개정판

상수관로 정밀조사 매뉴얼

2020. 06.

물 이 용 기 획 과

< 매뉴얼 주요 개정내용 >

연번	수정일	수정내용	비 고
1	’20.06.08.	○ 적용범위에 지방상수도 현대화사업(상수관망) 추가 ○ 관상태 조사자료 국가상수도정보시스템 등록 추가 ○ 개략사업비 산정기준 보완 ○ 중점관리지역 지정결과 검색경로 추가 ○ 관로정보 수집, 확인굴착 조사, 관로탐사, 관망도작성 내용 추가 ○ 송수관로 간접평가 기준 추가 ○ 직접평가 수행절차 구체화 ○ 관시험편 제작 및 시험시 KS 기준 반영 ○ 부단수 관 내시경 조사 내용 추가 ○ 부록 I. 과업지시서 내 과업내용서 조정	

목 차

1. 개요 ····· 1

1.1 배경 및 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 활용방안 ····· 2

1.4 참고자료 ····· 2

1.5 사업추진방법 ····· 2

1.6 매뉴얼 구성 ····· 7

1.7 용어 정의 ····· 7

2. 정밀조사 수행방법 ····· 10

2.1 조사 대상 관로 ····· 10

2.2 조사 수행 절차 ····· 10

2.3 관로 정보수집 항목 ····· 11

2.4 관로정보 수집 및 관망도 작성 ····· 13

2.4.1 관망기초자료 수집 ····· 13

2.4.2 확인굴착 조사 ····· 13

2.4.3 관로탐사 ····· 14

2.4.4 관망도 작성 ····· 14

2.5 조사구간 ····· 15

2.5.1 조사 구역 분할 ····· 15

2.5.2 관로 분할 기준 ····· 15

2.5.3 조사구간 설정 기준 ····· 16

2.6 간접평가 ····· 17

2.6.1 관종 별 점수평가표 ····· 17

2.6.2 점수평가 항목조사 방법 ····· 19

2.6.3 조건값 부여 ····· 20

2.6.4 항목별 가중치 ····· 21

2.6.5 점수산정 ····· 22

2.6.6 평가등급의 결정 ····· 23

2.7 직접평가 ····· 25

2.7.1 직접평가 조사지점 선정 ····· 25
2.7.2 직접평가 수행절차 ····· 26
2.7.3 관종별 직접조사 항목 ····· 27
2.7.4 관 외면조사 ····· 29
2.7.4.1 관종 ····· 29
2.7.4.2 관경 ····· 30
2.7.4.3 외면 도장상태 ····· 30
2.7.4.4 외면 부식상태 ····· 31
2.7.5 단수여부 결정 ····· 33
2.7.6 관체절단 ····· 33
2.7.7 관 내면조사 ····· 33
2.7.7.1 내부 슬라임상태 ····· 34
2.7.7.2 내부 도장재상태 ····· 35
2.7.7.3 중성화도 ····· 36
2.7.7.4 내부 결절상태 ····· 36
2.7.7.5 내부 부식상태 ····· 37
2.7.8 관 시험편 제작 ····· 39
2.7.9 물리적 특성 평가 ····· 42
2.7.9.1 인장강도, 연신율 등 ····· 42
2.7.9.2 화학적 조성 ····· 44
2.7.9.3 표면조직 검사 ····· 44
2.7.10 초음파 관체조사 ····· 45
2.7.11 관로 부단수 천공 ····· 47
2.7.12 부단수 천공시편 채취 ····· 48
2.7.13 부단수 관 내시경 조사 ····· 48
2.7.14 부단수 천공시편 분석 ····· 52
2.7.15 부식비율(P_{cd}) 산정 ····· 52
2.7.16 안전계수(SF) 산정 ····· 53
2.7.16.1 작용응력 산정 ····· 54
2.7.16.2 안전계수 산정 ····· 54
2.7.17 직접평가에 따른 관상태 등급 ····· 58

부록 A. 현장조사표 ····· 62
부록 B. 현장측정방법 ····· 69
부록 B.1 현장 도장재두께 측정방법 ····· 70
부록 B.2 현장 토양부식성 측정, 판단 기준 ····· 73
부록 B.3 잔존 인장강도 추정 ····· 85
부록 C. 콘크리트관 조사, 판단기준 ····· 87
부록 C.1 개요 ····· 88
부록 C.2 프리스트레스트 콘크리트(PC)관 안전성 평가 ····· 92
부록 C.3 콘크리트관 평가등급과 개량방안의 결정(안) ····· 97
부록 D. 간접평가 사례 ····· 100
부록 E. 직접평가 사례 ····· 106
부록 F. 수질적 안전성 기술진단 ····· 123
부록 G. 상태평가 지원 소프트웨어 ····· 131
부록 H. 관종 특성 및 국내외 기술 ····· 135
부록 H.1 관종별 악화 메커니즘 ····· 136
부록 H.2 관 상태평가의 종류 ····· 145
부록 H.3 관 상태평가의 절차 ····· 147
부록 H.4 간접평가의 종류 ····· 148
부록 H.5 직접평가 방법과 개량기준 ····· 150
부록 I. 노후 상수관로 정비 기본계획 과업내용서(예시) ····· 152
부록 J. 상수관로 정밀조사 매뉴얼 자문의견 검토서 ····· 234

그림목차

그림 2-1 상수관로 상태평가 시행절차 ····· 10
그림 2-2 상수관로 확인굴착 예 ····· 13
그림 2-3 상수관로 탐사 예 ····· 14
그림 2-4 관망도 작성 예 ····· 14
그림 2-5 관로 분할 예 ····· 16
그림 2-6 관상태 직접평가 절차 ····· 26
그림 2-7 지방상수도 주요 관종 ····· 30
그림 2-8 외면 도장 상태 ····· 31
그림 2-9 외면부식 면적, 둘레 조사 예 ····· 32
그림 2-10 관체 수집시 외면 부식깊이 측정 예 ····· 32
그림 2-11 현장에서 관외면 부식깊이 측정을 표면 처리 예 ····· 32
그림 2-12 관체 샘플 채취 ····· 33
그림 2-13 내부 슬라임 예 ····· 33
그림 2-14 내면 도장재 손상 유형 예 ····· 35
그림 2-15 내면 도장재 박리비율 예 ····· 35
그림 2-16 CML 중성화 측정방법 ····· 36
그림 2-17 내부결절 측정 예 ····· 37
그림 2-18 내부결절 사진 ····· 38
그림 2-19 내면부식 면적, 둘레 조사 예 ····· 38
그림 2-20 수집 관체에 대한 블라스팅 후 관 표면 예 ····· 38
그림 2-21 내면 부식깊이 측정 예 ····· 39
그림 2-22 현장 외면 브러싱 후 초음파탐상에 의한 내면부식깊이 측정 예 ····· 39
그림 2-23 관 시험편 추출 예 ····· 39
그림 2-24 관종 별 하중에 따른 변화 특성 예 ····· 43
그림 2-25 인장시험 후 시편 연마 전후(부식이 포함된 시편) ····· 43
그림 2-26 관종별 금속표면 조직 예 ····· 44
그림 2-27 초음파두께 측정 예 ····· 45
그림 2-28 부단수 천공시편 채취 예 ····· 48
그림 2-29 부단수 관 내시경 조사 개요 ····· 48

그림 2-30 부단수 관 내시경 조사 장비 ····· 49
그림 2-31 부단수 관 내시경 조사 예 ····· 49
그림 2-32 부식깊이 비율 측정 개념도 ····· 52
그림 2-33 안전계수 산정 흐름도 ····· 53
그림 2-34 관에 작용하는 하중-응력 예(AWWARF, 2002) ····· 54
그림 2-35 안전계수의 종류 예 (AWWARF, 2002) ····· 55
부록 그림 B.1.1 자기유도 방식 도막두께 측정 원리 ····· 70
부록 그림 B.1.2 일반적인 도막두께측정기 ····· 71
부록 그림 B.1.3 도막두께측정기 보정 방법 ····· 71
부록 그림 B.2.1 토양시료 샘플링 위치(Rajani 등, 2000) ····· 76
부록 그림 B.2.2 일반적인 토양비저항 측정기 ····· 77
부록 그림 B.2.3 4전극법(four pin method)을 이용한 토양비저항 측정 ····· 78
부록 그림 B.2.4 토양상을 이용한 방법(soil box method) ····· 79
부록 그림 B.2.5 토양 pH Meter 및 측정모습 ····· 79
부록 그림 B.2.6 토양 ORP Meter 및 보정 ····· 80
부록 그림 B.3.1 부식비율 vs. 인장강도 손실 ····· 85
부록 그림 B.3.2 부식비율 vs 잔존 인장강도 관계 ····· 86
부록 그림 C.1.1 PC관에 발생하는 하중과 응력 ····· 88
부록 그림 D.1 SH 블록 전체 관종별 간접평가 결과 예 ····· 104
부록 그림 D.2 SH 블록 전체 관종별 간접평가 결과에 따른 우선순위 예 ····· 105
부록 그림 E.1 현장 조사지점 위치도 ····· 108
부록 그림 E.2 조사지점 매설환경(토양상태 등) ····· 109
부록 그림 E.3 조사지점 관 내・외부 상태 ····· 112
부록 그림 E.4 조사지점 수집 관체에 대한 표면연마 전・후 상태 ····· 115
부록 그림 E.5 전형적인 닥타일주철관과 회주철관 표면조직 사진(DIPRA) ····· 116
부록 그림 E.6 금속 표면조직 검사 결과 ····· 117
부록 그림 F.1 기초평가 수행절차 및 항목 ····· 127
부록 그림 F.2 수질안전성평가 절차 ····· 128
부록 그림 H.1.1 현재 무라이닝 회주철●닥타일주철관 상태 예 ····· 136
부록 그림 H.1.2 CML 중성화 과정 ····· 138
부록 그림 H.1.3 염분 등 매설환경 영향과 부적정 제조 CML-DCIP 상태 예 ····· 139

부록 그림 H.1.4 플라스틱관 재질적 악화 단계 ····· 143
부록 그림 H.1.5 PE관의 연성파괴(좌측)와 취성(우측) 파괴 예 ····· 144
부록 그림 H.1.6 집중하중을 받는 위치의 플라스틱관 단면(자갈 등) ····· 144
부록 그림 H.1.7 플라스틱관 표면 균열기작 ····· 144
부록 그림 H.2.1 관 상태평가의 장●단점 비교 ····· 145
부록 그림 H.3.1 일반적인 관 상태평가의 절차 ····· 147
부록 그림 H5.1 매설관의 악화 단계 예 (SF는 safety factor를 의미) ····· 150

표 목차

표 1-1 상수관로 정밀조사 개략산정 단가 현황 ····· 3
표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교 ····· 4
표 2-1 평가방법에 따른 관종 별 조사항목 ····· 11
표 2-2 관종 별 점수평가표 ····· 17
표 2-3 관종 별 평가의 가중치 ····· 21
표 2-4 매설연수별 관상태 보정계수 ····· 22
표 2-5 관종별 노후상태 상태등급 ····· 24
표 2-6 관종별 직접평가 주요 조사항목 ····· 27
표 2-7 관종별 관 외면조사 항목 ····· 29
표 2-8 관종별 관 내면조사 항목 ····· 33
표 2-9 금속관 시험편 제작 규격(KS B 0801) ····· 40
표 2-10 내충격 폴리염화비닐관 시험편 제작 규격(KS M ISO 6259-2) ····· 41
표 2-11 폴리에틸렌관 관벽두께에 따른 시험편 유형(KS M ISO 6259-3) ····· 41
표 2-12 폴리에틸렌관시험편 제작 규격(KS M ISO 6259-3) ····· 42
표 2-13 금속관종별 화학조성 [단위 : wt%] ····· 44
표 2-14 조사지점별 초음파 두께 측정에 따른 최대 두께 ····· 46
표 2-15 조사지점별 탐상을 통한 내면부식깊이 추정 결과(6개) ····· 46
표 2-16 부단수 천공 절차 ····· 47
표 2-17 부단수 관내시경 조사 절차 ····· 50
표 2-18 굴착 후 관내시경 조사시 단계별 조사항목 ····· 51
표 2-19 관종 별 하중 계산 기준 ····· 55
표 2-20 관종 별 외부 는 내부압력에 의한 원주방향 응력계산 기준 ····· 57
표 2-21 관종 별 안전계수 산정 기준 ····· 58
표 2-22 관 상태 직접평가 개량 판단기준 ····· 59
부록 표 B.2.1 토양특성에 따른 부식성 판단기준 ····· 74
부록 표 B.2.2 ANSI/AWWA 평가방법(Modified) ····· 74
부록 표 B.2.3 강관에 대한 토양비저항 평가방법(STP 1013, ASTM) ····· 75
부록 표 B.2.4 토양조사항목 및 분석방법 ····· 76
부록 표 C.1.1 조사지점 선정 기준 ····· 88

부록 표 C.1.2 콘크리트관 관체 조사항목 ····· 89
부록 표 C.1.3 콘크리트관에 대한 구조적 안전성 평가 방안 ····· 91
부록 표 C.2.1 PC관의 프리스트레스트 응력(흄관은 제외) ····· 94
부록 표 C.2.2 PC관 저부에 발생하는 응력 (흄관 포함) ····· 95
부록 표 C.2.3 PC관 코어에 발생하는 응력 (흄관은 전체두께 대상) ····· 96
부록 표 C.3.1 PC 콘크리트관 직접평가 등급별 상태조건 및 개량방안 ····· 97
부록 표 C.3.2 PC관 안전성 평가 사례 ····· 99
부록 표 D.1 SH 배수본관 간접평가 항목 조사 결과표 ····· 101
부록 표 D.2 SH 배수본관 간접평가 항목 조건값 산정 결과 ····· 102
부록 표 D.3 SH 배수본관 간접평가 항목 가중치, 보정계수, 조사구간(가중평균) 적용 결과 ·· 103
부록 표 D.4 SH 배수본관 조사구간 최종 결과 ····· 104
부록 표 E.1 조사대상 관로 일반현황 ····· 107
부록 표 E.2 조사지점 매설환경 ····· 108
부록 표 E.3 조사지점 관 내·외면 상태 조사 결과 상세 ····· 111
부록 표 E.4 토양부식성 평가 결과 ····· 112
부록 표 E.5 내・외면 부식깊이 측정 결과(최대 6개) ····· 114
부록 표 E.6 화학적 조성분석 결과 ····· 116
부록 표 E.7 인장강도 시험시편 평가 결과(시편 공식기준) ····· 118
부록 표 E.8 조사대상 관로 잔존강도 평가 결과(관체 공식기준) ····· 119
부록 표 E.9 안전성 평가 결과표 2-3 관종 별 평가의 가중치 ····· 120
부록 표 E.10 GD 배수관로 상태 직접평가 종합결과 ····· 122
부록 표 F.1 수질검사 항목 ····· 125
부록 표 F.2 수질검사항목 수질기준 ····· 125
부록 표 F.3 수도관 수도꼭지 수질검사 항목 ····· 126
부록 표 F.4 수질안전성 평가 항목 및 조건값 ····· 129
부록 표 F.5 수질안전성평가 점수별 등급표 2-4 매설연수별 관상태 보정계수 ····· 130
부록 표 H.1.1 무라이닝 회주철·닥타일주철관 악화(메커니즘) 단계 ····· 137
부록 표 H.1.2 시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관 악화(메커니즘) 단계 ····· 139
부록 표 H.1.3 강관 악화(메커니즘) 단계 ····· 142
부록 표 H.4.1 간접평가 방법 비교 ····· 149
부록 표 H.5.1 국외의 직접평가 기준 예 ····· 151

1. 개요

1.1 배경 및 목적

○ 상수관로 정밀조사 사업

상수관로 노후화로 인한 수도사고(부식, 손상, 수질문제(적수, 흑수)) 발생 위험성이 증가하고 있으며, 이에 따른 국민의 수돗물 안정성에 대한 우려도 상승하고 있어 대책마련이 시급하나, 그간 지하매설물인 상수관로 실태조사가 제대로 이루어지지 않아 노후 상수관로의 정확한 실태 파악이 어려운 실정이다. 이에 따라 전국대상 동일 기준의 정밀 실태조사를 실시하여 노후관로 개선방안 기본계획을 수립하고자 한다.

○ 매뉴얼 목적

일반적으로 지하에 매설된 관로는 시간이 경과하게 되면, 부식 등 노후가 발생하고, 출수불량, 적수 등 색도, 누수사고 등의 수질 문제를 유발할 수 있다. 본 「상수관로 정밀조사 매뉴얼」(이하 매뉴얼이라 함)은 상수관로 정밀조사 사업을 수행함에 따라, 이러한 관로들의 상태를 정확히 예측 또는 현장조사를 통하여 그 상태가 어떤 수준에 도달해 있는가를 파악하고, 상태수준에 따라 적절한 개량방안(세척, 갱생, 교체 등 개량방법, 개량시기, 우선순위 등) 수립하도록 하여 상수관망의 관리체계 개선, 안전한 수돗물을 안정적으로 공급하는데 목적이 있다.

1.2 적용범위

○ 상수관로 정밀조사 사업의 기술적 업무수행에 적용한다.

* 본 매뉴얼은 금회 정밀조사 및 지방상수도 현대화사업(상수관망)에 적용되며 관련법에 의해 시행되는 '상수관망 기술진단'에는 적용되지 않음

○ 다만, 현장여건상 본 매뉴얼을 적용하는 것이 불합리한 것으로 판단되는 경우에는 그러하지 않을 수 있으나, 미리 환경부와 협의해야 한다.

1.3 활용방안

○ 상수관로 정밀조사 결과에 따라 도출된 각 구간별 개선방안으로 노후 상수관로 정비 기본계획을 수립한다. (필요시 향후 수도정비기본계획에 반영)

○ 본 사업에서 취득된 관상태 조사자료는 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr)에 반드시 등록하여 향후 유지관리시 활용할 수 있도록 한다

1.4 참고자료

○ 기존 각종 계획 및 조사 결과를 검토하여 중복 조사를 방지한다.

- 지자체 상수도관망 기술진단 결과
- 지자체 수도정비기본계획
- 지자체 지방상수도 현대화사업 조사 결과**(해당시)**
- GIS 구축 자료
- 기타 관로 관련 조사 자료

1.5 사업추진방법

○ (범위) 지자체 급수구역의 전체 송·배수관로에 대해 간접평가 실시, 조사 결과에 따라 직접평가로 노후 상수관로 개량 방안을 마련한다.

- 지자체에서 발생하는 누수복구, 사고 복구 등 관 굴착 및 점검시에 시편, 내시경 결과 등을 확보하여 결과에 반영

○ (기간) 지자체 별 기본 1년으로 하되, 조사물량 등 사업 여건에 따라 변경할 수 있다.

○ (사업관리) 정밀조사 사업은 제대로 된 상수관로 실태조사로 노후관로 정비 기본계획을 수립해야하는 사업임을 고려하여 지자체 전문관리 인력을 배치한다. 전문인력의 철저한 관리감독이 필요하며, 중간 성과물에 대한 기술적 검토를 통한 최종 성과물 도출이 필요하다.

○ (사업관리 위탁검토) 지자체 전문인력 부족 등으로 관리가 곤란한 경우에는 공공전문기관(한국수자원공사 등) 등에 사업(관리)위탁을 검토할 수 있다.

○ (개략사업비) 발주시 개략사업비는 아래의 내용을 참고할 수 있으며, 지자체 상황이나 조건에 따라 합리적으로 조정할 수 있다.

표 1-1 상수관로 정밀조사 개략산정 단가 현황

주요항목	수량 (단위)	단가 (천원)	비고
1. 상수도시설물 조사			
1-1. 시설물 현황조사	km	9.3	○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈 ○ (내용) 현황조사, 관로매설물 탐사, 밸브 육안조사 등(급수관 제외)
1-2. 관로탐사	km	993	
1-3. 밸브류 조사	개소	22.25	
2. 관 노후도 평가 및 노후관 정비계획			○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈 ○ (내용) 관체조사비, 토양조사비, 굴착 및 복구비 등 포함, 시편채취비 별도
2-1. 관 상태 직접평가(굴착포함)			
- 강관	개소	3,362	
- 주철관(CIP, DCIP)	개소	3,537	
- PE, PVC 등	개소	3,232	
2-2. 관 상태 직접평가(누수복구 구간)	개소		
- 강관	개소	243	
- 주철관(CIP, DCIP)	개소	418	
- PE, PVC 등	개소	113	
2-3 시편채취비	개소	700	
2-4. 부단수 내시경	개소	1,542	○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈
2-5 부단수 내시경 사전설치비	개소	4,927	○ (내용) 표본굴착, 활정관 및 제수밸브 설치, 부단수천공(D200) 등
2-6. 노후관 정비 기본계획 수립	식	-	○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈 ○ (내용) 지자체별 최근 유사과업 수행 현황, 지자체 규모와 여건고려 산정
3. 직접경비	1식		○ 인쇄비 , 출장비, 현장운영경비, 자문비, 안전관리비 등
4. 제경비	1식		○ (근거) 엔지니어링 사업대가기준
5. 기술료	1식		○ (근거) 엔지니어링 사업대가기준
7. 부가가치세	1식		○ 용역원가×10%

* 관경 200mm 기준의 포장상태(토사, ASP, Con'c) 평균 값 적용 복구비 반영

** 직접평가를 위한 관로복구 후 지자체 시행예정인 단통수작업 및 관세척 비용은 미반영

*** 직접평가 효과는 낮으나 단수가 불가능한 개소에 대한 부단수 내시경 10% 반영

○ (평가방법) 직접평가는 중점관리지역 지정결과 고려하여 간접평가결과에 따라 노후관로(Ⅲ등급, Ⅱ등급의 경우 수질민원이 발생하는 구간으로 한정)로 평가된 관로를 대상으로 시행한다.

* 중점관리지역은 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr)에서 검색가능
(홈페이지 로그인 - 수질관리 – 정수 – 법정수질검사관리 – 중점관리지역 검색)

- 직접평가는 시편채취를 통해 시행하는 것을 원칙으로 하되 시편채취가 어려울 경우 부단수 내시경으로도 시행할 수 있으며 단수 가능여부 등 여건에 따라 조사방법을 결정하고, 조사개소는 간접평가에서 노후관로로 평가된 구간에 대해 최소 1개소 이상 및 3.0km 당 1건(사고 등으로 시편채취 가능개소 포함)으로 산정할 수 있으며, 현장상황에 따라 합리적으로 조정할 수 있다.
- 수도법 등 관련법에 의거 시행되는 상수관망 기술진단 등 기존 유사 용역과의 중복 조사 방지를 위해 용역 착수일 기준 최근 2년 내 기시행 자료는 중복여부를 확인하여 신뢰성이 확보된 자료라고 자체 판단되는 경우에 한정하여 금회 조사에 활용할 수 있다.

* 기 시행중인 「상수관망 기술진단」은 각 지자체의 여건(실단수의 어려움으로 직접평가 개소 수 감 조정 등)에 따라 평가기준과 조사방법이 지자체별로 상이하게 적용되어 시행됨에 따라, 평가방법과 성과의 통일성·일관성 확보를 위한 금회 정밀조사사업은 상수관망 기술진단과 다른 사업으로 구분해야 함. 다만, 기시행 기술진단으로 본 사업 대체는 불가하나 신뢰성이 확보된 기 평가자료에 대하여 활용 및 참고는 가능

표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교

구분	상수도 관망진단 매뉴얼 ('07, 환경부)	상수관로 정밀조사 매뉴얼 (환경부, '20)
관로 상태평가 절차	○ 간접조사 ○ 세부조사(육안조사) ○ 정밀조사(관체조사)	○ 관 상태 간접평가 ○ 관 상태 직접평가 (육안, 관체조사)

구분	상수도 관망진단 매뉴얼 ('07, 환경부)	상수관로 정밀조사 매뉴얼 (환경부, '20)
관로 상태평가 방식	○ 간접, 세부조사 : 점수평가	○ 간접평가 : 점수평가 ○ 직접평가 : 수질, 도장재 손상비율, 부식비율 또는 안전계수 정량적 기준 적용
간접평가 항목	○ 간접조사 10개 항목 * 관종 별 구분 없음 (점수평가표 1개) * 항목별 조사방법 부재	○ 관종별 강관 10개, 주철관종 9개, 비금속관 7개 항목 평가 * 항목별 조사방법 수록
간접평가 평가기준	○ 세부조사 노후도 점수 * 0.45 이하 : 갱생, 교체 * 0.45~0.60 : 직접평가 * 0.6 이상 : 양호	○ 관종별 관 상태점수 * Ⅰ 등급 : 상태양호 * Ⅱ 등급 : 노후진행 * Ⅲ 등급 : 노후추정
직접조사 지점 선정	○ 간접평가 결과, 노후관으로 판단, 의심구간 * 관종, 매설년수, 환경 고려하여 개 소수 선정	○ 간접평가 결과, 노후상태 Ⅲ등급 중 점수가 낮은 개별관로 * 수질민원 등 고려 * 사고발생 시 육안, 관체조사 등은 직접평가 기준에 따라 조사 * 관망분석 결과 저유속지점, 관말지점
직접조사 방식, 항목	○ 육안분석 등 12개 항목 * 부식영향인자는 관종 선정에 활용 * 내시경 조사 내용 미포함 * 관체분석은 세부조사 점수가 0.75~0.80 일 때 실시 * 관종 별 재질특성 미반영되어 항목 동일 * 현장조사표 부재 * 항목별 측정, 분석 방법 부재	○ 매설환경(부식영향인자 등) ○ 육안분석, 관체 분석 등 * 육안분석은 내시경 또는 관 절단 후 조사 * 조사항목은 현장조사표 39개 (기존 이력자료, 사고 시 확인 항목 20개 포함) * 관체분석은 강도 등 4개 항목 * 관종 별 재질특성이 달라 조사항목이 일부 다름 * 현장조사표 수록 * 항목별 측정, 분석 방법 수록

구분	상수도 관망진단 매뉴얼 ('07, 환경부)	상수관로 정밀조사 매뉴얼 (환경부, '20)
내시경 조사지점 선정기준	○ 없음	○ 직접조사 지점 선정기준과 동일
부단수 내시경	○ 없음 * 내부 육안분석 조사 가능	○ 굴착 후 직접조사 항목을 동일하게 조사하되, 내시경으로 내부 육안조사 항목을 조사 * 관체분석은 천공시편으로 실시 * 내외면 부식깊이는 현장에서 직접, 비파괴로 측정
직접평가 평가기준	○ 노후도 점수에 따라, * 0.75 이하는 갱생, 교체 * 0.75~0.80 관체 상태에 따라 갱생, 교체 * 0.8 이상은 양호 ※ 세척기준 부재, 매뉴얼에 별도로 수질안전성 평가 수록	○ 소구경 금속관은 도장재 상태, 부식비율, 중대구경은 안전계수로 5개 등급 * Ⅰ 등급 : 계속사용가능 * Ⅱ 등급 : 세척 * Ⅲ 등급 : 갱생(비구조적) * Ⅳ 등급 : 갱생/교체(준, 완전) * Ⅴ 등급 : 교체(완전) ※ 세척기준 설정 (II 등급) '07년 수질안전성 평가 수록
지원 S/W	○ 없음	○ 있음(GIS 연계, Dr.pipe)

○ (결과 검토·승인) 환경부는 조사결과의 정확성과 효용성을 높이기 위해 본 매뉴얼을 기반으로 조사결과를 검토하여 해당 지자체에게 결과의 수정 또는 보완을 요구할 수 있으며, 필요시 사업비 삭감·환수 또는 향후 국고지원 시 불이익 등의 조치를 취할 수 있다.

1.6 매뉴얼 구성

본 매뉴얼은 관로에 대한 상태를 예측 또는 파악하여 개량방안 수립을 위한 평가방법을 제공한다. 구성은 크게 개요, 관 상태 평가방법, 그리고 현장조사 또는 측정 시 필요한 내용 등을 부록 등으로 구성하였다.

개요에서는 일반적인 내용, 관 상태평가 방법에서는 간접평가방법과 직접평가 방법을 상세히 다루었다. 그리고 부록에는 현장조사 상세 부분과 상태평가를 용이하게 할 수 있도록 내용을 수록하여 평가 시 도움이 될 수 있도록 하였다.

1.7 용어 정의

○ 본 매뉴얼에서의 용어의 뜻은 다음과 같다.

- "개별관로"는 상수관망을 이루는 관로의 최소단위 분할 개체를 의미한다.
- "조사구간"은 관종, 관경, 매설년수, 운영 매설환경 항목 등 속성 유사한 개별관로들을 그룹핑 한 최소 관로구간을 의미한다.
- "간접평가"란 관로제원, 운영이력, 매설환경 등을 고려하여 관의 상태를 추정하는 평가방법이다.
- "직접평가"란 현장에서 굴착 후 관이 노출된 상태에서 직접 조사하는 평가방법이다.
- "무라이닝 회주철관(Unlined (G)CIP)"이란 내·외면에 단순 역청계가 코팅된 재질로 부식에 대한 방식능력이 거의 없는 회주철관을 말한다. (주로 1950년대 중후반부터 1970년까지 사용)
- "무라이닝 닥타일주철관(Unlined D(C)IP)"이란 내·외면에 단순 역청계가 코팅된 재질로 부식에 대한 방식능력이 거의 없는 닥타일주철관이다. (주로 1970년대부터 1980년대 초반까지 사용)
- "시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관(CML-D(C)IP)"이란 내면에 시멘트 모르터 라이닝 처리를 한 닥타일주철관이다. 시멘트모르터 라이닝은 대개 물, 모래, 시멘트가 혼합된 것으로 물 속에서 중성화가 진행된다.

- “슬라임”은 관로 내로 유입된 입자들이 침전·축적되어 관 표면에 층을 형성하고 있는 침전물질을 말한다. 이들 침전물질은 약하게 표면에 부착되어 있거나 또는 응집을 이루기도 한다. 대표적인 응집성 물질로 구성된 슬라임은 망간 슬라임이다.
- “결절”은 금속관 내부에 부식으로 인해 발생된 철 무기물과 유기물 등이 혼합되어 형성된 부식생성물을 말한다. 결절의 주성분은 주로 철성분이다.
- “수질부식성”은 수돗물이 부식을 유발하는 잠재력을 표현하는 것으로 일반적으로 국내에서는 주로 Langelier Index(LI)를 통해 수질부식성을 판단한다.
- “CML 중성화도”는 닥타일주철관의 내부를 부식으로부터 보호하기 위하여 시멘트모르터 라이닝(Cement mortar lining, CML)이 되어 있으며, 연수 등에서는 CML 내 성분 중 $Ca(OH)_2$가 이온화하여 물속으로 용출되면서 CML의 pH가 8이하로 저하되는데, 이를 중성화라 하고, 중성화도는 CML의 초기두께 중 pH 8이하로 감소된 두께(중성화 된 부분)을 나누어 산정된 값을 %로 표현한 값이다.
- “토양부식성”은 관이 매설된 주변 토양에 대하여 부식을 유발하는 잠재력을 표현하는 것으로 토양비저항, 토양 pH, 산화환원전위, 함수율, 산화물(염화물/황화물 등)을 측정하여 판단한다.
- “색도(Discoloration)”는 관로 표면의 침전물질을 구성하는 입자들이 수리적 변화 등으로 물속으로 부유·이동하여 색깔을 띠는 현상을 말한다. 대개 적수, 흑수 등이 대표적이다.
- “실크랙”은 노후된 관로 내부의 도장재들이 재질 열화 등으로 머리카락 수준(Hair line crack)의 균열이 발생된 상태를 말한다.
- “탈리”또는 “박리”는 관로 내부의 도장재들이 관 표면으로부터 떨어져 나간 상태를 의미한다.
- “부식깊이”는 금속관로의 모체(Body) 부분에 부식이 진행되어 관 두께가

얇아진 부분의 깊이를 말한다.

- “갱생(Renovation)”상수관로가 노후로 수질, 수리, 누수 등 구조적 기능이 저하되었을 때, 관 내부에 새로운 도장재를 형성하여 부식을 방지(예, 에폭시 라이닝 등)하거나 구조적인 기능(현장경화형 라이닝 또는 밀착형 라이닝)을 복원하는 한다는 의미이다.
- 인장강도(Tensile strength) : 인장강도(또는 최대 인장강도)는 응력-변형률 선도에서 최대응력으로써 재료가 견딜수 있는 최대 응력을 말한다.
- “교체” 기존 노후로 관의 기능을 상실한 관로를 새로운 관으로 대체하는 것을 의미한다.
- “세척” 관 내부의 침전물질들을 다양한 방법(플러싱, 공기주입, 스와브 피깅 등)을 이용하여 관 외부로 배출하여 관로 내 수질을 개선하는 방법을 의미한다.
- “안전계수”는 현재 매설된 관이 가지고 있는 잔존강도(또는 설계응력)을 관에 작용하는 내외부 하중으로 인해 발생된 응력으로 나눈 값으로 관의 안전성을 표현하는 지표이다.
- “전기방식”은 관 외부 관이 매설된 구간에 전류를 공급하여 전위차를 안정화하여 관 외부 표면에 부식이 발생되지 않도록 보호하는 방법을 말한다.

2. 정밀조사 수행방법

2.1 조사 대상 관로

정밀조사는 송수 및 배수 관로를 대상으로 실시하되 간접평가는 모든 관로를 대상으로 하고, 직접평가는 조사구간별 간접평가 결과에 따라 실시 여부를 판단하며, 관로탐사는 자료가 불확실하거나 부재한 경우에 대해 실시한다.

2.2 조사 수행 절차

상태평가 절차는 7단계로 구성되며 다음과 같다. 기본적으로 평가는 크게 간접평가와 직접평가로 구성하였고, 조사구간에 대해 간접평가를 실시하고, 최종 개량방안은 직접평가를 통해서 결정한 후, 그 결과를 조사구간에 동일하게 적용하는 방식으로 하였다.

구 분	내 용
관로정보 수집, 관망도 작성	・관로 상태를 파악하기 위한 관로시설제원, 매설환경, 운영관리 이력 등에 대한 자료를 수집 ・전산화 작업을 통해 관망도를 작성하고 제원을 입력
관로 분할 (개별관로)	・관로제원, 관리조건, 운영조건 등에 따라 평가를 위한 최소 관로 단위(개별관로) 설정
조사구간 설정 (평가그룹)	・관종, 관경, 매설연수가 유사한 개별관로를 1.0 ㎞ 단위로 그룹을 설정하여 조사구간 설정 * 현장 여건에 따라 운영(수압), 매설환경(매설위치, 깊이 등) 항목 포함 그룹화
간접평가	・관로제원, 매설환경, 운영환경, 사고이력 등을 고려하여 관로의 상태를 평가 ・(관로탐사) 관로현황 조사시 데이터가 불확실하거나, 파악이 되지 않는 관로에 한해 실시하여 관로노선, 심도를 측정·탐지
직접평가	・간접평가 결과 상태가 악화된 것으로 예측된 구간을 현장 직접조사 구간으로 선정 ・관체 내·외면 상태를 직접조사하고 정량적으로 평가
관체 건전성 평가	・직접조사 대상지점의 관체의 물리적 특성(강도, 화학조성, 금속조직 등)을 조사하여 재질의 건전성을 평가
개량방안 수립	・관의 악화원인과 상태에 따른 개량방법 결정 * 소구경은 부식깊이, 중대구경은 안전계수로 개량방법 결정

그림 2-1 상수관로 상태평가 시행절차

2.3 관로 정보수집 항목

조사 결과 신뢰도 확보를 위해서는 신뢰성 있는 관로정보 확보가 매우 중요하며, 기존 운영, 매설환경, 사고이력, 현장조사를 통해서 정확한 자료조사가 이루어져야 한다.

관로시설은 지하에 매설되어 있어 관경, 관종, 매설년도 등이 확인이 곤란하므로 필요시 굴착조사를 통해 제원을 확인하여야 한다. 굴착시 부식환경(토양부식성), 외부하중(매설깊이), 토양종류 등 간접평가 항목을 측정하여야 하며, 관체 부식 또는 손상이 심각한 경우 관외면 부식상태, 관내면 부식상태(초음파두께 측정기 활용) 등 직접평가 항목을 확보하여야 한다.

각 평가방법에 따른 조사항목은 다음과 같다.

표 2-1 평가방법에 따른 관종 별 조사항목

평가 방법	평가항목		관종 별 평가항목					비 고
			강관	CML-DIP	CIP/DIP	플라스틱관	PC,PCC관	
간접 평가	관제원	관경	○	○	○	-	-	악화 원인
		매설연수	○	○	○	○	-	
	부식환경	수질부식성(LI)	○	○	○	-	-	악화 촉진
		토양부식성	○	○	○	-	-	
		전기방식	○	-	-	-	-	
	외부충격	토양종류	-	-	-	○	-	악화 원인
	외부하중	매설깊이	○	○	○	○	-	악화 원인
		도로형태	○	○	○	○	-	악화 원인

평가 방법	평가항목		관종 별 평가항목					비 고
			강관	CML-DIP	CIP/DIP	플라스틱관	PC,PCC관	
	내부하중	최대수압	○	○	○	○	-	악화 원인
	사고이력	파손건수	○	○	○	○	-	악화 결과
	이음/분기	밸브/분기점 밀도	○	○	○	○	-	악화 원인
직접 평가	관제원	관경	○	○	○	○	○	건전성
		관두께	○	○	○	○	○	
		내외면 도장재 두께	○	-	-			
		CML두께	-	○	-			
	슬라임 상태	슬라임분포면적	○	○	-	○	○	수질 영향
		슬라임축적크기	○	○	-	○	○	
	결절발생 상태	결절분포면적	○	○	○	-		수질, 수리 영향
		결절성장크기	○	○	○	-		
	내외면 도장상태	도장재 손상형태	○	-	-	-		안전성
		도장재 손상비율	○	-	-			
	CML 중성화도	중성화비율	-	○	-	-	○	안전성
	내면부식 상태	부식면적, 둘레	○	○	○	-		
		부식깊이	○	○	○	-		
	외면부식 상태	부식면적, 둘레	○	○	○	-		
		부식깊이	○	○	○	-		
	균열상태	내외면 균열상태	-	-	-	-	○	
	관이음부	관이음부 상태	-	-	-	-	○	
	기계적강도 화학적조성 금속표면	기계적강도	○	○	○	○	○	건전성, 안전성
		화학적조성	○	○	○	-		
		표면조직	-	○	○	-		

* 간접평가의 부식환경 중 '수질부식성(LI)'은 배수지 등에서 수돗물을 채수하여 조사하고, '토양부식성 '은 관로확인 굴착 또는 누수복구 등 관 주변의 토사를 채취하여 조사하거나 토양이 노출된 지면에서 측정

2.4 관로정보 수집 및 관망도 작성

2.4.1 관망기초자료 수집

상수관로의 정밀조사를 수행하기 위해서는 관망기초자료를 수집하여야 한다. 일반적으로 수도사업사업자들은 수도 GIS를 구축하여 운영중이거나 별도의 CAD형태의 관망도를 관리하고 있으므로 관리중인 관망도 자료를 수집한다. 관망자료의 신뢰도를 향상시키기 위해 이전 상수관로 담당자, 협력업체(누수복구, 신규급수 등)의 정보확인을 통해 관로 제원 정보를 추가로 확보할 수 있다.

① 지자체 수도 GIS 자료
② CAD 형태의 상수도 관망도(수도정비기본계획, 상수관망 기술진단 등)
③ 과거 상수도시설의 확장 및 개량, 변경 등 도면
④ 기타 종이도면
⑤ 누수복구자료
⑥ 수질민원현황
⑦ 기타 상수도 자료

2.4.2 확인굴착 조사

수집된 관망기초자료와 과거 누수복구자료의 관종, 관경 등의 관로제원이 일치하는지 확인하고, 불명관에 대해서는 확인굴착을 통해 관로의 제원을 파악한다. 확인굴착시 간접평가에 필요한 부록 B.2를 참고하여 토양부식성 평가를 병행하여 간접평가에 반영한다.



a. 관로 확인굴착　　b. 토양부식성 조사

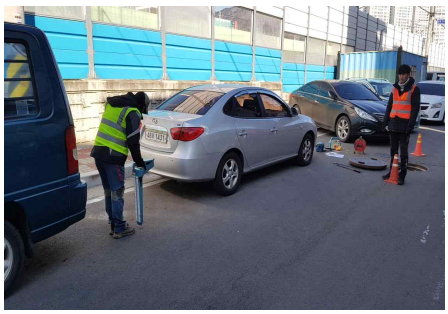
그림 2-2 상수관로 확인굴착 예

2.4.3 관로 탐사

관로현황 조사 시 관로의 노선파악이 되지 않는 송수·배수 관로에 한정하여 관로탐사를 실시하며, 실시하기전 과거 GIS구축시 관로탐사 이력이 있는 구간은 관로탐사에서 제외하여야 한다. 관로노선 및 심도를 탐지하고, 관로탐사 결과 데이터는 관망도 및 수도 GIS에 반영한다.



a. 현장답사 및 노선추정



b. 관로탐사(자기유도방식, MPL)

그림 2-3 상수관로 관로탐사 예

2.4.4 관망도 작성

관망도는 기존에 관리중인 CAD 자료를 기반으로 관상태 간접평가에 활용가능하도록 관망도를 작성하여야 한다. 간접평가를 실시하기 위해서는 관망도에 관종, 관경, 매설년도를 포함하여 작성하여야 하며, 속성정보 입력이 가능한 Auto CAD Map프로그램이나 GIS프로그램을 사용하면 간접평가완료시 평가결과를 도면상에 표시하기 용이하다.

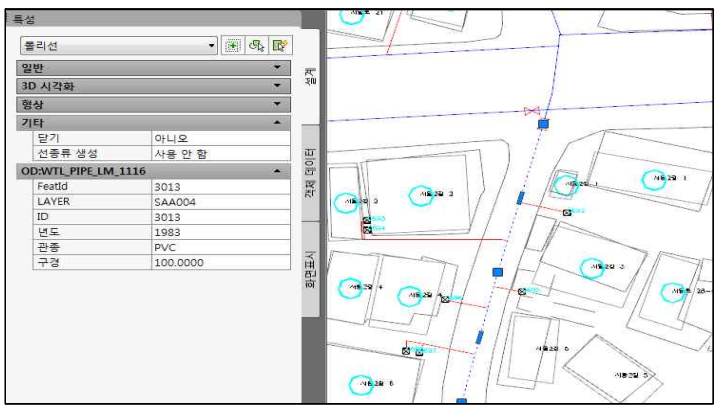


그림 2-4 관망도 작성예

2.5 조사구간

2.5.1 조사 구역 분할

조사구역 분할은 급수구역에 대해 소블록을 기준으로 분할하고, 각 구역내 관로 특성에 따라 분할하여 조사구간을 설정한다.

2.5.2 관로 분할 기준

일반적으로 정수장 또는 배수지 이후 송·배수 관로는 다양한 관종, 관경, 매설연수, 매설환경, 운영형태 등 서로 다른 특성을 가진 관로가 혼재, 상호 연결되어 공급과정에 따라 단일 또는 커다란 망(Network)을 형성하고 있다. 따라서 이들 상호 연결된 관로를 하나로 보고 평가하는 것은 어려우며, 또한 각 본(관 한 개)을 대상으로 조사 또는 평가하는 방식도 일반적인 관로 전체의 연장을 고려할 때 합리적인 방법이라 할 수 없다.

가장 합리적인 방법은 각기 다른 특성을 가진 송·배수 관로를 유사한 특성(관종, 관경, 매설연수, 운영, 매설환경 등)별로 그룹화하여 평가의 최소 단위로 하는 것이 바람직하다. 따라서 상호 연결된 송·배수 관로 특성에 따라 순차적으로 분할하여 최소 평가단위로 정의하고, 이를 하나의 개별관로로 정의한다.

일반적으로 상호 연결된 관로를 분할하는 기준은 동일 블록 또는 계통에서 기본적으로 관종, 관경, 매설년수가 기본적으로 사용되며, 운영이나 매설환경에 따라서는 수압, 매설깊이, 매설위치 등을 고려해야 한다. 배수관로의 개별관로를 만들기 위한 기본적인 분할기준은 다음과 같다.

○ (관종) 강관, CML-DIP, DIP, CIP, PVC(HI_VP), PE 등

○ (관경) 동일 관경을 그룹화하되, 여건에 따라 다음 조건 활용할 수 있음
100㎜ 미만, 100~300㎜미만, 300~500㎜미만, 600~800㎜미만, 800~1200㎜미만, 1200~1600㎜미만, 1650~2000㎜미만, 2000㎜이상으로 구분

○ (매설연수) 5년 이하, 6~10년, 11~15년, 16~20년, 21~25년, 26~30년, 31년 이상

○ 그 밖의 운영, 매설환경 분할기준으로 수압, 매설깊이, 매설위치(차도, 비차도 등) 등

2.5.3 조사구간 설정 기준

평가 결과 왜곡을 방지하고, 개량방안 계획수립을 위한 최소단위 설정을 위해 유사 특성을 갖는 개별관로를 적정한 연장으로 묶어 새로운 그룹화된 구간들을 생성, 이를 조사구간이라고 한다. 조사구간 길이를 1,000m(1km)를 기준으로 하고, 최소 그 편차를 10% 이내에서 설정한다. 그리고 조사구간은 개량방법, 개량시기, 개량우선순위 등 개량방안을 결정하는 최소단위로 사용한다.

아래의 그림은 일부 공급과정 계통에 대해 관종, 관경, 매설년수 등 운영, 매설환경에 따라 개별관로로 분할한 예이다. 그림에서 분할된 관로에 개별관로 번호가 부여되며, 조사구간 설정은 동일한 색을 띠는 관로번호를 묶으면 된다. 예로서 관로번호 ①,⑨를 조사구간 1로 구분, 관로번호 ③,⑤,⑦를 조사구간 2로 구분.. 순으로 하나의 조사구간이 된다.



그림 2-4 관로 분할 예

2.6 간접평가

2.6.1 관종 별 점수평가표

국내에서 기존에 많이 활용되고 있는 점수평가 방법을 적용한다.

점수평가 방법은 관종별로 구분하여 적용하고, 강관(SP), 주철관종(Un-lined CIP/D(C)IP/CML-D(C)IP 등), 플라스틱 관종(PVC(HI-VP 등)/PE) 등으로 구성된 점수평가표를 사용한다.

각 관종별 점수평가 방법의 항목과 조건범위, 조건 값은 표 2-2와 같다. 각 관종별 평가항목은 관종의 특성에 따라 관 10개 항목, 주철관종 9개 항목, 플라스틱관 7개 항목으로 구성된다.

조건범위에 따른 조건 값은 0.0~1.0 사이로 설정하였고, 상대적으로 조건이 열악할수록 조건값이 작아지도록 구성하였다. 따라서 최종 점수가 높을수록 관 상태가 상대적으로 양호하고, 낮을수록 관상태가 상대적으로 상태가 악화되었음을 의미한다.

표 2-2 관종별 점수평가표

구 분	항 목	평가단위	평가목적	주철관종		강관		플라스틱관*	
				조건범위	조건값	조건범위	조건값	조건범위	조건값
관 제원	관경 (㎜)	- 관로구간	- 관 두께 - 내면 용접	300미만 300~500 500~800 800이상	0.00 0.35 0.70 1.00	500 미만 500~700 800~1,200 1,200 이상	0.00 0.35 0.70 1.00	-	-
	매설년수	- 관로구간	경년화	30년 초과 20~30 10~20 10년 이하	0.00 0.35 0.70 1.00	30년 초과 20~30 10~20 10년 이하	0.00 0.35 0.70 1.00	30초과 20~30 10~20 10이하	0.00 0.35 0.70 1.00
부식 환경	수질부식성 (Ω)	- 중블록 (배수지)	관내면 부식	-2초과 -2~-1 -1~0 0이하	0.00 0.35 0.70 1.00	-2초과 -2~-1 -1~0 0이하	0.00 0.35 0.70 1.00	-	-
	토양부식성 (Ω-cm)	(Mesh별 현장조사)	관외면 부식	700이하 700~1,000	0.00 0.20	1,000이하 1,000~2,000	0.00 0.20	-	-

구 분	항 목	평가단위	평가목적	주철관종		강관		플라스틱관*	
				조건범위	조건값	조건범위	조건값	조건범위	조건값
				1,000~1,200 1,200~1,500 1,500~2,000 2,000초과	0.50 0.80 0.90 1.00	2,000~5,000 5,000~10,000 10,000 초과	0.50 0.80 1.00		
	전기방식	관로구간	관외면 부식	-	-	무(無) 유(有)	0.00 1.00	-	-
외부 하중	매설깊이 (m)	관로구간	정하중 (토압)	3.0 초과 2.0~3.0 1.0~2.0 1.0 이하	0.00 0.75 1.00 0.10	3.0 초과 2.0~3.0 1.0~2.0 1.0 이하	0.00 0.75 1.00 0.10	3.0초과 2.0~3.0 1.0~2.0 1.0이하	0.00 0.75 1.00 0.10
	도로 형태	관로구간	활하중 (매설위치에 따른 차량부하)	고속·산업도로 편도2차선이상 편도1차선 이면도로(보도)	0.00 0.50 0.70 1.00	고속·산업도로 편도2차선이상 편도1차선 이면도로(보도)	0.00 0.50 0.70 1.00	고속·산업도로 편도2차선이상 편도1차선 이면도로(보도)	0.00 0.50 0.70 1.00
내부 하중	최대수압 (kgf/㎠)	관로구간 (관망해석 또는 지반고차)	내부하중 (최대수압)	7.0 초과 5.0~7.0 3.0~5.0 3.0 이하	0.00 0.35 0.70 1.00	7.0 초과 5.0~7.0 3.0~5.0 3.0 이하	0.00 0.35 0.70 1.00	7.0 초과 5.0~7.0 3.0~5.0 3.0 이하	0.00 0.35 0.70 1.00
사고 이력	파손건수[주1)] (건/km/yr)	관로구간	노후도	1.0초과 0.75~1.0 0.5~0.75 0.25~0.5 0.25이하	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	1.0초과 0.75~1.0 0.5~0.75 0.25~0.5 0.25이하	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	1.0초과 0.75~1.0 0.5~0.75 0.25~0.5 0.25이하	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
이음/ 분기	밸브/ 급수전 밀도 (개수/100m)	관로구간	부속시설 연결, 천공 등에 의한 관체손상	5.0초과 3.0~5.0 1.0~3.0 1.0이하	0.00 0.35 0.70 1.00	5.0초과 3.0~5.0 1.0~3.0 1.0이하	0.00 0.35 0.70 1.00	5.0초과 3.0~5.0 1.0~3.0 1.0이하	0.00 0.35 0.70 1.00
토양 종류								자갈 자갈섞인 흙 일반토사 모래	0.00 0.35 0.70 1.00

* 플라스틱관은 다른 관종과 달리 과거에 대부분 급수관으로 사용되었으며, 배수관로에도 대부분 200mm 이하의 소구경 위주로 사용되어 관경 별 범위가 크지 않음에 따라 관경을 평가항목에서 제외 다만. 소구경에는 급수분기점이 많아 누수 등에 취약성이 더 커지게 되므로, 간접평가 항목에서 보다 급수분기밀도에 점수 가중이 높게 반영

주1) 사고이력은 송수관로에 대해서는 조건범위를 달리 적용한다.(1.0초과→0.1초과, 0.75~1.0→0.075~0.1, 0.5~0.75→0.05~0.075, 0.25~0.5→0.025~0.05, 0.25이하→0.025이하)

2.6.2 점수평가 항목조사 방법

상수도 관리대장, 도면, GIS, 기술진단 결과보고서, 최신항공사진 등을 활용하여 간접평가항목에 대한 조사를 실시하고, 표기누락 및 오류로 인해 확인되지 않은 경우, 굴착확인, 관로 탐사, 현장육안조사 등을 통해 추가조사 하여야 한다.

각 관종별 점수평가 항목에 대한 조사방법은 다음과 같다.

- 관　　경 : 해당관로의 공칭관경을 ㎜단위로 적용
- 매설년수 : 해당관로가 매설된 시점을 기준으로 평가시점까지의 경과년수를 산정하여 적용
- 수질부식성 : 급수구역별로 Langelier지수(L.I.)를 측정하여 일괄적용

> ○ 도수관로 : 원수 수질측정자료를 이용
> ○ 송수관로 : 정수장의 LI지수 자료를 적용
> ○ 배수관로 : 배수지 급수구역을 기준하여 배수지의 LI지수 자료를 활용하고 배수지가 없는 경우, 해당 정수장 자료를 활용
> ※ 측정기간은 조사기간 동안 월 1회 이상 측정하여 평균값을 적용

- 토양부식성 : 측정간격은 도심지(격자형) 등에서 Mesh(250m×250m)단위로, 수지상식인 경우 500m 간격으로 4전극법 또는 토양상을 이용하여 측정
  * Mesh 내부에 위치한 관로에는 동일한 토양비저항을 적용
- 전기방식 : 강관에 한하여 평가하며 전기방식 유무에 따라 판단
- 토양종류 : 플라스틱관 등 비금속관로에 한하여 과거 누수복구자료(사진) 및 굴착확인시 되메움토양의 종류를 확인하여 적용
- 매설깊이 : 지반고에서 관상단까지의 깊이를 m단위로 적용
  (단, 교량첨가관 또는 노출관로와 같이 매설되지 않는 관로는 0m로 적용)
- 도로형태 : 관로가 매설된 지역의 도로용도, 편도 차선수에 따라 이면도로(보도), 편도1차선, 편도2차선이상, 고속・산업도로로

구분하여 기록

(나대지 또는 논/밭 등에 매설된 경우 "이면도로(보도)"에 포함)

- 최대수압 : 최대수압 kgf/㎠단위로 측정하여 적용하며 측정이 불가한 경우 수리해석 및 배수지 등 표고차를 활용하여 적용
- 파손건수 : 최근 3년간 발생한 관로파손/누수건수를 GIS상 구간별로 수집하여 "건/km/년" 단위로 적용하며 자료가 부재한 경우에는 최소 1년 자료를 활용

(단, 관로파손, 누수건수는 타 공사에 의한 인위적인 파손은 제외하고 자연적으로 발생한 파손(핀홀, 부식 등)건수만 계상)

- 밸브/분기점 밀도 : 관로상 분기점(수용가분기, 이토밸브・공기밸브 분기)수를 "개소수/100m"로 계산하여 적용하며, 개별관로가 100m가 되지 않는 경우 100m당 개소수로 환산하여 적용

* 도·송수관로의 경우 개소/1㎞단위로 환산하여 적용

2.6.3 조건값 부여

각 관종별 점수평가 항목을 조사한 후, 조건범위에 따른 조건값은 개별관로 단위로 한다. 다만 파손건수, 밸브/분기점 밀도 등은 설정된 각 조사구간의 전체 연장을 고려하여 환산한 후 조사구간에 속한 개별관로에 동일한 조건값을 적용한다. 이들 항목은 개별관로 연장에 따라 그 값이 변동이 매우 크기 때문이다.

※ 예) 개별관로 3개가 그룹핑 된 조사구간의 길이가 각각 100m, 600m, 300m이고 (조사구간 길이 1,000m), 파손건수가 개별관로 마다 3년간에 1건씩 발생된 경우에는 조사구간 길이가 1,000m 이므로, 파손건수는 3건/1.0 km·3년 = 1건/km·년으로 환산하여 각 개별관로에 해당하는 조건값을 적용해야 한다. 밸브/분기점 밀도는 각 개별관로의 밸브/분기점 수를 조사한 후, 이를 100 m 단위 당 개소수, 즉 밀도로 표현하여 적용해야 한다. 각 개별관로의 특성이 반영된 조건범위에 따른 조건 값을 통해 각 개별관로에 대한 점수표를 작성한다. 이때 각 항목에 대한 가중치를 곱하여 개별관로에 대한 점수를 산정한다.

2.6.4 항목별 가중치

동일 평가항목이라 해도 관종에 따라 상태악화에 미치는 영향이 다르며, 그 중요도가 다를 수 있으므로 조건범위에 따른 조건 값을 산정한 후에 각 항목별 가중치를 곱하여 개별관로에 대한 점수를 산정한다.

각 관종 별 항목에 따른 가중치는 다음과 같다. 표에서 주철관종은 점수평가표 내 항목에 대한 조건범위와 조건값은 동일하나, 가중치는 무라이닝 회주철, 닥타일주철관과 시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관의 항목별 가중치는 다르므로 적용시 주의가 필요하다.

표 2-3 관종 별 평가의 가중치

번호	구 분	항 목	CIP/D(C)IP	CML-DCIP	SP	PE/PVC
1	관 제원	관경	0.065	0.052	0.098	-
2		매설년수(년)	0.234	0.236	0.255	0.05
3	부식환경	수질부식성 (LI)	0.085	0.034	0.041	-
4		토양부식성(Ω-cm)	0.098	0.071	0.059	-
5		전기방식	-	-	0.118	-
6	외부하중	매설깊이(m)	0.032	0.038	0.028	0.047
7		도로 형태	0.039	0.040	0.037	0.055
8	내부하중	최대수압(kgf/cm^2)	0.103	0.125	0.083	0.187
9	사고이력	파손건수(/km.년)	0.227	0.248	0.194	0.323
10	이음/분기	밸브/급수전 밀도 (개수/100m)	0.117	0.156	0.087	0.178
11	토양종류	외부손상 영향	-	-	-	0.16

2.6.5 점수산정

각 개별관로에 대한 점수산정은 평가항목 조건값에 가중치를 곱한 값의 합을 가중치 합으로 나누고 매설연수에 따른 노후도 보정계수를 곱해 간접평가 점수를 산정한다.

○ 개별관로 점수 계산방식

$$Dp_i = \left\{ \frac{\sum f_{p_i,c_j} \cdot w_{p_i,c_j}}{\sum w_{p_i,c_j}} \right\} DP_{cor,i}$$

관 상태 보정계수

조건 값 가중치

$$\left\{ \frac{f_{p_1,c_1} \cdot w_{p_1,c_1} + f_{p_2,c_2} \cdot w_{p_2,c_2} + f_{p_3,c_3} \cdot w_{p_3,c_3} \cdots\cdots + f_{p_n,c_n} \cdot w_{p_n,c_n}}{w_{p_1,c_1} + w_{p_2,c_2} \; A \mp \pi r^2 \; w_{p_3,c_3} \cdots\cdots w_{p_n,c_n}} \right\} DP_{cor,i}$$

여기서, DPi = 관종 별, 개별관로(i)의 상태점수

$f_{p_i c_i}$ = 관종별 평가항목의 조건 값

$w_{p_i c_i}$ = 관종별 평가항목의 가중치

$DP_{cor,i}$ = 매설연수에 따른 관상태 보정계수(표 2-4)

표 2-4 매설연수별 관상태 보정계수

매설연수	관 상태 보정계수
0~10	100
10~20	90
20~30	80
30년 초과	75

개별관로에 대한 점수를 산정한 후에는 개별관로가 묶인 조사구간에 대한 최종 점수를 산정한다. 조사구간 내 개별관로 마다 연장이 다르므로, 개별관로에 대한 연장을 고려한 가중평균을 산정하여 최종 조사구간에 대하여 다음의 수식을 이용하여 점수를 산정한다. 이러한 방법을 적용하여 계통이나 블록 전체에 대한 점수를 산정하여 점수에 따른 계통별 또는 블록별 개량우선순위에도 활용한다.

$$DP_k = \frac{\sum(DP_i \cdot L_i)}{\sum L_i}$$

여기서, DPk = 조사구간 k의 가중평균 점수 (= 조사구간 상태점수)

DPi = 조사구간 내 개별관로 i의 상태점수

Li = 조사구간 내 개별관로 i의 관로길이

※ 예시) 조사구간이 2개의 개별관로로 구성되어 있는 있고, 이때 개별관로 1이 700 m, 상태점수가 42, 개별관로 2가 300 m, 상태점수가 52인 경우, 가중평균을 적용하게 되면, 최종 조사구간에 대한 상태점수는 45가 된다.

(42 × 700 + 52 × 300)/1000 = 45

관로연장을 고려한 가중평균은 개별관로의 상태점수를 조사구간으로 확대하고, 조사구간이 모인 계통이나 블록으로 확대시에도 동일하게 적용하여, 조사구간, 계통, 블록 별 우선순위를 결정하는데 활용할 수 있다.

2.6.6 평가등급의 결정

관종별로 각 조사구간에 대한 상태점수에 따른 노후상태를 3등급(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)으로 구분하고, 관종별 등급에 해당되는 관의 예측되는 상태는 아래 표와 같다.

표에서 “상태양호”는 관의 상태가 “계속사용 또는 세척이 필요한 수준”을 말하며, “노후진행”은 예측된 관의 상태가 “갱생 이상이 필요한 수준”을 말하고 “노후추정은” 교체까지 검토가 필요한 “갱생/교체”수준까지 도달해 있을 수 있음을 의미한다. 다만 간접평가에 따른 관의 상태에 대한 예측결과는 기존 자료를 활용한 것이고, 자료의 정확성(자료 오류, 일부 항목 누락 등)에 따라 그 결과가 영향을 크게 받으므로, 정확한 개량방안을 특정하기 어려우므로, 반드시 간접평가 상태등급을 토대로 직접평가 지점을 선정하여 개량방안을 결정해야 한다.

표 2-5 관종별 노후상태 상태등급

관종	상태등급	간접평가점수	관 상태 예측
SP	Ⅰ	45점 이상(60점 이상)	상태양호
	Ⅱ	35~45점(40~60점)	노후진행
	Ⅲ	35점 미만(40점 미만)	노후추정
DCIP	Ⅰ	45점 이상(55점 이상)	상태양호
	Ⅱ	35~45점(40~55점)	노후진행
	Ⅲ	35점 미만(40점 미만)	노후추정
CIP/DIP	Ⅰ	65점 이상(75점 이상)	상태양호
	Ⅱ	55~65점(65~75점)	노후진행
	Ⅲ	55점 미만(65점 미만)	노후추정
PE/PVC	Ⅰ	45점 이상	상태양호
	Ⅱ	35~45점	노후진행
	Ⅲ	35점 미만	`노후추정

* ( )안은 송수관 상태등급 평가 기준임

※ 송수관은 배수관과 비교할 때 관두께가 두껍고 시설의 안전성이 중요하므로 간접평가결과와 직접평가 결과의 상관관계를 분석하여 등급별 점수를 설정

2.7 직접평가

직접평가는 표본굴착 또는 비파괴 조사장비를 통해 관의 상태를 직접 확인하여 평가하는 것으로 객관적인 조사결과를 확보할 수 있다.

2.7.1 직접평가 조사지점 선정

상수관로 중점관리지역 지정현황을 고려하여 간접평가 결과 상태등급 III 등급으로 평가된 조사구간을 직접평가 조사지점으로 선정한다. 조사지점은 개별관로가 그룹핑된 조사구간 내 개별관로의 점수가 가장 낮은 구간을 대상으로 한다. 다만 조사구간 내 개별관로들이 위치한 공급과정 계통에서 최근 1년 이내 수질민원이 발생된 이력이 있는 경우에는 해당 개별관로를 조사지점으로 선정한다. 또한 간접평가 II 등급일 경우에도 수질민원 이력이 있는 경우에는 원인파악을 위하여 해당 구간 내 개별관로를 현장조사지점으로 선정할 수 있다. 개별관로 내 현장조사지점은(굴착위치)은 매설환경, 굴착여건 등을 고려하여 선정한다.

현장조사 지점(위치)이 선정되면, 관이 현재의 상태에 도달하는데 상대적으로 영향을 주었던 원인항목부터 조사한다. 주로 관종, 관경, 도로상태, 매설깊이, 토양종류, 기초공, 접합방식, 전기방식 여부 등이다. 이러한 자료는 간접평가 자료와 비교하여 보완·수정하고 향후 직접평가와의 상관적 관계에 활용한다.

이후 굴착이 된 관로 상단부를 중심으로 토양부식성을 조사하고, 관로 주변 물을 채수하여 수질부식성 등을 조사한다. 부식성에 대한 조사 후에는 관체절단을 통해 해당 관이 얼마나 악화되었는지를 정량적으로 조사한다. 여기에는 주로 도장재 상태, 관 모체 부식상태(깊이), 강도 등과 관련된 항목들이다. 관체절단이 어려운 경우에는 부단수 내시경 또는 초음파 탐상 등 비파괴적인 방법을 통해 평가를 한다. 부록A의 현장조사표를 활용하여 정보를 수집하고 축적한다.

2.7.2 직접평가 수행절차

직접조사는 관체를 절단하여 조사하는 것이 원칙이나 현장여건상 굴착 및 단수 가능여부에 따라 조사절차를 아래 그림에 따라 적용할 수 있다. 부단수 관내시경 만으로는 상수관로의 노후도를 판단할 수 없으므로 굴착시 관외면 조사 및 초음파 등 비파괴조사를 통해 관내부 부식깊이 추정, 천공시편 분석을 병행해야 보다 정확한 진단 결과를 도출할 수 있다.

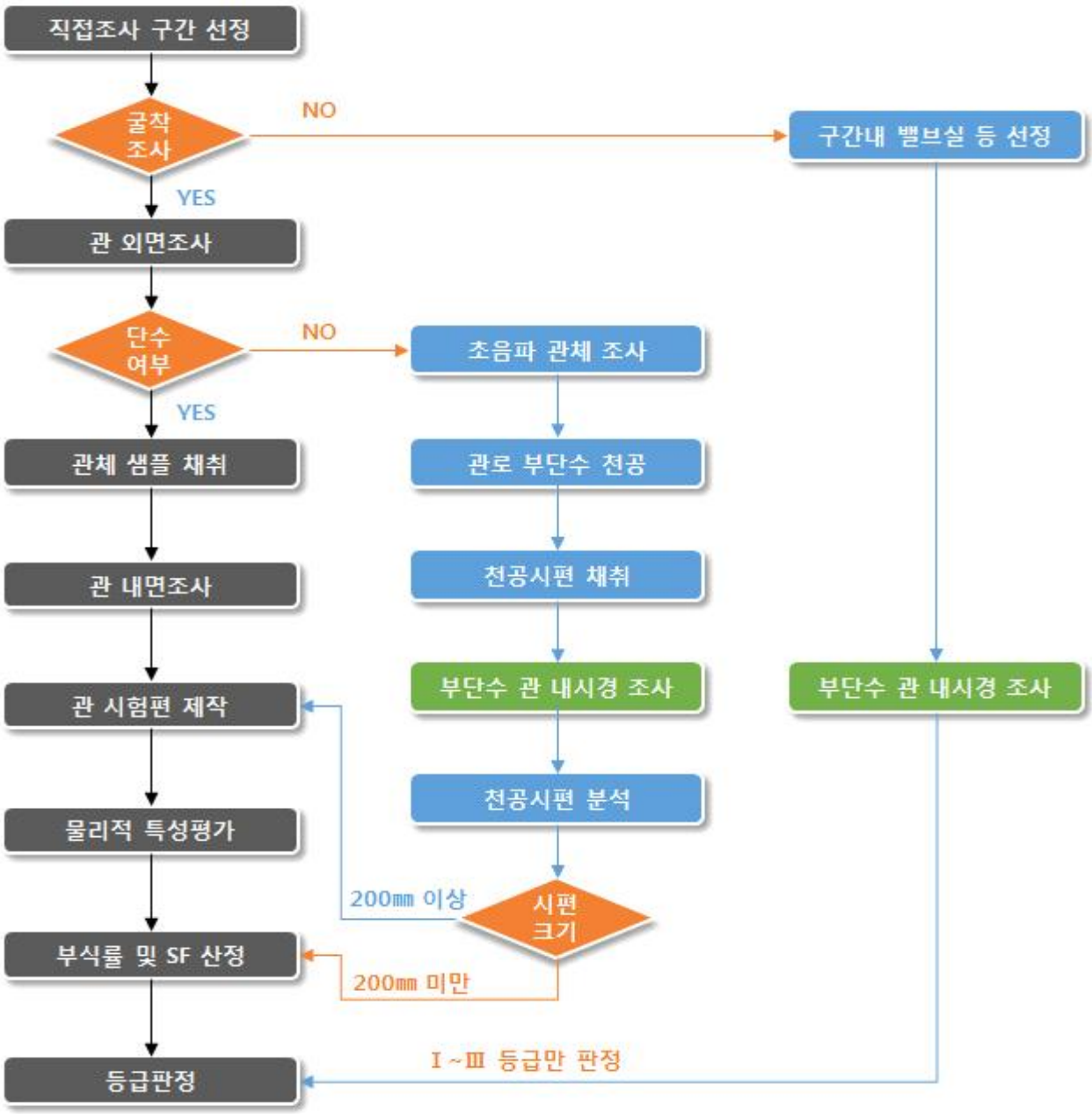


그림 2-6 관상태 직접평가 절자

2.7.3 관종별 직접조사 항목

관종별 직접조사 항목은 다음과 같다. 최근 사용되기 시작한 관종은 제외하고, 최소 30년 이전부터 사용되어 현재 보편적으로 사용되고 있는 관종으로 제한하였다.

표 2-6 관종별 직접평가 주요 조사항목

평가항목	측정항목	측정방법	관종				
			SP	CML-DIP	CIP/DIP	비금속관 (PE, PVC)	콘크리트관
관제원	① 관경	(줄)자	○	○	○	○	○
	② 관두께	버니아캘리퍼스, 초음파두께측정기	○	○	○	○	○
	③ CML두께	버니아캘리퍼스	×	○	×		
내부 슬라임[1]	④ 분포면적	육안	○	×	×	○	○
	⑤ 측적두께	버니아캘리퍼스	○	×	×	○	○
내면 도장상태	⑥ 도장재 상태	육안	○	×	×	×	×
	⑦ 도장재 손상비율	육안	○	×	×	×	×
중성화도	⑧ CML중성화	버니아캘리퍼스	×	○	×	×	○
외면 도장상태	⑨ 도장재 상태	육안	○	×	×	×	×
	⑩ 도장재 손상비율	육안	○	×	×	×	×
내부결절 상태	⑪ 분포비율	육안	○	○	○	×	×
	⑫ 결절크기	버니아캘리퍼스	○	○	○	×	×
내면부식 상태[2]	⑬ 침식면적	육안	○	×	×	×	×
	⑭ 최대부식깊이	버니아캘리퍼스, Depth Gage (초음파탐상)	○	○	○	×	×
외면부식 상태[2]	⑮ 침식면적	육안	○	○	×	×	×
	⑯ 최대부식깊이	버니아캘리퍼스, Depth Gage	○	○	○	×	×
균열상태	⑰ 내외면 균열상태	육안	○	○	○	○	○
관이음부	⑱ 관이음부상태	육안	○	○	○	○	○
관재료 건전성	⑲ 물리적강도[3]	인장강도, 압축강도시험기	○	○	○	○	○

평가항목	측정항목	측정방법	관종				
			SP	CML-DIP	CIP/DIP	비금속관 (PE, PVC)	콘크리트관
		(슈미트헤머 등)					
	⑳ 화학적조성[4]	-	○	○	○	×	×
	㉑ 현미경 조직검사[5]	금속현미경	×	○	○	×	×
부식환경[6]	토양부식성	기기분석	○	○	○	×	○

주1) 내부에 대한 슬라임, 결절, 도장재 박리 등은 관체 절단이 불가한 경우 부단수 내시경 또는 CCTV를 활용할 수 있다.

2) 내.외면 부식에 대한 부식면적과 부식깊이는 관체수집시에는 연마(Blasting) 후 측정한다. 관체수집이 어려운 경우에는 부단수 내시경을 이용하되, 내면 부식면적은 내면 도장재 손상된 부위를 부식면적으로 간주하고, 부식깊이는 부식이 진행된 부분의 외면부분에서 초음파탐상 등 비파괴적인 방법을 이용하여 추정한다. 외면 부식면적, 깊이는 현장에서 굴착 후 드러난 관체 부분에서 브러싱을 하여 부식생성물과 이물질 등을 제거한 후 측정한다.

3) 물리적 강도는 관체시편 또는 내시경 조사시 수집되는 천공시편을 통하여 분석한다. 시편크기에 따라 강도시편은 달리 적용한다.

4) 화학적 조성은 관체시편 또는 내시경 조사시 수집되는 천공시편 일부를 이용하여 분석한다.

5) 현미경 조직검사는 관체시편 또는 내시경 조사시 수집되는 천공시편을 통하여 분석한다.

6) 굴착조사 지점에 한해서 토양부식성을 조사하여, 관 외면부식에 미치는 영향을 평가한다. 해당 자료는 관종선정시 참고한다.

2.7.4 관외면조사

지하에 매설되어 있는 관로를 굴착하게 되면 관종, 관경, 관 외면 도장재, 균열상태, 관이음부 상태(노출시) 등을 수집한다. 이때 관절단이나 부단수 천공을 시행하지 못해 관두께 측정을 못하는 경우에는 초음파 두께측정기를 이용하여 외면조사시 관두께를 측정한다.

표 2-7 관종별 관 외면조사 항목

관종	관경	도장재		외면부식상태		균열상태	관이음부 상태
		상태	손상비율	부식면적	최대 부식깊이		
강관	○	○	○	○	○	○	○
주철관	○	×	×	○	○	○	○
비금속관	○	×	×	×	×	○	○

2.7.4.1 관종

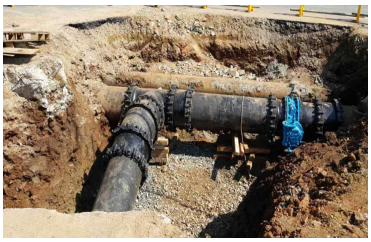
관종에 따라 관의 특성 및 조사항목이 다르므로 정확한 관종을 확인하여야 한다. 관종은 금속관과 비금속관으로 구분되며 금속관은 시간이 지날수록 관내·외면의 부식이 진행되어 파손되고, 비금속관은 시간이 지날수록 연신율이 감소하고 취성이 증가하여 작은 충격에도 파손이 발생하거나 접합부속이 금속인 경우 본관보다 부식에 취약하여 누수의 원인이 되기도 한다.

지방상수도에서 도·송·배수관에 주로 사용되는 관종은 강관, 덕타일주철관, 폴리에틸렌관(PE) 내충격 폴리염화비닐관(HI-VP)이며, 과거에는 주철관(회주철관), 폴리염화비닐관(PVC)도 사용되었다. 굴착확인시 관망도상의 관종과 일치여부를 확인하고 불일치시 관망도를 보완한다.

주철관은 닥타일주철관과 회주철관으로 구분되며 육안으로는 구분이 불가능하므로 금속현미경으로 금속조직의 구상화율 및 관두께, 인장강도 측정 등으로 통해 확정 지을 수 있다.



a. 강관(SP)



b. 덕타일주철관(DCIP)



c. 폴리염화비닐관(PVC)



d. 내충격 폴리염화 비닐관(HI-VP)



e. 폴리에틸렌관(PE)

그림 2-7 지방상수도 주요 관종

2.7.4.2 관경

관경측정은 매설 후 외부하중에 의한 관의 변형정도를 평가하기 위한 것으로 관 재질에 따라서는 도장재 박리 또는 균열 등의 위험성을 평가하는데 활용할 수 있다.

관 변형률은 굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우, 관체 절단면(내부)에서 상하(a)·좌우(b)로 내경을 줄자 등으로 ㎜단위로 측정하며, 관체의 수평 변형률(D_f)을 아래의 식을 이용하여 산정한다.

* 관체절단이 어려운 경우에는 외경을 측정하고, 관 초기두께를 제외한 내경으로 한다.

$$D_f = 100 \times \frac{(b-a)}{(b+a)}$$

2.7.4.3 외면 도장상태

도장재는 강관에 한정하여 조사를 수행하며, 도장재 종류 및 방법에 따라 도복장강관(SP, 콜타르에나멜, 아스팔트), 폴리에틸렌피복강관(PLP), 폴리에틸렌분체도장강관(PEP), 아연도강관(외면도장재 無) 등으로 구분된다.

관외면 도장재 손상은 도장재 손상에 따른 전기방식을 고려하기 위한 측정항목이다. 주로 강관에 한하여 측정한다. 주철관종의 단순 페인팅 수준의

역청계는 제외한다. 주로 강관의 경우에는 시공시 긁힘이나 용접부 부실시공, 관 주변에 돌, 자갈 등에 의한 짓눌임 손상이 많으므로 이를 고려하여 조사한다.

관외면 도장재 손상상태를 상태양호, 실크랙, 박리 등으로 구분하여 기록한 후, 조사된 면적을 기준으로 외면 도장재가 손상된 면적을 박리비율 %로 표현한다.



a. 상태양호 b. 크랙 c. 박리

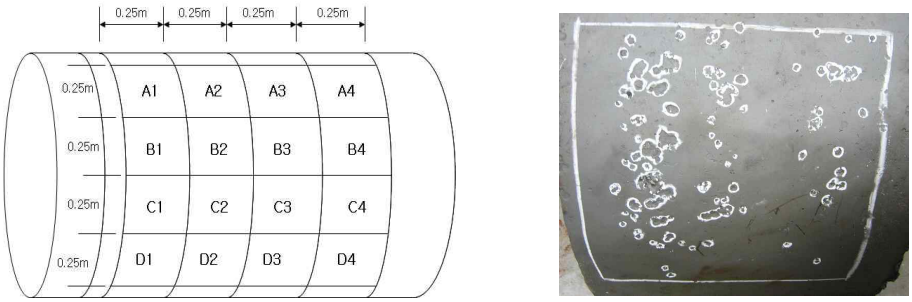
그림 2-8 외면 도장재 상태

2.7.4.4 외면 부식상태

① 외면 부식면적, 둘레

관외면 부식면적은 부식생성물(결절 등)이 형성된 면적을 대상으로 조사면적에 대한 부식면적을 %로 기록한다.

* 외면 도장재 상태가 양호한 경우에는 "0"%로 기록한다.
* 부식면적이나 둘레 등을 산정할 때 조사구간에 대해 일정 격자망을 구성하여 격자별 부식면적이나 둘레를 계산하면 더욱 용이하다.
* 관체시편이 확보되는 경우에는 관 내·외면을 연마(블라스팅) 한 후, 측정하면 더 정확하게 측정할 수 있다.



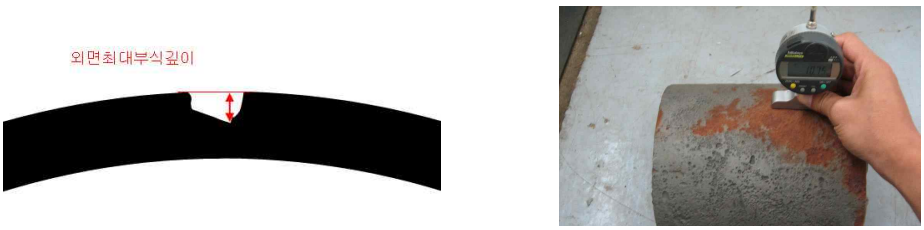
a. 외면부식조사망도　　b. 연마후 외면부식 측정

그림 2-9 외면부식 면적, 둘레 조사 예

② 외면부식깊이

시편채취가 불가능한 경우 현장에서 부식지점을 강철브러쉬로 연마 후 250㎜×250㎜의 격자망을 그림 2-9와 같이 구성하여 격자별로 부식 깊이를 소수점 둘째자리까지 측정하여 ㎜단위로 기록한다. 시편 채취가 가능한 경우 시편을 연마한 후 측정한다. 이때 측정장비는 버니어캘리퍼스 또는 Depth Gauge를 이용한다.

* 외면 도장재 상태가 양호한 경우에는 외면부식깊이도 "0" ㎜로 기록한다.



a. 외면부식깊이　　b. 외면부식깊이 측정

그림 2-10 관체 수집시 외면 부식깊이 측정 예



그림 2-11 현장에서 관외면 부식깊이 측정을 표면 처리 예

2.7.5 단수여부 결정

관상태를 면밀히 조하사기 위해서는 관체절단 후 관내면의 상태를 조사하고 관시편을 제작하여 분석하는 것이 원칙이나, 부득이하게 단수가 불가능한 경우에 한하여 초음파 등 비파괴 관체조사 및 부단수 관내시경 조사로 직접조사를 대체할 수 있다.

2.7.6 관체 샘플 채취

관로의 관체절단은 관로 길이방향으로 30㎝이상이 되도록 절단하여야 관시편제작이 가능하다. 특히 관내부에 사람이 진입 가능한 800㎜이상의 강관에 대해서는 직경 600㎜만 부분적으로 관체를 절단하여 관 내부를 조사 할 수 있다.



<표본굴착> <관체절단> <관체수집>

그림 2-12 관체절단 절차

2.7.7 관 내면조사

관내면의 상태는 수질에 직접적인 영향을 미치므로 세부적으로 조사가 이뤄져야 한다. 주요 조사항목으로는 내부 슬라임, 도장재, 닥타일주철관 시멘트모르터 라이닝의 중성화도, 결절상태, 부식상태가 있다.

표 2-8 관종별 관 내면조사 항목

관종	내부 슬라임		도장재		중성화도	내부결절상태		내면부식상태		비고
	분포면적	축적두께	상태	손상비율		분포비율	결절크기	부식면적	최대부식깊이	
강관	○	○	○	○	×	○	○	○	○	
주철관	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
비금속관	○	○	×	×	×	×	×	×	×	

2.7.7.1 내부 슬라임상태

내부슬라임(물 때 등)은 급격한 유속 및 수압변화 발생시 공급과정에서 수질에 영향을 주어 색도(Discoloration)를 유발할 수 있고, 세척 등 여부를 결정할 수 있는 주요인자이다.



a. PE관 내부 슬라임



b. HI-VP관 내부 슬라임

그림 2-13 내부 슬라임 예

① 내부슬라임 분포면적

굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우 관체를 대상으로 관내부 슬라임의 분포면적을 육안으로 조사전체면적에 대한 백분율(%)로 나타낸다. 다만 관체절단 방법에 따라서는 관 내부주변에 절단에 따른 부산물 등이 발생될 수 있으므로 이를 확인한 후 조사하고, 부산물 등 영향이 있는 경우에는 기존 관 내부를 육안으로 조사한다.

관체절단이 어려운 경우, 부단수내시경을 통해서 내부슬라임 분포를 조사하고 전체면적에 대한 백분율(%)로 나타낸다. 이때 원래의 내부도장재 색깔외의 변색된 부위는 슬라임이 형성되어 있는 것으로 간주하고, 도장재 박리 등이 되어 부식생성물이 발생된 부분은 제외한다. 부식생성물이 발생된 부분은 결절분포 면적에 포함한다.

② 내부슬라임 축적두께

굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우, 관내부에 슬라임이 가장 많이 축적된 부분을 버니어캘리퍼스 또는 막대자를 사용하여 ㎜단위로 소숫점 첫째자리까지 ㎜단위로 측정한다.

그 외 부단수 관내시경 또는 CCTV를 활용한 경우에는 소수점 첫째 자리까지 추정하여 ㎜단위로 기록한다.

2.7.7.2 내부 도장재상태

도장재 손상은 관 모체의 부식방지를 위한 재 라이닝을 결정하는 주요인자이다. 도장재 손상은 굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우, 또는 부단수 CCTV를 활용한 경우, 관내면 도장재 손상 유형을 상태양호, 실크랙, 수포발생, 탈리, 기타 등으로 구분하여 기록하고, 이후 도장재 손상이 된 부위는 도장재 기능이 상실된 것으로 판단하여, 관 1본(6m)을 기준으로 내면 도장재가 손상된 면적을 박리비율 %로 표현한다. 조사구간 전체에 대해서는 평균 값을 적용한다.



a. 원상태 b. 실크랙 c. 박리

그림 2-14 내면 도장재 손상 유형 예



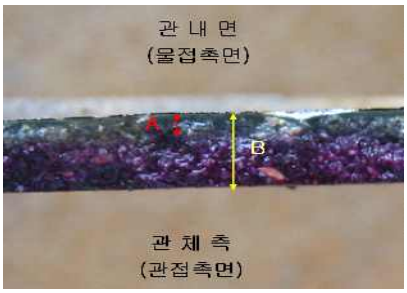
a. <0%> b. <50%> c. <100%>

그림 2-15 내면 도장재 박리비율 예

2.7.7.3 **중성화도**(닥타일주철관 시멘트계열 내면 도장재)

CML-D(C)IP(시멘트모르타르 라이닝 닥타일주철관) 내부의 시멘트모르터는 굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우, 관체 절단면에서 측정하기 보다는 내부에서 시편을 절취한 후 측정하는 것이 바람직하다. 측정방법은 시멘트모르타르 파단면에 1%의 페놀프탈레인 용액을 분무하여 변색여부를 관찰하는 방법을 이용하며, 용액이 묻은 부분이 무색이면 중성화된 것이며, 적색으로 변하면 중성화되지 않은 것으로 판단한다.

* 관체절단이 어려운 경우에는 관체 천공시편을 대상으로 측정한다.



$$\text{중성화율}(X) = \frac{\text{중성화두께}(A)}{\text{라이닝두께}(B)} \times 100\ (\%)$$

그림 2-16 CML 중성화 측정방법

2.7.7.4 내부 결절상태

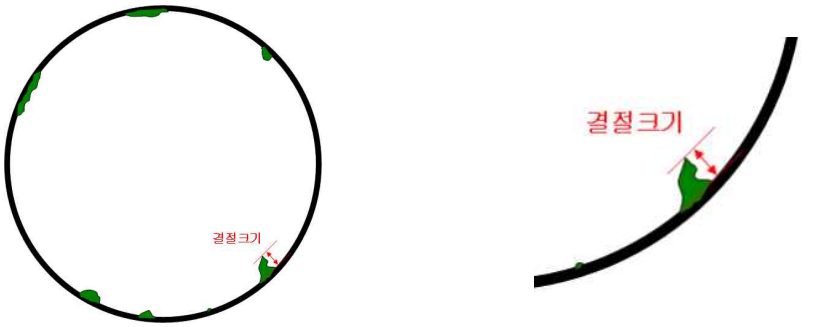
① 결절 분포비율

굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입) 또는 CCTV, 부단수내시경 등이 가능한 경우, 관 1본(6m) 또는 조사된 면적을 기준으로 내면 결절이 생성된 면적을 %로 기록하며, 강관의 경우 직관부에는 결절이 없으나 용접부에만 결절이 존재할 때에는 최대 10%까지 분포하는 것으로 기록한다.

② 최대결절크기

관내부에 생성된 가장 큰 결절을 대상으로 관내면에서부터 돌출된 부분을 버니어캘리퍼스 등을 이용하여 소수점 첫째자리까지 ㎜단위로 측정한다.

* CCTV 또는 부단수내시경으로 조사하는 경우, 소수점 첫째자리까지 추정하여 ㎜단위로 기록한다.



a. 결절크기 측정도　　b. 결절크기 측정 상세도

그림 2-17 내부결절 측정 예

2.7.7.5 내부 부식상태

① 내면부식면적

굴착 후 단수를 통해 관체절단(인력 인입)이 가능한 경우, 관 내면에 대해 부식생성물(결절 등)이 형성된 면적을 대상으로 조사면적에 대한 부식면적을 %로 기록한다. 관 내면 부식둘레는 조사구간에서 원주방향에서 부식생성물(결절)이 발생되지 않은 부위를 제외한 %를 산정한다.

관외면 부식면적도 부식생성물(결절 등)이 형성된 면적을 대상으로 조사면적에 대한 부식면적을 %로 기록한다.

* 내면 도장재 상태가 양호한 경우에는 "0"%로 기록한다.
* 부식면적이나 둘레 등을 산정할 때 조사구간에 대해 일정 격자망을 구성하여 격자별 부식면적이나 둘레를 계산하면 더욱 용이하다.
* 관체시편이 확보되는 경우에는 관 내외면을 블라스팅 한 후, 측정하면 더 정확하게 측정할 수 있다.

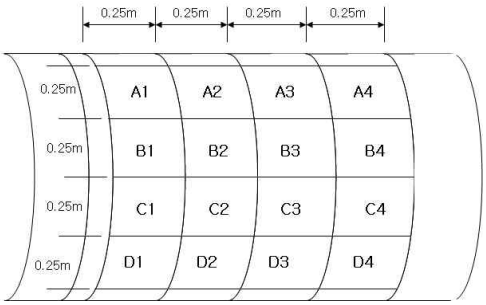


a. 관내면 부식현황(횡단면)

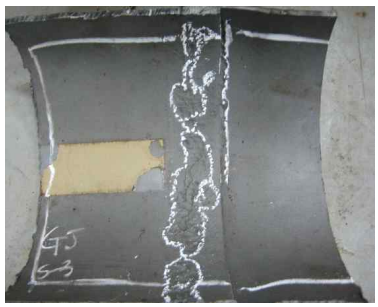


b. 관내면 부식현황(종단면)

그림 2-18 내면부식 사진



a. 내면부식조사망도



b. 연마후 내면부식 측정

그림 2-19 내면부식 면적, 둘레 조사 예

② 내면부식깊이

굴착 후 단수를 통해 관체절단이 가능한 경우, 관체시편을 블라스팅 한 후 측정하거나 또는 현장에서 인력인입이 가능한 경우에는 부식지점을 강철브러쉬로 연마한 후 250㎜×250㎜의 격자망을 그림 2-19와 같이 구성하여 격자별로 부식깊이를 버니어캘리퍼스 또는 Depth Gauge로 측정하여 소숫점 첫째자리까지 ㎜ 단위로 기록한다.

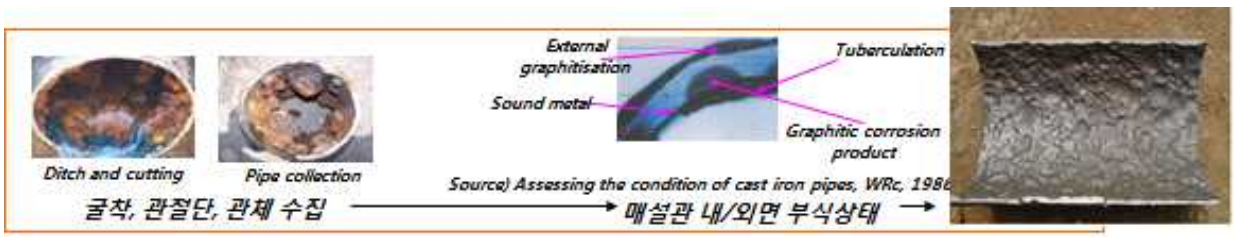


그림 2-20 수집 관체에 대한 연마(블라스팅) 후 관 표면 예



a. 내면부식깊이



b. 내면부식깊이 측정

그림 2-21 내면 부식깊이 측정 예

굴착 후 단수를 통해 관체절단이 어려운 경우에는 부단수내시경 카메라 등을 이용하여 내면에 부식이 발생된 위치를 먼저 파악하고, 내면에 부식이 발생된 외면부위에서 초음파정밀탐상을 통하여 내면부식깊이를 추정한다. 이때 관 두께 초기두께는 천공시편을 대상으로 측정한 두께를 사용하여 위상배열 초음파탐상 등 면적 스캐닝이 가능한 장비를 통해서 측정된 잔존두께를 제외하여 내면부식깊이로 환산한다. 위상배열 초음파탐상을 제외한 경우에는 내면부식깊이 측정시 격자 간격은 센서측정 가능범위(1~2 ㎝ 간격)를 고려하여 결정한 후, 일정간격마다 측정한 자료를 사용한다.

* 내면 도장재 상태가 양호한 경우에는 내면부식깊이도 "0" ㎜로 기록한다.



그림 2-22 현장 외면 브러싱 후 초음파탐상에 의한 내면부식깊이 측정 예

2.7.8 관 시험편 제작

관체절단이 완료되어 관체 샘플 채취가 완료된 경우 물리적강도를 측정하기 위해서는 규격화된 시편제작을 제작하여야 한다.

시편제작방법은 금속관은 KS B 0801, 플라스틱관은 KS M ISO 6259-2, KS M ISO 6259-3에 따라 시험편을 제작한다. 시험편은 관체의 중앙에서 채취한다.

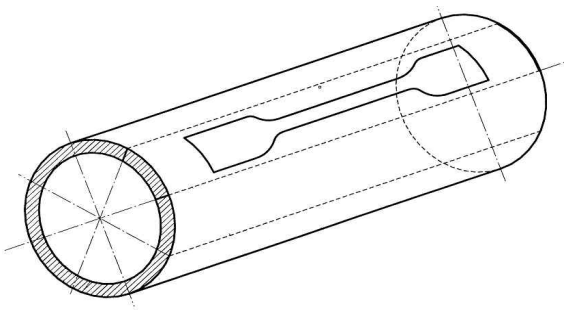
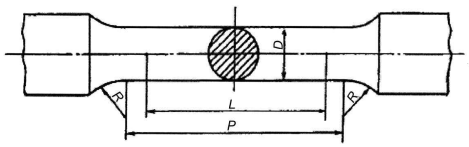


그림 2-23 관 시험편 제작 예(자료출처 KS M ISO 6259-1)

금속관은 관의 형상 및 시험기기의 성능에 따라 시험편 4호, 5호, 12호 등을 선택적으로 적용할 수 있으며, 부단수천공으로 적은 면적의 관체가 확보된 경우에는 시험편 4호로 시편제작하고 관두께가 14㎜미만인 경우 표점거리를 조정하여 시편을 제작한다. 대형관의 경우 판모양의 시편이 채취되는 경우 시험편 5호로 제작하고, 원호모양으로 관체가 확보된 경우 관 바깥지름에 따라 50㎜이하는 12A호, 50~170㎜는 12B호, 170㎜초과는 12C호에 따라 시편제작을 제작할 수 있다.

표 2-9 금속관 시험편 제작 규격 예(자료출처 KS B 0801)

4호



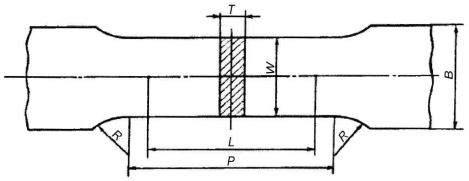
단위 : mm

지름 D	표점 거리 L	평행부의 길이 P	어깨부의 반지름 R
14	50	약 60	15 이상

비고 1 이 시험편은 평행부를 기계 다듬질한다. 다만, 가단 주철품에 사용할 때에는 원칙적으로 다듬질해서는 안 된다.

비고 2 이 시험편은 **그림** 의 치수를 따를 수 없을 경우 $L=4\sqrt{A}$ 에 따라서 평행부의 지름과 표점 거리를 정하여도 무방하다. 여기서 A는 시험편 평행부의 단면적이다.

5호

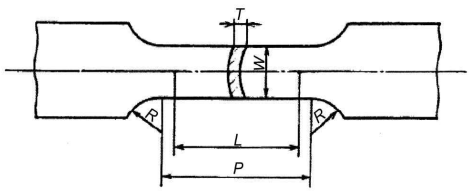


단위 : mm

나비 W	표점 거리 L	평행부의 길이 P	어깨부의 반지름 R	두께 T
25	50	약 60	15 이상	원래 두께대로

비고 이 시험편은 판 두께가 3 mm 이하인 박판에 사용하는 경우, 어깨부의 반지름 $R=20\sim30$ mm, 물림부의 나비 $B\geq30$ mm로 한다.

12호



단위 : mm

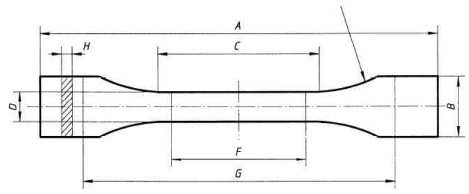
시험편의 구별	나비 W	표점 거리 L	평행부의 길이 P	어깨부의 반지름 R	두께 T
12A	19	50	약 60	15 이상	원래 두께대로
12B	25	50	약 60	15 이상	원래 두께대로
12C	38	50	약 60	15 이상	원래 두께대로

비고 12호 시험편의 평행부의 단면은 관재에서 잘라낸 그대로 원호상으로 한다. 다만, 시험편의 물림부는 상온에서 두들겨 평판으로 하여도 좋다.

폴리염화비닐관(PVC), 내충격성 폴리염화비닐관(PVC-HI)는 관두께에 따라 관두께가 12㎜초과인 경우 유형1 시험편, 관두께가 12㎜이하인 경우 유형2 시험편에 적합하도록 시험시편을 제작한다.

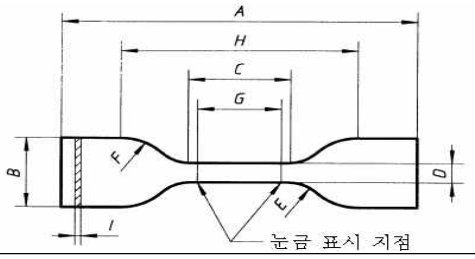
표 2-10 내충격 폴리염화비닐관 시험편 제작 규격 예(자료출처 KS M ISO 6259-2)

유형 1



기호	설명	치수 mm
A	최소 총 길이	115
B	끝 부분의 폭	≥15
C	좁고, 평행인 부분 영역의 길이	33±2
D	좁고, 평행인 부분 영역의 폭	$6^{+0.4}_{0}$
E	반지름	14±1
F	눈금 간 길이	25±1
G	그립 간의 초기 거리	80±5
H	두께	관벽 두께

유형 2



기호	설명	치수 mm
A	최소 총 길이	115
B	끝 부분의 폭	25±1
C	좁고, 평행인 부분 영역의 길이	33±2
D	좁고, 평행인 부분 영역의 폭	$6^{+0.4}_{0}$
E	굴곡의 작은 반지름	14±1
F	굴곡의 큰 반지름	25±2
G	눈금 간 거리	25±1
H	그립 간의 초기 거리	80±5
I	두께	관벽 두께

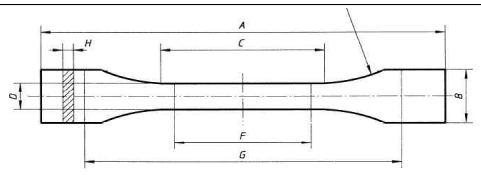
폴리에틸렌관의 시험편 제작은 관두께에 따라 유형 1 ~ 3을 선택적으로 적용한다.

표 2-11 폴리에틸렌관 관벽두께에 따른 시험편 유형(자료출처 KS M ISO 6259-3)

관의 공칭 관벽두께 e_n(㎜)	시험편의 유형
$e_n \leq 5$	유형 2
$5 < e_n \leq 12$	유형 1
$12 < e_n \leq 25$	유형 1 또는 유형 3
$e_n > 25$	유형 3

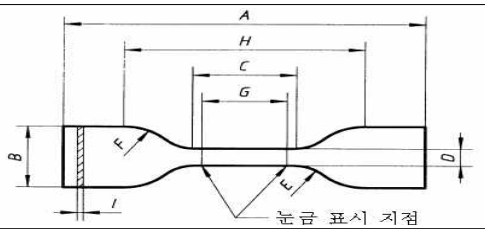
표 2-12 폴리에틸렌관 시험편 제작 규격 예(자료출처 KS M ISO 6259-3)

유형 1



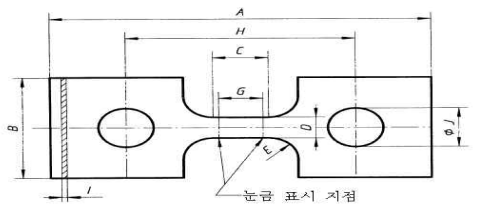
기호	설명	치수 mm
A	최소 총 길이	150
B	끝 부분의 폭 a	20±1
C	좁고, 평행인 부분 영역의 길이	60±1
D	좁고, 평행인 부분 영역의 폭	10±0.2
E	반지름	60±1
F	눈금 간 거리	50±1
G	그립 간의 초기 거리	115±1
H	두께	관벽 두께

유형 2



기호	설명	치수 mm
A	최소 총 길이	115
B	끝 부분의 폭	25±1
C	좁고, 평행인 부분 영역의 길이	33±2
D	좁고, 평행인 부분 영역의 폭	$6^{+0.4}_{0}$
E	굴곡의 작은 반지름	14±1
F	굴곡의 큰 반지름	25±2
G	눈금 간 거리	25±1
H	그립 간의 초기 거리	80±5
I	두께	관벽 두께

유형 3



기호	설명	치수 mm
A	최소 총 길이	250
B	끝 부분의 폭	100±3
C	좁고, 평행인 부분 영역의 길이	25±1
D	좁고, 평행인 부분 영역의 폭	25±1
E	반지름	25±1
G	눈금 간 거리	20±1
H	하중 핀 중앙 사이의 초기 거리	165±5
I	두께	관벽 두께
J	구멍의 지름	30±5

a 관벽 두께가 50 mm를 넘는 경우, 시험편의 두께는 기계가공으로 줄일 수 있다. 눈금 간 거리가 있는 시험편의 평행인 부분의 줄어든 두께가 너비보다 최소 2배, 즉 50 mm 이상이어야 하기 때문이다. 두께가 50 mm를 넘는 시험편은 관벽의 중심에서 가공되도록 양측면부터 기계 가공 할 것을 권장한다.

2.7.9 물리적 특성 평가

관체의 인장강도, 화학적 조성 등은 실험 등을 통해서 측정하여 도출하며, 각 항목에 대한 상세방법은 항목별로 아래와 같다.

2.7.9.1 인장강도, 연신율 등

인장강도시험 시험편제작 후 금속관은 KS 0802, 비금속관은 KS M ISO 6259-1 따라 인장시험을 실시한다. 이때 시험 속도는 관종에 따라 KS 시험방법에서 정하는 속도로 시편이 파괴될 때까지 지속하고 시편이 파괴 된 후에는 시편 절단면에 대하여 두께(T)와 폭(W)을 측정하여 기록한다. 이때 금속관은 두께 측정시 시편을 연마하여 흑연부산물(녹 등)을 완전히 제거하여야 한다.

인장강도는 파단(최대)하중을 단면적으로 나눠 산정한다. 이때 CIP(강성관)는 파괴하중을 이용하고, DIP, CML-DIP, SP, 플라스틱관 등(연성관)은 최대하중을 이용하며 단면적 계산은 시편폭(㎜)×시편 평균두께(㎜)을

이용한다. 주철관종은 파괴단면에 부식이 존재하는 경우에는 파단면의 두께를 8구간으로 나누어 측정하고 평균값을 사용한다. 강관은 절단시 넥킹이 발생되므로, 시험 후 단면측정이 어려우므로, 부식형상에 따라 사전에 측정하는 것이 바람직하며, 되도록 부식이 없는 부위를 중심으로 시편을 제작한다.

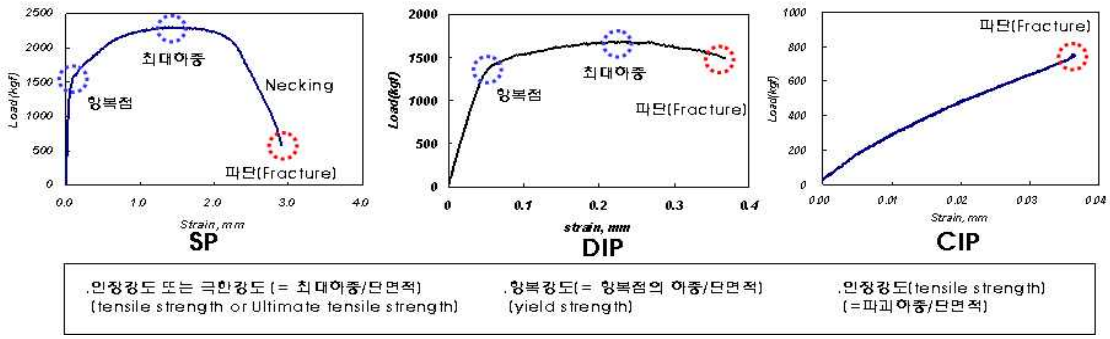


그림 2-24 관종 별 하중에 따른 변화 특성 예

순금속 인장강도(net metallic tensile strength, kgf/㎟) : $\sigma_{net} = \frac{W_b}{A_n}$

여기서, W_b = 하중, kgf (CIP 파괴하중, SP/D(C)IP, 플라스틱관은 최대하중)

A_n = 순수 금속 단면적, ㎟(= $t_{eff} \times w_{avg}$)

w_{avg} = 시험시편 절단면의 평균 폭, ㎜

t_{eff}= 시험시편 평균두께, ㎜($t_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^{8} t_i}{8}$)

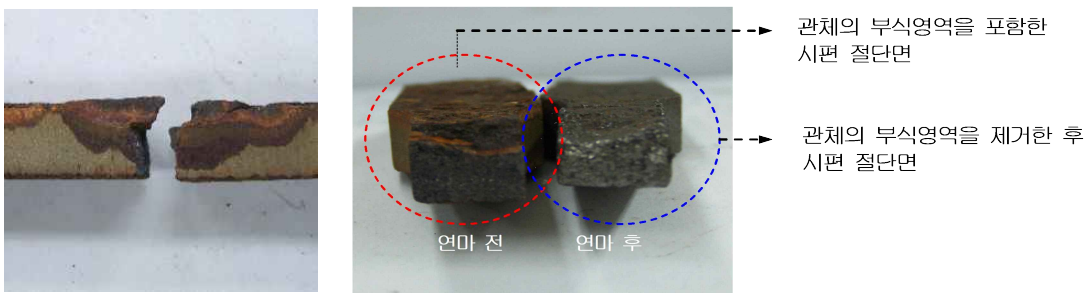


그림 2-25 인장시험 후 시편 연마 전후(부식이 포함된 시편)

연신율은 인장시험이 Gauge length에서 하중이 가해질 때 발생된 변위를 측정하여 산정한다.

2.7.9.2 화학적 조성

금속의 화학적 조성은 관체의 기계적 강도에 영향을 미치므로 각 관종별 권고된 화학조성을 만족하여야 한다. 분석방법은 KS D 1801~1804에 준하여 시험을 실시한다.

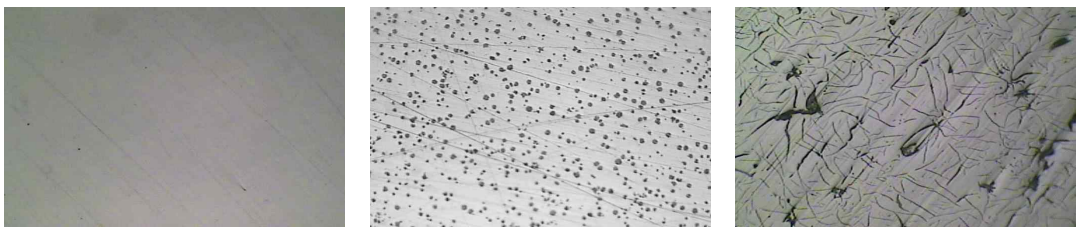
표 2-13 금속관종별 화학조성 [단위 : wt%]

관종	C(탄소)	Si(규소)	Mn(망간)	P(인)	S(황)	Mg (마그네슘)
CIP	3.2 ~ 3.8	1.4 ~ 2.2	0.4~0.6	≤0.5	≤0.1	
DIP,CML-DIP	2.8 ~ 3.7	1.7 ~ 2.5	0.2~0.4	≤0.1	≤0.015	0.03≤
SP	≤0.25			≤0.04	≤.04	

* 닥타일주철관 설계자료(한국주철관), 강관핸드북(동양철관) 참조

2.7.9.3 표면조직검사

주철관종은 크게 회주철관과 닥타일주철관으로 구분되며 닥타일주철관은 제조방법의 차이에 따라 흑연구상화의 형태 및 정도에 차이가 발생한다. 따라서 닥타일주철관은 구상화율을 조사하여 금속조직의 결함여부를 판별할 수 있다. 표면조직은 외면, 중앙, 내면으로 구분하여 금속현미경(100배)을 이용하여 측정한다.



강관(SP) DIP/CML-DIP(구상) CIP(편상)

그림 2-26 관종별 금속표면 조직 예

2.7.10 초음파 관체조사

굴착을 통해 상수관로를 노출시켰으나 여건상 단수가 불가능하여 시편 채취가 불가능한 경우에 한하여 초음파 두께 측정기를 활용해 순수 금속에 대한 두께와 내면 부식깊이에 대한 정보를 확인한다.

간접평가 결과 노후도가 심한 것으로 추정되거나 수질민원이 발생한 지점을 굴착하여 관 외부 표면에 있는 부식생성물 및 도장재 등을 완전히 제거하고, 브러쉬 등을 이용하여 금속면이 노출될 때까지 관체 외면을 브러싱을 통해 깨끗하게 한다.

측정전 관경에 따른 공칭관두께를 확인한후 관 외면에 부식이 없는 위치를 선정하여 초음파두께 측정기를 이용하여 12개 이상 측정하고 최대값 6개를 평균하여 관두께를 산정한다. 내면부식 깊이는 관두께가 가장 적게 측정된 지점의 관두께를 평균 관두께에서 제외하여 산정한다.




그림 2-27 초음파두께 측정예

예시)

① A, B, C 위치에 대해서 초음파두께 측정결과, 초음파로 측정된 두께가 공칭두께보다 크므로, 측정된 값 중 (6개) 평균값을 초기두께로 결정

② 초기두께 측정 후 부단수 내시경을 통해 부식이 발생된 부위를 중심으로 탐상 후 최소관두께로 측정된 값을 고려하여 내면최대부식깊이 결정

내면부식깊이 = 관 초기두께 - 초음파두께 측정 치(최소 값)

표 2-14 조사지점별 초음파 두께 측정에 따른 최대 두께

조사지점	관종	관경	최대 잔존두께(6개), (㎜)							공칭두께	초기 관두께 (㎜)
			1	2	3	4	5	6	평균	B(2종)	
A	SP	1500	13.16	13.22	13.25	13.26	13.28	13.40	13.26	11	**13.26**
B	SP	1500	13.10	13.14	13.22	13.27	13.28	13.28	13.22	11	**13.22**
C	SP	1100	7.95	8.02	8.12	8.15	8.19	8.21	8.11	8.0	**8.11**

표 2-15 조사지점별 탐상을 통한 내면부식깊이 추정 결과(6개)

조사지점	관종	관경	최소 잔존두께(6개), (㎜)						초기 관두께(㎜)	내면최대부식깊이(㎜)
			1	2	3	4	5	6		
A′	SP	1500	**12.17**	12.28	12.40	12.49	12.51	12.61	13.26	**1.09**
B′	SP	1500	**12.81**	12.89	12.90	12.92	12.92	12.93	13.22	**0.41**
C′	SP	1100	**7.35**	7.37	7.37	7.38	7.44	7.47	8.11	**0.46**

2.7.11 관로 부단수 천공

관로상에 공기밸브 등이 설치되어 있어 부단수 관내시경이 즉시 시행 가능한 구간도 있으나 그렇지 못한 환경이라면 부단수 관내시경 조사를 실시하기 위해서는 관로에 부단수 천공을 실시하여야 한다. 부단수 천공후 천공시편을 이용하여 물리적 강도를 측정하기 위해서는 200㎜이상의 천공하는 것이 바람직하다. 일반적으로 부단수 천공절차는 아래와 같다.

표 2-16 부단수 천공 절차

작업순서	작업내용	자업사진
①활정자관 설치	상수관로 상단에 부단수천공기 장착이 가능하도록 활정자관을 설치	
②게이트밸브 설치	활정자관 위에 부단수 천공후 차수가 가능하도록 게이트밸브를 설치	
③부단수 천공기 설치 및 천공	기존관의 처짐에 영향이 없도록 관로 주변을 보강하고, 천공기는 관로와 수직이 되도록 게이트밸브 상단에 설치하여 부단수 천공을 실시	
④부단수 천공기 해체	천공기의 전진 이동거리만큼 후진 후 게이트 밸브를 차단하고 천공기 해체	

2.7.12 부단수 천공시편 채취

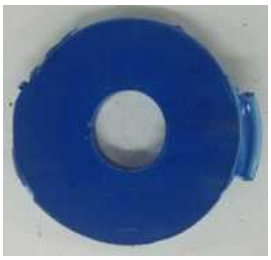
부단수 천공을 실시하고 나면 천공기 내면에 상수관로의 천공시편이 원형태로 존재하므로 내면상태 조사 및 물리적특성을 분석할 수 있도록 천공시편을 확보하여야 한다.



a. 천공기 내면 시편



b. 천공시편(주철관)



c. 천공시편(HI-VP)

그림 2-28 부단수 천공시편 채취 예

2.7.13 부단수 관 내시경 조사

부단수 관 내시경조사는 상수관로의 내부를 단수없이 조사할 수 있는 일반적인 조사방법이다. 내시경 카메라의 화각에 따라 차이는 있으나 일반적으로 D400㎜이상의 관로는 전체면적이 아닌 일부분 내시경으로 확인가능하며, 조사지점을 기준으로 한방향으로 10~30m정도 조사가 가능하다.

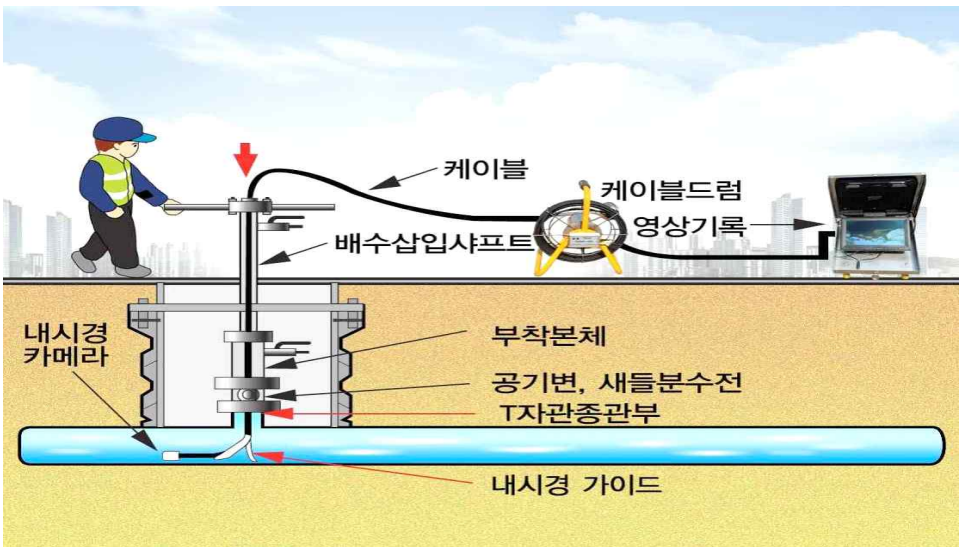


그림 2-29 부단수 관 내시경 조사 개요

<자료출처 : 상수도관망의 비상시 재해대응 시스템 기술개발(2016,환경부)>



그림 2-30 부단수 관 내시경 조사 장비
<자료출처 : 상수도관망의 비상시 재해대응 시스템 기술개발(2016,환경부)>

조사항목은 내면 도장재 상태(상태, 손상비율), 내부 슬라임 현황(분포면적, 축적두께 추정), 내부결절 상태(분포비율, 결절크기 추정), 연결부 상태 등이 있으며 관체의 노후도를 분석하기 위해서는 초음파탐상과 같은 비파괴검사를 병행해야지만 신뢰성 있는 자료를 확보할 수 있다.

내시경조사결과는 실제 관상태와 달리 카메라의 성능에 따라 외곡이 발생할 수 있으므로 슬라임 및 내부결절 크기 추정시 주의하여야 한다.



a. 부단수 관내시경 조사 전경　　b. 관내부 촬영

그림 2-31 부단수 관 내시경 조사 예

표 2-17 부단수 관 내시경 조사 절차

조사 절차	내 용
①조사지점 수압측정	조사지점의 관압을 측정하여 부단수 관 내시경장비로 조사가 가능한지 여부를 판단한다. 일반적으로 수압 7kgf/㎠이상시 장비 규격에 따라 조사가 불가능 할 수 있다.
②부단수 내시경 조사 장비 설치	부단수 천공하여 설치된 제수밸브 위에 내시경 장비를 설치한다.
③제수밸브 개방	내시경 장비를 관로에 삽입하기 위해 제수밸브를 개방한다. 제수밸브의 개방여부는 내시경 카메라로 확인한다.
④내시경 카메라가이드 삽입	내시경 카메라가 관내부로 삽입될 수 있도록 카메라 가이드를 관 바닥까지 밀어 넣는다.
⑤관내부 조사	부단수 관내시경 카메라가 물흐름방향으로 향하도록 하여 내부상태를 조사하고 카메라를 회수하여 물흐름 반대방향으로 추가 조사한다. 이때 조사지점별 관상태를 상세히 기록한다. - 관내부에 탁질이 많아 내시경 조사가 곤란한 경우 조사지점 하류의 소화전 등을 개방하여 유속을 발생시켜 조사 - 관경이 450㎜초과시 관로 내부 일부만 조사가 가능하므로 관내부 전체에 대한 상태는 추정
⑥내시경 카메라 회수	관내부 조사가 완료되면 내시경 카메라에 연결된 선을 회수하여 카메라 삽입 가이드까지 카메라를 위치시킨다.
⑦내시경 카메라 가이드 회수	카메라 가이드를 제수밸브 상단까지 회수한다.
⑧제수밸브 폐쇄	내시경 장비 철거시 관내부의 수압이 밖으로 전달되지 않도록 제수밸브를 닫고 내시경 카메라로 확인한다.
⑨부단수 내시경 조사 장비 철거	부단수 내시경 장비를 철거하고 제수밸브 상단에 맹플랜지를 설치하여 조사지점을 폐쇄시킨다.

표 2-18 굴착 후 관내시경 조사시 단계별 조사항목

조사단계	조사항목	참고
굴착 후 관 노출	○ 매설깊이, 되메움 토양 종류, 외면 도장재 상태(두께, 박리, 손상 등), 등 매설환경 정보 ○ 토양부식성 정보(토양 샘플링) - 토양비저항, pH, 함수율, 산화환원전위 등은 현장에서 측정 - 샘플링 토양으로 황, 염소 성분 측정 ○ 관 외면부식상태(면적, 둘레, 크기 등) - 브러싱 후 측정	현장조사표 참고 (공기밸브실 조사 시 제외됨)
부단수 천공	○ 수압측정	
내시경 카메라 조사 과정	○ 내부 도장재 종류 ○ 내부 침전물 상태 (유형, 분포면적 등) ○ 내부도장재 상태(박리, 손상 등) 정보 ○ 내부부식 상태(면적, 비율 등) - 결절분포(면적) 등 - 부식깊이는 발생위치 확인 후 외면에서 초음파 등 비파괴로 측정(중요) ○ 연결부 상태	현장조사표 참고
천공 시편	○ 관 초기두께, 내면도장재 종류, 두께, 중성화도 등 ○ 화학적 조성 (주철관종에 한함) ○ 금속조직 (주철관종에 한함) ○ 인장강도, 연신율 (모든 관종)	관체분석 방법 참조 (공기밸브실 조사 시 제외됨)

2.7.14 부단수 천공시편 분석

취득된 부단수 천공시편은 부단수 내시경조사 결과와 비교하여 관내면상태를 판단한다. 시멘트모르터라이닝 닥타일주철관의 경우 라이닝재의 중성화도를 측정하고, 내부슬라임상태, 내부부식상태를 조사한다.

전공시편의 지름이 200㎜이상인 금속관의 시편은 KS B 0801의 4호 규격에 따라 시험편을 제작하여 물리적 강도측정을 시행하고, 주철관(회주철관, 닥타일주철관)의 경우 구상화상태를 조사하고, 시험편 제작 후 남은 시편으로 화학적조성을 분석한다. 자세한 사항은 2.7.8 물리적 특성평가를 따른다.

2.7.15 부식비율(P_{cd}) 산정

부식깊이비율 측정은 금속관(강관, 주철관)에 대하여 측정하며 조사된 내면과 외면 부식깊이 중 최대부식깊이를 이용하여 아래 식에 따라 부식깊이비율을 산정한다.

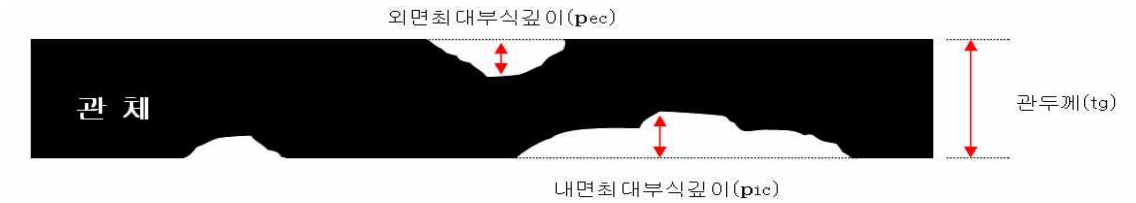


그림 2-32 부식깊이 비율 측정 개념도

부식깊이비율 : $P_{cd} = \{1 - (t_g - p_{ec} - p_{ic}) \div t_g\} \times 100$
외면부식깊이비율 : $P_{ecd} = \{1 - (t_g - p_{ec}) \div t_g\} \times 100$

여기서, P_{cd}(Percentage of corrosion depth) : 부식깊이비율
P_{ecd}(Percentage of external corrosion depth) : 외면부식깊이비율
t_g(Gross Thickness) : 관두께(㎜)
p_{ec}(Pit of External Corrosion) : 외면부식 깊이(㎜)
p_{ic}(Pit of Internal Corrosion) : 내면부식 깊이(㎜)
단, (pec + pic) ≥ tg 인 경우 부식깊이비율은 100%로 인정

※ 예) 부식깊이비율 계산

t_g : 7.0㎜, pec : 2.0㎜, pic : 2.2㎜

P_{cd} = {1 - (7.0 - 2.0 - 2.2) ÷ 7.0} × 100 = 60%

P_{ecd} = {1 - (7.0 - 2.0) ÷ 7.0} × 100 = 28%

2.7.16 안전계수(SF) 산정

금속관은 일정시간이 경과하면 부식이 발생하며, 관두께 감소로 인한 강도 감소에 따라 물리적인 파손이 발생한다. 또한, 비금속관로도 일정시간이 경과하면 관체가 열화(Degradation)되어 강도저하로 인한 물리적 파손이 발생한다. 동시에 매설된 관로도 시간이 경과하면 매설·운영환경에 따라 안전계수가 다르게 나타난다. 따라서 관체의 잔존강도와 내·외부하중에 의해 발생하는 응력을 비교하여 안전계수를 산정하고 파손위험성에 대해 평가한다. 직접평가 결과에 따라 관 개량방안 수립시 안전율은 관로의 교체와 갱생을 구분하는 가장 중요한 요소로 작용한다.

안전계수는 중대구경에 한하여 적용한다(관종에 따라 강관은 300㎜ 이상, 주철관종, 플라스틱 관종은 200㎜ 이상).

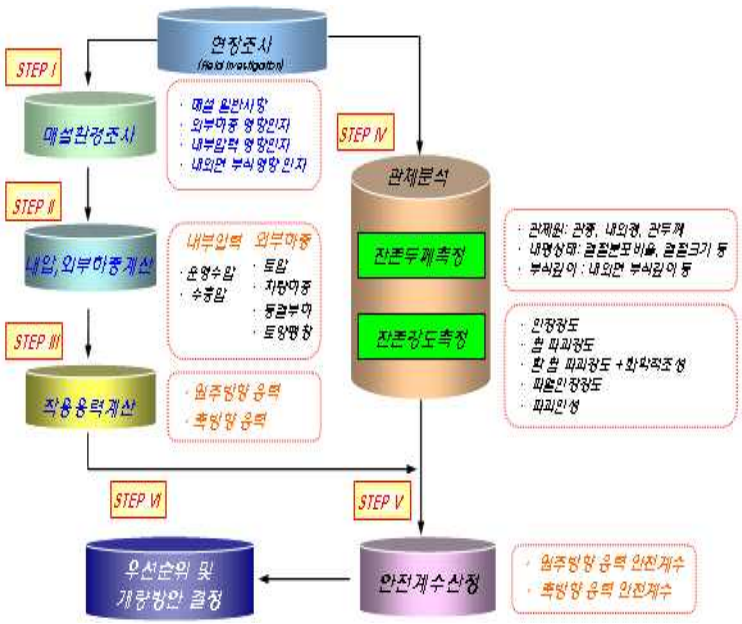


그림 2-33 안전계수 산정 흐름도

2.7.16.1 작용응력산정

상수관로는 지하에 매설된 후, 내부압력과 외부하중이 작용하며, 하중으로 관 모체에는 다양한 원주방향과 축방향 응력(변형 포함)이 발생한다. 내부압력으로는 주로 운영수압, 수충격압 등, 외부하중으로 토압, 차량하중, 동결하중, 온도변화 등(동결하중, 온도변화 등은 주로 미반영), 원주방향은 내압(hoop), 외부하중(ring), 내압+외압(plus)에 의한 총 응력이 발생(3개)되고, 축방향으로는 빔에 의한 휨(flexural), 온도변화 등 축방향(longitudinal), 휨+축방향(plus)에 의한 총 응력(3개)이 발생 (+ 연성관은 변형)한다.

각 관종별 하중, 응력계산은 각 관종별 설계기준을 활용한다.

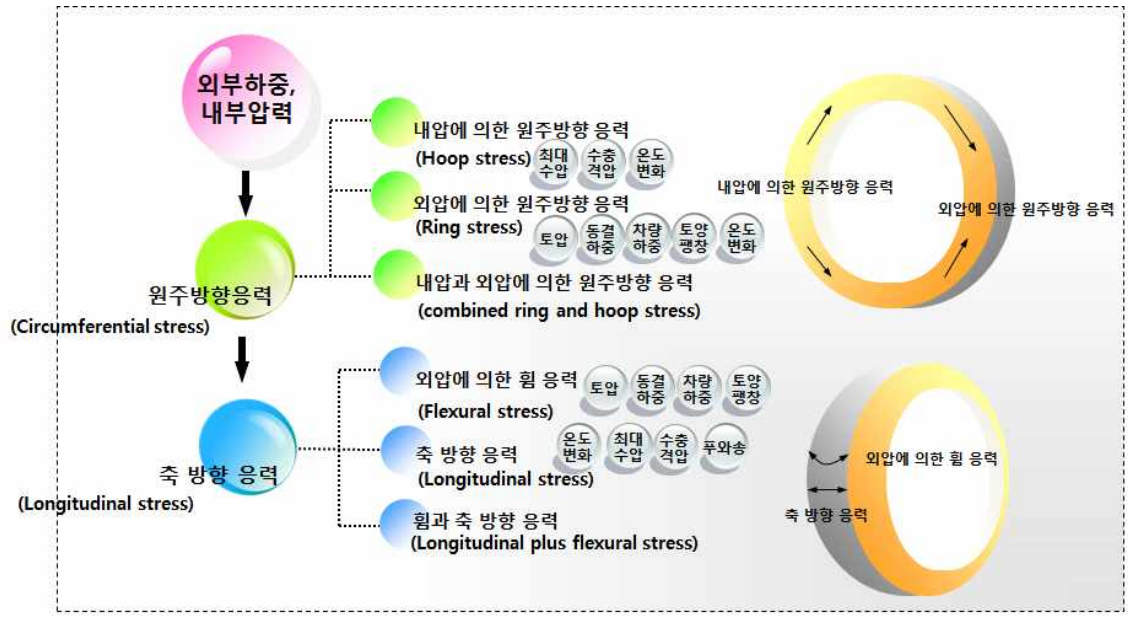


그림 2-34 관에 작용하는 하중-응력 예(AWWARF, 2002)

2.6.16.2 안전계수 산정

안전계수(Safety factor)의 매설된 상수관로의 구조적인 안전성을 대표하는 지표로서 관의 허용응력 또는 잔존강도를 발생 응력으로 나누어 선정한다. 본 가이드북에서는 허용응력이 아닌 잔존강도를 사용하여 안전계수를 산정한다. 응력이 다양하므로 안전계수도 응력 수 만큼 산정이 가능하나, 국내에서 매설

상수도관에 대해서는 외부 또는 내압으로 발생되는 원주방향에 대해서만 설계를 하여 매설하였으므로, 안전계수도 외부 또는 내압으로 발생되는 원주방향응력에 대한 안전계수를 평가한다. 다만 주철관종은 외부하중으로 인장으로 환산하여 사용하므로, 주철관종은 내외부 하중에 대한 원주방향 인장응력에 대한 안전계수도 산정한다.

* 허용응력은 주로 설계에 적용되며, 강도는 주로 노후 구조 시설물에 대해 적용



그림 2-35 안전계수의 종류 예 (AWWARF, 2002)

표 2-19 관종 별 하중 계산 기준

구 분		수 식	비 고
외부하중	토압	$W_e = C_d \gamma B_d^2$ $C_d = \frac{1 - e^{-(2K_r\mu' \frac{H}{B_d})}}{2K_r\mu'}$ 여기서, W_e = 토압, kg_f/cm^2 C_d = 계산상수 γ = 흙의 단위중량, kg/cm^3(=0.0018 kg/cm^3) B_d = 관 상부 굴착 폭, cm e = 자연로그 상수 K_r = Rankine의 토압계수, $K_r = (\frac{1-\sin\Theta}{1+\sin\Theta})$	주철관종 (CIP, DCIP 등), 강관

구 분		수 식	비 고
		Θ = 되메우기 흙의 내부마찰각(Soil friction angle=30), 보통 되메우기 흙과 굴착 사면의 마찰인 θ' 과 동일한 것으로 간주 μ' = 되메우기 흙과 굴착 사면의 마찰계수($\mu' = \tan\theta'$) H = 관 상부로부터 지표까지의 높이(토피), cm B_d = 굴착 폭, cm	
		$P_e = \gamma H$ 여기서, P_e = 토압, kg_f/cm^2 γ = 흙의 단위중량, kg/cm^3(=0.0018 kg/cm^3) H = 관 상부로부터 지표까지의 높이(토피), cm	강관
	차량하중	$W_t = \frac{2nP(1+i)}{[nL+(n-1)\cdot C+b+2H\tan\theta](a+2H\tan\theta)}$ 여기서, W_t = Truck 하중에 의한 외압, kg_f/cm^2 P = Truck의 후륜(1륜)하중, kg(=9600 kg) n = 점유폭에 접하여 나란한 Truck 대수 L = 후륜 중심간격 (일반적으로 175 cm적용) C = 인접 Truck간의 후륜중심 간격(cm)(일반적으로 100 cm) b = 후륜 접지폭(cm) (일반적으로 50 cm 적용) θ = 분산각(°)(일반적으로 45° 적용) a = 차륜 접지장(cm) (일반적으로 20cm 적용) i = 충격계수 H = 관 상부로부터 지표까지의 높이(토피), cm	주철관종 (CIP, DCIP 등), 강관
내부압력	**최대 운전수압**	(또는 정수압 또는 동수압)	주철관종 (CIP, DCIP 등), 강관, 플라스틱관
	수충격압	$h = \frac{aV}{g}$ or $P = (\frac{a}{g})(\frac{sp\,gr}{1000})V$ 여기서, h = 수충격압, cm g = 중력가속도, 980 cm/s^2 V = 최대유속변화, cm/s sp.gr = 물의 비중, (water = 1.0) a = 압력파 전파속도, cm/s $a = \frac{4660\times 30.48}{\sqrt{\left(1+\frac{kd}{Et}\right)}}$ 여기서, k = 유체(물)의 탄성계수, 2.1×10^4 kg_f/cm^2 E = 탄성계수, kg_f/cm^2 (DIP=1,600,000 kg_f/cm^2, SP=2,100,000 kg_f/cm^2) d = 내경, cm	

* 플라스틱관은 내부압력만 고려한다.

표 2-20 관종 별 외부 는 내부압력에 의한 원주방향 응력계산 기준

구 분	수 식	비 고
내압에 의한 원주방향 응력	$\sigma_h = \frac{P_t d}{2t} = \frac{(p_s + p_d)d}{2t}$ 여기서, σ_h = 내압에 의한 원주방향 응력, kg_f/cm^2 t = 관두께, cm d = 관내경, cm P_t = 내부압력, kg_f/cm^2	주철관종 (CIP, DCIP 등), 강관, 플라스틱관
외압에 의한 원주방향 응력	$\sigma_b = \frac{6(K_f W_e + K_t W_t)R^2}{t^2}$ 여기서, K_f = 관의 밑바닥(bottom) 지지각에 의하여 정해지는 계수 K_t = 관의 상단 0.076, 관의 밑바닥 0.011 R = 관 반경, cm(= $D_m/2 \fallingdotseq d/2$)	주철관종 (CIP, DCIP 등)
	$\sigma_b = \frac{2}{fZ}(W_e + W_t) \times \frac{K_b R^2 EI + (0.06146K_b - 0.08303K_x)E' R^5}{EI + 0.06146E' R^3}$ 여기서, σ_{rm} = 외부하중에 의한 관 하부에서의 휨 응력, kg_f/cm^2 f = 형상계수 1.5 Z = 관 단위 폭의 단면계수 Z = $t^2/6$ (cm^2), t는 관두께(cm) W_e = 토압, kg_f/cm^2 W_t = 차량하중, kg_f/cm^2 R = 관 평균반경, ($D_m/2 = d/2$) E = 관탄성계수, kg_f/cm^2 I = 관의 단위 폭당 단면이차모멘트, I = $t^3/12$, cm^3 E' = 반력계수, kg_f/cm^2 K_b = 지지각에 의해 결정되는 관저에서의 휨모멘트 계수	강관

* 플라스틱관은 내부압력에 의한 응력만 고려한다.

표 2-21 관종 별 안전계수 산정 기준

구 분	수 식	비 고
내압에 의한 원주방향 안전계수 (SF_h)	$SF_h = \frac{\sigma_{rts}}{\sigma_h}$ 여기서, SF_h = 내압에 의한 원주방향 안전계수 σ_{rts} = 잔존강도, kg_f/cm^2 σ_h = 내압에 의한 원주방향 응력, kg_f/cm^2	주철관종 (CIP, DCIP 등), 강관, 플라스틱관
내압 + 외압에 의한 인장응력에 대한 안전계수 (SF_{hb})	$SF_{hb} = \frac{\sigma_{rts}}{\sigma_{hb}}$ 여기서, SF_{hb} = 외압에 의한 인장응력에 대한 안전계수 σ_{rts} = 잔존강도, kg_f/cm^2 σ_{hb} = 내압 및 외압에 의한 인장응력, kg_f/cm^2 $\sigma_{hb} = \sigma_h + 0.7\sigma_b$	주철관종 (CIP, DCIP 등)
외압에 의한 원주방향 안전계수(SF_r)	$SF_r = \frac{\sigma_{rts}}{\sigma_r}$ 여기서, SF_r = 내압에 의한 원주방향 안전계수 σ_{rts} = 잔존강도, kg_f/cm^2 σ_r = 외압에 의한 원주방향 응력, kg_f/cm^2	강관

* 플라스틱관은 내부압력에 의한 응력만 고려한다.

2.7.17 직접평가에 따른 관상태 등급

관종별 노후화 특성에 따른 직접평가 결과를 상태조건별 등급으로 결정하고, 개량방안을 계속사용가능, 세척, 갱생, 교체로 제시하여, 노후 상수관로 정비를 위한 의사결정에 활용할 수 있도록 하였다. 부식면적 비율이 10%이상인 주철관 D200㎜ 이하, 강관 D300㎜ 이하는 부식깊이비율로 개략 등급을 산정할 수 있다. 그 이상 관로에 대해서는 안전계수(SF)로 판단한다. 안전계수(SF)는 관의 파손위험성을 나타내는 지표로 이론적으로 1.0이하가 되면 관로의 파손이 발생하는 것으로 간주한다. 안전계수가 낮아질수록 파손위험성이 커지므로, 안전계수에 따라 대상관로의 개량방법이 결정된다. 예를 들어 도장재 박리가 10% 이상이거나 또는 CML 중성화가 100% 에 도달한 후(도장재 방식기능 상실로 간주) 안전계수가 1.0이하인 관로는 이미

파손에 도달(V 등급)한 것으로 간주하여 교체해야 하며, 안전계수 1.0~2.5인 경우 현장여건을 고려하여 갱생 또는 교체를 결정(IV 등급)하고, 안전계수 2.5 이상(III 등급)인 경우 갱생하여 사용하는 것으로 의사결정 할 수 있다. 도장재 상태가 양호하거나 또는 박리비율이 10% 미만, CML 중성도화도가 100% 미만인 경우에는 내부슬라임이 존재하고, 실제 수질에 영향을 주어 수질민원이나 또는 수질조사시 기준초과가 발생되면 정수가 공급되는 관에 대해서는 세척(II 등급)을 시행하고 수질적 문제가 없는 경우에만 계속사용가능(I 등급)으로 한다.

플라스틱관은 재질 특성상 인장강도가 초기보다 높게 나타나 안전계수가 높아지는 왜곡 현상이 발생될 수 있다. 이는 시간이 경과하면 플라스틱 재질은 연성은 감소하는 반면에 취성이 증가하여 단단해지는 시기가 있기 때문이다. 이때 주로 플라스틱관의 운영이나 매설환경에 따라서는 균열사고가 증가하게 되므로, 플라스틱관의 경우에는 안전계수 외 연신율을 함께 고려하여 수압조정이나 교체 등을 판단하는 것이 중요하다.

수질에 대한 조사를 통한 세척 여부는 부록 F 수질안전성 평가방법을 참조한다.

표 2-22 관 상태 직접평가 개량 판단기준

관종	등급	개량방안	판단조건	비고	조사방법
CIP /DIP	III	갱생	○ 부식깊이비율[1] 50% 미만 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 2.5 < SF		관체분석
	IV	갱생/교체	○ 부식깊이비율 50~65% ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 1.0 < SF ≤ 2.5		
	V	교체	○ 부식깊이비율 65% 이상 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, SF ≤ 1.0 ○ 모든 등급에서 외면 부식깊이비율 50% 이상		

관종	등급	개량방안	판단조건	비고	조사방법
DCIP	I	계속 사용가능	○ CML 표면에 슬라임 축적	○ CML 상태양호 ☞ 중성화 100% 미만 ○ 수질영향 無 (탁도, 이물질, 적수 등 유출)	내시경
	II	세척[3]	○ CML 표면에 슬라임 축적	○ CML 상태기능 저하 ☞ 중성화 100% 미만 ○ 수질영향 존재 (탁도, 이물질, 적수 등 유출)	
	III	갱생	○ 부식깊이비율 50% 미만 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 2.5 < SF	○ CML 방식기능 상실 ☞ 내면부식진행	관체분석
	IV	갱생/교체	○ 부식깊이비율 50~65% ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 1.0 < SF ≤ 2.5	○ CML 방식기능 상실 ☞ 내면부식진행	
	V	교체	○ 부식깊이비율 65% 이상 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, SF ≤ 1.0 ○ 모든 등급에서 외면 부식깊이비율 50% 이상	○ CML 방식기능 상실 ☞ 내면부식진행	
SP[2]	I	계속 사용가능	○ 내면 도장재 표면에 슬라임 축적	○ 내면 도장재 상태양호 ☞ 수질영향 無 (탁도, 이물질 등 유출) or 수질민원 없음	내시경
	II	세척	○ 내면 도장재 표면에 슬라임 축적 ○ 부식깊이비율 35% 미만	○ 내면 도장재 라이닝 방식기능 부분 저하 ☞ 박리비율 10% 이하 ☞ 수질영향 존재(탁도, 이물질, 적수 등 유출) or 수질민원 존재	
	III	갱생	○ 부식깊이비율 35% 미만 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 2.5 < SF	○ 내면 도장재 라이닝 방식기능 저하 ☞ 박리비율 10% 이상	관체분석
	IV	갱생/교체	○ 부식비율 35~50% ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, 1.0 < SF ≤ 2.5	○ 내면 도장재 라이닝 방식기능 저하 ☞ 박리비율 10% 이상	
	V	교체	○ 부식깊이비율 50% 이상 ○ 내압 또는 외압에 대한 안전계수, SF ≤ 1.0 ○ 모든 등급에서 외면부식깊이비율 50% 이상	○ 내면 도장재 라이닝 방식기능 상실 ☞ 박리비율 10% 이상	

관종	등급	개량방안	판단조건	비고	조사방법
PE /PVC	I	계속 사용가능	○ 내면에 슬라임 축적	○ 수질영향 無 (탁도, 이물질, 적수 등 유출)	내시경
	II	세척	○ 내면에 슬라임 축적	○ 수질영향 존재 (탁도, 이물질, 적수 등 유출)	
	III		-		
	IV		-		
	V	교체	○ 내부압력에 의한 안전계수, SF ≤ 1.5 이하	○ 누수발생 빈도(균열 등)가 높은 경우, 재질의 연신율, 무수수량 또는 손익분기 등을 고려하여 교체 판단	관체분석

※ 부식면적비율이 10%를 초과하는 구간의 주철관종은 200㎜이하, 강관은 300㎜이하에 대해서 등급 III~V 결정은 부식깊이 비율을 사용하되, 안전계수도 검토할 수 있으며, 그 이상의 관경은 안전계수로 검토한다.

주1) 부식깊이비율 = 내.외면 최대부식깊이(pec+pic)/실측 관두께(평균)

여기서, pec = 외면최대부식깊이, pec = 내면최대부식깊이

2) 강관은 당초 설계에서 내.외면 하중에 의한 SF가 2.5이하이더라도, 내.외면 도장재 박리비율이 상태가 양호 경우에는 "II"이상으로 평가한다.

3) 플라스틱관의 경우, 안전계수가 높더라도 관체분석시 연신율이 제조시 보다 감소(PE 200 % 이하, PVC 계열은 40% 이하), 취성이 증가하여 균열 등 사고가 발생한 경우에는 수압조정(고수압인 경우 감압밸브)을 통한 계속사용을 고려하고, 수압조정이 어려운 경우에는 교체 등을 검토한다.

4) 세척은 수질 현장조사 또는 수질민원 등 수질에 직접적인 영향을 평가하여 판단한다.

부록 A

현장조사표

현장조사표(Check list)

I. 일반사항(General information)				(현장)
1. 조사자		2. 조사일시		
3. 상수도명	□ 광역상수관로 □ 지방상수관로	4 관로구분	□ 도수관로 □ 송수관로 □ 배수관로 □ 급수관로	
5. 수종	□ 원수 □ 정수 □ 침전수	6. 취수원 또는 배수지 ( )		
7. 계통명(소블록명)		대상구간[1]	구간길이[2]	
8. 점검위치(주소) 또는 Station No.				
9. 관로번호(ID)				

II. 위치도(Site Information)	
위치(스케치)	(사진)

III. 특이사항 (Site Consideration)
※ 현장 특이사항 기록

1) 대상구간과 연장은 동일 연장선 관로로 관종, 매설년수, 관경이 동일한 구간

2) 구간길이는 1)의 대상구간의 길이

IV. 관 일반정보(Pipe information)		
10. 관종		□ 회주철관(CIP), □ 닥타일주철관(DIP), □ 강관, □ PVC, □ PE, □ GRP, □ 흄, □ PC, □ 기타 ( )
11. 호칭경(관경)		mm 관체 길이/본당 m
12. 매설년도		
13. 도장재 종 류	외면	□ 없음 □ 역청계, □ 아스팔트, □ 콜타르에나멜, □ PE, □ 기타 ( )
	내면	□ 없음 □ 역청계, □ 에폭시, □ 시멘트모르터, □ 폴리우레아, □ 콜타르에나멜, □ PE, □ 기타 ( )
14. 접합방식(Joint)		□ 육안확인 불가 □ 플랜지, □ 용접방식, □ 소켓식, □ 융착 □ 용접+도장, □ KP메케니컬, □ 타이튼조인트, □ 나사조임식 □ 메케니컬조인트, □ 기타 ( )
15. 부식방지 유무		□ 없음, □ 전기방식 (□ 외부전원법 □ 희생양극법) □ 보호 랩, □ 기타 ( )
16. 밸브 유무[3]		개소(수) 17. 분기관[4] 개소(수)
18. 갱생 정보	공법명	갱생년도 년
	도장재료	□ 에폭시(Epoxy), □ 세라믹도료, □ 시멘트모르터(Cement mortar), □ PE □ 폴리우레아, □ 기타 ( )

V. 매설환경(Buried information)	
19. 토지이용 형태	□ 주택지역, □ 상업지역, □ 공장지역, □ 해안지역, □ 농촌지역, □ 기타지역 ( )
20. 매설위치	□ 일반적 매설위치 □ 차도(도로) □일반, □산업, □고속, □이면 □ 비차도 □ 인도(보도), □ 나대지(논, 밭, 산지등) □ 특수한 매설위치 □ 교량, □ 철도횡단 □ 하천횡단, □ 해안가 □ 기타( )
	○ 차도 또는 주변에 차도(비차도 포함)가 있는 경우 □ 1차선, □ 2차선, □ 3차선, □ 4차선 이상 ○ 매설된 관과의 방향 □ 매설관 평행, □ 매설관과 수직 □ 기타 ( ) ○ 차도와의 이격거리 m(인도 옆 하얀색 라인까지)
21. 매설깊이	m
22. 관저바닥상태 (기초공)	□ 바닥고르기 (□ 일반토양, □ 점토 □ 자갈) □ 모래, □ 콘크리트, □ 생목 □ 기타 ( )
23. 지하수수위	m(해당되는 경우)

3, 4)는 7의 대상구간 내에 밸브와 분기관 개소 수를 의미함

VI. 토양특성 (Soil characteristics)

24. 되메움 흙 상태	□ 모래, □ 일반토사, □ 자갈섞인 흙(흙>자갈) □ 자갈(흙<자갈) □ 기타 ( )			
25. 토양 부식성	토양비저항(현장)	ohm-cm	황화물(SO_4^{2-})(Lab)	mg/kg
	토양 pH(현장)		염화물(Cl^-)(Lab)	mg/kg
	산화환원전위(현장)	mV	함수율(Lab)	%

VII. 수리특성 (Hydraulic characteristics)

26.수리	□ 현장측정	유량	m^3/sec	최대수압	kg_f/cm^2
	□ 수리해석	유량	m^3/sec	최대수압	kg_f/cm^2

VIII, 관 외부검사(External inspection) 현장 또는 수집관체

두께 (mm)

①	②	③	④	평균(Avg.)

27. 도장재

손상 유형

- 찟눌림 □ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)
- 스크레치 □ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)
- 박리 ( ) %
- 기타 ( )

피복손상비율 ( )%

※ 특이사항(외부 미용접, 용접으로 인한 도장재 손상 등 여부)

28. 관 외면부식둘레 비율 ( )% 27. 관 외면부식면적 비율 ( )%

29. 관 외면 상태 (플라스틱관)	손상여부	□ 없음 □ 찟눌림(자갈 등) □ 스크레치 □ 기타 ( )
	찟눌림	□ 5% 미만 □ 5~10% □ 10~20% □ 20% 초과
	스크레치	□ 5% 미만 □ 5~10% □ 10~20% □ 20% 초과

IX. 관 내부검사(Internal inspection) 현장 또는 수집관체

30. 도장재	두께 (mm)	①	②	③	④	평균(Avg.)
	손상 유형	핀홀 유무 □ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)				
		수포발생 □ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)				
		실균열 □ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)				
		박리 □ ( ) %				
	피복손상비율	( ) %				
31. 중성화도 (CML)	역청계 상태 (박리)	□ 없음 □ 있음 (□ 5% 이하 □ 5~10% □ 10% 초과)				
	CML두께 ( )mm 중성화두께 ( )mm 중성화도 ( )%					
32. 관 내면부식둘레 비율 ( )% 31. 관 내면부식면적 비율 ( )%						
33. 슬라임 상태	분포비율	( )%	최대두께	mm		
34. 결절상태	직관부 분포비율	( )%	최대두께	mm		
	용접부 분포비율	( )%	최대두께	mm		

X. 절단부 검사(Inspection of cut edges) 현장 또는 수집관체

34. 관 두께, mm

0°	60°	120°	180°	240°	300°	평균	편차

35. 관경, mm



내경	상→하(a)	좌→우(b)	상대변형율 (1−a/b)×100

36. 부식깊이, mm

외면최대깊이 (pe)	①	②	③	④	⑤	⑥	평균(Avg.)
내면최대깊이 (pi)	①	②	③	④	⑤	⑥	평균(Avg.)

37. 시편절단 길이, L mm

XI. 관 파손상태(Failure details)(해당 시)		
38. 균열	유 형	□ 없음, □ 원주방향 균열  , □ 축방향 균열  , □ Bell 균열(Bell crack)  , □ 나선형 균열  , □ 직관부 파열  , □ 구멍(Hole)  , □ 소켓균열(PE 등), □ 기타 ( )
	발생부위	□ 직관부, □ 곡관부, □ 분기부, □ 용접부, □ 기타 ( )
		□ 상부, □ 측면, □ 하부, □ 전체적인 균열 파손
39. 누수량 (가능한 경우)		□ ( ) L/hr

사진대지(Site Picture)

* 현장, 관 상태를 파악할 수 있도록 각 단계별로 촬영

사진대지(Site Picture)

부록 B

현장측정방법

B.1

현장 도장재두께 측정방법

(1) 개요

본 방법은 도장재 두께 측정기를 이용하여 측정한 경우에 적용한다.

□ 측정원리

상수관로 도장재(에폭시, PE, 콜타르 등)의 도막두께 측정 시험은 코팅표면 상부에 자기유도 방식 도막두께 측정기 전극(Probe)을 접촉시켜 도장재 두께를 측정하는 방법이다.

측정원리는 아래 그림과 같이 전극을 금속표면 코팅면에 접촉하면, 전극 내 코일로부터 발생된 자기유속(Magnetic Flow)이 금속표면에 도달하고, 이때 전극표면으로 회귀하는 자기장의 변화(양)를 통하여 전극과 금속사이의 거리를 추정하여 두께로 환산한다.

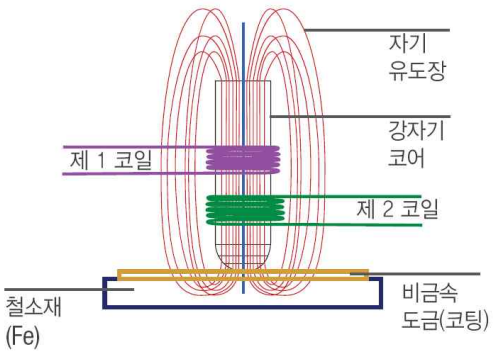
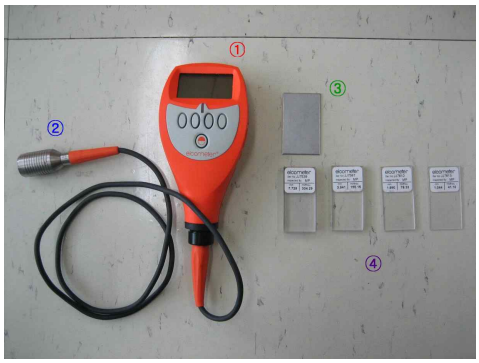


그림 B.1.1 자기유도 방식 도막두께 측정 원리

□ 장치구성

도장재 두께측정기의 구성은 측정기 본체, 철(fe) base용 probe, steel 영점보정판, calibration용 도막샘플로 구성되어 있다.



① 측정기 본체
② 철(Fe) base용 probe
③ steel 영점보정판
④ calibration용 도막샘플(4개)

그림B.1.2 일반적인 도막두께측정기

(2) 실험방법

□ 보정(Calibration)

① 먼저 기기에 on-off 버튼 을 눌러 기기를 on 시킨다.

② 이후 기기 화면「보정」밑에 위치한 버튼을 누르면「보정단계1」로 화면이 넘어가고 "측정하거나 다음을 누르시오" 문구가 나타난다.

③ 이때 전극(probe)을 보정시편(금속판 위에 보정용 시편을 밀착)에 밀착시키면 두께가 표시된다.

- 시험하고자 하는 대상시편 도막두께에 따라 범위에 맞는 보정용 시편(4개)을 이용하여 보정한다.



그림 B.1.3 도막두께측정기 보정 방법

④ 이후 화면상에 「프로브를 떼시오」라는 문구가 나타나는데, 이때 프로브를 떼면, 값이 보정용 시편과 동일하면 「설정」버튼을 누르고,

⑤ 값이 틀리면, 중앙에 위치한 두 개의 버튼(화면 ↑, ↓ 하단에 위치한 버튼)을 이용하여 보정용 시편의 두께 수치로 값을 맞춘 후 「설정」 버튼을 누른다.

⑥ 이후 「설정」을 누른 후에는 다시 「보정단계 2」로 넘어가는데, 이때 금속판 위에 위치한 보정용 시편은 제외하고, 금속 판위에 프로브를 밀착시킨 후 「제로」문구 하단에 위치한 버튼을 눌러 제로로 영점 보정하고, 이후 다시 「설정」버튼을 누르면 보정이 완료된다.

□ 도막두께 측정

도장재 표면의 이물질을 제거한 후 다음 측정하고자 하는 관 표면에 전극을 밀착시켜 도막두께를 측정한다.

B.2

현장 토양부식성 측정, 판단기준

(1) 개요

토양의 외부부식에 대한 영향력을 평가하는 방법으로 가장 대표적인 방법은 미국국가규격(ANSI) 평가법과 독일가스수도기술자협회(DVGW) 평가법이 있다. ANSI는 1964년 CIPRA(Cast Iron Pipe Research Association, predecessor of DIPRA)에서 주철관에 대하여 제시한 10-point scouring method (ANSI/AWWA C105/A21.5-99)로, 현재 닥타일주철관에도 적용되고 있으며, 각 인자의 점수를 합하여 10점 이상인 경우 부식성이라고 판단하고 있다.

DVGW 평가법은 강관의 부식방지를 위한 주변 토양의 부식성을 평가하기 위해 개발된 것으로(Jeong, 2001), 주로 토질, 함수율, 토양비저항, pH, 총산도, 총알칼리도, Redox 전위, H_2S 및 황화물, 염화물 이온, 황산염 등 10개 이상의 토양특성 인자에 대하여 각각의 점수평가를 합계하여 -10점 이하가 되면 부식성이 크다고 판단하는 방법이다.

현재 국내에서는 주로 미국국가규격(ANSI)을 주로 사용하고 있다.

(2) 10-point scouring method(ANSI)

ANSI의 토양부식성 평가를 위한 항목과 측정범위에 따른 점수, 가중치는 아래와 같으며, ANSI는 주철관종에 대한 것이므로 토양비저항은 강관에 대한 기준인 [표 ?]으로 대체하여 사용한다.

1) 토양비저항

- 일반적으로 토양비저항은 토양내 부식전류의 흐름에 대한 저항력으로 토양비저항이 낮을수록 부식성이 높다고 할 수 있다.

2) 토양 pH

- pH는 토양의 산성도(Acidity)를 나타내는 지표로서 pH 4 또는 pH 8.5 이상이면 부식성이 높은 것으로 판단한다.

3) 토양산화환원전위

- 토양이 산화적인가 환원적인가를 평가하는 지표로서, 산화환원전위가 100mV 이상이면 부식성이 낮은 것으로 판단한다.

4) 토양함수율

- 수분함유량이 높을수록 수분 내 용존산소도 많아지므로, 철을 산화시켜 부식성을 높일 수 있다.

5) 산화물

- 황화합물은 환원성 유황박테리아에 의한 부식가능성을 보여주므로, 미생물에 의한 부식가능성은 있는 것으로 판단한다.

표 B.2.1 토양특성에 따른 부식성 판단기준

평가점수	범위
2이하	거의 없다
2~5	약하다
5~10	중간정도
10 이상	강하다

표 B.2.2 ANSI/AWWA 평가방법(Modified)

항목	범위	가중치
토양비저항	<700Ω-cm	10
	700~1,000	8
	1,000~1,200	5
	1,200~1,500	2
	1,500~2,000	1

항목	범위	가중치
	>2,000Ω-cm	0
pH	0~2 2~4 4~6.5 6.5~7.5 7.5~8.5 >8.5	5 3 0 0 0 3
산화·환원전위	>100㎷ 50~100㎷ 0~50㎷ (-)	0 3.5 4 5
함수율	20% 이상 10~20% 10% 이하	2 1 0
산화물 (염화물/황화물)	(+)100 mg/kg이상 미량(100mg/kg)이하 없음	3.5 2 0

표 B.2.3 강관에 대한 토양비저항 평가방법(STP 1013, ASTM)

항목	범위	가중치
토양비저항	<1,000Ω-cm 1001~2,000 2,001~5,000 5,001~10,000 >10,001 Ω-cm	10 8 5 2 0

(3) 토양부식성 항목 측정방법

1) 토양시료 채취방법

토양분석을 위한 시료는 <그림 6.33>과 같이 관 주변에서 채취하여, 토양비저항, 토양 pH, 산화환원전위 등은 현장에서 측정하고, 그 외 항목은 실험실에서 분석한다.

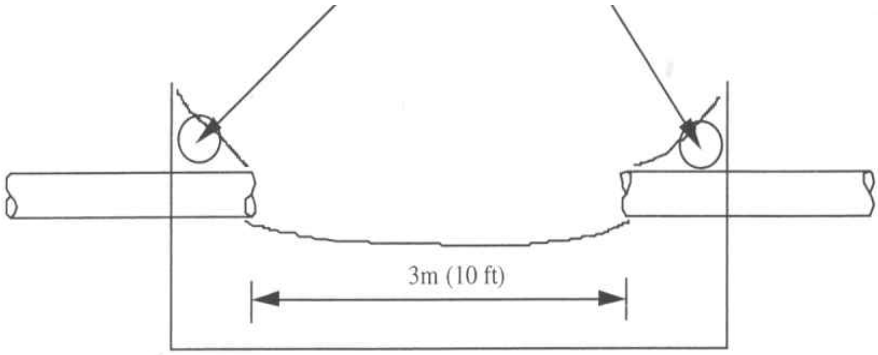


그림 B.2.1 토양시료 샘플링 위치(Rajani 등, 2000)

2) 토양부식성 항목 측정방법

토양부식성 평가를 위한 항목별 현장측정 또는 분석방법은 다음과 같다.

표 B.2.4 토양조사항목 및 분석방법

측 정 항 목	분 석 방 법
토양비저항	4 Pin Method, Soil box Method
pH	pH Meter
산화환원전위	ORP Meter
함수비	KS F 2306 (중량법)
염소이온(Cl-)	AgNO3 적정법
황산이온(SO4-2)	Turbidimetric Method

① 토양비저항

□ 측정원리

토양비저항 측정법으로는 4전극법(four pin method)과 토양상을 이용한 방법(soil box method)이 있다.

토양상을 이용한 방법은 간단한 반면에 샘플의 채취과정에서 발생할 수 있는 수분의 변화 혹은 밀도의 변화 등으로 현장과 조건이 다를 수도 있으므로, 대부분 측정오차가 적으면서 간단하게 측정할 수 있는 4전극법이 주로 쓰이고 있다.




그림 B.2.2 일반적인 토양비저항 측정기

□ 측정방법

가. 4전극법(four pin method)

ⅰ. 각 선을 색에 맞추어 기기에 조립한다.

ⅱ. 3개의 pin을 일정 간격(약 6m가 적당)으로 토양에 직선으로 삽입하고 핀이 흙과 잘 접촉되도록 한다. “C1“과 “C2“ 접속 pin은 바깥쪽에, ” P1“과 “P2“는 안쪽에 오도록 한다.

ⅲ. 만일 조사하고자 하는 토양의 개략적인 저항치를 모를 경우 “Multiply By“ 스위치를 가장 높은 숫자에 위치시킨 후, ” Sensitivity“키를 “Low“ 위치에 오도록 잡아당긴 후, 바늘이 오른쪽으로 움직여서 너무 높게 Setting 되었는지 확인한다.

ⅳ. 키를 “Low“ 위치에 둔 채로 지시계가 중심의 왼쪽으로 움직일 때까지 “Multiply By“ 스위치를 왼쪽으로 돌리고, 그 다음에 다시 스위치를 1 range 우측으로 돌린 다음에 dial을 이용하여 평형을 맞춘다.

ⅴ. 민감도를 높이고 미세하게 평형을 맞추기 위해 “Sensitivity“ 키를 ” High“ 위치에 놓고 dial을 이용하여 평형을 맞춘다.

vi. Dial 값과 “Multiply By“의 스위치 값을 곱하여 ohms으로 표시되는 저항값을 얻는다.

vii. 구하고자 하는 저항율(ohms·cm)는 다음 식을 이용한다.

$$\text{저항율} = 6.28 \times S \times R$$

여기서, S = 핀 간의 간격(cm)
R = 저항값(ohms)

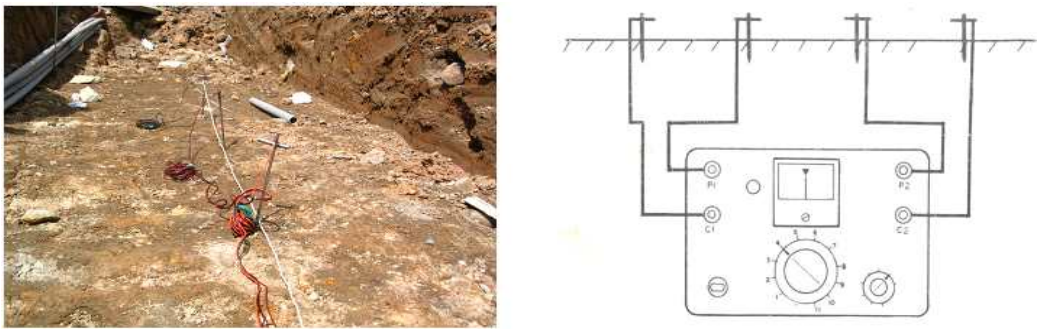


그림 B.2.3 4전극법(four pin method)을 이용한 토양비저항 측정

나. 토양상을 이용한 방법(soil box method)

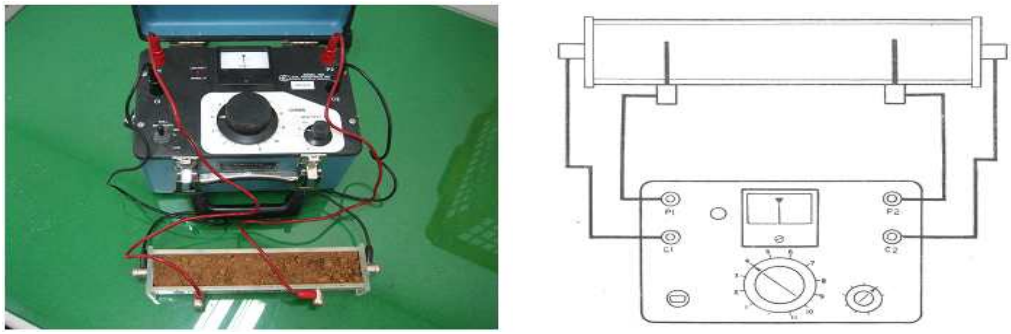
i. 각 선을 색에 맞추어 기기에 조립한다.(P1과 P2는 앞쪽, C1과 C2는 옆)

ii. 만일 조사하고자 하는 토양의 개략적인 저항치를 모를 경우 “Multiply By“ 스위치를 가장 높은 숫자에 위치시킨 후, ” Sensitivity“ 키를 “Low“ 위치에 오도록 잡아당긴 후, 바늘이 오른쪽으로 움직여서 너무 높게 Setting 되었는지 확인한다.

iii. 키를 “Low“ 위치에 둔 채로 지시계가 중심의 왼쪽으로 움직일 때까지 “Multiply By“ 스위치를 왼쪽으로 돌린다. 그 다음에 다시 스위치를 1 range 우측으로 돌린 다음에 dial을 이용하여 평형을 맞춘다.

iv. 민감도를 높이고 미세하게 평형을 맞추기 위해 “Sensitivity” 키를 “High” 위치에 놓고 dial을 이용하여 평형을 맞춘다.

v. Dial 값을 확인한다.



그림B.2.4 토양상을 이용한 방법(soil box method)

② pH

토양용 pH Meter PRN-41 사용하여 토양의 pH를 측정하고 측정방법은 다음과 같다.

i. 측정위치에 물을 뿌려 pH전극에 손상이 없도록 지반을 다짐한다.

ii. pH Meter 전극의 캡을 벗긴 후 증류수로 세척하고 증류수가 남지 않도록 티슈로 닦아준다.

iii. 『POWER』를 누른후 전극을 토양에 삽입(5cm이상)하고 토양이 센서에 잘 접촉할 수 있도록 지반을 다짐한다.

iv. 『AUTO HOLD』를 누른 후 HOLD 지시 표시가 나타나면 지시값을 읽어 기록한다.

v. 사용 후 증류수로 전극을 깨끗하게 씻은 후 증류수를 채워 보관한다.



그림 B.2.5 토양 pH Meter 및 측정모습

③ 산화·환원전위전위(ORP)

토양용 ORP Meter PRN-41 사용하여 토양의 산화·환원전위를 측정하는 방법이다.

ⅰ. 측정전 교정을 위해 PH 4.01 Solution 100mL에 ORP B(Quinhydrone Powder) 0.06g를 비커에 섞은 후 백금전극과 ORP전극을 담금다. (pH 4.01 Solution 500mL에 ORP B(Quinhydrone Powder) 0.3g기준)

ⅱ. ORP Meter PRN-41기기에서『POWER』다음『CAL』를 누른 후 지시값이 450~500mV를 나타내면 보정을 하기위해『CAL』한번 더 누른다.

ⅲ. 측정위치에 물을 뿌려 전극에 손상이 없도록 지반을 다짐한다.

ⅳ. ORP Meter PRN-41 전극의 증류수로 세척하고 증류수가 남지 않도록 티슈로 세척한다.

ⅴ.『POWER』를 누른후 전극을 토양에 삽입(ORP전극 3Cm이상, 백금전극은 반 이상)하고 토양이 전극에 잘 접촉할 수 있도록 지반을 다짐한다.

ⅵ.『SHIFT』를 누른 후『AUTO HOLD』를 눌러 HOLD 지시 표시가 나타나면 지시값을 읽어 기록한다.

ⅶ. 사용 후 증류수로 전극을 깨끗하게 씻은 후 증류수를 채워 보관한다.



그림 B.2.6 토양 ORP Meter 및 보정

④ 함수비

본 측정은 실내시험 KS F 2306 (중량법)을 통해 확인할 수 있으며, 측정 방법은 다음과 같다.

ⅰ. 함수비 분석용 시료로는 현장에서 PE 병(Polyethylens Bottle)에 채취한 토양 시료중에서 중간 부분의 약 400g을 사용한다.

ⅱ. 용기의 중량을 측정한다.

ⅲ. 시료를 용기에 넣은 후, (시료+용기)의 중량을 측정한다.

ⅳ. 시료를 100±5℃로 항량이 될 때까지 건조시킨다.

ⅴ. 건조된 시료를 데시케이터에 넣어 방냉시킨 후, (건조흙+용기)의 중량을 측정한다.

$$\text{함수비}(\%) = \frac{(\text{습윤흙} + \text{용기})\text{의 중량} - (\text{건조흙} + \text{용기})\text{의중량}}{(\text{건조흙} + \text{용기})\text{의 중량} - \text{용기의중량}} \times$$

$$= \frac{\text{수분량}}{\text{건조흙의중량}} \times 100$$

⑤ 염소이온

본 측정은 실내시험 AgNO3 적정법을 통해 확인한다.

□ 측정시약

ⅰ. 크롬산 칼륨 용액

K2CrO4 50g을 증류수 200 ㎖에 녹이고, 적색 침전이 생길 때까지 질산은 용액을 넣은 후 적어도 하룻밤을 방치한 후 여과하여, 여액을 1 l 로 한다.

ⅱ. 0.01N 질산은 용액

AgNO3 1.7g을 증류수에 녹여 1 l 로 한 후, 갈색병에 보관한다.

ⅲ. 0.01N 염화나트륨용액

NaCl(500 ~ 600℃에서 1시간 가열하고 데시케이터에서 식힌 것) 0.5844g를 증류수에 녹여 1 l 로 한다.

ⅳ. 질산은 용액

AgNO3 5g을 증류수에 녹여 100 ㎖로 한다.

□ 실험방법

ⅰ. 시료토를 가능한 자연 상태로 2mm이상의 입자를 제거한 후 약 110 ~ 200g을 사용하고, 이때 별도로 시료토의 함수량과 건조 질량을 구한다.

ⅱ. 상기 시료를 1ℓ의 polyethylene 시약병에 넣고 증류수 500 ㎖를 첨가하여 밀폐한 다음 1 ~ 2분정도 병을 흔든다.

ⅲ. 위 시료를 교반기에 넣고 약 10분간 교반한다.

ⅳ. 액성이 pH 6.5 ~ 10.5 범위에 있도록 4% NaOH용액 또는 1+35 황산용액을 사용하여 중화시킨다.

ⅴ. 교반액을 여과한 후 여과액 400 ㎖을 취한다. (여과액이 투명하지 않을 경우 다시 여과하거나 가압여과법을 사용)

ⅵ. 시료액 1 ㎖당 건조 질량(R)은 다음과 같다.

$$R = \frac{\text{건조흙의질량}(g)}{500(mL) + \text{함수량}(mL)}$$

ⅶ. 여과액 100 ㎖+크롬산칼륨 0.5 ㎖를 넣은 후, 0.01N 질산은 용액으로 적정(종말점은 엷은 적황색 침전이 나타날 때로 함)

ⅷ. 소비된 0.01N 질산은 용액의 ㎖ 수(a)로부터 염소이온의 양(㎎/ℓ)을 구함

□ 계산

$$Cl^{-}(mg/L) = (a-b) \times f \times \frac{1000}{V} \times 0.3545$$

b : Blank Test,

f : 0.01N 질산은 용액의 역가

V : 시료량(mL)

흙의 건조 질량당 염소 이온의 함유량(mg/kg)은,

$$Cl^{-}(mg/kg) = \frac{1}{R} \times \text{염소이온농도}(mg/L)$$

⑥ 황산이온

본 측정은 실내시험 Turbidimetric Method을 통해 확인한다.

□ 측정시약

ⅰ. 완충용액

- ○ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 30g, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ 5.0g, KNO_3 1.0g과 CH_3COOH (99%) 20mL를 증류수 500mL에 녹이고, 1L로 표선
- ○ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 30g, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ 5.0g, KNO_3 1.0g, 0.111g Na_2SO_4과 CH_3COOH(99%) 20mL를 증류수 500mL에 녹이고, 1L로 표선(SO_4^{-2}의 농도가 10mg/L보다 낮을 경우에 사용)

ⅱ. 황산이온 표준용액

- ○ 105℃에서 건조한 Na_2SO_4 0.1479g을 정확히 달아 증류수로 녹여 1ℓ로 한다.(용액 1mL = SO_4^{-2} 0.1mg에 해당)

□ 실험방법

ⅰ. 시료토를 가능한 자연 상태로 2mm이상의 입자를 제거한 후 약 110 ~ 200g을 사용하고, 이때 별도로 시료토의 함수량과 건조 질량을 구한다.

ⅱ. 상기 시료를 1L의 polyethylene 시약병에 넣고 증류수 500mL를 첨가하여 밀폐한 다음 1 ~ 2분 병을 흔든다.

ⅲ. 위 시료를 교반기에 넣고 약 10분간 교반한다.

ⅳ. 교반액을 여과한 후 여과액 400mL을 취한다. (여과액이 투명하지 않을 경우 다시 여과하거나 가압여과법을 사용)

ⅴ. 시료액 1mL당 건조 질량(R)은 다음과 같다.

$$R = \frac{\text{건조흙의질량}(g)}{500(mL) + \text{함수량}(mL)}$$

vi. 시료 100mL를 삼각플라스크에 취하여 Buffer Solution 20mL를 가하여 교반한다.

vii. $BaCl_2$을 0.5g정도를 가한 후, 1분간 교반한다.

viii. 5분간 정치시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정한다.

□ 검량선 작선

황산이온 표준용액을 단계적으로 취하여 흡광도를 측정한 후, 황산 이온량(mg)과 흡광도와의 관계를 구한다.

□ 계산

$$\text{황산이온}(SO^{2-}_{mg/L}) = mgSO^{2-}_{4} \times \frac{1000}{\text{시료량}(mL)}$$

흙의 건조 질량당 황산이온의 함유량(mg/kg)은, 다음과 같다.

$$SO_4^{2-}(mg/kg) = \frac{1}{R} \times \text{황산이온농도}(mg/L)$$

B.3

잔존 인장강도 추정

(1) 개요

조사관로의 구조적인 안전성은 안전계수를 통해서 판단하며, 안전계수는 부식손상이 가장 큰 부위의 잔존강도를 해당 위치에서 관에 발생하는 응력으로 나누어 산정한다. 그러나 인장시험에서는 조사한 구간 내에서 최대부식손상을 갖는 부위에서 인장시편 제작이 어려우므로, 인장시험시 측정된 순금속 인장강도를 이용하여 최대 부식손상 부위에서의 잔존강도를 추정하거나 부식비율에 따른 잔존강도 자료 등 기존 연구자료 등을 활용한다.

(2) 인장강도 측정시

인장강도 시험을 통해서 순금속 인장강도(Net tensile strength)를 알고 있는 경우, 조사된 구간의 최대 부식비율에 따른 잔존강도를 예측할 수 있다. 부식비율에 따라 강도손실은 선형적 관계를 갖는다. 따라서 최대부식비율에서의 손실되는 강도손실을 구한 후, 순금속 강도에서 이를 제외하면 잔존 인장강도가 된다.

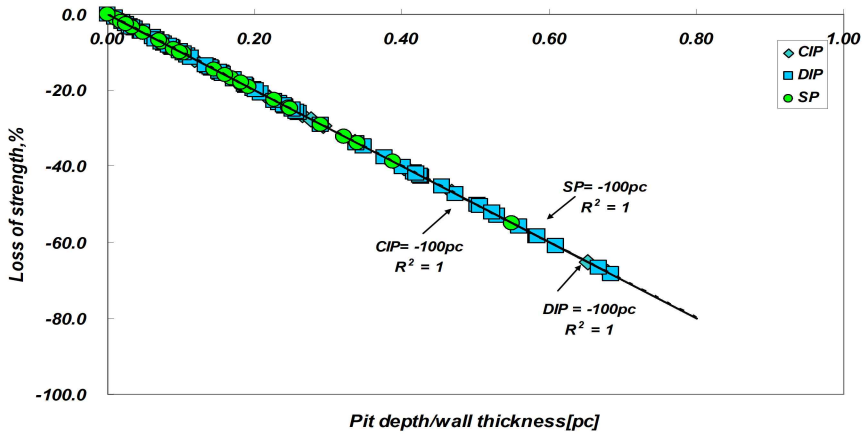


그림 B.3.1 부식비율 vs. 인장강도 손실

(3) 시편채취가 어려운 경우의 잔존강도 추정 수식

현장여건상 사용중인 관로의 시편을 채취하지 못하여 관체의 물리적 강도를 측정하지는 못하였으나 초음파 측정, 외면부식 깊이측정 등을 통해 관체의 부식비율을 알 수 있는 경우 부식비율에 따른 관종별 잔존강도를 예측할 수 있다. 아래 그림은 현장에서 수집한 시편의 물리적 강도를 측정결과를 활용하여 잔존강도 예측 모델이다.

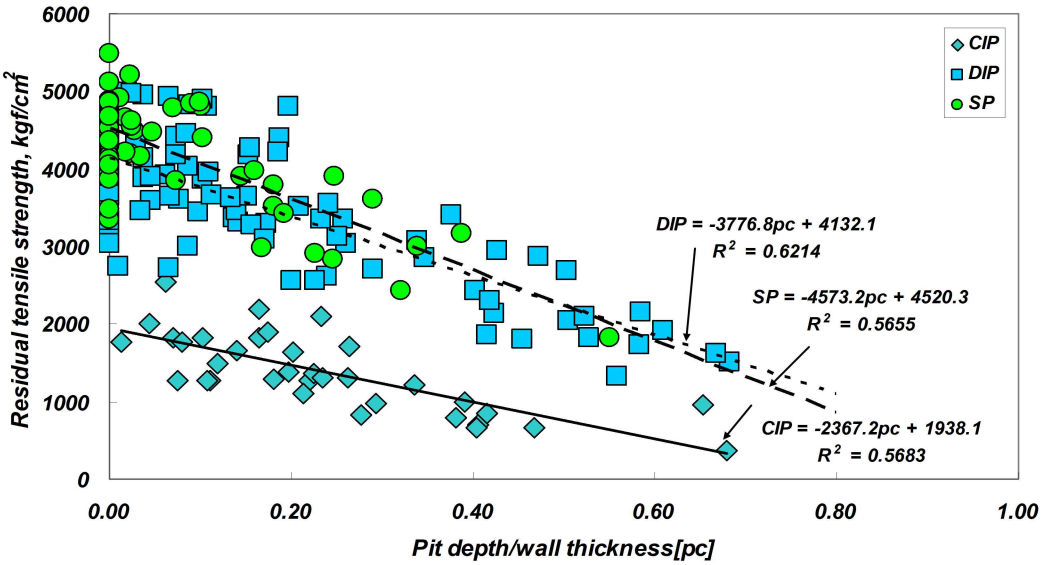


그림 B.3.2 부식비율 vs 잔존 인장강도 관계

부록 C

콘크리트관 조사, 판단기준

C.1

개 요

(1) 콘크리트관 직접평가 절차

□ 콘크리트관에 대한 조사그룹 설정

○ 콘크리트관에 대한 조사구간은 간접평가와 동일한 기준으로 조사구간을 설정

* 관종, 관경, 매설년도를 고려하되, 매설환경(매설깊이, 차량이동 등) 또는 운영환경 요소(수압, 사고빈도 등)등을 포함하여 조사그룹을 세분화

□ 조사지점의 선정

○ 콘크리트관에 대해서는 간접평가 방식이 마련되지 않은 상황이므로, 아래의 조사지점 선정기준을 활용하되,

○ 과거 사고발생 빈도가 상대적으로 높은 구간을 대상, 또는 관리자가 노후상태가 심각하거나, 매설 또는 운영환경 상 용수공급 안전상 관리 차원에 필요한 지점을 선정

표 C.1.1 조사지점 선정 기준

조사구분	노후가 우려되는 구간
기존 자료 등 조사	- 매설경과 연수가 대체로 25년 이상 - 지하수위가 높음(관체 부근까지 있음) - 토지이용상황이 논, 밭임 - 지하수가 삼림 등 유기물을 포함한 토양을 통과하여 공급됨 - 관 파열에 의한 홍수 이력이 있음 - 이음부의 누수 이력이 있는 내압이 0.3MPa(수두 30m) 이상임 - 내압이 0.3MPa 이상의 구간에서 부등침하 등이 상정됨 - 관 악화가 확인된 곳과 같은 지하 환경(구조, 지형, 지질, 토지 이용 상황 등) - 그 외, 문진조사표에서 열화와 관련 특기 사항 있음
수질(지하수). 토양 조사	- 침식성 유리 탄산이 **20mg/L** 이상 - 황산이온 또는 염소이온이 **200mg/L**이상 - ANSIA 21.5의 평가 점수가 10이상 - 그 외, 열화에 관련되었다고 판단되는 조사 항목

□ 조사항목

○ 콘크리트관에 대한 조사항목은 본 매뉴얼(표 3-7)을 준수하되, 압축강도는 콘크리트관 상부를 천공하여 분석된 값을 반영

○ 관 유출(이격)에 따른 누수발생 위험성이 국부적인 전반적인지를 확인하기 위하여 관 내부는 단수시에는 CCTV, 부단수시에는 사하라 등을 활용하여 조사

○ 중성화도는 굴착 후, 관 상부에서 조사하며, 이때 콘크리트관 표면으로부터 강선까지의 깊이(커버코트 두께)를 측정하고, 강선의 두께와 간격을 측정

- 천공 또는 관 상부 중성화 등 관 손상 부위는 보수 조치

표 C.1.2 콘크리트관 관체 조사항목

평가항목	측정항목		측정방법	비고
관제원	관경		(줄) 자 등	내부
	콘크리트	코어두께	버니어캘리퍼스 (초음파)	
		커버코트두께		외부
	강선	강선두께	버니어캘리퍼스	외부
		강선 간 간격	버니어캘리퍼스	외부
내부 슬라임	분포면적			내부
	측적두께			내부
중성화도	CML중성화			외면
균열상태			육안 (CCTV 등)	내부
관 유출(이격 등)			버니어캘리퍼스	내외부
물리적강도	콘크리트 압축강도		압축강도 시험	
	강선 인장강도		인장강도 시험	

(2) 콘크리트관에 작용하는 하중과 응력산정 방안

□ 현재 국내에서는 PCP 관에 대해서는 과거에 사용하여, PCP관에 대해 어떤 하중이 관 자체에 어떤 응력을 발생시키는가를 평가할 수 있는 설계 수식이 부재

○ PCP관에 대해서 국외 대부분 표준으로 사용하고 있는 IS 784(인도 PCP관 설계 기준, 2001)을 활용

□ IS 784에 따른 일반적으로 콘크리트관에는 외부에는 토압, 차량하중, 관하중, 물 하중 등이 작용하고, 내부에는 내부압력이 작용하며, 이를 통해서 관 저부에 항력(Thrust)과 모멘트(Moment)가 작용하여, 압축 또는 인장응력이 발생

□ 또한 내부압력으로 인해 관 원주방향으로 인장응력(Hoop stress)가 발생하며, 내부압력에 대한 인장응력에 저항력을 높이기 위해 코어 콘크리트 상단부분을 일정 간격으로 강선을 나선형 감아(winding), 압축응력을 유도, 이때 강선 자체에는 코어 콘크리트에 압축응력을 제공한 만큼의 인장응력이 발생

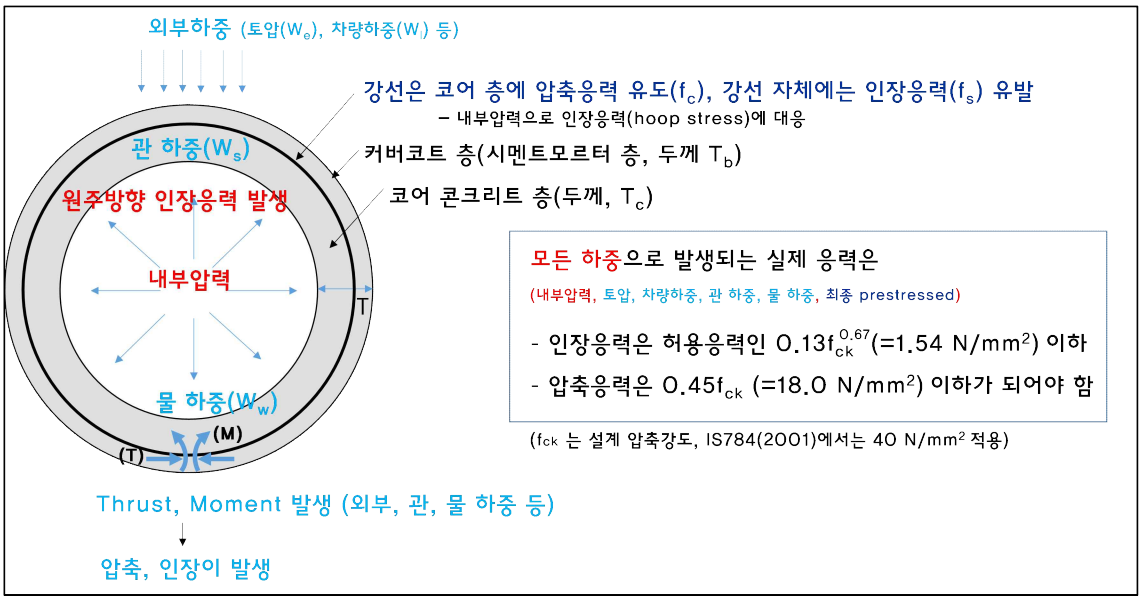


그림 C.1.1 PC관에 발생하는 하중과 응력

(3) 개량에 대한 결정 방향

□ 설계(IS 784, 2001))에서는 현장에 매설 운영조건하에서 작용되는 하중으로 발생되는 모든 인장응력 합에 대해서는 허용인장응력인 $0.13f_{ck}^{0.67}$, 압축응력에 대해서는 $0.45f_{ck}$를 초과하지 않도록 하고 있음

○ f_{ck}는 코어 콘크리트의 설계 압축강도로 40 N/mm^2(IS 784(2001))을 적용

□ 콘크리트관이 노후화되면, 침식으로 커버코트 두께 감소(관 하중 감소), 이후에는 강선 파단이 발생하여 강선의 코어 콘크리트 압축응력 감소(= 코어 콘크리트 인장응력에 대한 감소)하게 되므로,

□ 이러한 요소 등의 변화로 발생되는 하중-응력 변화 등을 고려한 안전성 평가 체계 구축

○ 다만, 강선 파단이 발생되고, 코어 콘크리트가 침식된 경우에는 “교체” 수준의 개량으로 결정하고, 코어 콘크리트가 건전한 경우에만 커버코트의 두께 감소와 강선 파단에 따른 안전도를 검토하여 개량방안 결정

표 C.1.3 콘크리트관에 대한 구조적 안전성 평가 방안

구분	현장에서 발생하는 응력		허용응력	안전성 평가
PC관	총 인장응력	= 토피하중+차량하중+관의 하중 +물 의 하중+내부압력 +프리스트레스트(강선)(총 6개)	$\sigma_{per\,ts} = 0.13f_{ck}^{0.67}$	허용응력 대비 발생 인장응력
	총 압축응력	= 토피하중+차량하중+관의 하중 +물 의 하중+프리스트레스트(코어)(총 5개)	$\sigma_{per\,cs} = 0.45f_{ck}$	허용응력 대비 발생 압축응력
Hume관	총 인장응력	= 토피하중+차량하중+관의 하중 +물 의 하중+내부압력(총 5개)	0.0	(보강)
	총 압축응력	토피하중+차량하중+관의 하중 +물 의 하중(총4개)	$\sigma_{per\,cs} = 0.45f_{ck}$	허용응력 대비 발생 압축응력

C.2

프리스트레스트 콘크리트(PC)관 안전성 평가

(1) 콘크리트관에 작용하는 하중

□ 외부하중

① 토압 (국내기준 적용)

$$We = C_t \times K_e \times B_t^2$$

여기서, We = 토압 (N/m)

C_t = $\frac{H}{B_t}$ 값으로 결정, H는 토피 (m)

K_e= 되메움 토양 밀도, 15,700 N/m^3 (설계시 적용)

B_t = 굴착 폭, m, $B_t = D + 2T_c + 2T_b + 600$

여기서, D는 내경(㎜), T_c는 코어 콘크리트 두께(㎜), T_b는 커버코트 두께(㎜)

② 차량하중 (국내기준 적용)

$$W_l = \frac{2P \times (1+i)}{B \times w}$$

여기서, W_l = 차량하중 (N/m)

P = 차량 후륜하중(kN)

표 C.2.1 교량등급에 따른 차량 하중

교량등급	하중등급	중량 W(kN)	총하중 1.8W(kN)	전륜하중 0.1W(kN)	전륜하중 0.4W(kN)
1 등교	DB - 24	240	432	24	96
2 등교	DB - 18	180	324	18	72
3 등교	DB - 13.5	135	243	13.5	54

w = 차량점유폭(m) = 0.2+2D

D = 토피(m)

i = 충격계수 = $\frac{15}{40+L} \leq 0.3$

③ 관 하중 ($Ws = W_c + W_b$, N/m)

- 코어무게(W_c)

$$W_c = 3.1416 \times (D + T_c) \times T_c \times K_c \text{ (N/m)}$$

여기서, K_c = 콘크리트 코어 밀도, 24,000 N/m^3 (설계시 적용)

- 커버코트 무게(W_b)

$$W_b = 3.1416 \times (D + 2 + T_c + T_b) \times T_b \times K_b \text{ (N/m)}$$

여기서, K_b = 콘크리트 커버코트 밀도, 21,600 N/m^3 (설계시 적용)

④ 물의 하중(W_w)

$$W_w = (3.1416/4) \times D^2 \times K_w$$

여기서, K_w = 물의 밀도, N/m^3, 10,000 N/m^3 (설계시 적용)

□ 내부압력(P_w)

○ 운영 중 최대압력(수충격 압 제외, N/mm^2)

(2) 강선에 의해 원주방향 코어에 발생하는 프리스트레스트 응력

표 C.2.2 PC관의 프리스트레스트 응력(흄관은 제외)

구분		원주방향 응력, N/mm^2	비고
코어 콘크리트 초기 강선에 발생하는 인장응력 (f_{si})		f_{si}= $0.75 \times \sigma_{uts}$ **= 1,286.25 N/mm^2**	σ_{uts}**의 인장강도 (1,715 N/mm^2)** *** 원주방향으로 강선을 감을 때 초기 응력은 초기 인장강도의 75%을 초과하지 않으며, 이때 강선 간 이격거리는 최소 6 mm에서 50 mm 범위 내에 있어야 함**
강선의 긴장으로 코어 콘크리트에 발생되는 초기 압축응력 (f_{ci})		$f_{ci} = f_{si} \times \frac{As}{T_c}$	A_s**는 단위길이당 강선의 단면적 (mm^2/mm)** $A_s = (2 \times (\frac{3.1416 \times D_w^2}{4}) \times N)/2000$ **여기서, N는 m 당 강선회전수(=강선개수)** D_w **강선의 직경(mm)** **N = 50 적용 (D_w=4.0 mm 적용 시)** *** IS 784(2001)에서는 0.623 mm^2/mm 적용**
강선 인장응력 손실	**제조과정 (σ_{mloss})**	σ_{mloss} **= ① + ② + ③ + ④** **① 강선의 탄성변형,** $3.2 \times f_{ci}$ **② 강선 Relaxation,** $0.08 \times f_{si}$ **③ 코어 크리프 변형,** $2.5 \times f_{ci}$ **④ 코어 수축,** $0.0001 \times E_s$	σ_{mloss}**는 제조과정에서의 총 응력손실 (N/mm^2)** E_s **= 20×10^4 N/mm^2**
	공장시험 (σ_{floss})	$\sigma_{floss} = 0.9 \times \sigma_{mloss}$	σ_{floss} **공장시험 과정에서 응력손실 (N/mm^2)**
공장시험 후 강선의 인장응력(f_{sf})		$f_{sf} = f_{si} - \sigma_{floss}$ = 1,286.25 - $0.9 \times \sigma_{mloss}$	(해당 없음)
현장시험 후 강선의 인장응력(f_s)		$f_s = f_{si} - \sigma_{mloss}$ = 1,286.25 - σ_{mloss}	(해당 없음)
공장 시험 후 코어내 발생되는 압축응력 (f_{cf})		$f_{cf} = f_{sf} \times \frac{As}{T_c}$	(해당 없음)
현장 시험 후 코어내 발생되는 최종 압축응력 (f_{ct})		$f_{ct} = f_s \times \frac{As}{T_c}$	f_{ct} **최종 프리스트레스트 응력(N/mm^2)**

(3) 내외부 하중으로 발생하는 응력

① 관 저부 항력(T)과 모멘트(M)로 발생하는 응력 (bedding 각도는 90°)

표 C.2.3 PC관 저부에 발생하는 응력 (흄관 포함)

외부하중 종류	관 바닥에서 모멘트와 항력		**모멘트와 항력으로 발생되는 순수응력 (N/mm^2)**	
	모멘트 (M_b) N/mm	항력(H_b) N/m	**인장응력**	**압축응력**
토압	+ 0.125 $W_e r$	+ 0.326 W_e	σ_{sts} = $(-\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$	σ_{scs} = $(+\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$
차량하중	+ 0.125 $W_l r$	+ 0.326 W_l	σ_{lts} = $(-\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$	σ_{lcs} = $(+\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$
관의 하중	+ 0.121 $W_s r$	+ 0.207 W_s	σ_{pts} = $(-\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$	σ_{pcs} = $(+\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$
물의 하중	+ 0.121 $W_w r$	-0.207 W_w	σ_{wts} = $(-\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$	σ_{wcs} = $(+\frac{M}{Z})$ + $(+\frac{T}{A})$

* 모멘트의 + 표시는 관 바닥 내부(Invert)에 인장응력을 발생시킴을 의미

여기서, r = 평균 반지름, $r = \frac{D + T_c + T_b}{2}$ (mm)이며, Z는 원주방향 응력에 대한 단면계수로 $Z = \frac{1}{6} \times (T_c + T_b)^2 \times 1{,}000$ (mm^3/m)

② 내부압력으로 코어에 발생하는 응력

표 C.2.4 PC관 코어에 발생하는 응력 (흄관은 전체두께 대상)

구분	원주방향 응력, N/mm^2	비고	적용
공장시험시 발생하는 응력(f_{wf})	$f_{wf} = \frac{-P_t \times D}{2 \times [T_c + (n \times A_s)]}$	P_t= 공장시험시 압력 (1.150 N/mm^2) n는 modular ratio(5)	미적용
현장시험시 발생하는 응력(f_{wg})	$f_{wg} = \frac{-P_s \times D}{2 \times [T_c + (n \times A_s)]}$	P_t= 현장시험 시 압력 (1.050 N/mm^2)	미적용
운영압력시 발생하는 응력(f_{ww})	$f_{ww} = \frac{-P_w \times D}{2 \times [T_c + (n \times A_s)]}$	P_t= **현장운영 압력 (N/mm^2)**	○

* 흄관적용시 n = 0

(4) 현장 운영 중 발생되는 총 원주방향 응력(인장 또는 압축)

□ 노후 PCP관에 대해 코어 콘크리트가 건전한 경우, f_{ck} 는 설계 압축강도 (50 N/mm^2)을 적용(업축강도 미 측정시)하되 또는 현장 측정된 압축강도 적용

○ 창원과 포항 콘크리트 대상으로 측정된 실측 압축강도는 60 N/mm^2 수준

C.3

콘크리트관 평가등급과 개량방안의 결정(안)

□ 중성화에 따른 커버코트 두께와 강선파단수에 따른 인장과 압축 응력에 대한 안전성과 연결부 누수에 대한 위험성을 종합적으로 고려, 계속사용, 보수, 보강, 교체에 대한 결정할 수 있는 기준(안)을 마련

□ 기본적으로 관에 발생하는 응력이 허용응력 미만이면, 안전한 것으로 판단하여, 계속사용 하되, 관이 연결부에서 많이 유출되어 허용드로우를 초과하게 되면, 누수위험성이 높은 것으로 판단하여, 4등급으로 분류하여 보강을 하도록 하였고,

□ 그리고 발생응력이 허용응력을 초과하면, 그 초과된 비율에 따라 4등급과 5등급으로 분류하여, 보강이나 교체가 가능하도록 평가기준 마련

표 C.3.1 PC 콘크리트관 직접평가 등급별 상태조건 및 개량방안

등급	개량방안	판단기준	비고
I	계속사용	- 커버코트 두께 정상 (침식발생 없음) - 연결부 이격 또는 누수발생 없음	- 10년 후 재조사(일본)
II	세척 (보수)	- 커버코트 두께 12 mm 이상 - 인장응력이 허용응력 이하, 압축강도는 기준초과 10% 이하(C등급) - 연결부 유출(이격) 기준 이하	- 5년 후 재조사 (일본) - 허용은 안전도 2배 개념 - 정밀안전진단 기준 준용 (허용 응력법) - GRP관 18 mm, (총드로우 39~43 mm)
III	갱생(비구조적)	(비구조적 갱생 없음)	
IV	갱생/교체 (준 구조적, 내압보강)	- 인장응력이 허용응력 기준 10 % 이하, 압축강도는 기준초과 10% 이상(D) - 연결부 유출(이격) 기준 이상	- 정밀안전진단 기준 준용
V	교체 (완전 또는 기존관 대체)	- 인장응력이 허용응력 기준 10 % 초과, 압축강도는 기준초과 25% 초과(E)	- 정밀안전진단기준 준용

표 C.3.2 PC관 안전성 평가 사례

구분	단위	조사지점		비고
		1	2	
기본제원				
D	mm	1,000.0	1,350.0	관경
l_e	m	4.00	4.00	관 유효길이
Pw	Mpa	0.50	0.50	운영압력
Ps	Mpa	1.05	1.05	현장시험 압력
Pt	Mpa	1.15	1.15	공장시험 압력
H	m	2.00	2.00	토피고
Ke	kN/m3	15.70	15.70	되메움토 단위중량
상재활하중(차량하중)	kN/m	kogler식 적용	kogler식 적용	차량하중
2.기본가정				
Kc	kN/m3	24.420	24.420	코어 단위중량
Kb	kN/m3	20.170	20.170	Cover coat 단위중량
Kw	kN/m3	10.000	10.000	물 단위중량
Tc	mm	62.000	80.000	코어 두께
T b	mm	17.540	22.160	Cover coat 두께
B_t(D+2Tc+2Tb+D/2)	mm	1,659.080	2,229.320	굴착폭
ds	mm	4.000	4.000	원주방향 강선직경
dc	mm	5.000	5.000	축방향 강선직경
강선의 극한인장강도	Mpa	1870.000	1870.000	강선의 극한인장강도
As	mm2	0.698	0.698	강선의 단면적
		55.556	55.556	강선의 개수(긴장재)
Es	Mpa	200,000.0	200,000.0	강선 탄성계수
Ec	Mpa	40,000.0	40,000.0	콘크리트 탄성계수
n	-	5.0	5.0	탄성계수비(Es/Ec)
fck	Mpa	62.8	62.8	콘크리트 압축강도
3.초기압축강도(f_ci)				
f_si	Mpa	1402.5	1402.5	강선의 초기인장강도
f_ci	Mpa	15.792	12.239	코어의 초기압축강도
4. 강선의 응력손실				
a) Elastic deformation	Mpa	50.536	39.165	탄성변형
b) Relaxation of wire	Mpa	112.2	112.2	강선의 릴렉세이션

구분		단위	조사지점		비고
			1	2	
c) Deformaiton due to creep		Mpa	39.481	30.598	크리프에 의한 변형
d) D due to shrinkage		Mpa	20.0	20.0	건조수축에 의한 변형
5. 원주방향 응력판정					
인장응력	발생	Mpa	5.24	2.30	활하중 포함
	허용	Mpa	-2.08	-2.08	
압축응력	발생	Mpa	17.97	14.95	활하중 포함
	허용	Mpa	28.26	28.26	
6. 구조적인 안전성 평가					
인장응력		%	None	None	초과여부
압축응력		%	None	None	초과여부
7. 연결부 안전성		mm	30 ~ 40	10 ~ 20	허용드로우(18 mm)
8. 개량방안			IV (or II)	II or (IV)	관유출이 전반적인 경우, IV

부록 D

간접평가 사례

표 D.1 SH 배수본관 간접평가 항목 조사 결과표

관로번호	관로ID	관종	블록명	그룹	관로길이 (m)	관경 (mm)	매설년수	LI	토양비저항 (Ω-㎝)	전기방식	매설깊이 (cm)	도로형태	최대수압 (kgf/cm²)	파손건수 (건/km/년)	밸브분기관수 (/100m)	토양종류
16	201089	CML-DCIP	배수본관	G1	1.60	80	8	-1.93	12548	없음	150	이면도로(보도)	45	0	62.50	점토+자갈
68	200553	CML-DCIP	배수본관	G2	85.46	150	6	-1.93	8635	없음	200	이면도로(보도)	50	0	4.68	점토+자갈
69	200554	CML-DCIP	배수본관	G2	213.56	150	6	-1.93	8635	없음	200	이면도로(보도)	50	0	0.47	점토+자갈
70	200579	CML-DCIP	배수본관	G2	235.44	150	6	-1.93	7030.5	없음	200	이면도로(보도)	50	0	0.00	점토+자갈
1427	200579-1	CML-DCIP	배수본관	G2	9.60	150	6	-1.93	5426	없음	200	편도2차선이상	60	0	10.42	점토+자갈
1196	201114	CML-DCIP	배수본관	G3	1.98	150	8	-1.93	14130	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.00	점토+자갈
1192	201103	CML-DCIP	배수본관	G4	498.50	150	16	-1.93	14130	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.20	점토+자갈
1261	201349	CML-DCIP	배수본관	G4	649.56	150	16	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.15	점토+자갈
1416	900026	CML-DCIP	배수본관	G5	184.41	250	1	-1.93	16956	없음	150	이면도로(보도)	43	0	1.08	모래+자갈
234	201224	CML-DCIP	배수본관	G6	41.51	250	18	-1.93	12246	없음	200	이면도로(보도)	45	0	12.05	점토+자갈
318	201334	CML-DCIP	배수본관	G6	133.36	250	18	-1.93	12246	없음	200	이면도로(보도)	45	0	3.75	점토+자갈
1415	201161	CML-DCIP	배수본관	G6	17.57	250	18	-1.93	12246	없음	150	이면도로(보도)	43	0	17.07	점토+자갈
1417	900025	CML-DCIP	배수본관	G7	176.87	300	1	-1.93	5049	없음	150	이면도로(보도)	60	0	0.00	모래+자갈
1462	900006	CML-DCIP	배수본관	G7	43.77	300	1	-1.93	5426	없음	150	이면도로(보도)	60	0	2.28	모래+자갈
1463	900005	CML-DCIP	배수본관	G7	10.13	300	1	-1.93	5426	없음	150	이면도로(보도)	60	0	0.00	모래+자갈
202	200322	CML-DCIP	배수본관	G8	49.73	300	7	-1.93	9043	없음	150	이면도로(보도)	42	0	0.00	점토+자갈
203	200323	CML-DCIP	배수본관	G8	18.93	300	7	-1.93	9043	없음	150	이면도로(보도)	42	0	5.28	점토+자갈
399	200567	CML-DCIP	배수본관	G8	21.69	300	7	-1.93	9043	없음	150	이면도로(보도)	42	0	4.61	점토+자갈
1191	201102	CML-DCIP	배수본관	G9	422.13	300	9	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	0.24	점토+자갈
1258	201343	CML-DCIP	배수본관	G9	305.83	300	9	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	0.65	점토+자갈
1259	201344	CML-DCIP	배수본관	G9	29.58	300	9	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	6.76	점토+자갈
1287	201445	CML-DCIP	배수본관	G9	7.79	300	9	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	12.84	점토+자갈
1288	201446	CML-DCIP	배수본관	G9	43.30	300	9	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	2.31	점토+자갈
14	201097	CML-DCIP	배수본관	G10	0.60	500	8	-1.93	12548	없음	150	이면도로(보도)	45	0	166.67	점토+자갈
15	201090	CML-DCIP	배수본관	G10	167.51	500	8	-1.93	12548	없음	490	이면도로(보도)	45	0	0.00	점토+자갈
17	201088	CML-DCIP	배수본관	G10	1.79	500	8	-1.93	12548	없음	150	이면도로(보도)	45	0	55.87	점토+자갈
19	200005	CML-DCIP	배수본관	G10	0.70	500	8	-1.93	12548	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.00	점토+자갈
20	200006	CML-DCIP	배수본관	G10	3.31	500	8	-1.93	12548	없음	490	이면도로(보도)	45	0	30.21	점토+자갈
1208	201152	CML-DCIP	배수본관	G10	2.35	500	8	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	42.55	점토+자갈
1236	201241	CML-DCIP	배수본관	G10	7.54	500	8	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	13.26	점토+자갈
1319	200059	CML-DCIP	배수본관	G10	0.38	500	8	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.00	점토+자갈
1327	200039	CML-DCIP	배수본관	G10	1.00	500	8	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	100.00	점토+자갈
1337	200016	CML-DCIP	배수본관	G10	0.58	500	8	-1.93	18840	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.00	점토+자갈
1211	201160	CML-DCIP	배수본관	G11	6.29	600	8	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	15.90	점토+자갈
1285	201443	CML-DCIP	배수본관	G11	10.94	600	8	-1.93	18840	없음	200	이면도로(보도)	45	0	9.14	점토+자갈
1198	201116	Unlined-DCIP	배수본관	G12	371.88	250	0	-1.93	20000	없음	150	이면도로(보도)	45	0	0.00	모래
75	200642-1	Unlined-DCIP	배수본관	G12	13.44	300	0	-1.93	20000	없음	150	편도2차선이상	50	0	7.44	모래

*** 밸브/분기관수은 100 m 기준으로 환산, 파손건수는 조사구간 값으로 환산입력**

표 D.2 SH 배수본관 간접평가 항목 조건값 산정 결과

관로번호	관로ID	관종	블록명	그룹	관로길이 (m)	관경 (mm)	매설년수	LI	토양비저항 (Ω-㎝)	전기방식	매설깊이 (cm)	도로형태	최대수압 (kgf/cm^2)	파손건수 (건/km/년)	밸브분기관수 (/100m)	토양종류
16	201089	DCIP	배수본관	G1	1.60	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
68	200553	DCIP	배수본관	G2	85.46	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.35	
69	200554	DCIP	배수본관	G2	213.56	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
70	200579	DCIP	배수본관	G2	235.44	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1427	200579-1	DCIP	배수본관	G2	9.60	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	0.50	0.35	1.00	0.00	
1196	201114	DCIP	배수본관	G3	1.98	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1192	201103	DCIP	배수본관	G4	498.50	0.00	0.70	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1261	201349	DCIP	배수본관	G4	649.56	0.00	0.70	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1416	900026	DCIP	배수본관	G5	184.41	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.70	
234	201224	DCIP	배수본관	G6	41.51	0.00	0.70	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
318	201334	DCIP	배수본관	G6	133.36	0.00	0.70	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.35	
1415	201161	DCIP	배수본관	G6	17.57	0.00	0.70	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1417	900025	DCIP	배수본관	G7	176.87	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.35	1.00	1.00	
1462	900006	DCIP	배수본관	G7	43.77	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.35	1.00	0.70	
1463	900005	DCIP	배수본관	G7	10.13	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.35	1.00	1.00	
202	200322	DCIP	배수본관	G8	49.73	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
203	200323	DCIP	배수본관	G8	18.93	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
399	200567	DCIP	배수본관	G8	21.69	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.35	
1191	201102	DCIP	배수본관	G9	422.13	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1258	201343	DCIP	배수본관	G9	305.83	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1259	201344	DCIP	배수본관	G9	29.58	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1287	201445	DCIP	배수본관	G9	7.79	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1288	201446	DCIP	배수본관	G9	43.30	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.70	
14	201097	DCIP	배수본관	G10	0.60	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
15	201090	DCIP	배수본관	G10	167.51	0.70	1.00	0.35	1.00		0.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
17	201088	DCIP	배수본관	G10	1.79	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
19	200005	DCIP	배수본관	G10	0.70	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
20	200006	DCIP	배수본관	G10	3.31	0.70	1.00	0.35	1.00		0.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1208	201152	DCIP	배수본관	G10	2.35	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1236	201241	DCIP	배수본관	G10	7.54	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1319	200059	DCIP	배수본관	G10	0.38	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1327	200039	DCIP	배수본관	G10	1.00	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1337	200016	DCIP	배수본관	G10	0.58	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
1211	201160	DCIP	배수본관	G11	6.29	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1285	201443	DCIP	배수본관	G11	10.94	0.70	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	0.00	
1198	201116	DCIP	배수본관	G12	371.88	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	1.00	0.70	1.00	1.00	
75	200642-1	DCIP	배수본관	G12	13.44	0.00	1.00	0.35	1.00		1.00	0.50	0.70	1.00	0.00	

표 D.3 SH 배수본관 간접평가 항목 가중치, 보정계수, 조사구간(가중평균) 적용 결과

그룹	관로길이(m)	관경(mm)	매설년수	LI	토양비저항 (Ω-㎝)	전기방식	매설깊이(cm)	도로형태	최대수압(kgf/cm^2)	파손건수(건/km/년)	밸브분기관수 (/100m)	토양종류	점수 (개별관로)	관상태 보정점수 (개별관로)	조사구간 점수 (가중평균)
G1	1.60	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.732	73.24	73.24
G2	85.46	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.055		0.787	78.70	86.86
G2	213.56	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	86.86
G2	235.44	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	86.86
G2	9.60	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.020	0.044	0.248	0.000		0.669	66.87	86.86
G3	1.98	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	88.84
G4	498.50	0.000	0.165	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.818	73.58	73.58
G4	649.56	0.000	0.165	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.818	73.58	73.58
G5	184.41	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.109		0.842	84.16	84.16
G6	41.51	0.000	0.165	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.662	59.54	62.95
G6	133.36	0.000	0.165	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.055		0.716	64.46	62.95
G6	17.57	0.000	0.165	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.662	59.54	62.95
G7	176.87	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.044	0.248	0.156		0.845	84.47	83.58
G7	43.77	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.044	0.248	0.109		0.798	79.79	83.58
G7	10.13	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.044	0.248	0.156		0.845	84.47	83.58
G8	49.73	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	83.14
G8	18.93	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.732	73.24	83.14
G8	21.69	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.055		0.787	78.70	83.14
G9	422.13	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	87.87
G9	305.83	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	87.87
G9	29.58	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.732	73.24	87.87
G9	7.79	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.732	73.24	87.87
G9	43.30	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.109		0.842	84.16	87.87
G10	0.60	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	87.59
G10	167.51	0.036	0.236	0.012	0.071		0.000	0.040	0.088	0.248	0.156		0.887	88.68	87.59
G10	1.79	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	87.59
G10	0.70	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.925	92.48	87.59
G10	3.31	0.036	0.236	0.012	0.071		0.000	0.040	0.088	0.248	0.000		0.731	73.08	87.59
G10	2.35	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	87.59
G10	7.54	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	87.59
G10	0.38	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.925	92.48	87.59
G10	1.00	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	87.59
G10	0.58	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.925	92.48	87.59
G11	6.29	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	76.88
G11	10.94	0.036	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.000		0.769	76.88	76.88
G12	371.88	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.040	0.088	0.248	0.156		0.888	88.84	55.36
G12	13.44	0.000	0.236	0.012	0.071		0.038	0.020	0.088	0.248	0.000		0.712	71.24	55.36

표 D.4 SH 배수본관 조사구간 최종 결과

그룹명	소블록명	관종	관경	매설년수	관로연장 합계	조사구간 점수 (가중평균)	조사구간 상태등급
G1	배수본관	CML-DCIP	80	8	1.60	73.24	I
G2	배수본관	CML-DCIP	150	6	544.06	86.86	I
G3	배수본관	CML-DCIP	150	8	1.98	88.84	I
G4	배수본관	CML-DCIP	150	16	1148.06	73.58	I
G5	배수본관	CML-DCIP	250	1	184.41	84.16	I
G6	배수본관	CML-DCIP	250	18	192.44	62.95	I
G7	배수본관	CML-DCIP	300	1	230.77	83.58	I
G8	배수본관	CML-DCIP	300	7	90.35	83.14	I
G9	배수본관	CML-DCIP	300	9	808.63	87.87	I
G10	배수본관	CML-DCIP	500	8	185.76	87.59	I
G11	배수본관	CML-DCIP	600	8	17.23	76.88	I
G12	배수본관	Unlined D(C)IP	300	30	385.32	55.36	II

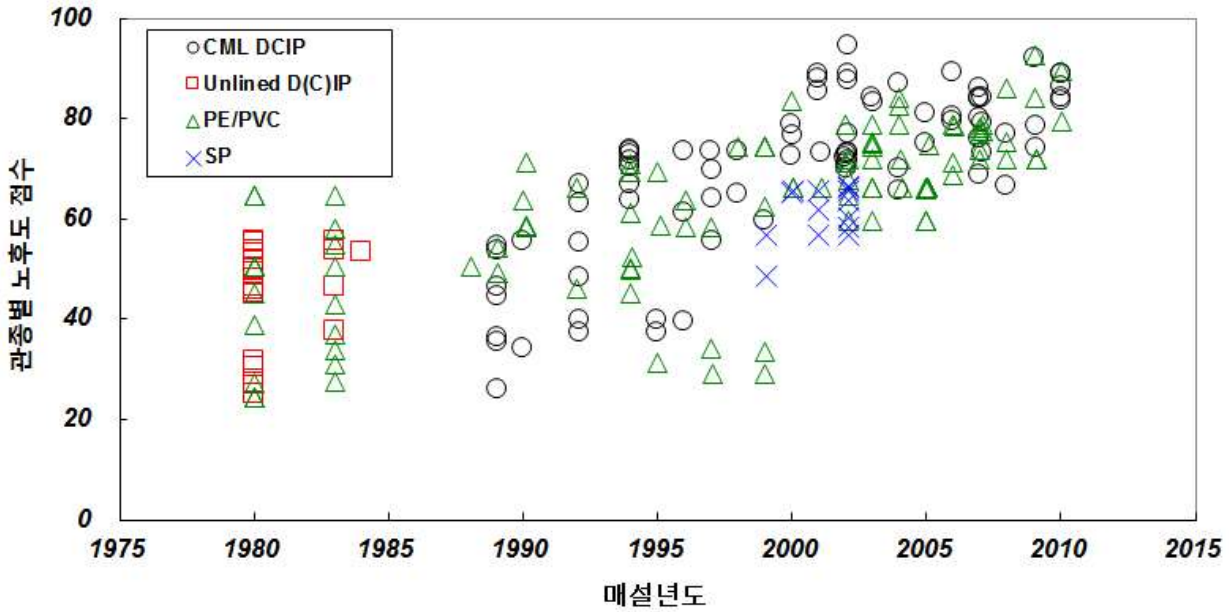


그림 D.1 SH 블록 전체 관종별 간접평가 결과 예

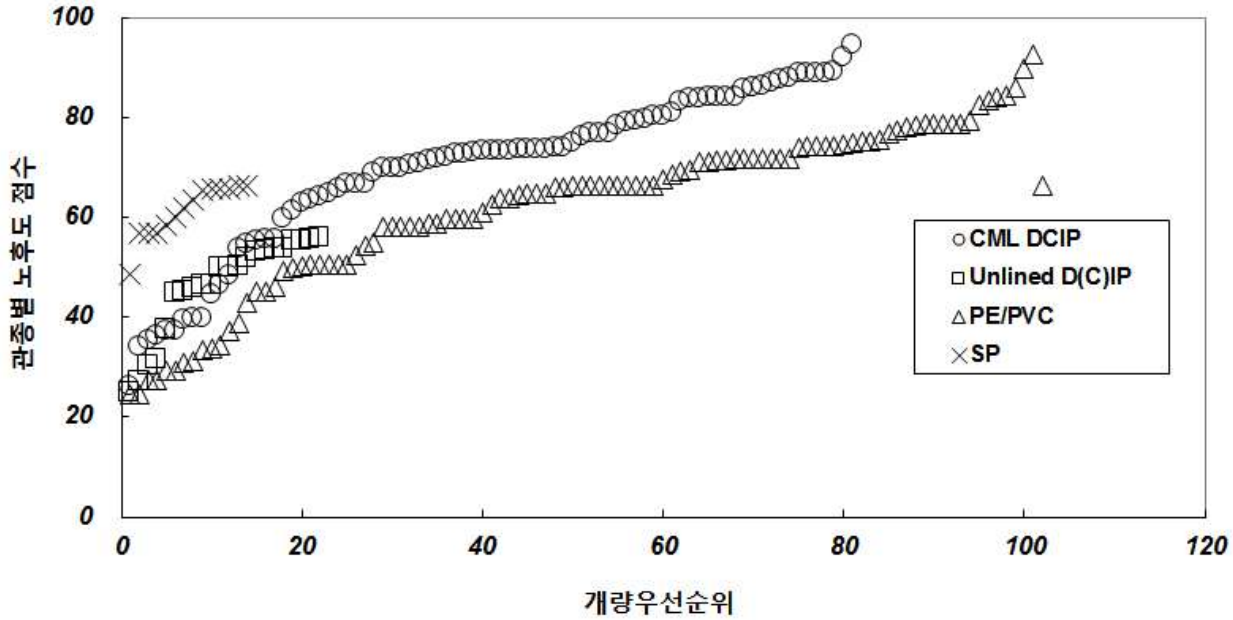


그림 D.2 SH 블록 전체 관종별 간접평가 결과에 따른 우선순위 예

부록 E

직접평가 사례

GD 배수관로 상태평가 결과

Ⅰ 조사개요

❑ 현장조사 대상구간

○ GD 관상태 직접평가 조사지점은 DO-1, CY-1, CY-2, CY-3 총 2개 블록 4개소

- 총 조사대상 구간의 관로연장은 10.78km
- 4개 조사지점에 대해서 구간단수를 실시하고 굴착 후 관체절단에 의한 조사로 수행

○ 관종은 시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관(4개)이며, 관경은 200 mm ~ 300 mm

표 E.1 조사대상 관로 일반현황

관체 ID	계통 (배수지)	관경 (A)	관종	도장여부		매설년도	구간길이 (km)
				내면	외면		
DO-1	OO배수구역	200	CML-DCIP	시멘트모르터	역청계	1988	0.148
CY-1	OO배수구역	250	CML-DCIP	시멘트모르터	역청계	1991	3.568
CY-2	OO배수구역	250	CML-DCIP	시멘트모르터	역청계	1991	3.568
CY-3	OO배수구역	300	CML-DCIP	시멘트모르터	역청계	2000	3.496

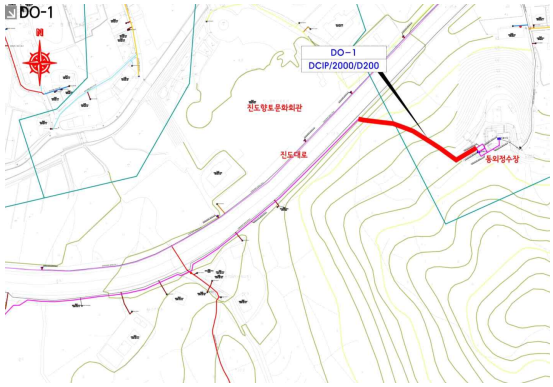
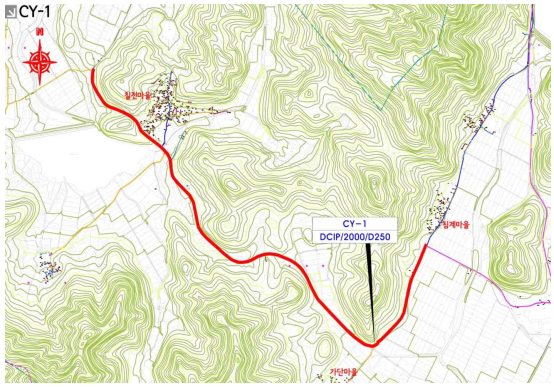
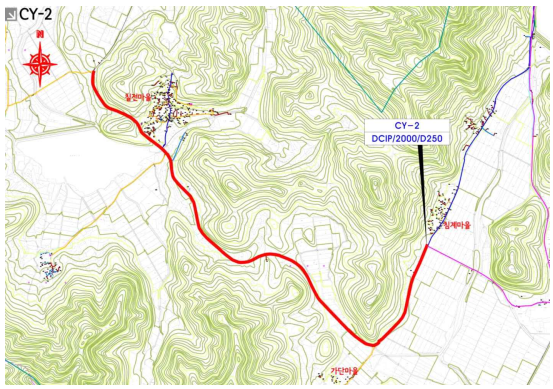
* CML-DCIP, Cement mortar lining ductile cast iron pipe

그림 E.1 현장 조사지점 위치도

Ⅲ 주요 현장조사 결과

❑ 조사지점 매설환경

- 조사대상지점의 위치는 주로 주택지역/농촌지역 및 농촌지역의 일반차도/

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>DO-1</td><td>CY-1</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>CY-2</td><td>CY-2</td></tr>
</table>

이면도로/비차도 등에 매설되어 있으며, 기초공은 바닥기초, 매설토는 주로 일반토사 (모래 또는 점토 등)

- 매설심도는 1.5 ~ 1.8 m 수준으로, 밸브와 분기관 등이 존재
- 최대수압은 지점에 따라 3.0 ~ 5.56 kgf/cm^2 이었으며, 전기방식 등은 없음

표 E.2 조사지점 매설환경

관체 ID	매설 지역	매설위치	매설 심도 (m)	토양 특성	접합 방식	밸브 분기관	이종 접속	전기 방식	최대 수압 kgf/㎠
DO-1	농촌지역	나대지 (논,밭,산지등)	1.8	일반토사	KP메케니컬	없음	없음	없음	3.0
CY-1	농촌지역	이면도로 (보도)	1.5	일반토사	KP메커니컬	8	없음	없음	5.52
CY-2	농촌지역	이면도로 (보도)	1.7	일반토사	KP메커니컬	8	없음	없음	5.25
CY-3	농촌지역	이면도로 (보도)	1.7	일반토사	KP메커니컬	63	없음	없음	5.56

1) 이면도로(보도) = 이면도로, 보도, 나대지, 논/밭 등을 의미함

주) 기초공은 모두 일반토양



DO-1



CY-1



CY-2



CY-3

그림 E.2 조사지점 매설환경(토양상태 등)

❑ 관 상태 육안조사 결과

- DO-1

  - ▸ 시멘트모르터라이닝 닥타일주철관(CML-DCIP)으로 외면은 부식면적은 70%이하이고, 부식둘레는 100%로 대부분 부식이 진행된 상태이며,
  - ▸ 내면은 표면에 슬라임 면적은 20%, 크기는 <0.1mm, 내면은 CML 중성화가 진행되어, 표면에는 일부 중상화로 모래화가 된 흔적이 존재(관내부 모래축적과 수리적 변동시 유출 가능성 존재)하였고, 부분적으로 내부부식이 진행되어 부식면적이 5%이하, 부식둘레는 40% 수준으로 발생

    ☞ CML 중성화도는 100% 진행, 표면 역청계는 거의 소멸
  - ▸ 관두께는 9.16 ~ 11.50 mm로 정상적(7.1 mm, 2종관)이나 편차가 존재하였고, CML 두께는 4.63~5.06 mm 정상적(공칭은 3 mm)

- CY-1

  - ▸ 시멘트모르터라이닝 닥타일주철관(CML-DCIP)으로 외면은 부식면적은 25%이하이고, 부식둘레는 20%로 부분적으로 부식이 진행된 상태이며,
  - ▸ 내면은 표면에 슬라임 면적은 10%, 크기는 <0.1mm, CML 중성화가 진행되어, 표면에는 일부 중상화로 모래화가 된 흔적이 존재(관내부 모래축적과 수리적 변동시 유출 가능성 존재)하였고, 부분적으로 내부부식이 진행되어 부식면적이 5%이하, 부식둘레는 10% 수준으로 발생

    ☞ CML 중성화도는 100% 진행, 표면 역청계는 거의 소멸
  - ▸ 관두께는 7.79 ~ 8.09 mm로 정상적(7.5 mm, 2종관)이나 일부 편차가 존재하였고, CML 두께는 4.09 ~ 4.68 mm로 정상적(공칭은 3 mm)

- CY-2

- 시멘트모르터라이닝 닥타일주철관(CML-DCIP)으로 외면은 부식면적은 30%이고, 부식둘레는 50%로 부분적으로 부식이 진행된 상태이며,
- 내면은 표면에 슬라임 면적은 10%이하, 크기는 <0.1mm, CML 중성화로, 라이닝 두께가 얇은 부위를 중심으로 부식이 진행되어 부식면적이 1%이하, 부식둘레는 3% 수준으로 발생

  ☞ CML 중성화도는 90% 이하, 표면 역청계는 거의 소멸
- 관두께는 6.16 ~ 7.77 mm로 편차가 존재하였고, 공칭두께(7.5 mm, 2종관)에 비하여 두께가 얇은 부분도 존재, CML 두께는 3.38~ 4.88 mm로 정상적(공칭은 3 mm)

- CY-3

- 시멘트모르터라이닝 닥타일주철관(CML-DCIP)으로 외면부식은 없는 상태이었으며, 내부는 CML 보호로 내부부식은 없었음
- 다만 내면 표면에 슬라임 면적은 30%이상, 크기는 <0.1mm로 존재

  ☞ CML 중성화도는 약 57%
- 관두께는 6.40 ~ 7.67 mm로 편차가 존재하였고, 공칭두께(8.0 mm, 2종관)에 비하여 두께가 대부분 미달, CML 두께는 3.66 ~ 6.15 mm 편차가 크게 나타나, CML 두께가 얇은 부분이 선 중성화될 가능성 존재

표 E.3 조사지점 관 내·외면 상태 조사 결과 상세

구분		DO-1	CY-1	CY-2	CY-3	비고
관 종		CML-DCIP	CML-DCIP	CML-DCIP	CML-DCIP	
내경, mm		199.9	258.2	259.7	309.2	
실측두께(공칭), mm		10.03	7.90	7.17	6.91	
슬라임상태	면적, %	20	<10	<10	30<	
	최대두께, mm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
결절	면적, %	<2	<5	<1	-	
	최대두께, mm	-	<2	-	-	
도장재(CML)	두께, mm	4.845	4.360	4.130	4.905	
	중성화, %	100	100	<90	57	
부식둘레, %	내면	40	10	<3	0	
	외면	100	20	50	0	
부식면적, %	내면	<5	<5	<1	0	
	외면	70<	25	30	0	

관체 ID	(a) 외면	(b) 내면
DO-1		
CY-1		
CY-2		
CY-3		

그림 E.3 조사지점 관 내.외부 상태

❑ 토양부식성 평가 결과

- 조사대상 지점 주변의 외부환경에 대한 부식잠재력은 토양부식성 평가 (Modified AWWA/ ANSI method) 적용

표 E.4 토양부식성 평가 결과

항목 / 관체 ID	관종	토양 비저항 (Ω-cm)	pH	함수율 (%)	산화 . 환원전위 ORP (mV)	SO_4^{2-} (mg/kg)	Cl^- (mg/kg)	토양부식성	
								Value[1)]	부식성
DO-1	DCIP	2,000	3.74	18.0	373	111.87	93.39	8.5	중간정도
CY-1	DCIP	8,450	5.49	34.1	292	405.85	103.72	5.5	중간정도
CY-2	DCIP	4,500	5.63	12.1	258	103.07	26.34	4.5	약하다
CY-3	DCIP	40,000	5.25	21.6	300	75.55	51.63	5.5	중간정도

주) 1)수치는 표 6에서 각항목별 가중치의 합계임

III 관체분석 결과

❑ 관체수집

○ 조사대상 관로구간 중 단수 후 직관부 50 cm 절단하여 수집

❑ 내.외면 부식깊이 측정결과

○ 수집관체에 대해서 내·외면의 부식생성물 등을 제거하고 표면연마 실시
- 디지털 Depth게이지 등을 이용하여 내・외면 최대부식깊이 측정

○ 수집관체들 모두 외면은 전체적으로 공식(Pitting corrosion)이 진행중이며, 내면은 시멘트모르터 라이닝의 부분적인 중성화(100%)로 국부부식 발생
- 각 지점별 외면최대부식깊이는 DO-1이 1.78 mm, CY-1이 1.44 mm, CY-2가 2.39 mm, CY-3이 0.0 mm
- 내부최대부식깊이는 DO-1이 0.74 mm, CY-1이 1.54mm, CY-2가

1.94 mm, CY-3이 0.0 mm

표 E.5 내.외면 부식깊이 측정 결과(최대 6개)

구분		DO-1	CY-1	CY-2	CY-3	비고
관 두께, mm		10.03	7.90	7.17	6.91	
외면부식깊이, mm	①	1.59	1.06	**2.39**	0	
	②	1.50	0.68	0.87		
	③	1.73	**1.44**	0.52		
	④	**1.78**	0.59	0.48		
	⑤	1.51	0.57	0.68		
	⑥	1.09	1.09	0.50		
내면부식깊이, mm	①	**0.74**	**1.54**	**1.94***	0	
	②	0.46	0.42			
	③		0.42			
최대부식깊이, mm		**2.52**	**2.98**	**4.33**	0	
최대부식비율, %		0.251	0.377	0.604	0.000	

* 일부 점(point)적인 부식

관체 ID	(a) 외면		(b) 내면	
	표면연마 전	표면연마 후	표면연마 전	표면연마 후
DO-1				
CY-1				
CY-2				
CY-3				

그림 E.4 조사지점 수집 관체에 대한 표면연마 전.후 상태

❑ 화학적 조성(탄소, 규소, 인, 황 등) 측정 결과

○ 화학적조성은 금속조성의 함량에 따라서는 균열 또는 강도 감소원인으로 작용하는 물질(흑연박편) 형성과 물리적 강도에 영향을 줌

○ 화학조성 분석결과, 망간(Mn) 또는 마그네슘(Mg) 등이 권고기준보다 일부 낮게 나타남

▸ 닥타일주철관의 금속조직, 기계적 특성에 부정적 영향(구상흑연의 부적정 생성, 경도부족 등)을 줄 가능성 존재

표 E.6 화학적 조성분석 결과

항 목	DO-1	CY-1	CY-2	CY-3	기준
C	3.4	3.4	3.4	3.4	2.8 ~ 3.7
Si	2.3	2.2	2.5	2.5	1.7 ~ 2.5
Mn	**0.09**	**0.08**	**0.09**	0.18	0.2 ~ 0.4
P	0.045	0.072	0.049	0.039	< 0.1
S	0.005	0.009	0.002	0.004	< 0.015
Mg	**0.02**	**0.02**	**0.004**	**0.01**	0.03 <

❑ 금속조직 측정결과

○ 금속표면 조직에 포함된 검은 흑연Flake 또는 구상흑연 등은 관체강도와 관체의 균열에 영향

※ 화주철관은 균열발생시 흑연이 Flake를 균열 가능성 존재하며,
닥타일주철관은 구상으로 균열시 구상흑연이 균열저항점으로 작용

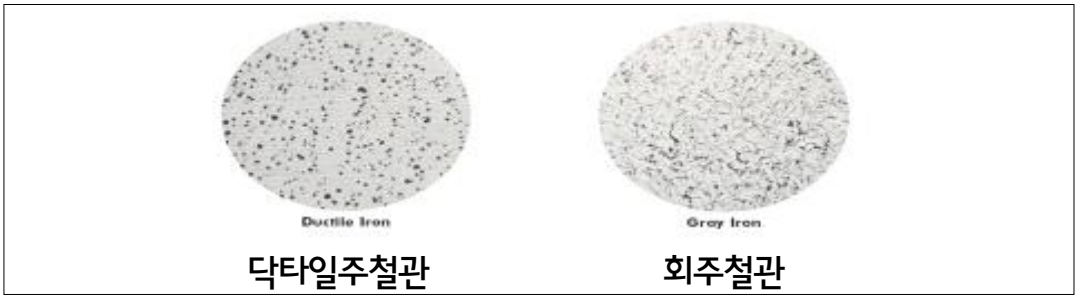


그림 E.5 전형적인 닥타일주철관과 회주철관 표면조직 사진(DIPRA)

○ 전반적으로 닥타일주철관의 특징인 전형적인 구상조직 보다는 편상조직이 함께 나타나는 형태로 발생(강도약화 가능성 존재)

- CY-2를 제외하고 DO-1이 전반적으로 조직이 부정적, CY-1과 CY-3은 각각 외측 또는 내측이 부적정

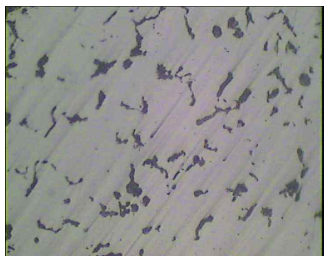
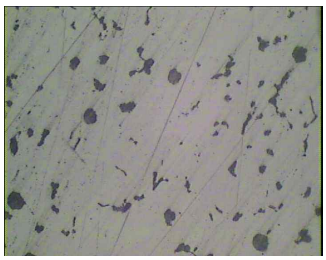
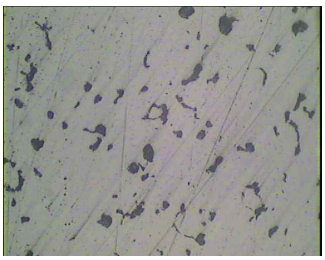
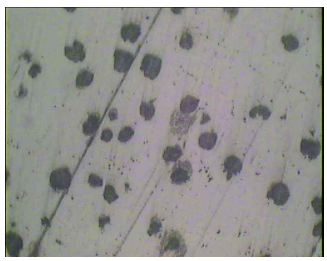
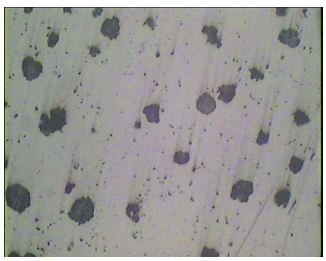
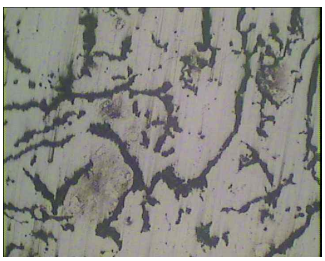
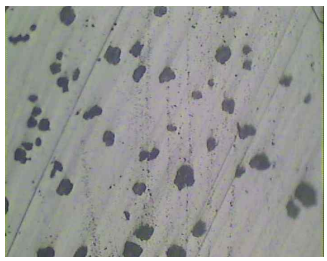
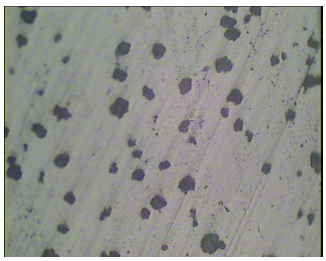
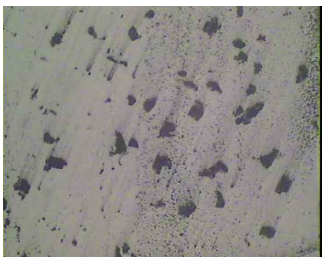
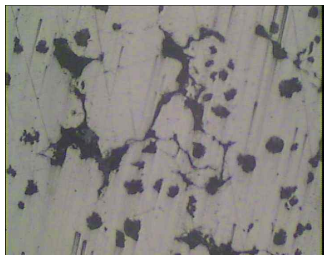
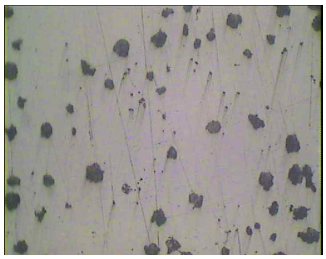
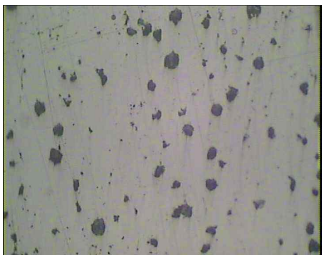
	내측	중앙부	외측	비고
DO-1				부적정 (전체)
CY-1				다소 부적정 (외측)
CY-2				적정
CY-3				다소 부적정 (내측)

그림 E.6 금속 표면조직 검사 결과

❑ 금속관로 물리적 강도측정 결과

○ 인장강도 등 잔존강도(순금속강도, 잔존강도, 부식에 의한 강도손실 등) 측정

- 하중에 따른 응력에 대한 파손위험성을 평가하기 위하여 인장강도 측정

○ 수집한 관체에 대해서 기계적강도 시험 결과, DO-1, CY-1, CY-3 등은 모두 평균 인장강도가 3,379.06 ~ 3453.56 kgf/cm^{2}으로 순금속에 대한 인장강도가 부적정하였고,

- 대부분 공칭강도(4300)에 비하여 78.6 ~ 80.3 % 수준

○ 금속조직이 정상적으로 나타난 CY-2만 3,914.31 kgf/cm^2 (91.0% 수준)로 다소 적정 수준

- 신장율은 대부분 10 % 이상으로 적정

표 E.7 인장강도 시험시편 평가 결과(시편 공식기준)

관체 ID	관종	시편명	시편두께 (시험시편) mm	시편폭 (시험시편) mm	시편 공식깊이, mm	순수금속 인장강도 (kgf/㎟)	잔존 인장강도 (kgf/㎟)	신장율, %	비고
DO-1	DCIP	DO-1-01	6.74	12.55	0	3493.80	3493.80	13.1	부정적
		DO-1-02	6.77	12.66	0	3264.31	3264.31	12.1	
		평균	**6.76**	**12.61**	**0**	**3,379.06**	**3,379.06**	**12.60**	
CY-1	DCIP	CY-1-01	7.90	12.78	0	3390.37	3390.37	9.90	부적정
		CY-1-02	7.63	12.76	0	3516.87	3516.87	11.16	
		평균	**7.77**	**12.77**	**0**	**3,453.62**	**3,453.62**	**10.53**	
CY-2	DCIP	CY-2-01	7.59	12.79	0	3998.70	3998.70	13.96	다소 적정
		CY-2-02	7.58	12.78	0	3829.92	3829.92	12.80	
		평균	**7.59**	**12.79**	**0**	**3,914.31**	**3,914.31**	**13.38**	
CY-3	DCIP	CY-3-01	6.89	12.83	0	3247.98	3247.98	11.0	부적정
		CY-3-02	6.56	12.76	0	3659.13	3659.13	10.40	
		평균	**6.73**	**12.80**	**0**	**3,453.56**	**3,453.56**	**10.70**	

❑ 잔존강도에 대한 추정 결과

○ 인장시험 시편은 수집관체의 일부분이므로, 전체 내외면 부식을 고려하여 분석된 결과가 아니므로, 수집관체의 가장 취약 부분에 대해 재분석 필요

○ 조사는 사고를 사전에 예방하기 위한 것이므로, 최악의 조건으로 내·외면 최대부식깊이가 동일지점에서 발생하는 것으로 가정하여 수집한 관체 전체에 대한 대표 잔존강도 추정

○ 관체의 부식에 의한 강도손실은 순수금속강도에 대해 공식비율에 따라 선형적으로 감소하므로, 대표 잔존 인장강도는 최대공식비율을 고려하여 산정

표 E.8 조사대상 관로 잔존강도 평가 결과(관체 공식기준)

관체 ID	관종	관체두께 (평균),mm	관체 공식깊이, mm			공식비율 (관체)	잔존 인장강도 kgf/㎟
			내면 (ρ_{ic})	외면 (ρ_{ec})	최대*		
DO-1	DCIP	10.03	0.74	1.78	2.52	0.25	2,530.08
CY-1	DCIP	7.90	1.54	1.44	2.98	0.38	2,150.86
CY-2	DCIP	7.17	1.94	2.39	4.33	0.60	1,550.44
CY-3	DCIP	6.91	0	0	0	0	3,453.56

IV 안전성 검토

❑ 안전성 검토 방법

○ 수집한 관체에 대해서 내부와 외부하중을 고려하여 안전성 검토

- 관 제원은 잔존두께와 잔존 인장강도를 적용, 내부압력은 운영중 최대수압+수충압, 외부하중은 토압과 차량하중(DB-24, 1대)을 적용하여 현재의 안전성을 검토

❑ 안전성 검토 결과

○ 현재의 부식상태, 운영수압과 매설깊이 하에서 내압 또는 내압+외압 등 최소안전계수가 DO-1이 14.21, CY-1이 4.58, CY-2가 1.58, CY-3이 9.139 등으로 DO-1, CY-1, CY-3 등은 구조적으로 안전한 것으로 판단

○ 다만 CY-2가 상대적으로 안전계수가 낮게 나타났으나, 이는 점(Point)적인 내면부식깊이(1개소)가 반영된 결과로, 기타 부위는 대부분 양호한 수준이므로 정상적인 사용이 가능(전체보수적 개념보다는 부분보수적 개념으로 대응 필요, 강관은 도장재 10% 손상이상일 때 전체보수적 개념으로 갱생)

- 내부부식면적이 1%이하로 매우 작고, 내압에 대해서는 안전성이 확보된 상태이며,
- 또한 신장율 등이 정상(13.38%)적으로 나타나, 재질 자체가 준연성으로 외부하중에 강성이 존재

표 E.9 안전성 평가 결과

구분				DO-1	CY-1	CY-2	CY-3	비고
관제원		공칭내경(d), mm		199.9	258.2	259.7	309.3	
		관두께, mm [1)]		10.03	7.90	7.17	6.92	
하중	외부 하중	토압	굴착 폭(B_d), cm	102.0	107.5	107.4	112.3	
			관 중앙상부에서 지표면까지 거리(H), cm	180	150	170	170	
			토압(w_e), kgf/cm^2	0.235	0.209	0.229	0.232	
		차량 하중	충격계수(i)	0.470	0.500	0.480	0.480	
			Truck 대수	1	1	1	1	
			차량하중(w_t), kgf/cm^2	0.127	0.171	0.140	0.140	
	내부 압력	최대 운전수압(p_w), kgf/cm^2		3.00	5.52	5.25	5.56	
		수충격압(p_s), kgf/cm^2		7.74	7.27	7.15	6.90	
		총 내부압력(P), kgf/cm^2		10.74	12.79	12.4	12.46	
관제원		내경(d_r), mm		199.9	258.2	259.7	309.3	
		잔존두께(t_r), mm		7.51	4.92	2.84	6.92	
인장강도		순금속 강도(σ_{nts}), kgf/cm^2		3379.06	3453.62	3914.31	3453.1	
		잔존강도(σ_{rts}), kgf/cm^2		2530.08	2150.86	1550.44	3453.56	
응력	내압에 의한 원주방향 응력(σ_h), kgf/cm^2			142.92	335.61	367.15	278.34	
	외압에 의한 원주방향 응력(σ_{mr})			50.23	191.92	593.09	142.93	
	내압과 외압에 의한 인장응력(σ_{hb})			178.09	469.95	982.31	378.39	
안전 계수	내압에 의한 원주방향 안전계수, (SF_h)			**17.70**	**6.41**	**2.73**	**12.14**	
	내압과 외압에 의한 인장응력 안전계수, (SF_{hb})			**14.21**	**4.58**	**1.58**	**9.13**	

V 개량방안

❑ GD 총 4개소 조사지점에 대한 평가결과, 대부분 관 외면 부식에 의한 손상이 발생되고 있으며, 특히 DO-1, CY-1 등은 CML 중성화 100%로 CML 표면의 모래화로 잠재적인 수질 영향 가능성**(관내부 모래축적과 수리적 변동시 유출)** 존재

○ 특히 중성화로 관 표면에 **내부부식**이 **국부적으로 진행**되고 있는 상황, 다만 현재까지 그 **부식면적**이 **미미**하여, 관의 구조적인 안전성에 영향을

주지는 않은 상태

○ 전체적으로 **CML중성화**와 **내부부식**으로 수질이 영향을 받을 수 있으므로, **수질관리 대응 인프라 등 구축 필요(DO-1, CY-1, CY-2 등)**



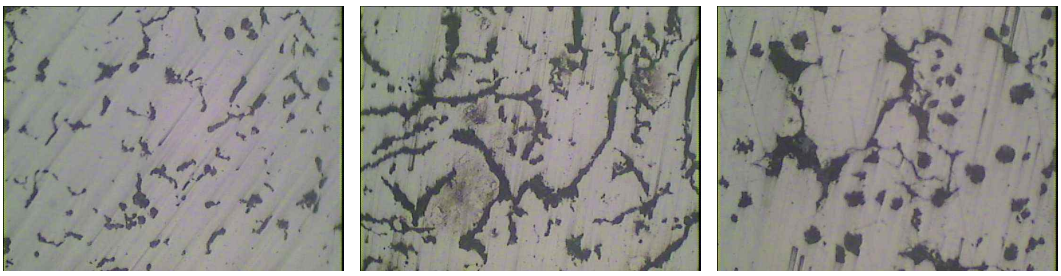
DO-1 CY-1 CY-3 CY-4

❑ 내·외면 부식깊이 측정결과, 최대부식깊이가 DO-1은 2.52 mm, CY-1이 2.98 mm, CY-2는 4.33 mm, CY-3은 0 mm로, 부식비율로는 각각 0.251, 0.377, 0.604, 0.0 수준

❑ **관 재질적**으로 보면, **DO-1, CY-1, CY-2, CY-3 모두** 금속조직, 화학적 조성, 인장강도 등이 **부적정**한 상태로 평가

○ **금속조직**은 CY-2를 제외하고는 **대부분 편상조직**인 전체 또는 부분적으로 존재하였고, **화학적 조성은** 대부분 **구상에 영향을 주는 마그네슘 함량이 미달**

○ **인장강도**는 **공칭강도의 78.6 ~ 91.0 % 수준**으로, 3,379.06 ~ 3,914.31 kgf/cm^2 수준



DO-1 CY-1 CY-3

❑ 상기의 관의 부식손상, 재질적 상태, 매설·운영환경을 고려하여, 구조적인 안전성을 평가한 결과, **DO-1, CY-1, CY-3 등**은 **구조적**으로 **안전**도가 높게 평가, 다만, **CY-2**는 일부 내부부식으로 안전계수가 낮게 평가되었으나 이는 **점적인 것으로 전체보수(갱생 등)적인 개념보다는 부분보수적인 대응(강관은 도장재 10% 손상이상일 때 전체 보수적 개념으로 갱생)**이 바람직

○ 또한 관이 구조적으로는 문제가 없더라도, 상기 언급한 바와 같이 관 내부 상태 영향으로 수질적인 문제가 발생될 가능성이 존재하므로, 이에 대응**(세척 등)**할 수 있는 인프라 등 구축 필요

표 E.10 GD 배수관로 상태 직접평가 종합결과

구 분			DO-1	CY-1	CY-2	CY-3	비 고
관 종			CML -DCIP	CML -DCIP	CML -DCIP	CML -DCIP	
내면상태	슬라임	분포, %	20	<10	<10	30<	
		크기, mm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
	도장재	종류	CML	CML	CML	CML	
		중성화도, %	100	100	90	57	
부식상태	외면 부식깊이(mm)		1.78	1.44	2.39	0.0	
	내면 부식깊이(mm)		0.74	1.54	1.94*	0	
구조적 파손 위험성 측면	최대부식비율		0.251	0.377	0.604	0.0	
	최소SF		14.2	4.58	1.58	9.13	
등 급			II	II	II	I	
종합대책			계속사용 + 세척	계속사용 + 세척	계속사용 + 세척	계속사용	

* 점(point)적인 부식(1개소)

부록 F

수질적 안전성 기술진단

수질적 안전성에 대한 전문기술진단

(1) 개요

본 가이드북에서는 직접평가 기준에서 조사 과정에서 침전물이 없고, 내부 도장재 상태 등 양호(박리 등이 없는 상태)한 경우에는 “계속사용”이 가능(I 등급), 침전물이 많거나 또는 내부 도장재 박리 등 손상이 10% 미만(손상 부위로 일부 녹 발생 진행)인 경우에는 수질에 미치는 영향(수질기준)이나 또는 수질민원(적수 등 색도유발) 등 이력이 있는 경우에는 세척(II 등급), 해당이 없으면 “계속사용(I 등급)으로 판단하고, 내부 도장재 박리 등 손상이 10% 이상이면 내부 도장재 전체 기능(수명)이 다한 것으로 하여 관의 구조적인 안전성(관경에 따라 부식비율 또는 안전계수 등)에 따라 교체 등을 검토(III~V 등급)하도록 권고하고 있다(직접평가에 따른 개량등급 참조).

다만 점적인 조사를 통해 세척 여부 등을 판단하기는 한계가 존재한다. 이는 관의 상태는 점적인 특성이 강하지만, 물속에 존재하는 물질들은 공급되는 계통에 따라 수리적인 변화를 통해 이동하므로, 수질에 영향을 주는 구간을 직접 조사 구간으로 특정하고 한정하기 어려우므로 상수관망 공급계통 별로 순차적인 수질조사를 통해 수질악화에 영향을 주는 구간을 파악하고, 세척구간을 설정을 설정할 필요가 있다. 또한 진단은 수질이나 관 파손과 같은 사고를 예방하기 위한 것이므로, 현재 문제가 없더라도, 수질적 변동에 따라서는 상시 수질이 악화될 수 있으므로 조사과정을 통해서 세척 여부를 판단할 수 있는 방법이 필요하다.

현재 상수도관망 진단 매뉴얼(환경부, 2007)에서는 수질적 안전성에 대한 전문기술진단에서는 관로시스템 내에서 수질을 평가하기 위해 자주 모니터링에 사용되는 인자인 14개 항목을 조사하고 수질안전성을 4등급으로 구분하여 상대비교가 가능하도록 하였다. 수질 안전성 조사결과 III~IV 등급은 수질이 미흡하거나 또는 부족하므로 세척과 같은 수질관리를 위한 대책을 마련해야

한다.

(2) 평가항목 설정

□ 수질검사 항목 및 기준

수도법 제26조 및 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부 훈령 제276호, ’08)에 따르면, ‘수도관 수도꼭지 수질검사’ 항목을 다음과 같이 정하고 있다. 송수관로는 급수과정별 시설에 해당하기 때문에, 수도꼭지 수질검사 항목에 준하여 시행하고 있다.

표 F.1 수질검사 항목

구 분		측 정 항 목
수도꼭지	매월검사 (4 항목)	일반세균, 총 대장균군, 대장균 또는 분원성대장균군, 잔류염소
수 도 관 노후지역 수도꼭지	매월검사 (10 항목)	일반세균, 총 대장균군, 대장균 또는 분원성대장균군, 암모니아성질소, 철, 구리, 아연, 망간, 염소이온, 잔류염소
급수과정별 시 설	매분기검사 (11 항목)	일반세균, 총 대장균군, 분원성대장균군 또는 대장균, 암모니아성질소, 총트리할로메탄, 구리, pH, 아연, 철, 탁도, 잔류염소

※ 미국(AWWA) : Fe, Mn, Residual Chlorine, HPC, Coliform, DBP
일본(수도법) : 50개 수질항목(매월, 분기별 측정항목 설정)

수질안전성 평가항목의 수질기준은 다음과 같다.

표 F.2 수질검사항목 수질기준

구 분	항 목	기 준
미생물관련항목	일반세균	1mL 중 100CFU를 넘지 않을 것
	총대장균군, 대장균 (또는 분원성대장균군)	100mL에서 검출되지 않을 것
	잔류염소	0.1 ~ 4.0mg/L
관재질 관련항목	철	0.3mg/L
	구리	1mg/L
	아연	3mg/L
	망간	0.05mg/L
하수유입 관련항목	암모니아성질소	0.5mg/L
	염소이온	250mg/L
기타	THM	0.1mg/L
	HAA	0.1mg/L
	탁도	0.5NTU
	pH	5.8~8.5

□ 수질안전성 평가항목(14개 항목)

평가항목은 수도법이나 관련 규정에 정해진 항목을 기본으로 하며, 필요에 따라서 현장이나 전문가의 의견 등을 통하여 추가변경 할 수 있다. 수질검사 항목은 다음과 같이 크게 세 가지 그룹으로 구분한다.

다만, 상기 검사항목 중 일반지역은 미생물관련 항목(4항목)에 대하여만 검사하고 노후지역은 전항목(14항목)의 검사를 실시하는 것이 일반적이다.

표 F.3 수도관 수도꼭지 수질검사 항목

미생물관련항목	관재질 관련항목	하수유입 관련항목	기타
일반세균, 총대장균군, 잔류염소, 분원성대장균군(또는 대장균)	철, 구리, 아연, 망간	암모니아성질소, 염소이온	THM, HAA, 탁도, pH

(3) 평가방법

□ 기초자료 수집

수질안전성 평가는 관로 계통(구간)의 대표구간에 대한 수질조사와 이송에 따른 수질오염을 예측하는 것이므로, 관로현황 파악이 최우선적으로 선행되어야 한다. 그러므로 수리적 성능평가를 위해 작성된 관망도를 기반으로 현황파

악을 시행하고, 수질평가를 위한 기초자료를 수집하도록 한다.

기초자료는 월별, 분기별 수질 측정자료(정수장 유출수 수질 및 급배수 수질 관리 자료)와 수질사고 자료 등 조사대상 시설의 과거 또는 현재의 수질문제를 파악할 수 있어야 한다.

□ 기초평가

기초 평가에서는 기존의 정수장수질과 관로수질자료를 바탕으로 수질기준대비 초과여부에 대한 평가지표인 '수질기준 위반율', 정수장 수질대비 관로 수질 변동성을 평가하는 '수질변동율', 그리고 수질조사·분석결과를 점수화·등급화한 '수질안전성 평가'가 수행된다.

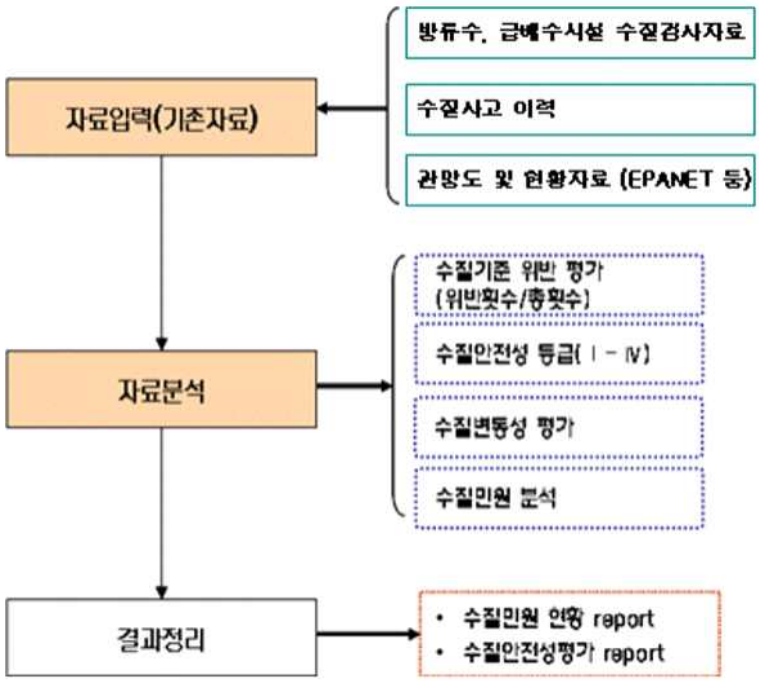


그림 F.1 기초평가 수행절차 및 항목

기본적으로 조사지점별로 최근 3년간 조사된 수질에 대한 최대값, 최소값, 평균, 표준편차 등을 도출하고, 시계열 그래프와 확률분포함수 그래프를 이용하여 데이터의 경향을 분석한다. 그리고, 각 항목별로 정수장 수질과의 변동성 여부를 평가하고, 수질기준에 대한 위반빈도에 의한 수질기준 위반율을 도출한다.

$$\text{수질기준 위반율} = \frac{\text{위반횟수}}{\text{측정횟수}} \times 100$$

$$\text{수질변동율} = \frac{(\text{관로수질} - \text{정수장수질})}{\text{정수장수질}} \times 100$$

수질안전성 평가과정은 각 항목별로 수질기준에 대비하여 수질범위 구간별로 조건값을 설정하며, 이 조건값은 0.0 ~ 1.0 사이로 수질이 양호할수록 1.0에 가까운 값을 가지게 된다. 또한 수질항목간의 중요도를 반영하기 위하여 항목별 가중치를 도입하였으며, 가중치는 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법이나 전문가 설문조사 등을 통하여 설정하게 된다.



그림 F.2 수질안전성평가 절차

수질안전성은 각 지점별 수질현황을 종합적으로 표현하는 인자로서 개별 수질항목의 조건값, 가중치를 합산한 최종점수로 산정하게 된다.

$$\text{최종점수} = \Sigma(\text{항목별점수(조건값)} \times \text{가중치}) \times 100$$

수질안전성은 가급적 계통별(구역, 유역) 대표지점을 대상으로 평가하며, 현장 여건을 반영하여 수질항목을 추가하거나 삭제할 수 있으며, 필요에 따라서 항목간의 가중치도 조정하여 해당지역에 적합한 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

표 F.4 수질안전성 평가 항목 및 조건값

수질인자	가중치[1)]	범 위	조건값
잔류염소 (Free chlorine)	0.11	4.0mg/L 이상	0.00
		1.0 이상 ~ 4.0 미만	0.25
		0.7 ~ 1.0	0.50
		0.4 ~ 0.7	0.75
		0.1 ~ 0.4	1.00
		0.1 미만	0.00
일반세균 (Heterotrophic Plate Count)	0.10	100 이상(CFU/ml)	0.00
		~100 미만	0.50
		N.D.	1.00
대장균	0.12	검출	0.00
		불검출	1.00
총대장균	0.12	검출	0.00
		불검출	1.00
철(Fe)	0.04	0.3mg/L 이상	0.00
		0.15 이상 ~ 0.3 미만	0.25
		0.075 ~ 0.15	0.50
		0.03 ~ 0.075	0.75
		0.03 미만	1.00
구리(Cu)	0.04	1.0mg/L 이상	0.00
		0.6 이상 ~ 1.0 미만	0.25
		0.3 ~ 0.6	0.50
		0.1 ~ 0.3	0.75
		0.1 미만	1.00
망간(Mn)	0.03	0.05mg/L 이상	0.00
		0.03 이상 ~ 0.05 미만	0.25
		0.015 ~ 0.03	0.50
		0.015 ~ 0.005	0.75
		0.005 미만	1.00
아연(Zn)	0.04	3.0mg/L 이상	0.00
		1.5 이상 ~ 3.0 미만	0.25
		0.75 ~ 1.5	0.50
		0.3 ~ 0.75	0.75
		0.3 미만	1.00
탁도 (Turbidity)	0.10	0.5NTU 이상	0.00
		0.4이상 ~ 0.5 미만	0.25
		0.25 ~ 0.4	0.50
		0.1 ~ 0.25	0.75
		0.1 미만	1.00
총트리할로메탄 (THM)	0.10	100㎍/L 이상	0.00

수질인자	가중치[1)]	범 위	조건값
		60 이상 ~ 100 미만	0.25
		30 ~ 60	0.50
		10 ~ 30	0.75
		10 미만	1.00
할로아세틱에시드 (HAA)	0.10	100μg/L 이상	0.00
		60 이상 ~ 100 미만	0.25
		30 ~ 60	0.50
		10 ~ 30	0.75
		10 미만	1.00
암모니아성 질소	0.03	0.5mgL	0.00
		0.3 이상 ~ 0.5 미만	0.25
		0.15 ~ 0.3	0.50
		0.05 ~ 0.15	0.75
		0.05 미만	1.00
염소이온	0.02	250mg/L이상	0.00
		150 이상 ~ 250 미만	0.25
		75 ~ 150	0.50
		30 ~75	0.75
		30 미만	1.00
pH	0.05	5.8이하, 8.3이상	0.00
		5.8~8.3	1.00

1) AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법을 통하여 가중치 설정

(4) 판단기준

수질안전성 평가는 점수와 동시에 등급으로서 적정성 여부를 표현하는데, 등급은 100점 만점으로 100 ~ 75점은 Ⅰ등급(양호), 75 ~ 50점은 Ⅱ등급(적정), 50 ~ 25점은 Ⅲ등급(미흡), 25 ~ 0점은 Ⅳ등급(부족)으로 구분할 수 있으며 Ⅰ등급(양호)의 기준값 75점은 앞서 언급한 수질항목별 조건값이 법적 수질기준 대비 50% 이내에 해당하여 수질안전성이 충분히 확보된 범위라고 판단할 수 있다.

표 F.5 수질안전성평가 점수별 등급

등 급	Ⅰ등급(양호)	Ⅱ등급(적정)	Ⅲ등급(미흡)	Ⅳ등급(부족)
점 수	100~75	75~50	50~25	25~0

부록 G

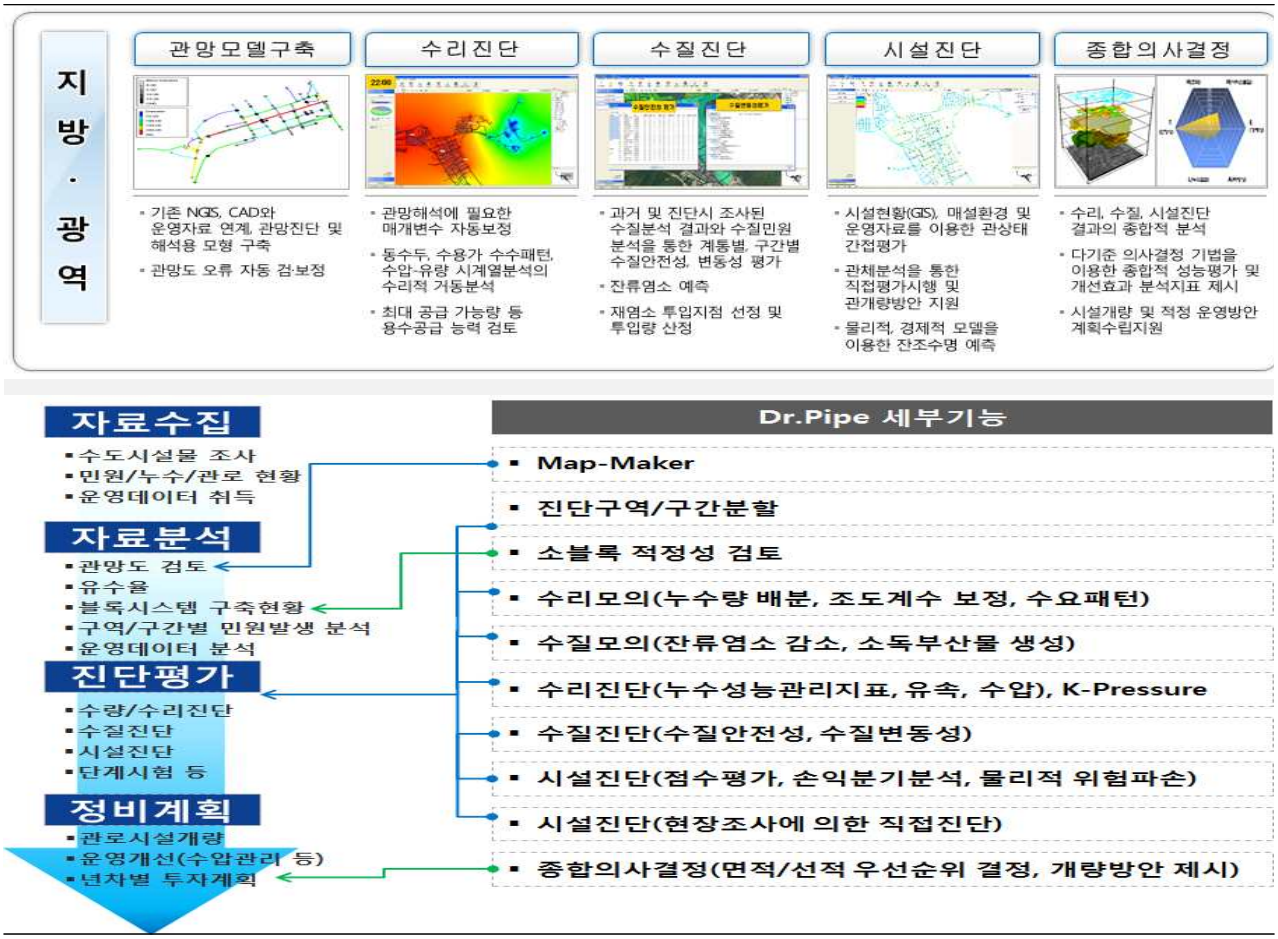
상태평가 지원 소프트웨어

상태평가 지원 소프트웨어(Dr.pipe 2.0)

(1) 개요

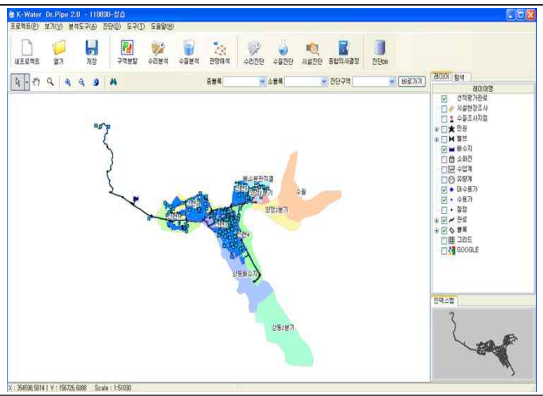
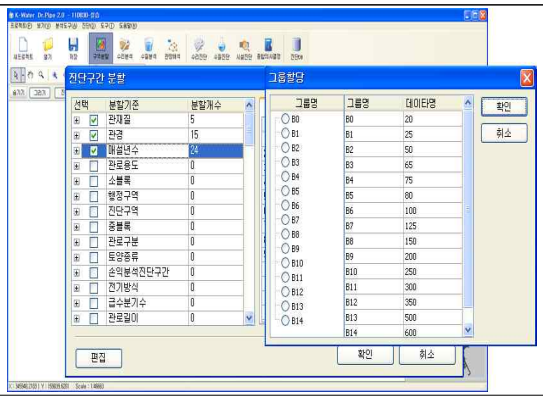
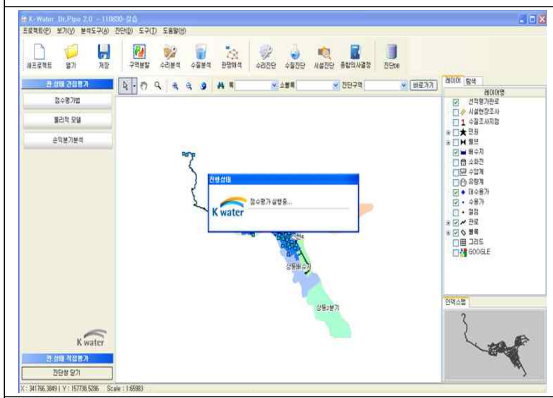
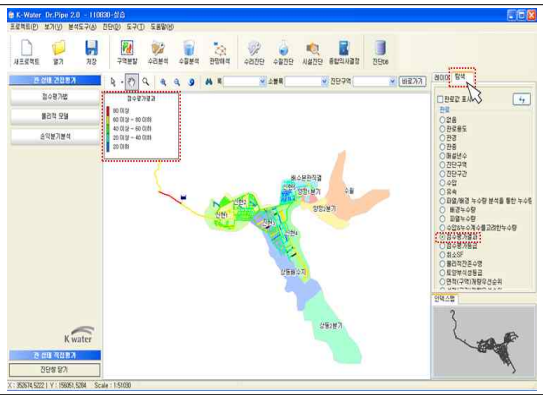
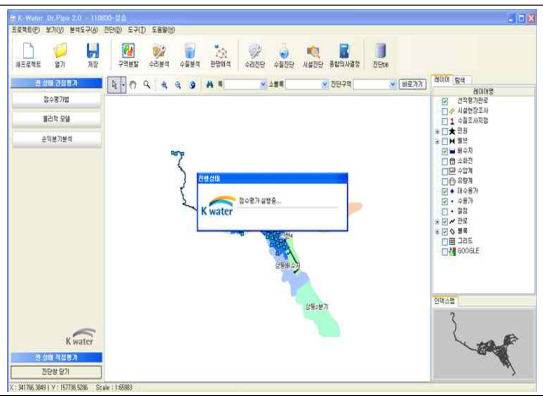
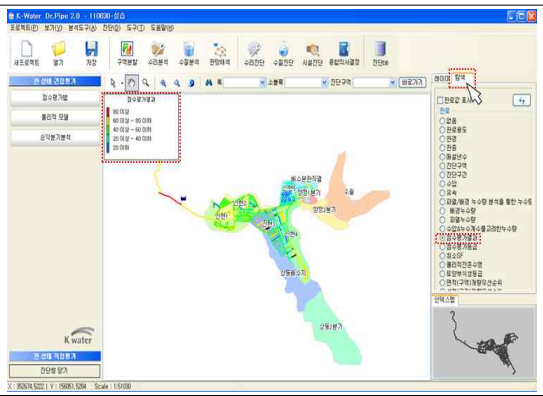
일반적으로 상태진단을 위해서는 평가에 필요한 상수관망 전체에 대한 자료를 수집하고, 간접 또는 직접평가 수행이 필요하다. 다만 이러한 과정을 엑셀기반으로 자료를 정리하여 수행이 가능하나, 시간적으로나 그 결과를 분석하는 과정이 매우 비효율적일 수 있다. 따라서 상수관망에 대한 평가를 효율적으로 수행하기 위해서는 최소한 진단을 위한 관망모형을 생성하고, 관망모형을 대상으로 자료를 입력 구축하고, 평가하는 프로그램 등이 필요하다. 이러한 기능을 지원하는 프로그램이 Dr.pipe이다.

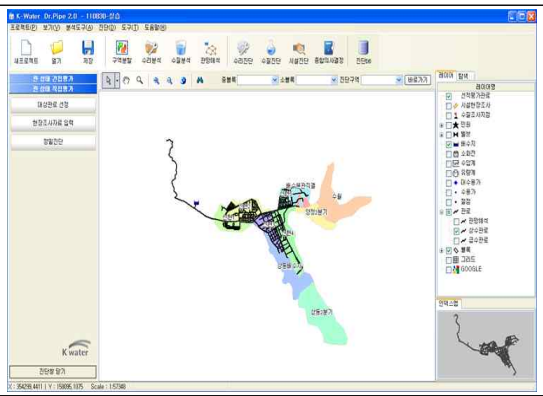
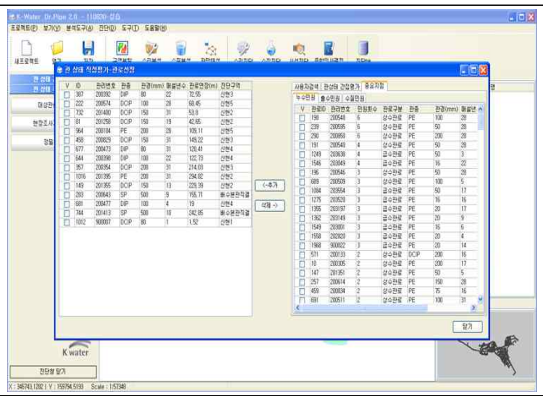
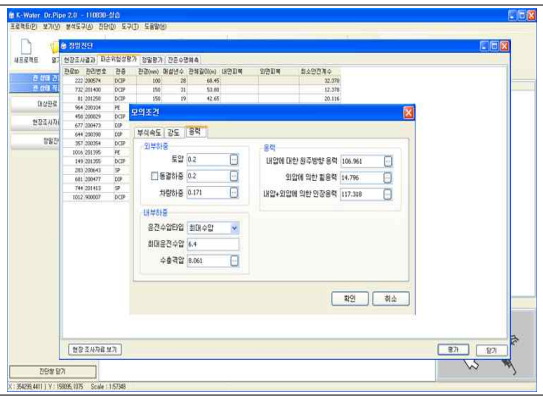
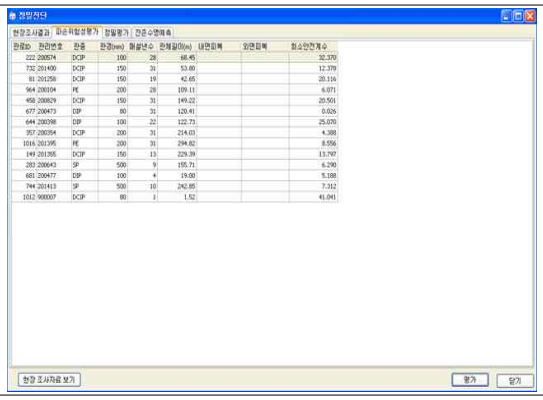
(2) Dr.pipe 구성과 기능



Dr.pipe는 크게 관망모형 구축, 수리진단, 수질진단, 시설진단, 종합의사결정 등 세부 프로그램으로 구성되어 있으며, 세부 기능은 아래와 같다. 배수관망의 상태평가만을 수행하고자 할 경우에는 관망모형 구축 후 시설진단 프로그램만을 이용하여 쉽게 평가가 가능하다.

(3) Dr.pipe을 통한 SH 지역 상태평가 예

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>상태평가 관망모형 구축</td><td>구역, 진단구간 분할(그룹핑)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>간접평가 실행</td><td>개별관로 별 점수분포</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>간접평가 실행</td><td>개별관로 별 점수분포</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>직접평가 화면</td>
<td>직접조사 지점 추출(선정)</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>직접조사 입력</td>
<td>직접조사 결과(안전계수 등)</td>
</tr>
</table>

부록 H

관종특성 및 국내외 기술

H.1

관종별 악화 메커니즘

(1) 무라이닝 회주철•닥타일주철관(Unlined (G)CIP•D(C)IP)

국내에서 처음 제조된 관은 무라이닝 회주철관(Unlined- Gray Cast Iorn Pipe, (G)CIP)이며, 1950년대 중후반부터 1970년까지 주로 사용이되었다. 무라이닝 닥타일주철관(Unlined-Ductile Cast Iorn Pipe, Unlined-D(C)IP)은 1960년대부터 제조는 가능하였으나, 대부분 1970년대 이후 회주철관 이후 사용되어 1980년대 초반까지(CML-DCIP의 KS 기준 마련 이전) 사용된 것으로 보인다. 이들 무라이닝 주철관종은 대개 현장에서는 CIP 또는 D(C)IP로 부른다.

이들 관들은 대부분 내・외면에 단순 역청계가 코팅된 재질로, 부식에 대한 방식능력이 거의 없다. 내외면 모두 부식의 영향을 가장 크게 받는다. 따라서 매설 후 부식이 진행되고, 수질이나 토양의 부식성의 차이에 따라 수명에 영향을 받는다. 이들 관들은 현재 시점에서는 대부분 적수, 출수불량, 누수 등 기능에 문제가 있기 때문에 대부분 갱생이상 교체 수준의 개량이 필요하다고 볼 수 있다.



그림 H.1.1 현재 무라이닝 회주철•닥타일주철관 상태 예
(좌측 무라이닝 회주철관, 우측 닥타일주철관)

이들 관들의 일반적인 악화단계(메커니즘)아래 표와 같다. 내면과 외부부식이 동일위치에 발생될 경우, 그 만큼 안전성이 감소하여 수명은 크게 단축될 수 있다.

표 H.1.1 무라이닝 회주철•닥타일주철관 악화(메커니즘) 단계

구분	단계		사진대지	비고
내면	1단계	내면부식 국부적 진행		
	2단계	내면 전면부식 진행 ▸ 안전성 감소 (파열, 균열, hole 발생 등 파손)		구조적 악화 진행 (응력집중, 파열)
외면	1단계	국부적 부식 발생		
	2단계	주로 Hole 발생 (파열점)		구조적 악화 진행 (응력집중, 파열)

(2) 시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관

시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관(Cement Mortar Lining D(C)IP, CML-D(C)IP)은 1984년 KS 마련 후 본격적으로 제조되어 매설되어 현재까지 사용되고 있으며, 최근에는 내부 역청계 박리로 인한 수질문제 유발 등으로 시멘트모르터 라이닝 외에 에폭시 분체 라이닝이 사용되고 있다. CML-D(C)IP의 CML은 대개 물, 모래, 그리고 시멘트가 혼합된 것입니다. 물과 시멘트가 만나면 대개 수산화칼슘을 생성하는데, 이 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)이 바로 모래와 모래를 연결, 구조물을 형성한다. 수산화칼슘이 많기 때문에 pH가 상대적으로 높다. 그런데, 우리나라 물 대부분이 부식성 수질이기 때문에, 물 속에 칼슘 등이 부족하

다. 따라서 농도구배에 의해서 CML 속에 포함된 수산화칼슘이 이온화되어 물속으로 용출이 되면서 시멘트모르터 자체의 pH 가 낮아지게 되는데, 이를 CML의 중성화라고 한다. 칼슘이 다 빠져나가면, 모래와 모래를 연결한 수산화칼슘이 없으므로 결국 남는 것은 모래이기 때문에 관 하부에는 모래입자가 축적되고 공급과정 상에서 이들 모래입자가 이동하여 모래가 나올 수 도 있다.

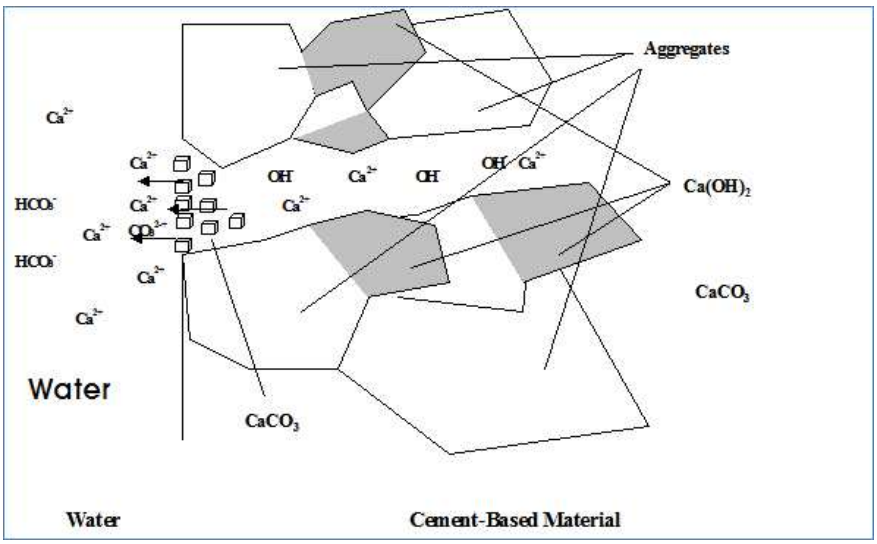


그림 H.1.2 CML 중성화 과정

따라서 CML-D(C)IP)의 악화는 내면은 중성화이며, 중성화 이후부터 내부부식이 진행되어 무라이닝 주철관종과 같이 악화될 수 있고, 결국 파손에 도달하게 된다. 다만 내부는 CML로 보호가 되는 동안에는 외면은 계속해서 부식이 진행되므로, 이 관종은 외부부식에 의해서 Hole 등이 발생되고 파괴가 먼저 될 수 있다. 물론 국내 토양 부식성이 낮기 때문에 큰 우려는 없으나, 해안 등 일부지역에서는 현재 외면부식에 의해서 관이 파손되어 교체가 되는 경우가 많다. 또한 내부 CML 라이닝이 부적절하게 생산, CML 두께의 편차가 큰 경우, 두께가 얇게 제조된 경우에는 두께가 얇은 부분에서 조기에 부식이 진행되기도 한다.

CML-D(C)IP)의 일반적인 악화단계는 아래와 같다.



염분에 의한 외면부식으로 관통 예



CML 두께 부적정에 의한 내부부식 예

그림 H.1.3 염분 등 매설환경 영향과 부적정 제조 CML-DCIP 상태 예

표 H.1.2 시멘트모르터 라이닝 닥타일주철관 악화(메커니즘) 단계

구분	단계		사진대지	비고
내면	1단계	CML 중성화 (내면 부식방지)		
	2단계	CML 모래화 (내면 부식방지)		모래발생, 수질악화
	3단계	CML 중성화 100% (부분부식 진행)		관 모체 손상
	4단계	내면 전면부식 진행 ▸ 안전성 감소 (파열, 균열, hole 발생 등 파손)		구조적 악화 진행 (응력집중, 파열)

구분	단계		사진대지		비고
외면	1단계	국부부식 발생			
	2단계	Hole 발생 (파열점)			구조적 악화 진행 (응력집중, 파열)

(3) 강관

강관은 제조기준으로 상수도 도복장강관(KS 1963), 가장 오래된 관은 내외면 콜타르 도복장강관(1973년 KS 제정, 1994년에 수도관 사용금지가 되고 도수·공업용수는 사용 가능, 현재 국내제조 업체 없는 상황)이다. 이후 1975년에 아스팔트 도복장강관의 KS가 제정되었다. 아스팔트는 외부에만 사용된다. 이러한 관로들은 대부분 도수관로에 일부 매설되어 현재까지 사용되고 있다.

그 이후 내부 도장재로 콜타르에나멜에 에폭시를 첨가한 타르에폭시 등이 한시적으로 1989년(KS 제정)에 사용되었고, 이후 1991년 순수 에폭시가 사용(KS 제정)되었고, 최근에는 폴리우레아 또는 우레탄, 하이브리드 도장재가 사용되고 있다. 외면은 콜타르에나멜 이후 폴리에틸렌이 1980년 이후 사용되었지만, 본격적인 것은 1990년대 후반부터 내면 에폭시 외면 폴리에틸레관이 매설되었다고 볼 수 있다(주로 소구경부터 시작).

기타 소구경 강관으로 내부에 아연이 코팅된 아연도강관이 주로 옥내백관에 사용되다가 1994년 사용금지 되었고, 그 이후 1988(KS)년 내외면 PVC 코팅이 된 경질염화비닐강관이 한시적으로 사용되었으나, 끝단 절단면 부식으로 인해 현재는 거의 사용을 안하고 있다. 현재는 100mm 이하는 주로 압출식 폴리에틸렌피복강관(PEP, 내면 에폭시), 수도용 폴리에틸렌분체라이닝강관(PFP, 내면 폴리에틸렌)이 사용되고 있다.

강관은 앞서 언급한 바와 같이 대개 내외면에 다양한 재질로 코팅 또는 라이닝이 되어 있다. 따라서 이들 관의 악화의 출발은 바로, 이들 도장재의 재질 열화, 도장재 손상이 주요원인이다.

재질열화 측면에서 이들 도장재는 주로 고분자이다. 고분자는 대개 체인으로 연결되어 있어, 크게 확대해 보면, 대개 pore가 존재한다. 재질에 따라 시간은 다르지만 대개 이러한 pore을 통해서 물 또는 토양 중 수분에 포함된 전해질이 이동한다. 그리고 부착력이 약한 부위(표면처리 중요)에 Void 가 생성되고, Void를 중심으로 부식이 주변으로 전이되어, 전체적인 박리가 진행된다(음극박리라 한다). 부착력이 약한 원인은 시간 경과에는 약화도 있으나, 표면 먼지(dusty, dirt 등)제거가 부적정하거나 용접부는 용접후 산화피막 부분을 적절히 제거하지 않아 발생되는 것으로 보고 있다.

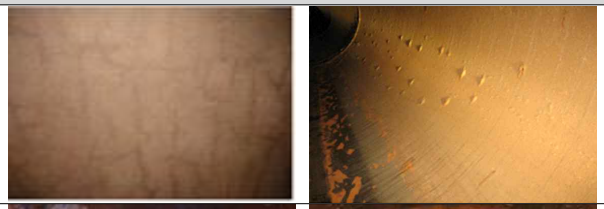
또한 이들 고분자 도장재는 도장재 종류에 따라서는 시간은 지나면, 상대적으로 단단해져서(단단 이라는 말은 강도는 커지고, 연신은 감소한다는 말), 취성(Brittleness)이 강해지고, 동시에 이들 재질과 관이 갖는 온도변화에 따른 열팽창계수가 다르기에 쉽게 미세 crack이 발생될 수 있다. 이들 crack 주변으로 수분이 침투 주변으로 확산되면서 전체적인 박리가 진행되고, 결국 내부에 부식이 진행 파손에 도달하게 된다.

에폭시 등 도료 경우에는 특별히 추가적으로 핀홀의 영향도 크다. 외국에서는 이 핀홀의 모양이 분화구와 닮았다고 해서, 크레이터(crater)라고도 부른다. 이 크레이터는 관 표면이 노출되는 매우 미세한 구멍을 말한다. 이러한 도장재 핀홀에는 바로 수분과 관표면이 접촉될 수 있으므로 녹 혹이 발생되고, 이후 주변으로 부식이 전이되면서, 전체적인 박리를 가속화하게 된다.

소구경은 외부 용접이 된 내부 도장재 손상 영향이 크다. 외면용접으로 인해서, 내부 도장재가 손상을 받아 주로 부식이 진행되고, 누수가 발생된다.

강관은 시공시 외면 도장재 손상이나 되메움 토양에 의한 도장재 짓눌림에 의한 Hole 이 발생되기도 한다. 외면은 토양이 강하게 밀착하고 있어 도장재가 떨어져 나가지는 않지만 대개 이동, 시공, 그리고 되메움 토양에 포함된 자갈 등으로 도장재가 훼손되고, 그 부위로 부식 전류가 집중되어 파손되는 경우가 많다. 아래의 표에는 강관의 악화단계를 나타내었다. 다만 상기에서 강관에 대해서는 악화에 다양한 영향요소가 작용을 한다.

표 H.1.3 강관 악화(메커니즘) 단계

구분	단계		사진대지	비고
내면	1단계	도장재 균열, Void 형성		도장재 악화 (일부 점부식)
		용접부 국부부식		
	2단계	도장재 부분 박리 + 부식진행		관모체 전체 손상 시작
	3단계	전면부식 진행 (Hole 발생)		구조적 악화 진행 (응력증가)
	4단계	파열		구조적 파손 (1.0 < SF)
외면	1단계	도장재 손상 (자갈, 시공)		도장재 손상 (국부적 공식)
	2단계	공식발생 (국부)		관모체 손상 시작 (공식 다수)
	3단계	hole 발생 (파열점)		구조적 악화 진행 (응력집중, 파열)

(4) 플라스틱관

플라스틱관은 국내에서 석유화학이 발달되면서 사용되기 시작하였다. 이들관이 수도관으로 사용된 것은 PVC 관(KS 1965)이 시장에 진출하였고, 이후 PVC의 충격성을 강화한 내충격성 경질염화비닐관이라고 하는 HI-VP관이 1990년대 초부터 사용되기 시작하였다. 폴리에틸렌관(KS 1973)은 1980년 초부터 사용되기 시작하였다. 금속관 파손의 주요원인은 부식이나 이들 관들은 고분자로 제조된 관이다.

PVC는 매설초기부터 충격에 약해 주로 취성파괴가 발생하고, 외부하중 특히, 자갈 등과 같은 외부물질에 의한 집중하중을 받게 되면, 모체 내 고분자 체인의 파손이 가속화되어 관의 파열로 이어진다.

PE관도 내부수압을 받게 되면 원주방향 응력(Hoop Stress)이 발생하고 시간이 경화함에 따라 물성(파열인장강도)이 감소하여 초기에는 주로 연성파괴가 일어나고 물성이 급격히 감소하는 영역에 도달하게 되면 취성파괴가 일어난다.

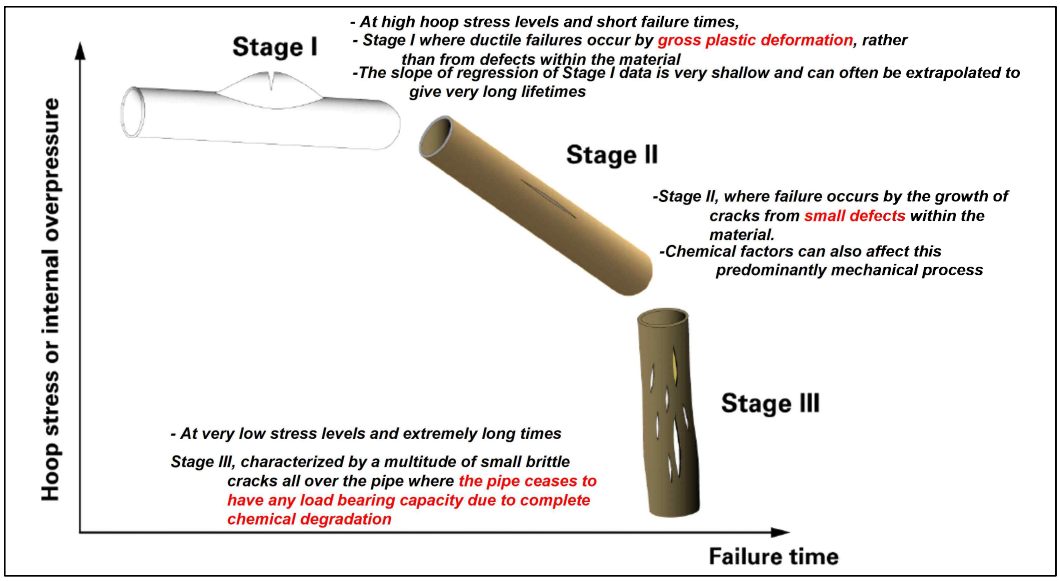


그림 H.1.4 플라스틱관 재질적 악화 단계

따라서 플라스틱관은 자연적인 분해, 취성 증가과정을 통해 악화가 되며, 초기에 시공 과정중 기계적 손상 이나 되메움 토양(자갈 등) 등으로 악화가 촉진될

수 있다. 다만 이음부 또는 분기점에서 누수가 많은 이유는 이음방식의 취약성(불량 접속, 소켓 과다 조임 균열, 타 관종 부적절 이음, 고무링 부적정 등)이 있으나, 정상적인 이음이 되었더라도 이들 플라스틱관은 연성이 크므로, 초기에는 이음부에서 변형이나 휨이 발생(응력 편중)되더라도 수밀이 가능하나, 시간이 경과하면 취성이 강화되므로, 이러한 수밀성이 약화되어 미세 누수 등이 발생될 수 있다. 따라서 이러한 부분을 방지하기 위해 최근에 PE관은 전기융착 방식 등이 직관부, 이음부 등에 활용되고 있다.



그림 H.1.5 PE관의 연성파괴(좌측)와 취성(우측) 파괴 예(죄측 신관, 우측 매설관)

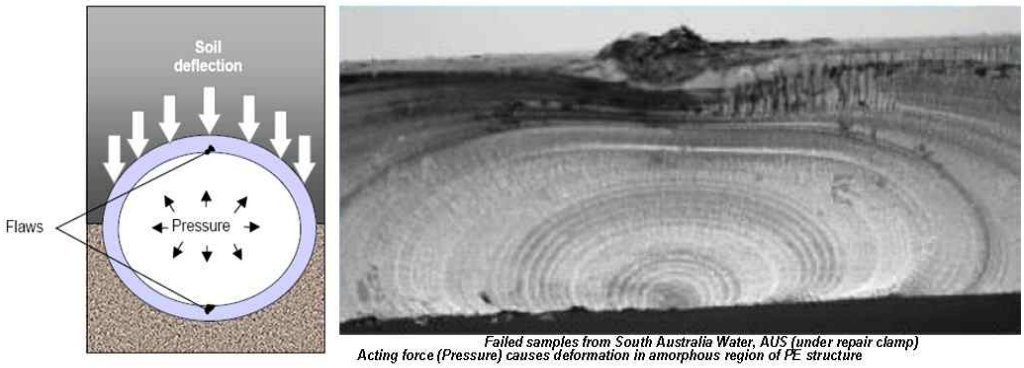


그림 H.1.6 집중하중을 받는 위치의 플라스틱관 단면(자갈 등)

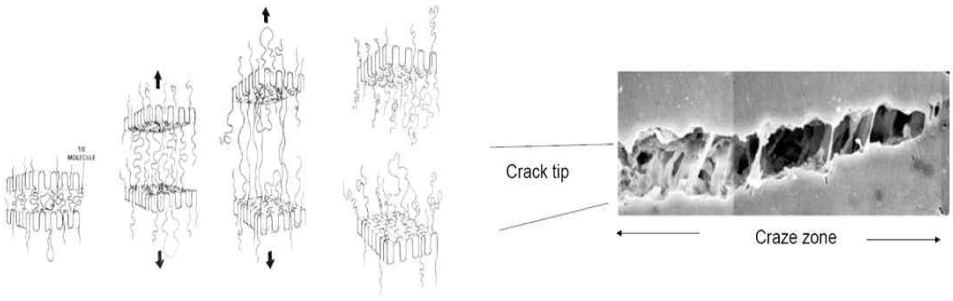


그림 H.1.7 플라스틱관 표면 균열기작

H.2

관 상태평가 종류

일반적으로 관 상태평가는 관로제원, 운영이력, 매설환경 등을 고려하여 관의 상태를 추정하기 위한 간접평가 방법(예측모델)과 현장에서 굴착 후 관이 드러난 상태에서 직접 조사하여 평가하는 직접평가 방법이 있다. 간접평가 방법은 주로 기존 관 제원, 운영, 매설환경, 사고이력 등 데이터를 수집해서 평가하므로, 큰 비용이 들지 않고, 평가가 쉽다. 다만, 기존 데이터를 입력 자료로 사용하므로, 자료의 정확성에 따라 그 결과가 달라질 수 있기 때문에, 자료의 중요도가 매우 중요하다. 그러나 간접평가 방법에는 한계가 있다. 간접평가를 통해서 나오는 결과는 예측된 결과이므로 그 결과만 의존해서 개량방안을 마련하기는 어렵다. 따라서 대부분 간접평가 방법은 문제 관로를 골라내는 screen으로 활용하고, screen을 통해서 걸러진, 관로들을 대상으로 주로 연차별 개량계획 또는 우선순위를 결정하는 계획에 주로 활용한다.

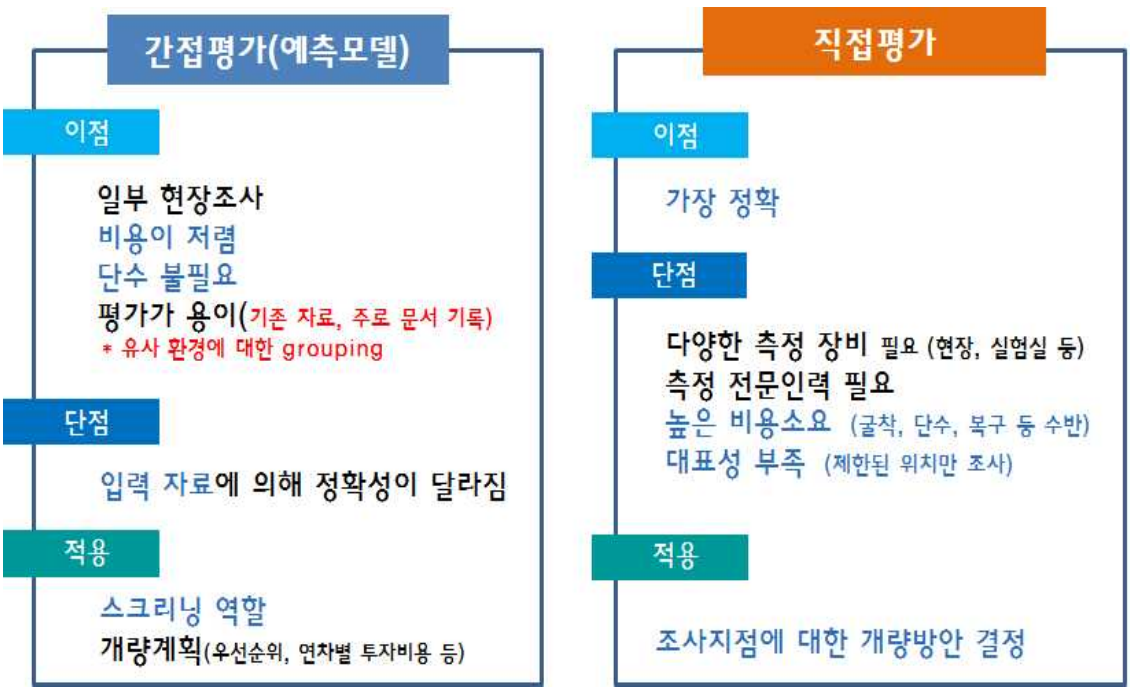


그림 H.2.1 관 상태평가의 장•단점 비교

반면 직접평가는 현장에서 굴착 후 관을 드러내 놓고, 절단해서 보고, 전문 장비를 이용하여 조사하므로, 구체적인 개량방안을 결정할 수 있다. 다만 단수가 수반되고, 비용이 많이 들고, 장비에 숙련된 전문가도 필요하다. 특히 전체를 조사하기 어려워 점(point)적으로 조사하므로, 대표성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 관 상태평가 방법 중 간접평가 또는 직접평가 하나의 방식으로 평가하는 것은 어렵다. 따라서 선진국에서는 이들 간접평가 방법과 직접평가 방법의 장점을 살려 진단절차를 구성하고 있다.

H.3

관 상태평가의 절차

현재 가장 합리적인 방법으로 간주되는 방식은 간접평가를 통해서, 평가 당시 문제 관로를 예측해서 골라내고(screening), 이들 관로를 대상으로, 직접 조사를 하고, 그 결과를 간접평가 결과에 확대 적용하는 방식이다. 이 방법은 예측을 통해, 사고위험성이 있는 문제구간을 골라내고, 개량방안을 세우기 때문에, 선진국에서는 예측적 접근 또는 Proactive한 방식으로 간주하여 보편적으로 사용하고 있다. 이러한 방식을 매 진단주기 마다(예로서, 매 5년 단위)하여, 마치 1년 마다 정기적인 건강검진을 통해 건강상 문제를 조기 발견하고 치료하는 방식으로 진행되어야 한다. 그 이유는 현재 상태가 양호한 관로도 경과연수에 따라서는 새로이 노후상태에 도달할 수 있기 때문이다.

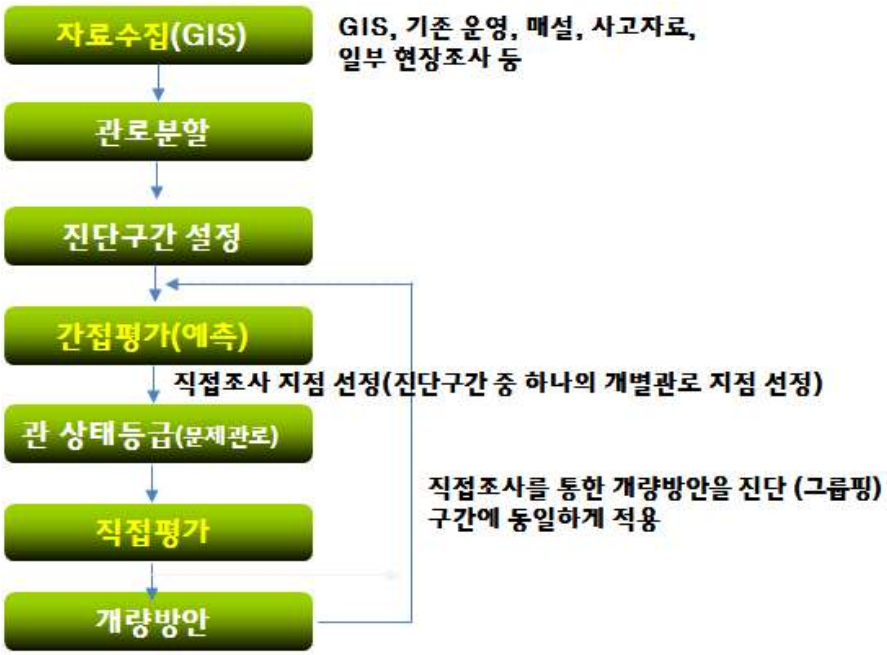


그림 H.3.1 일반적인 관 상태평가의 절차

H.4

간접평가의 종류

전 세계에 발표된 다양한 간접평가(예측모델)이 있으며, 이들 간접평가 방식을 크게 구분하면 점수평가 모델, 파손이력-손익분기분석 모델, 확률/회귀분석 모델, 물리적 모델 등으로 구분할 수 있다. 이중 점수평가모델은 말 그대로, 관 파손 영향인자들 주로 관 제원, 운영, 매설, 사고이력 등 자료를 가지고, 노후상태에 영향을 주는 항목에 점수를 부여하고, 그 점수를 합산해서 상태를 결정하는 모델이다. 이때 각 항목의 노후상태에 미치는 영향력에 따라, 가중치를 적용하기도 한다.

파손이력-손익분기분석 모델은, 사고자료(여기서 사고자료는 break 자료에 국한)만 가지고, 향후 사고를 예측, 사고로 인한 누적보수비용을 예측해서 현재 시점에서 교체하는 것이 나은지, 아니면, 계속해서 보수해서 사용하는 것이 나은가 경제적인 교체시기를 예측하는 모델이다. 이 때 교체시기는 교체비용과 누적보수비용의 합이 최소가 되는 시기, 이 시기를 손익분기점 이라고 하는데, 일반적으로 손익분기점을 초과하지 않았으면, 생존, live, 손익분기점을 지나갔으면, Dead 라고 표현한다. 현재 과거부터 사고이력 관리가 되지 않은 체계적으로 관리되지 않은 경우에는 적용하기 어렵다.

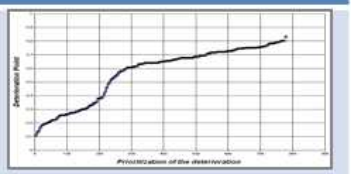
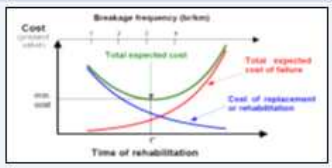
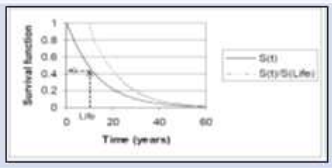
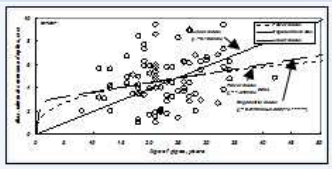
파손확률/회귀분석 모델 사고건수 외에, 사고에 영향을 주는 운영, 매설환경 항목 등 앞서 말씀드린 파손 영향인자들을 이용해서, 그 관이 파손되지 않고, 생존할 수 있는 가능성을 확률론적으로 예측하는 모델이다. 이 모델의 기준은 생존확률이다.

마지막으로 물리적 모델은 부식깊이, 그리고 부식으로 인한 감소된 강도, 즉 잔존강도 그리고 부식으로 인해 변화되는 응력을 예측해서 최종적으로는 안전계수를 예측하는 모델입니다. SF 값이 1이상이면 살아있고, 1이하이면 파손된 관으로 간주한다.

상기 각 모델은 그간 연구에 따라 다양한 형태로 사용되고 있다. 이들 모델을

통한 예측결과에는 다소 차이가 있는데, 즉 사용되는 데이터와 모델 예측에 따른 개량에 대한 판단이 다르다. 국내에서 이들 모델 중에서 가장 보편적으로 사용되는 모델은 점수평가 모델이다. 그 이유는 점수평가 모델은, 다른 모델에 비해, 수도사업자가 이해하기도 쉽고, 다른 모델과 달리 과거의 자료에 의존하지 않고, 최근 자료를 토대로 할 수 있기 때문에 선호하는 편이다. 그러나 신뢰성은 그 만큼 떨어진다. 따라서 해당 모델을 통해서 직접적인 개량방법을 결정하기 보다는 점수를 나열하여 상태가 악화된 것으로 추정되는 관로들부터 주어진 예산을 토대로 일정물량을 대상으로 단기, 중장기 개량계획을 수립(연차별 투자계획)하거나 또는 직접조사를 위한 지점 선정에 활용하는 것이 바람직하다.

표 H.4.1 간접평가 방법 비교

구분	내용	기준	
점수평가 모델	노후 상태에 영향을 주는 항목의 영향에 따라 점수를 부여하고, 합산하여 관 노후상태를 점수로 예측	점수(등급)	
손익분기분석 모델	현재 시점에서 누적보수비용(사고)과 교체비용을 예측하여 합산한 값이 최소가 되는 시기(손익분기점)를 예측	경제적 수명	
생존확률 모델	노후상태에 영향을 주는 항목들이 관의 생존에 미치는 영향을 확률적으로 예측	생존확률	
물리적 모델	부식이나 재질 열화로 관이 구조적으로 파손될 수 있는 물리적인 시기를 예측	안전계수, 물리적 잔존수명 등	

H.5

직접평가 방법과 개량기준

굴착 후 노출되거나 절단된 시편을 토대로 조사하는 직접평가 방식은 개량방법(보수, 갱생, 교체 등)을 결정하기가 용이하다. 일반적으로 상수관로는 땅에 매설 하자마자 내부에는 수압, 외부는 토압 등이 작용하고 있고, 관에는 하중으로 인해 원주방향(원둘레 방향) 또는 축방향(관 길이방향)으로 다양한 응력, 스트레스가 발생한다. 그런데 시간이 지나면 관 내부에 이물질이 축적되거나 또는 부식으로 결절이 발생되어, 적수 등 이물질 유출 또는 출수불량이 발생되는데, 이를 수질적 또는 수리적 파손이라고 한다.

동시에 관 모체는 부식으로 두께가 감소하거나 또는 재질이 열화(플라스틱관 등)되어, 강도가 감소합니다. 반대로 관은 매설 후 내외부 하중으로 인해 응력이 발생하는데, 이 응력은 두께가 감소하거나 또는 재질이 열화되면 커지게 되고, 어느 순간에는 응력이 관이 가지고 있는 강도를 초과하게 되는 시점에 도달합니다. 이때가 바로, SF가 1이하에 도달하는 시점인데, 이때를 이론적으로 구조적으로 파손되었다고 한다.

현재 국외에서는 이러한 메커니즘에 근거하여 안전성에 영향을 줄 수 있는 부식깊이(비율) 또는 안전계수를 토대로 하여 직접평가에 대한 기준을 제시하거나 활용을 하고 있다.

본 가이드북에서는 국외 직접평가에 따른 사례를 참조하되, 관로 중요도에 따라 소구경은 부식비율, 중대구경은 안전계수에 근거하여 직접평가 기준을 마련하였다.

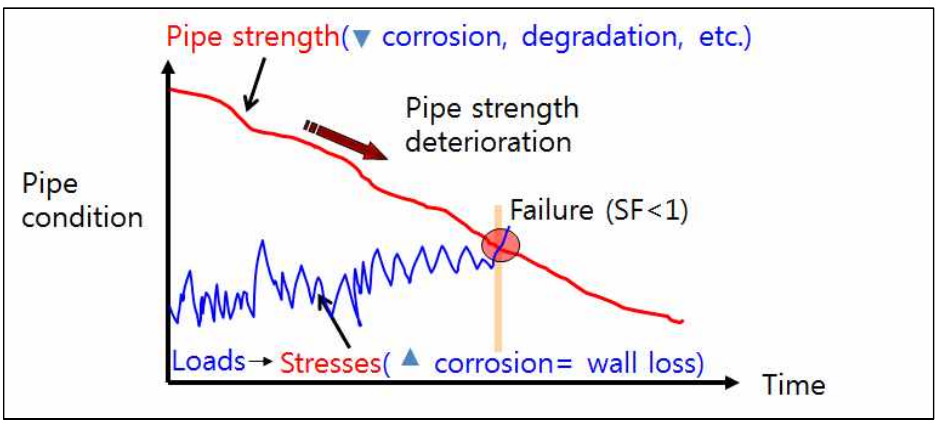


그림 H5.1 매설관의 악화 단계 예 (SF는 safety factor를 의미)

표 H.5.1 국외의 직접평가 기준 예

구분	O'day 등(1986), Rajani 등(2000), Seica 등(2002) Deb 등(2002)	Al-Barqawi (2006)		USEPA (2009)		일본수도협회 (2005)	
대상관종	주철관종	강관		주철관종		주철관종	
안전성 평가	안전계수	도장재 박리, 잔존두께비율 (두께손실)		두께손실(부식비율), 변형		안전계수 부식비율,	
등급구분	-	6		5		5	
주요 개량 결정 기준	SF < 1.0 (O'Day 등은 7개 중 최소 SF로 판단, Rajani 등은 축방향, 원주방향 총 SF, Deb 등은 SF 6개 중 최소)	(Very good) 새로운 관 수준	15년 후 재평가	(minimal damage) 즉각적 조치 불필요	0~ 25%	(V) 부식깊이가 2.0 mm 이하	20년 후 재진단
		(good) 10년후 재평가	10% 미만	(small) 잔존수명을 토대로 예방적 보수	25~ 50%	(IV) 10년 후 재진단	설계 안전율 2.0~2.5 이상
		(moderate)는 3~5년 이내 재진단, 5~10이내 갱생일정 수립	10~ 25%	(moderate) 예방적 보수 계획	50~ 75%	(III) 갱신계획 입안	설계 안전율 1.0~2.0 또는 2.5
		(Poor)는 3~5년 이내에 갱생 또는 교체일정 수립	25~ 50%	(Severe) 예방적 조치	두께 손실 75% 이상	(II) 갱신대상	설계 안전율 1.0 미만
		(critical)은 즉각적 보수, 교체	50% 이상	균열, 파괴, 과도한 변형 등(파손)	즉각 조치	(I) 갱신대상	부식으로 관통
비고	Deb 등(2002)은 잔존강도 적용	-		-		설계안전율 적용	

부록 Ⅰ

노후 상수관로 정비
기본계획 과업내용서(예시)

관 리 번 호		원본 또는 사본

FY-

노 후 상 수 관 로 정 비 사 업

OO시(군) 노후 상수관로 정비 기 본 계 획 용 역 설 계 서

OOO도 OO시(군)

설계년월일	20 . .
심사년월일	20 . .

노 후 상 수 관 로 정 비 사 업

OO시(군) 노후 상수관로 정비 기 본 계 획 용 역 설 계 서

총용역비 : 일금 원정 (₩)

용 역 원 가 : ₩

부 가 가 치 세 : ₩

목 차

Ⅰ . 설 계 설 명 서 ····· 0

Ⅱ . 과 업 내 용 서 ····· 0

Ⅰ. 일반과업내용서 ····· 0
1. 과 업 명 : 노후 상수관로 정비 기본계획 용역(경기도) ····· 0
2. 과업의 목적 ····· 0
3. 과업대상지역 ····· 0
4. 과업개요 ····· 0
4.1 상수도관망 기초조사 ····· 0
4.2 관 상태 평가 및 노후 상수관로 정비 기본계획 수립 ····· 0
5. 과업수행기간 ····· 0
6. 설계변경조건 ····· 0
7. 주요업무의 사전승인 등 ····· 0
8. 과업수행 및 공정보고 ····· 0
8.1 건설사업관리시스템(cts.kwater.or.kr) 활용 ····· 0
8.2 착수신고서 제출 ····· 0
8.3 관련계획 검토보고 ····· 0
8.4 월간공정보고 ····· 0
8.5 중간보고 ····· 0
8.6 기타보고 ····· 0
8.7 민원 및 인·허가 ····· 0
8.8 관계기관 협의 등 ····· 0
9. 용역감독 등 ····· 0
9.1 용역감독 ····· 0
9.2 용역점검 ····· 0
10. 계약상대자의 책임 ····· 0
10.1 계약상대자의 책임범위 ····· 0
10.2 성과품에 대한 재조사 등 ····· 0
10.3 문서의 기록비치 ····· 0
10.4 안전관리의 의무 ····· 0

10.5 밀폐공간 작업시의 안전관리 ····· 0
10.6 법률준수의 의무 ····· 0
11. 대내외 인·허가 및 심의자료의 제출 ····· 0
11.1 제출자료 ····· 0
11.2 대가의 지불 ····· 0
12. 자문 및 기술심의 ····· 0
12.1 자문 및 결과의 반영 ····· 0
12.2 기술심의 및 결과의 반영 ····· 0
13. 용역대가의 지급 ····· 0
14. 보안 및 비밀유지 ····· 0
14.1 보안관계 법규의 준수 ····· 0
14.2 과업성과품 발간시 유의사항 ····· 0
14.3 보안관리의 책임 ····· 0
15. 권리/의무 양도 금지 등 ····· 0
16. 용어의 해석 ····· 0
17. 용역수행자의 교체 ····· 0
18. 과업수행자의 실명화 ····· 0
18.1 용역감독원의 실명화 ····· 0
18.2 용역참여기술자 실명화 ····· 0
19. 인력관리계획 ····· 0
19.1 전문가 투입계획 ····· 0
19.2 핵심전문가 책임 및 의무 ····· 0
20. 협업에 대한 의무 ····· 0

II. 특별과업내용서 ····· 0
1. 과업수행 내역 ····· 0
1.1 과업개요 ····· 0
1.1.1 상수도시설물 조사 ····· 0
1.1.2 관 상태 평가 ····· 0
1.1.3 노후 상수관로 정비 기본계획 수립 ····· 0
1.2 과업성과품 제출 ····· 0
1.2.1 단위과업에 대한 성과품 제출 ····· 0
1.2.2 과업수행과정의 활용자료 ····· 0
1.2.3 과업성과품의 범위 ····· 0

2. 과업수행 지침 ····· 0
2.1 일반사항 ····· 0
2.1.1 기본지침 ····· 0
2.1.2 적용기준 및 기술 ····· 0
2.1.3 안전관리 ····· 0
2.1.4 현장업무에 대한 상주 및 비상주 ····· 0
2.1.5 과업수행 절차 및 보고 ····· 0
2.2 상수도시설물 조사 ····· 0
2.2.1 기초자료 수집 및 작업준비 등 ····· 0
2.2.2 상수도시설물 조사 ····· 0
2.3 관 상태 평가 ····· 0
2.3.1 운영자료 수집 및 분석 ····· 0
2.3.2 관 상태 평가 ····· 0
2.4 노후 상수관로 정비 기본계획 수립 ····· 0
2.4.1 노후 상수관로 정비계획 수립 ····· 0
2.4.2 관망운영 관리방안 ····· 0
2.4.3 사업추진계획 수립 ····· 0
2.5 과업성과품 작성 ····· 0
2.5.1 일반사항 ····· 0

별 지

<1> 참여기술자 인적사항, 참여과업내용 및 참여예상기간 ····· 0
<2> 보안각서 ····· 0
<3> 용역감독원 업무내용 ····· 0
<4> 참여기술자 업무내용 ····· 0
<5> 밀폐공간보건작업 프로그램 ····· 0
<6> 밀폐공간 작업허가서 ····· 0
<7> 밀폐공간 산소 및 유해가스 농도 측정결과 작성지 ····· 0
<8> 안전보건교육일지 ····· 0

Ⅰ. 설 계 설 명 서

Ⅰ. 설 계 설 명 서

1. 목 적

지방자치단체는 수도법에 따라 지방상수도 관망에 대한 기술진단을 시행하고 있으나, 직접조사 율 저조, 진단결과에 따른 사후관리 미흡 등으로 노후 상수도관으로 인한 문제가 국민생활안전을 위협함에 따라, 국가 주도의 전국 지방상수도 관망에 대한 정밀조사와 문제점 분석을 통해 노후 상수관로 정비 기본계획을 수립·시행함으로써 경제적이고 안전한 국가상수도관망을 구축하는데 그 목적이 있다.

2. 위 치

- OO시(군) 일원

3. 용역개요

가. 상수도시설물 조사 : 현황조사 OOO㎞, 관로탐사 OO㎞, 밸브류 조사 OO개

나. 관 노후도 평가 및 노후관 정비 기본계획 수립

- 관상태 간접 및 직접 평가(부단수 내시경 포함) OO개소

- 노후 상수관로 정비 기본계획 수립

4. 설계변경 조건

가. 계약내용에 따른 이행수량의 정산변경 시

나. 과업의 범위 또는 내용이 당초계획과 변동이 있을 때

다. 민원 등 불가피한 사유로 조사업무 수행이 불가능 할 때

라. 정부정책의 변경, 대상 지자체 여건에 따라 해당 지자체 과업의 전체 또는 일부가 변동이 있을 때

5. 용역기간 : 착수일로부터 365일 (12개월)

Ⅱ. 과업내용서

Ⅰ. 일반과업내용서

1. 과 업 명 : 00시(군) 노후 상수관로 정비 기본계획 용역

2. 과업의 목적

그간 지방상수도 관망에 대한 기술진단을 시행하였으나, 형식적 조사에 그치고 있으며 여전히 노후 상수관으로 인한 수도사고로 국민 생활안전을 위협함에 따라 국가 주도 전국 지자체 지방상수도 관망에 대한 정밀조사를 시행하고 문제점 분석을 통해 노후관에 대한 개량계획을 수립하여 경제적이고 안전한 국가 상수도관망을 구축하는데 그 목적이 있다.

계약상대자는 사업비 내에서 노후 상수관로 정밀조사 과업 대상지역의 관 상태를 조사, 평가하여야 하며, 노후관에 대한 개량 기본계획을 제시하여야 한다.

3. 과업대상지역 : 00도 00시(군) 내 지자체 급수구역 전체

4. 과업개요

4.1 상수도관망 기초조사

(1) 시설물 및 관로조사

(2) 밸브류 조사(직접 조사 구간)

(3) 관로 탐사

4.2 관 상태 평가 및 노후 상수관로 정비 기본계획 수립

(1) 관 상태 평가

(2) 노후 상수관로 정비 기본계획 수립

5. 과업수행기간

총 과업기간은 착수일로부터 12개월(365일간)로 하되 과업수행 물량에 따라 감독원과 협의하여 조정할 수 있다. 계약상대자는 용역계약일반조건 제18조 제3항, 제19조, 제

24조에 의한 사유발생시 사장 또는 그 위임을 받은 자에게 서면으로 계약기간 변경을 청구하여야 한다.

6. 설계변경조건

용역계약일반조건 제15조, 제16조, 제17조 및 다음의 경우 계약상대자는 이 과업을 감독원 ("감독원"이라 함은 시장(군수)으로부터 감독에 관한 업무를 위임 받아 수행하는 자를 말한다. 이하 같다.)과 협의하여 변경할 수 있다.

(1) 계약내용에 따른 이행수량에 의한 정산변경 시

(2) 과업의 범위 또는 내용이 당초계획과 변동이 있을 때

(3) 민원발생에 의해 조사업무 수행이 불가능할 때

(4) 정부정책의 변경, 대상 지자체 여건에 따라 해당 지자체 과업의 전체 또는 일부가 변동이 있을 때

7. 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 감독원의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

(1) 사업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경

(2) 관계기관과의 협의사항

(3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

8. 과업수행 및 공정보고

8.1 건설사업관리시스템 활용

건설사업관리시스템은 계약상대자와 발주자간의 정보교환(전자 문서 및 정보) 및 활용을 목적으로 하며, 종이문서를 최소화하여 용역을 지원함으로써 건설 CALS(건설사업정보화)를 구현하기 위한 것이다.

(1) 계약상대자는 용역의 착공, 기성, 공정보고 등의 업무수행시 OO시(군) 건설사업관리시스템에 접속하여 동 시스템에 등록된 표준양식으로 전자 문서를 작성하여 발주자에게 자료제출, 보고, 승인요청 등의 업무를 수행하여야 한다.

(2) 계약상대자는 OO시(군) 건설사업관리시스템 활용을 위하여 필요한 사용법을 숙달하여 업무 수행에 만전을 기해야 하며, 컴퓨터, 네트워크 등 시스템 사용시 필요한 제반사항을 준비하여야 한다.

8.2 착수신고서 제출

8.2.1 계약일반조건 제13조 1항의 규정에 의하여 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 이 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.

(1) 착수신고서(별지 제1호 서식)

(2) 사업 책임 기술자 선임신고서(별지 제2호 서식)

(3) 사업수행 조직표

(4) 예정공정표

(5) 사업수행계획서

(6) 인력(장비)투입계획서

(7) 안전관리계획서

(8) 품질관리계획서

(9) 단위과업별 성과품 제출계획서

(10) 현장사무실 설치 및 운영계획서(필요시)

(11) 현장차량 운영계획서(필요시)

(12) 건설기술 경력사항 확인서

(13) 참여기술자 인적사항, 참여과업내용 및 참여예상기간(별지 제3호 서식)

(14) 참여기술자의 보안각서(별지 제4호 서식)

(15) 용역계약특수조건 제9조의2에 따른 공동계약이행계획서(공동계약일 경우)

8.2.2 계약상대자는 상기 8.2.1항의 착수신고서를 감독원에게 제출하여 승인을 받아야 하며, 감독원은 착수신고서 접수일로부터 10일 이내에 승인여부를 계약상대자에게 통보하여야 한다.

8.3 관련계획 검토보고

계약상대자는 본 과업과 관련된 계획들을 검토하여야 하고 본 과업 수행과 연관이 있는

상수관망 기술진단, 현대화사업, 관망정비 기본계획, 지자체 수도정비기본계획 등 검토할 내용을 감독원과 사전협의 후 본 계획과의 중복여부 등을 검토하여 제출하여야 한다.

8.4 월간공정보고

계약상대자는 과업수행기간 중 다음사항을 포함한 월간공정보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 사업책임기술자의 확인을 받아 감독원에게 제출하여야 한다.

(1) 과업추진내용 및 공정현황

(2) 각종 도서수발현황(승인사항 포함)

(3) 과업수행상 중요 문제점 및 대책

(4) 참여기술자 현황

(5) 다음달 과업수행 계획

(6) 전월 진도보고 및 기타 필요시 지시사항(구두 및 서면지시 포함) 이행실적 등

8.5 중간보고

계약상대자는 감독원의 요구가 있거나 다음 각각의 경우에는 관련자료를 제출하고 담당분야별 책임기술자로 하여금 설명토록 하여야 하며 감독원의 지시사항(구두 및 서면지시 포함)에 대하여는 성실히 수행하고 조치결과를 OO시(군) 건설사업관리시스템을 통해 제출하여야 한다.

(1) 주요 단계별 과업이 종료되었을 때

(2) 과업기간 중 2회 이상의 중간보고시

(3) 주요계획 및 방침의 설정과 변경시

8.6 기타보고

(1) 계약상대자는 과업수행 중 누수 등 보수에 시급성이 요구되는 사항과 민원 등 주민요구 사항이 있는 경우 서면 또는 구두로 감독원에게 즉시 보고하여야 하며, 감독원 요구시 보수방법 등이 포함된 보수방안을 수립하여 OO시(군) 건설사업관리시스템을 통해 제출하여야 한다.

(2) 계약상대자는 과업수행 중 감독원이 필요하다고 판단하여 지시한 경우 조사내용에 대하여 일일보고를 하여야 한다.

8.7 민원 및 인·허가

계약대상자는 과업을 수행 과정에서 최대한 민원이 발생치 않도록 수행하고 각종 인·

허가 및 홍보자료 작성을 협조하여야 하며, 발주처와 지자체는 수용가에 적극적인 홍보와 민원발생 시 민원해결을 지원하고 이로 인해 발생될 수 있는 비용은 검토하여 대가에 반영할 수 있다.

8.8 관계기관 협의 등

(1) 계약상대자는 이해당사자 의견수렴 및 관계기관 협의 등 OO시(군)가 시행하는 업무를 충실히 지원하여야 하며, OO시(군)의 요구에 의해 필요한 경우 업무를 대행하여야 한다.

(2) 계약상대자는 주요시설물의 규모, 지자체 상수도 설치현황 및 계획, 관로노선 및 정밀조사구간 선정, 계획단수, 인·허가 등과 관련, 과업수행기간 중 관련 지자체 등과 협의가 필요한 사항에 대해서는 협의를 실시하고 그 결과를 검토하여 적정방안을 수립·제시하여야 한다.

9. 용역감독 등

9.1 용역감독

OO시(군)는 이 과업을 수행함에 있어 수시로 계약상대자에 대하여 다음의 계약관련 업무내용을 확인, 감독할 권한을 가지며, 계약상대자는 이에 적극 협조하여야 한다.

(1) 기술인력 동원현황

(2) 보고서 작성현황 및 업무수행 상태

(3) 기타 확인에 필요한 사항

9.2 용역점검

OO시(군)는 설계품질 확인 및 용역업무수행에 대한 정기 또는 수시점검을 실시할 수 있으며 특별한 사유가 없는 한 계약상대자는 감독원과 협의하여 지적사항을 시정하여야 한다.

10. 계약상대자의 책임

10.1 계약상대자의 책임범위

계약상대자는 OO시(군)의 승인을 받아 작성한 도서라 할지라도, 그 내용이 미비하거나 과오 또는 오류 등으로 인한 과업수행상 발생한 모든 하자에 대하여 계약상대자의 책임이 면제되는 것은 아니며, 계약상대자는 용역준공 후에도 이러한 사항에 대한

OO시(군)의 수정·보완요구가 있을때에는 계약상대자 부담으로 시정·조치하여야 한다. 다만 감독원의 부당한 지시가 있을 경우 이의를 제기할 수 있다.

10.2 성과품에 대한 재조사 등

본 과업수행에 있어 감독원과 협의하여 조사지점을 선정하며 계약상대자가 임의로 수행한 조사과정 및 성과를 인정할 수 없다고 판단할 경우 재조사를 요청할 수 있으며 계약상대자는 이에 따라야 하고, 이에 따른 소요비용은 계약상대자가 부담하여야 한다.

10.3 문서의 기록비치

계약상대자는 본 과업을 수행함에 있어 발생하는 관계기관과의 협의사항, OO시(군)의 지시 및 조치사항 등 과업추진에 따른 주요내용을 문서로 작성·비치하여야 하며, OO시(군)의 제출요구가 있을 경우에는 이에 따라야 한다.

10.4 안전관리의 의무

계약상대자는 관계법규에 의한 안전수칙의 준수 등 안전관리에 최선을 다하여야 하며 계약상대자의 과실이나 부주의로 인하여 발생하는 사고 및 손해에 대하여 책임을 져야 한다.

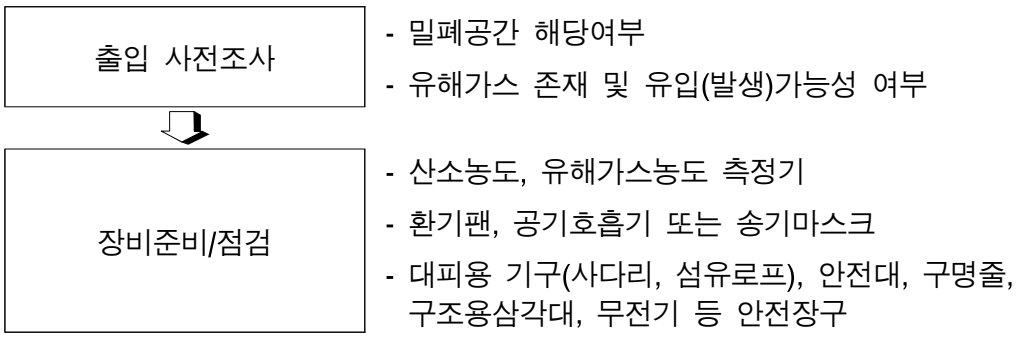
10.5 밀폐공간 작업시의 안전관리

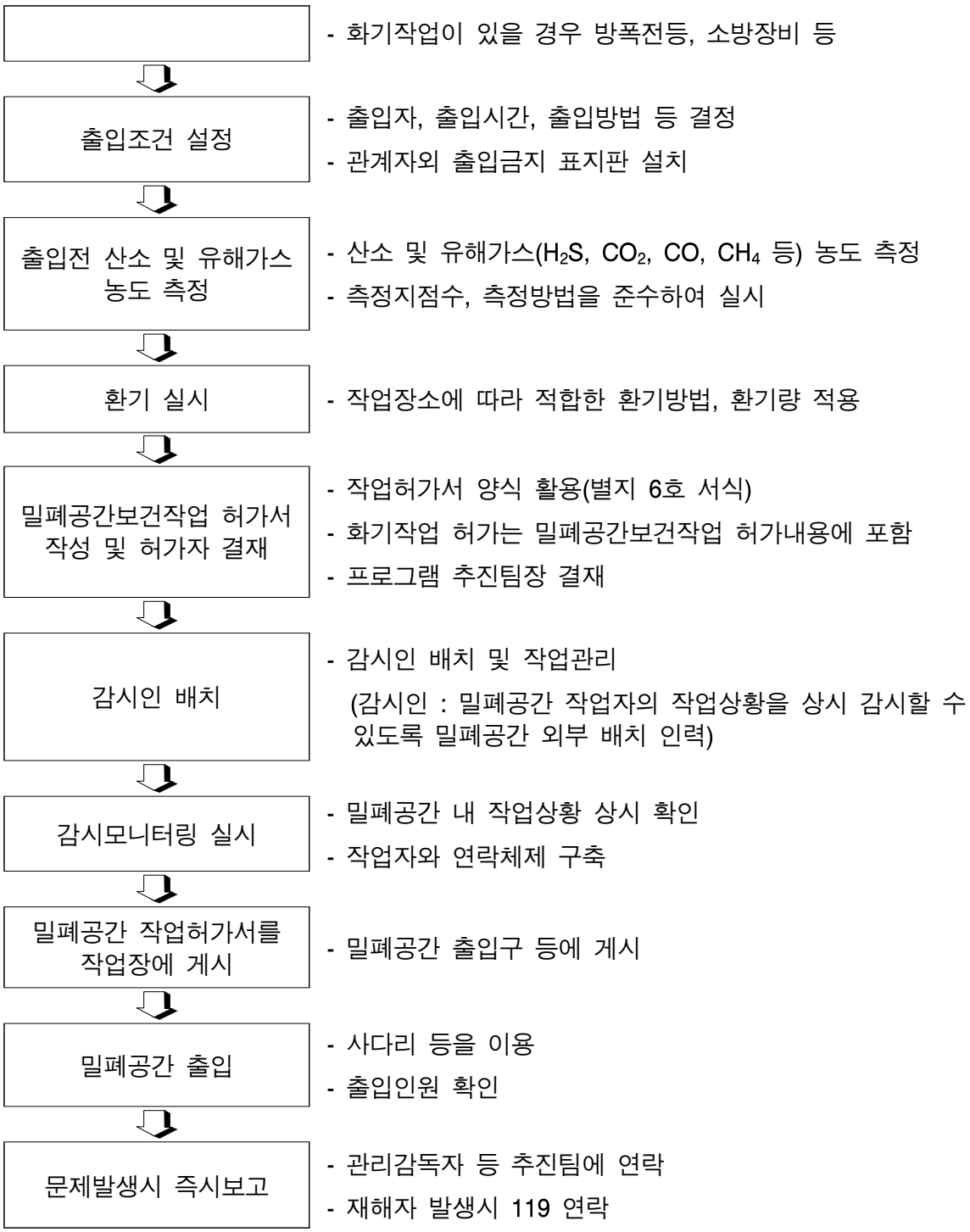
계약상대자는 밀폐공간 작업시 산업안전보건기준에 관한 규칙 제10장에 따라 '밀폐공간보건작업 프로그램(별지 제5호 서식)'을 수립·운영하여야 하며. 밀폐공간 작업으로 인한 건강장해 예방에 관한 사항을 준수하여야 한다.

(1) 밀폐공간이란 환기가 불충분한 상태에서 ①산소결핍이나 유해가스로 인한 건강장해 또는 ②인화성 물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다.

(2) 밀폐공간 작업시 아래의 작업절차를 준수하여 밀폐공간 작업을 수행하고, 프로그램 추진팀장(주무 감독원) 작업허가를 득한 후 밀폐공간 작업을 추진토록 한다.

<밀폐공간 작업절차>





(3) 밀폐공간 작업의 범위는 사전 작업(물빼기, 관 내 청소 등), 준비 작업(본 작업 실시 전 확인작업 등) 등 본 공정 수행을 위한 준비 작업 모두를 포함하므로 작업착수 전 작업허가를 득하여야 한다.

(4) 밀폐공간 작업허가서(별지 제6호 서식)는 작업이 완료될 때까지 작업장소에 게시하고 일정시간(2hr) 간격으로 공기상태를 측정하여 기록(별지 제7호 서식)하며 작업이 종료될 경우 감독원에게 허가서를 반납하여야 한다.

(5) 계약상대자는 밀폐공간 작업자를 대상으로 작업 전 산업안전보건법 및 동법 시행규칙(별표 8의 2 참고)에 따라 특별안전보건교육을 실시하여야 하며 그 교육내용은 다음과 같다.

1) 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항

2) 사고 시의 응급처치 및 비상 시 구출에 관한 사항

3) 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항

4) 밀폐공간작업의 안전작업방법에 관한 사항

5) 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항

(6) 계약상대자는 밀폐공간 작업자를 대상으로 긴급구조 훈련을 실시하고 그 결과를 기록 보존하여야 한다. 단, 밀폐공간 작업이 6개월 이상인 경우에는 6개월마다 1회 이상 훈련을 실시하여야 한다.

(7) 계약상대자는 밀폐공간 작업을 하는 작업자에게 고용노동부의 안전인증(보호구 안전인증 고시, 고용노동부)을 받은 보호구를 제공하고, 작업자는 밀폐공간 작업시 개인용 보호구를 항시 착용하여야 한다.

(8) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업시에는 작업자와 감시인 간 식별이 용이하도록 충분한 밝기의 조명시설을 갖추어야 하며, 수시로 작업자와 감시인 간에 연락을 취할 수 있도록 한다.

(9) 계약상대자는 어떠한 경우에도 유해가스를 유발하는 내연장치(엔진양수기 등)를 밀폐공간 내부에서 가동하여서는 아니된다.

(10) 밀폐공간내 재해자 구조를 위해 밀폐공간 진입시에는 반드시 공기호흡기나 송기마스크를 착용하여야 하며 밀폐공간내부의 공기상태가 안전한지 확인할 수 없거나 적절한 호흡용 보호구가 없는 경우에는 밀폐공간 안으로 진입하여서는 안된다.

(11) 계약상대자는 안전사고 발생 시 재해자를 신속하게 응급조치를 취하고, 인근병원으로 후송하여야 하며, 관련법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 즉시 과업중지 요청을 하고, 산업재해 조사표에 의거 감독원에게 보고하여야 한다.

(12) 기타 필요한 사항은 산업안전보건공단(www.kosha.or.kr) “밀폐공간작업 질식재해 예방 종합매뉴얼”을 참고하여 감독원과 협의 후 작업을 진행해야 한다.

10.6 법률준수의 의무

계약상대자는 본 과업을 수행함에 있어 관계법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

11. 대내외 인.허가 및 심의자료의 제출

계약상대자는 이 사업추진을 위해 과업 중 또는 완료 후 각종 관련법규에 따라 사전 인·허가, 협의 및 심의 등이 필요한 사항들을 파악하여야 하며 감독원의 요구 시 관련자료를 작성·제출하여야 한다.

11.1 제출자료

이 사업과 관련하여 각종 인·허가, 협의 및 심의용으로서 필요에 따라 다음과 같은 자료들이 작성, 제출되어야 하며 이에 한정되지는 않는다.

(1) 사업설명용 자료

(2) 시설물 현황조사 및 관 상태평가 결과 자료

(3) 기본계획(안) 자료

(4) 관련기관 협의자료

11.2 대가의 지불

인·허가, 협의, 심의 및 조사를 위한 방문협의 등 소요되는 모든 경비는 산출내역서상 출장비에 포함되어 있다.

12. 자문 및 기술심의

12.1 자문 및 결과의 반영

12.1.1 감독원은 본 과업의 수행과정 중 주요 사항에 대한 의견수렴이 필요한 경우 건설기술진흥법 시행령 제19조(기술자문위원회의 구성 및 기능 등)에 따라 전문가 및 이해관계자 등에게 자문을 받도록 계약상대자에게 요구할 수 있다.

12.1.2 계약상대자는 과업 수행과정 중 감독원이 지정하는 부분을 대상으로 필요시 자문을 시행하여야 한다. 단, 자문 횟수 및 시기, 방법, 자문단 구성 등에 대해서는 사전에 감독원과 협의하여야 한다.

12.1.3 감독원은 자문내용, 자문시기 등 자문 계획을 자문시행 30일 전까지 계약상대자 에게 통보하여야 하며, 계약상대자는 효율적인 자문이 될 수 있도록 감독원에게 자문시행 15일 전까지 자문단 구성 등 계획 수립을 위한 자료를 제출하여야 한다.

12.1.4 계약상대자는 OO시(군)로부터 통보받은 자문 결과를 특별한 사유가 없는 한 과업에 반영하여야 하고 보고서에 수록하여야 한다.

12.1.5 전문가 자문 등에 소요되는 비용은 실비 정산하며, 계약상대자는 소요되는 비용을 사전에 감독원에게 보고하여 집행계획의 승인을 득하여야 한다.

12.2 기술심의 및 결과의 반영

12.2.1 계약상대자는 본 사업에 대한 OO시(군)의 기술심의를 준공일 2개월 전에 완료할 수 있도록 심의에 필요한 제반자료를 작성·제출하여야 하며, 심의결과 지적사항에 대하여는 본 과업에 반영·조치하여야 한다.

12.2.2 계약상대자는 감독원의 요청이 있는 경우 과업참여 기술자로 하여금 OO시(군)의 기술심의위원회에 참석하여 심의자료 설명 및 심의에 임하도록 하여야 한다.

12.2.3 계약상대자는 심의결과 지적사항에 대하여는 특별한 사유가 없는 한 본 과업에 반영·조치하여야 하고 과업 수행과 관련된 심의 지적사항에 대한 조치결과서를 작성하여 감독원에게 제출하여야 한다.

13. 용역대가의 지급

본 과업내용서와 기타 계약문서에 특별히 기술하지 않는 한 용역대가는 산출내역서상의 계약금액으로 한다. 단, 산출내역서상의 단가항목에 대하여는 이행수량의 증감에 따라 정산한다.

14. 보안 및 비밀유지

14.1 보안관계 법규의 준수

계약상대자는 본 과업이 국가중요사업인 점을 인지하고 모든 보안관계법규 등에 저촉되는 일이 없도록 세심한 주의와 의무를 다하여야 하며, 이의 불이행으로 인한 모든 책임은 계약상대자가 져야 한다.

14.2 과업성과품 발간시 유의사항

14.2.1 계약상대자는 중간 및 최종보고서 등 과업성과물을 감독원과 협의하여 필요한 경우 내용의 중요도에 따라 대외비로 분류 관리하여야 하고 대외비로 분류되는 자료의 발간시는 감독원과 협의하여 정부에서 인가한 비밀문서 발간업체에서 발간하되 계약상대자는 발간과정에 입회하여 원지, 폐지 등을 회수·소각하여야

한다.

14.2.2 용역사업 완료 후 발간된 성과품은 전량회수(용역업체, 인쇄소 등 보관 절대금지)하고 납품수량외 추가 발행을 금하여, 잉여 성과품의 용역업체, 인쇄소 보관 여부 확인 및 성과품 회수를 철저히 이행하여야 한다.

14.3 보안관리의 책임

계약상대자는 관계법규에 의해 보안관리에 최선을 다하여야 하며 계약상대자의 과실이나 부주의로 인하여 발생한 손해에 대하여 책임을 져야 한다.

15. 권리/의무 양도 금지 등

(1) 본 과업의 수행과정에서 수립·생산된 자료는 OO시(군)에 귀속하며 계약상대자 자료의 전부 또는 일부를 외부에 공표하거나 제출하고자 할 경우에는 OO시(군)의 사전 승인을 받아야 한다.

(2) 계약상대자는 계약에 의하여 파생되는 권리의무를 제3자에게 양도 또는 승계시키는 행위를 하여서는 안된다.

16. 용어의 해석

과업내용서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 감독원과 계약상대자가 상호 협의하여 결정하여야 한다.

17. 용역수행자의 교체

(1) 이 과업에 참여하는 기술자는 입찰시 입찰서류로 제출한 참여기술자가 반드시 포함 되어야 하며, 감독원이 과업의 적정한 수행에 부적격다고 판단되는 경우, 그 교체를 요구할 수 있으며 계약상대자는 이에 따라야 한다.

(2) 이 과업에 참여하는 기술자가 퇴직 혹은 기타 다른 사유로 과업을 수행할 수 없을 때에는 그와 동등한 자격을 갖춘 기술자로 즉시 교체하고 감독원의 승인을 받아야 한다.

18. 과업수행자의 실명화

18.1 용역감독원의 실명화

감독원은 책임있는 용역감독을 위해 계약상대자가 제출하는 최종보고서에 감독을 수행한 감독원의 업무내용을 수록케 하고 계약상대자는 이에 따라야 한다.

18.2 용역참여기술자 실명화

계약상대자는 건설기술진흥법 제43조에 의거 보고서 및 제계산서 등 최종성과물에 참여한 기술자의 업무내용을 구체적으로 기재하여야 한다.

19. 인력관리계획

19.1 전문가 투입계획

19.1.1 핵심전문가(Key Expert)의 최소 자격조건은 다음과 같다.

(1) 사업책임기술자는 해당 전문 분야 관련 특급기술인이어야 한다.

(2) 분야별 책임기술자는 해당 전문 분야 관련 고급기술인 이상이어야 한다.

(3) 분야별 참여기술자는 해당 전문 분야 관련 초급기술인 이상이어야 한다.

구 분	사업책임기술자	분야별 책임기술자	참여기술자 이상		
전문분야	상하수도	상하수도	상하수도 (1)	상하수도 (2)	상하수도 (3)

19.2 핵심전문가 책임 및 의무

19.2.1 사업책임기술자

(1) 설계팀의 효율적인 관리와 발주처와의 원활한 협의를 통해 과업의 성공적인 수행을 도모하고, 설계용역업무 수행에 따른 모든 사항에 대한 책임을 진다.

(2) 각종보고, 현장조사, 관계기관 협의, 설명회 등 시행시 직접 참여하여야 하며, 상기 업무를 위한 자료 등은 사전에 감독원과 협의를 거쳐야 한다.

(3) 모든 설계 업무를 관리하고, 각 전문분야별 업무에 직·간접적으로 참여하여야 한다.

(4) 조사 및 계획의 변경발생 시 이에 관한 각종평가, 인허가사항 등 보완이 필요한 사항에 대해 검토 후 설계에 반영해야 한다.

(5) 국내에 체류하면서 업무를 수행하며, 업무의 효율적 수행을 위해 합동사무실 등 운영시 관리의 책임을 진다.

(6) 공동수행사의 기술적, 행정적 유기적 체계 구축을 주관하며, 설계 성과관리 및 민원 최소화 방안을 강구해야 한다.

19.2.2 분야별책임기술자

(1) 상위, 관련계획 및 관계법령 등을 철저히 검토하고 시설물 조사를 통한 각종 조서 작성 등을 추진하여야 한다.

(2) 기 시행한 기존 각종 계획 및 조사 결과를 검토하고 신뢰성이 확보된 기 평가자료에 대하여 활용 여부를 판단하여 중복 조사 방지계획을 수립하여야 한다.

(3) 신뢰성이 확보된 기 평가자료와 시설물 조사 결과를 활용하여 조사구간 설정 및 관 상태 평가 방법을 결정하고 관 상태 평가를 성실히 수행하여야 한다.

(4) 과업의 착수 전 『상수관로 정밀조사 매뉴얼(2019년, 환경부)』을 충분히 숙지하여 과업수행에 차질이 발생하지 않도록 노력하여야 한다.

(5) 관 상태 평가 결과를 반영한 노후 상수관로 정비 기본계획을 수립하여야 한다.

20. 협업에 대한 의무

(1) '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(경기도)'은 '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(강원도)', '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(충청도)', '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(전라도)', '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(경상북도)', '노후 상수관로 정비 기본계획 용역(경상남도)'의 계약대상자와 상시 협업 체계를 구축 및 상호협력을 통해 과업성과품의 품질을 확보하는데 노력해야 한다.

(2) 타 지역의 자료 협조 요청이 있을 경우 적극 협조 한다.

- 이하여백 -

Ⅱ. 특별과업내용서

1. 과업수행 내역

1.1 과업개요

1.1.1 상수도시설물 조사

(1) 상수도시설물 조사

1) 시설물 현황조사

2) 밸브류 조사(직접 조사 구간)

3) 관로탐사

1.1.2 관 상태 평가

(1) 관 상태평가

1) 운영자료 수집

2) 관 상태 평가(간접평가, 직접평가)

1.1.3 노후 상수관로 정비 기본계획 수립

(1) 노후 상수관로 정비 기본계획 : 1식

1.2 과업성과품 제출

1.2.1 단위과업에 대한 성과품 제출

계약상대자는 과업중 별도의 성과품이 작성될 수 있는 아래 단위과업에 대한 성과품은 감독원과 사전협의하여 해당 단위과업의 완료와 동시에 감독원에게 제출하여야 한다.

(1) 상수도시설물 조사 조서

(2) 관 상태 간접 및 직접 평가 조서

(3) 노후 상수관로 정비 기본계획 보고서

1.2.2 과업수행과정의 활용자료

과업수행 과정에서 수집되고 직·간접적으로 과업수행에 활용된 자료는 감독원의 지시에 따라 용역성과의 부속도서에 포함시키거나 별도로 OO시(군)에 제출하여야 한다.

1.2.3 과업성과품의 범위

이 과업과 관련한 성과품에는 다음사항이 포함되며, 성과품 작성에 대한 인쇄 비용은 산출내역서상의 도서인쇄비에 포함되어 있다.

< 성과품별 제출수량 >

성 과 품 명	제 출 수 량
1) 보고서	
① 노후 상수관로 정비 기본계획 보고서(최종)	10부
② 노후 상수관로 정비 기본계획 보고서(기술심의용)	10부
2) 각종조서	
① 시설물 대장	10부
② 관 상태 간접 및 직접 평가 보고서	10부
3) 도면 및 기타 성과	
① 설계도면(A3 규격 축소도면)	10부
② 용역성과품 CD-ROM 또는 이동식 저장장치	10set
③ 사업현황도	1식
④ 사진첩	10set

- 이하여백 -

2. 과업수행 지침

2.1 일반사항

2.1.1 기본지침

(1) 계약상대자는 본 과업을 수행함에 있어 사업의 목적에 부합되고 경제적이며 효율적인 성과 도출을 위해 관련 규정에 의거 과업을 성실히 수행하여야 한다.

(2) 계약상대자는 국가 정책사업이나 지자체 계획사업 등 현지여건 변동 등과 연계하여 종합적으로 검토하고 필요한 경우 이를 보완한다.

(3) 계약상대자는 이 과업에 사용된 각종 소프트웨어와 적용된 관련기준, 근거 및 사유, 출처 등을 상세히 보고서에 수록하여야 한다.

(4) 계약상대자는 각 부문별 과업수행에 있어 관련법규에 저촉되지 않도록 하여야 한다.

(5) 계약상대자는 본 과업 수행과정에서 타 시설물에 대한 훼손 등의 피해 발생이 없도록 사전에 조치하여야 하며, 이의 소홀로 인한 책임은 계약상대자가 진다.

(6) 적용되는 모든 자재는 국제표준규격 또는 한국산업규격이나 이와 동등 이상의 성능을 보유하고 수도법 등 관련규정에 적합한 자재를 선정하여야 한다.

(7) 계약상대자는 모든 시설물의 배치 및 내·외부 설계에 있어 자연훼손을 최소화하여야 하고 주변경관과의 조화와 생태계 보전대책 수립 등을 고려한 환경 친화적인 설계 개념을 도입하여야 한다.

(8) 계약상대자는 현장조사 전 관련 법령에서 정하는 바에 따라 안전관리계획 수립시 안전관리자를 선임 후 감독원에게 승인을 득하여야 한다.

(9) 계약상대자는 안전관리자로 하여금 수시로 안전점검을 실시하는 등 안전관리를 강화하여야 한다.

(10) 계약상대자는 기존시설의 운영관리 개선사례, 사고사례 및 각종 연구 성과들을 광범위하게 조사, 분석하여 이 과업에 반영함으로써, 원활한 노후 상수관로 정비 기본계획 수립이 될 수 있도록 하여야 한다.

(11) 계약상대자는 직접평가가 가능한 지점을 선정하고, 지점 선정을 위한 대안별 비교. 검토를 할 경우 현지조사를 통해 조사 대상지역내 문제점 발생 가능성에 대해 충분히 검토하고 이에 대해 대책을 강구하여 감독원과 반드시 협의한 후 작업계획을 수립하여야 한다.

2.1.2 적용기준 및 기술

(1) 이 과업내용서에서 제시하는 과업수행 방법, 설계기준, 『상수관로 정밀조사 매뉴

얼(2020. 환경부)』에 따라 과업을 수행하여야 하며, 명확하지 않은 사항들은 감독원과 협의하여 결정하여야 한다.

(2) 이 과업수행을 위한 조사, 조서 및 관망도 작성 등은 이 과업내용서 해당조항에서 특별히 정하는 것 이외에는 다음 법령과 기준의 최신내용에 만족하도록 하여야 한다.

1) 상수도설계기준(환경부)

2) 상수도시설 유지관리 매뉴얼(환경부)

3) 상수도 관망진단 매뉴얼(환경부)

4) 상수도 배급수 시스템 수질관리 매뉴얼(AWWARF)

5) 상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)

6) 지방상수도 현대화사업 업무처리지침(환경부)

7) 지방상수도 현대화사업 업무편람(환경부)

8) 광역 및 공업용수도 적정개량시기 및 타당성검토 연구

9) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토부)

10) 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부)

11) 밀폐공간작업 질식재해예방 매뉴얼(고용노동부)

12) 밀폐공간 작업안전 매뉴얼(안전보건공단)

13) 기타 과업 및 사업수행 관련 법령

(3) 계약상대자는 법령 또는 기준이 바뀌었을 때는 새로운 법령 또는 기준에서 정한 바에 따라야 하며, 법령 또는 기준의 내용이 서로 상이하거나 여러 방법이 제시된 경우에는 계약상대자의 의견을 제시하여야 하고 감독원과 협의하여 결정하여야 한다.

(4) 이 과업을 수행하기 위한 기준은 상기 (2)항의 각목에 국한되는 것은 아니며, 계약상대자는 이 과업의 특성에 맞는 국내·외 최신기술을 적용하여야 한다.

2.1.3 안전관리

(1) 계약상대자는 점검기구와 장비를 적절히 운용하고 안전관리에 만전을 기하기 위해 시설물별 안전수칙을 작성, 시행해야 하며 이에 따른 안전관리계획서를 수립한다.

(2) 계약상대자는 공공의 안전측면에서 시설물 조사기간 동안 교통통제와 작업공간 확보를 위한 적절한 조치에 대한 계획을 감독원과 협의 후 수립 시행하여야 한다.

(3) 계약상대자는 현장 작업자를 대상으로 안전교육을 실시하도록 하며 안전보건관리규정(OO시(군))에 따라 안전보건교육일지(별지 제8호 서식)를 작성하여야 한다.

(4) 계약상대자는 고용노동부장관의 검정 합격품을 사용하고 적정한 보호구를 착용함과 동시에 적합한 안전시설을 설치하며 다음 작업시에는 반드시 해당 보호구를 착용한다.

1) 높이 2m이상 고소작업으로 추락위험이 있는 장소에서는 추락방지 안전장비를 착용한다.

2) 낙하물에 의한 위험이 있는 장소는 안전모 및 안전화를 착용한다.

3) 분진 등이 현저하게 발생되는 장소는 분진 방지 마스크를 착용한다.

4) 시료채취 작업 등 비산물이나 파편에 의한 위험이 있는 작업은 보안경 또는 보안면을 착용한다.

5) 기타 위험요소가 있는 장소에서의 작업시에는 적절한 보호용구를 사용한다.

(5) 계약상대자는 안전사고 발생시 응급조치를 취하고 신속하게 인근병원으로 후송하며 관련법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간내에 산업재해조사표(산업안전보건법 시행규칙 제4조)에 의거하여 보고하여야 한다.

(6) 계약상대자는 다음 안전수칙을 반드시 준수한다.

1) 일기 조건으로 작업 수행이 곤란한 경우에는 작업을 하지 아니한다.

2) 위험한 작업 시에는 안전관리자 주관하에 특별교육을 실시한다.

3) 작업 실시전에 작업에 지장을 주는 요인이 있을 경우 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후에 작업을 실시한다.

4) 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 교통신호수, 감시인 배치 등)를 한다.

5) 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 감독원 및 지자체와 사전협의를 하여야 한다.

6) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고 식별이 용이하도록 조치를 하여야 하며, 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.

7) 전기를 사용 할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.

8) 측정장비 사용시 주의사항을 숙지하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.

9) 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.

(7) 밀폐공간 안전관리에 대한 단가는 산출내역서 상의 “식” 단가로 하되, 산출내역서 상 계상된 계약금액을 초과할 수 없다.

2.1.4 현장업무에 대한 상주 및 비상주

(1) 과업 특성상 관로 탐사 및 부단수 내시경조사 등 현장 상주가 필요한 경우에는 해당 과업을 수행하는 동안 소요 상주 인력이 현장에 상주하여야 한다.

(2) 관 시편 채취 등 해당 과업을 수행하는 동안 일부기간에 한정하여 현장조사가 필요한 경우에는 소요 비상주 인력이 현장에서 과업을 수행하여야 한다.

(3) 해당 인력에 소요되는 주재비는 산출내역서 상의 대가에 포함되어 있으며, 「엔지니어링 사업 대가의 기준」에 의한 모든 현장운영경비는 직접경비 세부항목에 포함되어 있다.

2.1.5 과업수행 절차 및 보고

(1) 계약상대자는 과업의 효율적인 수행을 위하여 다음과 같은 절차에 의거 과업을 수행하여야 하며, 과업수행 절차의 변경이 필요한 경우 감독원과 협의하여 결정하여야 한다.

(2) 계약상대자는 단위과업 수행 전에 과거 지자체에서 수행한 관련과업 및 이전단계의 단위과업 성과 등 관련 자료를 충분히 검토한 후 감독원과 계획에 대해 협의하여야 하고, 과업수행 과정 및 결과에 대해서도 감독원과 협의하여 감독원이 지시한 사항에 대해서 검토하여 반영하여야 한다.

(3) OO시(군) 내부 기술심의

1) 계약상대자는 노후 상수관로 정비 기본계획 최종 성과를 반영한 기본계획 보고서(안)에(내부 기술검토용) 대하여 연차분 준공 전까지 기술심의를 받아야 한다.

2) 감독원은 동 보고서를 사내 규정에 따라 기술검토 요청을 하여야 하며, 특별한 사유가 없는 한 기술검토 결과를 계약상대자에게 통보하여 보고서에 반영하도록 하여야 한다.

< 노후 상수관로 정비 기본계획 업무 처리절차(추진시기 조정 가능) >

추진시기	상수도시설물 조사	관 노후도 평가 및 노후관 정비 기본계획	성과보고(→감독원)
D+1개월	관로정보 수집 및 작업준비 ↓		
D+2개월	시설물 현황조사	간접평가 누수 복구구간 직접평가 우선시행	현황 조사자료 분석 및 결과 기 시행 유사과업 중복도 조사
D+3개월	↓ 관로탐사(송,배)		관로탐사 및 간접평가 결과 직접평가 실시계획서(안)
D+4개월			
D+5개월		↓	
D+6개월		직접평가 (누수복구, 표본조사, 부단수 내시경)	
D+7개월			
D+8개월			관 상태 평가 결과 (기 평가결과 비교 포함)
D+9개월			
D+10개월		↓	
D+11개월		노후 상수관로 정비 기본계획(안) 수립 및 내부기술 심의 진행	보고서(안) 제출 및 기술심의
D+12개월		↓ 최종 성과보고서 보완 작성 · 제출 (노후 상수관로 정비 기본계획 보고서)	최종 용역성과 보완 · 제출

2.2 상수도시설물 조사

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>세부업무내용</th><th>성과보고(→감독원)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상수도시설물 조사</td><td>기초자료 수집
및 작업준비 등</td><td>• 자료 조사 및 수집
• 조사기록지 작성
• 원도제작 등</td><td></td></tr>
<tr><td>↓</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>상수도시설물 조사</td><td>• 시설물 현황조사
• 밸브류 조사(직접 조사 구간)
• 관로 탐사</td><td>조사결과 제출</td></tr>
</table>

2.2.1 기초자료 수집 및 작업준비 등

(1) 계약상대자는 현장조사 및 관망도 작성 등을 위하여 다음 사항이 포함된 자료를 수집 및 정리하여야 한다.

구 분	내 용
자료 조사 · 수집	· 사회 및 인문현황 조사 · 생산량 및 급수량(최근 3년간 월별, 지역 또는 계통별) · 상수도시설 현황 자료(필요시 현장조사 병행) · 상수도시설 확장, 개량, 변경 등의 자료 · 수도사고 이력 및 원인분석 관련자료 · 생활민원(수질, 수압, 출수불량 및 상수도 누수신고 등) 관련자료 · 유수율 분석자료 · 연간 계획단수 계획 등 관련 자료 · 관련 도면 수집·정리 · 사업대상 지자체 급수구역 상수도 관망도 · 사업대상 지자체 급수구역 GIS 자료 · 기타 상수도 현황 자료(수압, 유량 등 관망 운영자료) · 지자체 수도정비기본계획, 상수관망 기술진단 등 관망 관련자료

(2) 계약상대자는 수집된 자료의 신뢰성 확보와 최신 정보수집 및 현장 실태 파악 등을 위하여 필요시 현장조사를 통하여 확인하여야 한다.

(3) 기초자료 조사 및 수집 과정에서 수집된 자료는 과업 성과 보고서 등에 정리되어야 하며, 과업 완료시 감독원에게 제출하여야 한다.

(4) 계약상대자는 본 과업의 효율적인 실행을 위하여 수집된 관로정보를 바탕으로 각종 조사기록지 및 원도를 작성하여야 한다.

구 분	내 용
작업준비	· 시설물 조사기록지 작성 · 밸브류 조사기록지 작성 · 원도 제작(외업도 출력)

(5) 조사기록지 및 원도 작성은 해당 과업내용서에 따른다.

(6) 계약상대자는 단위 과업별로 현장 세부조사 계획을 상세히 수립하여야 하며, 다음 사항이 포함된 현장 세부조사 계획서를 제출하여 감독원의 사전 승인을 받아야 한다.

1) 과업 순서 및 방법

2) 예정 공정 및 계획

3) 특급기술자를 책임기술자로 하는 조사 수행 조직표

4) 시설물 조사, 밸브류 조사(직접 조사 구간), 관로탐사 시 안전 및 교통대책 계획서

5) 기타 감독원의 승인이 필요하다고 인정되는 사항

(7) 대가의 지불

기초자료 수집 및 작업준비 등에 대한 대가는 산출내역서상의 상수도시설물 조사 항목의 계약금액에 포함되어 있다.

2.2.2 상수도시설물 조사

도·송·배수관로 시설물에 대한 조사를 실시하여야 하며, 아래와 같은 절차 순으로 과업을 추진하여야 한다.

시설물 현황조사 (관로, 밸브류 등) ⇨ **현황조사자료 분석 및 결과보고** ⇨ **관로탐사**

(1) 시설물 현황조사

기초자료 수집 ⇨ **기록지 작성 원도작성** ⇨ **개선 필요 사항 분석 및 결과보고**

1) 기 수집된 기초자료를 바탕으로 도·송·배수관로 등에 대한 세부 시설현황을 조사하여야 한다.

2) 관로 조사는 기 제작된 관망도(원도)를 바탕으로 관로의 연결 관계를 파악하여 매설위치 및 매설환경 등을 조사하는 것으로 관 상태 평가 시 활용한다.

3) 밸브류 조사는 해당 지자체로부터 제공되는 기 제작된 관망도(원도)와 서류자

료(밸브대장 등)를 바탕으로 직접 조사를 위한 단수구간에 밸브 종류, 구경, 재질, 회전방향, 회전수 등에 대한 조사 및 정리하는 것을 말하며, 문제 밸브류 등 밸브류 현황을 파악한다. 여기서, 밸브류란 제수밸브(이토밸브 포함), 감압밸브, 공기밸브를 말한다.

4) 계약상대자는 지자체의 관망관리 담당자 및 긴급복구협력업체 직원과 면담하여 보다 정확한 관로 조사가 될 수 있도록 하여야 하며, 연결 여부가 불확실한 교차 관로는 파악하여 감독원에게 사전보고를 하여야 한다.

5) 조사내용 및 방법에 대한 세부사항은 『상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)』에 따른다.

6) 개선 필요사항 분석 및 결과보고

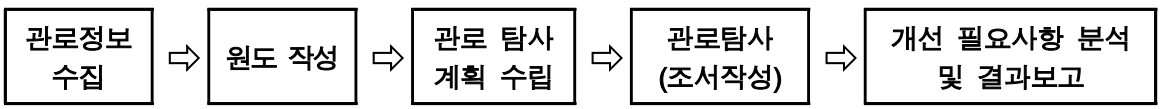
관로 노출, 지상 누수 등 긴급보수가 필요한 사항과 불량 관종, 제수밸브, 공기밸브 및 이토밸브 미설치 구간, 관로 미파악 구간에 대해 정리하고 조사기록지, 문제점 및 대책을 검토하여 감독원에게 보고하여야 한다.

7) 대가의 지불

① 시설물 및 관로 조사에 대한 단가는 산출내역서상의 “km”당 단가로 하고, 이행 수량에 따라 정산한다. 단, 관망도에 반영되지 않은 수량은 정산에서 제외한다.

② 이 단가에는 시설물 및 관로 조사, 자료 정리 및 조서 작성 등 모든 비용이 포함된다. 단, 현장상주에 따라 발생하는 모든 현장운영경비는 직접경비 세부항목에 포함되어 있다.

(2) 관로 탐사



1) 관로 탐사라 함은 직접조사 평가대상 중 기 제작된 관망도(원도)상에는 표시되어 있지 않은, 밸브류의 매몰로 간접 확인이 어렵고, 관망상 주요 관로임에도 불구하고 위치확인이 어려운 경우 관로 탐사장비를 활용하여 관로의 위치를 조사하는 것을 말한다.

2) 관로 탐사는 도·송·배수관로에 한해 실시하며 현장에 상주하여 조사하여야 한다.

3) 계약상대자는 현장 조사 전에 조사기록지, 인원, 장비, 일정 등과 안전 및 교

통대책 등이 포함된 세부계획서를 작성하여 감독원의 승인을 받아야 한다.

4) 개선 필요사항 분석 및 결과보고

① 관로 탐사 결과 긴급보수가 필요한 사항과 관망도 오류 구간에 대해 정리하고 조사기록지, 문제점 및 대책, 사진 및 상세도를 첨부하여 감독원에게 보고하여야 한다.

② 밸브류 조사 결과 밸브고장, 철개파손, 매몰밸브 등 개선이 필요한 사항에 대해 정리하고 정비 기본계획 수립시 반영하여야 한다.

5) 조사내용 및 방법에 대한 세부사항은 『상수관로 정밀조사 매뉴얼(환경부)』 및 『상수관망 최적기술 안내서(환경부)』 에 따른다.

6) 대가의 지불

① 관로 탐사에 대한 단가는 산출내역서상의 “km”당 단가로 하고, 이행 수량에 따라 정산한다. 단, 정산을 위해 관로 탐사 결과보고를 증빙자료로 제출하여야 한다.

② 이 단가에는 관로 탐사, 자료 정리 및 조서 작성 등 모든 비용이 포함된다. 단, 현장상주에 따라 발생하는 모든 현장운영경비는 직접경비 세부항목에 포함되어 있다. 한편, 관망도 전산화 작업에 소요되는 비용은 포함되어 있지 않으므로, 관망도 전산화 작업 필요 시 감독원과 별도 협의하여야 한다.

- 이하여백 -

2.3 관 상태 평가

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>세부업무내용</th><th>성과보고(→감독원)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">운영자료 수집 및 분석</td><td>기초자료 수집</td><td>• 관망도 관리 현황
• 계통별 용수공급 현황 현황
• 누수탐사 및 복구 현황
• 민원관리 현황(수질 등)
• 송배수 수질검사 현황
• 기시행 유사과업 성과</td><td></td></tr>
<tr><td>↓
기초자료 분석</td><td>• 관망현황 분석(상수도시설물 조사결과 반영)
• 누수복구 현황 분석
• 민원현황 분석
• 송배수 수질검사 현황 분석
• 기시행 유사과업 성과 분석</td><td></td></tr>
<tr><td>관 상태 평가</td><td>↓
관 상태 평가</td><td>• 조사 구역 및 구간 분할
• 노후도 평가(관 상태 간접 및 직접 평가)
• 수질진단(수질안전성, 수질변동성 평가, 잔류염소 예측)</td><td>관 상태 평가 보고서</td></tr>
</table>

2.3.1 운영자료 수집 및 분석

(1) 기초자료 수집 및 분석

1) 계약상대자는 체계적인 노후 상수관로 정비 기본계획 수립을 위하여 다음 사항이 포함된 기초자료를 수집하여 분석하여야 한다.

구 분	자 료
수집자료	• 기초자료 조사 및 관망 관련 수집자료 • 총괄수량수지 및 유수율 분석 자료(대-중-소) • 관망현황 분석 자료(상수도시설물 조사결과 반영) • 누수탐사 및 복구 현황 자료 • 민원현황 자료(수질 및 누수 민원 등) • 법정 수질검사 자료(최근 3개년 월별) • 주요지점 수압 자료(유입지점, 임계지점, 평균수압지점 등) • 계통별 주요지점 유량 자료 • 수질 자료(Water-age가 가장 짧은 지점, 긴 지점, 중간 지점 등)

2) 수집자료

계약상대자는 필요한 기초자료 목록을 작성하여 감독원과 협의한 후 지자체를 통해 필요한 자료를 수집한다.

2.3.2 관 상태 평가

(1) 조사 구역 및 구간 분할

1) 계약상대자는 조사 구역 및 구간 분할, 노후도 평가기준 설정을 위해 수집자료를 활용하여 다음 사항을 검토하여야 한다.

① 급수지역 및 공급계통 검토

② 급수방식 및 출수불량 지역 검토

③ 관종 및 관경, 배수본관 및 지관 검토

④ 과거사고 및 민원문제 발생지역 검토

⑤ 점검, 보정, 개량 및 교체이력 검토

2) 계약상대자는 관 재질, 관경, 매설년수, 관로용도 등의 관리항목을 기준으로 관로를 그룹핑하여 조사구간을 분할하고, 구간별로 평가를 시행하여 우선적 관개량 의사결정시 우선순위 및 관 개량방안을 수립하는 최소단위로 활용하여야 한다.

3) 구간분할 기준에 대한 세부사항은 『상수관로 정밀조사 매뉴얼(2020, 환경부)』에 따른다.

(2) 관 노후도 평가

1) 노후도 평가는 기본 정보를 통해서 관의 상태를 예측하고 개량방안을 수립하는 “관 상태 간접평가(이하 "간접평가"라 한다.)”와 굴착 후 또는 노출 상태의 실제 관의 상태를 조사하는 “관 상태 직접평가(이하 "직접평가"라 한다.)”로 구분하여 시행하여야 한다.

2) 계약상대자는 간접평가 결과를 활용하여 직접평가 대상구간을 선정하고, 직접평가 실시계획서를 작성하여 착수 후 5개월 내 보고하여야 하며, 지점별 직접평가 실시 전 해당 지자체가 단수 및 통수 작업을 실시할 수 있도록 계획단수 계획을 포함한 작업계획을 수립하여 감독원에게 승인을 받은 후 시행하여야 한다.

3) 직접평가 가능 지점 선정 시 기 시행한 관 상태평가 결과, 간접평가 결과 및 사고 이력 등을 반영하여 우선순위 등을 고려하여야 한다.

4) 직접평가 가능 지점 선정 시 지자체 담당자와 사전 협의를 거쳐야 하며, 상수관망 기술진단, 정밀안전진단, 연간 계획단수, 개대체 공사, 관로 이설 등 직접평가 실시계획서(안)에 반영하여야 한다.

5) 계약상대자는 직접평가 과업 수행 전 현지여건, 민원발생 사례, 향후 인·허가 등 예상문제점을 사전 조사하여 대책을 수립하여야 한다.

6) 과업기간 중에 관로이설 등의 계획단수가 발생하는 경우 사전에 지자체 담당자 및 감독원과 협의하여 직접평가를 시행한다.

7) 과업기간 중 돌발사고 발생으로 관 상태 직접평가가 가능한 경우 지자체 담당자 및 감독원과 협의하여 직접평가를 시행한다.

8) 계약상대자는 과업수행 상 관련기관 인·허가를 득할 필요가 있는 경우에는 감독원의 지원 및 협조를 받아 인·허가 신청 및 획득 업무를 수행하여야 하며 이의 지연으로 발생하는 책임은 계약상대자가 부담하여야 한다.

9) 직접평가는 도·송·배수관로에 대하여 실시하여야 하며, 필요시 사진과 동영상으로 촬영하여야 하고, 해당 파일의 원본을 감독원에게 제출하여야 한다.

10) 기존 관망 기술진단과의 비교, 분석 결과를 반영한 관상태 평가결과를 감독원에게 제출하여야 한다.

11) 조사 절차 및 방법에 대한 세부사항은 『상수관로 정밀조사 매뉴얼(2020, 환경부)』에 따른다.

(3) 수질조사

1) 계약상대자는 정수장에서 수질기준을 만족한 고품질의 수돗물이 공급과정을 거치면서 내·외부 오염원에 대한 수질악화로 인하여 소비자의 보건에 위해를 끼칠 우려가 있는지 여부를 평가하여야 하며, 그 결과를 정비 기본계획 수립시 활용하여야 한다.

2) 수질조사는 기존의 정수장수질과 관로수질자료를 바탕으로 수질기준 대비 초과여부에 대하여 수질안전성 평가, 수질변동성 평가, 잔류염소 예측으로 구분하여 시행하여야 한다.

3) 조사 절차 및 방법에 대한 세부사항은 『상수관로 정밀조사 매뉴얼(2020, 환경부) 부록 F』, 『상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)』 및 『상수도 관망진단 매뉴얼(환경부)』에 따른다.

(4) 대가의 지불

1) 관 상태 평가에 대한 단가는 산출내역서 상의 “개소” 단가로 하고, 이행 수량에 따라 정산한다. 단, 정산을 위해 관 상태 평가 결과보고를 증빙자료로 제

출하여야 한다.

2) 이 대가에는 관체조사비, 토양조사비, 표본굴착비(누수복구공사 시 시행되는 직접평가의 경우 표본굴착비 제외) 등에 소요되는 모든 비용이 포함된다. 단, 부단수 내시경조사, 시편채취 경비는 관 상태 평가에 대한 비용에 포함되어 있지 않으며, 해당 비용은 산출내역서 상의 부단수 내시경조사 및 시편채취 대가에 별도 계상되어 있다.

3) 또한, 해당 지자체에서 수행예정인 단수 및 통수작업, 이토 및 관 세척 경비는 포함되어 있지 않다.

- 이하여백 -

2.4 노후 상수관로 정비 기본계획 수립



2.4.1 노후 상수관로 정비계획 수립

(1) 노후 상수관로 정비계획 수립(부속시설 포함)

1) 계약상대자는 기존의 관망도, 관로 및 밸브류 조서, 운영자료(유량, 수압), 단계시험 결과, 누수탐사 및 복구 현황, 민원현황 등을 분석하여 도·송·배수관로 정비계획을 수립하여야 한다.

2) 계약상대자는 노후 상수관로 정비계획 수립시 관련계획과 상호 연관성을 갖도록 계획하여야 한다.

3) 계약상대자는 노후 상수관로 정비 기본계획 수립시 현재 공급중인 물수요에 대응할 수 있을 뿐만 아니라 비상시에도 물공급이 가능하도록, 지자체가 보유하거나 현대화사업 등 최근 유사과업 시 수행한 기존의 관망해석 자료(EPA-Net) 등을 활용하여 검토하고 보고서를 작성하여 제출하여야 한다.

4) 자료 분석 및 방안 수립 방법에 대한 세부사항은 『상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)』에 따른다.

5) 계약상대자는 노후 상수관로 정비 기본계획 수립을 위하여 다음과 같은 사항들을 분석하여 정비 기준을 수립하여야 하며, 분석 및 기준 수립시 활용된 자료 및 참고문헌을 명시하여야 하고 감독원 요구시 사본을 제출하여야 한다.

① 관종별, 매설년도별 관로 현황 분석

② 관로 현황 분석

③ 문제 밸브류 등 밸브류 현황 분석(직접 조사 구간)

④ 공급량 및 누수량 현황 분석

⑤ 단계시험 결과 분석(단계시험 실시 결과 분석 자료 활용)

⑥ 누수탐사 및 누수복구 현황 분석(최근 2년간 부위별, 구경별, 관종별, 원인별 분석)

⑦ 민원현황 분석

6) 계약상대자는 위에서 수립한 정비기준을 바탕으로 다음사항이 포함된 노후 상수관로 정비방안을 수립하여야 한다.

① 송수관로 정비 계획

(가) 송수관로 정비 계획

(나) 송수관로 정비에 따른 송수관로 신설 계획 등

② 배수본관 정비 계획

(가) 배수본관 정비 계획

(나) 배수본관 정비에 따른 배수본관 신설 계획 등

③ 배수지관 정비계획

(가) 문제관로(노후관 등) 정비 계획

(나) 기타 배수지관 정비 계획 등

④ 밸브류 정비 계획

(가) 밸브류 정비 계획(직접 조사 구간)

(나) 밸브류 신설 계획

7) 계약상대자는 교체관로의 관경 결정시 수리진단에서 도출된 저유속, 정체구간 등에서의 잔류염소 저하문제, 체류시간 문제 등을 최소화할 수 있도록 관경을 검토하여야 한다.

8) 계약상대자는 우선 관망정비가 수행한 구간에 대해 정비 필요사유 및 근거 등을 포함하여 노후 상수관로 정비 기본계획을 작성하여야 한다.

9) 계약상대자는 사고발생가능성이 높은 상수관로 구간을 찾아 개량방안, 우선순위, 개량시기를 과학적이고 합리적으로 도출하여야 한다.

10) 계약상대자는 노후 상수관로의 개량공사 시행 중 차질 없이 용수공급이 가능하도록 방안을 검토하여 제시하여야 한다.

11) 계약상대자는 노후 상수관로 개량 적정 개량 시기 산정 결과에 따른 적정성을 검토하고 검토결과를 반영하여 각 구간별 노후 상수관로 적정 개량시기

를 제시한다.

12) 계약상대자는 시설개량계획을 위한 개략사업비 등을 산출하고, 필요시 시설개량을 위한 관로 복선화, 배수지 확장 등 경제성을 고려한 시설확충계획을 검토하여야 한다.

13) 계약상대자는 효율적인 사업수행과 중복투자를 방지하기 위하여 기 수행되었거나 수행중인 다음의 상수도 관련 계획 자료를 고려하여야 한다.

① 수도정비기본계획

② 물수요관리 종합계획 및 시행계획

③ 배수지시설 신설 및 개량계획

④ 도·송·배·급수관로 시설 신설 및 개량계획

⑤ 상수도관망 최적관리시스템 구축사업 기본계획

⑥ 상수도관망 기술진단(수도법 제74조)

⑦ 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단(시특법 제11조, 제12조)

⑧ 유수율 제고사업 계획

⑨ 블록시스템 구축사업 계획

⑩ 기타 과업 및 사업수행 관련 계획

14) 계약상대자는 도·송·배수관로 정비에 대하여 개략 사업비 산출 내역서 및 관망정비 계획 관망도를 작성하여 제출하여야 한다.

15) 계약상대자가 부정확한 조사를 하거나 계약상대자의 사정으로 과업수행이 지연될 경우에는 감독원이 과업의 전부 또는 일부를 중단시킬 수 있고 이로 인한 모든 책임은 계약상대자에게 있으며, 이 용역 완료 후 성과의 오류가 있을 경우에는 감독원의 보완조치 요구시 보완 등의 조치를 즉시 수행하여야 한다.

16) 모든 과업은 해당 기술자격 소지자가 실시하여야 하며, 성과물에는 조사자, 작성자 등의 서명날인이 있어야 한다.

2.4.2 관망운영 관리방안

수압제어, 누수량 저감 방안 등을 수립하여야 하며, 수립방안 내용은 노후 상수관로 정비 기본계획 수립에 반영되어야 한다.

(1) 수압제어 방안 수립

1) 계약상대자는 관망도, 운영자료(유량, 수압) 등을 분석하여 감압 및 가압 등

수압제어 방안을 수립하여야 한다.

2) 계약상대자는 수압제어 방안 수립시 관련계획과 상호 연관성을 갖도록 계획하여야 한다.

3) 계약상대자는 수압제어 방안 수립시 배·급수관로 정비 및 현재 공급중인 물수요에 대응할 수 있을 뿐만 아니라 비상시에도 물공급이 가능하도록 관망해석 프로그램(EPA-Net) 등을 활용하여 검토하고 보고서를 작성하여 제출하여야 한다.

4) 자료 분석 및 방안 수립 방법에 대한 세부사항은 『상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)』에 따른다.

5) 계약상대자는 수압제어 방안 수립을 위하여 다음과 같은 사항들을 분석하여야 하며, 노후 상수관로 정비 기본계획 수립시 분석한 자료들을 최대한 활용하여야 한다.

① 관로현황 분석

② 공급량 및 누수량 분석

③ 수압 현황 분석

6) 계약상대자는 위에서 분석한 자료를 활용하여 다음사항이 포함된 수압제어 방안을 수립하여야 한다.

① 기존 배수지 활용방안 및 배수지 추가 설치 필요성 검토

② 감압밸브 설치 위치 및 적정 구경, 개략사업비 등 계획 수립

③ 소규모 가압시설 설치 위치 및 적정 규모, 개략사업비 등 계획 수립

(2) 누수량 저감 방안 수립

1) 계약상대자는 기존의 운영자료(유량, 수압), 단계시험 결과, 누수탐사 및 복구현황, 민원현황 등을 분석하여 누수량 저감 방안을 수립하여야 한다.

2) 계약상대자는 누수량 저감 방안 수립시 관련계획과 상호 연관성을 갖도록 계획하여야 한다.

3) 자료 분석 및 방안 수립 방법에 대한 세부사항은 『상수관망 최적관리 기술안내서(환경부)』에 따른다.

4) 계약상대자는 누수량 저감 방안 수립을 위하여 다음과 같은 사항들을 분석하여야 하며, 노후 상수관로 정비계획 수립시 분석한 자료들을 최대한 활용하여야 한다.

① 단계시험 결과 분석(단계시험 실시 결과 분석 자료 활용)

② 누수탐사 및 누수복구 현황 분석(최근 2년간 부위별, 구경별, 관종별, 원인별 분석)

③ 민원현황 분석

5) 계약상대자는 위에서 분석한 자료를 활용하여 다음사항이 포함된 누수량 저감 방안을 수립하여야 한다.

① 누수탐사 우선순위 결정

② 누수탐사 전략 수립

2.4.3 사업추진계획 수립

(1) 연차별 투자계획 수립

1) 계약상대자는 노후 상수관로 정비계획, 관망운영 관리방안 등에 소요되는 비용을 각 항목별로 구분하여 추정하여야 한다.

2) 계약상대자는 추정된 항목별 사업비에 대한 산출 내역서를 제출하여야 하며, 공사비외의 부대비용 산정방법은 감독원과 협의하여야 한다.

3) 계약상대자는 블록별, 항목별 투자 우선순위와 소요사업비를 고려하여 연차별 투자계획을 수립하여야 한다.

(2) 사업효과 분석

1) 계약상대자는 노후 상수관로 정비계획, 수압제어 방안 등의 관망정비 항목별 기술적 및 경제적 효과분석을 실시하여야 한다.

2) 사업효과 분석은 국내·외 사례와 이 과업내용서에 의한 분석내용을 토대로 수량, 수질, 수압, 유수율 및 누수율 개선, 수도사업 경영개선 등에 대해 객관성을 확보할 수 있도록 분석하여야 한다.

3) 사업효과 분석은 항목별로 계량화가 가능한 유형효과와 비계량화된 무형효과로 구분하여 실시하여야 한다.

(3) 대가의 지불

노후 상수관로 정비 기본계획 수립에 대한 단가는 산출내역서 상의 “식” 단가로 하되, 산출내역서 상의 계약금액을 초과할 수 없다.

2.5 과업성과품 작성

계약상대자는 다음사항들을 준수하여 과업성과품을 작성하여야 한다.

2.5.1 일반사항

(1) 과업의 모든 성과품은 OO시(군) 관련규정에 의거 작성하되, CD-ROM 또는 이동식 저장장치로 제작하여 제출하여야 한다.

(2) 과업수행상 필요한 현황을 비롯한 착공전 직접 조사지역 현황 등을 알 수 있도록 사진과 VIDEO로 촬영 후 사진첩과 이 사진들에 대한 CD-ROM 또는 이동식 저장장치를 제출하여야 한다.

(3) 모든 도면은 CAD로 작성되어야 하며 제보고서, 제계산서, 기타성과는 워드 프로세서를 이용하여 작성한다. 단 사진첩과 같이 워드프로세서로 작성이 불가능한 경우는 이미지 형태로 작성한다.

(4) 설계도서(필요시)는 건설기술진흥법 제48조 및 OO시(군)가 제공하는 “설계도서작성기준”에 따라 작성하여야 한다.

(5) 감독원은 과업수행 과정에서 성과품의 구분, 수량 등의 수정을 지시할 수 있으며 계약상대자는 이에 따라야 한다.

(6) 용역준공 후에 설계오류에 대한 OO시(군)의 수정·보완요구가 있을 때에는 이에 따라야 하며 이에 소요되는 비용은 계약상대자 부담으로 하여야 한다.

- 이하여백 -

[별지 제 1 호 서식]

참여기술자 인적사항, 참여과업내용 및 참여예상기간

분야별 (담당업무)	성 명	생년월일	최종학교 (학 위)	기술자 등 급	자격증		해당분야 근무경력	참여과업내용 (구체적 업무수행 내용)	참여예상 기 간
					종 류	취득일 (등록번호)			

* 첨부 : 기술자격증 사본 1식

[별지 제 2 호 서식]

보 안 각 서

본인은 년 월 일 계약체결한 용역을 시행함에 있어 다음 사항을 준수할 것을 자의 각서로 제출합니다.

1. 본인은 본 용역을 시행함에 있어 계약서 및 과업내용서상의 제반 보안사항을 철저히 이행할 것임.
2. 본인은 보안사항을 외부에 누설시켜 중대한 문제점을 야기시켰을 경우에는 보안관계 제법규에 의거 처벌받아도 이의를 제기하지 않을 것임.

20 . . .

소속 :

직위 :

성명 : (인)

OO시(군) 과(국, 소)장 귀하

[별지 제 3 호 서식]

용역감독원 업무내용

1. 용 역 명 :

2. 용역기간 :

구 분	소 속	직 급	성 명	감독기간	참여업무	날인 (서명)

<주>

· 구　　분 : 주감독원, 보조감독원으로 분류 기재

· 소　　속 : 과(국, 소)를 기재

· 참여업무 : 참여한 분야 및 내용 기재

[별지 제 4 호 서식]

참여기술자 업무내용

성 명	생년월일	자격명칭 (자격증번호)	참여분야	참여업무	구체적업무	참여기간	전화번호	날인 (서명)

[별지 제 5 호 서식] 밀폐공간보건작업 프로그램

본 밀폐공간보건작업 프로그램은 산업안전보건기준에관한규칙 제619조에 의해 수립·시행하여야 하며 작성 의무자는 밀폐공간을 보유한 사업장에서 직접 작업하거나 도급을 주어 작업시키는 발주처의 사업주와 밀폐공간 작업공사를 수주한 수주업체의 사업주입니다.

※ 법령을 위반하여 근로자를 사망에 이르게 한 자는 7년 이하의 징역 또는 1억원 이하의 벌금(산업안전보건법 제66조의2)

작성할 부분은 파란색으로 표시하였으며, 그 외 부분은 사업장 공통사항입니다. 작성완료 후에는 감독원의 승인을 득하고 작업자들께 공람하여 주십시오.

※ 프로그램을 이미 수립한 부서에서는 아래 샘플과 비교 후 부족한 부분에 대해 보완 바랍니다.

○○○ 과업

밀폐공간보건작업 프로그램

0000. 0

수급업체

1. 목 적

동 프로그램은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙” 이라 한다) 제619조 규정에 의한 밀폐공간보건작업 프로그램(이하 “프로그램” 이라 한다)으로서, 밀폐공간[1] 작업시 산소결핍 또는 유해가스로 인한 질식재해를 예방하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 밀폐공간 작업장소

《작성시 유의사항》

- 밀폐공간은 환기가 불충분한 상태에서 산소결핍이나 유해가스로 인한 건강장해 또는 인화성물질에 의한 화재, 폭발 등의 위험이 있는 장소를 말하며, 밀폐된 공간(즉, 사면이 막혀있는 공간)을 의미하는 것이 아님.

  * 산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조(정의)

- 따라서 정수지, 착수정, 흡수정, 유류·원료 저장탱크, 맨홀, 관내, 지하핏트, 호퍼, 배슬러지지, 하수처리장 침전지 등이 해당이 됨. (출입구가 한 곳인 염소저장실 포함)
- 아래 표는 예시로서 밀폐공간에 해당되는 곳은 모두 작성하고 작업장소 위치도 삽입

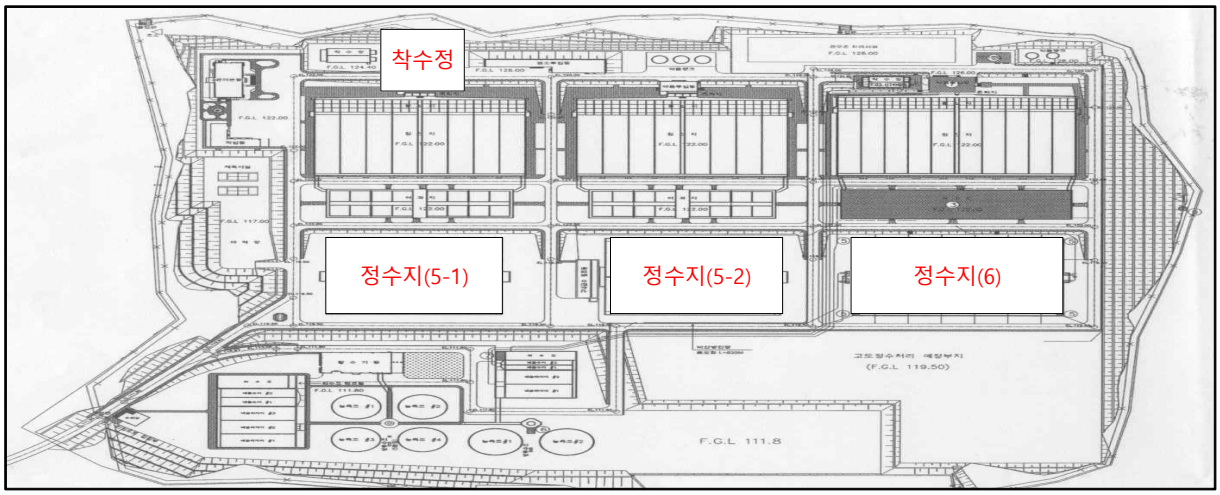
가. 밀폐공간 작업장소

연번	공정명	작업장소		작업내용	작업주기 (작업빈도)	근로자수	비고
		명칭	특이사항				
1	정수처리	5-1계열	별도 발주	청소	연1회	3명	
2	염소투입	염소저장실	자체작업	탱크 교체	주1회	2명	
3	도송수	도수가압장 흡수정	외부 위탁	청소	연2회	2명	
4	도송수	sta17+3 맨홀	점검정비업체 점검	정기점검	반기1회	2명	
8	배출	배슬러지지	자체작업	오일교체	연1회	2명	

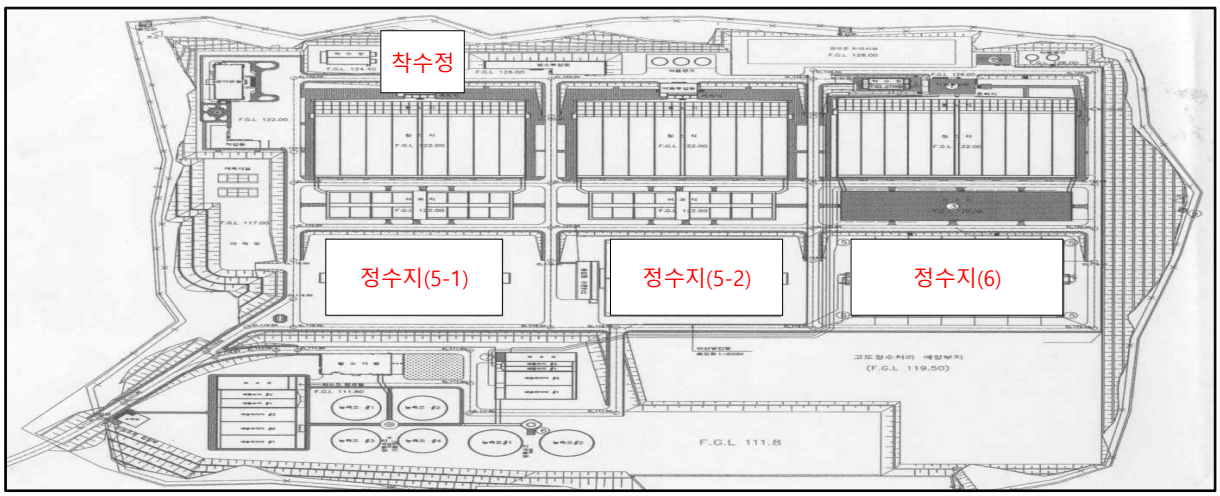
1) 밀폐공간이란 환기가 불충분한 상태에서 ①산소결핍이나 유해가스로 인한 건강장해 또는 ②인화설물질에 의한 화재·폭발 등의 위험이 있는 장소를 말한다.

나. 밀폐공간 작업장소 위치도

① 정수지 5-1계열



② 염소저장실



3. 재해현황

사업장의 최근 3년간 산소결핍 등 질식 재해자수는 아래와 같다.

《 작성시 유의사항 》

- 밀폐공간 재해 발생시 즉시 업데이트
- OO시(군)와 수급업체를 구분하여 작성
- 일용인부, 정수지 청소용역, 관망 유량측정 등의 작업 중 사고 발생시는 기타란에 작성

가. OO시(군)

(단위 :명)

년 도		계	2012년	2013년	2014년	2015년
근로자수		20				
재해자수		0				
산소결핍 등 질식 재해자수	사 망	0				
	부 상	0				

※ 사업장의 최근 3년간 전체 재해현황 및 산소결핍 또는 유해가스로 인한 질식재해 현황작성

나. 수급업체

(단위 :명)

년 도		계	2012년	2013년	2014년	2015년
근로자수		20				
재해자수		0				
산소결핍 등 질식 재해자수	사 망	0				
	부 상	0				

※ 사업장의 최근 3년간 전체 재해현황 및 산소결핍 또는 유해가스로 인한 질식재해 현황작성

다. 기타

(단위 :명)

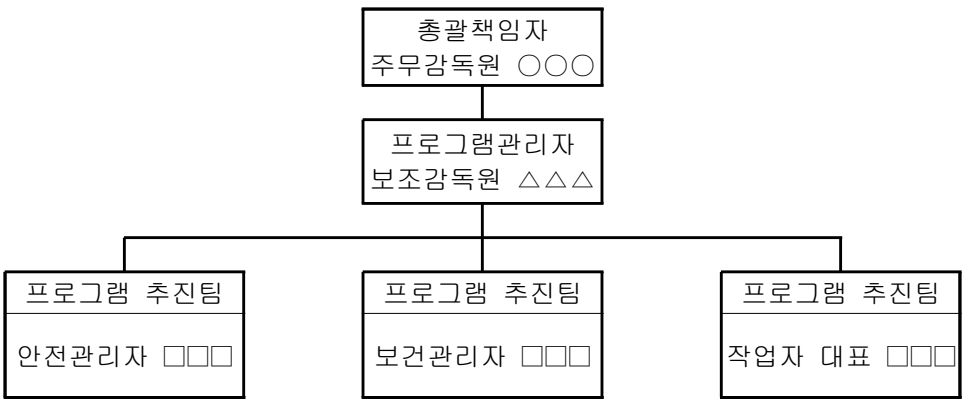
년 도		계	2012년	2013년	2014년	2015년
산소결핍 등 질식 재해자수	사 망	0				
	부 상	0				

※ 사업장의 최근 3년간 전체 재해현황 및 산소결핍 또는 유해가스로 인한 질식재해 현황작성

4. 조직 및 운영

《작성시 유의사항》
- ■ 작업내용, 규모 등 특성에 따라 프로그램 추진팀을 구성
- ■ 추진일정은 사업장 특성에 따라 조절 가능

프로그램 수립·시행을 위한 추진팀은 총 ○○명으로 하고, 아래 조직도와 같이 구성하여 운영한다.



가. 프로그램 추진팀의 구성대상

① 해당공정(작업)별 작업자 대표

② 안전관리자

③ 보건관리자

④ 공정책임자(감독원)

⑤ 관리감독자

⑥ 기타 밀폐공간작업 관련업무 수행자 등

나. 프로그램 추진팀 역할

① 프로그램의 수립 및 수정에 관한 사항 결정

② 교육 및 훈련에 관한 사항을 결정하고 실행

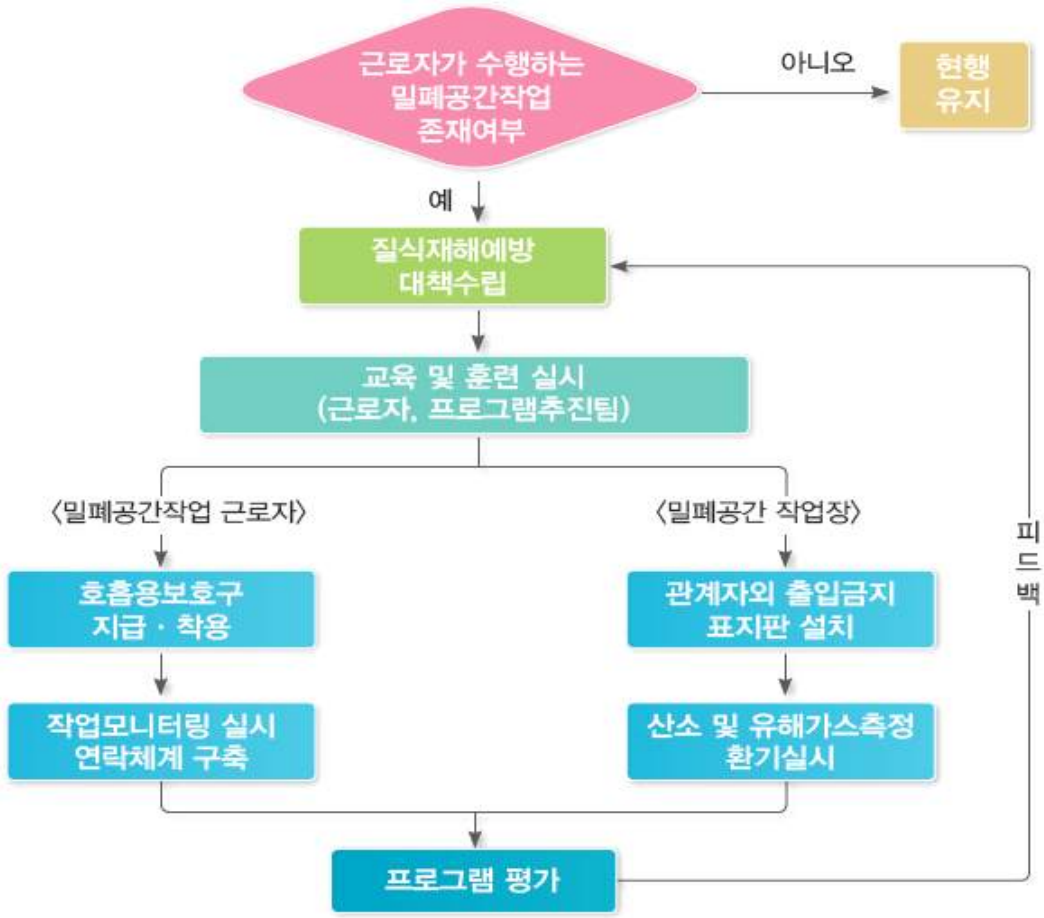
③ 밀폐공간작업계획의 수립 및 시행에 관한 사항을 결정하고 실행

④ 밀폐공간작업 허가증 등 발급 및 작업 지시·감독 업무 수행

⑤ 공기호흡기 등 보호구의 선정, 사용 및 유지관리

다. 프로그램 추진절차

밀폐공간작업 대상 선정	- 관련법령 정의를 근거로 한 밀폐공간 선정
질식재해예방 대책 수립	- 산소 및 유해가스 농도 측정, 환기대책 수립 - 보호구 선정 및 사용, 유지관리 내용 - 응급처치 및 비상연락체계 구축
교육, 훈련 (근로자, 프로그램 추진팀)	- 산소 및 유해가스 농도 측정방법 - 작업절차, 대처요령, 보호구 사용방법 등
밀폐공간작업 모니터링	- 밀폐공간작업 출입 허가 - 작업 관리감독 및 작업지시 등
프로그램 평가	- 재해발생 현황 분석 - 교육 등 연간 업무수행 결과 및 개선내용



[밀폐공간 보건작업 프로그램 운영 흐름도]

라. 프로그램 추진일정(예시, 작업일정을 고려하여 작성)

세부 추진 내용	추진일정												비고
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
ㅇ 프로그램 추진팀 구성													
ㅇ 밀폐공간작업 대상 선정													
ㅇ 질식재해 예방대책 수립													
ㅇ 작업자 교육.훈련 실시													
ㅇ 밀폐공간작업 모니터링 실시													상시
ㅇ 프로그램 평가													

5. 밀폐공간 작업허가

가. 밀폐공간에의 출입금지

《작성시 유의사항》

- ■ 선정된 밀폐공간에 대해 출입이 필요한 곳과 출입없이 외부에서 작업가능한 곳을 나눠 작성
- ■ 선정된 밀폐공간에 대해 밀폐공간 출입금지 표시



1) 밀폐공간에는 근로자가 잘 볼 수 있는 곳에 밀폐공간임을 표시하고 위험을 경고하여야 한다.

2) 밀폐공간내로의 출입은 가능한 한 금지하고, 출입을 해야 할 경우에는 추진팀(담당부서)에서 작업허가를 득한 후 출입하도록 한다.

3) 보유하고 있는 밀폐공간 작업장소를 작업특성상 출입해야하는 경우와 출입하지 않고 외부에서 작업해야 하는 경우를 구분하면 다음과 같다.

출입이 필요한 밀폐공간 작업			출입없이 밀폐공간 외부에서 가능한 작업	
작업명	위치	작업중 유해가스 계속발생 여부	작업명	위치
환기작업	정수지		배수작업	밸브실

나. 밀폐공간작업 기본 작업절차

밀폐공간작업시 아래의 기본 작업절차를 준수하고, 추진팀장은 작업자들이 기본 작업절차를 숙지하여 시행하도록 교육한다.

출입 사전조사	- 밀폐공간 해당여부 - 유해가스 존재 및 유입(발생)가능성 여부
⇩	
장비준비/점검	- 산소농도, 유해가스농도 측정기 - 환기팬, 공기호흡기 또는 송기마스크 - 대피용 기구(사다리, 섬유로프), 안전대, 구명줄, 구조용 삼각대, 무전기 등 안전장구 - 화기작업이 있을 경우 방폭전등, 소방장비 등
⇩	
출입조건 설정	- 출입자, 출입시간, 출입방법 등 결정 - 관계자외 출입금지 표지판 설치
⇩	
출입전 산소 및 유해가스 농도 측정	- 산소 및 유해가스(H_2S, CO_2, CO, CH_4 등) 농도 측정 - 측정지점수, 측정방법을 준수하여 실시
⇩	
환기 실시	- 작업장소에 따라 적합한 환기방법, 환기량 적용
⇩	
밀폐공간보건작업 허가서 작성 및 허가자 결재	- 작업허가서 양식 활용 - 화기작업 허가는 밀폐공간보건작업 허가내용에 포함 - 프로그램 추진팀장 결재
⇩	
감시인 배치	- 감시인 배치 및 작업관리
⇩	
감시모니터링 실시	- 밀폐공간 내 작업상황 상시 확인 - 작업자와 연락체제 구축
⇩	
밀폐공간 작업허가서를 작업장에 게시	- 밀폐공간 출입구 등에 게시
⇩	
밀폐공간 출입	- 사다리 등을 이용 - 출입인원 확인
⇩	
문제발생시 즉시보고	- 관리감독자 등 추진팀에 연락 - 재해자 발생시 119 연락

다. 밀폐공간안전보건작업 허가서 발급

1) 작업 전에는 밀폐공간 출입을 제한하고 작업에 관계된 관리감독자, 감시인 등은 아래의 작업허가서를 작성하여 추진팀장에게서 발급 받은 후 작업을 시행한다.

밀폐공간안전보건작업 허가서

ㅇ 신청인 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)
ㅇ 작업수행시간 : ___월___일___시 ~ ___월___일___시
ㅇ 작업장소 : _____
ㅇ 작업내용 : _____
ㅇ 출입자명단 : _____
ㅇ 작업관리감독자 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)

위 공간에서의 작업을 다음의 조건하에서만 허가함.

1. 화기작업허가 필요유무: □ 필요 □ 불필요

2. 내연기관(양수기) 또는 갈탄 등의 사용여부 : □ 사용 □ 미사용(양수기등 작업중 가능성도 검증)

3. 안전조치 요구사항

확인항목	해당여부	확인결과
안전담당자지정 및 감시인 배치		
밸브차단, 맹판설치, 불활성가스 치환, 용기세정		
산소농도 및 유해가스농도 (계속)측정		
환기시설 설치		
전화 및 무선기기 구비		
방폭형 전기기계기구의 사용		
소화기 비치		
공기공급식 호흡용보호구 비치		
안전장구 구비		
안전교육 실시		

4. 산소 및 유해가스 농도 측정결과

측정물질명	측정농도	측정시간	측정자	감시인 확인
산소(O_2)				
탄산가스(CO_2)				
황화수소(H_2S)				
일산화탄소(CO)				

5. 특별조치 필요사항 :

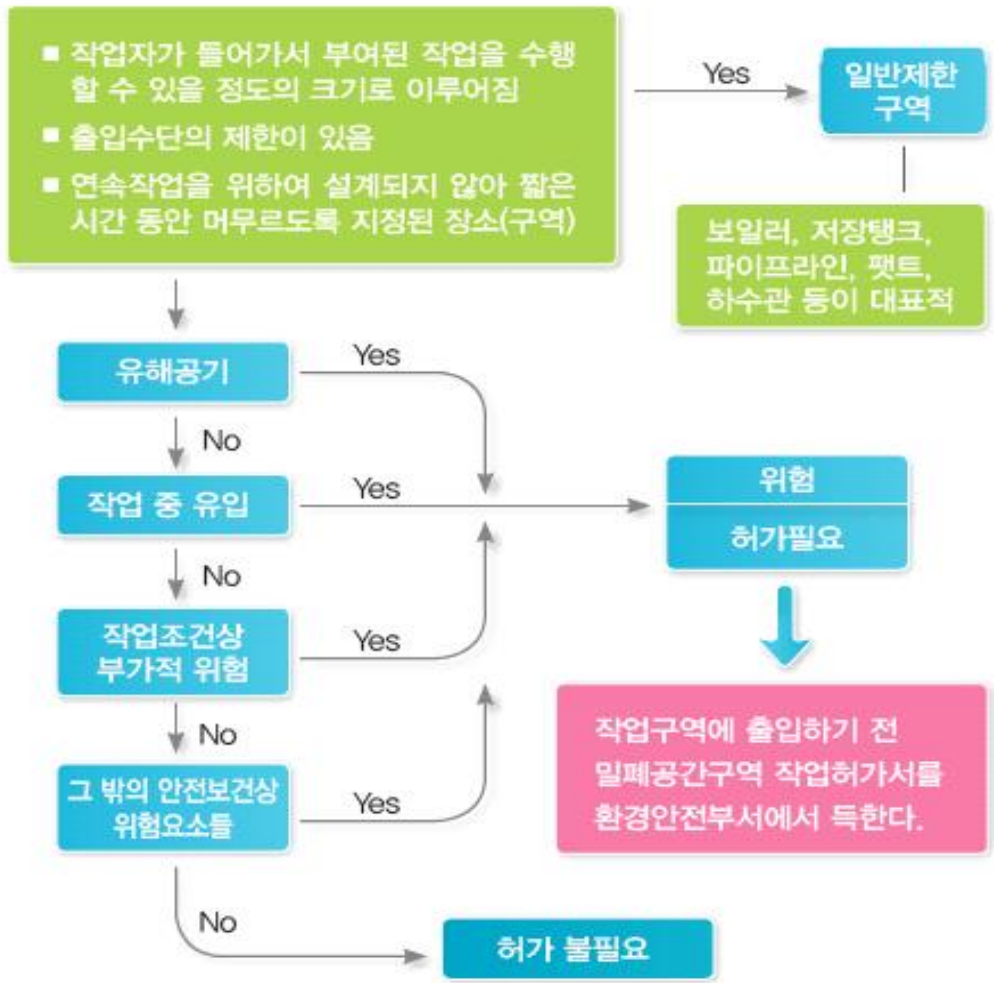
최종허가자	부서	직책	성명	(서명)

2) 추진팀장은 작업 전에 작업자에게 작업위험요인과 이에 대한 대응방법에 대해 교육을 실시한다.

3) 밀폐공간작업 허가서는 작업이 완료될 때까지 작업장소에 게시한다.

4) 게시된 허가서에 일정시간 간격으로 공기상태를 측정하여 기록하고 작업이 종료될 경우 허가서를 반납한다. 추진팀장은 반납된 허가서를 보존한다.

5) 밀폐공간의 작업허가 흐름도는 다음과 같다



[밀폐공간 작업 허가 흐름도]

6. 밀폐공간작업

가. 밀폐공간 출입전 확인사항

밀폐공간 출입전 아래의 사항을 반드시 확인한다.(Check List 활용)

확 인 사 항	확인(√표)	비 고
① 작업허가서에 기재된 내용을 충족하고 있는가?		
② 밀폐공간 출입자가 안전한 작업방법 등에 대한 사전교육을 받았는가?		
③ 감시인에게 각 단계의 안전을 확인하게 하며 작업수행 중 상주토록 조치하였는가?		
④ 입구의 크기가 응급상황시 쉽게 접근하고 빠져올 수 있는 충분한 크기인가?		
⑤ 밀폐공간내 유해가스 존재 여부 대한 사전 측정을 실시하였는가?		
⑥ 화재.폭발의 우려가 있는 장소인가? 방폭형 구조장비는 준비되었는가?		
⑦ 보호구, 응급구조체계, 구조장비, 연락.통신장비, 경보설비 정상여부를 점검하였는가?		
⑧ 작업중 유해가스의 계속발생으로 가스농도의 연속측정이 필요한 작업인가?		

나. 밀폐공간 작업방법

1) 밀폐공간 출입자는 개인 휴대용 측정기구를 휴대하여 작업 중 산소 및 유해가스 농도에 대하여 수시로 측정한다.

2) 밀폐공간내에서 양수기 등의 내연기관 사용 또는 슬러지제거, 콘크리트 양생작업과 같이 작업을 하는 과정에서 유해가스가 계속 발생한 가능성이 있을 경우에는 산소농도 및 유해가스 농도를 연속 측정한다.

3) 밀폐공간 출입자는 휴대용 측정기구가 경보를 울리면 즉시 밀폐공간을 떠난다.

4) 경보음이 울릴 때 출입자가 작업현장에서 떠나는 것을 감시인은 필히 확인한다.

5) 작업현장 상황이 구조활동을 요구할 정도로 심각할 때 출입자는 반드시 감시인으로 하여금 즉시 비상구조 요청을 한다.

6) 재해자 발생시 구조를 위해 호흡용 보호구 착용 등 안전조치 없이 절대로 밀폐공간에 들어가지 않는다.

7) 밀폐공간 출입자는 다음사항을 꼭 실천한다.

가) 출입자는 작업 전 유해가스 존재여부를 확인하는 등 안전작업 수칙 준수

나) 유해가스가 존재 가능한 장소에서는 수시 측정 및 적정한 공기가 유지되도록 환기조치하고 비상시를 대비하여 응급구조설비를 비치

다) 공기공급식 호흡용보호구를 착용하고 안전작업수칙에 따라 작업수행

7. 산소 및 유해가스 농도측정

밀폐공간에서의 산소 및 유해가스 농도 측정방법은 다음의 사항을 준수하여 측정하여야 하며 다음의 양식을 활용하여 밀폐공간안전보건작업 허가서와 함께 작업장소에 게시하고 측정결과를 기록하고 그 결과는 보존한다.

밀폐공간 산소 및 유해가스 농도 측정결과

*측정필요시기

1) 당일의 작업을 개시하기 전
2) 교대제로 작업을 행할 경우 작업 당일 최초 교대가 행해져서 작업이 시작되기 전
3) 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 다시 작업을 개시하기 전
4) 근로자의 건강, 환기장치 등에 이상이 있을 때
5) 작업을 하는 과정에서 유해가스가 발생할 가능성이 있을 경우(연속측정)
6) 작업자 또는 추진팀에서 측정이 필요하다고 인정되는 경우

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

*측정결과 지는 밀폐공간 작업허가서와 함께 작업장소에 게시하고 측정결과를 기록하여야 하며 작업이 완료된 이후에도 보존하여야 한다.

가. 산소 및 유해가스농도의 판정기준

산소 및 유해가스 농도의 측정 후 판정기준은 각각의 측정위치에서 측정된 최고농도를 적용한다.

<측정가스별 기준농도>

측정가스	기준농도
산소(O_2)	18% ~ 23.5%
탄산가스(CO_2)	1.5% 미만
황화수소(H_2S)	10ppm 미만

※ 보건규칙 제618조제3항의 적정공기 농도 범위

<측정가스별 기준농도>

측정가스	기준농도
일산화탄소(CO)	30ppm 미만

나. 산소 및 유해가스의 정확한 농도측정을 위한 필수조건 및 장비목록

< 필 수 조 건 >

○ 밀폐공간 내 산소 및 유해가스 특성에 맞는 적절한 측정기를 선택하여 구비한다.
○ 측정기는 유지보수관리를 통하여, 정밀도를 유지한다.
○ 측정기기의 사용 및 취급방법, 유지 및 보수방법을 충분히 습득한다.
○ 측정 전에 기준농도, 경보설정농도를 정확하게 교정하여 측정기를 사용한다.

□ 보유 측정장비 현황 및 대여 측정장비 목록

《 작성시 유의사항 》

■ OO시(군) 및 업체 보유 장비 모두 기입

※ 사업장 내 측정기가 구비되지 않았을 경우 지역 안전보건공단으로부터 장비 대여가 가능하므로 작업이 계획된 경우 작업개시 3일전 대여 후 사용 가능

① OO시(군) 보유 측정장비 현황

장비명	수량	모델명	측정가스	구입년월	최근 교정일	교정 주기	교정기관명 (연락처)	매뉴얼 보유여부
산소농도 측정기	1대	minimax xpO2	산 소	2013.11.26	-	2년	( )	보유

② 업체 보유 측정장비 현황

장비명	수량	모델명	측정가스	구입년월	최근 교정일	교정 주기	교정기관명 (연락처)	매뉴얼 보유여부
산소농도 측정기	1대	minimax xpO2	산 소	2013.11.26	-	2년	( )	보유

③ 대여장비 현황

장비명	필요수량	측정가스	대여기관	대여일수	연락처	담당자
멀티가스측정기	2대	H_2S, CO_2, CO	안전보건공단	일	031-259-7137	오승진

다. 산소 및 유해가스 농도를 반드시 측정해야 하는 경우

1) 당일의 작업을 개시하기 전

2) 교대제로 작업을 행할 경우 작업 당일 최초 교대가 행해져서 작업이 시작되기 전

3) 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 다시 작업을 개시하기 전

4) 근로자의 건강, 환기장치 등에 이상이 있을 때

5) 작업을 하는 과정에서 유해가스가 발생할 가능성이 있을 경우(연속측정)

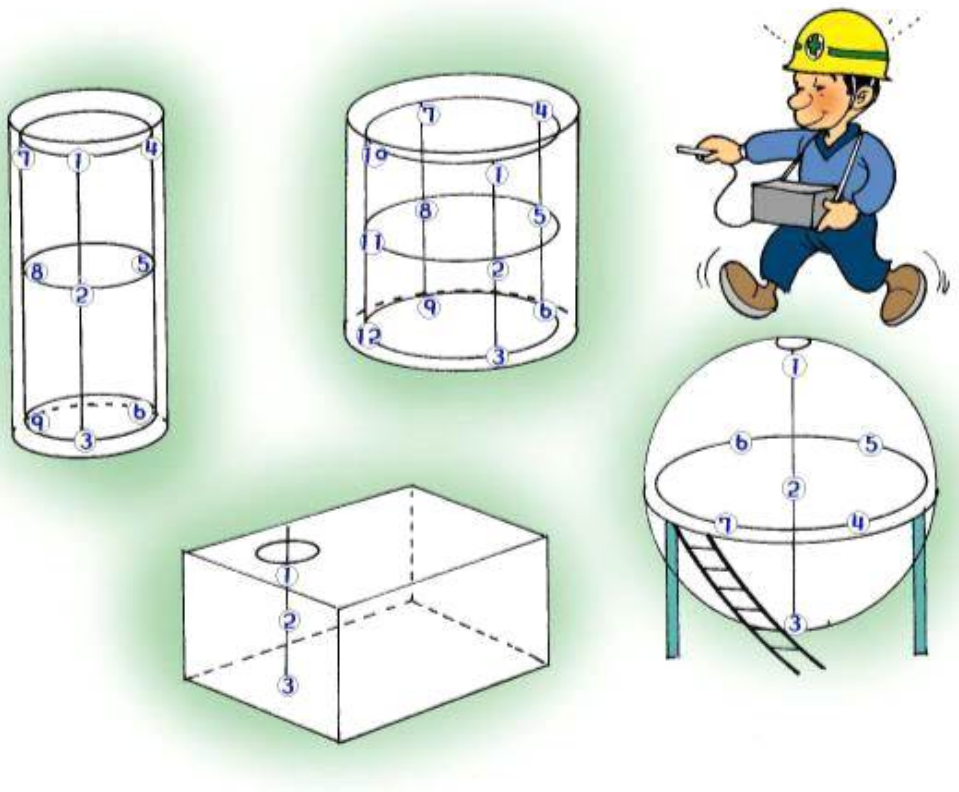
6) 작업자 또는 추진팀에서 측정이 필요하다고 인정되는 경우

라. 산소 및 유해가스 농도 측정 방법 및 유의사항

1) 산소 및 유해가스 농도 측정시 측정지점 및 측정방법은 다음과 같이 한다.

측정 지점	○ 작업장소에 대해서 수직방향 및 수평방향으로 각각 3개소 이상 ○ 작업에 따라 근로자가 출입하는 장소로서 작업시 근로자의 호흡위치를 중심
측정 방법	○ 휴대용측정기 또는 검지관을 이용하여 산소 및 유해가스 농도를 측정한다. ○ 탱크 등 깊은 장소의 농도를 측정시에는 고무호스나 PVC로 된 채기관을 사용한다. ※ 채기관은 1m마다 작은 눈금으로, 5m마다 큰 눈금으로 표시를 하여 깊이측정 ○ 산소 및 유해가스 농도 측정시에는 면적, 깊이를 고려하여 밀폐공간 내부를 골고루 측정한다. ○ 공기 채취시에는 채기관의 내부용적 이상의 피검공기로 완전히 치환 후 측정한다.

<작업장소 형태별 측정지점>



산소 및 유해가스 농도 측정시에는 다음의 사항을 주의하여 측정한다.

< 유 의 사 항 >

○ 측정자(보건관리자, 안전관리자, 관리감독자 등)는 측정방법을 충분하게 숙지

○ 밀폐공간 외부에서 측정하는 것을 원칙으로 하되 측정자는 안전에 유의

○ 긴급사태에 대비 측정자의 보조자를 배치토록 하고 보조자도 구명밧줄을 준비

○ 밀폐공간내에 들어가 측정할 경우 측정자 및 보조자는 공기호흡기와 송기마스크 등 호흡용보호구를 필요시 착용

○ 측정에 필요한 장비 등은 방폭형 구조로 된 것을 사용

8. 밀폐공간에서의 환기

밀폐공간작업시 작업장소에서 적정한 공기가 유지되도록 환기를 실시한 후 작업을 하며, 작업공간내에서 유해가스가 지속적으로 발생한 경우(양수기 가동, 슬러지 제거작업 등)에는 계속적으로 환기를 실시한다.

가. 환기장치 보유현황 또는 대여현황

《작성시 유의사항》

■ OO시(군) 및 업체 보유 장비, 공단 대여장비 모두 기입

※ 사업장 내 측정기가 구비되지 않았을 경우 지역 안전보건공단으로부터 장비 대여가 가능하므로 작업이 계획된 경우 작업개시 3일전 대여 후 사용 가능

명 칭	수 량	모델명	사 양	플렉시블호스	보유여부	비 고
환기팬	1대		20CMM, 1Hp, 220V	5m, 2개	미보유	한국산업안전공단에서 대여

나. 작업장소에 따른 환기량

작업장소	환기량
잠함, 압기실 등의 압기공법의 작업실	기관실 및 작업실에 대하여 사전에 환기설비를 이용하여 당해 기적의 5배 이상의 신선한 외부공기로 환기 후 근로자가 작업하는 동안 계속 급기 한다.
피트 내부	피트 내를 균일하게 환기하고 적정한 공기가 유지되도록 계속하여 급기 한다.
황화수소가 발생할 우려가 있는 탱크, 보일러 등의 내부	기적의 5배 이상 신선한 공기로 급기한 후 출입하고 작업 동안에는 적정한 공기가 유지되도록 계속하여 급기 한다.
탱크 내 퇴적물 제거작업	작업개시 전 탱크 등 용적의 3~5배 이상의 신선한 외부공기를 사용하여 환기 후 출입하고 작업 중에는 계속 환기장치를 가동한다.
기타 밀폐공간	작업전 기적의 5배 이상의 신선한 공기로 급기한 후 출입하고 작업동안에는 적정한 공기가 유지되도록 계속 급기한다.

다. 환기 시 주의사항 및 점검사항

1) 밀폐공간에서의 환기시 다음사항에 주의하여 환기를 실시한다.

< 주 의 사 항 >

○ 작업 전에는 산소 및 유해가스의 농도가 기준농도를 만족할 수 있도록 충분한 환기를 실시한다.
○ 정전 등에 의한 환기 중단 시에는 즉시 외부로 대피한다.
○ 밀폐공간의 환기시에는 급기구와 배기구를 적절하게 배치하여 작업장내 환기가 효과적으로 이루어지도록 한다.
○ 급기구는 작업자에 근접하여 설치한다.
○ 이동식 환기장치 사용시 폭발 위험 구역 내에서는 방폭형 구조를 사용한다.
○ 이동식 환기장치의 송풍관은 가급적 구부리는 부위가 적게 하고 용접불꽃 등에 의한 구멍이 나지 않도록 난연 재질을 사용한다.

2) 이동식 환기장치 사용시 다음 사항을 추진팀에서 반드시 점검하여 사용 중 고장, 가동중지 등으로 인한 위급한 상황이 발생되지 않도록 한다.

구분	이동식 송풍기	송풍관
점검 사항	○ 전원코드의 단선 접속부의 접촉불량 유무 ○ 코드와 단자상과의 접속상태 불량 유무 ○ 코드의 끝에 "환기중.정지"등의 표지판 부착 유무	○ 연소에 의한 구멍이나 파열유무 ○ 링, 나선의 손상유무 ○ 접속부의 확신한 고정여부

9. 보호구의 사용

밀폐공간 작업시 유해가스에 의한 중독 및 질식에 의한 사고를 예방하기 위해 공기호흡기 및 송기마스크 등의 보호구를 반드시 착용한 상태에서 작업을 하고, 사용시 사용장소 및 사용방법 등을 충분히 숙지한 후 사용한다.

분야	장비명	사용용도	사진(예)
산소 및 유해가스 농도 측정	산소농도 측정기	산소농도 측정	
	혼합가스농도 측정기	산소 · 황화수소 · 일산화탄소 · 가연성가스(메탄) 농도 측정	
환기	공기치환용 환기팬	밀폐공간내를 신선한 외부공기로 치환	
호흡용 보호구	공기호흡기	밀폐공간내 재해자 구조 시 사용하거나, 환기가 어려운 장소 또는 작업 중에 유해가스 발생으로 질식위험이 있을 경우에 사용	
	송기마스크 (에어라인 마스크)		
출입통제	관계자외 출입금지 표지판	밀폐공간작업장소에서의 작업자 외 출입 통제	
기타 안전장비	무전기	감시자와 밀폐공간내 작업자와의 상호연락	
	휴대용 랜턴	조명확보	
	안전대 · 구명밧줄	재해자 구조용	
	구조용삼각대 · 윈치	재해자 구조용	

가. 보호구 보유현황 또는 대여현황

《 작성시 유의사항 》

■ OO시(군) 및 점검정비업체 장비, 공단 대여장비 모두 기입

※ 사업장 내 측정기가 구비되지 않았을 경우 지역 안전보건공단으로부터 장비 대여가 가능하므로 작업이 계획된 경우 작업개시 3일전 대여 후 사용 가능

명 칭	수 량	모델명	사 양	가스 충진	호스길이	보 유 여 부	비 고
공기호흡기	3대	SCA550	300kg/cm^2, 30분	필요	-	보유	
송기마스크	1대	전동식	220V	불필요	10m	미보유	안전보건공단에서 대여

나. 사용장소 및 사용방법

□ 공기호흡기

1) 착용해야 할 장소

밀폐장소 출입작업시 다음과 같이 환기할 수 없거나 환기가 불충분한 경우로서 단기간 작업이 가능한 경우에는 공기호흡기를 반드시 착용하고 출입하며, 고농도의 유기화합물 증기가 예상되는 경우 등에는 방독마스크를 착용하지 않는다.

① 수도나 도수관 등으로 깊은 곳까지 환기가 되지 않는 경우

② 탱크와 화학설비 및 선박의 내부 등 구조적으로 충분히 환기시킬 수 없는 경우

③ 재해사고시의 구조 등과 같이 충분히 환기시킬 시간적인 여유가 없는 경우

2) 공기호흡기의 점검사항 및 사용방법

가) 사용전의 점검사항

① 봄베의 잔류압 검사

② 고압연결부의 검사

③ 면체와 흡기관 및 호기밸브의 기밀검사

④ 폐력밸브와 압력계 및 경보기의 동작검사

나) 공기호흡기의 사용법



① 먼저 봄베를 등에 지고 겨드랑이 끈을 당겨서 조정한다. 다음으로 가슴끈과 허리끈을 몸에 꽉 맞게 조정한다.

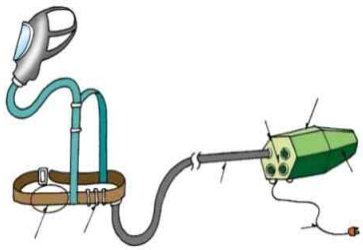
② 마스크를 쓰게 되면 좌우 4개의 끈을 1조씩 동시에 당겨서 밀착시킨다.

③ 흡기관을 두겹으로 강하게 잡고 숨을 들이쉬어 기밀을 확인한다.

④ 압력계의 지시치가 30kg/㎠ 이하로 내려가거나 경보기가 울리게 되면 곧바로 작업을 중지하고 유해가스가 없는 안전한 위치로 되돌아온다.

⑤ 안전한 위치로 되돌아오면 마스크를 벗고 공기탱크를 교환한다. 공기탱크의 교환 시에는 잔류압을 확인한다.

□ **송기마스크**



송기마스크는 활동범위에 제한을 받고 있지만, 가볍고 유효사용 시간이 길어지므로 일정한 장소에서의 장시간 작업에 주로 이용한다.

1) 전동 송풍기식 호스마스크

① 송풍기는 유해가스, 악취 및 먼지가 없는 장소에 설치한다.

② 전동 송풍기는 장시간 운전하면 필터에 먼지가 끼므로 정기적으로 점검한다.

③ 전동 송풍기를 사용할 때에는 접속전원이 단절되지 않도록 코드 플러그에 반드시 “송기마스크 사용중” 이란 표시를 한다.

④ 전동 송풍기는 통상적으로 방폭구조가 아니므로 폭발하한을 초과할 우려가 있는 장소에서는 사용하지 않는다.

⑤ 정전 등으로 인해 공기공급이 중단되는 경우에 대비한다.

2) 에어라인 마스크

전동 송풍기식에 비하여 상당히 먼 곳까지 송기할 수 있으며 송기호스가 가늘고 활동하기도 용이하므로 유해가스가 발생되는 장소에서 주로 사용한다.

① 공급되는 공기 중의 분진, 오일, 수분 등을 제거하기 위하여 에어라인에 여과장치를 설치한다.

② 정전 등으로 인해 공기공급이 중단되는 경우에 대비한다.

□ 안전보호구

탱크나 맨홀과 같이 사다리를 사용하여 내부로 내려가야 하는 경우에는 안전대나 기타 구명밧줄 등을 사용하여 안전을 확보한다. 비상시에 작업자를 피난시키거나 구출하기 위하여 안전대, 사다리, 구명밧줄 등 필요한 용구를 준비하고 이것의 사용방법을 작업자에게 숙지하도록 한다.

10. 응급처치

가. 응급비상연락체계

《작성시 유의사항》
- 추진팀, 병원, 119, 유관기관 연락처 기입
- 상시 업데이트 필요

응급 재해 발생시 프로그램 추진팀 또는 병원, 119 구조대와 연락할 수 있는 비상연락체계를 다음과 같이 구성한다.

<table>
<tr><th colspan="2">추진팀 연락처</th><th colspan="2">관내병원 연락처</th><th colspan="2">구조대 연락처</th><th colspan="2">유관기관</th></tr>
<tr><td>□□□</td><td></td><td rowspan="2">분당
서울대병원</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">긴급전화 119</td><td>노동관서</td><td></td></tr>
<tr><td>△△△</td><td></td><td rowspan="3">안전보건
공단</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>○○○</td><td></td><td rowspan="2">분당
제생병원</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3">관
내
소
방
서</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">용인서부
경찰서</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

만약 응급 재해가 발생하면, 구축된 비상연락망에 따라 병원 또는 구조대, 추진팀에 신속히 연락하고 재해자에 대해서는 구조대가 도착하기 전까지 주위 사람의 도움을 받아 인공호흡, 심폐소생술 등 적절한 응급처치를 실시한다.

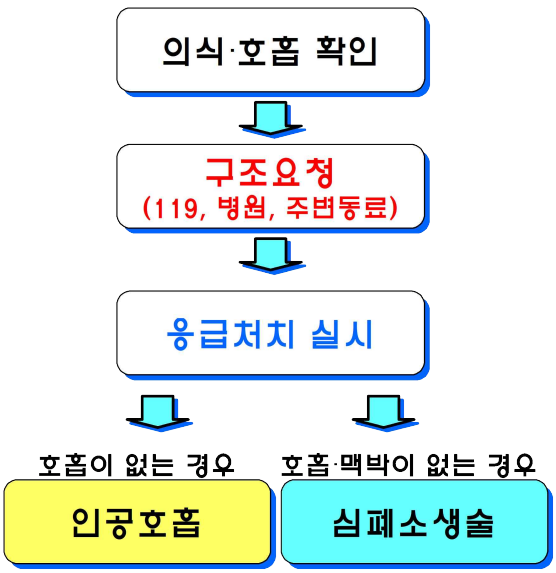
나. 응급처치시 관찰사항

응급처치시에는 다음의 사항을 주의 깊게 관찰하고 그 내용을 의사에게 정확히 전달하여 치료에 참고하도록 한다.

※응급처치시 관찰사항※

○ 의식이 있는지 확인한다.
○ 호흡하고 있는지 확인한다. 호흡이 정지되어 있으면 머리를 뒤로 젖히거나 아래턱을 밀어내어 기도를 열어주고 다시 확인한다.
○ 출혈의 유무를 살펴본다.
○ 맥을 짚어본다. 맥박이 뛰지 않는다고 느낄 때는 동공을 살펴본다. 동공이 크게 벌어져 있으면 위험하고 동공의 크기가 좌우 틀리면 뇌에 이상이 있는 경우이다.
○ 손발이 움직이는가를 본다.
○ 얼굴과 피부색, 체온을 살펴본다. 혀, 입술, 피부 등이 푸르스름한 색 또는 흑색이 되고 손톱은 암자색이 되었는지 살펴본다.
○ 재해자의 체온을 유지하도록 보온한다.
○ 협력자를 구한다.
○ 재해자를 운반할 때는 서두르지 말고 재해자의 마음을 가라앉히고 되도록 재해자의 상처를 건드리지 않도록 주의하여 운반한다.

다. 응급처치요령





1) 인공호흡(맥박은 뛰나 호흡이 없는 경우에 실시)

순 서	실 시 방 법
의식확인 	o 어깨를 가볍게 두드리며 이름을 호명 o 목뼈손상의 가능성이 있는 경우 목 뒤쪽을 한손으로 받쳐줌 o 환자의 몸을 심하게 흔드는 것은 금지
구조요청 	o 즉시 전화로 119 또는 병원에 구조요청 o 주변 사람에게 도움 요청("도와주세요!"라고 외침)
자세교정 	o 바닥이 딱딱한 곳에 인공호흡을 할 수 있는 자세로 바로 눕힘 o 목과 머리를 받쳐 주면서 통나무를 굴리듯이 하여 자세를 교정함
기도(숨길)확보 	o 재해자의 머리 쪽에 무릎을 꿇음 o 재해자의 눈썹 바로위 부분의 이마에 한손을 대고 머리를 뒤로 젖힘 o 다른손의 손가락(2,3.4지를 동시이용) 끝으로 턱을 올려 기도확보 **※ 목뼈의 손상이 의심될 경우** o 턱 밑에 손을 넣어 턱을 앞쪽으로 밀고 ⇒ 머리를 뒤로 당김(목을 뒤로 젖히지 않도록 주의)⇒ 엄지손가락으로 입을 개방
호흡확인(3~5초간) 	o 재해자의 얼굴에 자신의 빰을 밀착시킴 o 재해자의 가슴이 뛰는지 확인 o 재해자의 숨소리 확인 o 재해자가 내쉬는 입김이 느껴지는지 확인
2회 숨 불어넣기 	o 재해자의 코를 한손으로 쥐고 o 다른 손가락으로 턱을 들어올리는 자세 유지 o 재해자의 입을 구조자의 입으로 완전히 감싸고 밀착시킨 후 o 1.5~2초씩 두 번 숨을 불어 넣음 o 숨을 불어넣을 때마다 가슴이 오르내리는지 관찰 o 호흡간격은 5초 간격으로 약 1분에 10~12회 정도 반복 실시
자세교정 	o 인공호흡 실시로 호흡과 맥박이 있을 경우 구토시 이물질이 기도로 유입되지 않도록 "측와위 자세"로 자세 변경 o 구조대를 기다림

2) 심폐소생술(호흡과 맥박이 모두 없는 경우에 실시)

순 서	실 시 방 법
의식확인 ~ 2회 숨 불어 넣기	o 인공호흡법의 의식확인 ⇒ 구조요청 ⇒ 자세교정 ⇒ 기도(숨길)확보 ⇒ 호흡확인 ⇒ 2회 숨 불어넣기까지 1회 실시
경동맥 확인 	o 경동맥에서 5~10초간 맥박 측정 ※ 경동맥의 위치 : 목의 갑상연골(울대뼈)에 손가락을 대고 옆으로 1~2cm 미끄러져 내려와 우묵하게 들어간 곳
인공호흡 	o 2회 숨 불어 넣기 2회 실시(호흡간격은 약 5초에 1회씩) o 숨을 불어넣을 때와 입을 떼었을 때 가슴이 오르내리는지 관찰
심폐소생술	o 흉부압박 위치 확인 : 양쪽 늑골선이 만나는 명치 부위 o 한손의 손등에 다른 손을 겹치고 깍지를 껴서 손가락을 잡아 당김 o 팔꿈치가 구부러지지 않도록 하고, 어깨와 손은 일직선으로 유지 o 흉부압박 깊이는 4~5cm의 깊이로 압박 o 흉부압박의 속도와 횟수 : 1분간 80~100회의 속도 유지 o 심폐소생술 속도와 횟수 : 1분간 4주기 실시 o 1주기 : 흉부압박 15회 실시 후 인공호흡을 2회 실시(15 : 2)    <위치확인> <흉부압박 자세> <흉부압박의 깊이>
경동맥 확인~ 심폐소생술 반복실시	o 심폐소생술 1분 실시 후 경동맥 확인하여 맥박이 뛰면 호흡확인 o 맥박/호흡이 없을 경우 심폐소생술 반복 실시(1분간 4주기)  반 복  <경동맥 확인> <흉부압박:인공호흡=15:2>
자세교정 	o 인공호흡 실시로 호흡과 맥박이 있을 경우 구토시 이물질이 기도로 유입되지 않도록 “측와위 자세”로 자세 변경 o 구조대를 기다림

11. 교육·훈련의 실시

《작성시 유의사항》
- ■ 교육 및 훈련 일정 작성
- ■ 상시 업데이트 필요

가. 안전보건교육

회사는 밀폐공간에서 작업하는 작업자, 관리감독자, 프로그램 추진팀원 등에 대하여 연 2회 집체안전보건교육을 실시하며, 밀폐공간 작업시 마다 관리감독자는 작업자, 감시인 등을 대상으로 작업 전 수시안전보건교육을 실시한다.

안전보건교육내용	교육일정 및 강사
○ 유해가스의 종류, 유해.위험성 ○ 산소 및 유해가스의 농도 측정방법 ○ 공기호흡기 등 보호구의 사용방법 및 보수점검요령 ○ 공정별 표준작업요령 ○ 사고발생시의 대처요령 ○ 응급처치요령 ○ 기타 안전보건상의 조치 등	○ 집체안전보건교육 - 일정 : 2~3월, 10월 각 1회 - 강사 .한국산업안전보건공단 .보건관리대행기관 ○ 수시안전보건교육 - 일정 : 밀폐공간 작업허가서 발행시 - 강사 : 추진팀장 또는 관리감독자 ○ 기타사항 - 교육일지 작성, 결재 및 보관 - 교육일지양식 활용

※ 교육일지의 내실화 : 교육사진 촬영, 방명록 작성 등

※ 교육시 교육대상 전원이 교육에 참여토록 하고 미참석자는 별도 교육 실시

나. 긴급 구조훈련

긴급상황 발생 시 대응할 수 있도록 비상 연락체계 운영, 구조용 장비의 사용, 송기마스크 등의 착용, 응급처치에 관하여 6월에 1회 이상 주기적으로 훈련을 실시한다.(산업안전보건기준에 관한 규칙 제 640조)

○ 훈련 일정 : 3월, 10월 각 1회

[안전보건교육일지]

안전보건교육일지

팀 장	과 장

교 육 구 분	1. 직원 정기교육	2. 관리감독자 교육	
	3. 작업내용 변경시 교육	4. 채용시 교육	
	5. 특별안전보건교육	6. 기타( )	

교 육 인 원	구 분	인원	교육 미실시 이유
	대상 인원		
	실시 인원		
	미실시인원		

교육일시	년 월 일 (시 ~ 시)		
교육장소			
강 사	소속	직위	성명

교육내용	과목(사항)			
	교육방법		사용교재	
	교육내용 (개요)			

12. 기타 안전보건상의 조치

1) 통상적으로 출입할 필요가 없는 밀폐공간에 대해서는 잠금장치를 채워서 출입을 제한한다.

2) 청소, 보수 등 밀폐공간에서 행하여지는 작업을 발주하는 경우에는 도급인에게 밀폐공간 출입작업에 관한 주의사항을 주지하는 동시에 동 프로그램에 규정된 조치를 발주조건에 명시한다.

13. 프로그램의 평가

프로그램 수행결과에 대하여 적정성을 주기적으로 평가하고 필요시 적절한 조치를 한다.

1) 밀폐공간 허가절차의 적정성

2) 산소 및 유해가스 농도 측정방법 및 결과의 적정성

3) 환기대책수립의 적합성

4) 공기호흡기 등 보호구의 선정, 사용 및 유지관리의 적정성

5) 응급처치체계 적정여부

6) 근로자에 대한 교육·훈련의 적정성 등

프로그램에 대한 평가는 다음의 프로그램 평가표 양식을 활용하여 평가하고, 전체 평가결과에 대한 판정은 우수, 양호, 보통, 미흡, 불량의 5단계로 구분하며 판정기준은 아래와 같이 한다.

[밀폐공간보건작업 프로그램 평가표]

구분	번호	평가항목	평 가 (O, X)
밀폐공간 허가	1	밀폐공간 작업장소 보유현황 및 위치 등에 대한 자료가 작성되어 있는가?	
	2	밀폐공간 출입시 작업허가서를 작성하여 발급 받았는가?	
	3	작업허가서는 규정양식을 사용하여 올바르게 작성되었는가?	
	4	프로그램 추진팀(장)은 작업허가서를 적법한 절차에 의해 발급하였는가?	
산소 및 유해가스 농도측정	5	산소 및 유해가스 농도 측정대상 물질은 적정하게 선택되었으며 측정시 누락된 물질은 없는가?	
	6	측정장비의 신뢰성(교정 등)은 확보되었는가?	
	7	측정지점수, 측정방법 등은 정해진 규정을 준수하였는가?	
	8	측정결과에 대한 판정은 적합하게 이루어졌는가?	
환기대책	9	밀폐공간 작업장소에 따라 적합한 환기방법, 환기량 선정 등 환기대책은 적절하게 수립되었는가?	
	10	환기팬의 점검은 주기적으로 실시하였는가?	
보호구 선정 및 사용	11	보호구의 종류 및 수량은 충분한가?	
	12	보호구의 보유수량 및 대여필요장비 목록은 작성되어 있는가?	
	13	작업에 따라 적합한 보호구가 선정되어 사용되었는가?	
	14	누출검사를 매사용 시마다 시행하도록 하고 있는가?	
	15	보호구를 주기적으로 청소, 점검 등을 실시하는가?	
응급처치 체계	16	응급상황 발생시 비상연락을 위한 체계는 구축되어 있는가?	
	17	응급전화, 무전기 등의 통신장비는 구비되어 있는가?	
교육 및 훈련의 적정성	18	프로그램관리자, 관리감독자, 작업자 등에 대한 교육계획을 수립하여 시행하고 있는가?	
	19	밀폐공간 작업시마다 작업자에게 교육을 실시하고 있는가?	
	20	관련교육을 실시하는 경우 교육내용 등을 기록하고 보존하는가?	
	21	교육내용, 자료 등은 적절하며 최신성을 유지하고 있는가?	
	22	교육받은 자는 교육내용을 충분히 숙지하여 작업에 올바르게 적용하고 있는가?	

[프로그램 평가결과에 대한 판정기준표]

평가결과	점수범위	평가결과의 "O" 판정수
우수	90점 이상	20개 이상
양호	80점 이상~90점 미만	18~19개
보통	70점 이상~80점 미만	16~17개
미흡	60점 이상~70점 미만	14~15개
불량	60점 미만	13개 이하

14. 프로그램의 기록·보관 등

프로그램을 수립·시행한 경우에는 해당 프로그램을 문서로 작성하여 보관하고 프로그램에는 다음 각 호의 사항을 포함한다.

1) 밀폐공간 작업허가서

2) 산소 및 유해가스 농도 측정결과

3) 환기대책수립의 세부내용

4) 보호구 지급·착용실태

5) 밀폐공간보건작업 프로그램 평가표

〔별지 제6호 서식〕 밀폐공간 작업 허가서

밀폐공간안전보건작업 허가서

ㅇ 신청인 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)
ㅇ 작업수행시간 : ___월___일___시 ~ ___월___일___시
ㅇ 작업장소 : _____
ㅇ 작업내용 : _____
ㅇ 출입자명단 : _____
ㅇ 작업관리감독자 : 부서 _____ 직책 _____ 성명 _____ (서명)

위 공간에서의 작업을 다음의 조건하에서만 허가함.

1. 화기작업허가 필요유무: □ 필요 □ 불필요

2. 내연기관(양수기) 또는 갈탄 등의 사용여부 : □ 사용 □ 미사용(양수기등 작업중 가능성도 검증)

3. 안전조치 요구사항

확인항목	해당여부	확인결과
안전담당자지정 및 감시인 배치		
밸브차단, 맹판설치, 불활성가스 치환, 용기세정		
산소농도 및 유해가스농도 (계속)측정		
환기시설 설치		
전화 및 무선기기 구비		
방폭형 전기기계기구의 사용		
소화기 비치		
공기공급식 호흡용보호구 비치		
안전장구 구비		
안전교육 실시		

4. 산소 및 유해가스 농도 측정결과

측정물질명	측정농도	측정시간	측정자	감시인 확인
산소(O_2)				
탄산가스(CO_2)				
일산화탄소(CO)				
황화수소(H_2S)				

5. 특별조치 필요사항 :

최종허가자	부서	직책	성명	(서명)

〔별지 제7호 서식〕 밀폐공간 산소 및 유해가스 농도 측정결과 작성지

밀폐공간 산소 및 유해가스 농도 측정결과

*측정필요시기
1) 당일의 작업을 개시하기 전
2) 교대제로 작업을 행할 경우 작업 당일 최초 교대가 행해져서 작업이 시작되기 전
3) 작업에 종사하는 전체 근로자가 작업을 하고 있던 장소를 떠났다가 돌아와 다시 작업을 개시하기 전
4) 근로자의 건강, 환기장치 등에 이상이 있을 때
5) 작업을 하는 과정에서 유해가스가 발생할 가능성이 있을 경우(연속측정)
6) 작업자 또는 추진팀에서 측정이 필요하다고 인정되는 경우

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

측정물질명	산소(O_2)	탄산가스(CO_2)	황화수소(H_2S)	일산화탄소(CO)
측정시간				
측정농도				
측정자				
감시인 확인				

*측정결과 지는 밀폐공간 작업허가서와 함께 작업장소에 게시하고 측정결과를 기록하여야 하며 작업이 완료된 이후에도 보존하여야 한다.

〔별지 제8호 서식〕 안전보건교육일지

안 전 보 건 교 육 일 지

관리감독자	부 서 장

교 육 구 분	1. 정기교육(관리감독자 포함) 3. 작업내용 변경시 교육 5. 기타( )		2. 채용시 교육 4. 특별교육
교 육 인 원	구 분	인원	교육 미실시 이유
	대상 인원		
	실시 인원		
	미실시인원		
교육일시	년 월 일 (시 ~ 시)		
교육장소			

강 사	소속	직위	성명

교육내용	과목(사항)			
	교육방법		사용교재	
	교육내용 (개요)			

부록 J

상수관로 정밀조사 매뉴얼 자문의견 검토서

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
1	최승일	2	1.5 사업추진방법 ○(사업관리 위탁검토) 지자체 전문인력 부족 등으로 관리가 곤란한 경우에는 공공전문기관(한국수자원공사 등) 등에 사업(관리)위탁을 검토할 수 있다.	1.5 사업추진방법 ○(사업관리 위탁검토) 지자체 전문인력 부족 등으로 관리가 곤란한 경우에는 공공전문기관(한국수자원공사 등) 등에 전문요원 파견을 요청할 수 있다. ☞상수관로 정밀 조사로 중소전문기업의 육성으로 물산업육성과민간인력 육성 및 일자리 창출등의 복합적인 성과를 달성해야하는데 수자원공사에 위탁하면 수자원공사의 일거리 창출은 될지언정 전문기업은 하청, 재하청의 형태를 벗어나기 어려워 물산업육성과 민간일자리 창출의 효과는 없어짐. 전문인력이 필요하면 수자원공사가 사업을 전담하여 위탁하고 수행하는 것보다는 전문인력 파견지원을 하도록 하는 것이 바람직 함. 파견인력에 대한 비용은 지불하도록 함.	☞ **미반영** ▷전국 161개 대상지자체 전체에 파견 전문요원의 확보는 어려우며, ▷조직이 아닌 단순 전문요원 파견으로 체계적 과업관리 달성은 어려울 것으로 판단됨 ▷지자체별 전문요원 파견요청의 기준 상이로 지자체별 과업관리의 차별성이 발생 가능

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
2	최승일	3~4	1.5 사업추진방법 ○ 금속관로는 시편채취로, 비금속관로는 부단수 관내시경으로도 시행할 수 있으며~	1.5 사업추진방법 ○ 직접평가는 시편채취 또는 부단수 내시경으로 시행할 수 있으며~ ☞ 문단의 의미가 금속관로는 반드시 시편채취, 비금속관로는 부단수내시경으로 오해될 가능성이 있으므로 문구 조정	☞ **반영** ▷ 금속관종, 플라스틱관종 모두 시편채취 또는 부단수 내시경으로 시행할 있도록 문구 보완
3	최승일	4	1.5 사업추진방법 (표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교) ○ 직접평가 : 수질, 도장재 손상비율, 부식비율 또는 안전계수 정량적 기준 적용	1.5 사업추진방법 (표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교) ○ 직접평가 : 수질, 도장재 손상비율, 부식비율 또는 안전계수, 정량적 기준 적용, 관내 부유물질 퇴적여부 ☞ 금번 사고를 감안하여 관내에 관벽으로부터 탈리된 부유물질의 퇴적여부도 검사하여야 함.	☞ **기반영** ▷ 직접조사 하는 경우, 현장조사표에 슬라임 분포면적, 두께 등을 조사하도록 매뉴얼에 기 반영되어 있으며, 슬라임 여부와 수질민원을 고려하여 세척여부(II 등급)를 결정하도록 평가 기준 설정
4	최승일	4	1.5 사업추진방법 (표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교) ○ 직접조사 지점 선정 - 간접평가 결과, 노후상태 Ⅲ등급 중 점수가 낮은 개별관로	1.5 사업추진방법 (표 1-2 상수도 관망진단 매뉴얼 비교) ○ 직접조사 지점 선정 - 간접평가 결과, 노후상태 Ⅲ등급 중 점수가 낮은 개별관로	☞ **반영** ▷ 수리해석 등 관망분석 자료 구축이 되어 있는 경우 진단구간 중 저유속지점, 관말지점 등 매뉴얼 추가 보완

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
			* 수질민원 등 고려 * 사고발생 시 육안, 관체조사 등은 직접평가 기준에 따라 조사	* 수질민원 등 고려 * 사고발생 시 육안, 관체조사 등은 직접평가 기준에 따라 조사 * 관망분석 결과 저유속지점, 관말지점 ☞ 직접조사지점에서 관망분석결과 저유속지점, 관말 지역에 퇴적물이 다량 존재하여청소 등의 대상이 될 수 있음	
5	최승일	10	○ 간접평가 - 관로제원, 매설환경, 운영환경, 사고이력 등을 고려하여 관로의 상태를 평가	○ 간접평가 - 관로제원, 매설환경, 운영환경, 사고이력, 수질민원 등을 고려하여 관로의 상태를 평가 ☞ 간접평가에 수질민원을 포함.	**☞ 부분반영(매뉴얼 미반영, 조사지점 선정, 사업우선순위 반영)** ▷ 관로는 상호 연결되어 있어, 한 번의 수질사고 또는 관 파손사고에도 급수구역 대다수가 적수·흑수 또는 용수공급 중단 등 영향을 받는 경우가 많아, 민원건수도 정확히 평가에 반영하기 어려우며, 민원을 통해서 문제위치, 구간을 특정하기 어려워, 어떤 관로에 점수를 배분해야 하는지 분별 곤란, ▷ 다만, 수질 등 민원은 구간별 문제관로를 도출하기 보다는 민원이 많은 지역

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
					일수록 사업이 우선될 수 있도록 개량사업의 우선순위를 결정하는데 활용하는 것이 바람직 ▷또한 본 매뉴얼에서는 상기의 이유로 간접평가 항목에는 없으나 직접조사 지점 선정 시 수질민원을 반영하도록 하여, 수질적 문제가 발생되는 관로를 직접조사하고 세척 등 개량방안이 마련될 있도록 매뉴얼 구성됨
6	최승일	11~12	○표 2-1 평가방법에 따른 관종 별 조사항목	○표2-1 평가방법에 따른 관종 별 조사항목 재검토 ☞관종별 조사항목 중에 DIP 관에 대하여서도 관이음부, 외부도장 등은 조사할 필요가 있는 항목임. 조사항목 전체에 대한 재검토 바람	☞ **기반영** ▷현재 조사표에 모든 관종에 대해 관이음방법과 내외부 도장재가 있는 경우, 그 종류를 기록하도록 하였음
7	최승일	15	○표 2-2 관종별 점수평가표 - 각 조사항목에 대하여 균일하게 1.0으로 배정한 반면, 수질민원에 대한 조사항목 없음	○표 2-2 관종별 점수평가표 - 간접조사항목에 수질민원 항목이 반드시 있어야 하며, 배점도 수질민원에 대하여 점수배정 강화 ☞간접조사시 가장 중요한 수질민원에	☞ **부분반영** ▷5번과 동일 사유

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				대한 평가항목이 없으며, 사고건수와 우사한 수질민원 건수 항목이 추가되어야 함.	
8	최승일	22	○표 2-5 관종별 노후상태 상태등급 - 상태분류의 기준이 되는 점수에 대한 근거가 희박함.	○표 2-5 관종별 노후상태 상태등급 - 상태분류의 기준이 되는 점수에 대한 지속적인 검증 및 타당성 평가가 필요함. (가중치, 보정계수 등의 타당성도 함께 검토) ☞ I, II, III 등급 판정기준인 점수에 대한 정당성이 확보되지 않음. 추후 관망조사를 통하여 현행 점수의 타당성을 지속적으로 검증하여야 함.	☞ **미반영** ▷ 현 단계 반영은 어려우며, 향후 정밀조사 완료 후 매뉴얼에 대한 평가·보완 등의 검토 시 간접, 직접평가 기준 연계성 검토 추진
9	최승일	23	○현장조사 지점(위치)이 선정되면, 관이 현재의 상태에 도달하는데 상대적으로 영향을 주었던 원인항목부터 조사한다. 주로 관종, 관경, 도로상태, 매설깊이, 토양종류, 기초공, 접합방식, 전기방식 여부 등이다. 이러한 자료는 간접평가 자료와 비교하여 보완·수정하고 향후 직접평가와의 상관	○현장조사 지점(위치)이 선정되면, 관이 현재의 상태에 도달하는데 상대적으로 영향을 주었던 원인항목부터 조사한다. 주로 관종, 관경, 도로상태, 매설깊이, 토양종류, 기초공, 접합방식, 전기방식 여부 등이다. 또한 관내 수질, 부식질 퇴적량 등 내부상태도 조사한다. 이러한 자료는 간접평가 자	☞ **기반영** ▷ 관내 수질은 부식성, 수질안전성 여부 판단을 위해 조사하도록 반영되어 있으며, 부식질 퇴적량 등 내부상태 등은 굴착 관체수집 시 또는 내시경 카메라 조사시 조사하도록 기 반영

<table>
<tr><th>연번</th><th>제안자</th><th>페이지</th><th>매뉴얼 안</th><th>전문가 자문의견 안</th><th>반영여부</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>적 관계에 활용한다.</td><td>료와 비교하여 보완·수정하고 향후 직접평가와의 상관적 관계에 활용한다.
☞직접조사가 오직 외부상황 및 내부 부식정도, 안전계수 측정에만 집중되어 있어 관내부의 상황도 조사할 필요가 있음</td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>최승일</td><td>24</td><td>○표2-6 관종별 직접평가 주요 조사항목
<table><tr><td rowspan="2">내부
슬라임[1)]</td><td>④ 분포면적</td><td>육안</td></tr><tr><td>⑤ 측적두께</td><td>버니아캘리퍼스</td></tr></table></td><td>○표2-6 관종별 직접평가 주요 조사항목
<table><tr><td rowspan="3">내부
슬라임[1)]</td><td>④ 분포면적</td><td>육안</td></tr><tr><td>⑤ 측적두께</td><td>버니아캘리퍼스</td></tr><tr><td>성분분석</td><td>화학적 성분분석
형상 분석</td></tr></table>☞직접조사에서 관벽에 누적된 스케일 및 슬라임의 성분 및 형상조사가 추후 수질개선 및 부식개량을 위하여 반드시 필요함</td><td>☞ 미반영
▷본 매뉴얼은 노후로 인한 현재의 관로상태를 판단하여 개량여부를 결정을 위한 용도이며,
▷슬라임 성분조사는 발생원을 규명하고 대응하기에 적합하나, 발생원에 따라서는 원수, 정수처리, 재질노후, 시공관리 등이 복합적으로 작용하고 있어, 이를 원인별로 분류 현 사업에서 대응하기에는 한계가 존재</td></tr>
<tr><td>11</td><td>구자용</td><td>10~11</td><td>○민원과 관련된 사항 평가항목에 누락</td><td>○간접평가시 사고이력과 더불어 민원이력을 고려하도록 항목을 추가
☞간접평가 실시 후 평가결과가 좋지 않</td><td>☞ 부분반영
▷5번과 동일 사유</td></tr>
</table>

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				은 지역부터 직접평가를 실시하는 방향으로 상태평가 절차가 구성되어 있으나(10페이지), 출수불량, 수질 등의 민원이 빈번하게 발생하는 지역의 경우 직접평가의 우선순위가 높은 지역이나 경우에 따라서 간접평가 결과는 매우 양호한 관로로 평가될 수 있음. 이를 고려하여 민원 사항을 간접평가에 추가할 필요가 있다고 판단됨.	
12	구자용	11	○ 부식환경(수질부식성, 토양부식성, 전기방식)을 간접평가방법으로 분류함.	○ 부식환경(수질부식성, 토양부식성, 전기방식)을 직접 평가로 분류 ☞ "간접평가"의 본 의미(환경부, 2007,상수도 관망진단 매뉴얼)는 이미 알고 있는 관로 제원, 매설환경, 사고/민원 인력 등을 종합하여 현장이 아닌 곳에서 상수도관로를 평가할 수 있는 것이라 판단되므로, 수질부식성, 토양부식성의 경우 현장에서 직접 측정한 결과를 바탕으로 한 것이므로 직접평가방법으로 분류하는 것이 적절하다고 판	☞ **기반영** ▷ 간접평가 항목의 부식환경 항목 부분은 특정 구간에 대한 평가항목이라기보다는 특정지역의 개략적(가중치는 미소하게 반영) 부식성 여부를 파악하여, 그렇지 않은 지역에 비하여 부식으로 관이 더 악화된 부분에 차등을 주기 위한 것이므로 필요 ▷ 다만 '07년 환경부 매뉴얼에서도 직접조사에서도, 부식성 환경에 따라 관종을 선정하는데 반영하는 만큼, 본 매

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				단됨.	뉴얼에서도 직접조사 항목에 반영, 동일하게 관종 선정 시 고려하도록 함
13	구자용	11	○PC, PCC관과 같은 콘크리트관은 간접평가 미실시로 분류 ○내충격수도관 등 배수관으로 사용되고 있는 기타 관종에 대한 간접평가 방법이 누락됨.	○환경부의 상수도 관망진단 매뉴얼(2007) 에서와 같이 PC, PCC, 내충격수도관 등에 대하여 SP관과 유사한 기준을 적용 ☞2017년 상수도통계 기준, 전국 배수관 중 16.18%는 SP, (D)CIP, PVC, PE 이외의 관(내충격수도관, 콘크리트관 등)임. 간접평가에 미포함된 관로의 비율이 적지 않음을 고려할 필요가 있음.	☞ **미반영** ▷상수도통계자료 내 16.1%는 대부분 PVC 계열의 내충격성경질염화비닐관(HI-VP)이며, 콘크리트관은 연장이 수십 km에 불과하여 직접평가 위주로 구성 ▷콘크리트 관은 SP 관과 재질, 노후특성이 달라 안전성 평가, 판단기준이 다르므로, 동일기준 적용이 어려워 콘크리트관 특성에 맞게 직접평가 기준을 설정
14	구자용	11	○표 2-1, 관종별 조사항목 -“비금속관”이라는 용어 사용	○“비금속관”을 “플라스틱관”으로 변경 ☞15페이지 표 2-2와 통일	☞ **반영**
15	구자용	12	○PC, PCC관 등 콘크리트관에 대해서만 관이음부 상태를 직접평가하도록 분류함.	○SP, CML-DIP, CIP/DIP, 비금속관 중 이음부가 있는 경우에 대해서는 이음부의 상태를 평가하도록 변경 ☞상수도관 파손으로 누수가 발생하는 경우 외 상수도관 이음부 탈락, 이음	☞ **기반영** ▷이음부 상태는 굴착 시 외관상 누수가 발생되고 있지 않으면 상태확인이 어려우며 내시경 조사 시에는 조사하도록 기 반영

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				부의 열화 등으로도 누수가 발생하고 있음을 고려하여 직접평가항목에 이를 추가할 필요가 있음.	▷다만 평가방법 상에는 관종 특성을 반영 콘크리트관은 이음부 이격, 그 외 관종은 사고빈도를 통한 손익을 분석 교체여부 반영토록 반영
16	구자용	15	○플라스틱관에 대한 간접평가시 관경 미평가	○플라스틱관에 대한 간접평가시 관경 미평가 사유 기재 필요	☞ **반영** ▷매뉴얼 반영 수정함
17	구자용	19~20	○개별관로 점수 계산시 관 상태 보정계수를 사용함으로써, 매설연수를 추가적으로 더 평가에 반영	○개별관로 점수 계산시 관 상태 보정계수 삭제 ☞간접평가시 매설연수를 고려하고 있으며 가중치가 가장 높게 설정되어 있으며, 추가로 관 상태 보정계수를 더 고려하는 것은 다소 과한 것으로 판단됨.	☞ **미반영** ▷해당 매뉴얼에서 관 상태 간접평가에 따른 등급결정 시 점수기준은 관 상태 보정계수를 고려하여 하향조정된 것, 관 상태 보정계수를 제외할 경우 등급결정시 점수 기준이 상향됨 ▷관 상태 보정계수를 활용하는 이유는, 간접평가 시 매설운영환경이 좋으면, 사고가 없는 경우 설치 후 100년이 지나도 그 점수가 변화가 없어 마치 매설초기 상태가 그대로 유지되는 것으로 왜곡이 될 수 있어, 시간 경과에 따라 노후가 진행되고 있음을 보여주

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
					기 위하여 반영된 것임
18	구자용	46~48	○최종평가 등급 Ⅰ등급 또는 Ⅱ등급인 경우 판단조건이 동일하게 기재되어 있음	○최종평가 등급 Ⅰ등급 또는 Ⅱ등급인 경우 판단조건이 동일하게 기재되어 있으며 이에 대한 검토 필요 ☞비고 란에 적혀 있는 것과 같이 탁도, 이물질, 적수 등이 유출된 경우 수질 영향이 없다고 판단하기는 어려울 것으로 보이므로 해당 부분이 맞게 작성된 것인지 검토가 필요함.	☞ **기반영** ▷최종평가 등급에서 관로 내 도장재 등 상태가 양호한 경우 I, II 등급이 되며, 슬라임이 축적되어 있고 그 구간 계통 내에서 수질민원이 발생되면 II 등급으로 세척이 필요하고, 수질민원이 없으면 계속사용 I 등급으로 분류
19	구자용	전반	○매뉴얼에도 기술되어 있는 바와 같이 기시행중인 상수관망 기술진단 매뉴얼(환경부, 2007)에서 제시하고 있는 평가기준 및 조사방법과 본 매뉴얼에서 제시하고 있는 평가기준 및 조사방법에 상당한 차이가 있음	○향후 상수도관망 기술진단시 평가기준과 조사방법의 통일을 염두하여 적용 기간, 적용 범위 등을 명확하고 구체적으로 기재할 필요가 있음. ☞기술진단시 활용하는 기준과 정밀조사시 활용하는 기준에 차이가 발생할 경우 혼선을 유발할 수 있을 것이라 판단됨.	☞ **부분반영(기반영 내용 추가 보완)** ▷본 매뉴얼은 '1.2 적용범위'에 금회 '상수관로 정밀조사 사업'에 적용하는 것으로 기명시 ▷'기존 상수관망 기술진단에는 적용되지 않음'을 추가 보완하겠음
20	구자용	전반	○직접평가 후 평가 등급을 산정하는 과정이 관의 구조적 안전성과 수질 안전성을 중심으로 구성되어 있음.	○부록 F에 제시되어 있는 수질안전성 등급별 대응방안을 수록 ☞수질안전성을 제고할 수 있는 대책마	☞ **기반영** ▷관의 도장재 손상이 크거나 구조적인 안전성이 감소되는 경우에는 관내부

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
			○구조적 안전성을 확보하지 못한 경우 갱생/교체 등의 의사결정을 내리고 있으나 수질안전성을 평가한 뒤 수질안전성 등급별 어떤 대책이 필요한지는 누락됨.	련에 수질안전성 평가 결과를 활용할 수 있도록 조치가 필요함. 예로 Ⅲ등급(미흡)의 경우 정수장에서 송수하는 정수에서 문제가 발생한 것인지, 배수지를 통과한 후 문제가 발생한 것인지 등과 관련된 역학조사를 수행하도록 하여 정확한 문제점을 파악하고 대응할 수 있도록 해야할 필요가 있음.	에 갱생이나 교체를 하게 되므로, 해당관로를 통한 수질적 문제는 예방 ▷관의 상태는 양호하나, 기타 정수처리, 또는 일부 관재질 노후, 수리적 여건 등 다양한 원인에 의해 수질안전성이 감소되는 경우(미흡 이하), 직접 조사 시 슬라임 존재여부, 민원영향 여부를 판단하여 세척을 하도록 매뉴얼화
21	울산시	1	1.2 적용범위 ○상수관로 정밀조사 사업의 기술적 업무수행에 적용한다.	1.2 적용범위 ○상수관로 정밀조사 및 상수관망 기술진단사업의 기술적 업무수행에 적용한다. ☞법정 기술진단과 상수관로 정밀조사 중복투자방지 및 효율적인 업무수행	☞ **미반영** ▷금회 조사는 법정 진단인 상수관망 기술진단을 대체하지 않는 별개의 조사로서 '상수관망 기술진단'에는 적용 불가
22	울산시	2	1.4 참고자료 ○기존 각종 계획 및 조사 결과를 검토하여 중복 조사를 방지한다.	1.4 참고자료 ○기존 각종 계획 및 조사 결과를 검토하여 중복 조사 및 투자를 방지하기 위하여 아래사항에 대하여 금회조사	☞ **미반영** ▷최근 2년간 유사과업 중, 신뢰도가 확보된 성과에 대하여는 활용이 가능하도록 기명시됨

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				에 활용할 수 있다. ☞중복조사 및 투자 방지를 위한 업무 수행 및 기존 자료 활용 검토	
23	울산시	2	1.5 사업추진방법 ○(평가방법) 직접평가는 중점관리대상 선정결과와 간접평가결과에 따라 ○금속관로는 ~ 평가된 구간에 대해 최소 1개소 이상 및 3.0km 당 1건~ ○수도법 등~ 용역 착수일 기준 최근 2년 내 기 시행 자료는 중복여부 확인하여~ 한정하여 금회 조사	1.5 사업추진방법 ○(평가방법) 직접평가는 1.4조항 참고자료 등을 고려하여~ ☞현재 중점관리대상 대상지 없으므로 향후 검토가 필요 ○금속관로는 ~ 평가된 구간에 대해 소블럭 단위별 최소 1개소 이상 및 3.0km 당 1건~ ☞소블럭 단위별로 평가가 필요 ○수도법 등~ 기 시행한 수도정비기본계획 및 관망기술진단(승인 및 고시) 자료는 중복여부를 확인하여~ 한정하여~ 직·간접적인 조사에 대하여 종합적으로 검토하여 금회 조사에	☞ 미반영 ▷2020년부터 환경부에서 중점관리 지역 선정하여 관리중 ▷기존 상수관망 기술진단의 직접조사 개소는 고시기준, 블록별 최소 1개소 이상으로서 약 10~25km 당 1개소임. 금번 조사가 기존 상수관망 기술진단과 차별화하여 직접조사 개소 증가를 통한 과업성과의 신뢰도 향상이 목적인 점을 감안 반영불가 ▷금회 조사는 법정 진단인 상수관망 기술진단을 대체하지 않는 별개의 조사로서 '상수관망 기술진단'에는 적용 불가

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				활용할 수 있다. ☞중복투자 및 효율적인 조사를 위하여 기존 자료 활용	
			* 기 시행중인~ 평가자료에 대하여 활용 및 참고 가능	* 기 시행중이거나 신규 추진하고자 하는 「상수관망 기술진단」 시 중복투자방지 및 효율적인 조사를 위하여 「상수관로 정밀조사」 매뉴얼에 근거한 평가기준과 조사방법에 따라 시행할 경우 상수관로 정밀조사와 상수관망 기술진단은 통합(병행)하여 추진할 수 있다. ☞중복투자 및 효율적인 조사를 위하여 상수관망 기술진단시 상수관로 정밀조사 매뉴얼에 근거하여 통합 추진 (향후 수도법 제74조 수도시설에 대한 기술진단 매뉴얼을 정밀조사 매뉴얼을 접목하여 통합 필요)	▷금회 매뉴얼은 '정밀조사'에 한정하며 정밀조사 완료 후 매뉴얼 보완 및 성과분석을 통하여 향후 '상수관망 기술진단 매뉴얼(2007, 환경부)'을 수정 보완 계획임
			○표1-3 상수도 관망진단 매뉴얼 비교 - 상수관로 정밀조사 매뉴얼	○표1-3 상수도 관망진단 매뉴얼 비교 - 상수관망 진단 및 상수관로 정밀조사	

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				매뉴얼 ☞ 매뉴얼 통합 필요	
24	울산시	14	2.4.3 조사구간 설정기준 ○평가 결과~ 1,000 m(1km) 를 기준으로 하고~	2.4.3 조사구간 설정기준 ○평가 결과~ 3,000 m(3km) 를 기준으로 하고~ ☞1.5 사업추진방법 (평가방법)에 작성된 연장과 다르게 작성되어 있음	☞ **미반영** ▷2.4.3 조사구간 설정기준의 1000m는 조사구간 분할을 위한 기준연장으로서 제시하는 최소 직접조사 개소 기준(3km)과는 다른 것임
25	울산시	23	2.6.1 직접평가 조사지점 선정과 절차 ○중점관리대상 선정결과 고려하여~	2.6.1 직접평가 조사지점 선정과 절차 ○1.4조항 참고자료 등을 고려하여~~~ ☞현재 중점관리대상 대상지 없으므로 향후 검토가 필요	☞ **미반영** ▷2020년부터 환경부에서 중점관리 지역 선정하여 관리중
26	울산시	147	○노후 상수관로 정비 기본계획 과업지시서(예시) : K-water	○노후 상수관로 정비 기본계획 과업지시서(예시) : 지방자치단체	☞ **반영** ▷과업지시서는 작성 가이드라인 제공을 위한 참고자료로서 발주시 발주주체 등을 고려하여 수정이 타당함
27	울산시	147	○추가 검토의견	○상수관로 정밀조사 과업지시서 표준안 마련 ☞ 전국 지자체 통일성, 일관성 확보 (1.5 사업추진방법에 근거함)	☞ **미반영** ▷금회 과업지지서는 개별 지자체의 '정밀조사' 용역 발주를 위한 참고자료로서 향후 필요성 여부 검토 예정

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
28	한국상하수도협회	2	1.5 사업추진방법 ○(사업관리 위탁검토) 지자체 전문인력 부족 등으로 관리가 곤란한 경우에는 공공전문기관(한국수자원공사 등) 등에 사업(관리)위탁을 검토할 수 있다.	1.5 사업추진방법 ○(사업관리 위탁검토) 지자체 전문인력 부족 등으로 관리가 곤란한 경우에는 외부전문기관(엔지니어링 감리업체, 공공기관) 등에 사업(관리)위탁을 검토할 수 있다. ☞ 민간기업등의 참여가 가능하도록 사업관리 위탁기관의 범위 확대 필요	☞ **미반영** ▷ 본 매뉴얼의 작성·배포 사유는 일관된 기준에 따라 조사를 시행함으로써 성과의 일관성, 객관성, 통일성 확보하고자하는 것임 ▷ 따라서, 시행주체 또한 단일체계를 유지하는 것이 사업의 목적과 의미 있는 성과창출에 부합될 것으로 판단됨 ▷ 전국에 다양하게 산재된 엔지니어링 감리업체 등의 전문성 여부 판단문제 발생 등 시행주체 선정 등에 따른 사업지연, 조사의 객관성과 성과의 통일성 부재 등 다양한 추가 문제 발생 예상 ▷ 다만 단일 전문기관의 체계적인 관리 감독하에 다양한 민간기업이 참여할 수 있도록 검토 필요
29	한국상하수도협회	3	○표 1-1 상수관로 정밀조사 개략산정 단가 현황	○표 1-1 상수관로 정밀조사 개략산정 단가(2019.10 현재)	☞ **기반영** ▷ 표 1-1에서 제시하는 단가는 '19.9월

<table>
<tr><th>연번</th><th>제안자</th><th>페이지</th><th>매뉴얼 안</th><th>전문가 자문의견 안</th><th>반영여부</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>
<table>
<tr><th>주요항목</th><th>수량
(단위)</th><th>단가
(천원)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>2-4. 노후관 정비 기본계획 수립</td><td>km</td><td>10.3</td><td>○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈
○ (내용) 수질관리, 관로진단 및 평가, 시설개량 계획 수립 등</td></tr>
</table>
* 관경 200mm 기준의 포장상태(토사, ASP, Con'c) 평균 값 적용 복구비 반영
** 직접평가를 위한 시편채취·관로복구 후 지자체 시행이 필요한 관세척 비용은 미반영
*** 직접평가 효과는 낮으나 단수가 불가능한 개소에 대한 부단수 내시경 10% 반영
</td>
<td>
<table>
<tr><th>주요항목</th><th>수량
(단위)</th><th>단가
(천원)</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>2-4. 노후관 정비 기본계획 수립</td><td>km</td><td>10.3</td><td>○ (근거) 수도정비기본계획 표준품셈
○ (내용) 수질관리, 관로진단 및 평가, 시설개량 계획 수립 등</td></tr>
</table>
* 관경 200mm 기준의 포장상태(토사, ASP, Con'c) 평균 값 적용 복구비 반영
** 직접평가를 위한 시편채취·관로복구 후 지자체 시행이 필요한 관세척 비용은 미반영
*** 직접평가 효과는 낮으나 단수가 불가능한 개소에 대한 부단수 내시경 10% 반영
*** 간접평가 관련 사항 추가 필요

☞ 표1-1에는 직접조사에 대한 단가만 반영되어 있어서 사고이력 조사 등 <u>간접조사에 대한 단가 반영 필요</u>

표 1-1의 "2.4 노후관 정비기본계획 수립"에 적용되는 <u>단가의 현실화 필요</u>함.

직접 및 간접평가 결과를 종합적으로
</td>
<td>
기준 수정비 표준품셈 등을 반영, 조사의 통일성 등을 기하기 위하여 산정·제시한 개략 권고단가이므로 지자체 자체 발주시 현장여건 등을 감안 일부조정은 가능

▷ 간접평가에 대한 대가는 '1-1. 시설물 및 관로조사'와 '2-4 노후관 정비 기본계획 수립'에 기 반영하였으며, 다만 기존의 '상수관망 기술진단'에는 적용되나 금회 조사에는 미시행하는 항목 등에 대하여 단가가 일부 조정 산정됨.
</td>
</tr>
</table>

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				검토하여 노후관 정비 계획을 수립하는 것(판단)은 매우 중요한 과정임 현재 엔지니어링진흥협회에서 수도정비기본계획 품셈을 개정 작업 중(관로 부분 대가 현실화 등)	
30	환경공단	2	1.5 사업추진방안 ○(사업관리) 정밀조사 사업은~사업임을 고려하여 지자체 전문관리 인력을 배치한다	1.5 사업추진방안 ○(사업관리) 정밀조사 사업은~사업임을 고려하여 지자체 <u>전담관리 인력</u>을 배치한다. ☞관로 실태조사 및 개선방안 수립에 관한 지자체 관심과 집중도를 높이기 위해 지자체 전담관리인력 배치가 적정 지자체 '전문관리인력'의 자격과 구분이 모호하므로 '전담관리인력'으로 조정	☞ **미반영** ▷금회 조사는 노후관 정비기본계획 수립을 위한 1년 단위 단기사업으로 금회 조사를 위한 별도의 전담인력 확보는 현실적으로 어려울 것으로 판단됨 ▷내실있는 조사과업 수행과 성과의 충실성 확보를 위해 해당분야 경험과 전문성이 있는 인력의 확보·배치가 중요함 ▷전문인력의 확보가 어려울 경우 전문기관 위탁수행이 적정함
31	환경공단	11		○관체 상태조사 뿐만 아니라 <u>밸브류 현장조사도 필요</u> ☞관체 상태만이 아닌 관망 전체의 기능	☞ **부분 기반영** ▷밸브류의 위치, 밀도 등에 대하여 조사 및 간접평가를 시행토록 기반영됨

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				과 상태 판단을 위해 밸브류 현장조사(위치조사/탐사, 기능/작동/부식여부 등) 필요	▷공급중인 관로상 전체 밸브류에 대한 작동 및 부식여부 조사는 현실적으로 불가함에 따라 관로의 직·간접 평가를 통한 개량계획 수립시 구간내 밸브류도 개량에 포함 시행
32	환경공단	45		○전체 Ⅰ~Ⅴ등급 판정→구조적 / 운영적 결함으로 구분 판정 ☞결함 종류별로 개량방안(구조-갱생/교체, 운영-세척)이 명확하여 지자체의 이해도가 높고, 정비계획 수립이 용이 구조적 결함등급 구분과 마찬가지로 운영적 결함 등급도 나누어(관찰/ 즉시세척 등), 운영측면의 중점관리지역으로 활용	☞ **기반영** ▷I~V등급에 세척부터 갱생, 교체에 대한 상태를 파악되도록 구성되어 있으며, Ⅰ~Ⅱ등급은 운영적 관점에서 세척, Ⅲ~Ⅴ등급은 구조적인 안전성에 근거하여 갱생, 교체를 결정하도록 정하고 있음. 또한 본 매뉴얼과는 별개로 수질 등 문제가 빈번하게 발생되는 구간이나 지역은 사업시행시 중점관리지역으로 선정, 사업 우선순위에서 결정시 고려될 수 있음
33	환경공단	15		○간접평가 보완 - 수령(water age), 잔류염소, 체류시간, 물사용량, 취수원 형태, 관말여부 등	☞ **부분 기반영** ▷해당 항목들은 주로 공급과정 중 수질 영향 인자들로서, 관의 상태를 예

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				의 항목을 간접평가에 반영 ☞관내 이물질 침적, 수질오염 등의 운영적 결함 가능성 평가 - 이물질 침적, 수질오염 등의 운영적 결함 가능성이 높은 것으로 평가되는 부분에 대해서도 직접평가(관 내시경 조사 등) 시행	측하는 간접평가 항목으로 적용하기는 어려우나, ▷관내 침전물 축적이나 수질민원에 영향이 있으므로 본 매뉴얼에서는 직접조사 지점 선정시 수질영향으로 인한 민원이 발생되는 구간 또는 필요한 경우 공급과정 별 수질조사를 통한 안전성을 평가하여 선정하도록 권고하고 있으며, ▷직접조사(시편채취 또는 내시경 조사)시 조사하도록 하였음
34	환경공단			○정비계획 수립방법 불분명 - 직·간접 조사방법 외 개량대상 물량을 산정하는 방법 제시 필요 - 문제가 있는 것으로 평가(Ⅲ~Ⅴ등급)된 경우, 직접 조사된 개별관로만 개량해야 하는 것인지, 그룹화 된 조사구간 전체를 개량해야 되는지 등에 대한 방법 미제시 - 세척(Ⅱ등급)이 필요한 경우에도 어디	**☞ 부분 기반영** ▷직접조사 결과(구간별 등급)에 따라 개량물량 산정 가능 ▷진단절차와 방법에 그룹핑된 구간에 동일하게 적용하도록 명시함(부록, 관상태평가의 종류)에 따라 그룹화 된 조사구간 전체 동일 등급적용 됨 ▷세척 필요 구간으로 선정시, 그 영향

연번	제안자	페이지	매뉴얼 안	전문가 자문의견 안	반영여부
				서부터 어디까지를 세척해야 되는지 등에 대한 방법 미제시 ☞정비계획 수립(노후관 물량산정, 개량비용 산정)시의 혼선을 방지하기 위해 세척 및 개량물량 산정방법 검토 필요	범위를 파악하기 위해서는 부록(F)의 수질안전성 평가를 참조한 수질조사를 통해 판단 필요 ▷본 매뉴얼은 정밀조사 방법을 제시하고 있으며, 개량사업을 위한 세부 비용산출 등은 관경 등 관제원, 매설, 운영환경에 따라 크게 달라지며, 세척은 세척을 할 수 있는 인프라 구축 등 여부 등도 검토해야 하므로, 사업추진시 실시설계를 통해 비용 산출 계획
35	환경공단	146	○과업지시서	○과업지시 보완 필요 -제시된 사업지시서는 수자원공사 위탁을 전제로 작성됨에 따라 과업지시서 보완 필요 ☞환경부에서 발간하는 매뉴얼이므로 지자체 수행을 전제로 작성되어야 함	☞ **반영** ▷과업지시서는 작성 가이드라인 제공을 위한 참고자료로서 발주시 발주주체 등을 고려하여 수정이 타당함