

서울대공원 지하구내 관로점검 요약문

1. 주요 점검결과

□ 중온수 배관 점검 결과 요약

중온수배관

- 배관종류 : 압력 배관용 탄소강관
- 배관직경 : 직경 25~200mm
- 배관구성 : 공급라인, 회수라인
- 총 연 장 : 13.0km
- 안 전 율 : 1.0 이상
- 사용성 평가 : 0.3m층상부식(부분교체)
- 종합평가 : C 등급



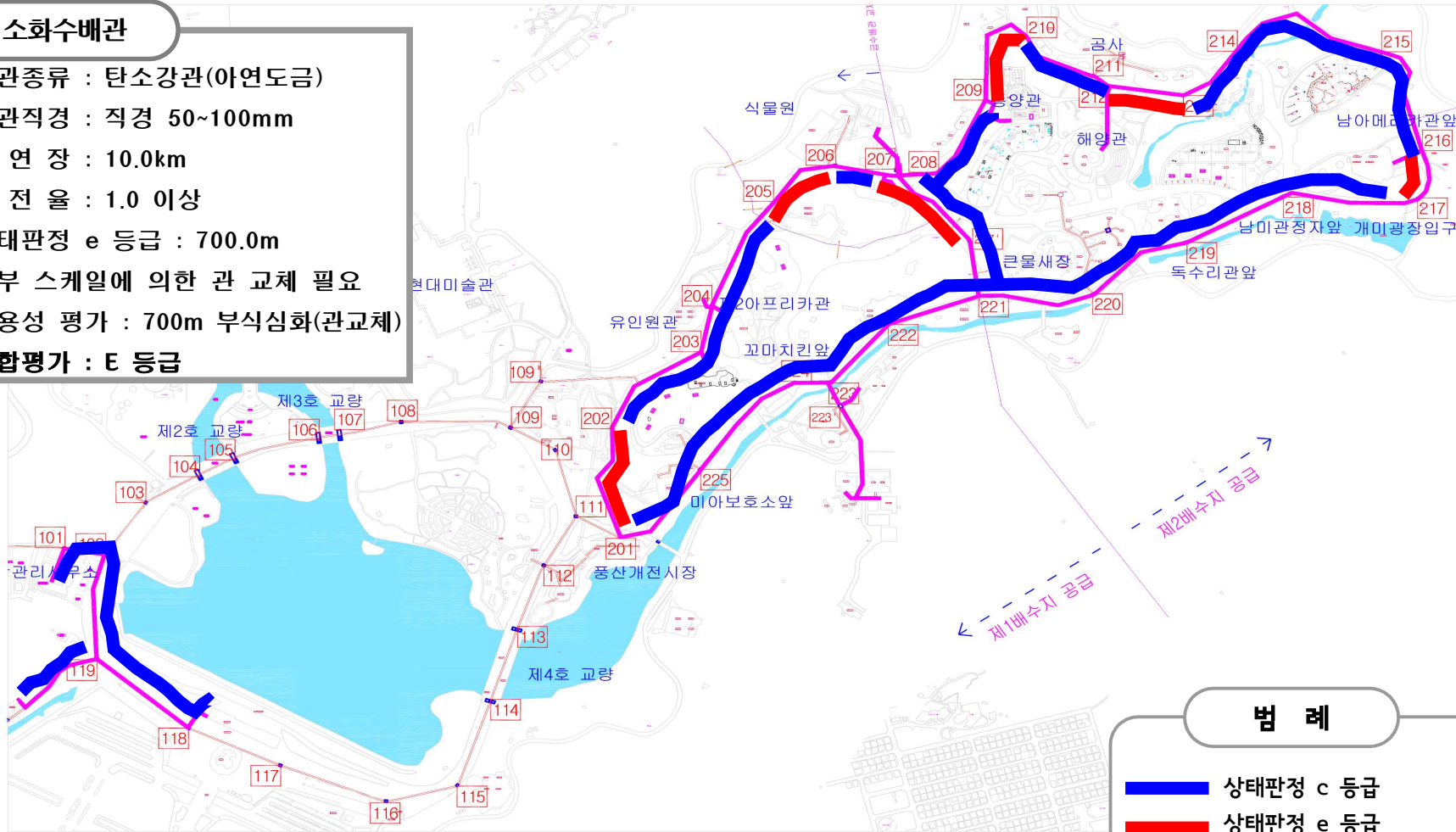
범례

— 상태판정 c 등급

□ 소화수 배관 점검 결과 요약

소화수배관

- 배관종류 : 탄소강관(아연도금)
- 배관직경 : 직경 50~100mm
- 총 연 장 : 10.0km
- 안 전 율 : 1.0 이상
- 상태판정 e 등급 : 700.0m
- 내부 스케일에 의한 관 교체 필요
- 사용성 평가 : 700m 부식심화(관교체)
- 종합평가 : E 등급



□ 잡용수 배관 점검 결과 요약

잡용수배관

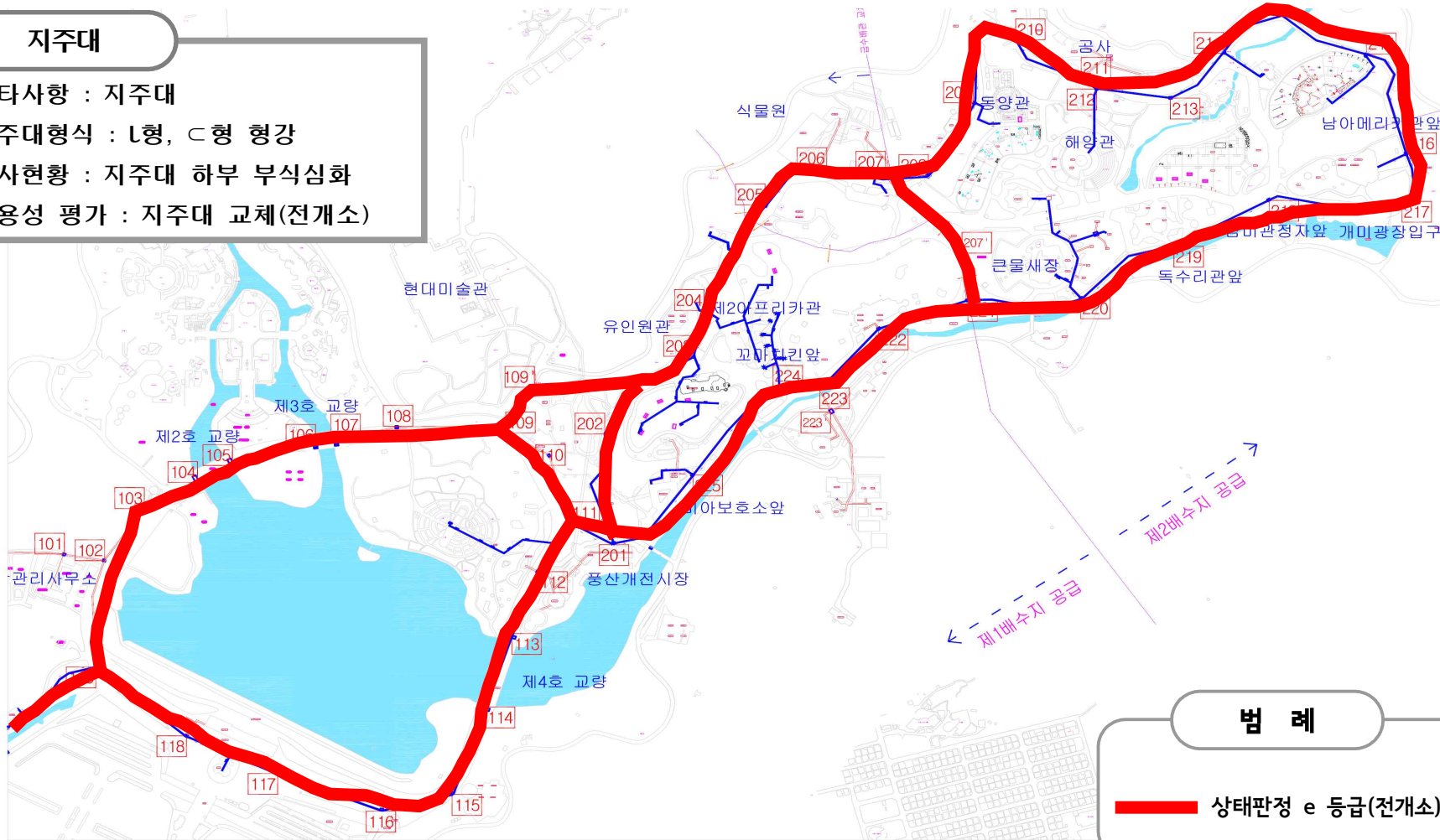
- 배관종류 : 주철관, 덕타일 주철관
- 배관직경 : 직경 15~400mm
- 총 연 장 : 8.5km
- 안 전 율 : 1.0 이상
- 상태판정 e 등급 : 1,448.0m
- 사용성 평가 : 1.5km부식심화(관교체)
- 종합평가 : E 등급



□ 기타사항(지주대) 점검 결과 요약

지주대

- 기타사항 : 지주대
- 지주대형식 : L형, C형 형강
- 조사현황 : 지주대 하부 부식심화
- 사용성 평가 : 지주대 교체(전개소)



2. 결과 요약

가. 외관조사 결과

□ 중온수배관

중온수배관은 서울대공원 내의 동물원에 공급되는 난방온수를 공급하는 관로로 공급라인과 회수라인으로 구성되어진다. 배관종류는 압력 배관용 탄소강관으로 직경은 25~200mm이며 총 연장은 13.0Km(지관포함)이다.

현장조사는 배관의 외관상태에 대해 수행을 하였으며 중온수배관은 공동구 측벽에 위치하고 있다. 관로의 사용기간 약 30년이고 공용기간 중 관 교체는 없었으며, 일반 유지보수 차원의 신축이음부 교체 및 재도장이 실시된 것으로 탐문조사에 의하여 확인되었다.

중온수 배관의 점검결과 외부도장(광명단 페인트-방청도장)열화, 공동구 내부의 배수불량과 결로에 의한 국부적으로 발생된 표면 점부식, 관 교차부 층상부식 심화(3.0m/1개소)가 조사되었으며, 보온재에 의해 보호되어진 관 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 또한 파괴시험에 의한 관 내부 상태는 부식, 스케일이 없는 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 밸브의 외관상태 및 작동에 문제가 없으며, 점부식이 일부 발생되었으나 사용상에는 문제가 없는 상태이고 신축이음부는 교체 및 재도장이 실시되어 대부분 양호한 상태였으나, 일부 신축이음에는 점부식이 조사되었다.

조사된 손상 중 표면 점부식에 대해서 깊이 게이지(Depth gauge)를 이용하여 상세 점검을 실시하였으며, 점부식의 깊이는 0.02~0.05mm로 점부식에 의한 관 두께 감소는 발생되지 않은 것으로 확인되었고 관두께는 실측 7.47mm, 초음파에 의한 두께 측정결과 6.30~7.10mm로 부식에 의한 관 두께 변화는 미약한 것으로 확인되어 배관의 상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다. 조사된 손상 중 부식 심화부(3.0m/1개소)에 대해서는 관 부분 교체가 필요한 일반 손상인 도장열화, 표면 점 부식은 부식제거와 표면 재도장을 통한 유지관리가 필요하다.



□ 소화수 배관

소화수배관은 서울대공원 내의 각 시설물에 공급되는 소화수를 공급하는 관로이다. 배관은 아연도금 탄소강관과 주철관으로 구성되어 있으며 직경은 25~200mm이고 총 연장은 10.0Km(지관포함)이다. 아연도금 탄소강관은 서울대공원 동물원 구역에 설치되었으며, 주철관은 종합관리사무소에서 119 맨홀까지 약 300.0m 구간에 설치되어 있다.

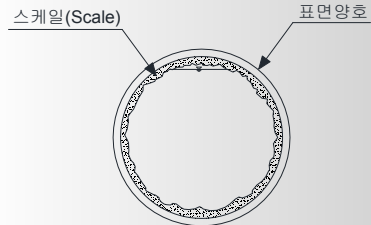
현장조사는 배관의 외관상태에 대해 수행을 하였으며 배관은 공동구의 측벽에 위치하였다. 점검 대상관로의 사용기간은 약 30년이고 사용기간 중 관 교체는 없었으며, 일반 유지보수 차원의 신축이음부 교체가 실시된 것으로 탐문조사에 의해 확인되었다.

소화수배관 중 주철관은 표면전면부식과 점부식이 국부적으로 발생되었고 관 표면 누수가 없는 상태인 것으로 점검되었다. 주철관에 대하여 상세한 외관조사로 점부식 깊이를 측정하였고 깊이는 0.38~0.66mm로 측정되었다. 또한 초음파를 이용한 배관의 두께를 측정결과는 아연도금관 3.8~4.4mm, 주철관 6.9~7.4mm로 측정되어 원 배관두께인 아연도금관 3.83, 주철관 8.3mm와 비교시 주철관에서 부식에 의한 손실이 발생된 것으로 분석되었다.

아연도금 탄소강관의 외관은 부식이 없는 양호한 상태인 것으로 점검되었으나, 파괴시험에 의한 배관내부 상태는 스케일이 약 2.0mm 발생된 것으로 조사되었다. 관 내부 스케일(Scale)은 배관내부 칼슘, 마그네슘 등의 화합물 또는 규산염 등이 농축되어 석출 고착된 것을 말하며, 두께가 증가하면 유로를 좁혀 관을 폐쇄하는 원인이 되는 손상이다. 현재 조사된 스케일은 사용기간 30년간 약 2.0mm로 사용기간에 비하여 배관 스케일 발생은 미약한 것으로 분석되나, 배관의 사용년수와 추후 유지관리를 고려하여 배관의 교체가 필요한 것으로 판단된다.

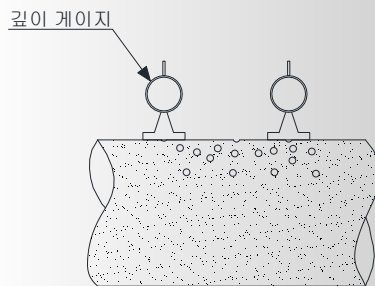
또한 밸브 및 신축이음부에 대한 점검결과 밸브와 신축이음의 작동 상태는 양호하였

소화수배관(아연도금)



- 표면상태양호
- 스케일(2.0mm) 발생
- 신축이음관 누수 - 1개소
- 안전성평가 : 1.0 이상
- 관 교체
- 사용성 평가 : 700m부식심화(관교체)

소화수배관(주철관)



- 표면부식, 국부 점부식
- 점부식 깊이 : 0.38mm~0.66mm
- 안전성평가 : 1.0 이상
- 관 교체
- 사용성 평가 : 부식심화(관교체)

으나, 신축이음부 1개소에서 누수가 조사되어 신축이음부의 교체가 필요한 것으로 판단된다.

□ 잡용수 배관

잡용수배관은 서울대공원 내의 각 시설물에 공급되는 잡용수(청소, 해양관 수조수)를 공급하는 관로이다. 배관은 회주철, 덕타일 주철관으로 구성되어 있으며 직경은 15~400mm이고 총 연장은 8.5Km(지관포함)이다.

현장조사는 배관의 외관상태에 대해 수행을 하였고 배관은 공동구의 측벽 하단에 위치하였다. 점검대상관로의 사용기간은 약 30년이고 사용기간 중 일부 223 맨홀~224 맨홀구간(41.0m)에 대한 관교체가 2004년(추정)에 이루어진 것으로 조사결과 확인되었다.

잡용수배관의 주철관은 표면전면부식과 점부식이 발생되었고 일부구간에서 관 표면 누수, 관 손상(1개소)이 발생한 것으로 조사되었다. 표면전면부식은 관의 사용연수 경과에 따라 발생한 부식으로 잡용수배관 전반에 걸쳐 발생되어 있으며, 점부식은 표면부식이 발생한 위치에서 배수불량 및 결로가 심한 위치에서 발생되고 있는 것으로 확인되었고, 관 손상은 외부충격에 의하여 관 변형이 발생한 것으로 추정되며 손상 깊이는 5.15mm로 측정되었다. 관 손상부는 점부식 및 누수가 발생한 곳과 동일하게 미량의 누수가 진행 중이었다.

관 표면 누수가 발생한 구간은 119 맨홀 ~ 203 맨홀까지 약 1.2km에서 조사되었고 발생원인을 점부식 심화가 관 두께에 영향을 준 것으로 추정하여 해당구간에 발생한 점부식 및 누수부 대하여 깊이 게이지(Depth gauge)를 이용한 점부식 깊이를 측정하였고 점부식 깊이는 0.15~3.95mm로 측정되었다. 초음파를 이용한 배관의 두께를 측정 결과는 5.4~9.1mm로 측정되어 원 배관두께 9.7mm와 비교시 부식에 의한 손실이 발생한 것으로 판단된다.

주철관의 메커니컬 조인트와 관 받침부에는 표면부식이 발생한 것으로 조사되었고 연결부에서 누수, 파손, 균열 등의 손상은 조사되지 않았다.

조사된 손상 중 점부식 및 누수 구간에 대한 관 교체가 필요한 것으로 판단되고 유지관리의 용이성과 조인트부의 노후화를 고려하여 부분 교체보다는 잡용수배관 전체에

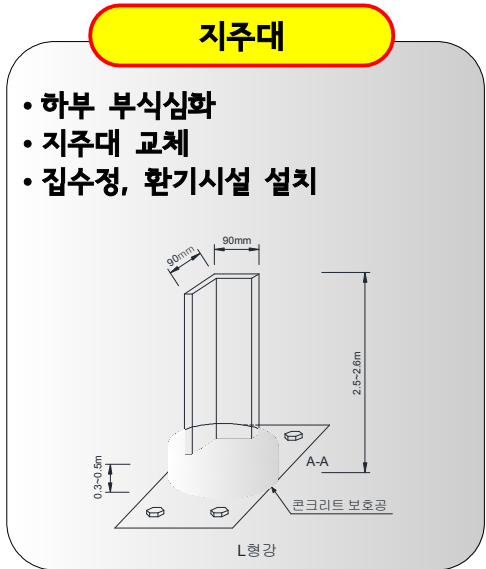
잡용수배관

- **점부식 깊이 : 0.54mm~1.21mm**
- **표면부식, 국부 점부식,**
- **관 손상(1개소), 누수**
- **안전성평가 : 1.0이상**
- **외부충격 - 커플링 보수**
- **잡용수배관 교체**
- **사용성 평가 : 1.5km부식심화(관교체)**

대한 교체를 고려해볼 필요가 있는 것으로 판단된다.

□ 기타사항

기타 조사사항으로 배관 받침 지주대인 L형, 형강에 대하여 점검을 실시하였으며, 점검결과 배관 받침 지주대 전 개소에서 하부 부식, 단면손실이 조사되었고 단면손실 정도를 확인하기 위하여 건전부와 손상부에 대한 실측을 실시하였다. 실측으로 측정된 형강의 건전부 두께는 7.17~11.08mm이고 손상부의 두께는 0.0~6.63mm로 지주대의 하부 부식상태가 심각한 것으로 조사되었다. 손상발생의 원인은 공동구 내부 배수불량, 체수, 결로에 의하여 습윤부식이 가속화 된 것으로 판단된다. 손상부에 대한 보수·보강 방안으로 지주대 교체가 필요하고 지주대만 교체한다면 손상의 재발이



우려되므로 공동구 내부의 배수불량, 체수, 결로 방지가 우선적으로 실시되어야 할 것으로 사료된다. 배수불량과 체수는 맨홀의 경사를 고려한 집수정 설치가 수행되어야 하고 결로에 대한 보완방안은 맨홀부에 환기팬 등을 설치하여 공동구 내부의 결로가 예방될 것이며, 지주대 하부 기초를 콘크리트로 보완한다면 지주대 하부의 내구성 및 사용성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

나. 시험 및 측정결과

관로의 재료적 성질과 부식의 발생 원인을 파악하기 위한 시험결과의 성과를 아래와 같이 요약하였다.

구분	측정결과	평가의견	
관 두께 측정	3.83~8.73mm	관 두께 측정결과 관 내부 부식량은 0.07~2.30mm으로 측정되었다.(안전성 평가 활용)	
수질 관련	용존산소(DO)	3.5~11.0mg/ℓ	상수도 수질 기준을 만족하고 있으며 용존산소에 의한 부식은 없을 것으로 판단됨.
	pH	7	상수도 수질 기준을 만족하고 약알칼리성으로 부식에 대한 영향은 미약할 것으로 판단됨.
인장강도	350~416N/mm ²	KS기준을 만족하고 있음.	
연신율	21~38%	KS 기준을 만족하고 있으나, 소화수 배관의 연신율이 다소 부족한 상태인 것으로 측정되었다. 연신율 부족에 의한 신축관 이음부 손상이 조사되지 않아 문제점은 없는 것으로 판단된다.	

다. 상태판정 결과

- 중온수관 배관의 상태등급은 주기적 점검이 필요한 상태인 “c” 등급 으로 판정되었으나, 0.3m(1개소)에 대한 관 부분 교체가 필요한 것으로 판단된다.
- 소화수 배관의 상태등급은 주기적 점검이 필요한 상태인 “c” 등급 으로 판정되었으나, 700m 구간에서 배관 보수 및 부분교체가 필요한 “e” 등급으로 판정되었다.
- 잡용수 배관의 상태등급은 전반적으로 주기적 점검이 필요한 상태인 “c” 등급이나, 일 부개소에서 배관 보수 및 부분교체가 필요한 “e” 등급 으로 지정되었다.

중온수배관	시설물의 종합상태판정 “C” 등급
소화수배관	시설물의 종합상태판정 “E” 등급 (E 등급 : 700m)
잡용수배관	시설물의 종합상태판정 “E” 등급 (E 등급 : 1.5km)
지주대	시설물의 종합상태판정 “E” 등급

라. 관로의 안전성 평가결과

각 관의 구조 안전성은 대상관로에 대하여 발생하는 최대 정수압을 적용한 내압 의한 구조 안전성 검토를 실시한 결과, 서울대공원 지하구내 관의 구조 안전성은 **안전율 1.0이상**을 확보하고 있어 구조 안전성에는 문제점이 없는 것으로 검토 되었다.

마. 관로의 노후도 검토 결과

관 노후도 검토는 집중부식에 의해 용수공급 기능상 한계에 도달하는 시점을 예측 하는 부식률에 의한 잔존수명과 부식에 의해 감소되는 관 두께가 외적 하중 조건에 서 관이 구조적인 안전성을 확보할 수 있는 한계에 도달하는 시점을 예측하는 응력 조건을 고려한 잔존수명으로 구분하여 수행되며, 검토 결과 부식률에 의한 잔존수명 은 최소 15년 이상, 응력조건을 고려한 잔존수명은 최소 19년 이상을 확보하는 것으 로 파악된다.

따라서 50년 이하의 잔존수명을 보유하고 있는 관로에 대해서는 주기적인 점검과 관 교체를 고려해야 할 것으로 판단되며 대상 구간은 다음과 같이 정리하였다.

구분	위치 (맨홀번호 ~맨홀번호)	sta.	관종	관경 (mm)	부식률에 의한 잔존수명(년)	응력조건을 고려한 잔존수명(년)	조치(안)
소화수 배관	201~202	103	아연도금	165.2	-	42년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	205~206	64	아연도금	165.2	-	43년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	207~207'	78	아연도금	165.2	-	46년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	209~210	95	아연도금	165.2	-	36년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	212~213	108	아연도금	165.2	-	45년	정기점검, 스케일제거 및 갱생

구분	위치 (맨홀번호 ~맨홀번호)	sta.	관종	관경 (mm)	부식률에 의한 잔존수명(년)	응력조건을 고려한 잔존수명(년)	조치(안)
소화수 배관	216~217	30	아연도금	165.2	-	48년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	216~217	30	아연도금	165.2	-	37년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
	216~217	30	아연도금	165.2	-	48년	정기점검, 스케일제거 및 갱생
잡용수 배관	114~115	78	D주철관	222	-	49년	정기점검, 관 교체
	115~116	50	D주철관	222	40년	40년	정기점검, 관 교체
	116~117	23	D주철관	222	49년	48년	정기점검, 관 교체
	117~118	10	D주철관	222	15년	19년	정기점검, 관 교체
	117~118	25	D주철관	222	18년	20년	정기점검, 관 교체
	117~118	130	D주철관	222	-	35년	정기점검, 관 교체
	118~119	70	D주철관	222	-	49년	정기점검, 관 교체
	201~202	58	주철관	378	18년	24년	정기점검, 관 교체

바. 관 사용성 판정 결과

관종	상태판정 등급	안전성판정 등급	노후도 평가 (최소사용기간)	사용기간	관련법규에 사용기간	사용성 판정
중온수배관	c	a	20년	30년	20년	0.3m층상부식 (관 교체)
소화수배관	c	a	15년	30년	10년	700m부식심화 (관 교체)
잡용수배관	e	a	15년	30년	20~30년	1.5km부식심화 (관 교체)

상기와 같이 관로의 사용성 판정 결과, 서울대공원 지하구내 관로에 대한 사용성 판정은 조사내용 및 관련 규정에 의거한 판정결과, 각 배관 및 밸브의 사용성에 문제가 우려되어 보완(관 교체)이 필요한 것으로 판정되었다.

사. 보수·보강 개략공사비

□ 시설물 총 개략공사비(잡용수배관 부분교체+지주대)-1안

구분	손상내용	보수·보강방안	금액
소화수배관	내부부식	부분보수	669,240,000원
잡용수배관	점부식 및 누수	부분교체	262,800,000원
지주대	부식	지주대 교체	210,000,000원
순공사비			1,142,040,000원
제경비(순공사비의 50%)			571,020,000원
공사비			1,713,060,000원
절사			-
개략공사비			1,713,060,000원

※ 보수시 시공성 및 효율성을 고려하여 보수수량은 손상수량에 50%를 할증을 함.

※ 각 시설물에 발생된 동일 손상수량에 따른 보수수량의 총 합이 1 미만인 손상은 1 로 올림하여 보수수량을 산출함.

※ 현장여건 및 시공기간에 따라 개략공사비는 변동될 수 있음.

□ 시설물 총 개략공사비(잡용수배관 교체+지주대)-2안

구분	손상내용	보수·보강방안	금액
소화수배관	내부부식	관 교체	669,240,000원
잡용수배관	점부식 및 누수	관 교체(전체)	946,500,000원
지주대	부식	지주대 교체	210,000,000원
순공사비			1,825,740,000원
제경비(순공사비의 50%)			912,870,000원
공사비			2,738,610,000원
절사			-
개략공사비			2,738,610,000원

※ 보수시 시공성 및 효율성을 고려하여 보수수량은 손상수량에 50%를 할증을 함.

※ 각 시설물에 발생된 동일 손상수량에 따른 보수수량의 총 합이 1 미만인 손상은 1 로 올림하여 보수수량을 산출함.

※ 현장여건 및 시공기간에 따라 개략공사비는 변동될 수 있음.

3. 종합결론

서울대공원 지하구내 관로에 대한 점검 결과 중온수관은 관 손상, 부식, 점부식, 소화수 배관 내부 스케일 등이 조사되었고 잡용수 배관은 표면전체부식, 점부식 및 누수, 관 손상등의 손상이 조사되었다. 각 관로에 대한 안전성 검토 결과 각 관로의 안전율은 1.0이상으로 검토 되어 사용성에는 문제점이 없으나, 각 관로 노후도 검토 결과 소화수 배관과 잡용수배관의 추정잔존년수가 20년 이하인 곳이 일부개소 분석되었으므로 잔존년수에 따른 부분 관 교체가 필요하고 사용성 평가에 의한 판정결과, **서울대공원 지하구내 관로는 관로의 사용성에 문제가 우려되어 보완(관 교체)이 필요한 것으로 판정**되었다.

제안사항으로 공동구 내부에 존재한 관로에 대해서 **매 5년을 주기로** 관로의 상태와 노후도에 대한 점검을 실시하여 **관로의 유지관리에 필요한** 이력관리가 될 수 있도록 점검계획을 수립하여 실시하는 것이 필요하다.

목 차

제 1장 과업의 개요	2
1.1 과업명	3
1.2 과업의 목적	3
1.3 과업기간	2
1.4 과업의 범위 및 내용	2
1.4.1 점검 실시 범위	2
1.4.2 과업의 내용	2
1.5 과업수행 일정	3
제 2장 점검의 개요	4
2.1 점검의 흐름도	5
2.2 현장조사	6
2.2.1 관 손상 원인	6
2.2.2 관로의 파손 형태	9
2.2.3 주요 점검항목	9
2.3.4 사용 장비	10
2.3 재료시험	11
2.3.1 초음파에 의한 관 두께 측정	11
2.3.2 용존산소량(DO)측정	12
2.3.3 pH측정	13
2.4 시설물의 판정	14
2.4.1 개요	14
2.4.2 상태판정 기준 및 방법	15
2.4.3 안전성 평가	19
2.4.4 안전등급 지정	19
제 3장 자료수집 및 분석	20
3.1 수집자료 목록	21
3.2 관련도면	22
3.3 기 점검 및 진단 자료의 검토	27

제 4장	현장조사 및 시험	28
4.1	외관조사 결과분석	29
4.1.1	점검 시설물의 현황	29
4.1.2	조사 착안사항	29
4.1.3	시설물 현장조사 요령	29
4.1.4	점검대상 시설물 범위	29
4.1.5	중온수배관 외관조사 결과 및 분석	34
4.1.6	소화수배관 외관조사 결과 및 분석	36
4.1.7	잠용수배관 외관조사 결과 및 분석	38
4.1.8	기타사항 외관조사 결과 및 분석	40
4.2	시험결과	41
4.2.1	시험결과	41
4.2.2	시험결과 요약	45
제 5장	상태판정	47
5.1	상태판정 개요	47
5.2	관로 상태판정	47
5.2.1	상태판정 결과	47
5.2.2	안전등급 지정	52
5.2.3	종합상태판정 등급	52
제 6장	안전성 및 사용성 평가	54
6.1	안전성 평가	54
6.1.1	구조 안전성 검토	54
6.2	관의 노후도 검토	58
6.2.1	부식률에 의한 잔존수명	58
6.2.2	응력조건을 고려한 잔존수명	62
6.2.3	관 노후도 검토 결과	65
6.3	관 사용성 평가	66
6.3.1	개요	66
6.3.2	사용성 판정결과	68
제 7장	보수·보강 방안	70

7.1 보수·보강 방법	70
7.1.1 보수·보강 방법	70
7.2 보수·보강 우선순위 결정	71
7.3 보수·보강 공법 개요	72
7.4 보수·보강 개략공사비	73
7.4.1 관로 개략공사비	73
7.5 관로 총 개략공사비	74
제 8장 종합결론	75
8.1 외관조사결과	75
8.1.1 중온수배관	75
8.1.2 소화수배관	75
8.1.3 잡용수배관	75
8.1.4 기타사항	75
8.2 시험 및 측정결과	76
8.3 관로의 상태판정 결과	77
8.4 관로의 안전성 평가결과	77
8.5 관로의 노후도 검토 결과	77
8.6 관 사용성 판정 결과	78
8.7 보수·보강 개략 공사비	79
8.8 종합결론	81

부 록

- 1. 과업내용서**
- 2. 외관조사망도**
- 3. 시험성적서**
- 4. 상태평가자료**
- 5. 과업수행계획서**
- 6. 사전검토보고서**
- 7. 사전척**