용 높이 초과 차량의 풍도슬래브 충돌 사고로 인한 영향을 조사하기 위한 긴급점검(정밀안전점검)이며, 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 신월여의지하도로 RAMP-D

가. NATM구간 천단부(S45~S54)

1) 조사결과

NATM구간 천단부 외관조사 결과 균열(0.3㎜이상, 0.5㎜이상) 등이 조사되었으며, 기 손상인 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 원인에 의한 손상이고, 허용 높이 초과 차량의 충돌사고로 신규 균열(0.5㎜이상)이 조사되었다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① NATM구간 천단부에 조사된 균열(0.3㎜이상, 0.5㎜이상)의 경우 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형, 차량 충격 등의 원인에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단되며, 구조물의 내구성 증진을 위한 균열에 대한 주입보수를 실시하는 유지관리가 요구된다.

나. 풍도슬래브 상면(S45~S54)

1) 조사결과

풍도슬래브 상면에 대한 외관조사 결과, S52~54에 집중적으로 손상이 확인되었으며 이는 허용 높이 초과 차량의 충돌 사고로 파손, 이음부 몰탈파손, 댐퍼 변형, 볼트탈락 및 파손,

등이 조사되었다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① 풍도슬래브 상면에 파손, 이음부 몰탈파손이 조사되었고, 손상은 허용 높이 초과 차량 충돌에 의한 파손으로 판단되며, 콘크리트에 미치는 영향은 적으나 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 보수가 요망된다. 또한 추후 재손상 방지를 위해 허용 높이 초과 차량의 출입을 제한하는 시설물의 설치가 필요하다.

② 풍도슬래브 상면 댐퍼에 고정볼트 탈락 및 파손, 상면 댐퍼 변형이 손상 조사되었고, 통과 허용 높이를 초과한 차량 충돌에 의한 파손으로 판단되며, 볼트교체등의 정비가 필요하다. 보수작업시 손상의 정도가 심한 경우 댐퍼 교체가 필요한 것으로 사료된다.

다. 풍도슬래브 하면(S45~S54)

1) 조사결과

풍도슬래브 하면에 대한 외관조사 결과, S52~54에 손상이 집중적으로 확인되었으며 이는 허용 높이 초과 차량의 충돌 사고로 파손 등이 조사되었다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① 풍도슬래브 하면에 파손이 조사되었고, 손상은 통과 허용 높이를 초과한 차량 충돌에 의한 파손으로 판단되며, 구조물의 안전성에 영향은 없으나 손상의 진전으로 인한 콘크리트의 잔여물 낙하시 주행 차량에 피해를 줄 수 있으므로 주행차량의 안전성 확보 차원의 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

라. 풍도슬래브 격벽(S54)

1) 조사결과

풍도슬래브 격벽에 대한 외관조사 결과 허용 높이 초과 차량의 충돌 사고로 격벽에 국부적인 파손이 조사되었다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① 풍도슬래브 격벽에 파손이 조사되었고, 손상은 통과 허용 높이를 초과한 차량 충돌에 의한 파손으로 판단되며, 구조물의 안전성에 영향은 없으나 손상의 진전으로 인한 콘크리트의 잔여물 낙하시 주행 차량에 피해를 줄 수 있으므로 주행차량의 안전성 확보 차원의 단면보수 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

마. NATM구간 측벽부(S45~S54)

1) 조사결과

NATM구간 측벽부에 대한 외관조사 결과 파손, 박리, 백태, 타일탈락, 균열 및 누수(스며있음) 등이 조사되었고, 허용 높이 초과 차량에 의한 손상이 아닌 우수유입, 수분침투, 시공미흡 등에 의한 손상으로 판단된다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① 측벽부에 국부적인 백태, 균열 및 누수가 조사되었고, 우수유입, 수분침투 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 구조적인 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수를 실시하는 것이 바람직하고, 우천시 손상의 진전 여부에 대한 주의관찰을 실시하는 것이 요구된다.

② 측벽 타일부에 타일탈락이 조사되었고 시공미흡, 부착강도 저하 등의 원인에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 손상부는 사용성 확보 차원의 타일교체 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

③ 측벽부 콘크리트 파손, 박리가 일부 확인되었고, 시공이음부(조인트부) 맞닿음, 거푸집탈거시 충격 등의 원인에 의해 발생된 손상으로 차량 충돌 등에 의한 손상은 아닌 것으로 판단되며, 그 정도가 심하지 않아 콘크리트에 미치는 영향은 적으나, 내구성 확보 차원의 단면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

바. 부대시설(S45~S60)

1) 조사결과

부대시설에 대한 외관조사 결과 허용 높이 초과 차량의 충돌 사고 후 부대시설에 손상의 영향은 없는 것으로 조사되었고 유도배수관 길이 부족의 경우 시공 미흡에 의한 손상으로 판단된다.

2) 손상 발생원인 및 대책방안

① 유도배수관 길이부족의 경우 시공 미흡에 의한 손상으로, 하면에 체수가 발생하고 있어 철근콘크리트에 영향을 미치므로 재설치 등의 정비를 실시하는 것이 바람직하다.

7.2.2 내구성 조사결과

① 비파괴강도시험 검토결과, 반발경도법에 의한 콘크리트 강도는 BOX슬래브 및 NATM라이닝 24.1~26.9MPa, 풍도슬래브 49.3~64.5MPa로 설계기준강도(라이닝: 24MPa, 풍도슬래브: 40MPa)를 100%이상 상회하는 값으로 분석되었다.

② 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하 및 허용높이 초과 차량 충돌 사고에 의한 강도의 영향은 없는 것으로 판단된다.

③ 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 설계치와 비교시 준공도면과 대체로 일치한 것으로 확인되었다.

④ 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상으로 측정되어 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2026. 01)』의 탄산화 상태평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달기간은 차량 충돌 구간 및 상태양호 구간 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

7.3 시설물의 상태평가

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							충돌 사고 전·후 영향	
				박리	층분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-		
S51	c	a	a	a	a	a	a	a	x	-	· 파손 a→a	· 균열 a→c
S52	c	a	b	a	a	b	a	a	a	-	· 파손 a→b	· 균열 a→c
S53	a	a	c	a	a	a	a	a	x	-	· 파손 a→c	· 균열 a→a
S54	a	a	d	a	a	a	a	a	a	-	· 파손 a→d	· 균열 a→a

· 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에 의한 신월여의지하도로 RAMP-D S51~S54 구간 상태평가를 실시한 결과, 상태평가항목 중 균열, 파손 및 손상에서 사고전·후(a→c~d) 등급의 변화가 확인되었다.

7.4 종합결론

7.4.1 긴급점검(정밀안전점검) 실시결과의 종합결론

신월여의지하도로 RAMP-D의 점검결과, 외관조사에서 나타난 허용 높이 초과 차량 충돌 사고에 의한 풍도슬래브 파손 손상에 대하여 보수를 실시하고, 중점유지관리사항에 대한 지속적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 원활한 기능발휘와 더불어 건전한 상태를 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

7.4.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

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

7.4.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

NATM구간 라이닝 및 풍도슬래브에 발생한 파손은 허용 높이 초과 차량 충돌 사고로 발생한 손상이며, 구조물에 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되나 내구성 저하 및 주행차량 안전성저하 등이 발생될 우려가 있으므로 우선적인 단면보수를 실시하는 것이 필요하며, 보수 전까지는 주행차량의 안전사고가 발생되지 않도록 지속적인 점검이 요구된다.

허용 높이를 초과한 차량의 진입으로 라이닝 및 풍도슬래브에 충돌 파손 등 내구성 저하 및 주행차량 안전성저하 등이 발생될 우려가 있으므로 이를 예방하기 위하여 H빔을 사용한 진입제한시설을 설치하고 유지관리가 요망된다.

7.4.4 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.