제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사

3.3 측정 및 시험

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.1.1 시설물 개요

과업 대상 시설물인 불광천1 복개구조물은 12개의 Type으로 구성된 총연장 2,866m(폭원 8.0m~24.0m)의 콘크리트 Box 암거 구조물로써 서울시 은평구 불광동에서 역촌동 일대의 우수 및 오수 배제 목적으로 1981년도에 준공되어 약 31년간 공종중인 시설물이다.

본 시설물에 대한 현장조사는 착수 전 예비조사와 기 진단 및 점검보고서 결과를 통하여 주요 손상을 파악한 후 <표 3.1.1>과 같이 현장조사 방향을 결정하여 콘크리트 Box 암거 및 상부의 외관상태를 정밀하게 조사하였으며 점검결과에 대하여 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량 및 터널편, 국토해양부, 시설안전공단, 2010. 12)”의 평가기준에 근거하여 구조물에 발생된 손상정도에 따라 a~e의 5단계로 구분하여 판정하였다.

<표 3.1.1> 예비조사와 기존자료 검토를 통한 외관조사 방향

<table>
<tr><td>예비조사</td><td colspan="4">· 현장 접근방법, 장비동원과 일정계획을 수립
· 예비조사를 통해 시설물에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류
· 결함 및 손상의 발생 원인을 추정하고 조사방향 결정
· 현장조사 안전조치 계획수립</td></tr>
<tr><td rowspan="18">기존자료
검 토

“2010년도
정밀점검“
손상현황</td><td rowspan="5">상부구조
(도로포장부)</td><td colspan="2">· ASP 균열</td><td>- 반복적인 차량하중</td></tr>
<tr><td colspan="2">· ASP 망상균열</td><td>- 아스콘 노후화</td></tr>
<tr><td colspan="2">· ASP 파손, 패임, 마모</td><td>- 반복적인 차량하중 및 아스콘 노후화</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 소성변형</td><td>- 차량 하중 및 제동하중</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 신축이음부 후타재 파손</td><td>- 차량의 반복적인 통행하중</td></tr>
<tr><td rowspan="13">하부구조
(콘크리트 Box 암거)</td><td rowspan="2">· 균열</td><td>·Cw=0.3mm이상</td><td rowspan="3">- 건조수축 및 온도변화</td></tr>
<tr><td>·Cw=0.2mm이하</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 망상균열</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 균열부 백태</td><td>- 균열부를 통한 수분유입</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 철근노출</td><td>- 철근부식, 피복부족 등</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 콘크리트 파손</td><td>- 피복부족 및 외부충격</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 콘크리트 재료분리</td><td>- 콘크리트 다짐불량</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 신축이음부 누수</td><td>- 신축이음부 차수기능 상실</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 보수부 들뜸</td><td>- 시공불량, 공용기간 증가에 따른 열화</td></tr>
<tr><td colspan="2">· H형강 노출 및 부식</td><td>- 시공관리 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 배수관 길이부족</td><td>- 시공관리 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="2">· 거푸집 미제거</td><td>- 시공관리 미흡</td></tr>
</table>

3.1.2 부재별 주요 손상내용 및 원인, 조사방향

가. 상부구조 (ASP 포장면 및 기타시설)

<표 3.1.2> 상부구조 주요 발생 손상 원인 및 조사방향

손상내용		주요 발생원인	조사방향
ASP 포장면	◦ 균열, 망상균열 등	아스콘 노후화 및 내구성 저하 국부적 응력집중 아스콘 혼압물의 품질불량 시공이음부	규모 차량주행성 바닥판의 누수, 백태 발생
	◦ 들뜸	아스콘 노후화 및 내구성 저하 아스콘 혼합물 품질불량 및 전압부족	규모 바닥판의 누수, 백태 발생
	◦ 소성변형	중차량 통행	규모
	◦ 포트홀	아스콘혼합물 품질불량 및 전압부족 팻칭 보수부위 접착력 부족	바닥판의 누수, 백태 발생
배수 시설	◦ 체수, 배수시설	청소불량(배수관 막힘) 배수관 유실 및 길이부족	체수발생 위치 및 규모
신축 이음 장치	◦ 신축이음 누수	고무재 유실 측면 차수 Joint 및 신축이음부 배수관 미설치	발생위치 및 규모 누수 발생 유무
	◦ 후타재균열, 파손 등	중차량 통과 노후화 및 시공불량	발생위치 및 규모

나. 하부구조 (콘크리트 Box 암거)

<표 3.1.3> 하부구조 주요발생 손상 원인 및 조사방향

손상내용		주요 발생원인	조사방향
균열, 누수, 백태	◦ 횡방향(슬래브) 균열 ◦ 수직균열(벽체) ◦ 망상균열	·콘크리트 수화열 발생에 따른 외부구속 ·건조수축에 의한 균열	-균열폭, 방향 및 연속성 -균열부 누수, 백태 유무
	◦ 종방향 균열	·시공초기 발생 (양생과정) (거푸집 지지불량·조기 탈형 등) ·구조적 내력 부족에 의한 균열	
	◦ 누수, 백태	·벽체 시공이음부 누수 ·배면지반쪽 벽체 결함부를 통한 누수 ·심축이음부를 통한 누수 ·배수관 설치 불량에 따른 누수 ·Cold Joint 누수	-누수 위치 및 규모 확인 -배수관 손상 현황 확인 (설치 유·무, 막힘 등) -신축이음 차수기능 확보여부
단면 결함	◦ 재료분리, 침식, 박락 등 (철근 비노출)	·다짐불량, 피복부족, 철근부식, 유수흐름 ·균열진전, 탄산화, 염해 등	-발생규모, 깊이조사 -유수의 영향 여부 조사
	◦ 재료분리, 침식, 박락 등 (철근 노출)	·다짐불량, 피복부족, 철근부식 박락 ·침식 등	-부식 철근 종류 확인 -발생규모, 깊이조사 -철근의 단면손상여부 확인

3.1.3 현장조사 기간

현장조사는 예비조사 결과를 토대로 각 부재별로 점검계획에 따라 총 3회차에 걸쳐서 실시하였으며, 각 회차별 점검부재 및 점검기간은 다음과 같다.

구분	점검기간	점검부재		비고
1차	2012.10.16 ~2012.10.19	• 교면 포장 및 신축이음장치 • Box 상부슬래브, 좌・우벽체, 바닥슬래브		
		투입장비	·줄자(50m, 5m), 경강봉, 랜턴	
2차	2012.10.22 ~2012.10.26	• Box 상부슬래브, 좌・우벽체, 바닥슬래브		
		투입장비	·슈미트해머, 드릴, 탄산화 시험 Set	
3차	2012.10.29 ~2012.11.11	• Box 상부슬래브, 좌・우벽체, 바닥슬래브		
		투입장비	·슈미트해머, 드릴, 탄산화 시험 Set	

※ 각 부재별 현장조사시 측정 및 시험(반발경도시험, 탄산화시험)을 병행함

3.1.4 상태평가 기준

국토해양부가 2010년 12월에 고시한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(고시제 2010.1037호)에 따르면 정밀점검 기본과업으로 상태평가를 실시하도록 되어 있다. 상태평가에 대한 세부적인 사항은 2010년 12월에 발간된 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(터널편)”을 준용하였다.

3.2 외관조사

3.2.1 콘크리트 Box 암거

가. Type-1

서울시 은평구 불광동 434 일원에서 시작하는 불광천1 복개구조물의 시점부에서 시작하는 총 연장 263.0m의 Type-1은 3.5m(w)×2.0(h)의 2련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 8.0m의 시설물이며, 1련과 2련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.1> Type-1 시설물 현황

1) 손상 현황

Type-1 Box 암거 외관조사 결과 기존 손상에 대하여 전반적인 보수가 실시된 것으로 확인되었으나 일부 손상의 경우 기 점검 및 보수과정에서 누락되어 본 점검을 통하여 확인되었으며, 확인된 주요손상은 균열(Cw=0.2mm이하 건·습식 균열), 망상균열 및 Joint부 누수이며 그 밖에 외부에서의 우·오수 유입구 마감불량, 보수부 손상 및 콘크리트 재료분리, 파손 등의 단면손상이 일부 조사되었다.

확인된 손상 중 발생빈도가 가장높은 균열의 경우 시공초기 콘크리트 건조수축, 단계별 시공에 의한 구속 및 수화열 등 여러 요인의 복합적인 작용에 의하여 발생된 것으로 판단되며, 특히 콘크리트 표면에 발생된 미세 망상균열은 박스 내부의 습윤한 환경에 의한 공용 중 건·습 반복에 의하여 발생된 것으로 추정된다.

유입구 주변 마감불량은 복개 구조물 주변으로 인접한 시설물로부터의 계획되지 않은 유입구 설치 시 외부에서 유입구 삽입 후 내부에서 마감이 실시되지 않은 상태로 방치되어 유입구 주변으로 철근부식, 배면토사 유실 등의 2차 적인 손상을 유발하고 있는 상태이다.

그 밖에 시공관리 미흡에 따른 콘크리트 재료분리, 보수부 손상(표면균열, 박리) 및 공용의 장기화에 따른 Joint의 차수기능 저하의 누수의 발생이 확인되었으며, 일반적인 손상이외에 구조물의 사용성 및 안전성 저하가 우려되는 구조적 결함은 없는 것으로 확인되었다.

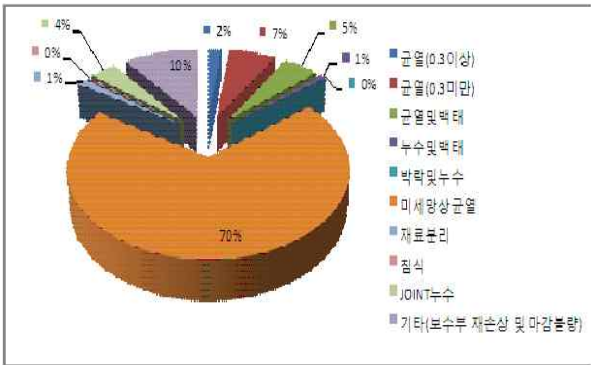
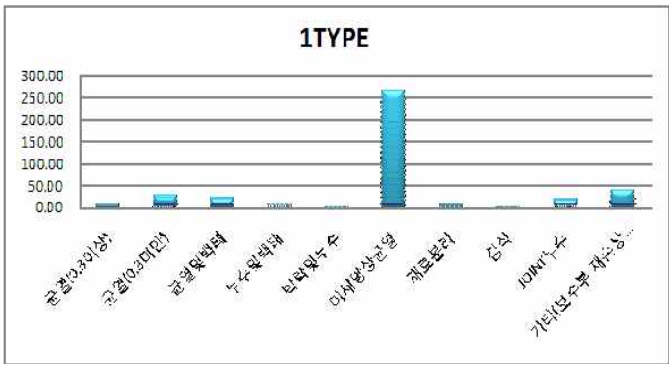
외관조사결과 확인된 손상발생 현황은 다음과 같다.

<표 3.2.2> Type-1 손상발생 현황

손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
1, 2련 연결 개구부 마감불량		0.2 ㎡	2 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
개구부 부식		1.0 ㎡	1 ea	· 유지관찰
균열	Cw=0.3mm 미만	25.1 m	11 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	7.0 m	2 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 및 백태		19.0 m	4 ea	· 주입보수공법 (습식)
누수 및 백태		0.5 m	1 ea	· 주입보수공법 (습식)
외부 유입구(우수·오수) 마감불량 및 백태		5.7 ㎡	8 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
유입구 막힘		- -	1 ea	· 유지관찰
표면 미세망상균열	Cw=0.1mm미만	265.8 ㎡	6 ea	· 유지관찰
콘크리트 박락		0.1 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
보수부 망상균열 및 백태		5.7 ㎡	2 ea	· 하자보수
보수부 박락		0.1 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 Joint부 균열 및 누수		5.2 m	31 ea	· 하자보수
콘크리트 백태		2.7 ㎡	1 ea	· 표면처리공법 (습식)
콘크리트 침식		1.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
콘크리트 재료분리		5.3 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
콘크리트 파손		1.3 ㎡	2 ea	· 단면복구공법
콘크리트 침식		1.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
Joint부 균열	Cw=0.3mm	7.5 m	1 ea	· 주입보수공법 (습식)
Joint 누수		24.0 m	6 ea	· 물끊기공 설치, 유도배수
바닥부 이물질 퇴적		3.0 ㎡	1 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.3> Type-1 손상발생현황표

	
손상발생빈도	손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 균열

콘크리트에 발생된 균열은 구조적 균열이 아닐 경우 균열의 발생 심도를 고려하여 철근부식에 따른 내구성 저하 우려가 있는 Cw=0.3mm이상 균열에 대해 주입보수를 실시하는 것이 일반적이나 본 시설물의 경우 상시 습윤한 환경에 노출되어 있음을 고려할 때 Cw=0.2mm 이하 균열에 대해서도 열화요소 차단을 위하여 표면처리를 통한 보수가 실시됨이 바람직 한 것으로 판단된다. 다만 상부슬래브 일부구간에 발생된 광범위한 미세망상균열(Cw=0.1mm이하)의 경우 발생된 균열의 폭이 매우 미세하고 균열의 심도가 콘크리트 표면에 국한되어 있는 것을 감안할 때 현재 별도의 보수를 요하는 상태는 아닌 것으로 판단된다. 따라서 유지관찰을 통하여 향후 손상부 주변으로 백태 및 철근부식에 의한 녹물 등이 관찰될 경우 손상정도에 따른 적절한 보수가 실시되어야 할 것이다.

<표 3.2.4> 균열발생 현황사진 및 대책방안

Sta.224m 상부슬래브 (Cw=0.3mm)	Sta.217m 상부슬래브 (Cw=0.2mm)	Sta.228m 우측벽체 (Cw=0.2mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	

(2) 유입구 마감불량

복개구조물 주변으로의 건축시설물 신축 등에 따른 콘크리트 Box 암거 시공당시 계획되지 않은 외부에서의 오수 유입구가 다수 설치된 것으로 확인되었다.

외부 유입구는 설치당시 암거의 상부 슬래브 또는 벽체에 외부에서의 파취를 통하여 관을 삽입하였으며, 유입구 전반적으로 시공 후 내부에서의 파취면에 대한 마감이 실시되지 않았던 것으로 판단된다.

점검결과 마감이 실시되지 않은 채 방치된 유입구 주변의 경우 지속적으로 오수 등에 노출됨에 따라 유입구 주변 콘크리트의 열화, 노출된 철근의 부식 및 배면 토사 유실 등이 확인되고 있는 상태로써 콘크리트 단면손실 부위에 대한 보수가 필요하다.

<표 3.2.5> 유입구 마감불량 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1m 외측벽체 (t=300mm)	2련 Sta.72m 상부슬래브 (t=200mm)	2련 Sta.177m 외측벽체 (t=150mm)

대 책	· 철근방청·단면복구공법 (t=150~300mm) - 일부 주철근 절단부위 보강철근 필요 (탄소봉 등)

(3) Joint 누수

Type 1 Box 암거에는 총 10개의 Joint가 설치되어 있으며, 이중 7개소에서 누수가 확인되었다. 이는 공용기간 증가에 따른 Joint의 차수기능 저하에 따른 것으로 현재 누수에 의한 Joint 주변 콘크리트의 누수오염, 백태 등 2차 손상이 확인되는 상태이며, 일부 Joint부의 경우 열화부위에 대한 보수가 실시되었으나 누수 방지에 대한 근본적인 보수(Joint 차수기능 확보)가 선행되지 않은 상태에서 Joint의 거동을 고려하지 않은 일체화 보수로 인하여 보수재 균열 및 누수 재발 등 보수효과를 기대하기 어려운 상태이다.

근본적인 누수 방지를 위하여 상부에서의 Joint 재설치를 통한 차수기능 확보가 필요하나 향후 교체된 Joint의 공용기간 증가에 따른 차수기능 저하, 누수 재발 등을 고려할 때 Box 내부에서의 물끊기 공(유도배수관 또는 물끊기 앵글 등) 설치를 통한 누수관리가 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.6> Joint 누수 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.54m Joint 누수·백태	2련 Sta.84m Joint 보수부 균열·누수	2련 Sta.84m Joint 누수·백태

대 책	· Joint 물끊기공 설치 (유도배수관 또는 물끊기 앵글) 후 콘크리트 열화부 보수(표면처리 등)

(4) 상부슬래브 미세망상 균열 (Cw=0.1mm미만)

상부슬래브에 발생되는 전체적인 망상균열의 경우 지속적인 상부하중에 의한 피로 및 내하력부족 등 구조적 결함에 의하여 발생될 우려가 있는 손상으로써 본 Box 암거 상부슬래브 1련 Sta.192, 2련 Sta.172에 발생된 광범위한 망상균열에 대하여 면밀한 외관조사를 실시한 결과 본 손상은 발생 균열의 폭이 0.1mm미만으로 미세하고 균열의 심도가 콘크리트 표면에 국한된 것으로 확인되었으며, 그 밖에 2차적인 손상은 없는 것으로 볼 때 구조적 결함에 의한 손상은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 본 손상은 시공초기 콘크리트의 건조수축, 수화열 또는 타설된 콘크리트의 품질불량 등에 기인하여 발생된 손상으로 판단되며, 특히 Box 내부의 경우 수처리시설의 특성상 상시 습윤한 상태를 유지함을 감안할 때 콘크리트 표면의 반복적인 건·습이 균열 발생에 주요했을 것으로 판단된다. 망상균열부의 경우 손상이 비교적 경미하고 2차손상은 없는 것으로 볼 때 유지관리에 대한 경제성 등을 고려 현상태의 유지관리를 통하여 향후 균열부위의 과도한 백태, 철근부식에 의한 콘크리트 표면에서의 녹물이 관찰될 경우 손상정도에 따른 보수가 실시됨이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.7> 상부슬래브 망상균열 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.192m~204 상부슬래브 전체적인 망상균열 (Cw=0.1mm 미만)		2련 Sta.172m~223m

대 책	· 유지관찰 (향후 균열부위의 2차손상 발생 시 손상정도에 따른 보수실시)

나. Type-2

총 연장 509.0m의 Type-2은 3.5m(w)×2.4(h)의 3련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 11.8m의 시설물이며, 1련과 3련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.8> Type-2 시설물 현황

1) 손상 현황

Type-2 Box 암거 외관조사 결과 균열 및 철근노출, 재료분리 등의 콘크리트 단면손상에 대하여 보수가 실시되었으나 일부 손상의 경우 점검 및 보수시 누락된 것으로 확인되었다.

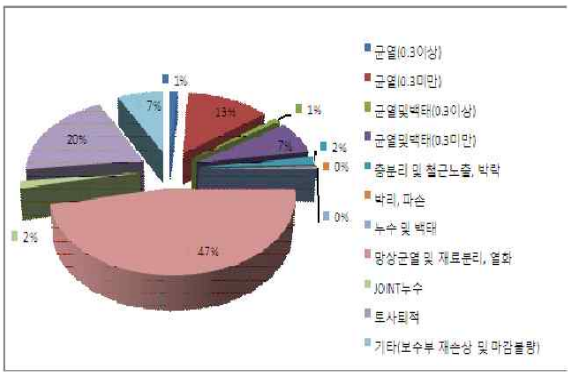
외관조사결과 확인된 주요 손상은 기존 점검 및 보수에서 누락된 균열(Cw=0.1~0.3mm), 재료분리, 철근노출 등의 콘크리트 단면손상 및 외부 유입구 마감불량, Joint 누수 등이며, 특히 1련 Box Sta.500m 인근 좌측벽체의 경우 이력이 확인되지 않는 강재 보강부위의 과도한 부식이 확인되었으나 보강구간의 구조적 결함에 의한 손상은 없는 상태이다.

<표 3.2.9> Type-2 손상발생 현황

손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
철근노출·층분리	t=30mm	8.6 ㎡	19 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
침식부 철근노출	t=30mm	9.0 ㎡	2 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
균열	Cw=0.3mm 미만	156.6 m	48 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	13.5 m	4 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 (누수·백태)	Cw=0.3mm 미만	86.4 m	25 ea	· 표면처리공법 (습식)
	Cw=0.3mm 이상	12.0 m	2 ea	· 주입보수공법 (습식)
누수 및 백태		5.1 m	10 ea	· 주입보수공법 (습식)
콘크리트 박리·파손	t=30mm	1.3 ㎡	3 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	t=310mm	0.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
재료분리	t=30mm	5.6 ㎡	11 ea	· 단면복구공법
망상균열		5.8 ㎡	2 ea	· 표면처리공법 (습식)
외부 유입구 마감불량	t=30mm	2.6 ㎡	4 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	t=300mm	1.2 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
보수부 들뜸	t=30mm	9.4 ㎡	3 ea	· 단면복구공법
보수부 망상균열		6.0 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 철근노출		3.5 ㎡	2 ea	· 하자보수
고정철근 비제거 부식		54.0 ㎡	2 ea	· 유지관찰
토사퇴적		234.5 ㎡	4 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거
표면마모		35.5 ㎡	2 ea	· 유지관찰
표면미세망상균열	Cw=0.1mm 미만	479.5 ㎡	8 ea	· 유지관찰
표면열화		30 ㎡	1 ea	· 유지관찰
H형강노출		13.8 ㎡	9 ea	· 유지관찰
Joint누수		17.5 m	5 ea	· 물 끊기 앵글설치
Joint주변 철근노출	t=30mm	1.3 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.10> Type-2 손상발생현황표



[redacted]

손상발생빈도	손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 균열

<표 3.2.11> 균열발생 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.303m 좌벽체 (Cw=0.2mm)	2련 Sta.328m 상부·좌벽체 (Cw=0.3mm)	3련 Sta.358m 상부슬래브 (Cw=0.2mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	

(2) 콘크리트 단면손상 (콘크리트 재료분리, 철근노출, 콘크리트 층분리 등)

Box 상부슬래브 하면 및 벽체에 다수의 철근노출, 콘크리트 층분리 및 재료분리가 발생된 것으로 조사되었다. 상부슬래브 철근노출의 경우 시공 당시 관리미흡(상부슬래브 하부 철근 피복확보를 위한 간격재 설치불량)에 의한 것으로 판단되며, 일부 구간의 경우 철근부식에 따른 콘크리트 층분리가 발생된 상태이다.

재료분리의 경우 벽체 중앙 및 하단부위에서 주로 발생되었다. 이는 벽체 단면이 협소(300mm)하여 콘크리트 타설 당시 다짐이 충분하지 않았거나 타설 높이가 불량하여 발생된 손상으로 판단되며, 일부 재료분리 발생부위의 경우 철근노출을 동반하고 있는 것으로 확인되었다.

발생된 단면손상 부위에 대해서는 단면복구공법을 통한 손상단면 보수가 필요하며 철근노출이 동반된 손상에 대해서는 보수전 노출된 철근에 대한 방청이 선행되어야 할 것이다.

<표 3.2.12> 단면손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.486m 상부슬래브-철근노출	3련 Sta.305m 좌벽체-재료분리	3련 Sta.481m 상부슬래브-층분리

대 책	단면손상 (철근노출, 콘크리트 파손, 재료분리, 층분리) - 철근 노출	· 단면복구공법 (철근방청)
	단면손상 (콘크리트 파손, 재료분리, 층분리) - 철근 미노출	· 단면복구공법

(3) Joint 누수

현재 Type-2에 설치된 18개의 Joint 중 8개소에서 누수가 발생된 것으로 확인되었으며, 일부 Joint부의 경우 지속적인 누수에 의한 Joint 주변에 배근된 철근의 부식에 의한 콘크리트 층분리에 의한 들뜸 및 콘크리트 박락에 따른 철근노출이 확인되는 상태이다.

joint 누수가 방치될 경우 주변 열화부의 손상 확대가 우려되는 만큼 물끊기공 설치를 통한 joint 주변 열화방지가 필요하며 철근노출, 층분리 부위에 대한 보수가 필요하다.

<표 3.2.13> Joint 누수 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.702m Joint 누수·주변 열화	3련 Sta.305m Joint 누수·주변열화	3련 Sta.642m Joint 누수

대 책	Joint 누수·주변열화	Joint : 물끊기공 설치 / 주변 열화부 : 철근방청·단면복구

(4) 강판 보강부 부식

1련 Sta.500.0~530.0m 구간의 경우 벽체 및 슬래브 하면 일부에 강판 보강이 실시된 것으로 확인되었으며, 외관조사결과 현재 보강된 강판은 암거 내부의 습윤한 환경에서 장기간 노출되어 부식·단면 손실 및 들뜸이 발생된 것으로 조사되었다.

강판 보강의 경우 현재 보수·보강 이력 및 전차 점검 기록에서 누락되어 강판보강 실시 사유에 대해서는 확인 할 수 없는 상태로써 부식된 강판에 대한 제거 후 콘크리트 벽체에 대한 면밀한 외관조사 및 구조해석을 통한 보강필요여부 검토 후 검토결과에 따른 보수·보강이 실시됨이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.14> 강판 보강부 부식 현황사진 및 대책방안

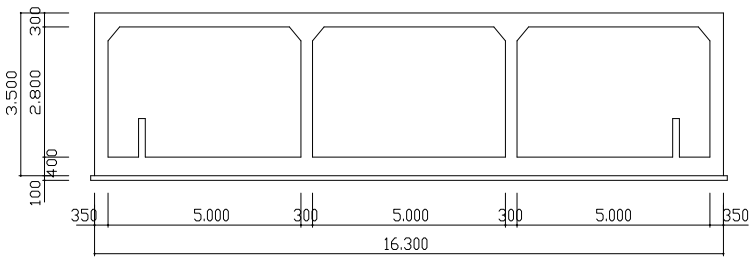
1련 Sta.500.0m~530.0m 강재 부식		

대 책	· 부식된 강판 제거 후 콘크리트 본체에 대한 외관조사 및 구조해석을 통한 안전성 확보여부 검토

다. Type-3

총 연장 372.0m의 Type-3은 5.0m(w)×2.8(h)의 3련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 16.3m의 시설물이며, 1련과 3련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.15> Type-3 시설물 현황



1) 손상 현황

Type-3 외관조사결과 확인된 손상은 균열, 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출 등), 보수부 재손상 및 Joint 누수 등이며 폭 0.3mm미만의 균열 및 철근노출이 가장 높은 비율로 발생하였다.

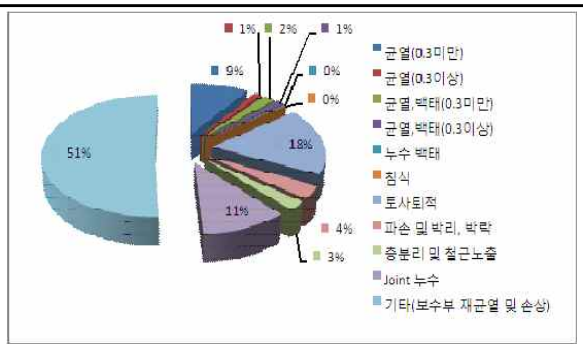
균열의 경우 콘크리트의 건조수축, 일부 수화열에 의한 영향 및 구조물의 단계별 시공에 따른 복합적인 영향에 따른 손상으로 구조적 결함에 의한 균열은 없는 것으로 확인되었으나, 1련 암거 Sta.822m 및 3련 Sta.1,044m Joint부에 발생된 다수의 종방향 균열의 경우 차량의 통행과정에서 Joint 부위에서 가해지는 차량에 반복적인 윤하중에 의한 것으로 추정된다. 다만 현재 균열의 발생폭이 0.2mm이하로 비교적 미세하고 누수 등의 추가손상은 없는 것으로 확인되어 주의관찰을 통한 손상 진행여부 확인이 필요하다.

<표 3.2.16> Type-3 손상발생 현황

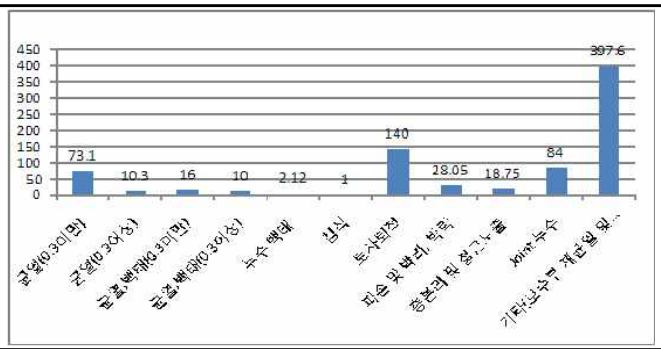
손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
간격재노출		0.6 ㎡	6 ea	· 유지관찰
거푸집미제거		12.6 ㎡	4 ea	· 유지관찰
철근노출·층분리	t=30mm	18.8 ㎡	33 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
균열	Cw=0.3mm 미만	73.1 m	29 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	10.3 m	3 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 (누수·백태)	Cw=0.3mm 미만	16.0 m	5 ea	· 표면처리공법 (습식)
	Cw=0.3mm 이상	10.0 m	2 ea	· 주입보수공법 (습식)
누수 및 백태		2.2 m	6 ea	· 주입보수공법 (습식)
콘크리트 박리·파손	t=30mm	23.2 ㎡	21 ea	· 단면복구공법
재료분리	t=30mm	4.9 ㎡	6 ea	· 단면복구공법
벽체 배부름		7.3 ㎡	1 ea	· 유지관찰
보수부 박리·파손, 들뜸	t=30mm	8.9 ㎡	4 ea	· 하자보수
보수부 백태		0.3 ㎡	2 ea	· 하자보수
보수부 재균열	Cw=0.3mm 미만	14.0 m	4 ea	· 하자보수
	Cw=0.3mm 이상	3.0 m	1 ea	· 하자보수
보수부 망상균열		236.0 ㎡	8 ea	· 하자보수(유지관찰)
보수부 철근노출	t=30mm	0.42 ㎡	2 ea	· 하자보수
침식		1.0 ㎡	2 ea	· 단면복구공법
이물질 퇴적		140.0 ㎡	4 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거
표면미세망상균열	Cw=0.1mm 미만	75 ㎡	1 ea	· 유지관찰
Joint누수		84 m	16 ea	· 물 끊기 앵글설치
Joint주변 박락·백태	t=30mm	1.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
Joint주변 백태		0.2 ㎡	1 ea	· 표면처리공법 (습식)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.17> Type-3 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

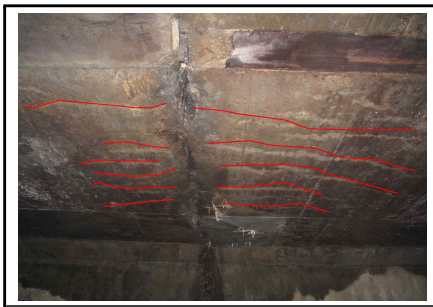
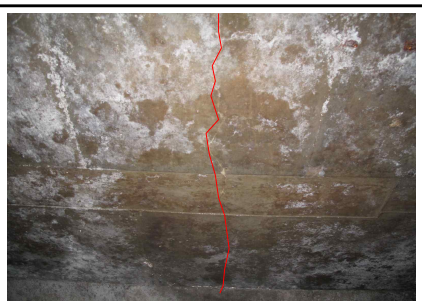
2) 주요손상 대책방안

(1) 균열

암거 내부에 발생된 균열은 시공초기 암거의 종방향 건조수축, 단계별 시공에 따른 구속력에 의하여 발생된 상부슬래브 횡방향균열 및 벽체 수직균열로 확인되었으나, 1·3련 Joint 일부에서 발생된 종방향 균열의 경우 상부에서의 반복적인 차량하중에 의한 손상으로 추정된다.

현재 종방향 균열은 발생된 균열의 폭이 비교적 미세하고 누수, 백태 등의 2차손상은 없는 상태로써 정확한 진행성 균열여부에 대한 확인이 되지 않은 상태에서의 보수는 재균열 발생 우려 등 장기적인 보수효과를 기대하기 어려운 만큼 본 손상부의 경우 중점관리구간으로 선정하여 균열의 폭, 연장의 진행여부에 대하여 세심한 주의관찰을 통하여 보수대책을 수립하여야 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.18> 균열발생 현황사진 및 대책방안

		
1련 Sta.822m Joint 28 주변 상부슬래브 하면 (Cw=0.2mm)	2련 Sta.1,070m 상부슬래브 하면 (Cw=0.2mm)	3련 Sta.997m 상부슬래브 하면 (Cw=0.2mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	
	Joint 주변 종방향 균열	주의관찰	· Joint 주변 종방향 균열부 진행성 균열여부 확인

(2) Joint 누수·백태

<표 3.2.19> Joint 누수·백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.862m joint 30 누수·백태	2련 Sta.872 Joint 30 누수 백태	3련 Sta.1044 Joint 37 누수·백태

대 책	Joint 누수·백태	· 물끊기공 설치를 통한 Joint 주변 콘크리트의 열화방지
	joint 주변 박락, 백태	· 철근노출부위 방청 후 단면보수

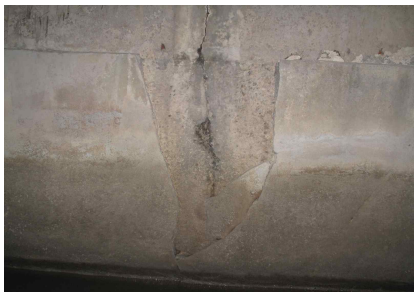
(3) 보수부 손상(보수부 재균열, 보수부 들뜸 등)

기존에 발생된 균열, 단면손상(철근노출, 재료분리 등) 부위에 대하여 표면처리, 단면복구 등을 통하여 보수가 실시되었으며, 보수부위에 대한 보수상태 점검결과 일부 보수부위에서 재균열 및 보수부 들뜸이 발생된 것으로 조사되었다.

표면처리 통하여 실시된 Cw=0.2mm이하의 비교적 미세한 균열부의 경우 보수부 표면의 반복적인 건·습 반복으로 인하여 장기적인 보수효과를 기대하기 어려운 만큼 현상태에서 유지관찰을 통하여 균열부위에 누수 등 추가손상이 발생할 경우 저압 주입보수를 통한 균열보수가 실시됨이 바람직 할 것으로 판단된다.

단면손상부 보수부위 들뜸의 경우 들뜸부위 면적률 등을 고려하여 재보수가 필요하며, 특히 Joint에 실시된 단면보수부의 경우 Joint 거동을 고려하지 않은 일체화 보수가 실시되어 발생된 보수부 손상으로써 재보수시 세심한 시공관리가 필요하다.

<표 3.2.20> 보수부 손상(보수재 균열, 들뜸) 현황사진 및 대책방안

		
1련 Sta.848m 보수부 재균열 (Cw=0.2mm)	1련 Sta.872m 보수부 박리·철근노출	1련 Sta.1,024 단면보수부 들뜸·박리

대 책	보수부 재균열	하자보수
	보수부 들뜸·박리	하자보수(Joint부 재보수 시 거동을 고려한 시공관리 필요)

(4) 콘크리트 단면손상 (철근노출, 콘크리트 층분리, 재료분리)

<표 3.2.21> 단면손상 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.810m 철근노출	2련 Sta.1,133m 철근노출·층분리	3련 Sta.815 재료분리

대 책	단면손상 (철근노출 동반)	· 단면복구 (철근방청)
	단면손상 (철근 미노출)	· 단면복구 / 유지관찰 (경미한 단면손상·탄산화 잔여피복 30mm이상)

(5) 바닥슬래브 이물질 퇴적 (토사, 폐콘크리트 등)

바닥슬래브 일부구간에 토사 및 보수당시 파취된 폐콘크리트가 적치된 것으로 확인되었다. 현재 퇴적물량이 많지 않아 통수에 영향을 주는 상태는 아닌 것으로 판단되나, 지속적인 방치에 따른 퇴적 범위 증가를 고려할 때 지속적인 유지관리 통한 퇴적물 제거가 필요하다.

<표 3.2.22> 바닥슬래브 이물질 퇴적 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,070m 폐콘크리트 적치	3련 Sta.890m 토사퇴적	3련 Sta.1,030m 토사퇴적

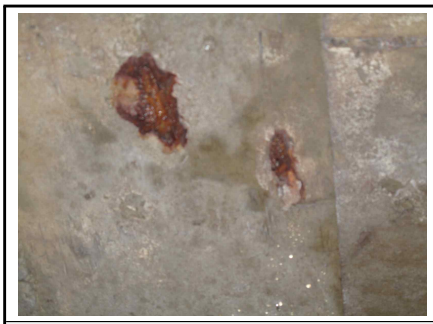
대 책	· 유지관찰 및 향후 준설 제거 (명년 집중호우 시 퇴적범위 증가 등을 고려할 때 지속적인 유지관리를 통한 퇴적물 제거가 필요함)

(6) 기타 손상현황

상부슬래브 하단 철근의 피복두께 확보를 위하여 사용된 철근간격재가 일부 노출·부식된 것으로 확인되었다. 주변으로의 2차손상이 없을 경우 간격재 노출에 따른 구조물의 직접적인 영향은 없을 것으로 판단되어 특별히 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단되나 노출된 간격재에 과도한 부식이 발생된 경우 내부 배근된 철근의 동반 열화 등을 고려하여 부식된 철근의 방청처리 후 열화방지 수준에서의 표면보수가 보수가 요구된다.

그 밖의 상부 슬래브 하면의 미세망상균열 및 시공당시 거푸집 지지불량에 따른 벽체 배부름 등은 현상태 유지관리가 적정할 것으로 판단된다.

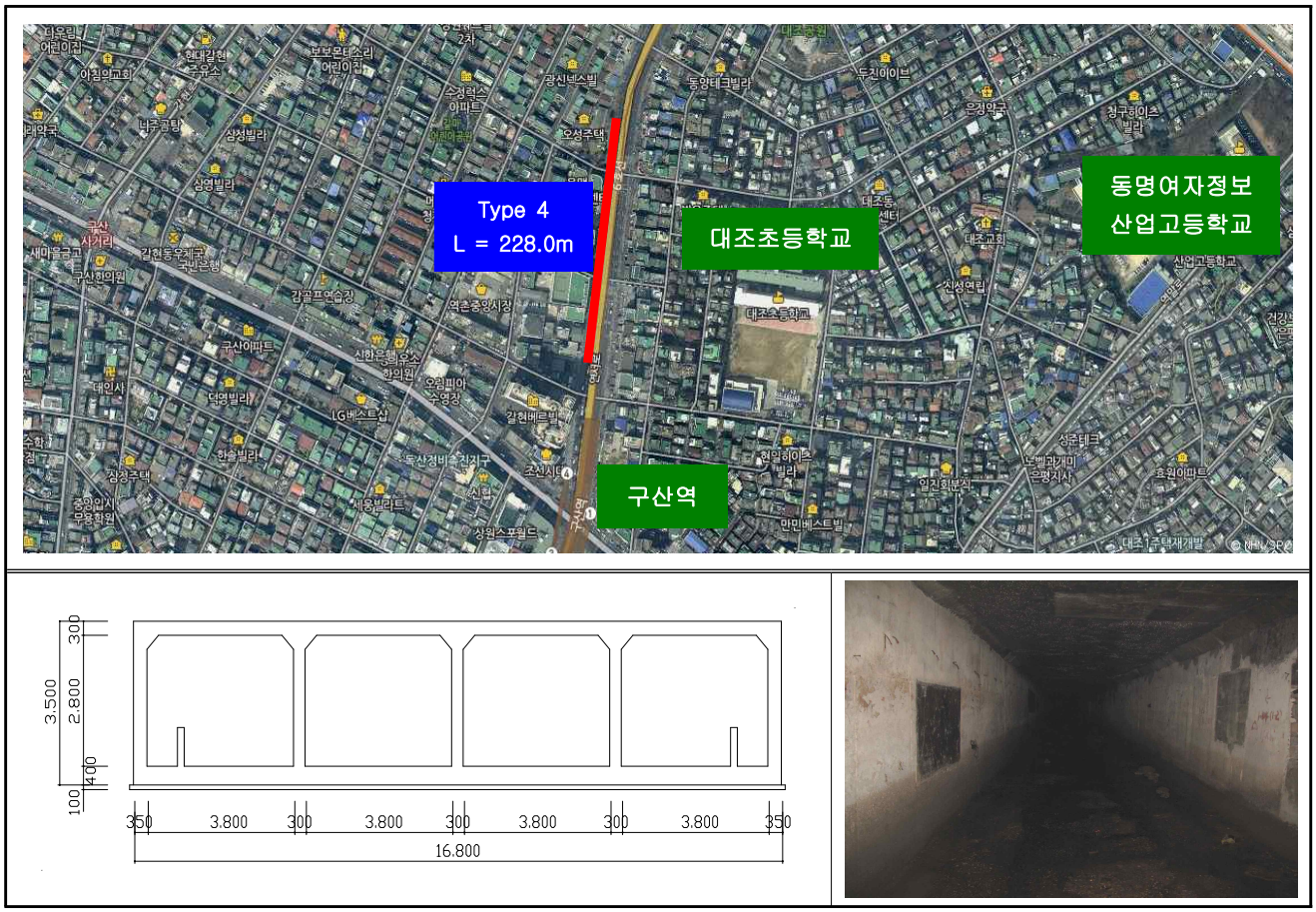
<표 3.2.23> 기타손상 현황사진 및 대책방안

					
2련 Sta.982m 간격재 노출·부식		1련 Sta.825m 표면 미세망상 균열		3련 Sta.964m 벽체 배부름	
대책	유지관찰	대책	유지관찰	대책	유지관찰

라. Type-4

총 연장 228.0m의 Type-4은 3.8m(w)×2.8(h)의 4련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 16.8m의 시설물이며, 1련과 4련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.24> Type-4 시설물 현황



1) 손상 현황

Type-4에 대한 외관조사결과 확인된 손상은 균열(Cw=0.1~0.3mm), 단면손상(콘크리트 재료분리, 철근노출, 층분리), 바닥슬래브 토사퇴적 및 Joint 누수 등이며 그 밖에 기존 손상에 대하여 실시된 보수부 일부의 들뜸, 박리가 조사되었다.

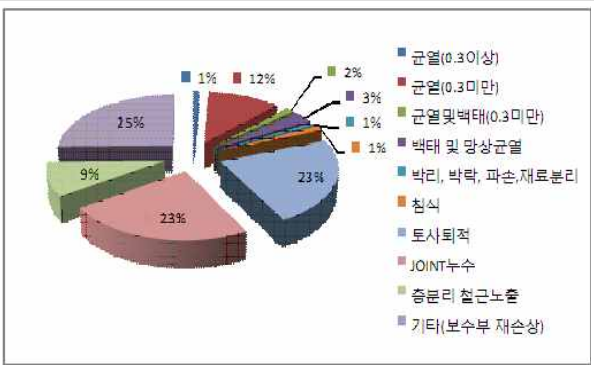
발생된 손상은 전반적으로 시공관리 미흡에 따른 단면손상과 시공초기 콘크리트 특성에 따른 균열 등으로 공용과정에서의 습윤한 환경으로 인한 철근부식에 따른 층분리 등의 손상이 발생된 상태이나 그 밖에 시설물의 안전성이나 사용성 저하가 우려되는 구조적 결함에 의한 손상은 없는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.25> Type-4 손상발생 현황

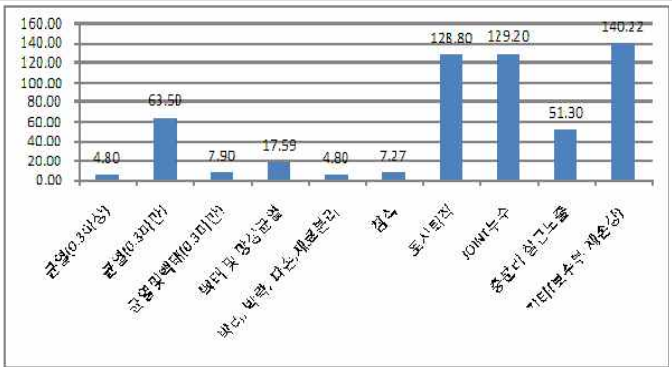
손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
간격제 노출		0.4 ㎡	2 ea	· 유지관찰
공동 발생		0.6 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
균열	Cw=0.3mm 미만	63.5 m	28 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	4.8 m	2 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 및 백태(Cw=0.3mm 미만)		7.9 m	5 ea	· 표면처리공법 (습식)
망상균열 및 백태		17.6 ㎡	13 ea	· 표면처리공법 (습식)
철근노출	t=200mm	2.0 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
층분리, 철근노출	t=30mm	49.4 ㎡	40 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
재료분리		1.7 ㎡	5 ea	· 단면복구공법
박리, 파손, 침식		10.3 ㎡	17 ea	· 단면복구공법
토사퇴적 및 이물질 퇴적		128.8 ㎡	3 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거
Joint 누수		129.2 m	34 ea	· 물 끊기 앵글설치
보수부 들뜸 및 망상균열		127.9 ㎡	9 ea	· 단면복구공법
보수부 균열 및 철근노출		0.12 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 들뜸, 박리 박락		125.1 ㎡	9 ea	· 하자보수
보수부 망상균열		10.0 ㎡	2 ea	· 하자보수(유지관찰)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.26> Type-4 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 균열·망상균열

Type-4 1~4련에서 확인된 균열은 Cw=0.3mm이상 균열이 일부 조사되었으나 전반적으로 Cw=0.2mm이하의 비교적 미세한 균열로써 시공초기 콘크리트 특성 및 단계별 시공 등의 외부요인에 의하여 발생된 비구조적 균열로써 습윤한 환경에 따른 일부 균열부위의 백태가 확인되는 상태이며, 본 Box 암거처럼 습윤한 환경에서 발생된 균열이 장기간 방치될 경우 철근부식 등의 2차손상에 의한 내구성 저하를 유발할 우려가 있으므로 발생 균열폭에 따른 적절한 균열보수가 요구된다.

<표 3.2.27> 균열 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,283m 상부슬래브 하면 (Cw=0.3mm)	3련 Sta.1,365m 상부슬래브 하면 (Cw=0.2mm)	4련 Sta.1,239m 상부슬래브 하면 (Cw=0.2mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	

(2) 콘크리트 단면손상 (콘크리트 재료분리, 철근노출, 층분리 등)

시공관리 미흡에 따른 상부슬래브 하면 철근노출, 벽체 하단의 재료분리 등이 확인되었으며, 철근의 부식여부, 손상단면 두께를 고려하여 단면복구를 통한 보수가 요구된다.

<표 3.2.28> 단면손상 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1,260m 좌벽체 - 재료분리	3련 Sta.1,188m 상부슬래브 하면 철근노출·콘크리트 층분리	3련 Sta.1,207m 상부슬래브 하면 철근노출·콘크리트 층분리

대 책	단면손상 (철근노출 동반)	· 단면복구 (철근방청)
	단면손상 (철근 미노출)	· 단면복구 / 유지관찰 (경미한 단면손상·탄산화 잔여피복 30mm이상)

(3) 보수부 손상 (들뜸, 박리 등)

기존에 발생되었던 균열, 재료분리 및 철근노출 등의 손상에 대해 표면처리, 단면복구 등을 통하여 지속적인 보수가 실시된 것으로 확인되었으며, 보수부위에 대한 외관상태 및 점검망치를 이용한 타격 시험 결과 일부 보수부의 들뜸, 박리가 조사되었다.

보수부 손상부위의 경우 탈락에 따른 철근노출 등 손상부 노출에 따른 내구성 저하 부위에 대한 재보수 및 들뜸 부위의 면적율을 고려한 보수가 필요하며 특히, 2011년 11월 실시된 보수부위(균열보수, 단면보수(방청)) 손상부에 대해서는 하자보증기간을 고려한 조치가 필요하다.

<표 3.2.29> 보수부 손상 현황사진 및 대책방안

3련 Sta.1,152m 상부슬래브 보수부 박리	3련 Sta.1,198m 상부슬래브 보수부 박리·철근노출	3련 Sta.1,244m 상부슬래브 보수부 망상균열

대 책	2011년 이전 보수	· 단면복구 (보수부 철근노출·들뜸 면적율을 고려한 재보수 실시)
	2011년 보수	· 보수불량 부위 하자보수

(4) Joint 누수

공용기간 증가에 따른 차수기능 저하에 의한 Joint 누수가 다수 발생된 상태이며, 누수에 의한 철근부식·부식에 따른 철근팽창압에 의한 콘크리트 박락 등의 2차손상이 발생된 상태이다. 따라서 joint 주변 콘크리트 열화방지를 위한 물끊기공의 시공 및 열화부(철근노출, 콘크리트 박락 등) 보수가 필요하다.

<표 3.2.30> Joint 누수 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1,349m 상부슬래브	3련 Sta.1,198m 상부슬래브	4련 Sta.1,248m 상부슬래브

대 책	Joint 누수부	· 물끊기공 설치를 통한 Joint 주변 콘크리트의 열화방지
	Joint 주변 열화부	· 철근노출부위 방청 후 단면보수

마. Type-5

총 연장 86.0m의 Type-5은 5.8m(w)×2.8(h)의 4련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 24.8m의 시설물이며, 1련과 4련 외측에는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.31> Type-5 시설물 현황

1) 손상 현황

Type-5 외관조사결과 확인된 주요손상은 콘크리트 재료분리, 철근노출 등의 콘크리트 단면손상과 joint 누수, 상부슬래브 하단 철근 간격재 노출 등이며 그 밖에 균열, 보수부 손상 및 콘크리트 파손과 벽체 하단의 침식 등이 적은 빈도로 발생하였다.

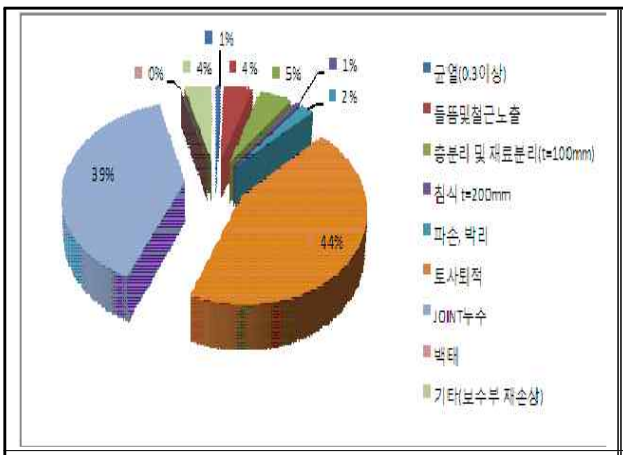
Box 암거 내 발생된 손상은 콘크리트의 재료적 특성, 시공관리 미흡에 따른 손상 및 공용기간 증가에 따른 구조물의 노후화에 의한 비구조적 손상으로 시설물의 안전성이나 사용성 저하가 우려되는 구조적 결함에 의한 손상은 없는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.32> Type-5 손상발생 현황

손상발생현황	손상물량	발생개소	대책
간격재 노출	0.8 m^2	8 ea	· 유지관찰
들뜸 및 철근노출	7.8 m^2	11 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
균열 Cw=0.3mm 이상	1.0 m	1 ea	· 주입보수공법 (건식)
층분리 및 재료분리	8.8 m^2	11 ea	· 단면복구공법
침식	1.3 m^2	2 ea	· 단면복구공법
파손	1.6 m^2	2 ea	· 단면복구공법
박리	2.0 m^2	1 ea	· 단면복구공법
백태	0.2 m^2	1 ea	· 표면처리공법 (습식)
토사퇴적	76.0 m^2	1 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거
Joint 누수	68.8 m	12 ea	· 물 끊기 앵글설치
Joint 층분리	1.8 m^2	1 ea	· 단면복구공법
마감불량	2.3 m^2	1 ea	· 단면복구공법
보수부 들뜸(t=30mm)	1.8 m^2	1 ea	· 하자보수
보수부 박락	0.3 m	1 ea	· 하자보수
Joint 보수부 파손	0.6 m^2	1 ea	· 하자보수

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.33> Type-5 손상발생현황표



[redacted]

손상발생빈도 | 손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 콘크리트 단면손상 (콘크리트 재료분리, 철근노출·층분리)

콘크리트 타설 당시 시공관리 미흡(다짐부족, 타설높이 불량 등)에 따른 벽체 중·하단부의 재료분리 및 상부슬래브 하면의 철근노출이 다수 확인되었다.

일부 재료분리가 발생한 구간의 경우 콘크리트 채움이 부족하여 철근노출을 동반하고 있는 상태로 확인되며 상부 슬래브 하면 철근노출의 경우 하단 철근의 피복두께 확보를 위하여 설치된 간격재가 노출된 것으로 조사되었다.

콘크리트 단면손상부위에 대해서는 단면복구를 통한 보수가 요구되며, 철근노출 및 철근노출을 동반한 재료분리 부위에 대해서는 철근방청이 선행되어야 할 것이다.

<표 3.2.34> 균열 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,398m 좌벽체 재료분리·철근노출	2련 Sta.1,420m 상부슬래브 철근노출·부식	4련 Sta.1,446m 상부슬래브 하면 철근노출 (하단철근 간격재 노출)

대 책	단면손상 (철근노출 동반)	· 단면복구 (철근방청)
	단면손상 (철근 미노출)	· 단면복구

(2) 바닥슬래브 이물질 퇴적 (토사, 폐콘크리트 등)

<표 3.2.35> 바닥슬래브 이물질 퇴적 현황사진 및 대책방안

 1련 Sta.1,380m 폐콘크리트 적치	바닥슬래브 일부구간에 토사 및 보수당시 파취된 폐콘크리트가 적치된 것으로 확인되었다. 현재 퇴적물량이 많지않아 통수에 영향을 주는 상태는 아닌 것으로 판단되나 지속적인 방치에 따른 퇴적 범위 증가를 고려할 때 지속적인 유지관리 통한 퇴적물 제거가 필요하다.

대 책	· 유지관찰 및 향후 준설 제거 (명년 집중호우 시 퇴적범위 증가 등을 고려할 때 지속적인 유지관리를 통한 퇴적물 제거가 필요함)

(3) 보수부 손상 (들뜸, 박리, 파손)

기존 손상에 대하여 표면처리, 단면복구 등을 통한 보수가 지속적으로 실시된 것으로 확인되었으며, 보수부위의 외관상태 및 점검망치를 이용한 타격 시험 결과 일부 보수부의 들뜸, 박리가 조사되었다. 보수부 손상부위의 경우 탈락에 따른 철근노출 등 손상부 노출에 따른 내구성 저하 부위에 대한 재보수 및 들뜸 부위의 면적율을 고려한 보수가 필요하며 특히, Joint 보수부위의 경우 구조물의 거동을 고려하지 않은 일체화 보수에 따른 재손상이 발생된 것으로 확인되었다. 철근노출을 동반한 보수부 박리부위의 경우 단면보수를 통한 재보수가 필요하며, Joint부의 경우 구조물의 거동을 고려한 단절시공이 필요하다.

<표 3.2.36> 보수부 손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,398m 상부슬래브 Joint 시공불량 보수부 파손	2련 Sta.1,446m 상부슬래브 보수부 박리·철근노출	3련 Sta.1,421m 상부슬래브 Joint 보수부 박리·철근노출

대 책	2011년 이전 보수	· 보수불량부위 재보수 (철근노출을 동반한 보수부 박리·파손 부위)
	2011년 보수	· 보수불량 부위 하자보수

(4) 유입구 마감불량

<표 3.2.37> 유입구 마감불량 현황사진 및 대책방안

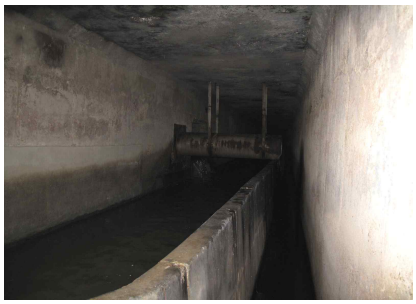
 1련 Sta.1,448m 우벽체	외부 유입구는 설치당시 암거의 상부 슬래브 또는 벽체에 외부에서의 파취를 통하여 관을 삽입하였으며, 유입구 전반적으로 시공 후 내부에서의 파취면에 대한 마감이 실시되지 않아 손상부위에 지속적으로 오수가 유입되어 내구성 및 사용성저하를 초래할 수 있으므로 마감불량부위에 대한 단면복구를 실시하여야 할 것이다.

대 책	· 철근방청·단면복구공법 - 일부 주철근 절단부위 보강철근 필요 (탄소봉 등)

바. Type-6

총 연장 34.0m의 Type-6은 3.0m(w)×3.0(h)의 6련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 20.2m의 시설물이며, 1련과 6련 외측에는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

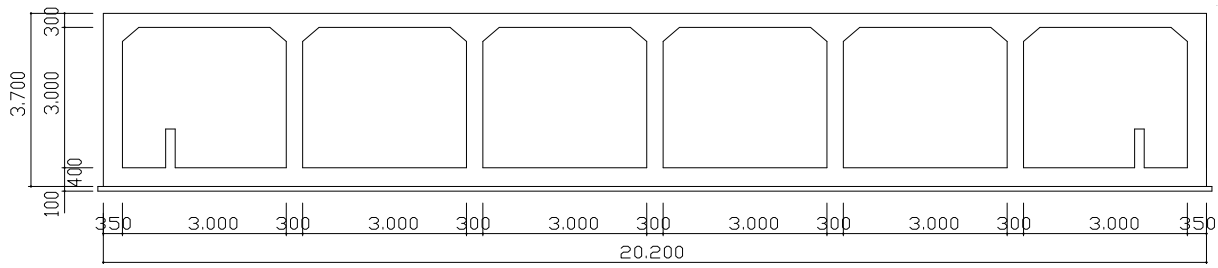
<표 3.2.38> Type-6 시설물 현황



1련 Box

2련 Box

5련 Box



1) 손상 현황

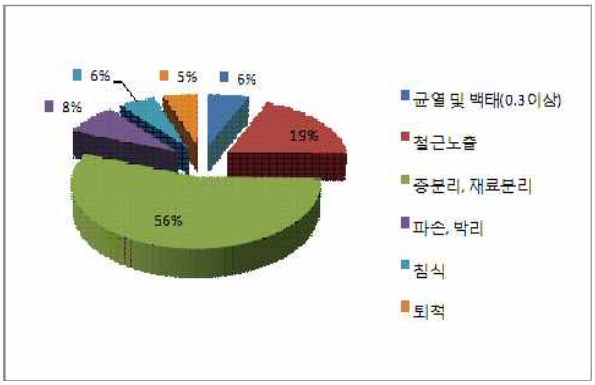
Type-6 외관조사결과 확인된 주요손상은 시공관리 미흡에 따른 콘크리트 재료분리, 철근노출 및 층분리 등의 단면결함 및 국부적인 균열과 바닥슬래브 토사퇴적 및 joint 누수 등의 비구조적 손상으로써 시설물의 안전성이나 사용성 저하가 우려되는 구조적 결함에 의한 손상은 없는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.39> Type-6 손상발생 현황

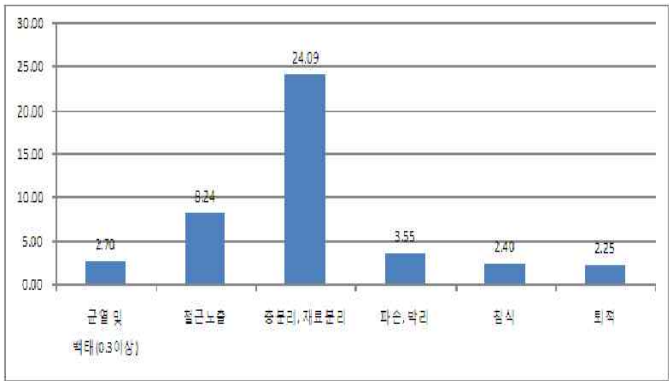
손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
공동, 철근노출	(t=100mm)	0.1 m^2	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	(t=50mm)	8.2 m^2	23 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
층분리 재료분리		24.1 m^2	23 ea	· 단면복구공법
균열 및 백태(Cw=0.3mm 이상)		2.7 m	2 ea	· 주입보수공법 (습식)
침식		2.4 m^2	2 ea	· 단면복구공법
박리		3.0 m^2	3 ea	· 단면복구공법
파손		0.6 m^2	2 ea	· 단면복구공법
이토퇴적		2.3 m^2	1 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.40> Type-6 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 콘크리트 단면손상 (콘크리트 재료분리, 철근노출·층분리)

콘크리트 타설당시 시공관리 미흡(다짐부족, 타설높이 불량 등)에 따른 벽체 중·하단부의 재료분리 및 상부슬래브 하면의 피복부족에 철근노출이 다수 확인되었으며, 습윤한 환경에 의한 철근부식에 따른 철근노출부 인근의 콘크리트 층분리가 조사되었다.

재료분리부의 경우 콘크리트 채움이 부족하여 철근노출 발생구간이 일부 확인되는 상태이며 벽체 하단의 유수에 의한 침식이 일부 조사되었다.

콘크리트 단면손상부위에 대해서는 단면복구를 통한 보수가 요구되며, 철근노출 및 철근노출을 동반한 재료분리 부위에 대해서는 철근방청이 선행되어야 할 것이다.

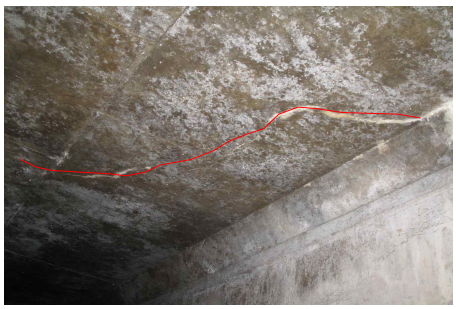
<표 3.2.41> 콘크리트 단면손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,472m 상부슬래브 하면 철근노출·콘크리트 층분리	4련 Sta.1,478m 좌벽체 하단 재료분리·침식	5련 Sta.1,463m 상부슬래브 하면 철근노출·콘크리트 층분리

대 책	단면손상 (철근노출 동반)	· 단면복구 (철근방청)
	단면손상 (철근 미노출)	· 단면복구

(2) 균열

<표 3.2.42> 균열발생 현황사진 및 대책방안

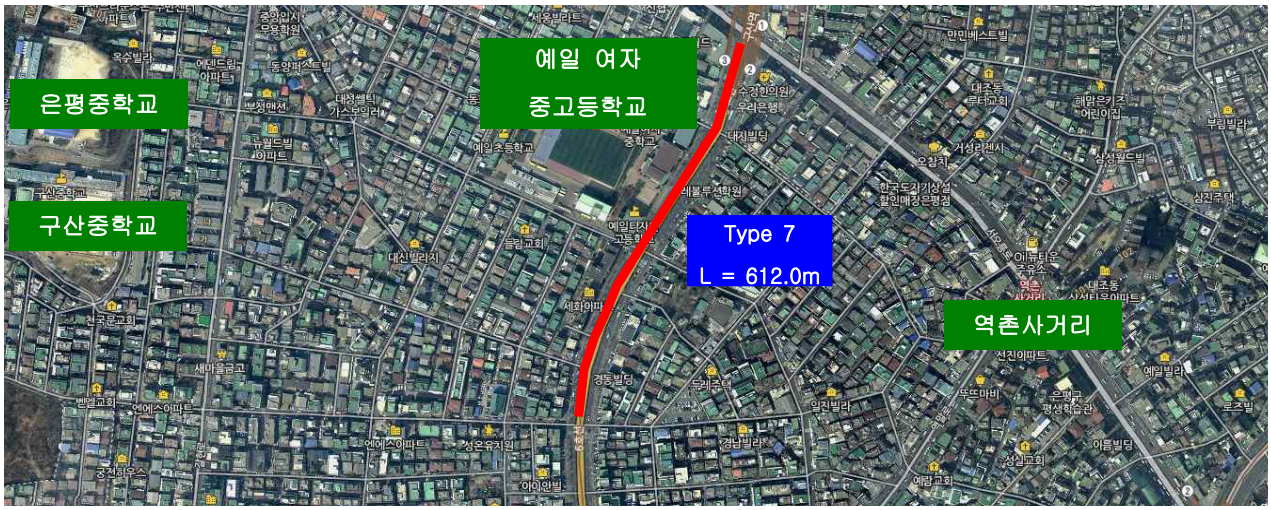
 1련 Sta.1,488m 상부슬래브 하면 균열 (Cw=0.3mm)	박스 내에 발생된 균열은 시공초기 콘크리트 건조수축, 단계별 시공에 의한 구속 및 수화열 등 여러 요인의 복합적인 작용에 의하여 발생된 것으로 판단되며, 습윤한 환경에 의한 균열부위의 백태가 추가적으로 발생된 것으로 조사되었으며, 철근부식 등의 내구성 저하 방지를 위하여 발생 균열폭에 따른 적절한 보수가 요구된다.

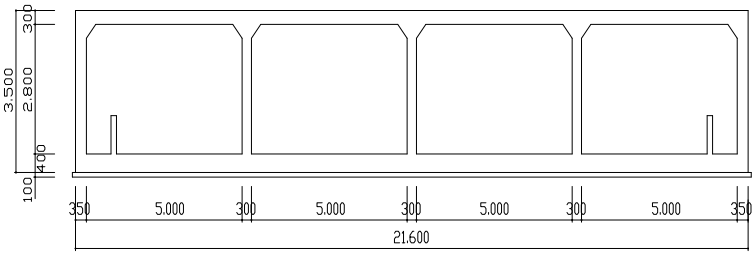
대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	

사. Type-7

총 연장 612.0m의 Type-7은 5.0m(w)×2.8(h)의 4련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 21.6m의 시설물이며, 1련과 4련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 각각 높이 0.8m(1련), 1.1m(4련)의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.43> Type-7 시설물 현황





1) 손상 현황

Type-7 외관조사결과 확인된 손상은 균열, 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출 등), 보수부 재손상 및 Joint 누수 등이며 재료분리 및 철근노출이 가장 높은 비율로 발생하였다.

콘크리트 재료분리의 경우 좌·우벽체에 집중적으로 발생되었으며, 이는 시공 당시 다짐 정도가 충분하지 못하여 발생된 것으로 판단되며, 일부 재료분리의 경우 철근노출이 동반되고 있는 것으로 확인되었다.

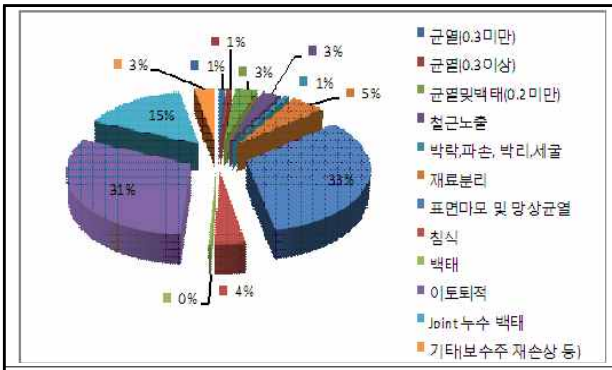
철근노출의 경우 미세균열부를 통해 침투한 수분으로 인하여 피복내 철근이 부식되어 체적 팽창에 의한 층분리 및 박락이 발생된 것으로 판단된다.

<표 3.2.44> Type-7 손상발생 현황

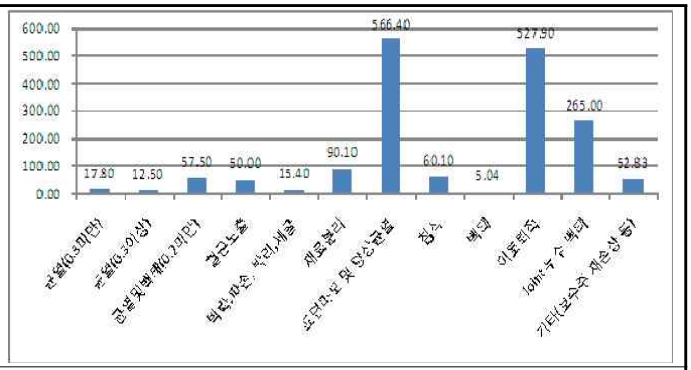
손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
간격재 노출		2.4 ㎡	79 ea	· 유지관찰
거푸집 미제거		4.4 ㎡	2 ea	· 유지관찰 또는 제거
공동		0.2 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
균열	Cw=0.3mm 미만	17.8 m	11 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	12.5 m	4 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 및 백태(Cw=0.3mm 미만)		57.5 m	15 ea	· 표면처리공법 (습식)
철근노출		50.0 ㎡	115 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
박락		0.1 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
박리		5.2 ㎡	15 ea	· 유지관찰
세굴		1.2 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
재료분리		90.1 ㎡	123 ea	· 단면복구공법
파손		9.1 ㎡	26 ea	· 단면복구공법
침식		60.1 ㎡	9 ea	· 단면복구공법
백태		4.9 ㎡	12 ea	· 표면처리공법 (습식)
표면마모		556.0 ㎡	9 ea	· 유지관찰
망상균열		10.4 ㎡	2 ea	· 표면처리공법
마감불량		0.9 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
이토퇴적		527.9 ㎡	15 ea	· 유지관찰 및 향후 준설 제거
보수부 들뜸		32.2 ㎡	9 ea	· 단면복구공법
Joint 누수		240.0 ㎡	48 ea	· 물 끊기 앵글설치
Joint 백태		25.0 ㎡	5 ea	· 유지관찰
보수부 들뜸, ,박리		1.4 ㎡	3 ea	· 하자보수
보수부 망상균열		6.0 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 철근노출		2.3 ㎡	2 ea	· 하자보수
보수부 재균열(Cw=0.3mm 이상)		3.0 ㎡	1 ea	· 하자보수

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.45> Type-7 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출, 박락 등)

암거 내부 좌·우벽체 및 상부슬래브에 재료분리 및 철근노출 등의 단면손상이 확인되었다. 발생된 손상의 경우 시공 당시 콘크리트 재료배합불량, 다짐 부족 및 철근피복두게 확보 부족 등 시공관리 미흡으로 인한 손상으로 판단되며 현재 지속적인 습한환경으로 인해 발생된 철근노출부의 부식이 확인되어 노출된 철근에 대한 방청처리 및 단면복구를 통한 보수가 요구된다.

<표 3.2.46> 단면손상 현황사진 및 대책방안

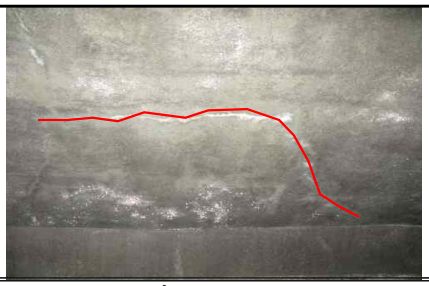
1련 Sta.1,748m 좌벽체 (A=2.25m^2)	2련 Sta.1,641m 좌벽체 (A=0.2m^2)	3련 Sta.1,977m 상부슬래브 하면 (A=0.01m^2)

대 책	단면손상(철근노출 동반)	· 단면복구(철근방청 포함)
	단면손상(철근노출 없음)	· 단면복구 / 유지관찰(경미한 단면손상, 탄산화 잔여깊이 30mm 이상)

(2) 균열

상부슬래브와 벽체에 발생된 횡방향 균열(Cw=0.1~0.3mm)은 형상 및 생성 패턴 등을 고려할 때 단계별시공에 따른 콘크리트 구속응력에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 균열의 발생 심도를 고려하여 철근부식에 따른 내구성 저하 우려가 있는 Cw=0.3mm이상 균열에 대해 주입보수를 실시하는 것이 일반적이나 본 시설물의 경우 상시 습윤한 환경에 노출되어 있음을 고려할 때 Cw=0.2mm이하 균열에 대해서도 열화요소 차단을 위하여 표면처리를 통한 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.47> 균열발생 현황사진 및 대책방안

		
2련 Sta.1,584m 상부슬래브(Cw=0.1mm)	2련 Sta.1,788m 상부슬래브(Cw=0.2mm)	4련 Sta.2,054m 상부 좌측헌치(Cw=0.2mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	표면처리공법	

(3) Joint 누수, 백태

Type 7 구간에는 총 25개의 Joint가 설치되어 있으며, 이중 17개소에서 누수가 확인되었다. 이는 공용기간 증가로 인한 Joint 차수 기능 저하에 따른 것으로 현재 Joint 누수에 의한 주변 콘크리트의 오염, 백태 등 2차 손상이 확인되는 상태이다.

근본적인 누수 방지를 위하여 상부에서의 Joint 재설치를 통한 차수기능 확보가 필요하나 향후 교체된 Joint의 공용기간 증가에 따른 차수기능 저하, 누수 재발 등을 고려할 때 Box 내부에서의 물끊기 공(유도배수관 및 물끊기 앵글 등) 설치를 통한 누수관리가 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.48> Joint 누수, 백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1,514m Joint 누수·백태	2련 Sta.1,626m Joint 누수	4련 Sta.1,628m Joint 누수

대 책	· Joint 물끊기 공 시공(유도배수관 또는 물끊기 앵글) 후 콘크리트 열화부 보수(표면처리 등)

(4) 철근간격재 노출

상부슬래브 하단 철근의 피복두께 확보를 위하여 사용된 철근간격재가 일부 노출·부식된 것으로 확인되었다. 주변으로의 2차손상이 없을 경우 간격재 노출에 따른 구조물의 직접적인 영향은 없을 것으로 판단되어 특별히 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단되나 노출된 간격재에 과도한 부식이 발생된 경우 내부 배근된 철근의 동반 열화 등을 고려하여 부식된 철근의 방청처리 후 열화방지 수준에서의 표면보수가 보수가 요구된다.

<표 3.2.49> 철근간격재 노출 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1,573m 철근간격재 노출	1련 Sta.1,584m 철근간격재 노출	4련 Sta.1,515m 철근간격재 노출

대 책	· 유지관찰 / 표면보수

(5) 바닥슬래브 이물질 퇴적 (토사, 폐콘크리트 등)

바닥슬래브 일부구간에 토사 및 보수당시 파취된 폐콘크리트가 적치된 것으로 확인되었다. 현재 퇴적물량이 많지않아 통수에 영향을 주는 상태는 아닌 것으로 판단되나 지속적인 방치에 따른 퇴적 범위 증가를 고려할 때 지속적인 유지관리 통한 퇴적물 제거가 필요하다.

<표 3.2.50> 바닥슬래브 이물질 퇴적 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.1,546m~1,570m 토사퇴적	2련 Sta.1,587m~1,591m 토사퇴적	4련 Sta.1,548m 폐콘크리트 적치

대 책	· 유지관찰 및 향후 준설 제거 (명년 집중호우 시 퇴적범위 증가 등을 고려할 때 지속적인 유지관리를 통한 퇴적물 제거가 필요함)

(6) 기타 손상현황

벽체 하단의 유수에 의한 침식이 일부 조사되었으며 장기간 방치되어 단면이 유실된 경우 구조물의 안전성에 좋지 않은 영향을 미칠 우려가 있으므로 노출·부식된 철근에 대한 방청 및 손실된 단면에 대한 복구가 필요하다.

그 밖의 바닥 슬래브의 표면 마모 및 경미한 콘크리트 박리 등은 현상태 유지관리가 적정할 것으로 판단된다.

<표 3.2.51> 기타손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.1,580m 콘크리트 침식		3련 Sta.1,632m 콘크리트 박리		3련 Sta.2,100m 표면마모	
대책	단면복구	대책	유지관찰	대책	유지관찰

아. Type-8

총 연장 20.0m의 Type-8은 3.0m(w)×3.0m(h)의 6련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 20.2m의 시설물이며, 1련과 6련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.1m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.52> Type-8 시설물 현황

1) 손상 현황

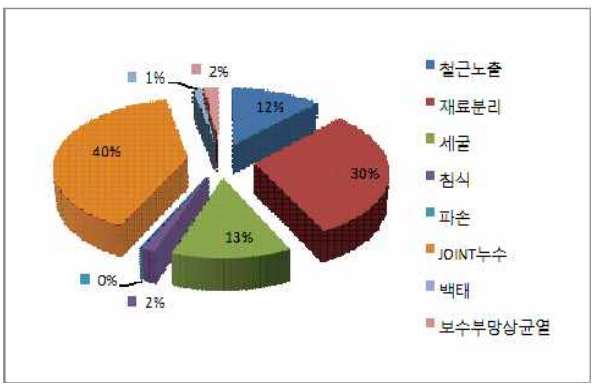
Type-8 외관조사결과 기존 손상에 대한 보수는 이루어지지 않았으며, 기 점검시 누락된 손상이 본 점검을 통하여 확인되었다. 확인된 주요손상은 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근 노출), 백태 및 Joint 누수 등이며 그 밖에 유수에 의한 침식 및 세굴이 일부 조사되었다.

<표 3.2.53> Type-8 손상발생 현황

손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
백태		0.5 m^2	3 ea	· 표면처리공법 (습식)
세굴		5.4 m^2	4 ea	· 단면복구공법
재료분리		13.0 m^2	17 ea	· 단면복구공법
철근노출	t=30mm	4.8 m^2	21 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	t=70mm	0.5 m^2	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
침식		0.7 m^2	3 ea	· 단면복구공법
파손		0.1 m^2	1 ea	· 단면복구공법
Joint 누수		12.0 m	4 ea	· 물 끊기 앵글설치
Joint 누수, 백태		5.0 m^2	1 ea	· 유지 관찰
보수부 망상균열		0.9 m^2	1 ea	· 하자보수(유지관찰)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.54> Type-8 손상발생현황표

	[redacted]
손상발생빈도	손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출 등)

재료분리의 경우 벽체 중앙 및 하단부위에 주로 발생되었으며, 이는 콘크리트 타설당시 벽체 단면이 협소(300mm)하여 다짐이 충분하지 않았거나 타설 높이가 불량하여 발생된 손상으로 판단되며, 일부 재료분리의 경우 철근노출을 동반하고 있는 것으로 확인되었다.

상부슬래브 하면에 다수 발생된 철근노출은 시공당시 시공관리 미흡(철근피복확보 부족)에 의한 것으로 판단되며, 일부 구간의 경우 철근부식에 의한 층분리가 발생된 상태이다.

<표 3.2.55> 단면손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.2,123m 우벽체-재료분리	2련 Sta.2,120m 상부슬래브-층분리	3련 Sta.2,123m 상부슬래브-철근노출

대 책	단면손상(철근노출 동반)	· 단면복구(철근방청 포함)
	단면손상(철근노출 없음)	· 단면복구 / 유지관찰(경미한 단면손상, 탄산화 잔여깊이 30mm 이상)

(2) Joint 누수, 백태

Type 8 구간에는 총 2개의 Joint가 설치되어 있으며, 전 개소에서 누수가 확인되었다. 이는 공용기간 증가로 인한 Joint 차수 기능 저하에 따른 것으로 현재 Joint 누수에 의한 주변 콘크리트의 오염, 백태 등 2차 손상이 확인되는 상태이다.

Joint 누수가 방치될 경우 주변 열화부의 손상 확대가 우려되는 만큼 물끊기공 설치를 통한 Joint 주변 열화방지가 필요하며 콘크리트 오염, 백태 부위에 대한 보수가 필요하다.

<표 3.2.56> Joint 누수, 백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,104m Joint 누수	23련 Sta.2,104m Joint 누수, 백태	3련 Sta.2,104m Joint 누수, 백태

대 책	· Joint 물끊기 공 시공(유도배수관 또는 물끊기 앵글) 후 콘크리트 열화부 보수(표면처리 등)

(3) 침식 및 세굴

Box 내부의 지속적인 유수에 의한 벽체 하단부의 침식 및 세굴이 확인되었다. 손상부위의 장기간 방치로 단면이 유실될 경우 구조물의 안전성에 좋지 않은 영향을 미칠 우려가 있으므로 손실된 단면에 대한 복구가 필요하다.

<표 3.2.57> 침식 및 세굴 현황사진 및 대책방안

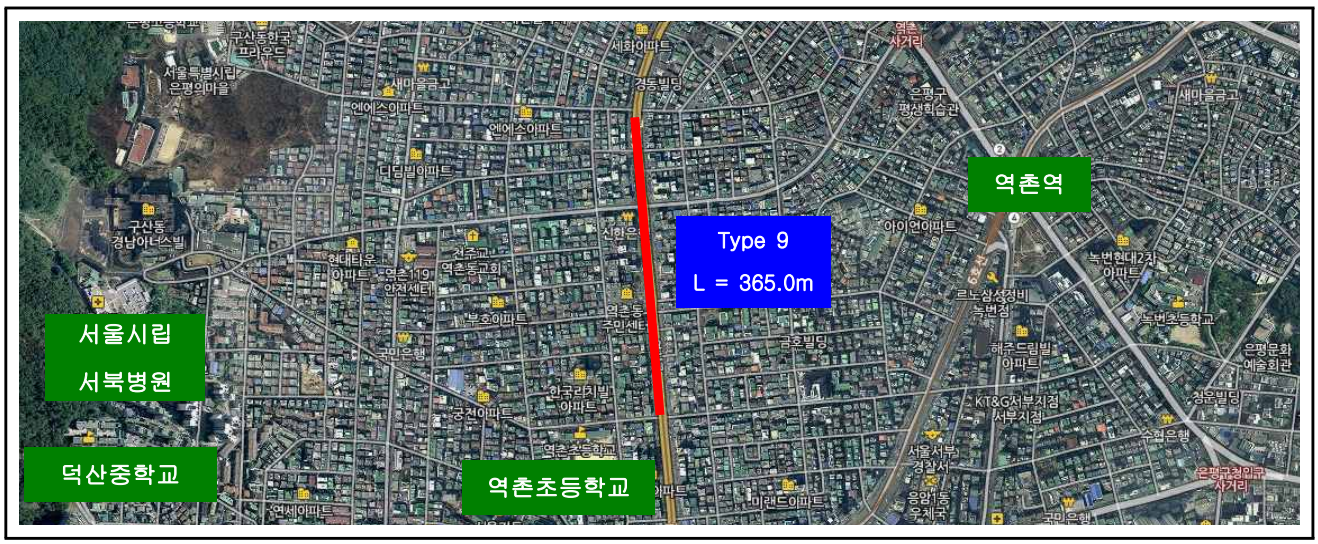
2련 Sta.2,111m 침식	3련 Sta.2,123m 침식 및 세굴	5련 Sta.2,107m 침식

대 책	· 단면복구(철근노출 동반의 경우 철근방청 실시 후 단면보수)

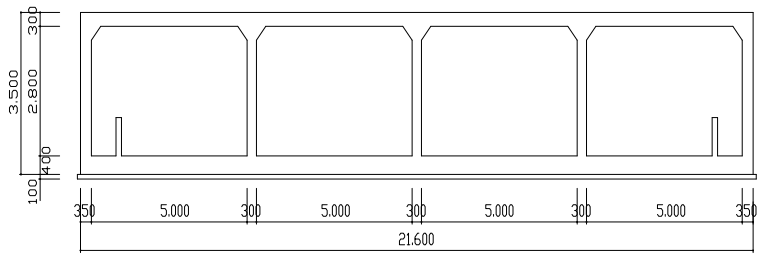
자. Type-9

총 연장 365.0m의 Type-9는 5.0m(w)×2.8(h)의 4련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 21.6m의 시설물이며, 1련과 4련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 각각 높이 1.1m(1련), 0.8m(4련)의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.58> Type-9 시설물 현황



<표 3.2.58> Type-9 시설물 현황(계속)



1) 손상 현황

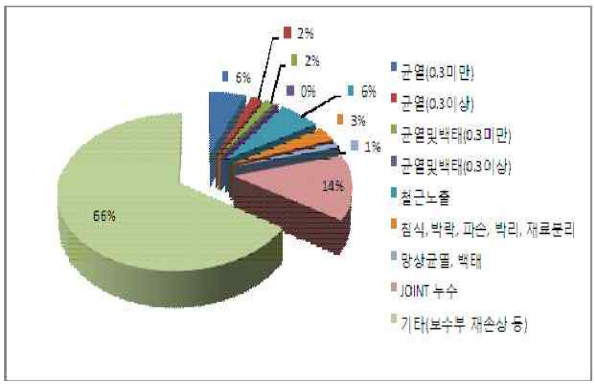
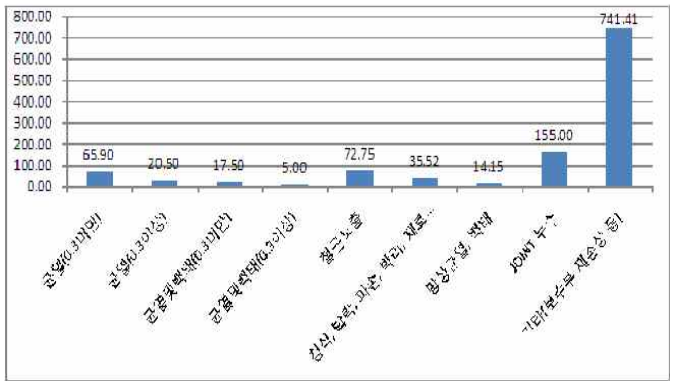
Type-9 외관조사결과 확인된 주요 손상으로 균열, 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출 등), 보수부 재손상 및 Joint 누수 등이며, 기타 손상으로 침식 및 마모, 콘크리트 파손, 토사 퇴적 등이 확인되었다.

<표 3.2.59> Type-9 손상발생 현황

손상발생현황		손상물량	발생개소	대책
간격재 노출		0.1 ㎡	1 ea	· 유지관찰
거푸집 미제거		4.08 ㎡	4 ea	· 유지관찰 또는 제거
균열	Cw=0.3mm 미만	65.9 m	26 ea	· 표면처리공법 (건식)
	Cw=0.3mm 이상	20.5 m	8 ea	· 주입보수공법 (건식)
균열 및 백태	Cw=0.3mm 미만	17.5 m	5 ea	· 표면처리공법 (습식)
	Cw=0.3mm 이상	5.0 m	2 ea	· 주입보수공법 (습식)
망상균열		11.6 ㎡	3 ea	· 표면처리공법
백태		2.6 ㎡	10 ea	· 표면처리공법
재료분리		29.8 ㎡	44 ea	· 단면복구공법
철근노출	t=30mm	71.8 ㎡	111 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	t=80mm	0.6 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
	t=120mm	0.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
침식		2.1 ㎡	2 ea	· 단면복구공법
박락		1.8 ㎡	4 ea	· 단면복구공법
박리(t=100mm)		0.1 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
파손		1.9 ㎡	9 ea	· 단면복구공법
표면마모		600.0 ㎡	6 ea	· 유지관찰
Joint 누수		155.0 m	31 ea	· 물 끊기(유도배수관) 앵글설치
보수부 들뜸, 박락		126.5 ㎡	14 ea	· 단면복구공법
보수부 재균열(Cw=0.3mm 미만)		4.0 m	1 ea	· 하자보수
보수부 박락		0.3 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 들뜸		6.5 ㎡	3 ea	· 하자보수
보수부 철근노출		0.3 ㎡	1 ea	· 하자보수

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.60> Type-9 손상발생현황표

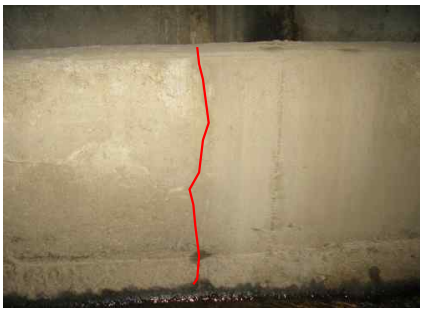
	
손상발생빈도	손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 균열

상부슬래브와 벽체에 발생된 횡방향 균열(Cw=0.1~0.3mm)은 형상 및 생성 패턴 등을 고려할 때 단계별시공에 따른 콘크리트 구속응력에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 콘크리트 표면에 국한되어 있는 것으로 확인되었다. 균열의 발생 심도를 고려하여 철근부식에 따른 내구성 저하 우려가 있는 Cw=0.3mm이상 균열에 대해 주입보수를 실시하는 것이 일반적이나 본 시설물의 경우 상시 습윤한 환경에 노출되어 있음을 고려할 때 Cw=0.2mm이하 균열에 대해서도 철근부식을 미연에 방지하기 위하여 표면처리를 통한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

<표 3.2.61> 균열발생 현황사진 및 대책방안

		
1련 Sta.2,257m 상부슬래브(Cw=0.1mm)	2련 Sta.2,254m 상부슬래브(Cw=0.3mm)	4련 Sta.2,444m 차집관로 벽체(Cw=0.1mm)

대 책	Cw=0.3mm이상	· 주입보수공법	· 균열부위의 누수·백태 발생 여부에 따른 건·습식 균열보수공법 적용
	Cw=0.3mm미만	· 표면처리공법	

(2) 콘크리트 단면손상(재료분리, 철근노출 등)

암거 내부 좌·우벽체 및 상부슬래브에 재료분리 및 철근노출 등의 단면손상이 확인되었다. 발생된 손상의 경우 시공 당시 콘크리트 재료 배합 및 다짐 부족에 따른 철근피복두께 확보 부족 등 시공관리 미흡으로 인한 손상으로 판단되며 현재 상시 습한 환경적인 영향으로 인해 철근노출부의 부식이 확인되어 노출된 철근에 대한 방청처리 및 단면복구를 통한 보수가 요구된다.

<표 3.2.62> 단면손상 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,198m 우벽체 재료분리	3련 Sta.2,128m 상부슬래브 철근노출 및 층분리	4련 Sta.2,213m 우벽체 철근노출 및 층분리

대 책	단면손상(철근노출 동반)	· 단면복구(철근방청 포함)
	단면손상(철근노출 없음)	· 단면복구 / 유지관찰(경미한 단면손상, 탄산화 잔여깊이 30mm 이상)

(3) Joint 누수, 백태

Type 9 구간에는 총 16개의 Joint가 설치되어 있으며, 이중 6개소에서 누수가 확인되었다. 이는 공용기간 증가로 인한 Joint 차수 기능 저하에 따른 것으로 현재 Joint 누수에 의한 주변 콘크리트의 오염, 백태 등 2차 손상이 확인되는 상태이다.

누수 방지를 위하여 Joint의 공용기간 증가에 따른 차수기능 저하, 누수 재발 등을 고려할 때 Box 내부에서의 물끊기 공(유도배수관 및 물끊기 앵글 등) 설치를 통한 누수관리가 바람직할 것으로 판단된다.

<표 3.2.63> Joint 누수, 백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,124m Joint 누수	2련 Sta.2,469m Joint 누수, 백태	4련 Sta.2,171m Joint 누수, 백태

대 책	· Joint 물끊기 공 시공(유도배수관 또는 물끊기 앵글) 후 콘크리트 열화부 보수(표면처리 등)

(4) 보수부 손상현황

기존에 발생된 균열, 단면손상(재료분리, 철근노출 등) 부위에 대하여 표면처리, 단면복구 등을 통하여 보수가 실시되었으며, 보수부위에 대한 보수상태 점검결과 일부 보수부에서 재균열 및 보수부 들뜸이 발생된 것으로 조사되었다.

표면처리를 통하여 실시된 폭 0.2mm이하의 균열 보수부의 경우 건·습의 반복으로 인하여 장기적인 보수효과를 기대하기 어려우므로 현 상태에서 유지관찰을 통하여 균열부위에 누수 등 추가손상이 발생할 경우 저압 주입보수를 통한 균열보수가 바람직할 것으로 판단된다.

단면손상부에 대한 보수부 들뜸이 경우 들뜸 부위의 면적율 등을 고려하여 재보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.64> 보수부 손상 현황사진 및 대책방안

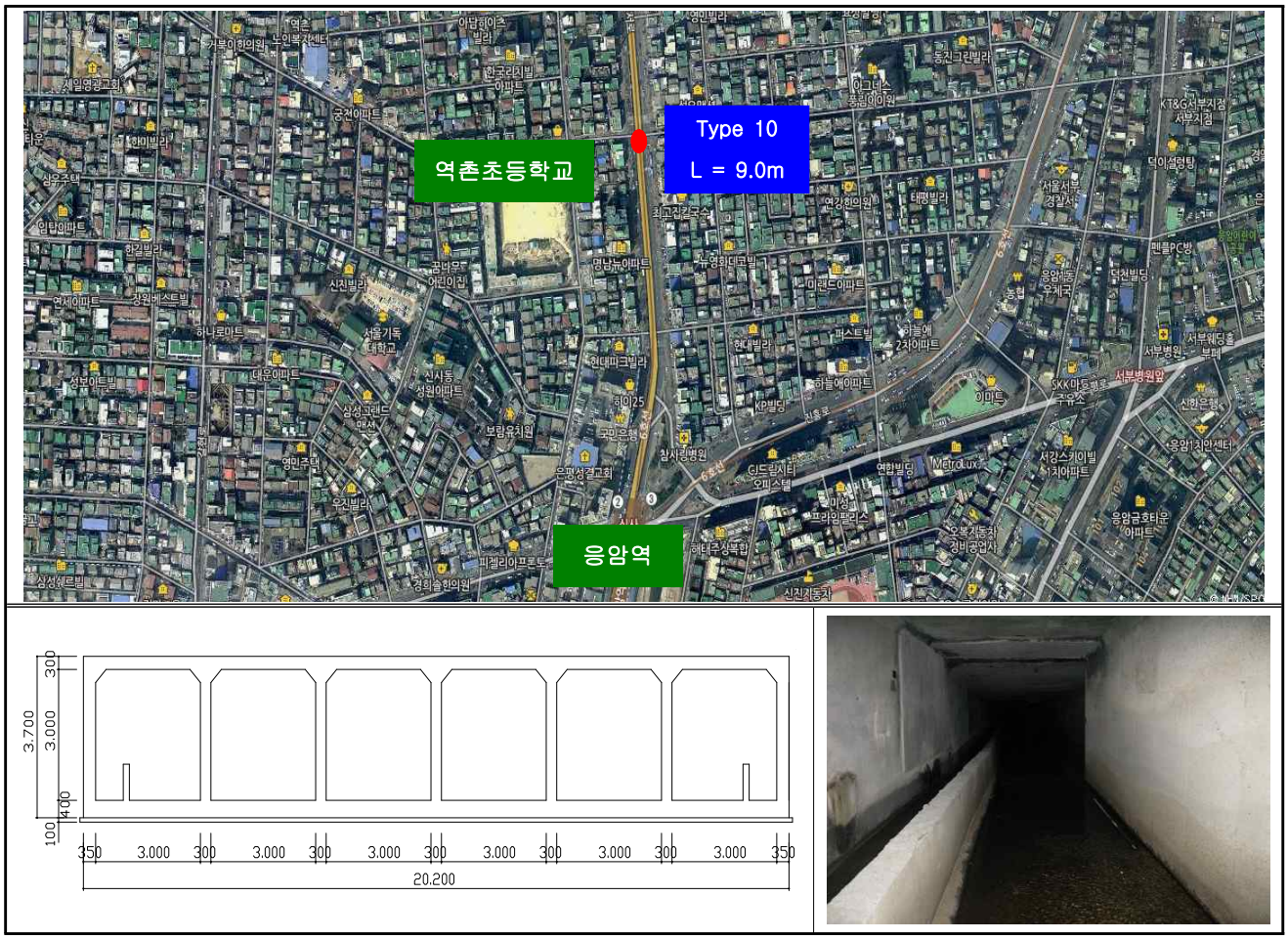
1련 Sta.2,270m 보수부 박리	2련 Sta.2,228m 보수부 재균열	4련 Sta.2,160m 단면보수부 박락

대 책	보수부 재균열	· 하자보수(균열부 2차손상 발생 시 주입보수 실시)
	보수부 들뜸·박리	· 하자보수 (Joint부 재보수 시 거동을 고려한 시공관리 필요)

차. Type-10

총 연장 9.0m의 Type-10은 3.0m(w)×3.0(h)의 6련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 18.0m의 시설물이며, 1련과 6련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 각각 높이 1.2m(1련), 1.1m(6련)의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.65> Type-10 시설물 현황



1) 손상 현황

Type-10 외관조사결과 확인된 손상은 백태, 보수부 재손상(보수부 들뜸)및 Joint 누수 등이며 Joint 누수가 가장 높은 비율로 발생하였다.

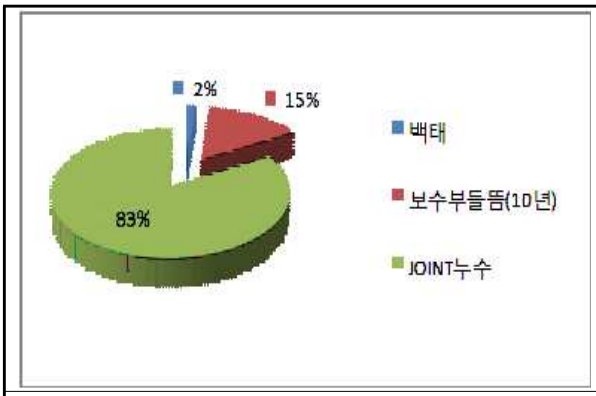
2011년에 전반적인 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 금회 점검시 시공관리 미흡에 따른 보수부 손상(보수부 들뜸), 공용의 장기화에 따른 Joint의 차수기능 저하의 누수의 발생 및 백태가 확인되었으며, 일반적인 손상이외에 구조물의 사용성 및 안전성 저하가 우려되는 구조적 결함은 없는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.66> Type-10 손상발생 현황

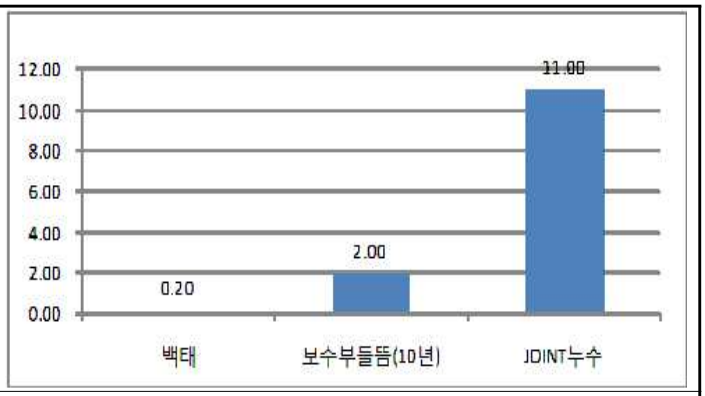
손상발생현황	손상물량	발생개소	대책
백태	0.2 m^2	1 ea	· 표면처리공법
보수부 들뜸	2.0 m^2	1 ea	· 유지관찰
Joint 누수	11.0 m	3 ea	· 물 끊기(유도배수관) 앵글설치

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.67> Type-10 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) Joint 누수·백태

Type-10 Box 암거에는 총 4개의 Joint가 설치되어 있으며, 이중 3개소에서 누수가 확인되었다. 이는 공용기간 증가에 따른 Joint의 차수기능 저하에 따른 것으로 현재 누수에 의한 Joint 주변 콘크리트의 누수오염, 백태 등 2차 손상이 확인되는 상태이다.

근본적인 누수 방지를 위하여 상부에서의 Joint 재설치를 통한 차수기능 확보가 필요하나 향후 교체된 Joint의 공용기간 증가에 따른 차수기능 저하, 누수 재발 등을 고려할 때 Box 내부에서의 물끊기 공(유도배수관 또는 물끊기 앵글 등) 설치를 통한 누수관리 후 주변 벽체에 발생된 백태에 대한 표면처리 보수가 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.68> Joint 누수·백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,489m joint 95 누수

1련 Sta.2,490m 벽체 백태

2련 Sta.2,498m Joint 96 누수

대 책	Joint 누수·백태	· 물끊기공 설치를 통한 Joint 주변 콘크리트의 열화방지

(2) 보수부 손상(보수부 들뜸)

보수부 들뜸부의 경우 기점검시 조사된 손상으로 손상의 확대 및 진전은 발생되지 않은 상태로써 현상태의 보수는 필요하지 않은 것으로 판단된다. 다만 기존 콘크리트부와 보수부의 부착력이 감소될 경우 박리 및 층분리 등의 단면손상으로 확대가 될 수 있으므로 지속적인 유지관찰 및 점검을 통한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

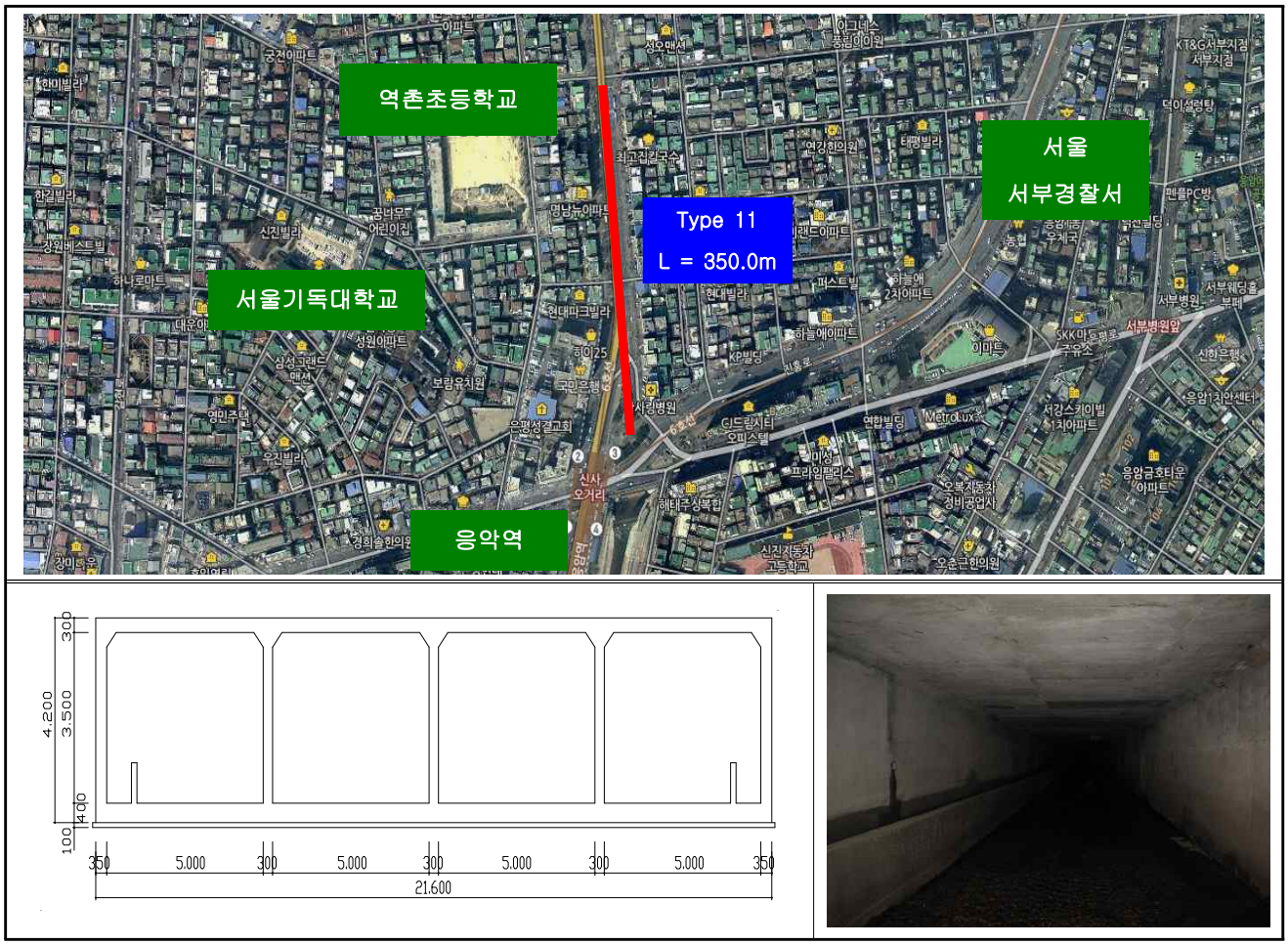
<표 3.2.69> 보수부 손상(보수재 들뜸) 현황사진 및 대책방안

		대 책
		· 유지관찰 (보수부 들뜸부 2차 손상 발생 시 단면복구 보수 실시)
2련 Sta.2,493m 벽체 보수부 들뜸		

카. Type-11

총 연장 350.0m의 Type-11은 5.0m(w)×3.5(h)의 4련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 20.0m의 시설물이며, 1련과 4련의 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.2m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.70> Type-11 시설물 현황



1) 손상 현황

Type-11 Box 암거 외관조사 결과 균열 및 철근노출, 재료분리, Joint 파손부 등의 콘크리트 단면손상에 대하여 보수가 실시되었으나 일부 손상의 경우 점검 및 보수 시 누락된 것으로 확인되었다.

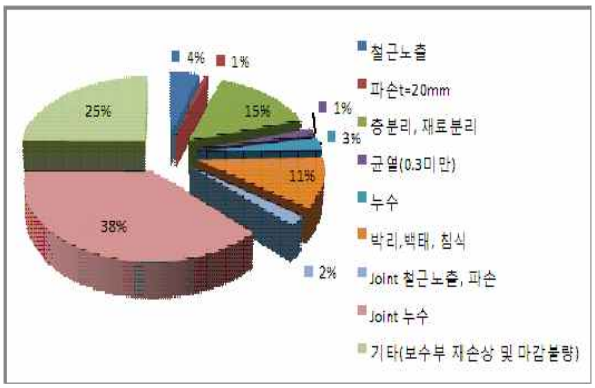
외관조사결과 확인된 주요손상은 기존 점검 및 보수에서 누락된 재료분리, 철근노출 등의 콘크리트 단면손상 및 외부 유입구 마감불량, Joint 누수·백태 등이며, 보수부 재손상(균열 0.3mm이상, 망상균열, 백태) 이 발생된 상태이다.

<표 3.2.71> Type-11 손상발생 현황

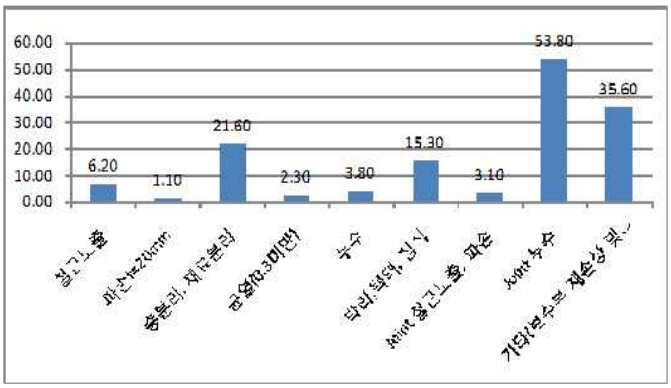
손상발생현황	손상물량	발생개소	대책
간격재 노출	0.1 ㎡	1 ea	· 유지관찰
철근노출	6.2 ㎡	22 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
파손	1.1 ㎡	5 ea	· 단면복구공법
층분리, 재료분리	21.6 ㎡	49 ea	· 단면복구공법
균열 Cw=0.3mm 미만	2.3 m	3 ea	· 표면처리공법 (건식)
누수	3.8 ㎡	5 ea	· 패커주입공법
박리	4.5 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
백태	8.9 ㎡	4 ea	· 표면처리공법
침식	1.9 ㎡	2 ea	· 단면복구공법
마감불량, 마감재 들뜸	1.2 ㎡	5 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
타설불량	0.9 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
Joint 누수	53.8 m	13 ea	· 물 끊기(유도배수관) 앵글설치
Joint부 철근노출(t=150mm)	3.0 ㎡	1 ea	· 단면복구공법 (철근방청)
Joint부 파손	0.1 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
H형강노출 부식	0.1 ㎡	1 ea	· 유지관찰
보수불량	3.0 ㎡	1 ea	· 단면복구공법
보수불량(철근노출부위)	0.5 ㎡	1 ea	· 하자보수
보수부 재균열 Cw=0.3mm 이상	3.0 m	1 ea	· 하자보수
보수부 망상균열 및 백태	14.24 ㎡	4 ea	· 하자보수(유지관찰)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.72> Type-11 손상발생현황표



손상발생빈도



손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 단면손상 (콘크리트 재료분리, 철근노출, 콘크리트 층분리 등)

Box 상부슬래브 하면 및 벽체에 다수의 철근노출, 콘크리트 층분리 및 재료분리가 발생된 것으로 조사되었다. 상부슬래브 철근노출의 경우 시공당시 시공관리미흡(상부슬래브 하부철근 피복확보를 위한 간격재 설치불량)에 의한 것으로 판단되며, 일부 구간의 경우 균열부를 통한 수분 침투 및 건·습의 반복으로 인해 철근 체적 팽창과 콘크리트 부착강도의 저하가 발생되어 콘크리트 층분리·박락 등의 2차손상이 발생된 것으로 확인되었다.

재료분리의 경우 벽체 중앙 및 하단부위에서 주로 발생되었으며, 이는 콘크리트 타설당시 다짐이 충분하지 않았거나 타설 높이가 불량하여 발생된 손상으로 판단되며, 일부 재료분리 발생부위의 경우 철근노출이 동반하고 있는 것으로 확인되었다. 특히 4련 Sta. 2777 좌벽체 하단에 발생된 재료분리는 누수를 동반하고 있는바 패커주입에 의한 충진후 단면복구(T=100mm)를 통한 손상단면 보수가 필요할 것으로 판단된다.

기타 발생된 단면손상 부위에 대해서는 단면복구공법을 통한 손상단면 보수가 필요하며 철근노출이 동반된 손상에 대해서는 보수전 노출된 철근에 대한 방청이 선행되어야 할 것이다.

<표 3.2.73> 단면손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.2,749m 상부슬래브-철근노출	3련 Sta.2,662m 좌벽체-재료분리	4련 Sta.2,777m 벽체-재료분리·누수

대 책	단면손상 (철근노출, 콘크리트 파손, 재료분리, 층분리) - 철근 노출	·단면복구공법 (철근방청)
	단면손상 (철근노출, 콘크리트 파손, 재료분리, 층분리) - 철근 미노출	·단면복구공법
	단면손상 (재료분리, 누수) - 철근 노출	·단면복구공법 (철근방청) ·패커주입보수

(2) Joint 누수

Joint 일부구간에서 누수·백태가 발생된 것으로 확인되었으며, 지속적인 누수에 의하여 Joint 주변에 배근된 철근의 부식에 의한 콘크리트 들뜸 및 층분리, 콘크리트 박락에 따른 철근노출, 파손 등이 확인되는 상태이다.

Joint 누수가 방치될 경우 주변 열화부의 손상 확대가 우려되는 만큼 물끊기공 설치를 통한 Joint 주변 열화방지가 필요하며 단면손상(철근노출, 층분리, 파손, 박락 등) 부위에 대한 보수가 필요하다.

<표 3.2.74> Joint 누수, 주변·열화 현황사진 및 대책방안

3련 Sta.2710m Joint 누수·주변 열화	3련 Sta.305m Joint 누수·주변열화	4련 Sta.2498m Joint 누수

대 책	Joint 누수·주변열화	· Joint : 물끊기공 설치 / 주변 열화부 : 철근방청·단면보수

(3) 보수부 손상(보수부 재균열, 망상균열, 백태 등)

기존에 발생된 균열, 단면손상(철근노출, 재료분리 등) 부위에 대하여 표면처리, 단면복구 등을 통하여 보수가 실시되었으며, 보수부위에 대한 보수상태 점검결과 일부 보수부위에서 재균열(Cw=0.3mm이상) 및 보수부 망상균열, 백태, 단면보수 불량 등이 발생된 것으로 조사되었다.

Joint 주변 보수부에 발생된 재균열(Cw=0.3mm이상)은 하자보수 담보기간내 손상으로 저압 주입보수를 통한 균열보수가 실시됨이 바람직 할 것으로 판단된다. 또한, Joint 주변 단면보수부에 발생된 보수부 망상균열 및 백태는 손상의 면적이나 구조적으로 영향을주는 주요 손상은 아니지만 보수후 하자보수 담보기간이 적용되는 손상으로써 하자보수를 통한 재보수가 필요하며, 특히 Joint에 실시된 단면보수부의 경우 Joint 거동을 고려하지 않은 일체화 보수가 실시되어 발생된 보수부 손상으로써 재보수시 세심한 시공관리가 필요하다.

<표 3.2.75> 보수부 손상(보수부 재균열, 망상균열, 백태) 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.2,654m 보수부 재균열 (Cw=0.3mm)	3련 Sta.2,523m 보수부 망상균열	3련 Sta.2,710m 단면보수부 망상균열·백태

대 책	보수부 재균열(Cw=0.3mm이상)	· 하자보수 (저압 주입보수 실시)
	보수부 망상균열·백태	· 하자보수 (Joint부 재보수 시 거동을 고려한 시공관리 필요)

(4) 마감불량

점검결과 시공불량 및 관리미흡에 의해 마감이 실시되지 않은 채 방치된 개구부 주변 및 유입구 주변의 콘크리트 열화, 노출된 철근의 부식 등이 확인되고 있는 상태로 단면복구에 의한 보수가 필요할 것으로 판단되며, 일부구간에 대해서는 주철근 절단 필요시 탄소봉 등을 이용한 보강철근 보수가 필요할 것으로 판단된다.

<표 3.2.76> 마감불량 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,766m 좌벽체 (t=150mm)	4련 Sta.2,157m 우벽체 (t=150mm)	4련 Sta.2788m 상부슬래브 (t=150mm)

대 책	· 철근방청·단면복구공법 - 일부 주철근 절단부위 보강철근 필요 (탄소봉 등)

(6) 기타 손상현황

상부슬래브 하단 철근의 피복두께 확보를 위하여 사용된 철근간격재가 일부 노출·부식된 것으로 확인되었다. 현재 주변으로의 층분리, 박리 등의 2차손상이 없는 상태이며 내구성 저하에 큰 영향은 없을 것으로 사료되나, 노출된 간격재에 과도한 부식이 발생된 경우 내부 배근된 철근의 동반 열화 등을 고려하여 부식된 철근의 방청처리 후 열화방지 수준에서의 표면보수가 보수가 요구된다.

<표 3.2.77> 기타손상 현황사진 및 대책방안

2련 Sta.982m 간격재 노출·부식
대 책
· 유지관찰

타. Type-12

Type-12 구간은 총 연장18.0m의 불광천 복개1 구조물의 종점 구간으로써 6.7m(w)×3.5(h)의 3련 콘크리트 Box로 구성된 총 폭 20.1m의 시설물이며, 1련 외측에는 외부에서 유입되는 오수 배제의 목적으로 높이 1.1m의 휀스설치를 통한 차집관로를 형성하여 우수와 오수를 분리하여 효과적으로 관리하고 있는 것으로 확인되었다.

<표 3.2.78> Type-12 시설물 현황

1) 손상 현황

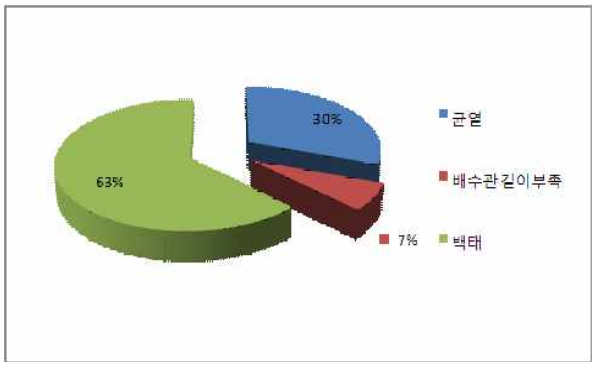
Type-12 Box 암거 외관조사 결과 백태 및 배수관 길이부족, Cw=0.1mm이하 균열 등의 손상이 조사되었다.

<표 3.2.79> Type-12 손상발생 현황

손상발생현황	손상물량	발생개소	대책
균열 Cw=0.3mm 미만	9.0 m	2 ea	· 표면처리공법 (건식)
배수관길이부족	2 ea	2 ea	· 배수관 재설치
백태	18.5 ㎡	17 ea	· 표면처리공법 (건식)

※손상물량은 효율적인 보수물량 산출을 위하여 손상깊이 확인 및 손상범위 산정 후 소수점 둘째자리에서 올림적용

<표 3.2.80> Type-12 손상발생현황표

	[redacted]
손상발생빈도	손상발생물량

2) 주요손상 대책방안

(1) 백태

백태의 경우 균열부 및 콘크리트 취약부에 장시간 수분침투로 인해 발생되는 손상으로써, 1련 Box 상부 일부구간 및 3련 Box 우벽체 일부구간에 발생된 상태이다. 현재 백태로 인한 표면오염 손상이외의 단면손상은 발생되지 않은 상태이며 본 손상은 기점검시 조사된 손상으로 손상의 확대 및 진전은 없는 것으로 확인되었으며, 보수가 시행되어야 할 것으로 판단된다.

<표 3.2.81> 백태 현황사진 및 대책방안

1련 Sta.2,845m 상부슬래브-백태	3련 Sta.2,848m 좌벽체-재료분리	4련 Sta.2,860m 우벽체-백태

대 책	· 표면처리 보수 실시

(2) 배수관 길이부족

상부슬래브 배수관 일부구간에서 길이 부족이 조사된 상태이다.

배수관 길이부족은 배수관 자체에 미치는 영향은 없으나 길이부족에 의한 주변 누수오염이 장기간 방치될시 백태 및 표면열화(오염) 등의 2차 손상이 발생될수 있으므로 교량의 내구성 방지 차원의 배수관 재설치가 필요하다.

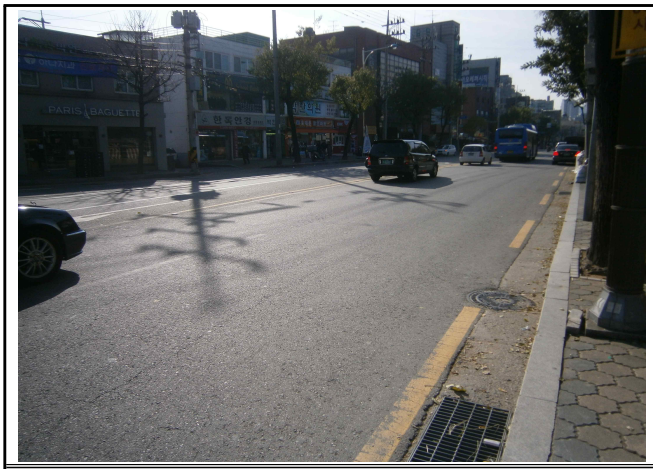
<표 3.2.82> 배수관 길이부족 현황사진 및 대책방안

		대 책
		· 배수관 재설치
2련 Sta.2,863m 상부슬래브 -배수관 길이부족	2련 Sta.2,862m 상부슬래브 -배수관 길이부족	

3.2.2 Box 상부

가. 교면포장

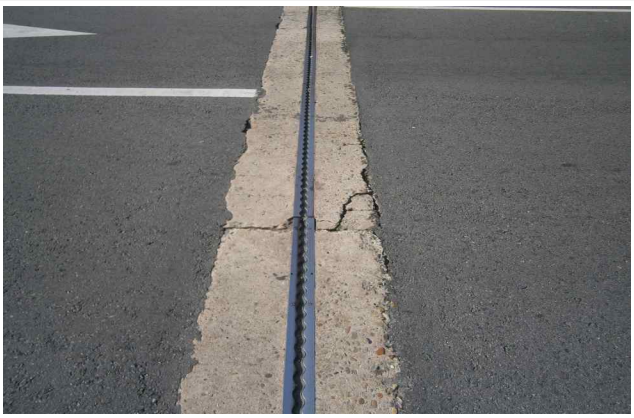
본 복개구조물의 상부는 아스팔트로 시공되어 있으며 외관조사 결과 ASP 균열, 파손, 패임, 마모, 망상균열 등의 손상이 확인되었다. 이는 차량의 반복적인 하중 및 차량 제동하중에 따른 원인으로 판단되며 도로포장에서 빈번하게 발생할 수 있는 현상으로 전반적으로 차량 통행에는 문제가 없는 상태이나 향후 지속적인 차량 통행에 따른 손상부위에 대한 확대가 우려되므로 주기적인 관찰 후 유지관리계획에 따른 교면포장 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

	
시점측 교면포장 전경	신축이음부 ASP 오버레이구간 전체 파손

나. 신축이음

신축이음장치는 Guss Joint 및 Mono Cell Joint, Angle Joint 3가지 형식으로 시공되어 있으며, 아스팔트 계열은 36개소, 강재 계열은 56개소로 구성되어 있다. 신축이음장치 외관조

사 결과 주로 Mono Cell 및 Angle Joint에서 후타재 파손이 조사되었으며 이는 차량의 반복적인 통행 및 교면포장과 신축이음장치의 강성 차이에 따른 손상으로 판단되며 현재 차량 통행에 문제가 되지 않으나 방치시 차량 통행에 따른 진동 및 소음 발생, 지속적인 손상부위의 확대가 우려되므로 향후 유지관리계획에 따른 신축이음교체시 후타재 보수가 이루어져야 할 것으로 판단된다.



No. 12 신축이음장치 후타재 열화 및 파손

No. 28 신축이음장치 포장 보수부 주변 손상확대

No. 51 신축이음부 ASP 오버레이 - 균열발생

No. 68 신축이음장치 본체 노출

손상발생현황	손상물량	발생개소	대책
횡방향 균열	39.0 m	2 ea	· 하자보수(아스팔트 패칭보수)
후타재 열화 및 파손	101.3 ea	14 ea	· 아스팔트 패칭보수 및 단면복구
보수부 파손	2.0	3 ea	· 하자보수

3.2.3 지장물 현황

외관조사 결과 지장물 관통이 조사되었으며 관통으로 인한 벽체에 콘크리트 파손이 발생한 것으로 확인되었다. 현재 우수의 흐름 및 구조물에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되나 향후 통수단면 및 사용성 확보 차원에서 지장물 관리주체와 협의하여 이설이 필요한 상태이다.

구 분	위 치	규 격	현황	비 고
2-Type	STA. 0+633	D100	통신관	
7-Type	STA. 2+010	D100×2	통신관	
8-Type	STA. 2+090	D400	상수도	

2-Type STA. 0+633 지장물 관통

8-Type STA. 2+090 지장물 관통

3.2.4 기 점검결과 비교

구 분		'10년 정밀점검	'12년 정밀점검	평가 의견
용역명		불광천1복개구조물외 1개소 정밀점검	불광천1복개구조물 외부전문가 합동 정밀점검	-
용역 현황	용역사	(주)삼림엔지니어링	(주)삼림엔지니어링	-
	용역기간	2010.04.29~2010.11.24	2012.09.26~2012.12.14	-
교 면 포 장		아스팔트 균열	균열	2010년 교면보수 시행 대체로 손상은 경미한 상태임 →지속적인 유지관찰
		아스팔트 망상균열	망상균열	
		패임 및 마모, 파손	패임 및 마모 파손	
		소성변형		
신 축 이 음		후타재 파손	후타재 파손 신축이음부 아스팔트로 덧씌움	반복적인 차량통과 →후타재 보수 →하자보수
복개 구조물		균열 0.3mm미만	균열 0.3mm미만	건조수축 및 온도변화 →표면처리
		균열 0.3mm이상	균열 0.3mm이상	건조수축 및 온도변화, 신축작용 →주입보수
		망상균열	망상균열	건조수축 및 온도변화 →표면처리
		균열 및 백태	균열 및 백태	균열부로 우수유입 →주입보수
		백태	백태	결함부로 우수유입 →표면처리
		철근노출	철근노출	피복부족 및 신축거동 →철근방청후 단면복구
		박리, 파손, 침식, 재료분리	박리, 파손, 침식, 재료분리	피복부족, 외부충격, 우수흐름→단면복구
		-	신축이음부 누수	Joint부 장기공용르호 인한 실링재 열화 →물 끊기(유도배수관) 설치 →앵글 설치

기 점검 실시 후 복개구조물에 대한 전반적인 보수·보강이 시행되었으며, 상부구조에 대한 ASP의 손상 발생은 경미하게 증가한 것으로 검토되었으며, 균열 및 균열부 백태, 재료분리, 철근노출, 박락, 박리, 침식 등은 전차조사에서 누락된 손상이 일부 확인되었으며, 일부 보수부에 재 손상이 발생하고 있는 것으로 조사되어 하자보수기간을 고려하여 보수가 요구된다.

3.2.5 보수구간 손상 현황

1) Type-1 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 백태	0.2	㎡	1
보수부 망상균열, 백태	3.0	㎡	1
보수부 망상균열	2.7	㎡	1
보수부 박락	0.1	㎡	1
JOINT보수부 누수 및 균열	5.0	m	1

2) Type-2 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부망상균열	6.0	㎡	1
보수부철근노출	0.2	㎡	1
보수부파손및철근노출	3.3	㎡	1

3) Type-3 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 들뜸,박리	4.2	㎡	1
보수부 망상균열	2360	㎡	8
부수부 박락	2.5	㎡	1
보수부 박리	10	㎡	1
보수부 박리, 철근노출	0.2	㎡	1
보수부 백태	0.3	㎡	2
보수부 재균열(0.3미만)	14.0	m	4
보수부 재균열(0.3이만)	3.0	m	1
보수불량(철근노출부위)	0.3	㎡	1
보수부 재파손	1.2	㎡	1

4) Type-4 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 망상균열	10.0	㎡	2
보수부 재박락	0.3	㎡	1
보수부 균열, 철근노출	1.2	㎡	1

5) Type-5 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
JOINT보수부 파손	0.6	㎡	1
보수부 박락	0.3	㎡	1
보수부 들뜸	1.8	㎡	1

6) Type-7 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 들뜸	1.2	㎡	2
보수부 철근노출	2.3	㎡	2
보수부 박리	0.3	㎡	1
보수부 재균열(0.3이상)	3.0	m	1
보수부 망상균열	6.0	㎡	1

7) Type-8 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 망상균열	0.90	㎡	1

8) Type-9 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 들뜸	6.5	㎡	3
보수부 박락	0.24	㎡	1
보수부 재균열	4.0	m	1

9) Type-11 보수부 손상

손상명	물량	단위	수량
보수부 망상균열	13.5	㎡	2
보수부 백태	0.8	㎡	2
보수부 재균열(0.3이상)	3.0	m	1
보수불량(철근노출부위)	0.5	㎡	1
보수불량(단면)	3.0	㎡	1

3.3 측정 및 시험

3.3.1 개 요

철근콘크리트 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도 저하, 표면 노후화, 동해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 예를 들어 콘크리트의 균열은 열화 현상이 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 이외의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다. 따라서 내구성 조사는 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 시험방법으로 사용장비, 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하여 실시한다.

<표 3.3.1> 측정 및 시험 내용

구 분	조사항목	시험 내용	비고
내구상태 평가	반발경도법	슈미트 해머를 이용하여 콘크리트 강도 조사	
	탄산화 시험	탄산화시험기를 이용하여 콘크리트 구조물의 탄산화 깊이 조사	
	철근탐상시험	철근 최소두께 측정 및 기존 자료 활용	

<표 3.3.2> 조사 및 시험 개소

구분	선정구분		측정개소 기준	수량		비고
	필수	선택		기준	실시	
콘크리트 강도	●		총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	10개소	24개소	O.K
탄산화 시험	●		총연장 1,000m 이상 : 최소2개소 + 1,000m 당 1개소	4개소	11개소	O.K
철근탐상시험		●	탄산화 측정 부위와 동일	4개소	11개소	O.K

3.3.2 조사 시험 현황

반발경도 시험	탄산화 시험	철근탐상시험

3.3.3 콘크리트 내구성 조사

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법

본 과업에서는 콘크리트 강도를 추정하기 위하여 반발경도시험을 수행하였으며, 콘크리트 압축강도는 반발경도법에 의한 비파괴강도를 측정하고 비파괴 강도를 보정한 보정계수를 이용하여 비파괴강도 값을 보정하여 콘크리트 압축강도를 평가하였다.

개 요	콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다. 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

시험방법

반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 ±20% 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정함

보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm 이상을 원칙으로 함

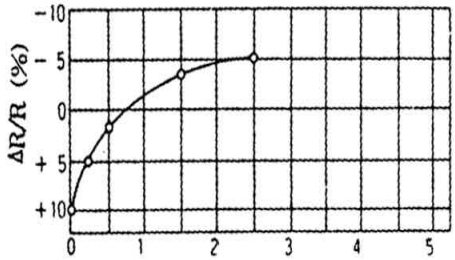
측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함

측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정 장소의 확인, 요철제거
↓
Marker 등에 의한 측정점의 표시
↓
측정, 20점 이상의 평균
↓
타격 방향, 습윤 및 재령의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
압축강도의 추정

보정방법

타격방향에 따른 보정(ΔR1)

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	



<압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>

콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)
기건상태 : $\Delta R_3 = 0$, 습윤상태 $\Delta R_3 = +5$
습하고 타격의 흔적 : $\Delta R_3 = +3$

콘크리트 재령에 따른 보정(α)

구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

$R_o = R + \Delta R$ ($\Rightarrow \Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$)
여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값
ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값
ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

압축강도 추정식

방법 1 : $F_c = -18.0+1.27\times Ro$ (MPa) ⇒ 일본 재료학회 추정식
방법 2 : $F_c = (7.3Ro + 100)\times 0.098$ (MPa) ⇒ 일본건축학회 추정식

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조

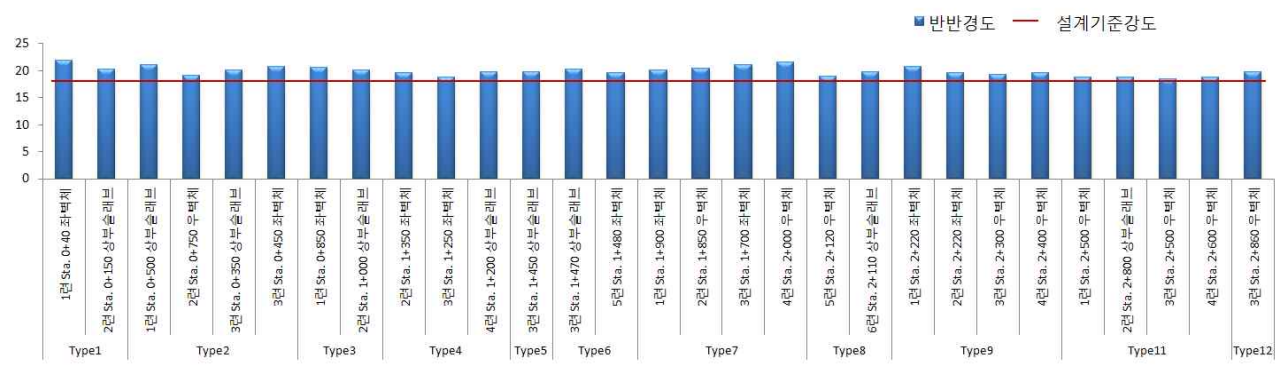
2) 측정결과

<표 3..3.3> 반발경도법에 의한 콘크리트 강도측정 결과

시험위치		기준경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	평균값 (A)	설계기준 강도(B)	(A/B)× 100(%)
Type-1 (2련BOX / 263m)	1련 STA. 0+40 (좌벽체)	38.6	19.5	24.0	21.8	18	121.1%
	2련 STA. 0+150 (슬래브하면)	36.2	17.6	23.0	20.3	18	112.8%
Type-2 (3련BOX / 509m)	1련 STA. 0+500 (슬래브하면)	37.3	18.5	23.5	21.0	18	116.7%
	2련 STA. 0+750 (우벽체)	34.3	16.1	22.1	19.1	18	106.1%
	3련 STA. 0+350 (슬래브하면)	35.7	17.2	22.7	20.0	18	111.1%
	3련 STA. 0+450 (좌벽체)	37.0	18.3	23.3	20.8	18	115.6%
Type-3 (3련BOX / 372m)	1련 STA. 0+850 (좌벽체)	36.6	17.9	23.1	20.5	18	113.9%
	2련 STA. 1+000 (슬래브하면)	35.8	17.3	22.8	20.1	18	111.7%
Type-4 (4련BOX / 228m)	2련 STA. 1+350 (좌벽체)	34.9	16.6	22.4	19.5	18	108.3%
	3련 STA. 1+250 (좌벽체)	33.9	15.8	21.9	18.8	18	104.4%
	4련 STA. 1+200 (슬래브하면)	35.2	16.9	22.5	19.7	18	109.4%
Type-5 (4련BOX / 86m)	3련 STA. 1+450 (슬래브하면)	35.5	17.1	22.6	19.8	18	110%
Type-6 (6련BOX / 34m)	3련 STA. 1+470 (슬래브하면)	36.2	17.6	23.0	20.3	18	112.8%
	5련 STA. 1+480 (좌벽체)	35.0	16.7	22.4	19.5	18	108.3%
Type-7 (4련BOX / 612m)	1련 STA. 1+900 (좌벽체)	35.8	17.3	22.8	20.0	18	111.1%
	2련 STA. 1+850 (우벽체)	36.4	17.7	23.0	20.4	18	113.3%
	3련 STA. 1+700 (좌벽체)	37.4	18.5	23.5	21.0	18	116.7%
	4련 STA. 2+000 (우벽체)	38.3	19.3	23.9	21.6	18	120%

<표 3.3.3> 반발경도법에 의한 콘크리트 강도측정 결과(계속)

시험위치		기준경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	평균값 (A)	설계기준 강도(B)	(A/B)× 100(%)
Type-8 (6련BOX / 20m)	5련 STA. 2+120 (우벽체)	34.1	15.9	22.0	18.9	18	105%
	6련 STA. 2+110 (슬래브하면)	35.3	16.9	22.5	19.7	18	109.4%
Type-9 (4련BOX / 365m)	1련 STA. 2+220 (좌벽체)	36.9	18.1	23.2	20.7	18	115%
	2련 STA. 2+220 (좌벽체)	35.0	16.6	22.4	19.5	18	108.3%
	3련 STA. 2+300 (우벽체)	34.4	16.2	22.1	19.2	18	106.7%
	4련 STA. 2+400 (우벽체)	35.1	16.7	22.4	19.6	18	108.9%
Type-11 (4련BOX / 350m)	1련 STA. 2+500 (우벽체)	33.8	15.7	21.8	18.7	18	103.9%
	2련 STA. 2+800 (슬래브하면)	33.8	15.7	21.8	18.8	18	104.4%
	3련 STA. 2+500 (우벽체)	33.4	15.4	21.7	18.5	18	102.8%
	4련 STA. 2+600 (우벽체)	33.9	15.7	21.9	18.8	18	104.4%
Type-12 (3련BOX / 18m)	3련 STA. 2+860 (우벽체)	35.5	17.0	22.6	19.8	18	110%



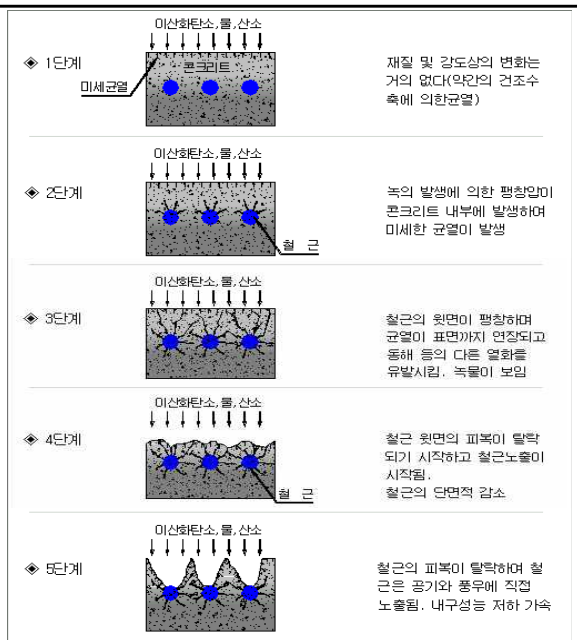
반발경도 결과

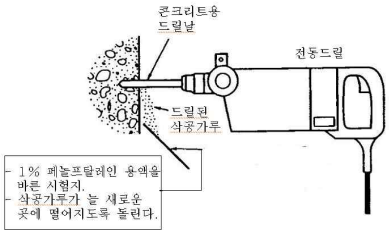
반발경도법에 의한 콘크리트 강도 측정결과 전반적인 압축강도가 추정설계기준강도(18MPa) 이상 확보하고 있는 것으로 분석되어 콘크리트 강도상의 문제는 없는 것으로 판단된다.

나. 탄산화 시험

탄산화 시험은 페놀프탈레인 1% 용액에 콘크리트가 적자색으로 변색되는 시점의 깊이를 탄산화 깊이로 측정하고, 동일 위치에서 철근탐사기를 이용 철근의 피복 두께를 측정하였다.

1) 개 요

<table>
<tr>
<td>개 요</td>
<td>경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10 이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다.
CaO + H2O → Ca(OH)2
Ca(OH)2 + CO2 → CaCO3 + H2O
콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.</td>
<td> 

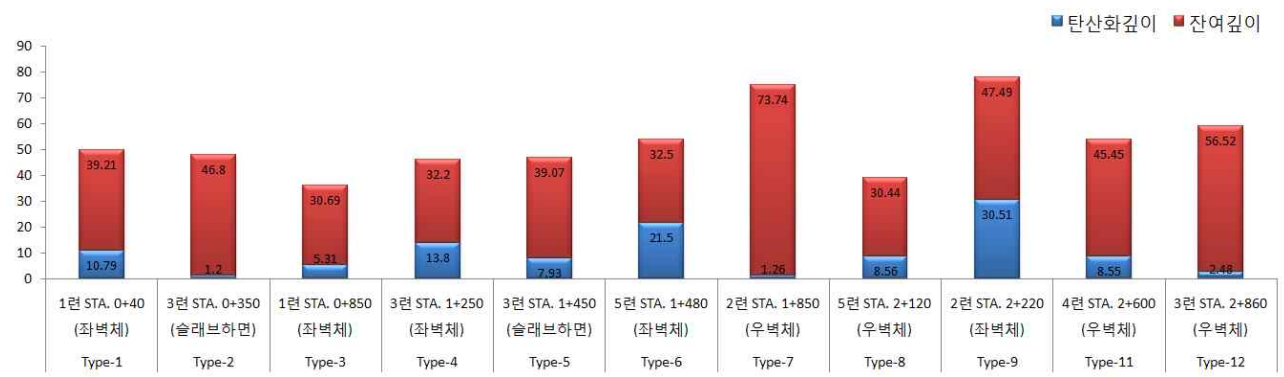
<탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정></td>
</tr>
<tr>
<td>측정방법</td>
<td> 
</td>
<td>드릴링에 의해 발생되는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하는 방법</td>
</tr>
<tr>
<td>시험순서</td>
<td colspan="2">① 탄산화시험 위치 선정
② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비
③ 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작
④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤
⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정</td>
</tr>
<tr>
<td>평가기준</td>
<td colspan="2"><탄산화 상태평가 기준>
<table>
<tr><th>구 분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th></tr>
<tr><td>탄산화
잔여 깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10 mm 이상
~ 30mm 미만</td><td>0 mm 이상
~ 10mm 미만</td><td>0mm 미만</td></tr>
<tr><td>철근부식의
가능성</td><td>탄산화에 의한
부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한
부식발생 가능성
있음</td><td>경우에 따라서
탄산화에 의한
부식발생 가능성 높음</td><td>철근부식 발생</td></tr>
</table></td>
</tr>
</table>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조

2) 탄산화시험 결과

<표 3.3.4> 탄산화시험 결과

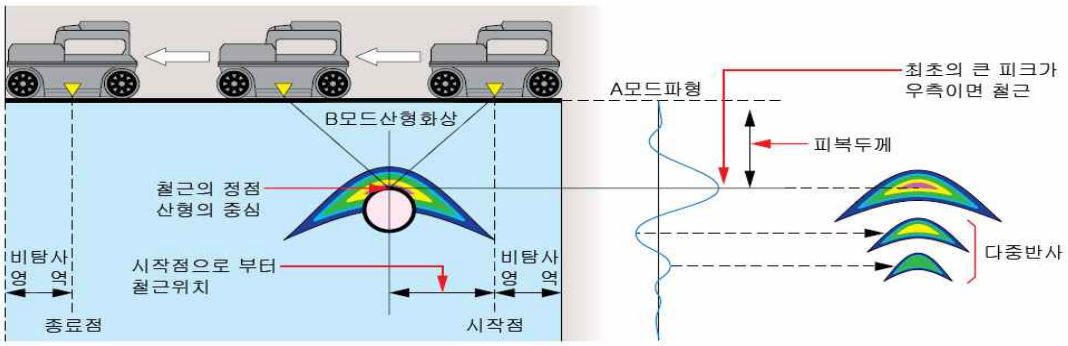
시험위치		탄산화 깊이 (mm)	철근피복두께 (mm)	잔여깊이 (mm)	상태평가 등급
부재	위치				
Type-1 (2련BOX / 263m)	1련 STA. 0+40 (좌벽체)	10.79	50	39.21	A
Type-2 (3련BOX / 509m)	3련 STA. 0+350 (슬래브하면)	1.20	48	46.80	A
Type-3 (3련BOX / 372m)	1련 STA. 0+850 (좌벽체)	5.31	36	30.69	A
Type-4 (4련BOX / 228m)	3련 STA. 1+250 (좌벽체)	13.80	46	32.20	A
Type-5 (4련BOX / 86m)	3련 STA. 1+450 (슬래브하면)	7.93	47	39.07	A
Type-6 (6련BOX / 34m)	5련 STA. 1+480 (좌벽체)	21.50	54	32.50	A
Type-7 (4련BOX / 612m)	2련 STA. 1+850 (우벽체)	1.26	75	73.74	A
Type-8 (6련BOX / 20m)	5련 STA. 2+120 (우벽체)	8.56	39	30.44	A
Type-9 (4련BOX / 365m)	2련 STA. 2+220 (좌벽체)	30.51	78	47.49	A
Type-11 (4련BOX / 350m)	4련 STA. 2+600 (우벽체)	8.55	54	45.45	A
Type-12 (3련BOX / 18m)	3련 STA. 2+860 (우벽체)	2.48	59	56.52	A



Type별 탄산화시험 결과 시험위치의 철근피복두께를 고려한 탄산화 잔여깊이가 전개소에서 30mm이상(상태평가 결과 “a”)으로 측정되어 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 없는 것으로 평가 되었다.

다. 철근탐상시험

1) 개요

개 요	■ 본 탐사는 철근배근상태와 탄산화 상태평가를 위한 철근피복두께를 조사하기 위하여 국부적으로 실시한다.
탐사조건	■ 적용 가능한 조건 ◦ 탐사심도 200㎜ 이내 ◦ 탐사대상 철근지름이 6㎜ 이상 ◦ 콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦ 철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 ■ 적용 곤란한 조건 ◦ 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦ 100㎜ 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦ 철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우
측정방법	■ 철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이다 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200㎜ 이다.  <RC-Radar 측정원리>
평가기준	■ 철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함 ■ 철근의 피복두께는 하천구조물 표준도와 비교하여 적정성을 판단함 ■ 실측된 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함 <철근의 피복두께 기준>

구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(㎜)	비 고
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브	D35 초과	40	
		벽체, 장선	D35 이하	20	
		보, 기둥	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10㎜ 저감 가능
			fck < 40MPa	40	
		쉘, 절판 부재		20	
	수중에서 타설 되는 콘크리트			100	
	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80	
	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60	
			D25 이하 철근	50	
			D16 이하의 철근	40	

※콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007) 참조

유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차
d ≤ 200㎜	±10㎜	-10㎜
d > 200㎜	±13㎜	-13㎜

※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함

주) ● 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
● 콘크리트 내구성 평가절차 수립(국토해양부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
● 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2010.12) 참조
● 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(국토해양부/한국시설안전공단, 2011. 12) 참조

2) 철근탐상 시험 결과

철근탐상 시험은 기 점검 자료를 활용하였으며, 일부 구간에서 확인차 실시하였음.

구 분	측 정 위 치		주철근 간격(mm)		배력철근간격 (mm)		피복두께 (mm)	비고
	부 재 명	측 점	실측	설계	실측	설계		
1	좌벽체	1-TYPE 1련 0k+035	201~215	200	189~229	200	50~55	
2	슬래브	2-TYPE 3련 0k+300	112~128	100	178~202	200	48~64	
3	좌벽체	3-TYPE 1련 0k+800	198~212	200	191~224	200	36~52	
4	좌벽체	4-TYPE 3련 1k+200	216~222	200	214~230	200	46~75	
5	슬래브	5-TYPE 3련 1k+400	114~120	100	-	200	47	
16	좌벽체	6-TYPE 5련 1k+490	206~210	200	-	200	32~54	
19	우벽체	7-TYPE 2련 1k+800	205~229	200	179~221	200	75~92	
22	우벽체	8-TYPE 5련 2k+110	228~232	200	-	200	39	
23	좌벽체	9-TYPE 2련 2k+200	215~221	200	210~227	200	78~97	
27	우벽체	11-TYPE 4련 2k+600	219~228	200	217~230	200	54~68	
30	좌벽체	12-TYPE 3련 2k+860	199~205	200	179~217	200	59~68	

라. 내구성시험 결과

슈미트햄머를 이용한 콘크리트 강도 측정 및 페놀프탈레인 1%용액을 이용한 탄산화 진행 깊이 측정결과 불광천 복개 구조물의 콘크리트 강도에는 이상이 없으며 탄산화 진행에 따른 철근의 부식 우려는 없는 것으로 평가되었다.