
하수관로·맨홀 조사 및 상태등급 판단기준 표준매뉴얼

2025. 3.



환 경 부
생 활 하 수 과

- 목 차 -

제1장. 서 론

1. 배경 및 목적	1
1.1 배경	1
1.2 목적	1
2. 용어의 정의	2

제2장. 정밀조사 개요

1. 정밀조사 대상	7
1.1 하수관로	7
1.2 맨홀	9
2. 정밀조사 방법	9
3. 정밀조사 업무절차	11

제3장. 장비 및 조사자 자격 기준

1. 조사장비 구성 및 운행 방법	15
1.1 조사장비 구성	15
1.2 조사장비 운행 방법	19
2. 조사 자격 및 장비 최소 기준	21
2.1 조사자 및 감독자 자격	22
2.2 카메라 시스템 최소 기준	22
2.3 주행 시스템 최소 기준	26

- 목 차 -

제4장. 내부조사

1. 내부조사 준비 단계	29
1.1 조사대상지역 이동 및 시설물 현황 확인	31
1.2 조사지점 인근 알림판 및 교통안전 표지판 설치	31
1.3 조사자 안전 확인	33
1.4 시설물 세척	33
1.5 조사대상 제원 작성 및 맨홀 외부 상태 평가	34
2. 내부조사 단계	35
2.1 조사자 안전 수칙 및 조사장비 성능 재확인	37
2.2 인입지역 촬영	37
2.3 조사자 혹은 촬영장비 진입	38
2.4 이상항목 촬영	39
2.5 주행 완료	39
2.6 재촬영 결정	39
2.7 알림판 및 교통안전 표지판 회수	39

제5장. 결함판독

1. 결함판독 방법	43
1.1 결함판독 기준	43
1.2 결함 표기 방법	46
2. 결함항목(코드)	50
2.1 하수관로 결함항목	51
2.2 맨홀 결함항목	64
3. 상태 항목(코드)	75

- 목 차 -

제6장. 상태등급 판정

1. 상태등급 판정 방법	79
1.1 하수관로 상태등급 판정 방법	79
1.2 맨홀 상태등급 판정 방법	80
2. 상태등급에 따른 시설물 상태	81
2.1 구조적 상태등급	81
2.2 운영적 상태등급	82
3. 상태등급 판정 예시	82
3.1 하수관로 상태등급 판정 예시	82
3.2 맨홀 상태등급 판정 예시	84

제7장. 보고서 작성

1. 데이터베이스(DB) 구성	89
1.1 하수관로(Pipe) 정보	89
1.2 맨홀(Manhole) 정보	90
1.3 조사 수행(Operation) 정보	90
1.4 조사 결과(Report) 및 결함(Defect) 정보	90
2. 보고서 작성	90
3. 집계표 작성	93
3.1 단위 구간(단위 길이) 및 조사 단위 상태등급 집계표	93
3.2 종합 집계표	94

- 목 차 -

제8장. 품질 관리

1. 품질관리 및 품질 보증	97
2. 품질관리 주요 요소	98
3. 조사자의 의무	98
4. 발주자의 의무	99
5. 단계 검수	99
5.1 초기단계 검수	99
5.2 조사 중 수시검수	100
5.3 조사 결과 검증시의 정확성 측정	100
6. 품질검증(준공검수)	100
6.1 품질검증 항목 및 내용	100
6.2 품질검증 절차	102
6.3 품질검증 기준 및 방법	104
참고문헌	109

[별 첨]

- <별첨 1> 비시각 조사(보조 조사, Supplementary Inspection)
- <별첨 2> 조사자 안전 확인 세부사항
- <별첨 3> 데이터베이스 구성 예시
- <별첨 4> 하수관로 갱생 공법 선정 예시



제1장. 서 론

1. 배경 및 목적

2. 용어의 정의

제1장. 서 론

1 배경 및 목적

1.1 배경

하수관로 시설물(하수관로, 맨홀)은 발생한 하수를 처리하기 전에 수집·이송하는 매우 핵심적인 사회 기반 시설물로서 문제가 발생할 경우, 환경적 문제, 악취문제, 위생문제와 같은 주민 생활의 불편뿐만 아니라 도로침하의 복합 원인 중 하나로서 시민안전에 직접적인 영향을 미치는 중요한 시설이다.

이처럼 하수관로 시설물은 공적인 하수 서비스를 제공하는 시설물로서, 최저 비용으로 높은 신뢰도를 확보할 수 있는 체계적인 유지관리 방법을 필요로 한다. 특히, 하수관로 시설물은 노후화가 진행됨에 따라 수리적, 구조적, 운영적, 환경적 성능에 대한 평가 및 지속적 관리가 필요하다.

이에 본 매뉴얼에서는 네 가지 항목 중 하수관로의 구조적 상태와 운영적 상태를 정량적으로 평가하기 위한 조사절차, 요구사항, 결함 판독, 조사 보고서 작성 및 품질관리에 대한 표준화된 절차와 방법을 제시한다.

1.2 목적

본 매뉴얼에서는 하수관로 시설물의 상태를 평가하기 위한 표준화된 조사 절차 및 방법, 결함항목 분석 및 상태등급 판독 방법을 제공하고 있다. 기본적으로 시각 조사(Visual Insepction)를 기반으로 시설물의 내부 검사를 수행하고 표준화된 근거자료(사진 및 영상)를 수집하여, 구조적·운영적 상태등급을 정량적으로 제공하는데 그 목적을 둔다.

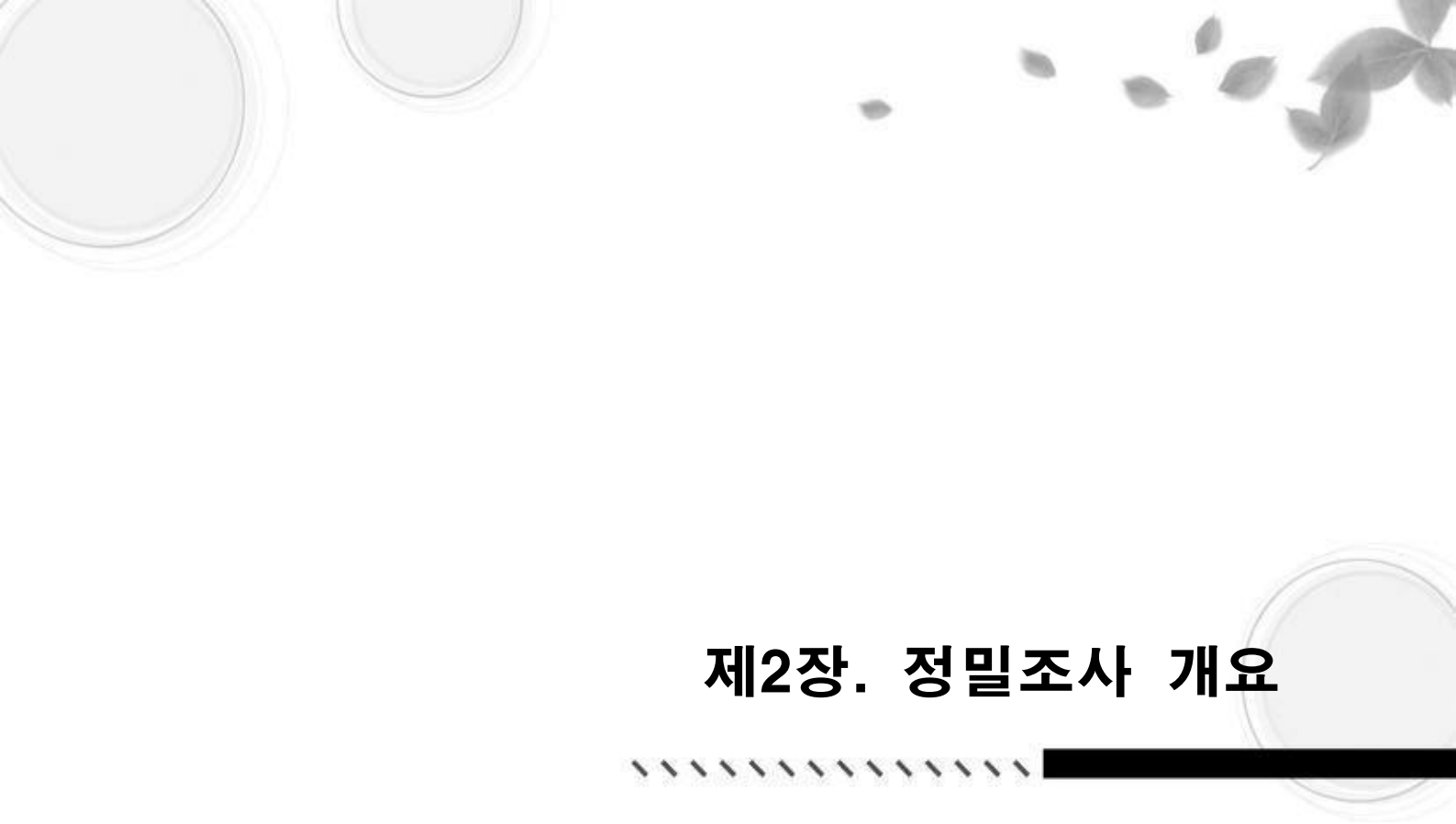
본 매뉴얼은 지하구조물인 하수관로 시설물의 내부 상태를 평가하기 위한 매뉴얼로서 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」, 「지하안전관리에 관한 특별법」, 「산업안전보건법 제65조」와 관련된 타매뉴얼과 직·간접적으로 연관되어 있다.

- (국토교통부) 지하안전점검 표준매뉴얼
- (국토교통부) 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편) 「제8장 수문」
- (고용노동부) 밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드

2 용어의 정의

[ㄱ]	
감독입회	현장 조사 수행 시, 조사자 외에 일정 자격을 갖춘 감독이 참여하여 조사 전반에 대한 품질관리 및 검수를 수행
결절 (Tuberculation)	금속관 내부에 부식으로 인해 발생한 철 무기물과 유기물 등이 혼합되어 형성된 부식생성물
결함 등급	이상항목의 규모별 분류를 위해 구분된 등급으로 결함별 총 3개의 대·중·소 등급으로 구분
결함 항목	시설물 조사 중 발견되는 내·외부 결함을 총칭하며, 발견된 결함 항목은 구조적·운영적 결함 코드에 의해 분류·점수화
공공하수도관리대장	하수도의 현황서와 도면으로 구성되어 상세한 현황을 나타낸 종합자료
관로	관거, 우수토실, 토구(吐口), 물받이 및 연결관 등의 총칭하여 말하며, 관으로 된 수로를 말하기도 함
광각렌즈	표준렌즈(40~60mm)보다 초점거리가 짧은 렌즈로, 넓은 화각을 제공하여 넓은 범위를 담을 수 있는 렌즈
기포 (Blister)	하수관로 시설물 표면에 설치된 라이너에서 수포(물집)이 발생하는 현상으로 부품(Bulge) 대비 관경 축소량이 적게 발생
[ㄴ]	
단위 구간	구조물의 상태 평가가 진행되는 최소 단위로, 시설물의 조사에 대한 상태등급은 단위 구간별로 판정됨. 관로나 암거의 경우 단위 구간은 1본으로 진행
디지털스캐닝 (평면전개)	특수렌즈 혹은 고화질렌즈를 통해 촬영된 영상을 전체 조사 구간에 대해 평면 이미지로 변환하는 방식. 파노라마식으로 배관의 화상프레임을 변경하여 별도의 측시 과정 불필요
[ㅇ]	
밀폐공간	산소결핍, 유해가스로 인한 화재·폭발등의 위험이 있는 장소로서 우물·수직갱·터널·피트 또는 이와 유사한 것의 내부. 근로자의 산재 예방을 위해 안전 조치사항은 “밀폐공간작업 질식재해예방 매뉴얼”을 참고
[ㅂ]	
박락 (Spalling)	하수관로 내부 표면이 물리적인 균열(Crack)이나 화학적인 층분리(Delamination) 현상이 확장되어 나타나는 현상으로 관로 표면이 떨어져 나가는 현상
박리 (Scaling)	하수관로 내부 표면의 시멘트 혹은 모르타르가 점진적으로 손상되는 현상
부품 (Bulge)	하수관로 시설물 표면에 설치된 라이너가 불룩하게 부푼 현상으로 일반적으로 물집(Blister)에 비하여 관경 축소량이 크게 발생
[ㅅ]	
상태등급	조사 대상 시설물의 구조적, 운영적 상태를 표현하는 숫자로, 총 5가지 등급으로 구분되며, 갱생 방식 및 우선순위를 선정할 시 매우 중요 지표로 사용
상태평가	현장 조사 판독 결과를 바탕으로 시설물의 구조적, 운영적 상태등급을 평가하는 과정으로 결함등급에 따라 시설물의 단위 구간별 총 5단계의 등급으로 나누어 현 상태를 판정
CCTV 조사	조사 대상 시설물 내부를 CCTV가 장착된 장비를 이용하여 내부 상태에 대한 영상물을 확보하는 일련의 과정

[ㅇ]	
암거	상부를 개방하지 않는 도랑으로 된 수로이며 도로, 철도, 제방 등의 밑을 통과하는 것을 말하며, 개거에 대한 반대말. 개거의 경우에는 증발에 의한 물 손실, 식물의 번식, 수질오염, 재해에 의한 매설 등의 문제가 있음
어안렌즈	광각렌즈 중 사각이 180도를 넘는 초광각 렌즈로, 전천렌즈 혹은 스카이렌즈라는 다른 용어로 사용
역주행	정주행과 반대 방향으로 촬영장치를 주행하는 방식
연속결함	결함 발생 특성이 연속적으로 나타나는 결함 종류. 연속결함(Continuous Defect)은 지점결함(Point Defect)에 반대되는 개념으로, 일정 구간에 걸쳐서 길이방향(Logitudinal)으로 지속적으로 관측되는 결함
외부상태평가	맨홀 상태평가 판정을 위한 조사과정이 시행되기 전 육안으로 대상 시설물의 외부 상태 관측을 통해 구조적 상태등급을 산정하는 단계
육안조사	관경이 1,000mm 이상의 관로 혹은 관로에 조사원의 출입이 가능한 경우, 관로 내에 직접 진입하여 부식 및 손상상황 등을 육안으로 파악하기 위한 조사 방법
인입지역	조사 대상 시설물의 조사 시점부 주변 대상 지역으로, 도로 표지판, 전봇대 번호, 인근 건물 등 조사 위치를 판별할 수 있는 인근 지역
[ㅈ]	
자연유하방식 (중력식)	위치에너지를 이용하여 물을 송수하는 방식
정주행	상류맨홀에서 시작하여 하류맨홀 방향으로 촬영장치를 주행하는 방식
조사구간	조사 진행 구간을 의미하며, 일반적으로 특정 맨홀 대 맨홀을 조사구간으로 정의함 조사보고서는 조사구간별로 작성
지점 결함	결함 발생 특성이 개별 지점에 특정지어 나타는 결함 종류
지하수	지하에 존재하는 물의 총칭으로, 포화상태로 존재하는 것과 불포화상태로 존재하는 것이 있음. 포화 상태에서 존재하는 지하수는 용출하거나 끌어올리는 것이 가능하고 불포화상태로 존재하는 지하수는 흡착수, 모관수, 중력수가 있음
진입 촬영	조사자가 맨홀 내부를 직접 진입하여 촬영하는 방법으로 주로 일반 디지털카메라, 캠코더(camcorder), 액션캠 등 조사자가 촬영장비를 착용하고 진입하는 방법
[ㅊ]	
측시 촬영	주행 중 촬영화면에 이상항목을 발견하였을 경우, 해당 이상항목을 자세히 기록하기 위해 카메라 초점을 이상항목에 맞추어 사진을 촬영하는 방법
층분리 (Delamination)	하수관로를 구성하는 콘크리트가 철근의 표면에서 층을 이루어 분리되는 현상으로 내부 철근의 부식으로 인한 팽창으로 발생
침입수	하수관로 내로 하수 이외의 지하수가 하수관의 파손 및 균열부, 하수관로 이음부, 맨홀 등의 구조물 결함 부위 등을 통해 유입되는 불명수
[ㅋ]	
케이블 릴 (Cable reel, 권취기)	케이블을 정리 및 관리하는 장비를 말하며, 주로. 모터를 가동하여 기계를 작동시켜 금속소재를 코일로 감아주는 장비
[ㅎ]	
현장조사보고서	조사구간에 대한 조사가 완료된 후, 해당 구간에 대한 결과 보고서를 의미하며, 세부항목으로는 일반사항/시설물정보/조사결과를 포함



제2장. 정밀조사 개요

1. 정밀조사 대상
2. 정밀조사 방법
3. 정밀조사 업무절차

제2장. 정밀조사 개요

1 정밀조사 대상

본 매뉴얼에서는 다양한 하수관로 시설물 중 하수관로(하수암거 포함)와 맨홀에 대하여, 시각조사(Visual Inspection)에 기반한 상태평가 방법을 제시하고 있다. 본 매뉴얼에서 제시하는 정밀조사 대상은 <그림 2.1>과 같이 기설치된 “공공하수관로(하수암거) 및 맨홀”을 주요 대상으로 한다(개인하수도시설은 제외).



<그림 2.1> 정밀조사 대상 시설물

1.1 하수관로

하수관로는 오수나 빗물을 모아 처리장 또는 하천으로 배제하기 위해 설치하는 하수관로 시설물 중의 하나이다. 하수관로는 일반적으로 속이 빈 원형체나 암거 형태의 도랑구조물 등으로 구성된다. 하수관로에 대한 자세한 정의는 환경부고시 하수도설계기준(KDS 61 00 00)의 “관로시설 설계기준(KDS 61 40 00), 관의 종류와 단면” 항목을 참고하며, 세부적인 설명은 한국상하수도협회 하수도설계기준(해설편)의 관로시설 설계기준 해설파트를 참고한다.

본 매뉴얼에서 제시하는 조사 방법론은 자연유하식(중력식, Gravity)으로 구성된 하수관로에 한정한다. 추가적으로 하수관로는 설계·시공·노후화 등 재질에 따른 차이를 고려하여, 강성관(Rigid Pipe)과 연성관(Flexible Pipe)으로 분류하여 조사업무를 수행한다.

<표 2.1>은 강성관 및 연성관의 정의와 특징을 나타내며, 보편적으로 사용되는 하수관로의 재료를 강성관과 연성관으로 분류한 표는 <표 2.2> 및 <표 2.3>과 같다.

<표 2.1> 강성관(Rigid Pipe) 및 연성관(Flexible Pipe)의 정의

분류	강성관(Rigid Pipe)	연성관(Flexible Pipe)
정의	수직 변위 2% 이내, 구조적인 문제가 발생하는 관로	수직 변위 2%~5% 범위에서 구조적인 문제가 발생하지 않는 관로
주요재질	콘크리트, 시멘트	금속, 플라스틱

※ ASCE(미국토목학회)에서 제시된 Marston(1913)의 하중이론에 근거

<표 2.2> 강성관(Rigid Pipe)으로 분류되는 하수관로 재질

코드	국문명	영문명	시설기준 분류
CP	콘크리트관	Concrete Pipe	콘크리트관
RCP	철근콘크리트관	Reinforced Concrete Pipe	
RCB	철근콘크리트박스	Reinforced Concrete Box	
HP	원심력 철근콘크리트관	Hume Pipe	
PC	프리스트레스 콘크리트관	Prestressed Concrete Pipe	
PCB	프리스트레스 콘크리트 암거	Precast Concrete Box Culvert	
PCC	프리스트레스 콘크리트 실린더관	Prestressed Concrete Cylinder Pipe	
VC	진동 및 통전압철근 콘크리트관	Vibrated and Roiled	
EP	도관(토관)	Earthen ware Pipe	
CIP	회주철관	Cast Iron Pipe	
PRC	레진콘크리트관	Resin Concrete Pipe	폴리에스테르수지 콘크리트관
AC	석면시멘트관	Asbestos Cement Pipe	기타
SE	석축	Stone Shaft	
RZ	기타관종	Others (Unidentified concrete or cement)	

<표 2.3> 연성관(Flexible Pipe)으로 분류되는 하수관로 재질

코드	국문명	영문명	시설기준 분류
PVC	경질염화비닐관	Polyvinyl Chloride Pipe	합성수지관
PVC-DC	고강성 PVC 이중벽관	Polyvinyl Chloride Double-Wall Pipe	
HI-VG	내충격 PVC 하수관로	Impact-resistant Polyvinyl Chloride Pipe	
PE	폴리에틸렌관	Polyethylene Pipe	
PE2P	PE이중벽관	Polyethylene Double-Wall	
PE3P	PE다중벽관	Polyethylene Multiwall Pipe	
PEP	폴리에틸렌 분체라이닝관	Polyethylene Powder Lined Steel Pipes for Water Works	
PP	PP심레스관	Polypropy Seamless Pipe	덕타일주철관
DCIP	덕타일주철관	Ductile Cast Iron Pipe	
CSP	파형강관	Corrugated Steel Pipe	파형강관
GSP	아연도강관	Galvanized Steel Pipe	
PCF	복합철판파형관	High power Strength Sewage Pipe	
SCP	피복파형강관	PE-Steel Corrugated Pipe	
PLCSP	PL파형강관	Polyethylene Laminated CSP	
HPLCSP	HPL파형강관	High strength Polyethylene Laminated CSP	
FRP	섬유 강화 플라스틱관	Fiber-Glass Reinforcement Plastic	유리섬유 강화 플라스틱관
GRP	유리섬유 강화 플라스틱관	Glass-Fiber Reinforcement Plastic	
SP	강관	Steel Pipe	강관
SSP	스테인레스관	Stainless Steel Pipe	
PFP	폴리에틸렌피복강관	Polyethylene Laminated Pipe	
THP	나선형주름관	Type high-density Pipe	기타
LP	연관	Lead Pipe	
FZ	기타관종	Others(Unidentified steel or plastics)	

1.2 맨홀

맨홀은 하수관로 내의 점검, 청소, 장애물 제거, 보수 등을 위한 장비 및 사람의 출입을 가능하게 하고, 악취 및 부패성 가스의 환기 등을 위해 필요할 뿐만 아니라 하수관로의 접합을 위해 설치하는 하수관로 시설물이다. 맨홀에 대한 자세한 정의와 구조는 환경부고시 하수도설계기준(KDS 61 00 00)의 “관로시설 설계기준(KDS 61 40 00), 맨홀” 항목을 참고하며, 세부적인 설명은 한국상하수도협회 하수도설계기준(해설편)의 관로시설 설계기준 해설파트를 참고한다.

본 매뉴얼은 표준맨홀(중간맨홀, 합류맨홀), 특수맨홀(역사이편실, 터널암거, 박스암거 및 우수토실 등에 이용되는 특수구조의 맨홀), 맨홀부속물(인버트, 사다리, 맨홀뚜껑) 등을 대상으로 한다.

2 정밀조사 방법

하수관로 시설물의 조사는 시설물의 구조적·운영적 상태를 정량적으로 파악하기 위한 정보 수집 방법이다. 본 매뉴얼에 적용되는 조사 방법은 시설물의 표면을 촬영한 시각 자료(사진 및 영상)에 기반하여 하수관로 시설물 내부의 상태·성능평가(Condition Assessment)를 수행하는 시각 조사(Visual Inspection)를 표준 방법으로 채택한다. 시각 조사는 시각적(Visual) 정보에 기반하여 시설물의 구조적 안정성 및 운영적 건전성을 검사하는데 목적을 둔다.

시각 조사는 전문가(혹은 조사자)의 내부 진입 여부에 따라, 내부에 직접 진입하여 시설물의 내부 상태를 점검하는 육안조사(인입 조사, Person-entry Inspection) 방법과 카메라를 별도로 운용하여 시설물의 상태를 원격으로 검사하는 CCTV 조사(원격 조사, CCTV Inspection) 방법으로 구분할 수 있다. 육안 조사의 경우에는 현장에서 조사자가 직접 상태평가를 수행하는 장점이 존재하나, 조사자가 직접 진입할 수 있는 관로와 조사자의 안전이 확보된 관로를 대상으로만 시행해야 한다. 단, CCTV 조사장비를 통해 육안조사를 대체할 수 있을 경우에는 육안조사가 가능한 관로라도 CCTV 조사를 수행할 수 있다.

본 매뉴얼의 정밀조사 대상인 하수관로 시설물의 안정성 평가와 직·간접적으로 관련된 법령으로는 「지하안전관리에 관한 특별법 시행규칙」 및 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」이 존재한다. 정밀조사 대상이 관경 500mm 이상의 하수관로일 경우 「지하안전관리에 관한 특별법 시행규칙」에 근거하여 ‘지하안전점검 표준매뉴얼’에서 제시하는 육안조사와 공동조사를 병행하여 수행하여야 한다. 정밀조사 대상이 제1종시설물 및 제2종시설물에 해당하는 국가하천의

수문(암거)인 경우 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」에 따라 시각 조사 외 안전점검 및 정밀안전진단을 수행하여야 한다. 안전점검 및 정밀안전진단은 시설물의 안정성 평가를 위한 시험 위주로 진행된다. <표 2.4>는 하수관로 시설물의 정밀조사와 관련된 법령의 적용대상과 그에 따른 조사방법을 나타낸 표이다.

<표 2.4> 하수관로 시설물의 정밀조사 관련 법령 적용대상 및 조사방법

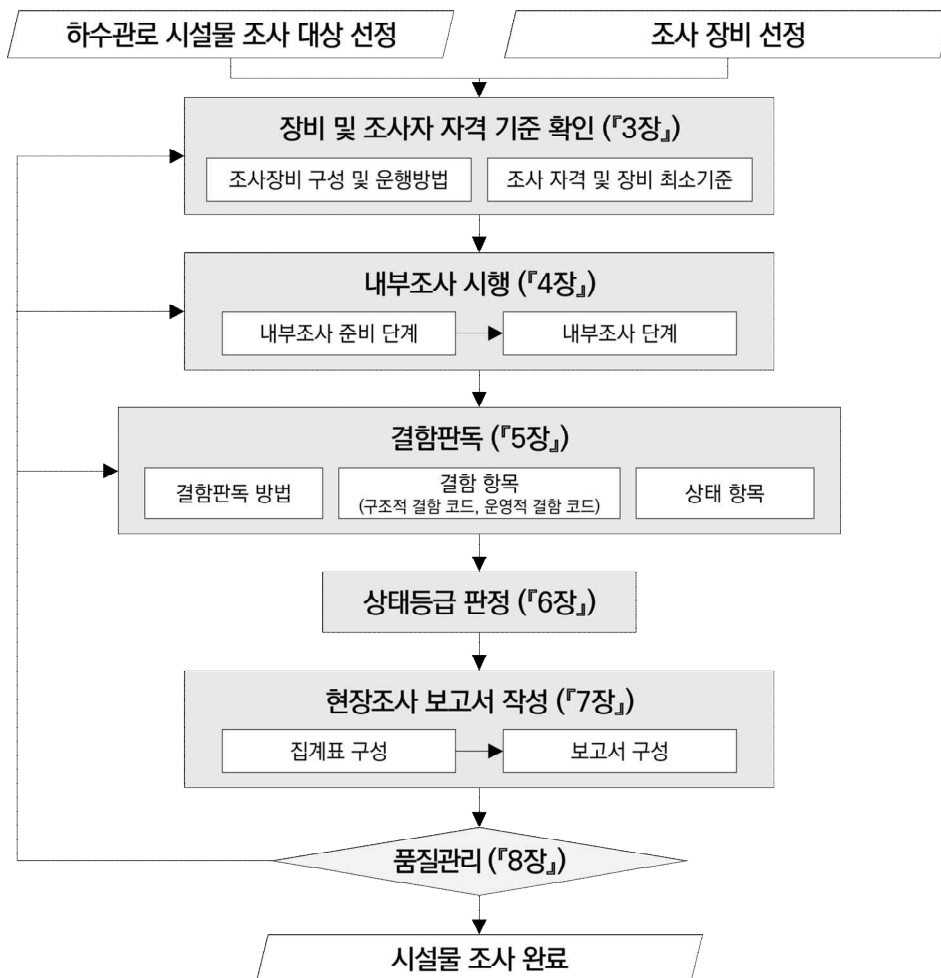
관련 법령	지하안전관리에 관한 특별법 시행규칙	시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침
적용 대상	관경 500mm 이상인 하수관로	제1종시설물 및 제2종시설물에 해당하는 국가하천의 수문
조사 방법	[지하안전점검 표준매뉴얼]	[별표 11] 안전성평가를 위해 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 항목 (제27조 관련)
	- 육안조사 - 공동조사(GPR 조사 등)	- 비파괴재하시험 - 지반조사 및 탐사 - 지형, 지질조사 및 토질시험 - 수리·수충격·수문 조사 - 계측 및 분석 - 수중조사 - 누수탐사 - 콘크리트 제체 시추조사 - 콘크리트 재료시험 - 기계·전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측 - 강재비파괴시험 등

조사 목적에 따라 사진 및 영상 등의 시각적 정보 외 추가적인 조사자료가 필요한 경우, 사진 및 영상 자료를 보조하는 추가적인 센싱을 활용한 비시각 조사를 활용하여 시각 조사와 병행하여 사용한다. 비시각 기반 조사에는 파이프 프로파일링(Pipe Profiling), 공동조사(GPR, Ground Penetrating Rader), 누출수 감지(Leak Detection) 등 다양한 방법이 포함되나, 본 매뉴얼에서는 하수관로 시설물의 내부 상태평가에 목적이 있으므로, 파이프 프로파일링(Pipe Profiling) 기법에 한정하여 「<별첨 1> 비시각조사(보조조사, Supplementary Inspection)」에 소개하였다.

내부 상태평가 외 지표투과레이더(GPR) 탐사 등의 공동조사 방법은 「지하안전관리에 관한 특별법 시행규칙(제16조제1항)」에 따라 시행되며 국토교통부의 ‘지하안전점검 표준매뉴얼’ ‘공동조사’편을 참고한다.

3 정밀조사 업무절차

하수관로 시설물의 정밀조사 업무절차는 6단계로 구성된다. 첫 번째 단계인 「장비 및 조사자 자격 기준 확인」에서는 ‘조사장비 구성 및 운행방법’과 ‘조사 자격 및 장비 최소기준’을 확인하며, 두 번째 단계인 「내부조사 시행」에서는 ‘조사계획 수립 및 조사를 위한 장비 등을 준비하기 위한 ‘내부조사 준비 단계’와 실제 조사자가 시설물의 내부를 촬영하는 ‘내부조사’ 단계로 구성된다. 세 번째 단계인 「결함판독」에서는 표준화된 이상항목 판독 기준을 바탕으로 이상항목을 식별하고 이상항목의 종류와 등급을 점수화하는 판독을 수행하며, 네 번째 단계인 「상태등급 판정」에서는 결함판독 결과를 바탕으로 시설물의 현재 상태를 등급화하여 하수관로 및 맨홀의 전반적인 상태를 평가한다. 다섯 번째 단계인 「현장조사 보고서 작성」에서는 현장조사 결과 및 결함판독, 상태등급 판정 결과를 바탕으로 조사결과 보고서를 작성하며, 최종적으로 조사과정 및 결과에 대한 품질검증을 수행한다.



<그림 2.2> 하수관로 시설물 정밀조사 업무절차



제3장. 장비 및 조사자 자격 기준

1. 조사장비 구성 및 운행 방법
2. 조사 자격 및 장비 최소 기준

제3장. 장비 및 조사자 자격 기준

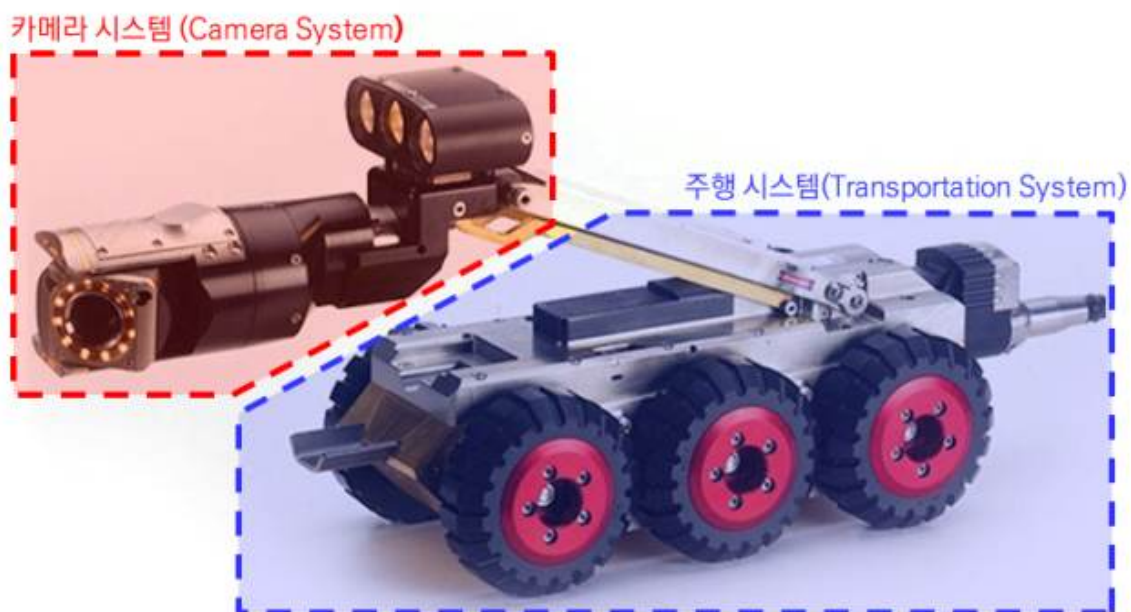
1 조사장비 구성 및 운행 방법

하수관로 조사 결과물인 사진과 영상 자료는 관독자가 시설물의 구조적, 운영적 상태등급을 판단하는 근거자료로 활용되므로, 일정 수준 이상의 품질이 요구된다. 이상항목 구분이 용이한 사진과 영상 자료를 확보하기 위하여 시각 조사에 사용되는 조사장비의 구성과 조사장비의 표준 운행 방법을 제시하여 시각 조사 방법에 대한 최소한의 품질을 확보하고자 한다.

1.1 조사장비 구성

시각 조사에 사용되는 표준 조사장비는 사진 및 영상 촬영을 위한 ‘카메라 시스템(Camera System)’과 이를 이동시키기 위한 ‘주행 시스템(Transportation System)’으로 구성된다.

조사 목적 및 조사 환경에 따라 카메라 시스템과 주행 시스템을 다양한 방법으로 조합하여 조사에 활용할 수 있다. 아래의 그림은 하수관로 조사에 가장 보편적으로 사용되는 측시(Pan-Tilt) 카메라와 자주차(Tractor/Crawler)를 조합한 조사장비의 예시이다.



<그림 3.1> 시각조사에 사용되는 조사장비의 구성(카메라 시스템, 주행 시스템) 예시
(M社)

1.1.1 카메라 시스템(Camera System)

카메라 시스템은 하수관로 시설물 조사 시에 하수관로 내부를 직접적으로 촬영하는 시스템이다. 일반적으로 시스템은 카메라 렌즈, 렌즈 제어 장치(초점 조정 등), 사진 및 영상 보정 장치(밝기 및 떨림 보정 등), 조명 장치, 저장 장치 등으로 구성된다.

하수관로 시설물 조사에 사용되는 카메라 시스템의 종류는 결함을 근접 촬영하는 방식 혹은 카메라 렌즈의 특성에 따라 분류한다. 카메라 시스템의 대표적인 종류로는 전통적인 방식의 고정(Fixed Axial) 카메라, 측시(Pan-Tilt) 카메라, 줌(Zoom) 카메라가 있으며, 최근 시각조사에 적용되는 카메라 시스템으로는 다양한 보정 기능이 포함된 액션(Action) 카메라와 이상항목 촬영 시 추가적인 근접 촬영이나 별도의 측시 촬영 없이 하수관로 시설물 내부를 한번에 디지털 스캐닝(Digital Scanning)하기 위해 사용되는 초광각(Ultra Wide) 카메라 등이 있다.

본 매뉴얼에서 언급되지 않는 다양한 종류의 카메라 시스템도 하수관로 시설물 조사에 사용할 수 있으나, 조사에 사용되는 모든 카메라 시스템은 ‘2.2 카메라 시스템 최소기준’에 언급된 항목을 모두 만족하여야 한다.

아래의 표는 현재 하수관로 시설물의 시각 조사에 사용되고 있는 다양한 카메라 시스템의 촬영 범위, 주요 기능, 촬영 결과물을 나타낸 표이다.

<표 3.1> 시각 조사에 사용되는 카메라 시스템 특징

구분		촬영 범위	기능	촬영 결과물
명칭	예시 사진			
고정축 카메라 (Fixed Axial Camera)		전방	· 단순 전방 촬영	· 전방 사진/영상
측시 카메라 (Pan-Tilt Camera)		전방	· 상하좌우 위치조절(Pan), 회전(Tilt), 확대(Zoom)	· 전방, 측시, 확대사진/영상
줌 카메라 (Zoom Camera)		전방	· 확대(Zoom)	· 전방, 확대 사진/영상
액션 카메라 (Action Camera)		전방	· 초소형, 보정기능 (떨림, 방수방진, 외부충격 등) · 광각, 초광각렌즈 기능 지원	· 전방사진/영상 · 소프트웨어를 통한 측시/확대 사진
초광각 카메라 (Ultra wide Camera)		전범위 (전·후방)	· 시설물을 180도 이상으로 촬영영상 기반 시설물 내부 스캐닝 결과 제공 · 결함의 측시 및 확대 촬영 필요 없음	· 디지털 스캐닝 영상 · 파노라마 형태의 시설물 전체 사진 · 소프트웨어를 통한 측시 및 확대 가능

1.1.2 주행 시스템(Transportation System)

주행 시스템은 카메라 시스템을 보조하고 이동시키기 위한 시스템이다. 일반적으로 시스템은 이동 장치, 전원 공급 장치(배터리, 전원 케이블 등), 제어 장치(조작부, 통신부 등) 등으로 구성된다.

하수관로 시설물 조사에 사용되는 주행 시스템은 이동 장치의 형태에 따라 분류한다. 전통적인 주행 시스템으로는 조사자가 직접 시설 내부로 진입하여 조사(육안 조사)를 수행하는 도보 방법(Person-entry)이 존재하며, 조사자가 진입하지 않고 케이블(Push Rod), 폴대(Pole Support), 자주차(Tractor/Crawler), 보트(Floating Platform) 등을 투입하여 조사하는 방식이 있다. 최근 무선 통신 기술과 제어 기술의 발전으로 하수관로 시설물 조사 분야에서도 비행체인 드론(Drone)과 보행체인 로봇개(Robot-dog)의 활용이 현실화 되고 있다.

본 매뉴얼에서 언급되지 않는 다양한 종류의 주행 시스템도 하수관로 시설물 조사에 사용할 수 있으나, 조사에 사용되는 모든 주행 시스템은 ‘2.3 주행 시스템 최소기준’에 언급된 항목을 모두 만족하여야 한다. 아래의 표는 현재 하수관로 시설물의 육안 조사를 제외한 시각 조사에 사용되고 있는 다양한 주행 시스템의 사용 방법, 제어 장치의 구성, 적용 범위를 나타낸 표이다.

<표 3.2> 시각 조사에 사용되는 주행 시스템 특징

구분		촬영 범위	제어 장치		적용 범위
명칭	예시 사진		조작부	통신	
케이블 (Push Rod)		· 최대 90도 까지 구부러지는 유연한 반강체(Semi-Ride) 케이블 활용	케이블릴, 모니터	유선	연결관 (소형관)
폴대 (Pole Support)		· 막대 혹은 삼각대 형태의 폴대 활용	모니터	무선	맨홀
자주차 (Tractor/Crawler)		· 원격으로 조정되는 바퀴가 달린 주행체 · 직경에 따라 바퀴의 크기를 교체하여 적용	케이블릴, 모니터, 컨트롤러	유선, 무선	하수관로 (관경 1,800mm 미만, 수위 30% 미만)
보트 (Floating Platform)		· 자주차를 이용할 수 없는 고유량 시설물 조사를 위한 소형 보트 · 하류에서 상류로 견인하는 방식으로 사용	케이블릴, 모니터, 컨트롤러	유선	대형 하수관로 (관경 450~3,000mm, 수위 75% 미만)
드론 (Drone)		· 무선으로 제어하는 비행체 · 최근, 신호 확장기를 활용하여 지하에서 무선 신호 범위를 확장하여 다양한 조사 수행	모니터, 컨트롤러	무선	대형 하수관로 (관경 600mm 이상)
보행 로봇 (Walking Robot)		· 무선으로 제어하는 보행체 · 장애물로 인해 자주차가 조사할 수 없는 지역 적용	모니터, 컨트롤러	무선	대형 하수관로 (관경 600mm 이상)

<참고자료 1> 디지털 스캐닝(Digital Scanning)이란?

디지털 스캐닝(Digital Scanning)은 두 개 이상의 고해상도의 광각(혹은 초광각) 렌즈를 활용하여, 측시 및 확대 촬영 등 이상항목을 촬영하기 위한 별도의 추가적인 촬영없이 연속적으로 촬영하는 방법이다. 소프트웨어를 이용하여 가상의 측시 및 확대 기능을 지원하며, 촬영 결과를 파노라마 형태의 스캔 이미지로 요약하여 제공할 수 있다.

아래의 표는 대표적으로 사용되는 측시 카메라를 활용한 측시 촬영 방법과 초광각 카메라를 활용한 디지털 스캐닝 방법에 따른 이상항목 촬영 방법의 장·단점을 비교한 표이다.

< 이상항목 촬영 방법별 권장수준 및 장단점 >

이상항목 촬영 방법	촬영 권장수준 및 장단점
측시 촬영	· 이상항목 발견 시, 측시 촬영 · 장점 : 현장에서 이상항목에 대한 정밀 판단 가능 · 단점 : 주행을 멈추고 촬영을 함에 따라 조사시간 증가
디지털 스캐닝	· 이상항목의 측시촬영 없이 조사 진행 후, 분석단계에서 촬영영상을 평면전환하여 이상항목을 비교하거나 소프트웨어를 통해 이상항목 발생 지점에서 가상의 측시 및 확대 사진 편집 · 장점 : 주행을 멈추지 않고 촬영 함에 따라 조사 시간 감소 · 단점 : 촬영 영상 평면전개를 위한 전용 카메라 렌즈 장착 필요

<참고자료 2> 카메라 시스템 및 주행 시스템 조합 예시 사례(뉴질랜드)

카메라 시스템과 주행 시스템을 조합하여 구성하는 시각 조사 장비는 조사 대상 시설물의 환경과 조사 시간의 최저 수위에 따라서 결정한다. 뉴질랜드 매뉴얼(WNZ, 2023)에서 제시하는 조사 환경에 따른 조합 예시는 다음과 같다.

< 조사환경에 따른 주행 시스템 및 카메라 시스템 조합 방법 >

조사환경		조사장비 구성	
관경(D, mm)	수위(WL, %)	주행 시스템	카메라 시스템
300 이하	15 이하	케이블	- 고정 카메라 - 측시 카메라
1,800 이하	30 이하	자주차	- 측시 카메라 - 초광각 카메라
450 ~ 3,000	25 ~ 75	보트	- 측시 카메라 - 초광각 카메라
(맨홀) 100 이상	-	폴대	- 줌 카메라 - 액션 카메라

1.2 조사장비 운행 방법

조사장비의 운행 방법은 일정한 방법으로 촬영된 사진 및 영상을 확보하여 관독자에게 동일한 품질의 자료를 제공하기 위한 목적을 가진다. 운행 방법은 촬영 위치, 주행 속도, 촬영 방법으로 제시된다.

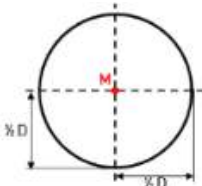
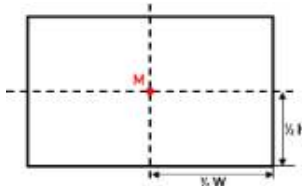
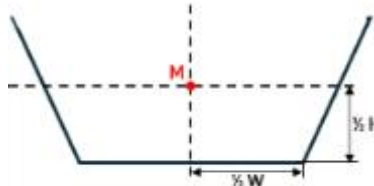
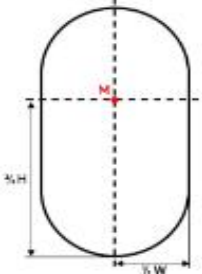
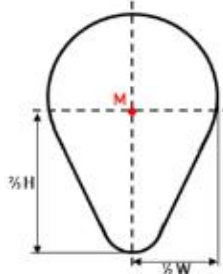
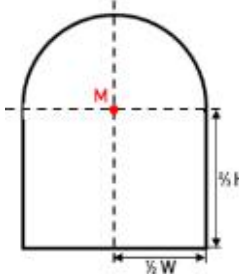
1.2.1 촬영 위치

촬영 위치는 관독자에게 제공되는 사진과 영상의 왜곡을 최소화하기 위한 기준이다. 원칙적으로 카메라 시스템의 위치가 시설물의 중앙점에 위치해야 한다. 단, 지장물 등이 조사 진행을 방해할 경우 카메라 시스템의 위치는 임의로 조정할 수 있으며, 해당 지점을 통과한 후에는 다시 중앙점으로 복귀하여 촬영함을 원칙으로 한다.

조사장비 운행 중 촬영 위치와 관련된 주의 사항은 다음과 같다.

- 조사는 중앙점을 중심으로 카메라의 위치가 폭(Width), 높이(Height) 각 20% 범위로 한정함
- 조사자는 중앙점의 위치를 수치적(mm)으로 인지하여야 하며, 조사자의 감으로 중앙점의 위치를 조절하지 않도록 주의함
- 조사 중, 조사자가 임의로 카메라의 위치를 변경할 수 없음
단, 특정 사유(지장물, 고수위 등)로 인해 일정구간 혹은 전체구간에서 중앙점 유지가 어려운 경우 정확한 사유를 비교에 기입함
※ 상태코드 LC(상실-중심, Loss Center)를 사용하여 중심을 벗어나는 구간 명시

아래의 그림은 하수관로의 단면 형상에 따른 중앙점(M)의 위치를 나타낸다.

		
(1) 원형($\frac{1}{2}D$, $\frac{1}{2}D$)	(2) 직사각형($\frac{1}{2}W$, $\frac{1}{2}H$)	(3) 사다리꼴형($\frac{1}{2}W$, $\frac{1}{2}H$)
		
(4) 타원형($\frac{1}{2}W$, $\frac{2}{3}H$)	(5) 계란형($\frac{1}{2}W$, $\frac{2}{3}H$)	(6) 말굽형($\frac{1}{2}W$, $\frac{2}{3}H$)

<그림 3.2> 하수관로의 단면 형상에 따른 중앙점(M) 위치

1.2.2 주행 속도

주행 속도는 영상의 품질 저하의 원인인 픽셀 깨짐 혹은 떨림 등을 방지하기 위하여 조사 중 촬영되는 영상의 프레임 간격과 관련된 기준이다. 촬영 대상물의 크기(관경, D)에 따라 주행 속도는 차등적으로 적용된다.

단, 조사 대상이 파형강관(CSP, Corrugated Steel Pipes and Structural Plates)인 경우에는 제시된 주행속도의 60%로 제한한다. 또한, 카메라 시스템 내부에 보정 기능과 함께 디지털 스캐닝 방식으로 조사를 수행하는 경우(액션 카메라, 초광각 카메라를 사용하는 경우) 일반적인 주행 속도 대비 빠르게 운용할 수 있다.

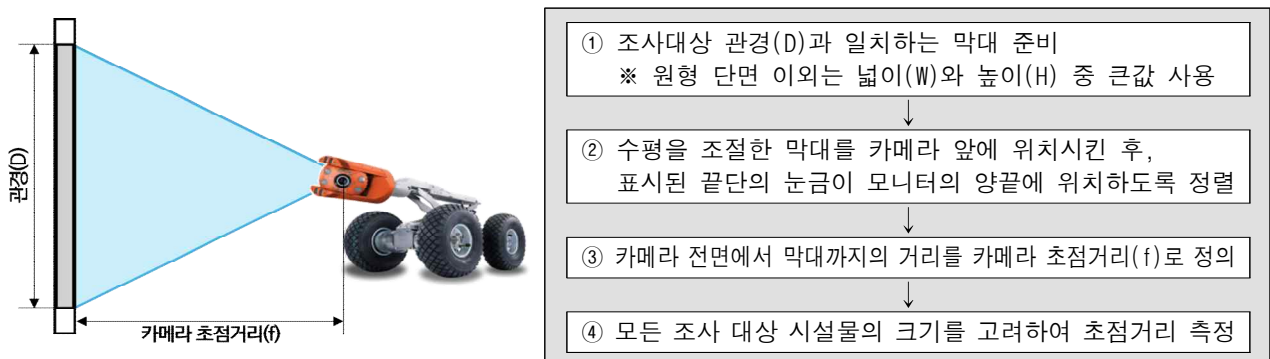
조사 조건에 따른 조사 장비의 권장 주행 속도는 아래의 표와 같다.

<표 3.3> 조사 조건에 따른 조사 장비의 권장 주행 속도

조건		권장 주행 속도	
		(m/sec)	(m/min)
하수관로 조사	D200 이하	0.05 ~ 0.10	3.0 ~ 6.0
	D200 ~ D300	0.05 ~ 0.15	3.0 ~ 9.0
	D300 이상	0.10 ~ 0.20	6.0 ~ 12.0
	파형강관(CSP)	동일 조건 주행 속도의 60%로 저속 운행	
	디지털 스캐닝	0.10 ~ 0.30	6.0 ~ 15.0
맨홀 조사			

1.2.3 촬영 방법

주행 중, 이상항목이 등 특이점을 발견된 경우, 전면사진과 함께 측시사진을 촬영하고 해당 지점에 대한 정보를 코드로 기록하여야 한다. 전면사진과 측시사진에 대한 표준화된 촬영 기준을 위해 초점거리(f)를 정의하였으며, 이와 관련된 내용은 <그림 3.3>과 같다.



<그림 3.3> 관경에 따른 카메라 초점거리 측정 방법

이상항목 촬영 시, 결함 등급(대/중/소)을 결정할 수 있도록 카메라의 줌(zoom)을 조절할 때에는 너무 가깝게 하여 결함을 과장해서는 안 되며, 너무 멀리하여 결함이 부정확하게 기록되지 않게 주의한다. 이상항목 기록을 위한 전면 사진과 측시 사진의 기준은 다음과 같다.

- 카메라 초점거리(f) < 측시사진 촬영 거리 ≤ 전면사진 촬영 거리 < 시설물의 관경(D)
※ 원형 단면 이외에는 넓이(W)와 높이(H) 중 작은 값을 기준으로 관경을 선정
- 측시사진 : 촬영 대상(이상항목)과 수직 방향(45° ~ 90°)의 이상항목 사진
※ 측시는 45° ~ 90° 범위에서 이루어지며, 이상항목이 명확하게 나타나는 각도로 수행
※ 측시사진에서 이상항목이 명확하게 나타나지 않은 경우, 전면사진 촬영 거리에서 추가 촬영

초광각 카메라를 이용한 디지털 스캐닝 기법을 활용하여 조사를 수행하는 경우, 별도의 측시 촬영 없이 소프트웨어를 활용한 스크린샷(Screen Shot)을 이용하여 이상항목을 기록한다.

특히, 다음과 같은 항목에 대해서는 반드시 전면사진 혹은 측시사진을 첨부해야 한다. 이음부의 촬영은 이음부의 중앙선을 따라 명확한 화면을 촬영하여 판독자에게 제공해야 한다. 이상항목 중 연결관 돌출, 연결관 접합 등의 항목은 연결관 내부를 촬영하여 연결관의 상태에 대한 간략한 상태코드를 기입하고, 연결관과 본관 사이를 촬영한다. 주요 항목은 다음과 같다.

- 연결관 발견 시, 연결관 접합부에 대한 전면사진 및 측시사진
- 이음부 발견 시, 이음부 전체에 대한 전면사진(결함이 존재하는 경우 측시사진 필요)
- 관 천공, 관 파손 발견 시 결함의 정도와 보수 유·무 파악을 위한 촬영 실시
- 균열 발견 시 균열의 결함 정도와 침입수 흔적 파악을 위한 촬영을 실시
- 표면 손상 발견 시 결함 정도 파악을 위한 촬영을 실시
- 그 외 이상항목이라 판단되는 결함의 경우 결함 판단을 위한 촬영을 실시 등

2 조사 자격 및 장비 최소 기준

하수관로 시설물 조사 및 상태평가는 사진과 영상 자료를 기반으로 이상항목 여부를 판단하고, 결함의 정도를 판단할 수 있는 최소한의 기준을 만족해야 한다.

자격기준을 통해 하수관로 시설물의 위험성과 이상항목 여부를 이해하는 대상에게 조사자격을 부여한다. 또한, 고품질의 사진과 영상자료를 판독자에게 제공하기 위하여 시각 조사 결과물인 이상항목을 명확하게 구분할 수 있는 조사장비의 최소기준을 도입하였다.

2.1 조사자 및 감독자 자격

조사자의 경우 현장에서 촬영 영상을 바탕으로 이상항목 유무를 판단해야 하며, 감독자는 현장의 촬영 결과인 사진과 영상을 바탕으로 하수관로 시설물의 결함 등급(대/중/소)을 결정해야 한다. 즉, 감독자와 조사자 모두 하수관로 시설물 상태등급을 판단하는 과정을 인지하여야 한다.

조사자의 조사 및 촬영 결과의 최소 품질 확보와 감독자의 상태등급 판정 결과의 신뢰성 확보를 위해 전문기관의 관련 교육을 이수한 자에 한정하여 조사자와 감독자의 자격을 부여한다. 조사 현장의 상황에 따라 맨홀 또는 하수관로 내부로 진입하여 조사를 수행하는 상황을 고려하여, 조사자는 지자체 혹은 안전보건교육기관에서 시행하는 안전교육을 이수하여야 한다.

- 하수관로·맨홀 조사 및 상태등급 감독 관련 교육 이수자
- 밀폐공간 질식재해예방 안전작업 관련 교육 이수자
- ※ 밀폐공간 작업 등에 관한 교육은 고용노동부장관에게 등록한 안전보건교육기관에서 실시하는 산업안전보건법에 따른 특수 특별안전보건교육을 이수하여야 함

2.2 카메라 시스템 최소 기준

카메라 시스템의 최소기준은 촬영환경(조명, 방수/방진), 사진 및 영상 품질(저장방식, 해상도, 파일형식), 데이터 표기 방법(촬영화면 표기항목)으로 구분된다.

카메라 시스템의 최소기준은 <표 3.4>와 같다.

<표 3.4> 카메라 시스템 최소 기준 요약표

구분	항목	기준		비고
촬영 환경	조명	광원	LED 혹은 할로겐 조명	필요시, 별도 조명 사용
		조도	하수관로 : 1,000루멘(lm) 이상 맨홀 : 200루멘(lm) 이상	
	방수/방진	등급	IP 67 이상	
		공인기관	KOLAS 공인시험기관	
사진 및 영상 품질	저장방식	디지털		
	해상도	1280×720 이상 (HD급, 720p 이상, 컬러)		
	파일형식	MPEG 계열(영상), JPG(사진)		
데이터 표기	촬영화면 표기항목 (자막입력)	사업명, 조사일시, 맨홀번호, 배수체계, 맨홀깊이, GPS좌표, 매설년도		좌표형식 (000.123456789)

2.2.1 촬영 환경

1) 조명

조명은 그 종류와 밝기, 색이 다양하며, 이에 따라 촬영 화면의 명도, 색도가 달라질 수 있으며 사진과 영상이 왜곡되어 잘못된 판단이 발생할 수 있다. 이러한 관독의 오류를 줄이기 위해 카메라 시스템에서는 이상항목을 인지하기 위하여, 조명은 아래와 같은 기준을 만족하여야 한다.

- 하수관로 : 1,000루멘(lm) 이상의 무색 LED(혹은 할로겐) 조명
- 맨홀 : 200루멘(lm) 이상의 무색 LED(혹은 할로겐) 조명

2) 방수/방진

하수관로 시설물은 우·오수를 이송하는 역할을 담당하여 항상 습기와 분진에 노출되어 있다. 카메라 시스템은 온도와 습도 등의 요인에 민감하여 촬영 결과가 왜곡될 수 있으므로, IP등급(International Protection Grade, IEC 60529)을 인증받은 제품으로 한정한다.

- IP 67 이상 등급을 만족해야 하며, 공인기관으로부터의 성능시험을 통과하여 인증서를 획득해야 함
※ 공인기관 : KOLAS 공인시험기관(한국산업기술시험원, 한국전기전자시험연구원 등)

2.2.2 사진 및 영상 품질

1) 저장방식

사진 및 영상자료는 반드시 디지털 방식으로 저장해야 하며, 다음의 기준을 준수해야 한다.

- 매뉴얼의 표준 내용을 준수해야 함
- 저장파일은 조사영상이 끊기지 않아야 함(임의적 편집 불가)
- 사업 전·후 촬영 시, 비교를 위하여 동일한 저장방식을 사용해야 함

2) 해상도

촬영 결과는 촬영 동영상의 픽셀 사이즈에 따라 이상항목 판단에 차이가 나고, 사이즈가 너무 작아 확대를 할 경우 픽셀이 깨지는 현상이 발생하는 경우를 볼 수 있다. 이를 방지하기 위해 다음의 기준을 준수해야 한다.

- 최소해상도 기준(1280×720)을 준수해야 하며, 컬러(Color)로 제공해야 함
- 사업 전·후 동일한 사이즈로 저장하여, 비교 평가가 동일 조건에서 이루어져야 함
- 조사 중, 임의의 해상도 변경은 불가함

3) 파일 형식

촬영 동영상 저장 권장기준은 국제표준화 단체인 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11(MPEG : Moving Picture Experts Group)에서 제공하는 동영상 저장방식인 MPEG 계열로 한다.

- 사진의 경우 JPG 방식을 사용함
- MPEG 계열에는 mpg, mp4 등이 포함됨

2.2.3 데이터 표기(자막입력)

데이터 표기는 자막입력을 통해 조사일시, 관로번호, 맨홀번호, 주행방법, 주행거리, 관경, 관종, 배수체계, 조사자, 좌표값, 맨홀깊이, 진행상황을 기입(표기)해야 한다. 자막으로 표기되는 조사정보 항목 및 내용은 아래와 같다.

<표 3.5> 사진 및 영상에 자막으로 표기되는 조사정보 항목 및 내용

구분	내용
조사일시	- 조사일(yy-mm-dd), 조사시작시간(00:00:00)
관로번호	- 대상관로번호
맨홀번호	- 대상 관로 상,하 맨홀 번호
주행방법	- 정주행, 역주행
주행거리	- 총 주행거리 · m 단위로 나타내되, 최소 0.1m의 정확도까지 기입
관 경	- 관의 크기(mm)
관 종	- 콘크리트관, 주철관 PVC관, PE관 등 ※ 「2장 정밀조사 개요」의 '1.1 하수관로'에서 제시된 연성관/강성관 재질코드 참조
배수체계	- 우수관, 오수관, 합류식관 구분
조사자	- 조사자명 및 교육이수번호
좌표값	- 위도/경도 GPS 좌표값(소수점 9자리), 맨홀뚜껑 중앙에서 측정
맨홀 깊이	- 조사시작 지점 맨홀의 깊이 · m 단위로 나타내되, 최소 0.1m의 정확도까지 기입 - 지표면에서 맨홀 바닥면까지 거리 · 인버트가 있는 경우, 인버트 정중앙 바닥면까지 측정 · 인버트가 없는 경우, 상·하류 하수관로의 가상 연결선상의 정중앙 바닥면까지 측정
진행상황	- 조사시작/조사중단/조사완료

출력화면에 자막으로 제공되는 조사정보 항목 및 내용의 표기 방법과 예시는 <그림 3.4>와 같다.

[주행거리] 000.0m	[조사날짜] YY-MM-DD
[관로번호]	[조사시간] 00:00:00
[시작맨홀ID]	[관경] / [관중] / [배수방식]
[끝맨홀ID]	
[진행상황] 조사시작/조사중단/조사완료	
	[맨홀깊이] [위도] [경도]
[주행방식]	[조사자]([교육이수번호])

(1) 촬영화면(자막)에 표기되는 정보 항목 표기 위치 기준 (예시)



(2) 촬영화면(자막)에 표기되는 정보 항목 표기 위치 기준 (예시)

<그림 3.4> 출력화면에 자막으로 제공되는 조사정보 표기 방법 및 예시

2.3 주행 시스템 최소 기준

주행 시스템의 최소기준은 촬영환경(방수/방진), 거리측정(측정단위, 현장오차)로 구분된다. 전원 공급 장치(배터리, 전원 케이블 등), 제어 장치(조작부, 통신부 등) 등은 사용하는 주행 시스템에 따라 다양한 형태로 구성할 수 있다. 주행 시스템의 최소기준을 요약한 표는 아래와 같다.

<표 3.6> 주행 시스템 요구사항 요약표

구분	항목	기준		비고
촬영 환경	방수/방진	등급	IP 67 이상	
		공인기관	KOLAS 공인시험기관	
거리 측정	측정단위	0.1m		10m 거리, 5회 반복 측정된 오차의 최대값
	현장오차	일반	최대오차 0.1m 이내	
		케이블	최대오차 0.2m 이내	

2.3.1 촬영 환경

주행 시스템의 IP등급은 카메라 시스템의 IP 등급과 동일한 수준으로 한다. 세부적인 기준은 ‘2.2 카메라 시스템 최소기준’의 ‘2.2.1 촬영환경’ 내 ‘2) 방수/방진’ 항목을 참고한다.

2.3.2 거리 측정

1) 측정 단위

거리측정은 0.1m의 정확도까지 표현함을 원칙으로 한다.

2) 현장오차

지하 내부에서는 다양한 요인으로 인해 거리측정이 정확히 이루어지지 못한다. 이를 최대한 방지하기 위해, 현장에서 주행 시스템의 거리측정 오차를 선행적으로 검토한다. 검토는 지상에서 이루어지며, 10m 직선거리를 5번 반복 주행하여 측정된 오차의 최대값을 기준으로 한다. 조사 전, 현장에서 측정된 최대오차는 0.1m 이내로 제한한다.

- 케이블을 사용한 경우, 수동으로 케이블 릴(Cable reel)을 조작해서는 안되며, 조사장비의 이동에 따라 자동으로 회전하여야 함(허용 최대오차는 0.2m 이내)
- 정확한 거리 측정을 위해 케이블이 오염되지 않도록 주의해야 함



제4장. 내부조사

1. 내부조사 준비 단계
2. 내부조사 단계

제4장. 내부조사

1 내부조사 준비 단계

하수관로 및 맨홀의 조사 시행 전, 조사에 따라 발생하는 교통문제 예방을 위해 관할 경찰서에 신고·허가 등의 행정적 조치를 행해야 한다. 추가적으로, 조사자의 안전을 위해 고용노동부의 ‘밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드’에 따라 ‘질식재해예방 체크리스트’를 작성한다.

단, 조사자가 직접 시설물 내부로 진입하는 경우(육안조사 수행 시), 조사지점에 대한 밀폐공간작업 출입허가서를 사전에 승인받아야 한다. 감독관(발주자)의 자격 확인과 신고·허가 등의 행정적 조치 수행 후, 하수관로 시설물의 내부조사를 위한 준비를 시작해야 하며, 세부단계는 다음 <그림 4.1>과 같다.



<그림 4.1> 하수관로 시설물 내부조사 준비 단계 절차도

조사자는 조사 준비 단계별로 다음의 체크리스트를 통해 내부조사 준비 과정에 대한 과정별 필수 준수 사항에 대한 여부를 체크하며 진행한다.

<내부조사 준비 단계 체크리스트>

체크리스트	예	아니오
1. 조사대상지역 이동 및 시설물 현황 확인		
- 촬영대상 지역과 시설물의 위치가 하수도관리대장(혹은 GIS)에서 확인되었는가?		
- 하수도관리대장(혹은 GIS)에 기록된 위치와 현장의 위치와 일치하는가?		
- 만약 일치하지 않는 경우, 비교란을 작성하였는가?		
- 누락 혹은 오기된 하수관로 시설물에 대하여 임시 번호를 부여하고, 위치를 기입하였는가? · 위치 : 소수점 9째 자리까지 기록(ex. 000.123456789)		
2. 조사지점 인근 알림판 및交通安全 표지판 설치 (도로 공사장 교통관리지침, 밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드 준수여부 확인)		
- 조사대상 지역 전방 50m 전 차량 접근 방식을 위한 비상등을 점등하였는가?		
- 안전이 확보된 상황에서 차량 주변에 안전표지(삼각대, rubber cone)를 설치하였는가?		
- 안전표지 외에 차량 소통이 원활하도록 조치하였는가?		
- 보행자가 작업구역 내로 진입하지 못하도록 안전표지를 연결하였는가? · 어린이 보호구역, 상가지역 등		
- 맨홀에 진입할 경우, 관계 근로자 외 출입을 금지하기 위한 안내 표지판을 설치하였는가?		
3. 조사자 안전 확인(밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드 준수여부 확인)		
- 작업 및 작업자 정보가 기록된 ‘밀폐공간작업 출입 허가서’ 를 사전에 승인받았는가?		
- 환기 후 작업 전·중·후 적정공기 상태를 확인하였는가? · 부식이 관측되는 경우, 물이 고여있는 경우, 악취(달걀 썩는 냄새)가 발생한 경우 유의		
- 사고 발생 시, 후속조치사항 및 심폐소생술과 관련하여 작업자가 충분히 인지하고 있는가?		
- 호흡용 장비(공기호흡기, 송기마스크), 안전대, 구명줄, 구조용 삼각대 등 보호구를 구비하였는가?		
- 보호구 사용 방법에 대한 교육과 훈련을 근로자에게 숙지시켰는가?		
- 최초 진입 전, 15분 이상 환기를 수행하였는가? 작업 중 지속적으로 환기를 수행하였는가?		
- 외부에 감시인을 배치하였으며, 근로자와 감시인 간 무전기를 이용한 통신이 가능한 상태인가?		
4. 시설물 세척		
- 조사 목적 부합하는 적절한 방법의 세척을 수행하였는가?		
- 세척 시, 조사대상 시설물과 인접 시설물에 손상이 발생하였는가?		
- 세척 후 발생된 협잡물이 퇴적되거나 통수능을 저해할 경우, 수집하여 별도로 처리하였는가?		
- 세척 후 7일 이내 조사수행이 가능한가?		

1.1 조사대상지역 이동 및 시설물 현황 확인

조사대상 하수관로 시설물 현황을 확인하기 위해서는 하수도관리대장 및 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 촬영대상 지역과 시설물(맨홀, 하수관로)의 위치를 확인하여야 한다. 시설물의 위치는 GPS 측정기 및 프로그램을 이용하여 소수점 9째 자리까지 기록한다(ex. 000.123456789).

하수도관리대장 누락·오기로 인해 확인되지 않은 새로운 하수관로 시설물이 발견 될 경우, 혹은 실측치와 대장이 서로 상이할 경우에는 다음과 같이 조치한 후 조사를 실시한다.

- 새로운 맨홀/관로 발견 시 관로에 임시로 번호를 부여함
- 새로운 맨홀 중앙에서 거리를 '0' 으로 하여 조사함
- 대장과 실측치가 상이할 경우 비고란에 기록함

1.2 조사지점 인근 알림판 및 교통안전 표지판 설치

위험 요소(차량 및 보행자 등) 유무 확인 후 하수관로 조사 작업을 실시하여야 하며, 조사일시, 맨홀·관로번호, 작업목적, 작업자 등을 명기한 알림판을 조사 대상맨홀에 설치해야 한다.

1.2.1 도로상의 안전 확인

조사대상 하수관로가 도로위에 있는 경우 다음사항을 고려하여 현장 상황에 맞는 안전조치를 취한다. 관련 세부 사항은 '도로 공사장 교통관리지침(국토해양부)'내용을 따른다.

- 조사대상 지역 도착 50m 전 비상등을 점등함
- 전·후, 좌·우의 안전을 확인한 후 주·정차함
- 주·정차한 뒤 다시 안전을 확인하여야 하며, 안전하지 않다 판단 되면 작업을 진행하지 아니함
- 안전이 확보된 상황에서 차량 주변에 안전표지(삼각대, rubber cone)를 설치함
- 안전표지 설치 시 도로의 상황을 고려하여 설치함
- 안전표지 설치 시 규정 속도, 비탈 유무, 구부러져 있는 도로, 교차로, 주·야간 사고 다발지역 등을 고려하여 설치함
- 안전표지 외에 차량 소통이 원활하도록 조치함

1.2.2 어린이 보호구역, 상가지역

어린이 보호구역, 상가지역의 경우 다음 사항을 고려하여 현장 상황에 맞는 안전조치를 취한다.

- 어린이 보호구역, 상가지역의 경우 보행자가 작업구역 내로 진입하지 못하도록 안전표지를 연결하도록 함
- 차량 진입이 있는 경우 차량을 통제하여 보행자 및 차량의 안전을 고려하도록 함

1.2.3 밀폐공간 작업지역

사람이 맨홀 안으로 들어가야 하는 경우는 진입 전, 관계 근로자가 아닌 타인의 출입을 금지하기 위한 안내 표지판을 설치하여야 한다. 관련 세부 사항은 ‘밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드(고용노동부)’내용을 따른다.



- (규격) 밀폐공간의 크기에 따라 적당한 규격으로 하되, 최소한 가로 21cm, 세로 29.7cm 이상으로 함
- (색상) 전체 바탕은 흰색, 글씨는 검정색, 위험 글씨는 노란색, 전체 테두리 및 위험 글자영역의 바탕은 빨간색으로 하여 시인성을 확보할 수 있도록 함

1.3 조사자 안전 확인

밀폐공간인 하수관로 시설물 진입 중 발생하는 안전사고를 방지하기 위한 안전대책을 마련해야 하며, 출입자, 관리감독자, 감시인은 밀폐공간 출입 작업에 대한 교육을 이수한 조사자가 작업을 수행하도록 한다. 밀폐공간 작업절차 및 세부 사항은 ‘밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드 (고용노동부)’의 내용을 따르며, 항목별 구체적인 내용은 「<별첨 2> 조사자 안전 확인 세부사항」을 참조한다.

1.4 시설물 세척

조사 목적에 따라 하수관로 및 맨홀에 대한 정확한 조사가 필요한 경우, 인위적 방법을 통해 하수의 흐름을 변경 또는 세척과 같은 필요한 조치를 취할 수 있다. 세척 여부는 조사목적에 따라 다르지만 조사 전, 시설물의 세척과정은 조사자 및 감독자에게 시설물의 이상항목에 대한 정확한 관찰이 가능하도록 해주어, 결함과 특성 확인을 용이하게 해준다.

하수관로 및 맨홀 세척 작업은 협잡물을 제거하여 카메라가 전체 하수관로를 유연하게 통과하도록 하며, 퇴적물 등으로 숨겨진 결함 관찰에도 도움을 주는 조사에 반드시 선행해야 할 작업이다. 단, 세척은 조사비용을 증가시키는 원인을 제공하므로 조사의 목적에 맞게 권장수준에 따라 필요시 행하도록 한다.

시각 조사의 여러 목적에 따른 하수관로 시설물 세척의 권장수준은 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 조사 목적에 따른 시설물 세척의 권장수준

조사의 목적	세척 권장수준
- 하수관로 및 맨홀 내 협잡물(토사)이 쌓이는 등 서비스 질을 결정하기 위한 조사	- 실제 운영조건에서의 조사가 필요하므로 조사 전 세척하지 않음. 조사자가 관로를 통과하지 못하는 경우에만 세척을 실시
- 심각한 구조적인 결함이 의심되는 하수관로 및 맨홀 조사 (심각한 구조적 결함으로 인한 지반침하 발생 가능성을 확인하기 위한 조사)	- 조사 전 세척하지 않음 - 조사자가 관로를 통과하지 못하는 경우에만 세척을 실시. 확인 후 보강 등 별도 대책 수립
- 구조적인 결함이 의심되는 하수관로 및 맨홀의 조사	- 세척은 관로 또는 맨홀을 손상시킬 수 있으므로 세척없이 1차 조사를 시행 - 1차 조사를 통해 추가조사가 필요함을 확인하였을 경우, 관 세척을 실시한 후 2차 조사를 실시하여 불분명했던 결함을 확인
- 하수관로 및 맨홀의 일반적 구조상태를 확인하기 위한 조사 (심각하지 않은 결함만이 존재)	- 경미한 세척을 실시하여 슬라임층과 거미줄을 제거
- 하수관로 및 맨홀의 모든 결함을 확인하기 위한 조사 (심각하지 않은 결함을 포함하여, 보수가 필요한 상태인지를 확인하기 위한 조사)	- 완벽한 세척을 실시하여 모든 협잡물을 제거

1.4.1 세척 실시 방법

세척은 보통 고압 분사장치(Hydro jetting)에 의해 이루어지며, 경미한 세척을 위해 14MPA(140kgf/cm²)의 압력과 시설물에 적합한 유량(맨홀은 80L/min, 하수관로는 170L/min)을 가진 세척장비를 사용할 수 있다. 완벽한 세척을 위해서는 식물의 뿌리를 잘라 내거나, 무거운 협잡물도 제거할 수 있는 특수한 고압분사장치를 이용하기도 한다.

1.4.2 세척 시 고려사항

세척 대상 구조물(하수관로, 맨홀)과 인접 시설(관로, 연결관 등) 및 기타 구성 요소가 손상되거나 세척으로 인해 침수가 발생해서는 안된다. 또한, 세척을 통해 발생된 협잡물이 통수능에 방해가 되거나 퇴적으로 인해 악취 등을 유발할 경우에는 별도로 수집하여 제거해야 한다.

1.4.3 세척 작업의 영향

일반적으로 하수관로 세척은 맨홀에서 하류 방향으로 수행해야 하며, 상류방향의 관 세척은 물이 연결관을 따라 역류하거나, 반이의 트랩이나 변기의 월류를 일으킬 수 있으므로 삼가 하여야 한다.

상류방향의 관 세척이 필요하다면, 해당 건물의 소유주에게 미리 통지하여 화장실 변기 좌석 위에 수건을 씌우도록 하는 등 역류에 대비하여야 한다.

1.4.4 세척 후 조사가 가능한 기간

세척 후 즉시 조사를 시행해야 하지만 부득이한 경우, 7일 이내 조사를 진행해야 한다. 단, 하수에 협잡물이 많이 흐르는 경우 다시 세척을 해야 하므로 주의해야 한다.

1.5 조사대상 제원 작성 및 맨홀 외부 상태 평가

1.5.1 조사대상 제원 작성

하수도관리대장과 실제 제원을 비교하여 조사제원을 작성하되, 실측치와 대장이 서로 상이할 경우 비교란에 기록해야 한다. 제원입력을 위한 양식은 조사 보고서 내용 기입 항목을 참고하여 작성하도록 한다.

1.5.2 맨홀 외부 상태 평가

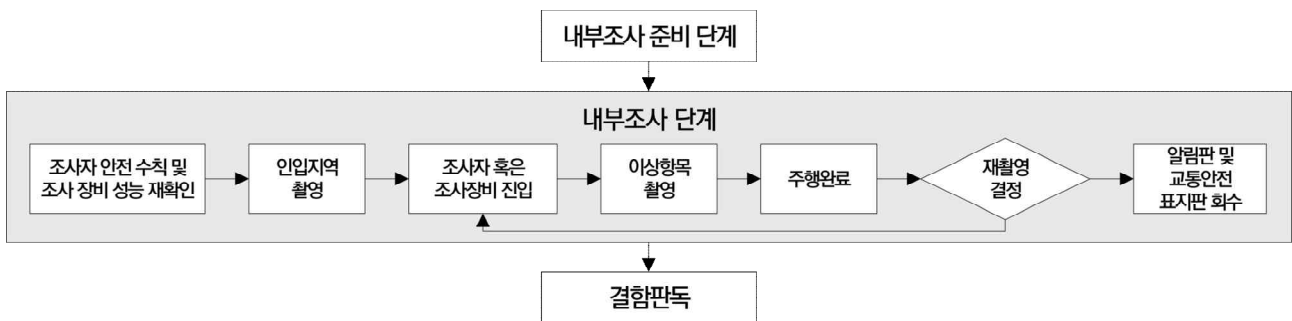
대상 맨홀의 맨홀 벽체가 노출된 경우 맨홀 외부 벽체 결함을 우선적으로 판별한다. 해당 결함이 외부표면 손상항목이 아닌 외부 파손에 포함되는 결함이 발생한 경우, 추가적인 내부조사 없이

보고서에 사진 등 근거자료를 기록하고 즉각적인 조치를 위한 구조적 결함 5등급을 해당 시설물에 부여한다.

맨홀 외부 상태 평가와 관련된 사항은 「제5장. 결함판독」의 ‘2. 결함 항목(코드)’ 내 맨홀의 구조적 결함 항목 부분을 참조하여 맨홀 외부 상태평가를 수행한다.

2 내부조사 단계

본격적인 하수관로 및 맨홀의 내부조사 단계는 <그림 4.2>와 같다.



<그림 4.2> 하수관로 시설물 내부조사 단계 절차도

- ① 조사자 안전 수칙 및 조사 장비 성능 재확인
- ② 인입지역 촬영
- ③ 조사자 혹은 조사장비 진입
- ④ 이상항목 촬영
- ⑤ 주행 완료
- ⑥ 재촬영 결정
- ⑦ 알림판 및 교통안전 표지판 회수

조사자는 내부조사 단계별로 다음의 체크리스트를 통해 내부조사에 대한 준비 및 진행과정별 필수 준수 사항에 대한 여부를 체크하며 진행한다.

<내부조사 단계별 체크리스트>

체크리스트	예	아니오
1. 조사자 안전 수칙 및 조사 장비 성능 재확인 (「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 ‘2. 조사 자격 및 장비 최소 기준’ 준수 여부 확인)		
- 조사자 및 판독자는 전문기관에서 수행하는 ‘하수관로·맨홀 조사 및 상태등급 판독 교육’을 이수하였는가?		
- 조사자는 안전보건교육기관에서 실시하는 ‘산업안전보건법에 따른 특별안전보건교육’을 이수하였는가(밀폐공간 질식재해예방 안전작업 관련 교육)?		
- 조사장비를 구성하는 카메라 시스템과 주행 시스템이 <표 3.4> 및 <표 3.6>의 최소기준을 만족하는가?		
- 조사장비의 카메라 렌즈에 묻은 오물 제거 등 조사 품질 확보를 위한 절차를 수행하였는가?		
- (재확인) 최초 진입 전, 15분 이상 환기를 수행하였는가?		
- (재확인) 맨홀 내부 공기가 작업에 적합한 적정공기 상태인가?		
2. 인입지역 촬영		
- 인입지역-맨홀내부(인버트)-하수관로까지 영상이 연속적으로 촬영되었는가?		
- 주변전경, 조사명판, 맨홀뚜껑을 촬영하여 인입지역에 대하여 제3자가 판별이 가능한가?		
3. 조사자 혹은 조사장비 진입 (「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 ‘1.2.1 촬영위치’, ‘1.2.2 주행속도’ 준수 여부 확인)		
- 조사장비 운행방법에 따라 조사장비의 카메라 렌즈가 시설물의 중앙점(M)에 위치하는가?		
- 조사장비 운행방법에 따라 조사장비의 주행속도를 준수하여 조사를 수행하였는가?		
- 촬영방향(정주행, 역주행)에 따라 상태항목을 구분하여 기입하였는가? * 정주행(IS/IE), 역주행(ISr/IEr)		
4. 이상항목 촬영(「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 ‘1.2.3 촬영방법’ 준수 여부 확인)		
- 측시사진과 전면사진의 촬영거리가 카메라 초점거리(f)와 시설물의 관경(D)의 사이에 위치하는가?		
- 측시사진이 45° ~ 90° 범위에서 이상항목을 명확하게 나타나는 각도로 촬영되었는가?		
- 연결관, 이음부, 관 천공, 관파손, 균열, 표면손상 등 결함으로 존재하는 모든 이상항목에 대한 전면사진 및 측시사진 촬영을 수행하였는가?		
- 조사 중단 발생 시, 상태 코드를 기입하고 중단 사유를 기록하였는가?		
- 조사 중단 발생 시, 적절한 후속조치(다중조사, 역방향 조사, 세척 등)를 수행하였는가?		

2.1 조사자 안전 수칙 및 조사장비 성능 재확인

본장의 ‘1. 내부조사 준비 단계’를 참고하여, 내부조사 수행 전 조사자 및 조사 장비에 대한 자격 기준을 재확인하여야 한다. 특히, 조사자에게 현장 작업 순서와 조사 목적, 방법 등의 직무와 함께 안전문제에 대하여 다시 강조하여야 한다.

본격적인 조사전, 조사자는 맨홀의 내·외부를 촬영할 수 있도록 주변을 정리해야 하며, 진입 전, 반드시 ‘밀폐공간작업 특성별 질식재해예방 매뉴얼(TOP1)’의 환기 방법에 따라 맨홀뚜껑을 열고 내부 가스를 충분히 제거한 후, 맨홀 내부 공기 농도를 측정하여 시설부 내부의 공기가 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 규정하는 적정 상태를 만족할 경우, 조사를 수행하도록 한다.

또한 정확한 조사를 위하여 조사장비의 카메라 렌즈에 묻은 거미줄, 오물 등을 반드시 제거하는 등 조사결과의 품질 확보를 위한 준비를 철저히 수행한다.

2.2 인입지역 촬영

인입지역 촬영 시 지역의 특성을 고려하여 촬영하여야 하며, 신뢰성 확보를 위해 조사대상 하수관로 시설물의 맨홀 GPS 좌표를 측정하고, 인입지역을 촬영한다. 인입지역 촬영은 하수관로 인입지역(맨홀 주변)을 시작으로 맨홀 내부부터 하수관로 내부까지 연속 촬영을 수행한다. 이렇게 촬영된 인입지역 영상은 촬영된 대상 관로가 조사 대상 관로과 일치하는지 여부를 검증하는데 활용된다.

맨홀 촬영 시, 사다리, 인버트 관접합 상태 또한 기록하여야 한다. 인입지역 촬영은 <표 4.2>의 구분에 포함된 ‘주변전경’, ‘조사명판’, ‘맨홀뚜껑’ 별로 각각 사진을 1장 이상 촬영하여 기록해야 한다. 단, 아래와 같은 상황에서는 인입지역 촬영을 생략/간소화 할 수 있다.

- 조사대상 관로의 상단 맨홀이 개폐가 불가하여, 실제 조사 시작점이 직전 맨홀에서 조사가 시작되는 경우 직전 맨홀의 인입지역 촬영을 허용함
 - 무인 장비를 활용하여 여러 맨홀을 동시에 관통하여 조사가 진행 되는 경우, 장비가 투입된 맨홀 인근 인입지역만을 촬영 대상으로, 이어지는 관로의 인입지역촬영 과정은 생략됨
 - 맨홀조사가 하수관로 조사와 동시에 진행되는 경우, 조사 대상 맨홀에 연결된 관로의 인입지역촬영 과정은 생략됨
- ※ 여러 맨홀을 동시에 관통하여 조사를 수행하는 경우, 조사대상 맨홀을 특정하기 위한 검사 필요
(「KCS 61 00 00 하수관로공사」의 ‘KCS 61 20 40 관로 검사 및 시험’ 시공검사 참조)

<표 4.2> 인입지역 촬영 항목

구 분	내 용	
주변전경	- 하수관로 주변의 건물 - 노면 표시 - 하수관로 맨홀 도로 표지 - 전봇대 고유번호 등	
조사명판	- 날짜 기입 - 조사업체 기입 - 조사자/감독관 기입	
맨홀뚜껑	- 대상 하수관로 맨홀뚜껑 - 맨홀번호 촬영(존재시)	

2.3 조사자 혹은 촬영장비 진입

조사자가 맨홀에 진입하여 육안으로 조사를 수행하는 경우, 조사자와 현장 감독자는 반드시 ‘밀폐공간작업 질식재해예방 안전교육’ 관련 교육을 수료하여야 하며, ‘1. 조사 준비 단계’에 제시된 안전 관련 사항을 반드시 숙지하여야 한다.

2.3.1 중심 위치 잡기

조사 장비는 시설물의 직경(혹은 관경)을 고려하여 카메라 렌즈가 중심에 위치하도록 조정해야 한다. 단면 형상에 따른 중앙점(M)의 위치는 「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 ‘1.2 조사장비 운행 방법’을 참조하도록 한다. 조사 수행 중, 일부 구간에서 카메라 렌즈가 단면의 중앙점에서 벗어날 경우 상태항목 중 상실-중심(LC, Loss Centre)를 기입하고, 해당하는 사유를 명시한다.

2.3.2 촬영장치 주행

조사 장비의 주행 속도는 「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 ‘1.2 조사장비 운행 방법’을 참조하여 관경, 관중, 조사방식에 따른 권장 주행 속도를 준수하여 조사를 수행한다.

하수관로 조사 시, 정주행은 상류맨홀에서 시작하여 하류방향으로 진행하는 것을 뜻하며, 하류맨홀에서 시작하여 상류방향으로 진행하는 것은 역주행이라 한다. 촬영장치 주행은 정방향 또는 역방향으로 실시한다. 보고서 작성 시, 촬영방향에 따라 조사 시작(정주행 : IS, 역주행 : ISr) 및 완료(정주행 : IE, 역주행 : IEr)에 대한 상태 항목을 구분하여 정주행·역주행 여부를 구분한다. 맨홀 조사의 경우, 정주행 방향은 상부 뚜껑에서 맨홀 하부까지로 정의한다.

2.4 이상항목 촬영

촬영장치의 주행 시, 이상항목을 발견하였을 경우 혹은 이음부에서의 결함 및 특이점을 촬영하기 위해 주행을 멈추고 즉시촬영을 실시한다. 일반적으로 즉시촬영의 촬영시간은 20초를 넘지 않도록 하며, 이상항목을 명확히 확인 할 수 있는 각도에서 약 1-2초 정도 정지하여 이상항목을 촬영한다. 이때 화면의 떨림 현상이 없도록 한다. 구체적인 촬영 방법과 항목은 「제3장. 장비 및 조사자 자격 기준」의 '1.2 조사장비 운행 방법'을 참조한다.

하수관로 조사 중, 다양한 원인으로 인해 촬영장치가 이동이 불가할 경우, 조사 중단(IA) 상태 코드를 기입하고 중단 사유를 기록한다. 장애물로 인한 관의 막힘 현상, 식물 뿌리 등으로 촬영장치가 관로 내에서 원활한 이동이 불가능할 경우에 대하여 관로의 정방향과 역방향에서 각각 조사를 수행한다. 이때, 유의사항은 다음과 같다.

- 관로 내 이상항목을 중복되지 않고, 빠짐없이 기록해야 함
- 이상항목의 발생 위치, 발생 거리, 발생범위를 정확히 기록해야 함

2.5 주행 완료

조사장비의 주행을 종료하고 장비를 회수한다. 조사장비 회수 시, 속도 및 상·하조절의 제한은 없다.

- 하수관로 조사 : 시작 맨홀의 중심에서 시작해서 종료 맨홀의 중심까지 조사
- 맨홀 조사 : 맨홀 최하부 혹은 인버트 최하부까지 조사

2.6 재촬영 결정

판독작업을 실시하기 이전 내부촬영 결과를 재생하여 발견된 이상항목 중 촬영이 진행되지 않은 부분이 있는지 등을 점검하여 재촬영의 여부를 판단한다.

- 조사자가 만족할 만한 결과를 얻지 못할 경우
- 감독관이 촬영에 문제가 있었다고 판단하였을 경우
- 판독자가 재촬영을 요구할 경우
- 조사대상 맨홀에 카메라를 투입하지 못한 경우
- 촬영영상의 품질이 기준을 만족하지 못한 경우(화소저하, 카메라 헤드의 관 중심 이탈 등) 등

2.7 알림판 및 교통안전 표지판 회수

조사를 위해 설치한 알림판과 교통안전 표지판은 주변 교통상황 등을 고려하여 안전하게 회수한다.



제5장. 결함판독

1. 결함판독 방법
2. 결함항목(코드)
3. 상태항목(코드)

제5장. 결함판독

1 결함판독 방법

하수관로 및 맨홀 조사에서 관측되는 결함은 그 위치와 형상에 따라 다양한 형태로 존재한다. 조사 결과물인 사진과 영상자료를 기반으로 결함의 종류와 등급을 결정하고, 결함의 발생 범위와 연속성을 명시한다.

조사자와 판독자가 결함을 특정하고, 특징을 서술하기 위한 유의사항과 방법론을 제공하여 판독 결과에 대한 신뢰성을 확보하고자 한다.

1.1 결함판독 기준

결함판독은 사진 및 영상자료를 기반으로 결함의 종류와 등급을 판단하는 작업이다. 조사자와 판독자의 육안에 의존하여 결함의 특성을 파악하는 방법으로 하수관로 시설물에 존재하는 다양한 결함을 명확하게 구분할 수 있도록, 연결관 접합부(Lateral Connection)와 이음부(Joint)의 범위와 육안으로 식별할 수 있는 수준의 결함 등급(대/중/소) 판단 기준을 제공한다.

1.1.1 연결관 접합부(Lateral Connection) 및 이음부(Joint) 판단 기준

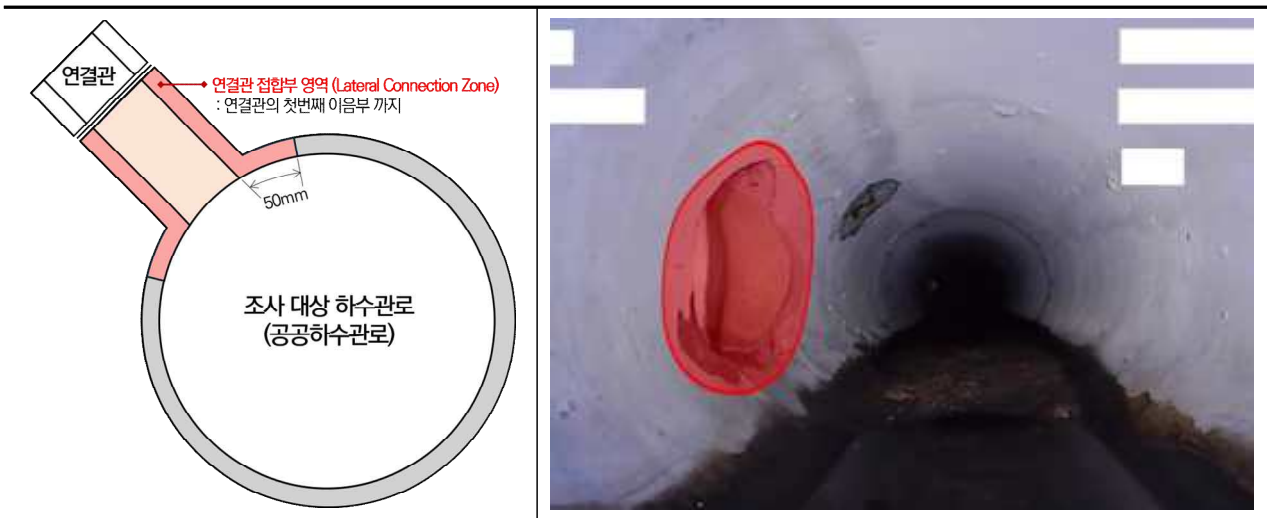
결함에 취약한 지점인 연결관 접합부(Lateral Connection)와 이음부(Joint)의 범위를 명확하게 제시하여, 해당 부위에서 악화되어 나타난 결함과 연결관 및 이음부 관련 결함을 명확하게 구분하고자 한다. 연결관과 이음부 관련된 결함 판정 범위는 다음과 같다.

- 연결관 접합부 범위(Lateral Connection Zone) : 연결관 중심으로부터 원주방향 50mm 내
- 이음부 범위(Joint Zone) : 이음부 중심으로부터 길이방향으로 100mm 내

1) 연결관 접합부(Lateral Connection) 판정 범위

연결관의 접합부 영역(Connection Zone)은 연결관 중심으로부터 원주방향 50mm 내, 길이방향으로는 연결관의 첫 번째 이음부(Joint) 까지의 범위로 정의한다. 즉, 연결관접합부(LS, Lateral Sealing Defective) 결함은 접합부 영역 내에서 발생하는 결함에 대해서만 기록하여야 하며, 결함이 확장되거나 50mm 외에서 발생한 결함의 경우 연결관접합부(LS) 결함이 아닌 별개의 결함으로 기록하여야 한다.

연결관 접합부 영역(Lateral Connection Zone)과 관련된 구체적인 모식도와 조사 전경 예시는 <그림 5.1>과 같다.



<그림 5.1> 연결관 접합부 영역(Lateral Connection Zone) 모식도 및 조사 전경 예시

2) 이음부(Joint) 판정 범위

이음부 영역(Joint Zone)은 이음부 중심으로부터 길이방향으로 100mm 내로 정의한다. 이음부 손상(JF, Joint Faulty) 결함은 이음부 영역 내에서 발생하는 결함에 대해서만 기록되어야 하며, 결함이 전이되거나 범위 외 확장되어 관측되는 결함은 이음부손상(JF) 결함이 아닌 별개의 결함으로 기록하여야 한다.

이음부 영역(Joint Zone)과 관련된 구체적인 모식도와 조사 전경 예시는 <그림 5.2>와 같다.



<그림 5.2> 이음부 영역(Joint Zone) 모식도 및 조사 전경 예시

1.1.2 결함 등급(대/중/소) 판단 기준

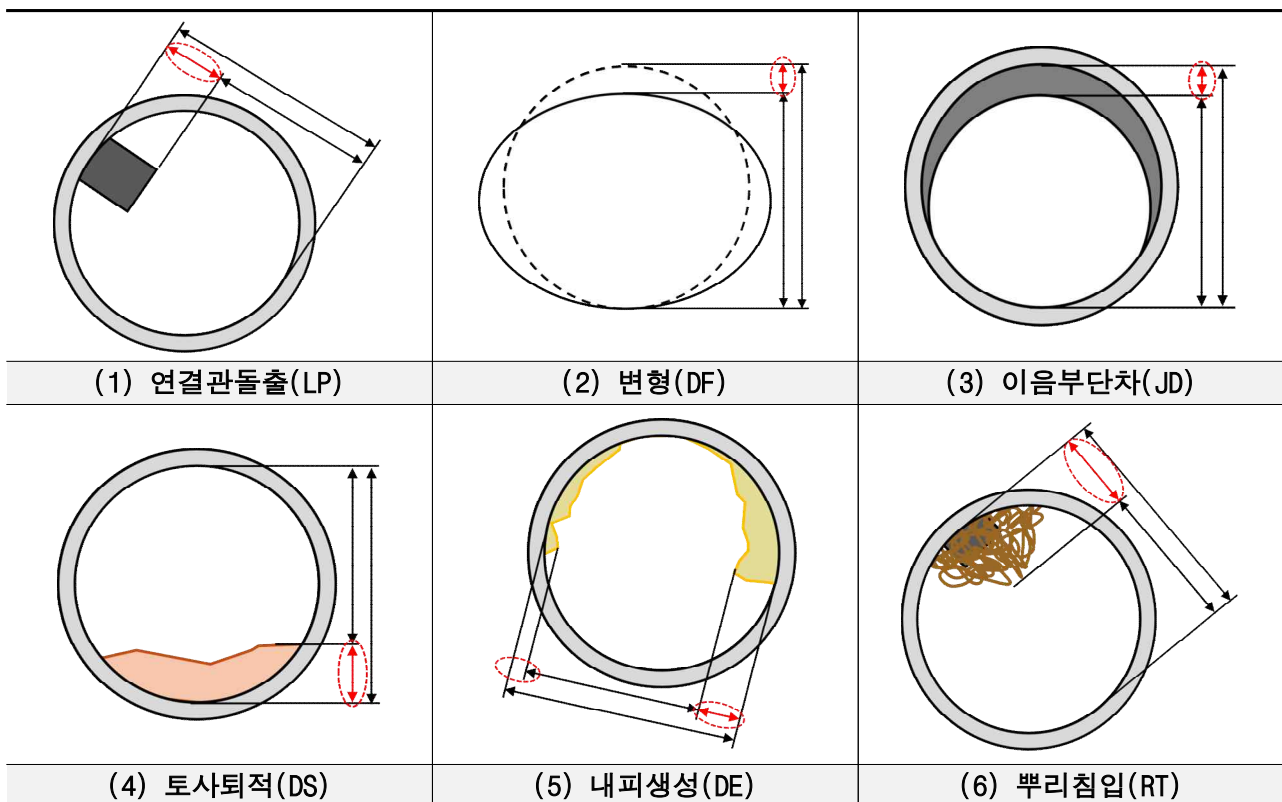
관독자는 관경(D, Diameter) 변화율과 관둘레(C, Circumference) 손실율을 기준으로 결함 등급(대/중/소)을 판단하여 결함점수를 부여한다. 결함 등급(대/중/소)을 판단하는 기준을 요약하면 아래와 같다.

- ‘대’ 등급 : 결함으로 인하여 관경(관둘레)의 변화가 25% 이상 감소(손상)
- ‘중’ 등급 : 결함으로 인하여 관경(관둘레)의 변화가 10% 이상 25% 미만 감소(손상)
- ‘소’ 등급 : 결함으로 인하여 관경(관둘레)의 변화가 최대 10% 미만 감소(손상)

1) 관경(D, Diameter) 변화율 기준

하수관로 시설물(하수관로, 맨홀)의 내부 관경(D) 손실량을 측정 혹은 추정하여 결함의 발생 정도를 판정하는 방법으로, 관경이 최소가 되는 지점을 기준으로 판단한다.

관경을 기준으로 결함등급을 판단하는 대표적인 결함은 연결관 돌출(LP), 변형(DF), 이음부 단차(JD), 토사퇴적(DS), 내피생성(DE), 뿌리침입(RT) 등이 있다. 결함별 관경 변화(감소)량 측정 예시는 <그림 5.3>과 같다.

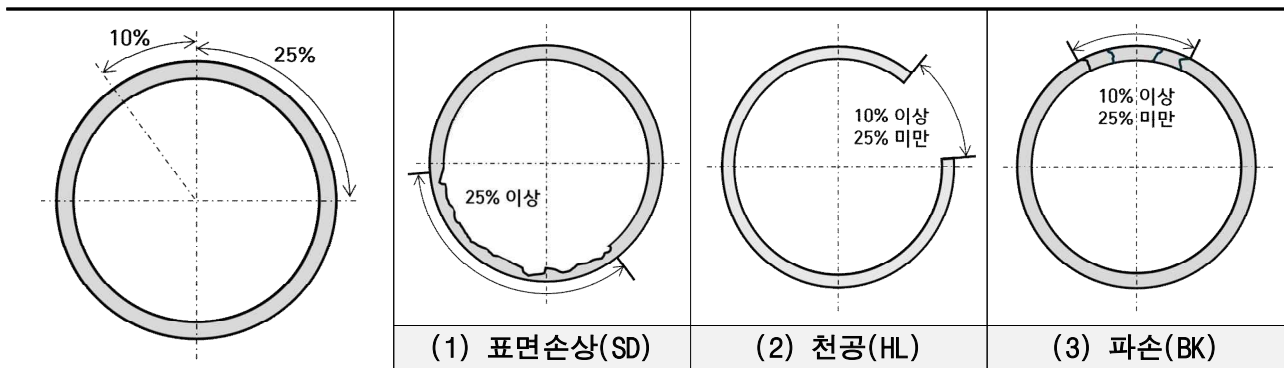


<그림 5.3> 결함별 관경 변화(감소)량 측정 예시

2) 관둘레(C, Circumference) 손실율 기준

하수관로 시설물 내부 관둘레 손실량을 측정 혹은 추정하여 결함의 발생 정도를 판정하는 방법으로, 관둘레 손실량의 최대가 되는 지점을 기준으로 판단한다. 관둘레를 기준으로 결함등급을 판단하는 대표적인 결함은 표면손상(SD), 천공(HL), 파손(BK) 등이 있다.

원형관에서 결함별 관둘레 손실량 측정 예시는 <그림 5.4>와 같다.



<그림 5.4> 결함별 관둘레 손실량 측정 예시

1.2 결함 표기 방법

하수관로 시설물 내부에서 발생한 결함은 다양한 위치에 연속적/비연속적 형태로 발생한다. 이에 따라 결함에 대한 정확한 정보를 제공하기 위해서는 표준화된 결함 범위와 연속성에 대한 표기를 필수적으로 수행해야 한다. 결함 범위와 연속결함에 대한 표기 기준은 다음과 같다.

1.2.1 결함 범위 표기 방법

사진과 영상에서 촬영된 결함의 정확한 원주방향 위치를 표기하여 결함의 범위를 제공한다. 원주방향 위치는 시계방향을 참조하여 표현한다. 하수관로와 맨홀에서 발생한 결함의 시계방향 참조 시, 6시 방향의 정의는 아래와 같다.

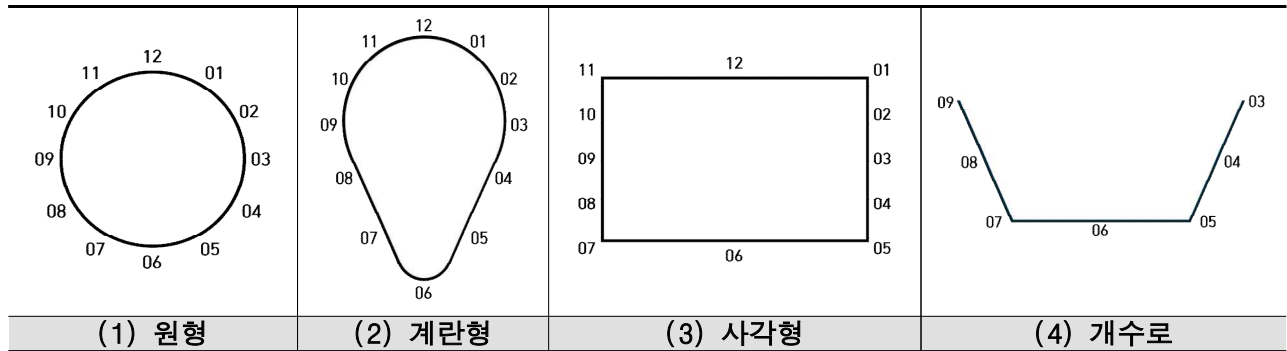
- 하수관로 : 물이 흐르는 하단을 6시 방향으로 정의
- 맨홀 : 하류방향의 관로를 6시 방향으로 정의

<표 5.1>은 결함 관측 범위에 따른 시계방향 표기 기준을 나타내며, <그림 5.5>는 하수관로 시설물의 형상에 따른 시계방향 참조 방법의 예시를 보여준다.

<표 5.1> 결함 관측 범위에 따른 시계방향 표기 기준

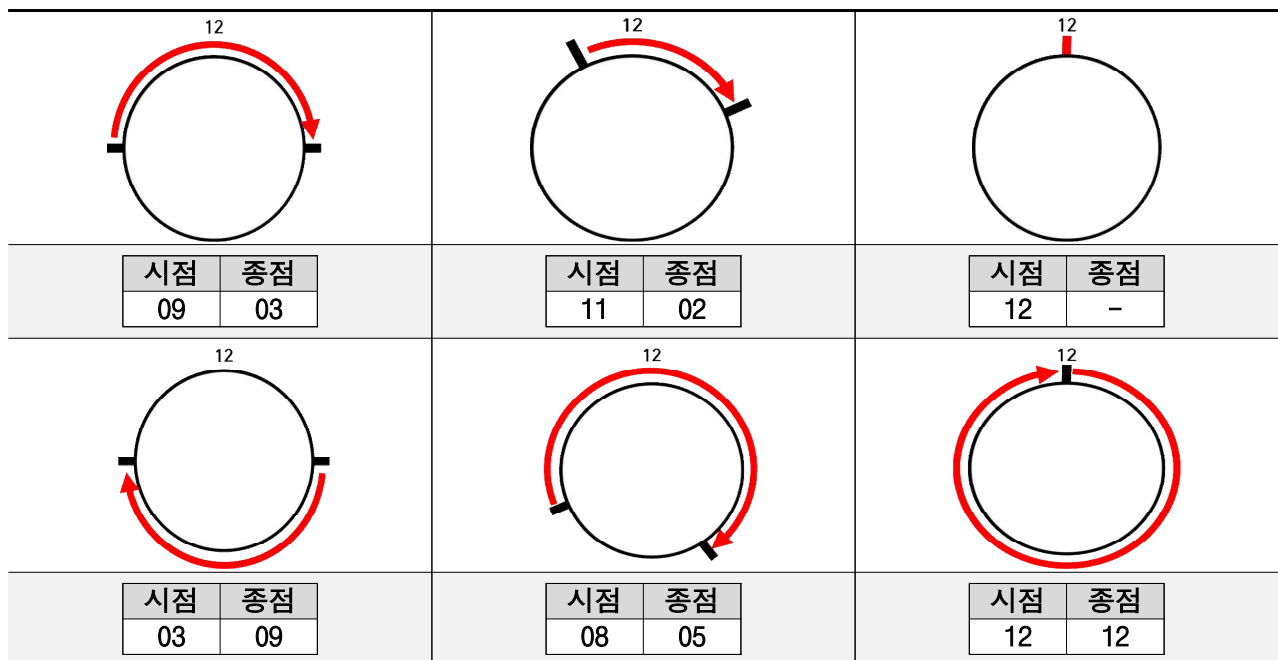
시계방향	06	07	08	09	10	11
범위(°)	180±15	210±15	240±15	270±15	300±15	330±15

시계방향	12	01	02	03	04	05
범위(°)	0±15	30±15	60±15	90±15	120±15	150±15



<그림 5.5> 시설물의 형상에 따른 시계방향 참조 예시

<그림 5.6>은 원형관에서 시계방향 참조를 이용하여 결함 범위를 표기한 예시이다. 시계방향을 기준으로 기록하여 결함의 시점과 종점을 구분하며, 결함이 지점으로 발생한 경우 종점을 표기하지 않는 방식으로 시설물 전체에 발생한 결함과 구분한다.



<그림 5.6> 시계방향 참조를 이용한 결함 위치 표기 방법 예시

1.2.2 연속결합 표기 방법

대부분의 결함은 길이방향으로 연속적(Continuous)으로 관측된다. 조사자는 시설물에서 관측되는 모든 결함에 대한 기입을 원칙으로 한다. 이에 따라 연속적으로 관측되는 결함을 기입하여 길이방향에 대한 결함의 변화를 지속적으로 추적하고 기록할 수 있도록 기준을 제공하였다.

1) 연속결합 항목

하수관로 시설물에서 발생하는 연속결합으로 분류되는 결함 항목은 <표 5.2>와 같다.

<표 5.2> 연속결합으로 분류되는 하수관로 및 맨홀의 결함 항목

시설물 종류	결함 분류	결함 항목	결함코드	영문명
하수관로	구조	균열-길이	CL	Crack, Longitudinal
		균열-복합	CM	Crack, Multiple
		표면손상	SD	Surface Damage
		좌굴	BC	Buckling
		라이닝 결함	LD	Lining Defect
		변형	DF	Deformation
		파손	BK	Broken Pipe
		영구 장애물	PO	Permanent Obstruction
		역경사	NS	Negative Slope
		침하	SG	Sags
	운영	내피 생성	DE	Deposits, Encrusted
		토사퇴적	DS	Deposits, Silty
		폐유부착	DG	Debris, Greasy
		뿌리침입	RT	Roots Intrusion
맨홀	구조	균열-수평	CHm	Cracks, Horizontal(m)
		균열-수직	CVm	Cracks, Vertical(m)
		변형	Dm	Deformation(m)
	운영	폐유부착	DGm	Debris, Greasy(m)
		사다리 손상	DSm	Defective Step or ladder(m)

2) 연속결합 촬영 및 판독

조사 시, 길이방향으로 1m 이상 지속적으로 관측되는 연속결합에 대해서는 반드시 결함 발생 시작점부터 변곡점, 종점에서는 반드시 결함에 대한 이상항목을 촬영(측시 촬영)해야 한다.

연속결합에 대한 판독 시, 1m 간격으로 결함의 등급 변화를 지속적으로 기록한다.

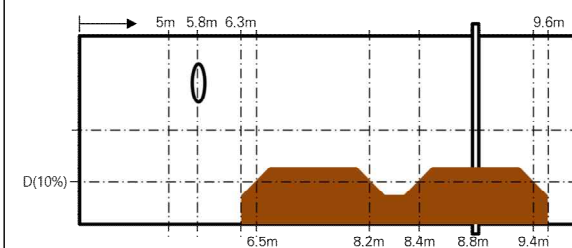
- 촬영(측시) 지점 : 시작점, 종단점, 결함 등급 변화 지점
- 등급 변곡점이 나타나지 않는 경우 : 추가적인 촬영 없이 결함 종단점까지 1m 간격으로 기록

<표 5.3>은 연속결함의 특성(시작점, 종단점 및 변화지점 등) 코드를 나타낸다. 해당 코드를 활용하여 이상항목 기록 시, 연속결함이 관측된다면 비교에 그 특성을 명시할 수 있도록 한다.

<표 5.3> 연속결함 특성 코드

코드	설명	영문명	측시촬영 여부
CDS	연속결함 시작점	Continuous Defect, Starting point	0
CDE	연속결함 종단점	Continuous Defect, End point	0
CDG	연속결함 등급 변곡점	Continuous Defect, Grade inflection	0
CDC	연속결함 지속촬영	Continuous Defect, Check point	X
CDU	단위구간 변화 지점	Continuous Defect, Unit change	X

<참고자료 3> 연속결함 판정 예시(토사퇴적)

 <하수관로 내 퇴적 예시>	단위 구간	거리 (m)	구분	결함	코드	등급	점수	비고
	2	5.8	구조	천공	HL	소	30	
		6.3	운영	토사퇴적	DE	소	3	CDS
		6.5	운영	토사퇴적	DE	중	15	CDG
		7.5	운영	토사퇴적	DE	중	15	CDC
		8.2	운영	토사퇴적	DE	소	3	CDG
		8.4	운영	토사퇴적	DE	중	15	CDG
	3	8.8	상태	이음부 존재	JE			
		8.8	상태	이음부 존재	JE			
		8.8	운영	토사퇴적	DE	중	15	CDU
		9.4	운영	토사퇴적	DE	소	3	CDG
		9.6	운영	토사퇴적	DE	소	3	CDE

1.3 침입수 추가 배점 방법

구조적 결함이 발생한 지점에서 침입수(IF)의 유입이 발견될 경우, 구조적 결함 점수에 침입수로 인한 추가 배점을 추가한다.

침입수에 대한 추가 배점의 침입수 결함이 ‘중’ 또는 ‘대’ 등급일 경우에 적용하며, 침입수 결함 등급에 따라 ‘중’ 등급일 경우 10점, ‘대’ 등급일 경우 20점을 추가 배점하도록 한다. 추가 배점이 적용되는 구조적 결함 항목은 하수관로의 경우, 균열(CC, CL, CM), 표면손상(SD), 라이닝 결함(LD), 천공(HL), 연결관-접합부(LS), 이음부(JD, JF, JS)이다. 맨홀의 경우, 균열(CHm, CVm), 표면손상-내부(SIm), 파손-내부(BIm), 하수관로 접속부이상(LSm), 블록 이음부(JDm, JFm, JSm)이다.

2 결함항목(코드)

하수관로 및 맨홀 조사 중, 관측되는 이상항목은 결함 코드를 사용하여 그 특성을 보고서에 기입하여야 한다. 결함 코드는 이상항목이 시설물에 미치는 영향에 따라 구조적 결함 코드, 운영적 결함 코드로 구분한다. 단, 시각적으로 이상항목으로 식별 되나 결함이라고 판단할 수 없는 항목은 상태 항목(코드)으로 간주한다.

<표 5.4> 결함 코드별 차이점

특징	구조적 결함 코드	운영적 결함 코드	상태 항목
사용 목적	· 이상항목 중 하수관로 시설물의 구조적 안정성과 무결성에 직접적으로 영향을 끼치는 항목	· 이상항목 중 하수관로 시설물의 구조적 안정성에 미치는 영향이 미미하나, · 장기적으로 발생 시 구조적 결함으로 전이 가능성이 높은 항목	· 조사 중에 관측되는 특이사항을 세부적으로 표현
등급 판정	· 구조적 결함점수에 따라 결함 등급 부여	· 운영적 결함 점수에 따라 결함 등급 부여	-
비고	· 5등급(70점) 이상 결함 코드 부여 시, 비고에 명확한 사유를 함께 기재		· 일부 상태코드는 사용 시 비고에 사유 기재

2.1 하수관로 결함항목

2.1.1 하수관로의 구조적 결함 코드 및 결함점수

하수관로의 구조적 결함과 관련된 결함 종류 및 코드체계와 각 결함에 대한 설명은 <표 5.5>와 같다.

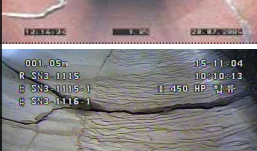
<표 5.5> 하수관로의 구조적 결함 종류 및 코드체계

결함 항목		영문표기	코드	설명	
균열	원주	Crack, Circumferential	CC	· 하수관로 벽에 균열 선이 나타나며 눈에 띄게 균열이 벌어져 있는 형태 · 콘크리트 조각 혹은 기타 골재들의 유실이 없는 상태	
	길이	Crack, Longitudinal	CL	원주(CC)	· 하수관로의 축에 직각 방향으로 나타난 균열로써 관로의 경우 원주 형태로 나타남
				길이(CL)	· 종 방향 균열로써 하수관로의 축방향으로 나타난 균열
	복합	Crack, Multiple	CM	복합(CM)	· 길이/원주 방향으로의 균열이 한구간에 동시에 발생한 형태
표면손상		Surface Damage	SD	· 하수관로의 표면에서 관측되는 일반 결함을 통칭하는 항목 · 쇄굴로 인한 벽체 손실, 마모·박리·박락으로 인한 관둘레 손실, 철근 및 골재의 노출·돌출·누락·부식, 변색, 기계적 손상, 강관의 결절 등의 현상을 포함	
좌굴 (구부러짐)		Buckling	BC	· 강성관과 달리 연성관의 경우 낮은 탄성 계수로 인하여 나타나는 현상 · 외부 하중에 의해 하수관로가 구부러지는 현상	
라이닝 결함		Lining Defect	LD	· 갱신(Renewal), 보수(Repair) 공법에서 사용된 내부 라이너의 노후화로 나타나는 결함 · 라이너의 주름·물집·부품로 인한 관경 손실, 끝단 마감 불량, 천공, 모르타르 손실 등의 현상을 포함	
변형 (단면형태 변화)		Deformation	DF	· 하수관로의 단면 형상이 눈에 띄게 변형되어 관측되는 결함 · 강성관에서의 변형은 파손 및 붕괴 발생 직전에 관측되나, 연성관의 변형은 가시적인 결함 없이 나타남	
파손		Broken Pipe	BK	· 외부 공사 혹은 외압에 의해 하수관로가 파손된 상태 등을 포함하여 하수관로의 일부가 상실된 형태로 관측되는 결함 · 맨홀과 달리 고의적인 타관통과에 의한 구멍 발생은 천공(Hole) 결함으로 분류	
붕괴		Collapsed pipe	CX	· 하수관로의 구조적 안정성을 완전히 상실한 상태 · 파손, 라이닝 결함, 표면결함, 변형, 좌굴 등으로 관둘레(C) 혹은 관경(D)가 50% 이상 손실된 상태	

결함 항목		영문표기	코드	설명								
영구 장애물		Permanent Obstruction	P0	· 하수관로에 수리적 용량 저하 혹은 흐름에 심각한 영향을 미치는 관로 내 장애물 · 세척 장비를 사용하여 제거할 수 없는 장애물이 존재하는 경우(고정 물질, 하수관로 벽으로 침투한 외부 물체 또는 외부로부터 유입된 모르타르 등) 해당 결함으로 분류								
천공		Hole	HL	· 하수관로의 벽체에 구멍이 발생한 경우, 해당 구멍을 통해 뒷채움재나 공동이 관측 · 고의적인 타관 통과로 인해 구멍이 발생한 경우도 해당 결함으로 포함								
연결관	돌출	Lateral, Protruding	LP	· 대상 하수관로에 연결된 연결관의 접합부 인근에서 발생하는 결함 · 연결관 접합 후, 커팅이 제대로 이루어지지 않아 발생한 돌출 및 접합부 인근 발생하는 모든 결함을 포함								
	접합부 이상	Lateral, Sealing Defective	LS	<table><tr><th>결함항목</th><th>설명</th></tr><tr><td>돌출(LP)</td><td>· 관로의 측면에 연결관이 튀어 나오는 결함</td></tr><tr><td>접합부 이상(LS)</td><td>· 하수관로와 연결관 사이 접합부 영역 (Connection Zone)에서 관측되는 모든 결함</td></tr></table>	결함항목	설명	돌출(LP)	· 관로의 측면에 연결관이 튀어 나오는 결함	접합부 이상(LS)	· 하수관로와 연결관 사이 접합부 영역 (Connection Zone)에서 관측되는 모든 결함		
				결함항목	설명							
돌출(LP)	· 관로의 측면에 연결관이 튀어 나오는 결함											
접합부 이상(LS)	· 하수관로와 연결관 사이 접합부 영역 (Connection Zone)에서 관측되는 모든 결함											
이음부	이탈	Joint, Separated	JS	· 하수관로 본과 인접 하수관로 본을 연결하는 이음부에서 발생하는 결함 · 수평/수직 벌어짐을 의미하는 단차 및 이탈 결함을 포함하여, 기타 손상으로 발생하는 현상을 포함								
	손상	Joint, Faulty	JF	<table><tr><th>결함항목</th><th>설명</th></tr><tr><td>이탈(JS)</td><td>· 이음부 부분 인접 하수관로와의 동심배치는 만족하나 축방향 단차가 존재하는 상태</td></tr><tr><td>손상(JF)</td><td>· 이음부 영역(Joint Zone)에서 관측되는 단차/이탈을 제외한 모든 결함</td></tr><tr><td>단차(JD)</td><td>· 대상 하수관로 본이 인접 하수관로 본과 동심 배치를 만족하지 못하는 상태</td></tr></table>	결함항목	설명	이탈(JS)	· 이음부 부분 인접 하수관로와의 동심배치는 만족하나 축방향 단차가 존재하는 상태	손상(JF)	· 이음부 영역(Joint Zone)에서 관측되는 단차/이탈을 제외한 모든 결함	단차(JD)	· 대상 하수관로 본이 인접 하수관로 본과 동심 배치를 만족하지 못하는 상태
				결함항목	설명							
이탈(JS)	· 이음부 부분 인접 하수관로와의 동심배치는 만족하나 축방향 단차가 존재하는 상태											
손상(JF)	· 이음부 영역(Joint Zone)에서 관측되는 단차/이탈을 제외한 모든 결함											
단차(JD)	· 대상 하수관로 본이 인접 하수관로 본과 동심 배치를 만족하지 못하는 상태											
역경사		Negative Slope	NS	· 조사구간 중 특정 본에 침하가 발생하여 관측되는 침하(Sags)와 달리, 조사구간 전체에 해당하는 관로의 기울기가 역경사를 이루는 결함 · 자연유하식(중력식) 관로에 한정된 결함 · 해당 결함으로 의심되는 구간이 발생할 경우, 필요 시 시각 조사 외 추가적인 하수관로 기울기 측정이 요구될 수 있음								
침하		Sags	SG	· 조사구간 중 특정 본에 침하가 발생하여 관측되는 결함 항목 · 조사 중 수위 변화에 의해 관측되며, 장애물로 인한 수위 상승이 아닌, 육안으로 원인을 파악할 수 없는 수위 상승이 발생한 경우 해당 결함으로 분류								

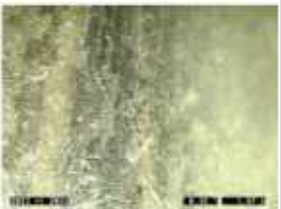
하수관로의 구조적 결함 코드에 대한 결함등급별 결함점수 및 설명은 <표 5.6>과 같다.

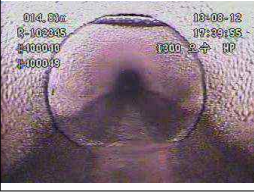
<표 5.6> 하수관로(강성관/연성관)의 구조적 결함별 상세 정의

결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
균열, 원주 (CC)	지점	대	25	원주 방향 균열로 인한 깨짐, 외부 벽까지 관통하여 확장된 흔적(뿌리침입, 침입수) 발견	40	원주 방향 균열로 찢겨짐, 외부 벽까지 관통하여 확장된 흔적(뿌리침입, 침입수) 발견	
		중	10	원주 방향 균열 3개소 이상, 폭 5mm 이상, 누수 흔적	15	원주 방향 균열 3개소 이상, 폭 5mm 이상, 누수 흔적	
		소	3	원주 방향 균열 3개소 미만	5	원주 방향 균열 3개소 미만	
균열, 길이 (CL)	연속	대	35	길이 방향 균열로 인한 깨짐, 폭 10mm 이상, 외부 벽까지 관통하여 확장된 흔적(뿌리침입, 침입수) 발견	40	길이 방향 균열로 인한 찢겨짐, 폭 10mm, 외부 벽까지 관통하여 확장된 흔적(뿌리침입, 침입수) 발견	
		중	12	길이 방향 균열 3개소 이상, 폭 5mm 이상, 누수 흔적	15	길이 방향 균열 3개소 이상, 폭 5mm 이상, 누수 흔적	
		소	4	길이 방향 균열 3개소 미만	5	길이 방향 균열 3개소 미만	
균열, 복합 (CM)	연속	대	50	길이 및 원주방향 균열 ‘대’ 결함이 복합적으로 발생(대/대), 계단식 균열로 인한 변위 발생	45	길이 및 원주방향 균열 ‘대’ 결함이 복합적으로 발생(대/대), 균열이 나선형으로 발생	
		중	30	길이 및 원주방향 균열 ‘중’ 이상의 결함이 복합적으로 발생(중/중, 중/대, 대/중), 균열이 나선형으로 발생	20	길이 및 원주방향 균열 ‘중’ 이상의 결함이 복합적으로 발생(중/중, 중/대, 대/중)	
		소	9	길이 및 원주방향 균열 ‘소’ 이상의 결함이 복합적으로 발생 (소/소, 소/중, 소/대, 중/소, 대/소)하였거나, 길이 및 원주방향으로 복합적으로 발생한 균열의 크기가 길이 방향으로 100mm 이상 관측	10	길이 및 원주방향 균열 ‘소’ 이상의 결함이 복합적으로 발생 (소/소, 소/중, 소/대, 중/소, 대/소)하였거나, 길이 및 원주방향으로 복합적으로 발생한 균열의 크기가 길이방 향으로 100mm 이상 관측	

결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
표면 손상 (SD)	연속	대	60	50mm 초과 벽체(t)손실(혹은 세굴), 혹은 (마모, 박리, 박락) 현상으로 인한 관둘레(C)의 25% 이상 손상 발생, 철근 노출 및 돌출, 노출 철근 부식	45	결절현상으로 인한 관경(D)의 25% 이상 감소, 관둘레(C) 25% 이상 박리 현상 관측	
		중	35	20~50mm 벽체(t)손실(혹은 세굴), 혹은(마모, 박리, 박락) 현상으로 인한 관둘레(C)의 10~25% 손상 발생, 골재 돌출 및 누락, 화학적 부식 현상 관측	20	결절현상으로 인한 관경(D)의 10~25% 감소, 관둘레(C)의 10~25% 박리 현상 관측, 기계적 손상 발생	
		소	20	20mm 미만 벽체(t)손실 (혹은 세굴), 혹은 (마모, 박리, 박락) 현상으로 인한 관둘레(C)의 10% 미만 손상 발생, 골재 노출, 철근 부식으로 인한 얼룩(변색) 관측	10	결절현상으로 인한 관경(D)의 10% 미만 감소, 관둘레(C)의 10% 미만 박리 현상 관측	

※ 표면손상(SD)은 매우 복합적으로 관측되는 결함으로, 아래의 다양한 사례를 참고하여 결함을 식별한다.

			
마모	박리	골재 노출	철근 부식
			
박락	층분리	골재 돌출	철근 노출 및 돌출
			
기계적 손상	결절(연성관)	골재 누락	얼룩 관측

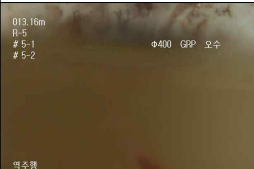
결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
좌굴 (BC)	연속	대	-	-	70	하수관로의 휨 정도가 관경(D)의 25% 이상 발생	
		중	-	-	40	하수관로의 휨 정도가 관경(D)의 10~25% 발생	
		소	-	-	20	하수관로의 휨 정도가 관경(D)의 10% 미만 발생	
라이닝 결함 (LD)	연속	대	75	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 25% 이상 변화, 라이너 접착 결함, 나선형 라이너 분리	75	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 25% 이상 변화, 라이너 접착 결함, 나선형 라이너 분리	
		중	45	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 10~25% 변화, 물집으로 인한 라이너 관경(D)의 25% 이상 변화, 라이너 끝단 마감 불량, 모르타르 손실, 라이닝 천공	45	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 10~25% 변화, 물집으로 인한 라이너 관경(D)의 25% 이상 변화, 라이너 끝단 마감 불량, 모르타르 손실, 라이닝 천공	
		소	25	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 10% 미만 변화, 물집으로 인한 라이너 관경(D)의 25% 미만 변화, 라이너 변색, 연결관 라이너 마감 불량 발생, 누수 흔적	25	(주름, 부품)로 인한 라이너 관경(D)의 10% 미만 변화, 물집으로 인한 라이너 관경(D)의 25% 미만 변화, 라이너 변색, 연결관 라이너 마감 불량 발생, 누수 흔적	

※ 라이너 결함(LD)은 매우 복합적으로 관측되는 결함으로, 아래의 다양한 사례를 참고하여 결함을 식별한다.

			
주름	물집	부품	연결관 마감 불량
			
누수	변색	분리	끝단 마감 불량

결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
영구 장애물 (P0)	연속	대	65	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 이음부를 관통하거나 관경(D)의 25% 이상 점유	65	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 이음부를 관통하거나 관경(D)의 25% 이상 점유	
		중	25	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 벽체를 관통하거나 관경(D)의 10~25% 점유	25	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 벽체를 관통하거나 관경(D)의 10~25% 점유	
		소	15	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 관경(D)의 10% 미만으로 점유	15	장애물(지장물, 모르타르, 용접부산물 등)이 관경(D)의 10% 미만으로 점유	
천공 (HL)	지점	대	90	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 25% 이상 손실 발생, 관로 외부 공동 관측	90	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 25% 이상 손실 발생, 관로 외부 공동 관측	
		중	55	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 10~25% 손실 발생, 뒤채움재 토양 목격 · 손실	55	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 10~25% 손실 발생, 뒤채움재 토양 목격 · 손실	
		소	30	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 10% 미만 손실 발생, 혹은 천공 구멍 보수	30	천공 구멍이나 타관통과로 인한 관둘레(C)의 10% 미만 손실 발생, 혹은 천공 구멍 보수	
연결관 , 돌출 (LP)	지점	대	25	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 25% 이상 감소	25	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 25% 이상 감소	
		중	10	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 10~25% 감소	10	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 10~25% 감소	
		소	3	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 10% 미만 감소	3	연결관 돌출로 인한 관경(D)의 10% 미만 감소	

결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
연결관 ,접합부 이상 (LS)	지점	대	30	본관 둘레(C)의 25% 이상인 연결관의 접합부 영역 파손, 침입흔적(뿌리침입, 침입수) 존재	30	본관 둘레(C)의 25% 이상인 연결관의 접합부 영역 파손, 침입흔적(뿌리침입, 침입수) 존재	

결함 (코드)	구분	등급	강성관		연성관		결함 사례
			결함 점수	결함등급 설명	결함 점수	결함등급 설명	
이음부 , 단차 (JD)	지점	대	70	관로 축의 직각 방향 변위가 관경(D)의 25% 이상 발생, 단차로 인한 하수관로 CCTV 조사장비 주행 불가	70	관로축의 직각 방향 변위가 관경(D)의 25% 이상 발생, 단차로 인한 하수관로 CCTV 조사장비 주행 불가	
		중	40	관로축의 직각 방향 변위가 관경(D)의 10~25%로 발생, 혹은 관 벽 두께의 2배 이내로 발생	40	관로축의 직각 방향 변위가 관경(D)의 10~25%로 발생, 혹은 관 벽 두께의 2배 이내로 발생	
		소	20	관로축의 직각 방향 범위가 관경(D)의 10% 미만, 혹은 관 벽 두께 이내로 발생	20	관로축의 직각 방향 범위가 관경(D)의 10% 미만, 혹은 관 벽 두께 이내로 발생	
역경사 (NS)	지점	대	58	조사구간의 하수관로의 경사가 정상적인 흐름방향과 반대로 10° 초과 발생	58	조사구간의 하수관로의 경사가 정상적인 흐름방향과 반대로 10° 초과 발생	-
		중	28	조사구간의 하수관로의 경사가 정상적인 흐름방향과 반대로 10° 이하 발생	28	조사구간의 하수관로의 경사가 정상적인 흐름방향과 반대로 10° 이하 발생	-
		소	18	조사구간의 하수관로가 평행한 상태(역경사 진행 중)	18	조사구간의 하수관로가 평행한 상태(역경사 진행 중)	-
침하 (SG)	연속	대	90	관로내 유량 정체수위가 관경(D)의 50% 이상 발생	90	관로내 유량 정체수위가 관경(D)의 50% 이상 발생	
		중	60	관로내 유량의 정체수위가 관경(D)의 25~50% 발생	60	관로내 유량의 정체수위가 관경(D)의 25~50% 발생	
		소	30	관로내 유량의 정체수위가 관경(D)의 25% 미만 발생	30	관로내 유량의 정체수위가 관경(D)의 25% 미만 발생	

2.1.2 하수관로의 운영적 결함코드 및 결함점수

하수관로의 운영적 결함과 관련된 결함 종류 및 코드체계와 각 결함에 대한 설명은 <표 5.7>과 같다. 운영적 결함 항목 중 막힘(PB) 코드 사용 시, 그 원인을 비교에 기재하여야 한다.

<표 5.7> 하수관로의 운영적 결함 종류 및 코드체계

결함 항목	영문표기	코드	설명
내피생성	Deposits, Encrusted	DE	· 하수관로 벽체 퇴적물로 인해 발생하는 결함 · 수분이 증발되어 남게 되는 주황색(산화철)의 형태로 관측 · 주로, 이음부에서 관측되며, 미세한 틈이 존재하는 관로에서 발생
토사퇴적	Deposits, Silty	DS	· 하수관로 내부에 실트와 자갈이 퇴적되어 나타나는 결함 · 이음부, 파손 및 천공으로 인한 뒷채움재의 소실이 주요 원인
폐유부착	Debris, Greasy	DG	· 산화철 성분으로 인한 주황색으로 관측되는 내피생성과 다른 형태 · 기름, 지방, 스케일이 관로 벽면에 부착되어 통수능 저하
임시 장애물	Temporary Obstruction	TO	· 영구 장애물과 달리, 하수관로 벽에 부착되거나 퇴적되지 않아 준설 및 세척을 통해 제거가 가능한 장애물 · 각종 장애물로 인한 결함(내피 생성, 토사퇴적, 폐유부착 및 뿌리침입 결함 제외)
뿌리침입	Roots Intrusion	RT	· 하수관로, 이음부 또는 연결부의 결함을 통해 식물의 뿌리가 침입하는 결함
침입수	Infiltration	IF	· 하수관로, 이음부, 연결부의 결함 혹은 관로 벽체의 다공성 구역을 통해 지하수가 내부로 유입되는 결함 · 시각으로 관측되는 정도에 따라 결함등급을 선정
막힘	Pipe Block	PB	· 운영적 결함으로 하수관로 통수능이 50% 이상 저하

하수관로의 운영적 결함 코드에 대한 결함등급별 결함점수 및 설명은 <표 5.8>과 같다.

<표 5.8> 하수관로의 운영적 결함별 상세 정의

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
내피 생성 (DE)	연속	대	40	내피생성으로 관경(D)이 25% 이상 감소	
		중	12	내피생성으로 관경(D)이 10~25% 감소	
		소	1	내피생성으로 관경(D)이 10% 미만으로 감소	
토사 퇴적 (DS)	연속	대	45	토사퇴적으로 관경(D)이 25% 이상 감소	
		중	15	토사퇴적으로 관경(D)이 10~25% 감소	
		소	3	토사퇴적으로 관경(D)이 10% 미만으로 감소	
폐유 부착 (DG)	연속	대	60	폐유부착으로 관경(D)이 25% 이상 감소	
		중	18	폐유부착으로 관경(D)이 10~25% 감소	
		소	8	폐유부착으로 관경(D)이 10% 미만으로 감소	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
임시 장애물 (T0)	지점	대	50	임시 장애물로 관경(D)이 25% 이상 감소	
		중	25	임시 장애물로 관경(D)이 10~25% 감소	
		소	5	임시 장애물로 관경(D)이 10% 미만으로 감소	
뿌리 침입 (RT)	연속	대	65	뿌리침입으로 관경(D)이 25% 이상 감소	
		중	33	뿌리침입으로 관경(D)이 10~25% 감소	
		소	13	뿌리침입으로 관경(D)이 10% 미만으로 감소	
침입수 (IF)	지점	대	100	하수관로 표면에서 뿜어 나옴	
		중	28	하수관로 표면을 따라 흐름	
		소	10	하수관로 표면에서 스며 나옴, 침입수 흔적 발견	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
	※ 침입수 추가 배점 : 구조적 결함이 발생한 지점에서 침입수(IF)의 유입이 발견될 경우, 구조적 결함 점수에 침입수로 인한 가점(침입수 결함이 ‘중’ 등급일 경우 10점, ‘대’ 등급일 경우 20점)을 추가로 배점한다. ※ 추가 배점 대상 구조적 결함 항목 : 균열(CC, CL, CM), 표면손상(SD), 라이닝 결함(LD), 천공(HL), 연결관-접합부(LS), 이음부(JD, JF, JS)				
	※ 기존				→
	구분	결함	등급	점수	
	구조	이음부손상(JF)	중	18	
	운영	침입수	중	28	
	구조적 점수		18(1등급)		
	운영적 점수		28(2등급)		
	※ 개정(추가 배점)				
	구분	결함	등급	점수	
	구조	이음부손상(JF)	중	18	
침입수 추가 배점		중	28(+10)		
운영	침입수	중	28		
구조적 점수		28(2등급)			
운영적 점수		28(2등급)			
막힘 (PB)	지점	대	100	내피생성(DE), 토사퇴적(DS), 폐유부착(DG), 임시·영구장애물(P0, T0), 뿌리침입(RI), 연결관 돌출(LP)로 인하여 관경(D)이 50% 이상 감소	-

2.2 맨홀 결함항목

2.2.1 맨홀의 구조적 결함코드 및 결함점수

맨홀의 구조적 결함과 관련된 결함 종류 및 코드체계와 각 결함에 대한 설명은 <표 5.9>와 같다.

<표 5.9> 맨홀의 구조적 결함 종류 및 코드체계

결함 항목		영문표기	코드	설명
균열	수평	Cracks, Horizontal (manhole)	CHm	· 맨홀 벽체에 균열 선이 나타나며 눈에 띄게 균열이 벌어져 있는 형태
				· 콘크리트 조각 혹은 기타 골재들의 유실이 없는 상태
	수직	Cracks, Vertical (manhole)	CVm	결함항목
				수평 (CHm)
수직 (CVm)	· 횡 방향 균열로써 맨홀의 축에 수직 방향으로 나타난 균열			
· 종 방향 균열로써 맨홀의 축 방향으로 나타난 균열				
표면 손상	내부	Surface damage, Inside (manhole)	SIsm	· 맨홀 벽체의 표면이 파쇄나 마모로 인해 나타나는 결함항목으로 벽체 거칠기 증가, 쇄굴, 골재
				· 노출, 철근 노출, 철근 부식 등 표면에 나타나는 현상 포함
	외부	Surface damage, Outside (manhole)	SOm	결함항목
				내부 (SIsm)
외부 (SOm)	· 내부 벽체의 표면에 손상이 나타나는 결함으로 모든 맨홀을 대상으로 판독			
· 외부 벽체의 표면에 손상이 나타나는 결함으로, 맨홀이 외부에 노출된 경우만 판독				
변형 (연성계열)		Deformation (manhole)	Dm	· 맨홀의 종단면이 눈에 띄게 변형된 결함
· 연성 재질에서 발생하는 파손 및 붕괴와 같은 가시적인 결함 없이 나타나는 변형 및 강성 재질의 기타 결함과 동시에 발생하는 변형 모두를 의미				
파손	내부	Broken, Inside (manhole)	BIsm	· 외부 공사 혹은 외압에 의해 맨홀이 파손되는 경우
				· 맨홀 내부 파손 및 외부 구조체의 파손 등이 포함
	외부	Broken, Outside (manhole)	BOm	결함항목
				내부 (BIsm)
외부 (BOm)	· 연결관 이외의 천공 구멍이 직경 100mm 이상 규모로 존재하는 경우 혹은 고의적인 타관통과에 의한 파손			
· 외부 벽체의 표면에 손상이 나타나는 결함으로, 하천변에 매설된 맨홀과 같이 맨홀이 외부에 노출된 경우에 한정하여 적용되며, 육안으로 맨홀의 파손이 확인되는 경우				
하수 관로 접속부	돌출	Lateral, Protruding (manhole)	LPm	· 대상 맨홀과 하수관로 접속부에서 발생하는 결함
				· 수평/수직 벌어짐을 의미하는 단차 및 이탈 결함을 포함하며, 접속부 범위에서 발생하는 기타 손상을 포함
	접속부 이상	Lateral, Sealing defective (manhole)	LSm	결함항목
				돌출 (LPm)
접속부 이상(LSm)	· 맨홀의 측면에 하수관로 접속부가 튀어 나오는 결함으로 돌출로 인한 직경 손실로 등급 구분			
· 접속부에 결함이 발생한 모든 경우를 통칭				

결함 항목		영문표기	코드	설명	
블록 이음부	단차	Joint, Displaced (manhole)	JDm	· 맨홀의 이음부에서 발생하는 결함 · 수평/수직 벌어짐을 의미하는 단차 및 이탈 결함과 기타 손상으로 발생하는 현상을 포함	
	손상	Joint, Faulty (manhole)	JFm	결함항목	설명
				단차 (JDm)	맨홀의 이음부 전후에서 맨홀 중심이 서로 동심 배치를 만족하지 못하는 상태
				손상 (JFm)	이음부 부근에서 관측되는 단차/이탈을 제외한 결함들(균열, 표면손상, 파손 등)
				이탈 (JSm)	맨홀의 이음부 전후에서 동심배치는 만족하나 축 방향의 단차가 존재하는 상태
이탈	Joint, Separated (manhole)	JSm			
표면단차		Surface Gap (manhole)	SGm	· 맨홀 뚜껑과 인근 지표면과의 단차로 관측되는 결함 · 맨홀 뚜껑 인근 아스팔트/시멘트가 손상된 상태 포함	
인버트 결함		Defective Bottom section (manhole)	DBm	· 맨홀 최하단 부의 인버트에서 발생하는 결함 · 인버트가 존재하지 않는 경우, 혹은 인버트가 존재하나 부분적으로 파손되어 나타나는 상태 포함	
맨홀뚜껑/ 프레임 손상		Defective Cover or frame (manhole)	DCm	· 맨홀 뚜껑 및 맨홀 상부 프레임에서 발생하는 결함 · 뚜껑 및 프레임의 부식 균열 및 손실 유무에 해당하는 항목 포함	

맨홀의 구조적 결함 코드에 대한 결함등급별 결함점수 및 설명은 <표 5.10>과 같다.

<표 5.10> 맨홀의 구조적 결함별 상세 정의

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
균열, 수평 (CHm)	연속	대	40	길이 25mm 초과 균열 발생	
		중	13	길이 10~25mm 균열 발생	
		소	4	길이 10mm 미만 균열 발생	
균열, 수직 (CVm)	연속	대	45	길이 5mm 이상 수직 균열이 5개소 이상 발생	
		중	14	길이 5mm 이상 수직 균열이 3~5개소 발생	
		소	5	길이 5mm 미만 수직 균열이 3개소 미만 발생	
표면 손상 , 내부 (Slm)	지점	대	55	폭 10mm 초과 맨홀 내부 벽체 표면 상실, 철근 부식	
		중	30	폭 5~10mm 맨홀 내부 벽체 표면 상실, 철근 혹은 골재 노출	
		소	10	폭 5mm 미만 맨홀 내부 벽체 표면 상실,	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
표면 손상 ,외부 (S0m)	지점	대	50	폭 10mm 초과 맨홀 외부 벽체 표면 상실, 철근 부식	
		중	20	폭 5~10mm 맨홀 외부 벽체 표면 상실, 철근 혹은 골재 노출	
		소	9	폭 5mm 미만 맨홀 외부 벽체 표면 상실	
변형 (Dm)	연속	대	70	직경의 25% 이상 변형 발생	
		중	45	직경의 10~25% 변형 발생	
		소	25	직경의 10% 미만 변형 발생	
파손, 내부 (B1m)	지점	대	80	직경 100mm(혹은 100x100mm) 이상의 단면 파손, 혹은 고의적 타관 통과	
파손, 외부 (B0m)	지점	대	100	맨홀 어긋남 발생 (하천변, 육안조사)	
	※ 파손-외부(B0m)는 복합적인 요인으로 인해 다양한 환경에서 발생하므로, 아래의 사례를 참조하여 결함을 식별한다.				
	  				

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
하수 관로 접속부 , 돌출 (LPm)	지점	대	25	하수관로 접속부가 맨홀 직경의 25%를 이상 돌출	
		중	10	하수관로 접속부가 맨홀 직경의 10~25% 범위로 돌출	
		소	3	하수관로 접속부가 맨홀 직경의 10% 미만으로 돌출	
하수 관로 접속부 , 접속부 이상 (LSm)	지점	대	30	접속부 영역에 누수의 흔적이 있음	
		중	10	접속부 영역에 벌어진 틈은 있지만 외벽까지 확장되지 않음	
		소	3	접속부 영역에 작은 틈이 존재하나 벌어지지 않음	
블록 이음부 , 단차 (JDm)	지점	대	58	25mm 초과 수평 단차 및 파손 발생	
		중	40	10~25mm 수평 단차 및 침입수 발생	
		소	20	10mm 미만 수평 단차 및 침입수 발생	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
블록 이음부 ,손상 (JFm)	지점	대	33	이음부 영역 내 누수 흔적이 관측거나, 균열이나 쏘개짐이 외벽까지 확장	
		중	18	이음부 영역 내 균열이나 쏘개짐이 존재하나, 외벽까지 확장된 흔적 없음	
		소	7	이음부 영역 내 작은 균열 혹은 쏘개짐 발생	
블록 이음부 ,이탈 (JSm)	지점	대	35	수직 방향 변위가 40mm를 초과하여 발생	
		중	17	수직 방향 변위가 20~40mm 발생	
		소	6	수직 방향 변위가 20mm 미만으로 발생	
표면 단차 (SGm)	지점	대	65	구조적인 안정성을 상실하여 침하된 경우 혹은 단차가 20mm 이상 발생한 경우	
		중	30	도로와 맨홀 뚜껑의 단차가 10~20mm 발생한 경우	
		소	15	도로와 맨홀 뚜껑의 단차가 5mm~10mm 미만 발생한 경우 혹은 맨홀 주변 아스팔트에 손상이 발생한 경우	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
인버트 결함 (DBm)	지점	대	20	인버트 없음 혹은 인버트에 심각한 파손 존재	
		소	15	부분적인 결손	
맨홀 뚜껑/ 프레임 손상 (DCm)	지점	대	60	맨홀뚜껑 파손	
		중	40	맨홀 뚜껑 및 상부 프레임에서의 심한 부식, 균열 발생	
		소	1	맨홀 뚜껑 및 상부 프레임에서의 경미한 부식	

2.2.2 맨홀의 운영적 결함 코드 및 결함점수

맨홀의 운영적 결함과 관련된 결함 종류 및 코드체계와 각 결함에 대한 설명은 <표 5.11>과 같다.

<표 5.11> 맨홀의 운영적 결함 종류 및 코드체계

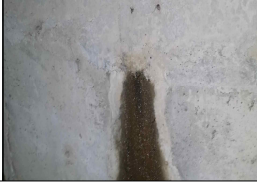
결함 항목	영문표기	코드	설명
악취 발생	Odor Arising (manhole)	0Am	· 맨홀 외부에서 관측자가 진입하기 전 맨홀에서 악취가 새어나올 경우 해당 결함으로 판단 · 비고란에 악취의 발생 정도를 기입
내피생성	Deposits, Encrust (manhole)	DEm	· 하수관로 벽체 퇴적물로 인해 발생하는 운영적 결함 · 수분이 증발되어 남게 되는 주황색(산화철)의 형태로 관측 · 주로 이음부에서 발생하며, 미세한 틈이 존재하는 경우 발생
폐유부착	Debris, Greasy (manhole)	DGm	· 내피생성과 달리, 기름, 지방, 스케일이 인버트 하부에 부착되어 수리기능을 저하시킴
임시 장애물	Temporary Obstruction (manhole)	T0m	· 영구 장애물과 달리 맨홀 벽에 부착되지 않아 준설 및 세척을 통해 제거가 가능한 장애물 · 토사퇴적에 해당되는 결함을 포함한 기타 장애물이 퇴적된 형태로 나타남
사다리 손상	Defective Step or ladder (manhole)	DSm	· 맨홀 내부 작업자를 위해 설치된 사다리가 손상되거나 파손되어 발생한 결함 · 부식으로 인한 사다리 변형, 단면적 손실 및 파손 등의 항목을 포함
뚜껑 밀폐	Sealed Cover (manhole)	SCm	· 맨홀 뚜껑 상부의 아스팔트, 시멘트로 인한 개폐 불가능, 동결로 인한 개폐 불가능 등 맨홀 뚜껑의 개폐가 불가능하여 진입이 불가능한 경우를 총칭하는 결함 · 해당 결함 발생시 비고에 예상되는 원인을 기록함
뿌리 침입	Root Intrusion (manhole)	RIm	· 연결된 하수관로, 접합부, 맨홀 상부 또는 연결관의 결함을 통해 식물의 뿌리가 침입하는 결함
침입수	Infiltration (manhole)	IFm	· 연결된 하수관로, 접합부, 맨홀 상부 또는 연결관의 결함 혹은 맨홀 벽체의 다공성 구역을 통해 지하수가 내부로 유입되는 결함 · 시각으로 관측되는 정도에 따라 결함 등급을 산정

맨홀의 운영적 결함 코드에 대한 결함등급별 결함점수 및 설명은 <표 5.12>와 같다.

<표 5.12> 맨홀의 운영적 결함별 상세 정의

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
악취 발생 (0Am)	지점	-	20	맨홀 상부에서 악취가 새어나옴	-
	※ 악취방지법 시행규칙 “별표3. 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 범위”의 지정악취물질 중 암모니아, 황화수소 농도를 기준으로 측정하며, 악취물질 별 배출허용기준을 초과할 경우 결함으로 판정				
내피 생성 (DEm)	연속	대	40	내피생성으로 맨홀 내경(D)이 25% 이상 감소	
		중	15	내피생성으로 맨홀 내경(D)이 10~25% 감소	
		소	3	내피생성으로 맨홀 내경(D)이 10% 미만으로 감소	
폐유 부착 (DGm)	연속	대	45	폐유부착으로 맨홀 하부 혹은 인버트를 육안 관측 불가	
		중	18	맨홀 하부 혹은 인버트 및 맨홀 벽체에 폐유부착	
		소	5	맨홀 하부 혹은 인버트에 부분적인 폐유부착	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례
임시 장애물 (T0m)	지점	대	50	퇴적물 혹은 장애물이 맨홀 하부 혹은 인버트 내경(D)의 25% 이상 차지	
		중	25	퇴적물 혹은 장애물이 맨홀 하부 혹은 인버트 내경(D)의 10~25% 차지	
		소	5	퇴적물 혹은 장애물이 맨홀 하부 혹은 인버트 내경(D)의 10% 미만 차지	
사다리 손상 (DSm)	연속	대	35	사다리 혹은 계단 파손, 50% 이상 단면적 손실 발생	
		중	20	심각한 부식 및 휨 발생	
		소	1	경미한 부식 및 휨 발생	
뚜껑 밀폐 (SCm)	지점	-	55	맨홀 뚜껑을 열 수 없는 경우	

결함 (코드)	구분	등급	결함 점수	결함등급 설명	결함 사례																																											
뿌리 침입 (RIm)	지점	대	60	뿌리침입으로 인한 맨홀 내경(D)이 25% 이상 감소																																												
		중	33	뿌리침입으로 인한 맨홀 내경(D)이 10~25% 감소																																												
		소	13	뿌리침입으로 인한 맨홀 내경(D)이 10% 미만 감소, 혹은 뿌리침입 흔적 발생																																												
침입수 (IFm)	지점	대	65	맨홀 표면에서 뿜어 나옴																																												
		중	28	맨홀 표면을 따라 흐름																																												
		소	10	맨홀 표면에서 스며나옴, 침입수 흔적 발견																																												
※ 침입수 추가 배점 : 구조적 결함이 발생한 지점에서 침입수(IF)의 유입이 발견될 경우, 구조적 결함 점수에 침입수로 인한 가점(침입수 결함이 ‘중’ 등급일 경우 10점, ‘대’ 등급일 경우 20점)을 추가 배점한다. ※ 추가 배점 대상 구조적 결함 항목 : 균열(CHm, CVm), 표면손상-내부(SIm), 파손-내부(BIm), 하수관로 접속부이상(LSm), 블록 이음부(JDm, JFm, JSm)																																																
※ 기존 <table><tr><th>구분</th><th>결함</th><th>등급</th><th>점수</th></tr><tr><td>구조</td><td>블록이음부, 손상</td><td>중</td><td>18</td></tr><tr><td>운영</td><td>침입수</td><td>중</td><td>28</td></tr><tr><td colspan="2">구조적 점수</td><td colspan="2">18(1등급)</td></tr><tr><td colspan="2">운영적 점수</td><td colspan="2">28(2등급)</td></tr></table> → ※ 개정(추가 배점) <table><tr><th>구분</th><th>결함</th><th>등급</th><th>점수</th></tr><tr><td rowspan="2">구조</td><td>블록이음부, 손상</td><td>중</td><td>18</td></tr><tr><td>침입수 추가 배점</td><td>중</td><td>28(+10)</td></tr><tr><td>운영</td><td>침입수</td><td>중</td><td>28</td></tr><tr><td colspan="2">구조적 점수</td><td colspan="2">28(2등급)</td></tr><tr><td colspan="2">운영적 점수</td><td colspan="2">28(2등급)</td></tr></table>						구분	결함	등급	점수	구조	블록이음부, 손상	중	18	운영	침입수	중	28	구조적 점수		18(1등급)		운영적 점수		28(2등급)		구분	결함	등급	점수	구조	블록이음부, 손상	중	18	침입수 추가 배점	중	28(+10)	운영	침입수	중	28	구조적 점수		28(2등급)		운영적 점수		28(2등급)	
구분	결함	등급	점수																																													
구조	블록이음부, 손상	중	18																																													
운영	침입수	중	28																																													
구조적 점수		18(1등급)																																														
운영적 점수		28(2등급)																																														
구분	결함	등급	점수																																													
구조	블록이음부, 손상	중	18																																													
	침입수 추가 배점	중	28(+10)																																													
운영	침입수	중	28																																													
구조적 점수		28(2등급)																																														
운영적 점수		28(2등급)																																														

3 상태 항목(코드)

<표 5.13>에 하수관로 및 맨홀 조사에 사용되는 상태 항목 및 코드체계를 설명하였다.

<표 5.13> 하수관로 및 맨홀 조사에서 사용되는 상태 항목 및 코드체계

상태		영문표기	코드	설명	
조사	시작 (정,역)	Inspection, Start	IS	· 조사 시작지점에 사용(역주행일 경우 ISr 사용) · 단, 맨홀 중앙에서 검사가 시작되지 않는 경우 비교에 사유 기입	
		Inspection, Start (Reverse)	ISr		
	완료 (정,역)	Inspection, Ends	IE	· 조사 완료지점에 사용(역주행일 경우 IEr 사용) · 단, 맨홀 중앙에서 검사가 종료되지 못한 경우 비교에 사유 기입	
		Inspection, Ends (Reverse)	IEr		
	중단	Inspection, Abandoned	IA	· 조사가 중단된 경우, 비교에 미주행 사유와 함께 사용	
상실	시야	Loss, Vision	LV	· 일시적으로 시야가 50% 이상 감소된 경우 비교에 원인코드와 함께 사용	
				원인코드	설명
				UW	수위 아래 촬영
				GL	렌즈 오염(물, 기름 등)
	SF	결로(김서림)			
중심	Loss, Centre	LC	· 장애물로 인하여, 일시적으로 20% 범위를 벗어난 경우, 비교에 원인을 기입하고 사용		
대상없음		Nonexistent	NE	· 하수도대장과 달리, 조사대상 시설물(맨홀)이 존재하지 않는 경우 사용	
특이사항		Significant Comments	SC	· 조사 중 발견된 기타 특이사항에 사용 · 비교에 구체적인 상황과 함께 기록	
연결관	미사용	Lateral, Blank	LB	· 연결관이 존재하나, 폐쇄된 경우 사용	
	존재함	Lateral, OK	LO	· 연결관이 존재하는 경우, 비교에 육안으로 확인되는 연결관의 상태코드와 함께 사용	
				원인코드	설명
				B	막힘(장애물, 기타 요인)
				C	내부 균열
				D	단차
				R	뿌리침입
				SD	토사퇴적
				WD	이상없음
Z	기타				
이음부존재		Joint Exist	JE	· 이음부 관측 시, 이음부의 중심지점에 사용	

상태	영문표기	코드	설명																							
재질변경	Material Change	MC	· 조사 중, 재질에 변화가 나타난 경우, · 비고에 재질 코드와 함께 사용 (「제2장 정밀조사 개요」 <표 2.2>, <표 2.3> 재질코드) · 갱신 혹은 보수 공법이 적용된 시설물의 경우 LC(라이닝 변화) 코드 적용																							
라이닝 변화	Lining Change	LC	· 조사 중, 라이너가 발견되거나 라이너 재질에 변화가 나타난 경우, 비고에 재질 코드와 함께 사용 <table><tr><th colspan="2">재질코드</th><th>설명</th></tr><tr><td rowspan="5">갱신공법 (Renewal)</td><td>SL</td><td>신관 삽입으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>IL</td><td>라이너 삽입으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>SW</td><td>재관공법으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>SP</td><td>분사공법으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>ZN</td><td>기타 갱신공법으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td rowspan="4">보수 공법 (Repiar)</td><td>GR</td><td>충진 공법으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>PL</td><td>라이너 보수 공법으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>IS</td><td>보강링 사용으로 인한 재질 변화</td></tr><tr><td>ZP</td><td>기타 보수공법으로 인한 재질 변화</td></tr></table>	재질코드		설명	갱신공법 (Renewal)	SL	신관 삽입으로 인한 재질 변화	IL	라이너 삽입으로 인한 재질 변화	SW	재관공법으로 인한 재질 변화	SP	분사공법으로 인한 재질 변화	ZN	기타 갱신공법으로 인한 재질 변화	보수 공법 (Repiar)	GR	충진 공법으로 인한 재질 변화	PL	라이너 보수 공법으로 인한 재질 변화	IS	보강링 사용으로 인한 재질 변화	ZP	기타 보수공법으로 인한 재질 변화
			재질코드		설명																					
			갱신공법 (Renewal)	SL	신관 삽입으로 인한 재질 변화																					
				IL	라이너 삽입으로 인한 재질 변화																					
				SW	재관공법으로 인한 재질 변화																					
				SP	분사공법으로 인한 재질 변화																					
				ZN	기타 갱신공법으로 인한 재질 변화																					
			보수 공법 (Repiar)	GR	충진 공법으로 인한 재질 변화																					
				PL	라이너 보수 공법으로 인한 재질 변화																					
				IS	보강링 사용으로 인한 재질 변화																					
ZP	기타 보수공법으로 인한 재질 변화																									
이상없음	Without Defect	WD	· 결함이 존재하지 않는 경우 사용																							
단위 길이	Unit Lenght	ULm	· 맨홀 조사에서 단위 길이(1m)를 판단하기 위해 사용																							



제6장. 상태등급

1. 상태등급 판정 방법
2. 상태등급에 따른 시설물 상태
3. 상태등급 판정 예시

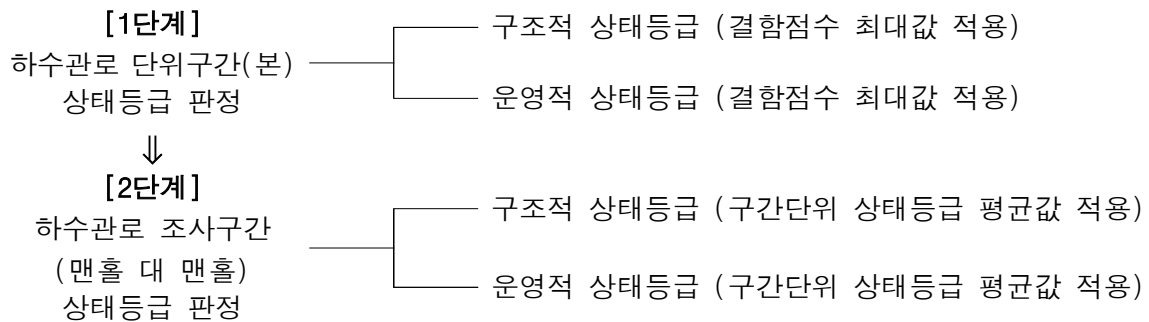
제6장. 상태등급 판정

1 상태등급 판정 방법

구조적·운영적 결함을 판독하고, 이를 바탕으로 하수관로 시설물에 대한 상태등급을 판정한다. 상태등급은 구조적 상태등급과 운영적 상태등급으로 구분하여 1~5등급으로 판정한다.

1.1 하수관로 상태등급 판정 방법

하수관로의 상태등급 판정은 기본적으로 1)단위구간(본, pipe segment; 관중에 따른 파이프 생산단위)의 상태등급을 판정하는 단계와 2)조사구간(맨홀 대 맨홀, manhole to manhole)의 상태등급을 평가하는 단계로 진행된다.



<그림 6.1> 하수관로 상태등급 판정 단계

1.1.1 단위 구간(본) 상태등급

하수관로 단위 구간(본, Pipe segment)의 최대값을 단위 구간(본) 상태등급으로 산정한다.

- 파악된 결함점수 중에서 최대값을 선정하여 해당 ‘단위구간(pipe segment)’의 상태등급을 결정
 - ※ CCTV 조사 중 단위구간 이음부(연성관의 경우 연성관 접합부)의 위치를 파악하게 되며, 하수관로 상태항목(코드) 중 ‘이음부 존재(JE)’를 기입하여 단위 구간 표시에 용이하도록 함
 - ※ 또한, 이음부에 결함항목(단차, 결함, 이탈)이 존재할 경우, 해당 항목의 결함 점수를 이음부 전·후 단위구간 모두에 적용
- 단위 구간(pipe segment)은 본단위 기준으로 설정하며, 본단위 연장을 무시하고 임의의 구간 설정은 불가함
 - ※ 이음부(Joint)의 식별이 육안으로 확인이 어려운 경우, 조사대상 하수관로의 관종과 관경을 확인하고, 해당 규격에서 일반적으로 사용하는 길이(Length)를 차용함

1.1.2 조사 구간(맨홀 대 맨홀) 상태등급

각 단위 구간(최대 결함점수) 상태등급의 합을 총 개소수로 나누어 조사 구간 상태등급(단위 구간별 최대값의 평균값)을 산정한다. 상태등급 판정 방법에 관한 자세한 내용은 <표 6.1>과 같다.

<표 6.1> 하수관로 조사구간(맨홀 대 맨홀)의 상태등급 판정 방법

산정방법	설 명
평균값	- 조사구간(맨홀 대 맨홀)의 상태등급 평균값은 조사구간내 각 ‘단위구간’ 별 상태등급 점수의 총 합을 단위구간의 개소로 나뉜 값이다. $\text{평균값} = \frac{\sum \text{‘조사구간’ 내 ‘단위구간’ 상태등급의 합}}{\text{‘조사구간’ 내 ‘단위구간’ 총 개소수}}$ - 최종 계산된 평균값은 소수 둘째자리 반올림을 한다. (예> 3.456 → 3.46) - ‘조사구간’ 구조적, 운영적 상태는 별도의 등급 없이 상태점수 형태로 제시한다. (‘단위구간’ 등급체계와 다르게 정수로 표현하지 않음)

1.2 맨홀 상태등급 판정 방법

맨홀의 상단(뚜껑)부터 하단(인버트)까지 1m 단위(단위 길이)로 나누어 각 구간별 결함의 종류 및 위치를 관측하는 방식을 사용한다.

- 하수관로의 단위 구간(pipe segment)과 달리 맨홀은 1m 단위의 단위 길이(unit length)에 따라 상태등급을 결정

따라서 이러한 결함(코드별) 정보(세부적으로 결함등급 및 결함점수를 부여하는 방식으로 정량적으로 표시)를 바탕으로 최종적으로는 하나의 맨홀 상태등급으로 판정한다. 맨홀 상태등급 판정 방법은 1m 단위로 자세히 조사된 구조적, 운영적 결함 정보의 최대값을 선택하여 각각 5단계의 맨홀 상태등급을 판정하는 방식을 취한다.

<표 6.2> 맨홀 상태등급 결정 방법

결함점수 활용 방법	상태등급 결정 방법
최대값	맨홀 단위 연장(1m)당 관측된 구조적, 운영적 결함점수 중 가장 높은 최대점수를 선택하여, 일체화된 맨홀의 상태등급 결정

2 상태등급에 따른 시설물 상태

결함등급을 활용하여 판정된 하수관로 및 맨홀의 대략적인 상태는 상태등급을 사용하여 추정한다. 하수관로의 경우 단위 구간(본, Pipe segment)별 상태를 추론하며, 맨홀의 경우 전체적인 상태를 추론한다.

- 하수관로 : 단위 구간(본) 별 구조적 · 운영적 상태
- 맨홀 : 맨홀 전체에 대한 구조적 · 운영적 상태

2.1 구조적 상태등급

<표 6.3>은 구조적 상태등급을 활용한 하수관로 시설물의 현재 구조적 상태를 설명하며, 구조적 결함점수에 따라 5등급으로 구분된 상태등급 체계를 나타낸다. 내부 시각 조사에 한정된 하수관로와 달리 맨홀의 경우, 벽체가 노출된 경우 외부 상태 평가를 통해 벽체 결함을 우선적으로 판별한다.

<표 6.3> 하수관로 시설물의 구조적 상태등급

구조적 상태등급	최대값 범위	구조 상태	구조적 상태등급에 따른 시설물 상태	정비 시급성
5	70 ~ 100	매우 나쁨 (Fail)	구조적인 기능을 잃은 상태, 시설물의 구조적 붕괴 진행	매우높음
4	40 ~ 69	나쁨 (Poor)	구조적으로 불안한 상태, 시설물 붕괴 진행 임박	높음
3	20 ~ 39	보통 (Moderate)	구조적 노후화 진행, 구조물의 일부 수리적 기능 상실	보통
2	10 ~ 19	좋음 (good)	노후화가 시작하는 단계	낮음
1	0 ~ 9	매우 좋음 (Excellent)	매우 좋은 상태	낮음

[대상 맨홀 외부 상태 평가]

- ※ 대상 맨홀의 맨홀 벽체가 노출된 경우에 한하여 맨홀 외부 벽체 결함을 우선적으로 판별함
- ※ 해당 결함이 외부 표면손상(S0m)이 아닌 외부 파손에 포함되는 결함(B0m)으로 판단되는 경우, 추가적인 내부조사 없이 보고서에 사진 등 근거자료를 기록하고 즉각적인 조치를 위한 구조적 결함 5등급을 해당 시설물에 부여한 뒤 조사를 종료함

2.2 운영적 상태등급

<표 6.4>는 운영적 상태등급을 활용한 하수관로 시설물의 현재 운영적 상태를 설명하며, 운영적 결함점수에 따라 5등급으로 구분된 관로의 운영적 상태등급 체계를 나타낸다.

<표 6.4> 하수관로 시설물의 운영적 상태등급

운영적 상태등급	최대값 범위	운영 상태	운영적 상태등급에 따른 시설물 상태	정비 시급성
5	70 ~ 100	매우 나쁨 (Fail)	심각하고 종합적인 유지관리 문제 발생 (시설물의 구조적인 문제로 전이)	매우높음
4	40 ~ 69	나쁨 (Poor)	심각한 유지관리 문제 발생 (시설물의 수리적 기능이 마비)	높음
3	20 ~ 39	보통 (Moderate)	유지관리 문제 표면화 (시설물의 수리적 기능이 일부 상실)	보통
2	10 ~ 19	좋음 (good)	유지관리 문제 발생 초기 단계	낮음
1	0 ~ 9	매우 좋음 (Excellent)	매우 좋은 상태	낮음

3 상태등급 판정 예시

상태등급 판정 시, 「제5장. 결함판독」에 해당하는 항목을 참조하여 결함 항목별 결함 등급(대/중/소)과 결함점수를 배점한다. 특히, 이음부 및 연결관에 대한 유의사항과 침입수 가점 배점을 반드시 준수하여야 하며, 조사 시 관측된 결함을 누락하는 경우가 발생하지 않도록 주의한다.

구조적·운영적 결함등급(대/중/소) 판정 시, 결함 발생 구간에 대해서도 「제5장. 결함 판독」의 ‘1.2 결함 표기 방법’에 근거하여 결함의 원주 방향으로의 범위를 명확하게 표기하여 결함 발생 위치를 명시하도록 한다.

3.1 하수관로 상태등급 판정 예시

<표 6.5>는 하수관로의 상태등급을 산정하는 방법의 예시이다. 상태평가는 1차로 ‘단위 구간(pipe segment)’ 단위를 기본으로 진행하며, 필요에 따라 ‘조사 구간(manhole to manhole)’ 단위의 상태평가를 2차로 진행한다. 조사자가 상태등급 산정표 작성 시, 이음부 항목에 대한 결함항목은 우선적으로 조사되어지는 단위구간에 한번만 기록하나, 해당 항목의 결함 점수는 양쪽 단위구간 모두에 적용되어 단위구간별 상태등급을 판정하도록 한다.

<표 6.5> 하수관로의 단위구간/조사구간 상태등급 산정 예시

단위 구간	위치 (m)	하수관로 결함								단위구간 상태등급			
		구분	결함	코드	등급	점수	범위		비고	구조적		운영적	
							시점	종점		점수	등급	점수	등급
1	0.0	상태	조사시작 (정주행)	IS						14	2	28	3
	1.2	운영	침입수	IF	중	28	10	-					
	1.2	구조	균열-길이	CL	소	4	10	-					
	1.2	구조	침입수 추가 배점	CL	중	10			CL(소) 추가 배점 (1.2m)				
	1.8	운영	퇴적-토사	DS	소	3	05	06					
	2.3	구조	균열-길이	CL	중	12	10	-	CDG(변곡점)				
	2.5	상태	이음부 존재	JE									
2	2.5	상태	이음부 존재	JE					내용 미기록 (이음부 존재 중복)	40	4	50	4
	2.8	운영	퇴적-토사	DS	소	3	05	06	CDC(지속촬영)				
	2.9	구조	표면손상	SD	중	30	05	07					
	3.0	운영	임시 장애물	TO	대	50	09	02					
	3.3	구조	균열-길이	CL	중	12	10	-	CDC(지속촬영)				
	3.8	운영	퇴적-토사	DS	소	3	05	06	CDC(지속촬영)				
	4.7	운영	퇴적-토사	DE	중	15	05	07	CDG(변곡점)				
	5.0	상태	이음부 존재	JE									
	5.0	구조	이음부 단차	JD	중	40	12	12					
3 (역)	-5.0	상태	조사 완료 (역주행)	IEr					역주행 완료	40	4	28	3
	-5.0	구조	이음부 단차	JD	중	40	12	12					
	-5.0	상태	이음부 존재	JE					내용 미기록 (이음부 존재 중복)				
	-4.2	구조	연결관 돌출	LP	중	10	08	11					
	-3.2	구조	침입수 추가 배점	CL	중	10			CL(소) 추가 배점 (-3.2m)				
	-3.2	구조	균열-길이	CL	소	4	09	-					
	-3.2	운영	침입수	IF	중	28	09	-					
	-2.5	상태	이음부 존재	JE					내용 미기록 (이음부 존재 중복)				
4 (역)	-2.5	상태	이음부 존재	JE						3	1	0	1
	-1.4	구조	연결관 돌출	LP	소	3	02	03					
	-0.0	상태	조사시작 (역주행)	ISr									
‘조사구간’ 구조적, 운영적 상태등급										(2+4+4+1)/4 = 2.75		(3+4+3+1)/4 = 2.75	

<상태등급 활용 예시> 하수관로 갱생 방식 의사결정

- 하수관로의 갱생(보수, 갱신, 교체) 방식은 대상 하수관로에 대한 공사범위, 매설 깊이, 관종, 관경, 주변여건 등에 따른 갱생 비용을 산정한 뒤, 긴급도, 예산, 기술·공법, 엔지니어링 판단 등과 같은 제반요소에 따라 유기적으로 결정해야 한다.
- 즉, 하수관로의 결함 현황 및 구조적/운영적 상태등급과 여러가지 제반요소(긴급도, 예산, 기술·공법, 엔지니어링 판단 등)를 종합적으로 고려하여 하수관로의 갱생(보수, 갱신, 교체) 방식을 결정하도록 한다.
- 단, 조사구간(맨홀 대 맨홀)의 구조적 상태등급이 4.0 이상인 경우, 조사구간 전체에 대하여 하수관로의 안정성을 고려하여 ‘갱신 또는 교체’를 진행해야 한다.

3.2 맨홀 상태등급 판정 예시

<표 6.6>은 맨홀의 상태등급을 산정하는 방법의 예시이다. 조사는 단위 길이(1m)로 진행하며, 조사 완료 시, 조사 구간에 대한 구조적/운영적 상태등급의 최대값을 활용해 평가한다.

<표 6.6> 맨홀의 상태등급 산정 예시

단위 구간	위치 (m)	맨홀 결함								상태점수 최대값	
		구분	결함	코드	등급	점수	범위		비고	구조적	운영적
							시점	종점			
C(맨홀뚜껑) ~ 1.0	0.0	상태	조사시작 (맨홀)	IS						30	25
	0.0	구조	표면단차	SGm	소	15	12	12	단차 5mm		
	0.6	구조	균열-수직	CVm	중	14	03	05	3개 6mm 균열		
1.0 ~ 2.0	1.4	운영	사다리 손상	DSm	중	20	08	-	심각한 부식 관측		
	1.7	상태	하수관로 접속부 존재	L0			03	-			
	1.7	구조	하수관로 접속부 돌출	LPm	대	25	03	-	D = 30% 감소		
	2.0	상태	하수관로 접속부 존재	L0			11	-			
	2.0	구조	하수관로 접속부-접합부 이상	LSm	대	30 (최대)	11	-	누수 관측 및 발생		
2.0 ~ 3.0	2.0	상태	이상없음	WD			12	12		30	25
3.0 ~ 4.0	3.0	상태	이상없음	WD			12	12			
4.0 ~ I(맨홀최하단)	4.8	운영	임시장애물	T0m	중	25 (최대)	06	10	토사 8cm 최적		
	4.8	구조	인버트 결함	DCm	대	20	06	06	인버트 없음		
	4.8	상태	조사완료 (맨홀)	IE							
구조적, 운영적 상태등급										3등급	3등급

<상태등급 활용 예시> 맨홀 갱생 방식 의사결정

- 맨홀의 갱생(보수 및 교체) 판단은 최대 결함점수에 근거한 구조적/운영적 상태등급 조사결과를 바탕으로 진행한다. 하지만 궁극적으로 맨홀의 갱생 판단은 상태등급 이외에도 긴급도, 예산, 기술·공법 및 엔지니어링 판단 등과 같은 제반요소에 따라 유기적으로 결정해야 한다.
- 즉, 맨홀의 결함 현황 및 구조적/운영적 상태등급과 여러가지 제반요소(긴급도, 예산, 기술·공법, 엔지니어링 판단 등)를 종합적으로 고려하여 맨홀의 갱생(보수, 교체) 방식을 결정하도록 한다.
- 다음 표는 결함이 발생하는 메커니즘을 고려하여 결함 종류 및 등급별로 갱생 방식을 구분한 예시이다.
(본 예시에서 보수 및 교체는 구조적/운영적 결함 3등급 이상을 받은 시설물에만 적용함)

<갱생 방식 판단을 위한 결함 및 결함등급별 조건표 예시>

구분	설명	결함(등급)
보수 (Repair)	- 구조적 상태등급이 3등급 이상인 결함에 대하여 맨홀의 기능을 유지하거나 회복할 필요가 있을 시, 보수를 진행함 - 단, 일부 운영적 결함에 대해서도 보수를 실시함	[구조적 결함] CHm(4등급), CVm(4등급), Slm(3등급), SOm(3등급), Dm(3,4등급), LPm(3등급), LSm(3등급), JDm(3등급), JFm(3등급), JSm(3등급), SGm(3등급), DBm(3등급), [운영적 결함] SCm(4등급), RIm(4등급), IFm(4등급)
교체 (Replacement)	- 맨홀이 전반적으로 파손된 형태로, 보수만으로는 구조적 안정성 및 기능을 회복할 수 없는 경우에 한하여 교체를 진행함	[구조적 결함] Slm(4등급), SOm(4등급), Dm(5등급), BIm(5등급), BOm(5등급), JDm(4등급), SGm(4등급), DCm(4등급)



제7장. 보고서 작성

1. 데이터베이스(DB) 구성
2. 보고서 작성
3. 집계표 작성

제7장. 보고서 작성

1 데이터베이스(DB) 구성

하수관로 및 맨홀의 시설물 정보와 조사 결과를 데이터베이스(DB)로 종합 후, 근거자료인 조사 영상과 함께 집계표와 보고서로 정리하여 조사 결과물을 발주처에게 제공하여야 한다. 데이터베이스(DB)는 조사 과정 중 수집된 하수관로 시설물의 각종 정보를 다양한 시스템과 유기적으로 연계하기 위한 목적으로 구성된다.

데이터베이스는 관계형 데이터베이스(RDBMS, Relational DataBase Management System) 구조로 구성함을 원칙으로 하며, 포함되는 세부 항목은 「공공하수도 자산관리체계 구축 업무매뉴얼」에 따라 구성해야 한다.

[관계형 데이터베이스(RDBMS)]

- RDBMS는 데이터베이스(DB)를 구성하는 테이블·행·열 정보를 구조화하고, 데이터 구조 간 관계를 연결하는 방법임. 일반적으로 테이블 간의 상호작용을 기반으로 논리적 연결을 통해 이루어짐
- RDBMS는 데이터를 직관적으로 표현할 수 있으며, 데이터 포인트에 쉽게 접속할 수 있는 장점을 가짐. 이와 같은 장점은 인벤토리 추적, 트랜잭션 데이터 처리, 애플리케이션 로깅에 이르는 대량의 구조화된 데이터를 관리하는 분야에서 강점을 가짐
- 사용되는 언어는 데이터를 관리하기 위해 설계된 특수 목적의 프로그래밍 언어인 SQL 언어 계열로 한정함. 대표적인 SQL 언어는 Oracle Database, MSSQL, MySQL, MariaDB 등이 존재함

데이터베이스는 하수관로 시설물 조사의 특성에 따라 ‘1.1 하수관로(Pipe) 정보’, ‘1.2 맨홀(Manhole) 정보’, ‘1.3 조사 수행(Operation) 정보’, ‘1.4 조사 결과(Report) 및 결함(Defect) 정보’로 구성한다. 데이터베이스를 구성하는 세부항목에 대한 구성 예시는 「<별첨 3> 데이터베이스 구성 예시」를 참조한다.

1.1 하수관로(Pipe) 정보

조사 대상 시설물이 하수관로인 경우, 하수관로에 대한 기본적인 하수도관리대장 및 실제 현황조사를 통하여 정확히 작성해야 하며 포함되는 항목(헤더, Header)의 예시는 다음과 같다.

- 관로번호, 노선명, 설치연월, 관로길이, 관경, 관종, 매설방식, 매설 깊이, 배제방식, 갱생 공법 적용 유무, 시작·끝 맨홀번호 등

1.2 맨홀(Manhole) 정보

조사 대상 시설물이 하수관로 및 맨홀인 경우, 하수관로의 시점부와 종점부에 해당하는 맨홀의 정보 혹은 맨홀 자체의 정보를 하수도관리대장 및 실제 현황조사를 통하여 정확히 작성해야 하며 포함되는 항목(헤더, Header)의 예시는 다음과 같다.

- 맨홀번호, 설치연월, 맨홀좌표, 맨홀종류, 맨홀 형태, 맨홀 뚜껑 형태, 맨홀 주변 정보 등

1.3 조사 수행(Operation) 정보

조사 수행 정보에서는 조사 사업의 일반정보와 선행 작업의 유무, 조사 연장 및 조사 완료에 대하여 기록해야 하며 포함되는 항목(헤더, Header)의 예시는 다음과 같다.

- 사업명, 발주처, 조사목적, 업체명, 조사자 명, 조사장비 정보, 세척작업 유무, 물돌리기 유무, 내부 공기 상태, 조사 연장, 조사 완주 유무 등

1.4 조사 결과(Report) 및 결함(Defect) 정보

조사 결과 및 결함 정보는 결함 판독과 관련된 정보와, 구조적·운영적 상태등급 정보, 결함의 특성, 판정 근거 자료 등을 포함해야 하며 주요 항목(헤더, Header)의 예시는 다음과 같다.

- 시설물 유형, 판독자 정보, 검수자 정보, 시설물 상태등급 정보, 주행 방향(정주행/역주행), 결함 정보(위치, 항목, 연속성, 등급, 구조적 점수, 운영적 점수, 범위), 결함 사진(전면, 측시)

2 보고서 작성

데이터베이스(DB)에 기록된 항목 중 발주처가 요청하는 정보를 선택하여 현장조사 보고서를 구성하여 발주처에게 제공하여야 한다. 일반적으로 보고서 구성 시, 아래와 같은 정보를 시각적으로 확인할 수 있도록 다양한 형식으로 작성할 수 있다.

- 하수관로 정보 : 관로번호, 노선명, 관로길이, 관경, 관종, 배제방식, 시작·끝 맨홀번호
- 맨홀 정보 : 맨홀번호, 맨홀종류, 맨홀재질, 맨홀좌표, 인버트 유무, 사다리 모양
- 조사 수행 정보 : 사업명, 보고서번호(관로번호), 발주처, 처리구역, 처리분구, 조사위치, 시공자, 조사목적, 조사일자, 조사자
- 조사 결과 및 결함 정보 : 시설물 유형, 시설물 상태등급 정보, 주행 거리, 주행 방향, 결함 정보, 결함 사진(전면, 측시), 결함 범위

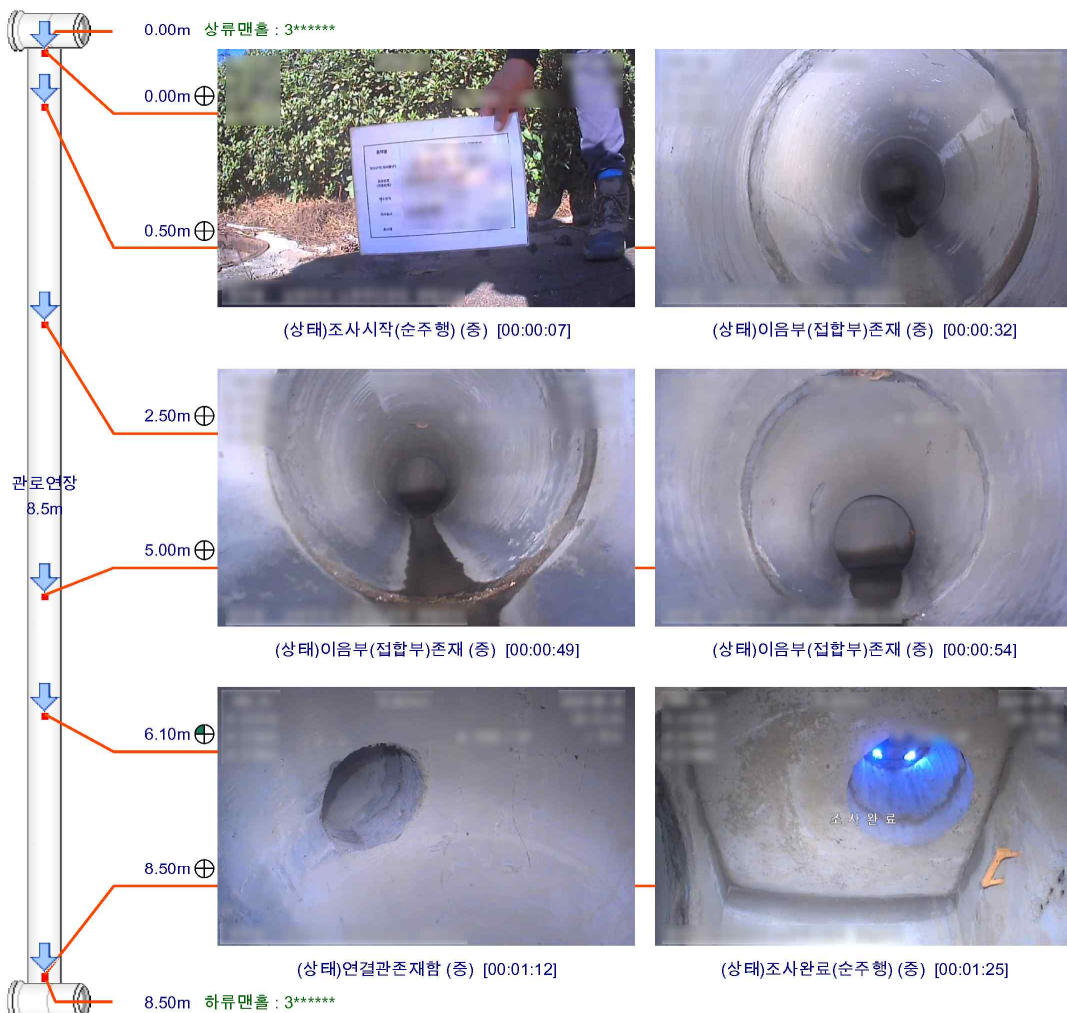
일반적인 보고서 형식에 대한 예시는 다음과 같다.

<참고자료 4> 하수관로 조사 보고서 작성 예시

하수관로 현황 조사 보고서

(1/1)

사업명					OO시 노후하수관로 정밀조사		보고서번호		3*****	
발주처					OO시 하수과		사업기간		□□□□-□□-□□	
처리구역					□□처리구역		처리분구		□□처리분구	
조사위치					OO시 OO구 OO동 □□□□길 □□-□ 연근		시공자		홍길동	
조사목적					기존관상상태		조사일자		□□□□-□□-□□	
					관로번호		구분		관종	
					3*****		관로		흙관(HP)	
							규격		배수방식	
							1000		우수	
							연장		총주행거리	
							8.5m		8.5m	
									미주행거리	
									0m	
맨홀부					맨홀번호		맨홀종류		맨홀재질	
							맨홀깊이		맨홀인버트	
상류맨홀					3*****		NM		AC	
하류맨홀					3*****		NM		AC	
							미측정		유	
상류맨홀좌표							하류맨홀좌표			
조사 지점 맨홀 구조적 상태등급					0		조사 지점 맨홀 운영적 상태등급		0	
하수관로(암거) 구조적 상태등급					1		하수관로(암거) 운영적 상태등급		1	
미주행방향					발생지점		미주행사유		미주행사유에 대한 설명 및 비교	
상류→하류					0m		없음			
하류→상류					0m		없음			



<참고자료 5> 맨홀 조사 보고서 작성 예시

맨홀 현황 조사 보고서

(1/1)

사업명	OO시 노후하수관로 정밀조사				보고서번호	1*****		
발주처	OO시 하수과				사업기간	□□□□-□□-□□		
처리구역	□□처리구역	처리분구			배제방식	분류식오수관		
조사위치	경기도 남양주시				시공자	홍길동		
조사목적	기존관상태	조사일자		□□□□-□□-□□	조사자	김철수		
맨홀번호		노선명		맨홀종류	맨홀재질	맨홀E.L	맨홀크기	맨홀인버트
1*****		1*****		NM	AC	0m		유
사다리모양	사다리재질	맨홀깊이	조사깊이	미조사깊이	맨홀좌표			
S	AC	1.86m	1.86m	0m	0 / 0			
조사 지점 맨홀 구조적 상태등급				1	조사 지점 맨홀 운영적 상태등급		1	
미주행방향		발생지점		미주행사유		미주행사유에 대한 설명 및 비고		
상부→하부		0m		없음				



3 집계표 작성

다양한 정보가 종합된 데이터베이스(DB)에서 데이터를 선택하여 조사 결과를 종합하는 집계표를 구성한다. 집계표에는 발주처에서 요구하는 하수관로 및 맨홀과 관련된 주요 정보가 요약되며, 관로 번호(혹은 맨홀 번호)에 대응되는 조사 결과를 개별적으로 명시한다.

시설물의 정보가 종합된 형태인 집계표는 향후 자산관리 활용을 고려하여 아래와 같은 기준으로 작성되어 표준화된 정보로 발주처에게 제공되어야 한다.

- 하수관로 시설물 조사 결과는 공공하수도의 자산관리시스템(AMIS, Asset Management Information System)과 연계되어 관리되어야 함
- 공공하수도 자산관리시스템의 세부적인 구성요소와 구축방안은 아래의 업무매뉴얼을 참고함
 - ※ 환경부(2021) 「공공하수도 자산관리체계 구축 업무매뉴얼」
 - ※ 2024년 기준 환경부(2021) 「공공하수도 자산관리체계 구축 업무매뉴얼」에서는 인벤토리 DB를 Excel 기반으로 구성함. 매뉴얼 혹은 그에 준하는 기준이 추후 개정될 경우, 해당 기준을 반영하여 집계표 작성방법을 변경해야 함

집계표는 크게 조사 지점별 상태 등급 판독 결과물인 ‘단위 구간(단위 길이) 및 조사 단위 상태등급 집계표’와 조사용역 전반을 요약하여 표현하는 ‘종합 집계표’로 구분하여 정리한다.

3.1 단위 구간(단위 길이) 및 조사 단위 상태등급 집계표

상태등급 집계표는 ‘2. 보고서 작성’의 결과물인 조사 보고서를 「공공하수도 자산관리체계 구축 업무매뉴얼」에 기반하여 정리한 자료로서, 조사장비의 주행에 따른 결함 판독 결과와 단위 구간(단위 길이)에서의 상태등급 판독 결과를 명시하여 작성한다. 해당 집계표에서는 조사 결과를 보고서 번호, 관로연장, 주행거리, 조사구분(조사완료/조사중단) 등 세부적인 정보를 함께 제공하여야 한다.

하수관로 시설물별 단위 구간(단위 길이) 및 조사 단위 상태등급 집계표에 대한 예시는 「제6장 상태등급 판정」의 ‘3 상태등급 판정 예시’에 제시된 하수관로 및 맨홀의 상태등급 산정 예시(<표 6.5> 및 <표 6.6>)를 참고한다.

3.2 종합 집계표

종합 집계표에서는 조사용역 대상 중 실제 조사가 이루어진 관로 및 맨홀을 대상으로 관로별 결함 종류 및 상태등급을 종합하여 정리한 결과표이다. 종합집계표의 항목은 발주처의 요구에 따라 추가 또는 변경될 수 있다.

<참고자료 6> 종합 집계표 예시

용역명		**** 소구역 하수관로 정비사업 기본 및 실시설계 용역								구조적 결함							운영적 결함						
										결함(개소)			균열 길이				결함(개소)			내피생성			
													(CL)							(DE)			
총 연장 합계(m)		**,***.***																					
주행거리 합계(m)		**,***.***																					
미주행거리 합계(m)		***.***																					
관로 번호	맨홀번호		배수 방식	관중	관경 (mm)	관로 연장 (m)	주행 거리 (m)	상태등급		549			0				116			0			
	시작	끝						구조	운영	88	##	##	0	0	0	...	12	82	22	0	0	0	...
01-01	01-01	01-11	합류	흡관 (HP)	500	107.9	106.1	1.91	1.27	1	7	6	0	0	0	...	0	3	0	0	0	0	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

3.2.1 용역 개요

용역 결과는 ‘용역명’, 조사 대상 하수관로 시설물들의 ‘총 연장 합계(m)’, 실제 조사를 수행한 ‘주행거리 합계(m)’, 각종 사유로 인해 조사를 수행하지 못한 ‘미주행거리 합계(m)’ 등의 정보를 요약하여 작성한다.

3.2.2 하수관로 및 맨홀별 상태진단 결과

하수관로 시설물의 상태진단 결과는 ‘관로번호/맨홀번호’, ‘시작·끝 맨홀번호’, ‘배수방식’, ‘관중/재질’, ‘관경’, ‘관로연장(m)’, ‘주행거리’, ‘구조적·운영적 상태등급’, ‘구조적 결함 및 등급’, ‘운영적 결함 및 등급’ 등의 정보를 작성한다.



제8장. 품질 관리

1. 품질관리 및 품질 보증
2. 품질관리 주요 요소
3. 조사자의 의무
4. 발주자의 의무
5. 단계 검수
6. 품질검증(준공검수)

제8장. 품질관리

1 품질관리 및 품질보증

하수관로 및 맨홀 조사는 일반적으로 발주자(지자체)가 하수관로 운영 및 유지관리에 대한 주요한 의사결정을 내리는데 필요한 기초정보를 취득하기 위해 실시하는 조사 행위이다. 이에 따라 하수관로 및 맨홀 조사에 의해 제공된 데이터가 부정확하거나 신뢰할 수 없다면, 발주자는 추후 많은 예산이 소요되는 하수관로 및 맨홀 정비에 대한 의사결정을 내릴 수 없거나, 부정확한 정보에 입각해 내린 결정이 추후 잘못된 결과를 초래하여 예산낭비와 같은 문제를 초래할 수 있다. 따라서 제공된 하수관로 및 맨홀 조사 정보는 객관적인 품질관리 및 품질보증을 통해 일정 수준 이상의 신뢰성을 확보하도록 노력해야 한다.

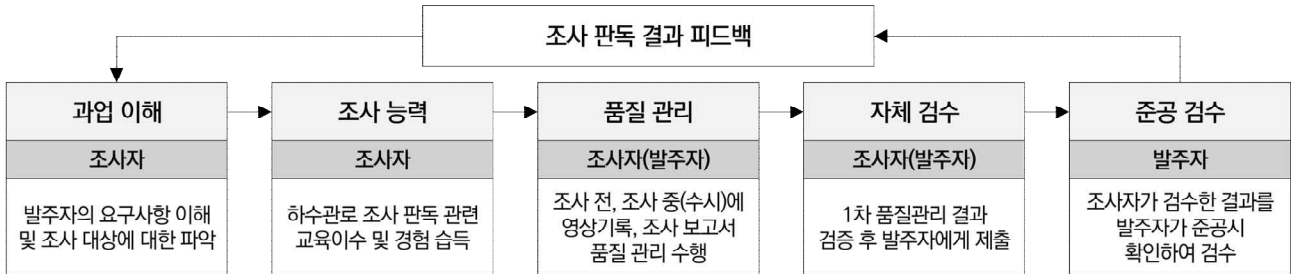
아래의 표는 부정확한 조사자료 이용의 결과 예시를 나타낸다.

<표 8.1> 부정확한 조사자료 이용의 결과

항목	문제점	결과
필수 정보 오기 및 누락	· 하수관로 · 맨홀 정보가 없거나 제대로 기록되어 있지 않음	· 발주자의 하수관로 · 맨홀 정보 관리 데이터베이스에 잘못된 유효성 검사 데이터가 기록될 수 있음 · 검사가 허용되지 않을 수 있으며, 데이터베이스에서 검색 못 할 수 있음
조사품질 불량	· 동영상 촬영 속도가 너무 빠르거나, 불량한 화질, 관로 내부 청소를 하지 않았을 때	· 하수관로 · 맨홀 내부 결함을 간과할 수 있음 · 유지 · 보수작업을 실시해야 하는데, 부정확한 자료로 인해 수행 불가
상태코드 미비	· 기록하지 않은 결함이나 잘못된 기록	· 엔지니어가 결함을 간과할 수 있음 · 필수 유지 보수 작업이 수행되지 않을 수 있음
검사의 완전성 부재	· 하수관로 · 맨홀 전체를 검사하지 않았을 때	· 결함을 간과할 수 있음

2 품질 관리 주요 요소

높은 수준의 현장조사 작업을 위한 품질관리의 주요 요소는 아래의 그림과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 8.1> 품질관리 주요 요소

정확하고 신뢰성 있는 현장조사는 발주자와 조사자(현장조사자 및 판독자) 모두의 공동책임이다. 발주자는 다음의 사항을 점검해야 한다.

- 발주자는 조사자와 문서 및 시방서의 형식으로 의사소통 수행
- 문제(예 : 사유지의 소유주가 맨홀 접근을 불허할 때)가 발생하였을 때 발주자는 문제해결을 위한 도움(조사대상 변경 승인 등) 제공
- 수행 중인 작업에 대한 표본검수를 통하여 발주자의 요구를 만족하는 작업이 진행되는지 확인하고 개선이 필요한 부분에 대해서는 재촬영 지시

3 조사자의 의무

조사자는 발주자와 협의하여 다음의 사항을 수행한다.

- 조사 전 검수 : 하수관로 CCTV 조사를 위한 장비, 조사에 필요한 관로정보(매설년도, 관종, 맨홀위치(위도, 경도 좌표값))를 발주자로부터 제공받아 GIS 정보를 확인
- 조사 중 수시검수 : 영상촬영 화질, 결함 발생 또는 결함 의심 위치가 제대로 촬영이 되었는지, 영상판독 시 결함등급 부여 사례를 참고하여 이에 부합하는지 확인
- 조사 완료 후 검수 : 조사자와 그 외 내부 검수자를 포함하여 판독오차, 등급의 타당성 검수

4 발주자의 의무

발주자는 다음의 사항을 점검할 것을 권장한다.

- 발주 전 : 발주자는 조사자의 조사장비, 자격확인 등 작업 수행 능력 확인
 - 조사장비 보유 증빙 서류 : 장비구매 내역이 포함된 계산서, 내역서 등
 - 관련 교육 이수 증빙 서류 : 하수관로·맨홀 조사 및 안전관련 전문기관의 교육 이수증 및 서류 등
 - 유사용역 수행 실적 증빙서류 : 용역이행실적증명서, 조사내용이 기입된 계약서 사본 등
- 초기단계의 검수 : 초기단계의 작업이 완료되면 작업의 내용이 기준이나 지침에 부합여부 확인
- 조사 중 수시검수 : 진행 중인 하수관로 및 맨홀 조사 작업의 많은 샘플을 검토하여 기준이나 지침에 부합 확인
- 최종단계의 검수 : 최종작업이 끝나면 최종 조사영상과 판독 내용이 기준이나 지침에 부합 확인

5 단계 검수

5.1 초기단계 검수

조사자는 완성품의 검수를 위해 조사 직후 1일 작업분의 결과를 자체 검수한 후, 발주자에게 제출해야 한다. 이에 포함되어야 할 내용은 다음과 같다.

- 최소한 하나의 완료된 조사결과를 계약서상에 명시된 형식에 따라 제출
- 조사보고서와 사진, 동영상
- 컴퓨터 파일 데이터 등

발주자는 가능한 한 빨리 초기 작업내용을 확인하여 조사자에게 부족한 점을 전달해야 한다. 확인 시, 유의해야 할 부분은 다음과 같다.

- 하수관로의 세척 상태
- 촬영 영상/사진 화질
- 컴퓨터 파일 데이터 등
- 조사 영상의 표기항목
- 조사 보고서의 필요 항목 기록 여부
- 하수관로 결함과 특징 기록의 정확성
- 컴퓨터 파일 데이터를 발주처의 컴퓨터시스템에서 읽어 들일 수 있는지 여부 등

초기 작업내용의 불만족스러운 부분에 대한 지적을 받으면, 조사자는 즉각 그 문제를 시정하고 필요한 경우 재조사를 실시한다.

5.2 조사 중 수시검수

조사 작업이 수행되는 동안 발주자(또는 조사자)는 다음의 사항을 수행한다.

- 정기적인 검수를 수행하여 기준에 맞는 조사가 진행되고 있는지를 확인
(일반적으로 조사결과에 대해 최소 5% 이상 물량 확인)
- 자산에 관한 데이터 또는 조사보고서의 항목이 발주자의 자산 데이터베이스
(하수도관리대장에 기록된 내용과 다를 경우, 하수도관리대장의 내용을 수정하기 전에 최근의 데이터 기록이 정확한지를 재확인)
- 필요한 모든 조사구간(하수관로, 맨홀)을 완벽히 조사했는지 점검
(조사 중단 지점의 경우 추가 작업 가능 여부 확인)
- 하수관로와 맨홀 관련 기록이 정확한지를 확인하기 위하여 임의 측정 수행

5.3 조사 결과 검증 시의 정확성 측정

조사 작업이 완료 전, 준공 검사를 대비하여 하수관로 조사보고서의 표시항목과 하수관로와 맨홀 상태기록의 판독에 대한 정확성과 완전성에 대한 검수를 내부적으로 수행한다. 준공 검사와 관련된 내용은 「6. 품질검증(준공검수)」 내용을 참조한다.

6 품질검증(준공검수)

모든 조사가 완료된 이후, 조사 사업의 준공 여부를 결정하기 위해 시행되는 품질검증은 하수관로 및 맨홀 CCTV 조사의 두 가지 성과물인 조사 영상과 조사 보고서를 대상으로 조사 및 판독 전 과정에 대한 품질검증을 수행한다.

6.1 품질검증 항목 및 내용

품질검증은 제출된 조사 영상과 조사 보고서의 완성도와 무결성을 검토하기 위하여 수행된다. 조사 영상은 CCTV 촬영 및 미주행 사유, 조사정보의 입력현황(자막) 항목에 관하여 검증을 수행하며, 조사 보고서는 조사정보의 입력 현황(헤더) 및 결함 판독(종류, 등급, 누락 등)의 정확성에 대한 검증을 시행한다.

성과물별 검증 항목과 검증 내용 및 목적 등 전반적인 품질검증 방법과 기준 미달 시 시행되는 후속 조치 사항은 <표 8.2>와 같다.

<표 8.2> 성과물별 품질검증 방법 및 후속조치 사항

성과물	검증 항목	검증 내용	목적	후속 조치
조사 영상	CCTV 촬영	· 측시 촬영 여부 : 이음부, 결함 등 측시 필수 구간 · 화질 기준 준수 여부 : 저화질카메라 사용, 명확한 내부 상태 파악 불가 · 관로내부 상태에 대한 확인 가능 : 관벽부착물, 거미줄, 수증기 등 미제거	결함 미식별(누락) 및 부정확한 상태 평가 예방	재촬영
	미주행	· 정당한 주행불가 사유 없이 조사 중단 (조사 가능 구간에 대한 검사 미수행)	정당한 사유 없는 미주행으로 전체 구간에 대한 결함 간과 혹은 하수관로 상태에 대한 부정확한 평가 예방	재촬영
	조사정보 (자막)	· 조사대상 하수관로및 맨홀 제원 누락 혹은 오기입 · CCTV 조사용역 정보 누락 혹은 오기입	자산관리 DB 및 GIS에 부정확한 정보 기록 예방	조사정보 재입력
조사 보고서	조사정보 (헤더)	· 조사대상 하수관로및 맨홀 제원 누락 혹은 오기입 · CCTV 조사용역 정보 누락 혹은 오기입	자산관리 DB 및 GIS에 부정확한 정보 기록 예방	조사정보 재입력
	결함 항목	· 잘못된 결함 종류 판독 · 잘못된 결함 등급 판독 · 결함 누락	시설물 상태 왜곡으로 인한 부적합한 유지관리 예방 (갱신, 수리, 유지보수 등)	재판독

6.2 품질검증 절차

하수관로 및 맨홀 CCTV 조사 성과물에 대한 품질검증은 <그림 8.2>와 같이 ‘조사영상 품질검증’, ‘입력항목(자막 및 헤더) 품질검증’, ‘결합 판독 품질검증’의 3단계로 진행한다.

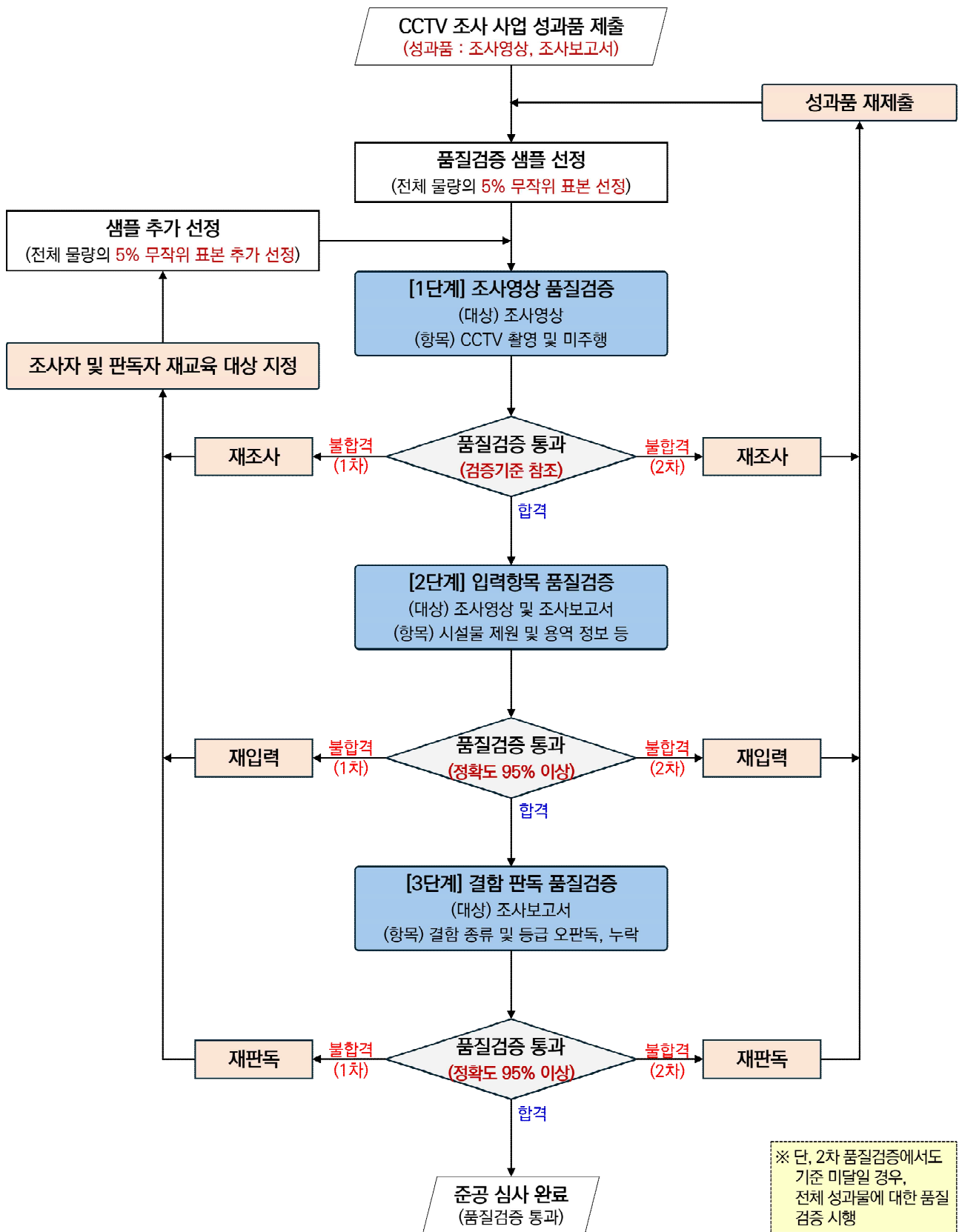
검수 성과물 기본 단위는 하수관로 조사의 경우에는 조사구간 단위(맨홀-맨홀), 맨홀의 경우에는 맨홀 1개소에 대한 촬영영상 및 조사 보고서이다. 품질검증 대상은 사업 내 제출된 전체 성과물 중 5%에 해당하는 무작위 표본을 선택하여 단계별 검증을 수행한다. 단, 5%에 해당하는 값이 소수점일 경우에는 첫 번째 자리에서 올림하는 것으로 하며, 성과물이 40개 미만의 경우에는 2개 표본을 선정하는 것으로 한다.

<표 8.3> 품질검증 표본 선정 예시

성과물(개수)	적용비율	품질검증 표본(개수)
35	-	2
60	5%	3
85	5%	5 (4.25 올림)

품질검증 시, 1차 검증에서 품질기준을 만족하지 못한 경우에는 조사자 혹은 판독자는 재교육을 시행하고, 추가로 1차 검증 대상을 제외한 나머지 결과물을 대상으로 1차 검증 대상 수량과 동일한 수량을 무작위로 선정하여 2차 검증을 시행한다. 만약 2차 검증을 통과하지 못한 경우에는 전체 성과물에 대한 전수검사를 통해 품질검증을 시행하고, 그에 따른 재촬영 및 재판독의 후속 절차를 진행하게 된다.

조사자는 품질검증 결과가 합격 판정되어 품질검증을 통과 하더라도, 지적된 오류항목과 오판독 등에 대해서는 수정 후 최종 성과물을 제출하여야 한다. 발주자가 조사자의 불만족스러운 판독 작업결과로 인해 반복된 검수작업을 수행해야 하는 경우, 추가작업의 비용에 대해 조사자에게 지출을 요구할 수 있다.



<그림 8.2> 품질검증(준공검수) 절차

6.3 품질검증 기준 및 방법

6.3.1 조사영상 품질검증

조사영상의 품질검증 단계는 촬영된 영상의 품질이 하수관로 및 맨홀의 구조적, 운영적 상태를 평가하는데 적합한 수준인지 평가하는 단계이다. 본 단계에서는 ‘측시 촬영’, ‘화질’, ‘관로 내부 상태’, ‘임의 미주행’ 항목에 대한 평가를 바탕으로 품질검증을 수행한다. 조사영상에 대한 세부 항목별 품질검증 판단기준은 <표 8.4>와 같다.

<표 8.4> 조사영상 품질검증 세부항목 및 판단기준

세부 항목	판단기준	검증 결과
측시 촬영	측시 촬영 대상(이음부, 결함) 중 95% ¹⁾ 초과 측시 촬영	합격
	측시 촬영 대상(이음부, 결함) 중 95% ¹⁾ 이하 측시 촬영	불합격
화질	하수관로상태진단에 영향을 미치는 문제가 관찰되지 않았으며, 의도된 목적에 맞게 사용 가능	합격
	하수관로상태진단 시 약간의 영향을 미치지만, 상태진단 수행에 큰 영향을 미치지 않을 정도의 품질 문제	합격
	동영상 품질에 중대한 문제가 발생하여 하수관로상태진단 수행이 불가능한 경우	불합격
관로 내부 상태	제거 가능한 부착물 및 장애물(관벽부착물, 거미줄, 수증기 등)의 문제가 관찰되지 않았으며, 의도된 목적에 맞게 사용 가능	합격
	제거 가능한 부착물 및 장애물(관벽부착물, 거미줄, 수증기 등)의 문제가 일부 관찰되었으나, 상태진단 수행에 큰 영향을 미치지 않을 정도의 품질 문제	합격
	제거 가능한 부착물 및 장애물(관벽부착물, 거미줄, 수증기 등)의 문제가 발생하여 하수관로 상태진단 수행이 불가능한 경우	불합격
임의 미주행	맨홀-맨홀 단위 하수관로에 대한 100% 주행 완료	합격
	정당한 사유(퇴적물, 부착물 등)로 인해 조사가 불가능한 상황에서 조사를 중단한 경우	합격
	정당한 사유(퇴적물, 부착물 등) 없이 조사를 중단한 경우	불합격

1) 측시 촬영 비율(%) = $\frac{\text{실제 측시 촬영 대상 항목수} - \text{오류(누락)수}}{\text{실제 측시 촬영 대상 항목수}} \times 100\%$

검증 결과 전체 항목에 대해 합격인 경우 입력항목 품질검증 단계를 진행한다. 만약, 불합격 항목이 하나라도 발견된 경우, 해당 조사자 및 감독자에 대한 재교육을 시행하고, 추가적으로 무작위 표본 5%를 재선정하여 2차 조사영상 품질검증을 수행한다. 2차 품질검증에서도 불합격으로 판단될 경우, 전체 성과물을 대상으로 품질검증 전체 단계를 시행한다.

6.3.2 입력항목 품질검증

입력항목과 관련된 품질검증은 조사항목과 상태표시의 정확성을 평가하는 단계이다. 본 단계에서는 조사영상 내 자막과 조사 보고서의 헤더(Header)에 입력된 정보의 오류를 정보의 중요도에 따라 “1등급 오류(필수정보 오류)”와 “2등급 오류(일반정보 오류)”로 구분하여 품질검증 시행한다. 오류 등급별 입력항목은 <표 8.5>와 같다.

<표 8.5> 오류 등급별 입력항목 정보의 종류

오류 등급	오류 종류	입력항목
1등급 오류	필수정보	사업명, 관로번호, 맨홀번호, 관로연장, 관중, 규격(관경)
2등급 오류	일반정보	조사일자, 처리구역, 처리분구, 조사자, 상하류 맨홀 좌표, 미주행 사유 등 나머지 항목

입력항목 품질검증은 성과물(조사영상 및 조사 보고서)의 전체 입력항목(필수정보 및 일반정보) 대비 누락 및 오기된 입력항목의 비율을 바탕으로 “입력항목 정확도(%)”를 산정하여 평가한다. 입력항목 정확도에 대한 산정식은 아래와 같으며, 입력항목 정확도가 95% 이상인 경우 합격으로 간주한다. 정확도는 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.

$$\text{입력항목 정확도(\%)} = \left(1 - \frac{1\text{등급오류 개수} + (0.5 \times 2\text{등급오류 개수})}{\text{전체입력항목 개수}}\right) \times 100\%$$

검증 결과 평균 정확도가 95% 이상으로 판정된 경우, 검증 과정에서 도출된 오류를 수정한 뒤 결함 판독 품질검증 단계를 진행한다. 만약, 정확도가 95% 미만인 경우 불합격으로 판단하며, 해당 조사자 및 판독자에 대한 재교육을 시행하고, 추가적으로 무작위 표본 5%를 재선정하여 2차 입력항목 품질검증을 수행한다. 2차 품질검증에서도 불합격으로 판단될 경우, 전체 성과물을 대상으로 품질검증 전체 단계를 시행한다. <표 8.6>은 하수관로 CCTV 조사 성과물(영상 및 조사 보고서) 중 무작위 표본 3개에 대한 입력항목 품질검증 평가에 관한 예시이다.

<표 8.6> 입력항목 품질검증 예시

입력항목 품질검증 대상 성과물		#1	#2	#3	
입력항목(개)		25	25	25	
오류등급	설명	오류 개수(건)			평균
1등급	입력항목 중 누락되었거나 잘못 입력된 필수정보	1	-	2	
2등급	입력항목 중 누락되었거나 잘못 입력된 일반정보	-	2	-	
필수 입력항목 정확도 결과(%)		96.0	96.0	92.0	94.7 (불합격)

상기 예시에서는 각각의 성과물(하수관로 맨홀-맨홀 기준)에 대한 입력항목 정확도의 평균값이 94.7%임에 따라 입력항목 오류에 대해 수정 및 추가 5%에 대한 재검증을 수행해야 한다.

6.3.3 결함 판독 품질검증

조사보고서의 결함 판독과 관련된 품질검증은 결함 판독 결과의 정확성을 평가하는 단계이다. 본 단계에서는 결함 종류 및 등급 판독에 대한 오류를 상태등급에 미치는 정도에 따라 “1등급 오류”와 “2등급 오류”로 구분하여 품질검증 시행한다. 오류 등급별 오류 항목은 <표 8.7>과 같다.

<표 8.7> 오류 등급별 결함 판독 오류의 항목

오류 등급	오류 항목
1등급 오류	결함 항목 누락 (결함 점수 20점 이상의 결함이 누락된 경우)
	결함 종류 오판독(오판독된결함과 정상 판독 결함의 점수 차이가 10점 이상 발생)
	결함 점수 오판독(결함 점수 20점 이상 등급 오판독)
	연속결함 판독 누락
2등급 오류	결함 항목 누락 (결함 점수 20점 미만의 결함이 누락된 경우)
	결함 종류 오판독(오판독된결함과 정상 판독 결함의 점수 차이가 10점 미만 발생)
	결함 점수 오판독(결함 점수 20점 미만 등급 오판독)
	연속결함 판독 오류 (시작점, 종단점, 등급 변곡점 등에 대한 판독 오류)
	결함 방향 누락 혹은 오기 입력
	해당 결함에 맞는 측시 이미지가 없거나 선명하지 않은 경우

결함 판독 품질검증은 조사 보고서의 전체 결함 개수 대비 누락 및 오판독된 오류 항목의 비율을 바탕으로 “결함 판독 정확도(%)”를 산정하여 평가한다. 결함 판독 정확도에 대한 산정식은 아래와 같으며, 결함 판독 정확도가 95% 이상인 경우 합격으로 간주한다. 정확도는 소수점 둘째 자리에서 반올림한다.

$$\text{결함 판독 정확도(\%)} = \left(1 - \frac{1\text{등급오류개수} + (0.5 \times 2\text{등급오류개수})}{\text{전체결함개수}}\right) \times 100\%$$

검증 결과 평균 정확도가 95% 이상으로 판정된 경우, 검증 과정에서 도출된 오류를 수정한 뒤 품질검증이 완료된다. 만약, 정확도가 95% 미만인 경우 불합격으로 판단하며, 해당 조사자 및 판독자에 대한 재교육을 시행하고, 추가적으로 무작위 표본 5%를 재선정하여 2차 결함 판독 품질검증을 수행한다. 2차 품질검증에서도 불합격으로 판단될 경우, 전체 성과물을 대상으로 품질검증 전체 단계를 시행한다.

<표 8.8>은 하수관로 CCTV 조사 성과물(조사 보고서) 중 무작위 표본 3개에 대한 결함 판독 품질검증 평가에 관한 예시이다.

<표 8.8> 결함 판독 품질검증 예시

결함 판독 품질검증 대상 성과물		#1	#2	#3	
결함 항목(개)		45	36	62	
오류 등급	설명	오류 개수(건)			평균
1등급	결함 항목 누락 (결함 점수 20점 이상의 결함이 누락된 경우)	1	-	-	
	결함 종류 오판독 (오판독된 결함과 정상 판독 결함의 점수 차이가 10점 이상 발생)	-	-	1	
	결함 점수 오판독 (결함 점수 20점 이상 등급 오판독)	-	-	1	
	연속결함 판독 누락	-	-	-	
2등급	결함 항목 누락 (결함 점수 20점 미만의 결함이 누락된 경우)	-	2	-	
	결함 종류 오판독 (오판독된 결함과 정상 판독 결함의 점수 차이가 10점 미만 발생)	-	-	2	
	결함 점수 오판독 (결함 점수 20점 미만 등급 오판독)	1	-	-	
	연속결함 판독 오류 (시작점, 종단점, 등급 변곡점 등에 대한 판독 오류)	-	1	-	
	결함 방향 누락 혹은 오기 입력	-	-	-	
	해당 결함에 맞는 측시 이미지가 없거나 선명하지 않은 경우	-	-	-	
필수 입력항목 정확도 결과(%)		96.7	95.8	95.2	95.9 (합격)

상기 예시에서는 각각의 성과물(하수관로 맨홀-맨홀 기준)에 대한 결함 판독 정확도의 평균값이 95.9%임에 따라 결함 판독 오류 항목에 대한 수정 후 품질검증을 완료하게 된다.

[참고문헌]

1. 고용노동부, 안전보건공단(2022), 밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드
2. 공간정보품질관리(2023), 공공측량 성과심사 오류사례집(지하공간정보)
3. 국토교통부, 국토안전관리원(2021), 지하안전점검 표준매뉴얼
4. 국토교통부, 국토안전관리원(2021), 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)
5. 일본하수도협회(2013), 하수관로시설의 점검·조사 매뉴얼
6. 한국상하수도협회(2020), 하수도설계기준(해설편)
7. 환경부(2011), 하수관로 CCTV 조사 및 개·보수 판단기준 표준 매뉴얼
8. 환경부(2015), 지반침하 대응 하수관로 정밀조사 매뉴얼
9. 환경부(2017), 하수관로·맨홀 조사 및 상태등급 판단기준 표준매뉴얼
10. 환경부(2021), 공공하수도 자산관리체계 구축 업무매뉴얼
11. 환경부(2022), 하수관로공사 표준시방서(KCS 61 00 00 : 2022)
12. Google Cloud(2024, May) 관계형 데이터베이스란 무엇인가요?
(<https://cloud.google.com/learn/what-is-a-relational-database?hl=ko>)
13. Town of Oakville(2015), Storm Sewer Master Plan Phase 1 Final Report. Appendix A: NASSCO PACP Condition Grading System Code Matrix
14. WRc(2001), Sewerage Rehabilitation Manual (4th ed.), Water Research Centre, UK
15. WRc(2013), Manual of Sewer Condition Classification (5th ed.). Water Research Centre, UK
16. WRc(2023), Sewer Condition Inspection Specification (1st ed.). Water Research Centre, UK
17. WSA(2020), Conduit Inspection Reporting Code of Australia (Version 4.1). Water Services Association of Australia, AU
18. WNZ(2023), New Zealand Gravity Pipe Inspection Manual (4th ed.). Water New Zealand, NZ

[별 첨]

<별첨 1> 비시각 조사(보조 조사, Supplementary Inspection)

<별첨 2> 조사자 안전 확인 세부사항

<별첨 3> 데이터베이스 구성 예시

<별첨 4> 하수관로 갱생 공법 선정 예시

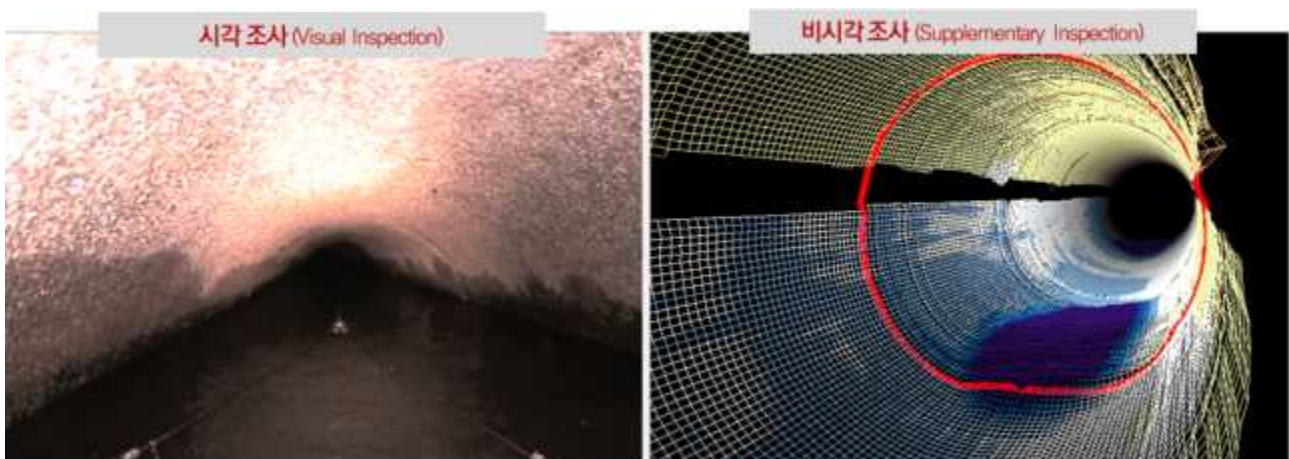
<별첨 1> 비시각 조사(보조 조사, Supplementary Inspection)

1 비시각 조사 개요

시각 조사는 2차원 형태의 내부 표면 정보를 기반으로 시설물의 결함을 조사하는 방법으로, 시각적으로 확인할 수 없는 결함(관로 벽체 뒤의 결함, 수위 아래의 퇴적, 퇴적물 내부의 숨겨진 결함 등)을 판별하거나, 결함의 정량적인 수치를 산정하는데 어려움이 존재한다.

비시각 조사는 시각 조사의 한계점을 해결하기 위한 방법으로, 사진 및 영상 자료 외 추가적인 센서를 활용하여 하수관로 시설물의 물리적·구조적 특징을 정밀하게 분석하는 방법이다. 일반적으로, 시각 조사와 병행되어 사용되어 보조 조사(Supplementary Inspection) 방법으로도 알려져 있다.

비시각 기반 조사에는 파이프 프로파일링(Pipe Profiling), 공동조사(GPR, Ground Penetrating Rader), 누출수 감지(Leak Detection) 등 다양한 방법이 포함되나, 본 매뉴얼에서는 하수관로 시설물의 내부 상태평가에 목적이 있으므로, 파이프 프로파일링(Pipe Profiling) 기법에 한정하여 소개하고자 한다. 파이프 프로파일링(Pipe Profiling)은 관벽 세굴률(Scouring rate), 변형률(Deformation), 퇴적물량(Deposit Volume) 등 결함의 구체적인 수치를 센싱을 통해 정량적으로 측정하는 방법으로, 하수관로 시설물의 특성(관경, 길이, 모양, 경사, 재질 등)을 측정하여 기록하고 이를 시각화(모델링, 매핑 등)하는 다양한 방법을 말한다.



<시각 조사(Visual Inspection)과 비시각 조사(Supplementary Inspection)의 차이>

2 비시각 조사 종류

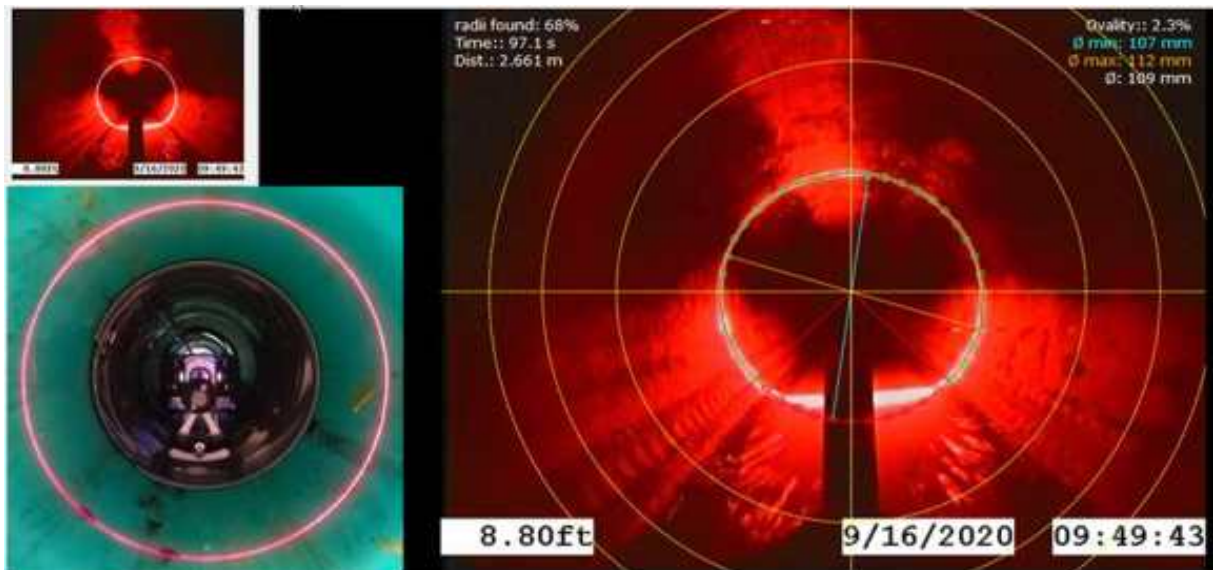
파이프 프로파일 기법에 포함된 대표적인 비시각 조사 기법으로는 레이저(Laser) 프로파일링, 라이다(LiDAR, Light Detection And Ranging), 소나(Sonar, Sound Navigation and Ranging), 파이프 프루빙(Pipe Proving), 자이로스코픽 프로파일링(Gyroscopic Profiling)이 존재한다. 아래는 파이프 프로파일링의 방식에 따른 관경 변화율, 세굴량, 퇴적량(수위 아래), 매설 위치추적 여부를 나타낸 표이며, △는 ○에 비하여 측정값의 정확도가 상대적으로 부족한 항목을 의미한다.

<파이프 프로파일링 종류별 특징>

종류		레이저 프로파일링	라이다(LiDAR)	소나(Sonar)	파이프 프루빙	자이로스코픽
(영문명)		Laser Profiling	Light Detection And Ranging	Sound Navigation And Ranging	Pipe Proving	Gyroscopic
원리		레이저 고리(Ring) 촬영 영상 분석	레이저 센싱을 통한 3D 스캐닝	고주파를 활용한 수중 3D 스캐닝	맞춤 제작된 피그(Pig) 삽입	가속도계를 활용한 지중 3D 위치 매핑
사용 목적		세굴량, 변형량 측정	수면 위 모델 구축	수중 모델 구축	관경 변형 유무 확인	침하량, 좌굴 조사
제한사 항	수위	30% 미만	30% 미만	30% 이상	0% (물돌리기 선행)	제한없음
	속도	0.1m/s	제한없음	0.2m/s	X	2.0m/s
주행방식		제한없음	제한없음	보트	X	제한없음
측정오차		1mm	1mm	10mm	X	0.03%(x, y) 0.01%(z)
관경 변화율 (변형, 붕괴)		○	○	△	△	X
세굴량 (부식, 침식량)		○	○	△	X	X
퇴적량 (수위 아래)		X	X	○	X	X
매설위치 (좌굴)		X	X	X	X	○

2.1 레이저 프로파일링(Laser Profiling)

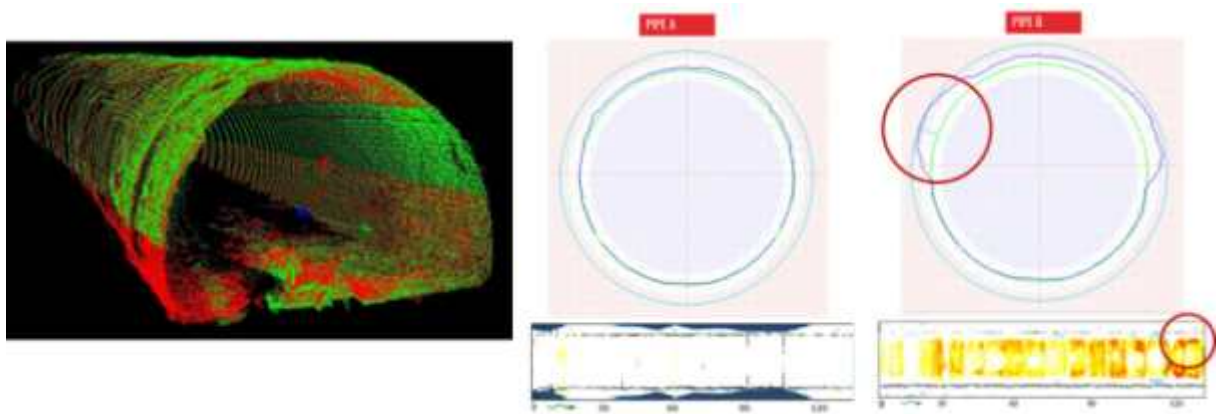
원리	· 레이저 프로파일링은 레이저(Laser)를 사용하여 하수관로 벽체에 레이저 고리(Ring)를 생성 · 레이저 고리가 촬영된 영상을 추가적으로 분석하여 하수관로의 내부 프로파일을 생성하여 관경 측정
사용목적	· 시각 조사 수행 결과물인 사진이나 영상의 왜곡을 보정하기 위하여 카메라 시스템에 추가적으로 부착되어 사용 · 유량이 일최소하수량 이하(관경 5% 이하)의 조건에서는 부식 및 침식으로 인한 세굴량을 정밀하게 측정하기 위한 용도
제한사항	· 일반적으로 자주차(Tractor/Crawler) 형태의 주행 시스템을 사용하며 주로 수위가 관경의 30% 미만인 환경에 한정 · 조사를 수행 전, 모든 조사구간에 대한 세척을 통해 침전·부식물 등 이물질을 반드시 제거해야 함 · 조사 전 레이저 고리의 수평 및 수직보정 작업이 필수적으로 선행되어야 함 · 촬영 속도는 0.1m/s 이내로 제한 · 프레임(frame) 간격이 길이 방향으로 2cm 이내로 한정
주행 시스템	· 자주차, 보트, 드론 등
정확도	· 관경 측정값 0.1% 이내, 변형량의 측정값 1% 이내



< 레이저 프로파일링 예시 (A社, E社) >

2.2 라이다(LiDAR, Light Dectection And Ranging)

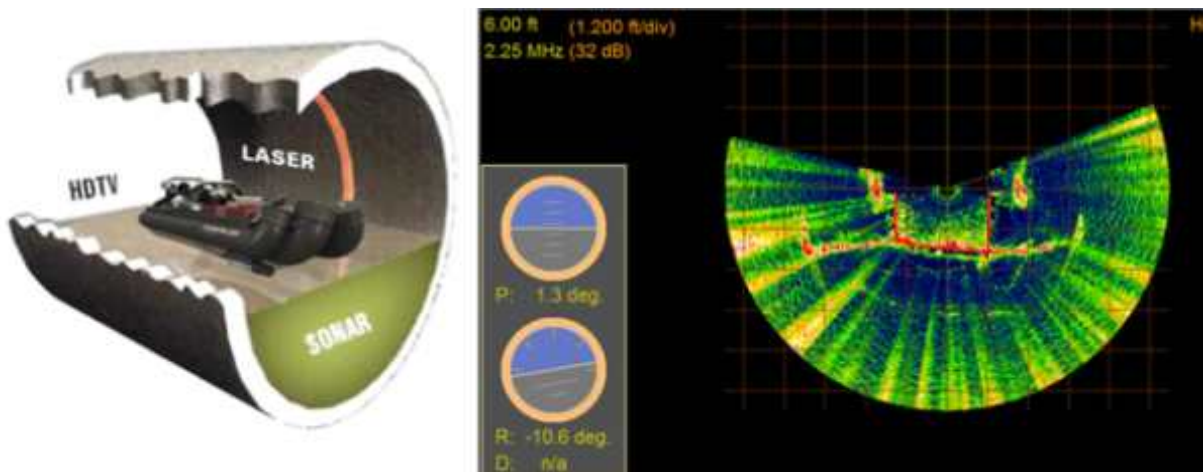
원리	· 레이저가 표면에서 반사되어 도착하는 시간을 계산하여 센서로부터의 거리를 산정 · 레이저 프로파일과 달리, 센싱을 통해 매핑된 정보를 종합하여 시설물의 3D 모델 구축
사용목적	· 시설물의 정밀한 3D 모델 구축을 위해 카메라 시스템과 병행되어 사용 · 일반적으로 대구경 관로의 잔여수명 측정 및 디지털 트윈 구축을 위해 사용
제한사항	· 수위가 관경의 30% 미만인 환경에 한정 · 조사를 수행 전, 모든 조사구간에 대한 세척 수행 · 레이저를 측정하는 라이더의 센서부는 물에 매우 취약하므로 조사 수행 중 주의 필요 · 파이프 프로파일링 기법 중 고비용이며, 많은 시간이 소요되는 단점이 존재 · 단, 라이더에 대한 촬영 속도 제한은 존재하지 않음
주행 시스템	· 자주차, 보트, 드론 등
정확도	· 최대 관경 10m 까지 적용 가능하며, 이때의 측정값의 오차가 1mm 이내(0.01%)



< 라이다(LiDAR)를 이용한 3D 모델 구축 예시 (R社) >

2.3 소나(Sonar, Sound Navigation and Ranging)

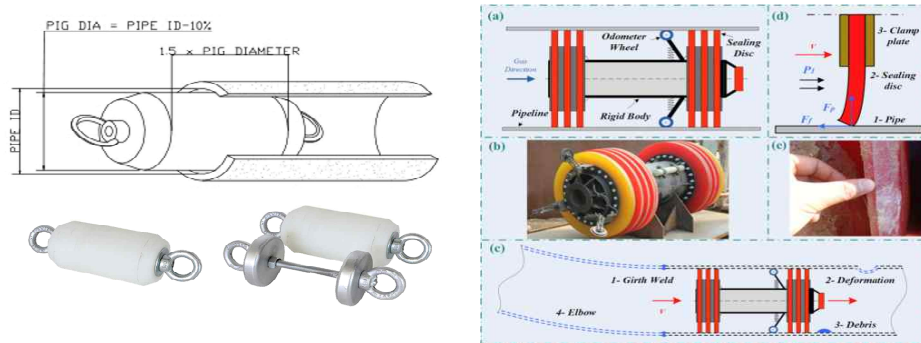
원리	· 고주파(2.25MHz 이상)의 초음파를 이용하여, 시각적으로 차단된 부분의 결함을 측정														
사용목적	· 수심 아래의 토사량, 퇴적물량, 관로 변형량, 이음부 상태 등의 시각 정보 및 프로파일링을 제공하기 위해 사용 · 일반적으로 레이저 프로파일링(혹은 라이다), 카메라 시스템과 결합된 형태로, 보트(Floating Platform)를 이용하여 조사 수행 · 복합적인 조사(변형량 및 세굴량 측정 등)를 수행하기 위해서는 세척을 통해 퇴적물을 제거해야 하나, 조사의 목적(퇴적물 조사, 수중 장애물 조사 등)에 따라 선행적인 세척 작업 없이도 조사 수행														
제한사항	· 수위가 관경 50% 이상인 시설물에 주로 사용(최저 30% 이상) · 수심 아래 존재하는 결함 측정에 한정하여 사용 (레이저 프로파일링이나 라이다에 비하여 상대적으로 정확도가 낮음) · 압력관(혹은 만관)에 적용되는 경우, 선행작업으로 조사구간에 부분적으로 존재하는 공기를 모두 제거 후, 조사를 수행해야 함 · 촬영 속도는 0.2m/s 이내로 제한 · 측정 센서는 항상 수심 아래에 위치하도록 운용 · 소나는 대부분 레이저 프로파일이나 라이다와 결합되어 복합적으로 사용되므로, 실제 소나를 이용한 관경 별 최대 수심은 다음과 같음 <소나(Sonar)를 활용한 복합 조사 시, 관경에 따른 최대수심 제한사항> <table><tr><td>관경(D, mm)</td><td>150 이하</td><td>150 ~ 300</td><td>300 ~ 600</td><td>600 이상</td></tr><tr><td>최대수심(%)</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td></tr></table>					관경(D, mm)	150 이하	150 ~ 300	300 ~ 600	600 이상	최대수심(%)	15	20	25	30
관경(D, mm)	150 이하	150 ~ 300	300 ~ 600	600 이상											
최대수심(%)	15	20	25	30											
주행 시스템	· 보트														
정확도	· 측정값의 오차가 1cm 이내														



< 소나(Sonar)가 적용된 보트 형태의 복합 조사 예시 (L社, E社) >

2.4 파이프 프루빙(Pipe Proving)

원리	· 관로의 관경에 맞춤 제작된 단단한 피그(Pig)를 삽입하여 변형 유무 측정
사용목적	· 피그를 삽입하여 관로의 원형 프로파일의 이상 유무를 제공(삽입 가능 여부를 기준으로 관로의 변형 유무를 판단) · 일반적으로 파이프 프로파일링 기법 중 가장 저렴한 방법 ※ 가스관 조사에서는 추가적인 센서를 피그에 부착하여 복합적인 형태의 피그를 활용하여 다양한 조사(관경 측정, 변형량 측정, 퇴적량 측정 등)에 활용
제한사항	· 대상 시설물은 D750 이하 원형 관로에 한정하며, 조사전 물돌리기 및 세척 요구



< 하수관로용 피그(Pig) 및 가스관의 복합 피그 예시 >

2.5 자이로스코프 프로파일링(Gyroscopic Profiling)

원리	· 가속도계(자이로스코프)를 활용하여 지중 좌표(x, y, z)를 측정
사용목적	· 초당 100개 이상의 지중 좌표(x, y, z)를 측정하여 정확한 위치를 3D로 매핑(Mapping) · 다양한 관경(D90 ~ D2,000)에서 활용이 가능하며, 수위에 따른 제한이 별도의 제한사항이 존재하지 않아, 다양한 조건에서 침하량 및 좌굴 조사에 활용
제한사항	· 조사전 관로내 침전물에 대한 세척 요구 · 조사 속도는 2.0m/s 이내로 제한
주행 시스템	· 자주차, 보트, 드론 등
정확도	· 0.03%(x, y좌표), 0.01%(z 좌표)



< 자이로스코프를 활용한 지중 조사 예시 >

<별첨 2> 조사자 안전 확인 세부사항

1 작업 및 작업자 정보

작업 전, 밀폐공간 출입을 제한하고 작업에 관계된 관리감독자, 감시인 등은 작업허가서를 작성하여 감독관에게 제출하여 승인 후 작업을 시행한다. 게재된 허가서에 일정시간 간격으로 공기상태를 측정하여 기록하여야 하며, 작업허가서와 다른 상황이 발견될 경우 즉시 허가권자(허가 담당부서)에게 통보하여야 한다. 밀폐공간의 특성에 따라 작업허가 유효기간은 당일 작업으로 한정된다.

- 산업안전보건기준에 관한 규칙의 밀폐공간의 작업절차에 맞게 작업을 실시하여야 함
- 조사자는 밀폐공간 안전관리자를 지정하고, 안전보건 작업 교육을 실시후 작업 수행
- 작업허가서에는 작업위치, 작업기간, 작업내용 등 작업 정보를 포함하며, 근로자의 안전보건교육(특별안전보건교육 등) 및 안전한 작업방법 주지여부 확인하여 기록
- 조사 시 산소 및 유해가스 측정 장비, 농도 측정 장비, 환기장비, 호흡용 장비, 보호구장비, 출입통제 장비, 기타안전장비 구비여부 확인 내용 작성

2 산소 및 유해가스 농도 측정

밀폐공간 작업을 수행하는 경우, 반드시 선행적으로 적정공기 상태를 확인하여야 한다. 출입 허가서에는 산소·독성가스·폭발성가스 등의 농도와 함께 측정자와 측정시간에 대한 서명이 포함되어야 한다. 최초 공기상태가 적정공기 기준에 부적합할 경우, 환기 실시 후 공기상태를 재측정하고 그 결과를 추가 기재해야 하며, 적정공기 상태 유지를 위한 구체적인 환기계획(기계환기, 자연환기 등)을 기재하여야 한다. 아래의 표는 조사자의 밀폐공간 작업을 위한 적정공기의 기준농도를 나타낸다.

<적정공기 정의>

측정가스	기준농도
산소(O ₂)	18% ~ 23.5%
탄산가스(CO ₂)	1.5% 미만
황화수소(H ₂ S)	10ppm 미만
일산화탄소(CO)	30ppm 미만

※ 인화성·폭발성물질이 있는 경우 폭발하한치(Lower flammable, LFL)의 10% 이내 인지 확인

<밀폐공간작업 출입 허가서(예시)>

밀폐공간작업 출입 허가서				
* 신청인 : 부서 (), 직책 (), 성명 (), (서명) * 출입시간 : 년 월 일 시 ~ 월 일 시 * 출입장소 : * 출입목적 : * 내부 연락방법(필요시 번호 기재) :				
출입허가는 당일 작업에 한해 유효합니다. 유해가스의 농도에 따라서 출입시간에 제한이 있을 수도 있습니다. 이 허가서는 지정된 장소와 시간에 대해 1회만 유효합니다. 위 공간에서의 작업을 다음의 조건하에서만 출입허가 함.				
1. 안전보건조치 요구사항				
확인항목	해당여부	확인결과		
관리감독자 지정 및 감시인 배치				
밀폐공간작업 관계자와 출입금지 표지판 게시				
밸브차단, 맹판 설치, 불활성 가스 치환, 용기세정				
전기회로, 기계장비 가동장치, 유압, 압축공기 잠금 및 시건조치				
산소 및 유해가스 측정				
환기시설 설치 및 환기 실시여부				
전화 및 무선기기 구비				
방폭형 전기기계기구의 사용				
소화기 비치				
공기호흡기 비치				
필요한 안전장비 구비				
안전보건교육 실시				
2. 유해가스 측정결과				
측정물질명	측정농도	측정시간	측정자성명	비고
				허가기준 공기농도
				산소(O ₂): 18%이상 23.5%미만
				황화수소(H ₂ S): 10ppm미만
				가연성가스(메탄 등): LEL의 10%미만
				탄산가스(CO ₂): 1.5%미만
				일산화탄소(CO): 30ppm미만
3. 특별조치 필요사항(최대한 상세히 기술):				
4. 출입자 명단				
	(서명)		(서명)	(서명)
	(서명)		(서명)	(서명)
	(서명)		(서명)	(서명)
	(서명)		(서명)	(서명)
	(서명)		(서명)	(서명)
최종 허가자	부서 (), 직책 (), 성명 (), (서명)			

※ 증빙자료 첨부: 밀폐공간작업프로그램, 특별안전교육 일지, 가스 측정기 등 장비 보유 사진 등

적정공기는 작업 전, 작업 재개시, 작업 중 수시로 확인하여야 한다. 구체적인 산소·유해가스 농도 측정 방법의 경우 ‘밀폐공간 질식재해예방 안전작업 가이드(고용노동부)’의 산소·유해가스 농도 측정방법을 따른다(맨홀의 경우, 상부·중간·하부 지점별 농도 측정).

- 밀폐공간 작업허가를 받기 전
- 밀폐공간에 작업을 위해 진입하기 전
- 일정시간 작업장소를 떠났다가 다시 작업을 시작하기 전
- 장기간 작업이나 불활성가스 또는 유해가스의 누출·유입·발생 가능성이 있는 경우 수시 또는 일정 시간간격으로 확인(예. 2시간 간격으로 측정)
- 조사자의 신체, 환기장치 등에 이상이 발생 시

하수관로 시설물에서는 다음과 같은 상황이 발생 시, 조사자의 안전을 위하여 반드시 적정공기 유무를 확인하여야 한다.

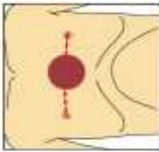
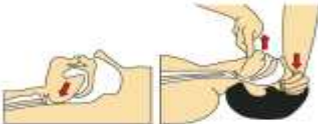
- 맨홀 진입 시, 작업공간이 부식되어 있거나, 물이 고여있는 경우, 산소농도 부족상태를 의심
- 작업공간에 유기물이 존재하여 부식되었거나 부식이 진행되고 있는 경우 유해가스 발생을 의심
 - ※ 심한 악취(달걀 썩는 냄새) 발생 → 황화수소 존재
 - ※ 조사자는 맨홀 뚜껑 개·폐후 충분한 시간동안 자연환기를 시키거나, 맨홀 내부의 공기를 강제 환기시켜야 하고 산소 및 유해가스 농도를 확인하여 안전하다고 판단된 이후 작업 실시

3 사고 발생 시, 후속조치 방법

밀폐공간 작업을 중, 조사자에게 사고가 발생하였을 경우 공기호흡기 또는 송기마스크를 착용할 수 있는 상황이 아니라면 절대 구조하기 위해 밀폐공간내로 진입하지 않도록 주의한다. 공기호흡기를 착용하지 못할 경우, 원칙적으로 119에 연락하고 구조대를 기다린다.

- 밀폐공간 내 재해자를 발견한 경우, 먼저 119나 회사내 안전보건관리팀에 연락
- 재해자를 구조하기 위해 공기호흡기(SCBA)나 송기마스크 착용
 - ※ 송기마스크 등 보호장비 없이 밀폐공간 내부로 들어갔다가는 구조자 또한 위험해질 수 있음
 - ※ 밀폐공간 내부의 공기상태가 안전한지 확인할 수 없거나, 적절한 호흡용 보호구가 없다면, 밀폐공간 밖에서 119 구조대가 올 때까지 기다려야 함
- 구조된 재해자에 대해 심폐소생술을 실시

<심폐소생술 실시 방법>

순 서	실시 방법
반응확인	- 어깨를 가볍게 두드리며, “여보세요, 괜찮으세요?” 를 외치면서 재해자의 반응을 확인한다.
119 신고	- 의식(반응)이 없으면 큰소리로 주변 사람에게 119 신고를 요청하고, 자동심장충격기(AED)를 가져오도록 부탁한다.
호흡 확인	- 얼굴과 가슴을 10초 이내로 관찰하여 호흡이 있는지를 확인한다. - 호흡이 없거나 비정상적이라면 즉시 심폐소생술을 준비한다.
흉부 압박 (30회)	- 흉부압박 위치 : 양 젖꼭지를 이은 중앙의 흉부부위 - 한손의 손등에 다른 손을 겹치고 깍지를 꺾어 손가락을 잡아 당김 - 팔꿈치가 구부러지지 않도록 하고, 어깨와 손은 일직선으로 유지 - 압박 깊이는 5cm(소아는 4~5cm), 압박 속도는 분당 100~120회를 유지하면서 30회 흉부압박 실시    <흉부압박 위치> <흉부압박 깊이> <흉부압박 자세>
기도 개방	- 인공호흡을 시행하기 위해서는 먼저 재해자의 머리를 젖히고, 턱을 들어 올려서 재해자의 기도를 개방한다.
인공 호흡 (2회)	- 재해자의 이마에 댄 손과 엄지와 검지로 재해자의 코를 잡아 막는다. - 재해자의 입을 구조자의 입으로 완전히 밀착시킨다. - 가슴이 올라올 정도로 1초동안 숨을 불어 넣는다(2회). ※ 인공호흡 방법을 모르거나 꺼리는 경우에는 인공호흡을 제외하고 지속적으로 가슴압박만을 시행
흉부압박 및 인공호흡 반복	- 30회 가슴압박, 2회 인공호흡을 119 구급대가 도착할 때까지 반복하여 실시한다.    <기도개방> <인공호흡> <흉부압박&인공호흡 반복>
회복자세	- 심폐소생술 중 재해자가 움직이거나 소리를 내면 호흡이 회복되었는지 확인한다. - 호흡이 회복되었다면, 재해자를 옆으로 돌려 눕혀 기도(숨길)가 막히는 것을 예방한다.

4 보호구 종류 및 사용 방법

조사자(작업자)에게 필요한 보호장구에는 ① 호흡기 보호를 위한 호흡용 보호구, ② 추락사고 예방을 위한 안전대·보호가드·구명밧줄, ③ 구조용 삼각대 등이 존재한다. 보호장구는 작업이나 긴급상황에서 즉시 사용 가능한 상태로 유지하여야 하며, 작업자에게 사용 방법 등에 관한 충분한 교육과 훈련을 실시하여야 한다.

<보호구의 사용 방법>

▶ 호흡용 보호구(공기호흡기 또는 송기마스크)

- 기본적으로 호흡용 보호구를 착용하지 않더라도 작업할 수 있도록 환기를 통해 밀폐공간 내부를 적정 공기 상태로 만드는 것이 중요합니다.
- 환기를 할 수 없거나 환기만으로 불충분한 경우에는 호흡용보호구를 반드시 착용하고 출입하여야 합니다.

| 호흡용 보호구의 착용 장소

- 유해가스가 지속적으로 발생하여 환기만으로 적정공기를 유지하기 힘든 경우
- 탱크, 화학설비, 수도나 도수관 등 구조적으로 충분히 환기가 힘든 경우
- 응급상황이 발생하여 충분히 환기시킬 시간적 여유가 없는 경우

- 밀폐공간은 장소가 협소하여 공기호흡기를 차고 들어가기 어려울 수 있습니다. 이 경우 외부에서 공기를 공급하는 방식의 송기마스크를 착용하는 것이 더 안전할 수 있습니다.

☞ 다만, 송기마스크의 송기라인이 꼬이거나 끊어지지 않도록 잘 관리하여야 하며, 정전 등으로 공기공급이 중단되는 경우가 없도록 대비하여야 합니다.



공기호흡기(SCBA)

▶ 안전대와 구명줄, 구조용 삼각대

- 밀폐공간은 용기·탱크 등 시설 내부, 지하, 갭, 맨홀, 피트로 들어가는 경우 승강구나 오르내리는 사다리가 있을 수 있습니다. 따라서 들어가는 과정이나 내부에서 작업할 때 추락 위험이 있습니다.

☞ 탱크 바닥이나 기타 습기 찬 환경의 바닥, 사다리 발판이 매우 미끄러울 수 있습니다.

- 이러한 추락위험에 대비하기 위해 안전대와, 구명 밧줄을 착용하여야 합니다.



▶ 구조용 삼각대 등

- 응급상황 발생 시 구조하기 위한 구조용 삼각대, 사다리, 섬유로프 등을 갖추어 두어야 합니다.



5 작업공간 환기 및 연락체계 구축

조사자(작업자)의 안전을 위해서는 밀폐공간 내 공기를 적정공시 상태로 만들고 유지하기 위한 별도의 환기 방법과 상시 작업상황을 외부와 공유하기 위한 비상연락체계를 구축하여야 한다.

5.1 작업공간 환기

밀폐공간 작업 전 혹은 작업 중 필요에 따라 주기적으로 환기한다. 특히, 최초 밀폐공간 진입 전, 최소 15분 이상 환기 후 유해가스 농도를 측정하여, 적정공기 여부를 재확인하여야 한다. 작업 과정에서 유해가스가 발생 혹은 누출 가능성이 존재하는 경우 지속적으로 환기한다.

- 오·폐수, 분뇨 등에 녹아있던 황화수소, 메탄 등은 작업 과정에서 휘젓는 순간, 공기중으로 폭발적으로 발생되어 질식을 일으키므로 작업하는 동안 지속적으로 환기 수행

<작업공간 환기 방법>

▶ 사전준비

- 환기팬은 정압이 40mmAq 이상이고, 용량(m^3/min)이 밀폐공간 체적(m^3)의 40% 이상의 것으로 준비합니다. (예시 : 체적이 600m^3 인 경우, 환기팬 용량은 $600 \times 0.4 = 240\text{m}^3/\text{min}$)
- 송풍관(덕트) 길이는 환기팬 제조사에서 제시한 길이를 초과하지 않아야 하며 제조사에서 별도 제시하지 않는 경우 15미터를 넘기지 않도록 합니다.
- 송풍관(덕트)은 가급적 구부리는 부위가 적게 하고, 용접불꽃 등에 의한 구멍이 나지 않도록 난연재질을 사용합니다.
- 폭발위험지역 내에서는 방폭형 구조를 사용합니다.

▶ 환기방법

- 가급적 외부의 공기를 밀폐공간 내로 불어넣는 급기방식으로 환기를 실시합니다.
- 지하관로·배관내부 등 급기로 인해 오염된 공기가 주변으로 확산될 우려가 있거나 선박 건조시 블록(BLOCK) 내부 작업 등 밀폐공간 체적이 크거나 구조가 복잡한 경우에는 배기 또는 급·배기 방식을 적용할 수 있습니다.
- 밀폐공간의 환기 시에는 급기구와 배기구를 적절하게 배치하여 작업장 내 환기가 효과적으로 이루어지도록 하여야 합니다.
- 급기구는 작업근로자 가까이에서 작업근로자를 등지고 설치합니다.
- 정전 등에 의하여 환기가 중단되는 등 응급상황 발생시 작업근로자는 즉시 밀폐공간 외부로 대피할 수 있어야 합니다.

5.2 연락체계 구축

조사자(근로자)가 밀폐공간에서 작업을 할 때, 작업상황을 감시할 수 있도록 별도의 감시인을 지정하고 밀폐공간 외부에 배치한다. 감시인은 밀폐공간 작업 근로자에게 이상이 있을 때 구조요청 등 필요한 조치를 한 후 즉시 감독자에게 통보하는 역할을 수행한다.

- 밀폐공간에 근로자를 종사하도록 하는 경우 때에는 상시 작업상황을 감시할 수 있는 감시인을 지정하여 밀폐공간 외부에 배치
- 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에 그 작업장과 외부 감시인 간에 상시 연락을 취할 수 있는 설비 설치
- 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 때에 산소결핍이 우려되거나 유해가스 등의 농도가 높아서 폭발할 우려가 있는 경우에 즉시 작업을 중단시키고 해당 근로자 대피 지시
- 근로자를 대피시킨 경우 적정공기 상태임을 확인할 때까지 그 장소에 관계자가 아닌 사람이 출입하는 것을 금지하고, 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시
- 근로자가 밀폐공간에서 작업을 하는 경우에는 송기마스크, 사다리 및 섬유로프 등 비상시에 근로자를 피난시키거나 구출하기 위하여 필요 기구 구비
- 감시인은 밀폐공간 작업 중 무전기를 사용하여 주기적으로 근로자의 안전상황 확인

<별첨 3> 데이터베이스 구성 예시

1 하수관로(Pipe) 정보 DB 구성 예시

Header	헤더 설명	Data type														
PPN	관로/암거번호(Pipe numbers) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 기입	Char														
PSN	노선명(System name) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 기입하거나, 없을 시 별도 명칭 부여	Char														
PDI	설치연월(Date of installation) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 설치한 연월 기입	Date														
BDN	배수/처리구역(District name)	Char														
BCN	배수/처리분구(Catchment name)	Char														
BDM	배수방식(Drainage method)	Char														
	<table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>G</td><td>자연유하식(Gravity)</td></tr><tr><td>P</td><td>압력식(Pressure)</td></tr></table>		코드	설명	G	자연유하식(Gravity)	P	압력식(Pressure)								
	코드		설명													
	G		자연유하식(Gravity)													
P	압력식(Pressure)															
BTS	배제방식(Types of system)	Char														
	<table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>C0</td><td>합류식(Combined system)</td></tr><tr><td>ST</td><td>분류식 우수(Stormwater system)</td></tr><tr><td>SS</td><td>분류식 오수(Sanitary sewer system)</td></tr><tr><td>IW</td><td>산업폐수(Industrial wastewater)</td></tr><tr><td>ZH</td><td>농수로, 관개수로 등(Other channel)</td></tr><tr><td>Z</td><td>기타(Other)</td></tr></table>		코드	설명	C0	합류식(Combined system)	ST	분류식 우수(Stormwater system)	SS	분류식 오수(Sanitary sewer system)	IW	산업폐수(Industrial wastewater)	ZH	농수로, 관개수로 등(Other channel)	Z	기타(Other)
	코드		설명													
	C0		합류식(Combined system)													
	ST		분류식 우수(Stormwater system)													
	SS		분류식 오수(Sanitary sewer system)													
	IW		산업폐수(Industrial wastewater)													
	ZH		농수로, 관개수로 등(Other channel)													
Z	기타(Other)															
PPL	관로길이(Pipe length) - 맨홀과 맨홀사이의 관로 연장길이 입력	Double														
PPS	관로형태(Pipe Shape)	Char														
	<table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>C</td><td>원형(Circular)</td></tr><tr><td>R</td><td>사각형(Rectangular/Square)</td></tr><tr><td>U</td><td>말굽형(U-shape/Arch)</td></tr><tr><td>O</td><td>타원형(Oval)</td></tr><tr><td>E</td><td>계란형(Egg-shape)</td></tr><tr><td>Z</td><td>기타(Other)</td></tr></table>		코드	설명	C	원형(Circular)	R	사각형(Rectangular/Square)	U	말굽형(U-shape/Arch)	O	타원형(Oval)	E	계란형(Egg-shape)	Z	기타(Other)
	코드		설명													
	C		원형(Circular)													
	R		사각형(Rectangular/Square)													
	U		말굽형(U-shape/Arch)													
	O		타원형(Oval)													
	E		계란형(Egg-shape)													
Z	기타(Other)															

Header	헤더 설명	Data type																						
PPL	관로크기(Pipe Size) - ϕ 500 혹은 w * h 형태로 기입	Char																						
PGS	공동조사 대상 유무(GPR Scrutiny) - D500 이상 관로는 ‘지하안전관리에 관한 특별법’에 따라 공동조사 진행 <table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>Y</td><td>공동조사 대상(D>500)</td></tr><tr><td>N</td><td>비대상(D<500)</td></tr></table>	코드	설명	Y	공동조사 대상(D>500)	N	비대상(D<500)	Char																
코드	설명																							
Y	공동조사 대상(D>500)																							
N	비대상(D<500)																							
PCI	암거 정밀조사 대상 유무(Curvert Inspection) - 암거 형태의 관로는 ‘시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법’에 따라 정밀조사 진행 <table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>Y</td><td>정밀조사 대상(암거)</td></tr><tr><td>N</td><td>비대상</td></tr></table>	코드	설명	Y	정밀조사 대상(암거)	N	비대상																	
코드	설명																							
Y	정밀조사 대상(암거)																							
N	비대상																							
PPM	관종(Pipe material) - ‘제1장 총설 2.1.2 하수관로’ 재질코드 참고하여 기입	Char																						
PJM	이음부 접합방식(Joint - Method) (필요한지 의문 검토 추가 고민 필요) <table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>N</td><td>접합 없음(No jointing elements)</td></tr><tr><td>BF</td><td>자동 용착(Butt fusion welded)</td></tr><tr><td>CM</td><td>시멘트 모르타르(Cement mortar jointed)</td></tr><tr><td>EF</td><td>전기 용착(Electrofusion weld) - PE only</td></tr><tr><td>FL</td><td>소켓 용접(Flange jointed) - 플랜지</td></tr><tr><td>LF</td><td>필렛 용접(Lap fillet weld) - steel only</td></tr><tr><td>MC</td><td>기계식 이음(Mechanical coupling)</td></tr><tr><td>RR</td><td>고무링(Rubber ring)</td></tr><tr><td>SC</td><td>본드 접합(Solvent cement)</td></tr><tr><td>Z</td><td>기타(Other)</td></tr></table>	코드	설명	N	접합 없음(No jointing elements)	BF	자동 용착(Butt fusion welded)	CM	시멘트 모르타르(Cement mortar jointed)	EF	전기 용착(Electrofusion weld) - PE only	FL	소켓 용접(Flange jointed) - 플랜지	LF	필렛 용접(Lap fillet weld) - steel only	MC	기계식 이음(Mechanical coupling)	RR	고무링(Rubber ring)	SC	본드 접합(Solvent cement)	Z	기타(Other)	Char
코드	설명																							
N	접합 없음(No jointing elements)																							
BF	자동 용착(Butt fusion welded)																							
CM	시멘트 모르타르(Cement mortar jointed)																							
EF	전기 용착(Electrofusion weld) - PE only																							
FL	소켓 용접(Flange jointed) - 플랜지																							
LF	필렛 용접(Lap fillet weld) - steel only																							
MC	기계식 이음(Mechanical coupling)																							
RR	고무링(Rubber ring)																							
SC	본드 접합(Solvent cement)																							
Z	기타(Other)																							
PST	매설방식 - 개거, 측구 등 매설방식 입력 <table><tr><th>코드</th><th>설명</th></tr><tr><td>N</td><td>일반 관로(Nomal)</td></tr><tr><td>L</td><td>연결관(Lateral)</td></tr><tr><td>O</td><td>개거(Open Channel)</td></tr><tr><td>C</td><td>측구(Strom Channel)</td></tr><tr><td>CO</td><td>기타(Other)</td></tr></table>	코드	설명	N	일반 관로(Nomal)	L	연결관(Lateral)	O	개거(Open Channel)	C	측구(Strom Channel)	CO	기타(Other)	Char										
코드	설명																							
N	일반 관로(Nomal)																							
L	연결관(Lateral)																							
O	개거(Open Channel)																							
C	측구(Strom Channel)																							
CO	기타(Other)																							

Header	헤더 설명		Data type	
PPD	매설깊이(Pipe Depth) - 관로가 매설된 깊이 입력		Char	
PSM	시작맨홀 번호(Start - Manhole numbers) - 맨홀정보 참조		Char	
PEM	끝맨홀 번호(End - Manhole numbers) - 맨홀정보 참조		Char	
PRA	갱생 유무(Rehabilitation apply)		Char	
	코드	설명		
	N	비대상(Non)		
	RN	갱신공법 적용(Renewal)		
	RP	보수공법 적용(Repair)		
PRT	적용된 갱생 공법 종류(Rehabilitation - Type)		Char	
	코드	설명		비고
	SL	신관삽입(SlipLining)		갱신
	IL	라이너삽입(Inserted Liner)		
	SW	제관공법(Spirally Wound)		
	SP	분사(Spray)		
	ZN	기타 갱신공법(Other)		
	G	충진공법(Grouting)		보수
	PL	라이너보수(Patch Liner)		
	IS	보강링(Inserted Seal)		
	ZP	기타 보수공법(Other)		
PRM	라이너 재질(Rehabilitaion - Material) - ‘제1장 총설 2.1.2 하수관로’ 재질코드 참고하여 기입 - 연구결과에서 수정 필요(레진 등 추가)		Char	

2 맨홀(Manhole) 정보 DB 구성 예시

Header	헤더 설명		Data type
MMN	맨홀번호(Manhole numbers) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 기입		Char
MDI	설치연월(Date of installation) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 설치한 연월 기입		Date
BDN	배수/처리구역(District name)		Char
BCN	배수/처리분구(Catchment name)		Char
MMT	맨홀종류(Manhole type)		Char
	코드	설명	
	ST	표준(Standard)	
	SP	특수(Special)	
	SM	소형(Small)	
	OL	토구, 배출구(Outlet)	
	IL	물받이, 우수받이(Inlet)	
	AR	터널 및 박스형 암거	
	Z	기타(Other)	
MMS	맨홀형태(Manhole shape)		Char
	코드	설명	
	C	원형(Circular)	
	R	사각(Rectangular)	
	Z	기타(Other)	
MMM	맨홀 재질(Manhole material)(설계기준 반영필요) - ‘제1장 총설 2.1.2 하수관로’ 재질코드 참고하여 기입		Char
MIS	맨홀 내부 사이즈 - ϕ500 혹은 w * h 형태로 기입		Char
MNT	맨홀 사용 현황(Node type)		Char
	코드	설명	
	MH	일반맨홀(Manhole)	
	MP	맨홀펌프장(Manhole Pumpingstation)	
	SP	중계펌프장(Sewerage Pumpingstation)	
	W	우수토실(Stormwater Interceptor)	
	O	우수토구(Stormwater Outfall)	
	IS	역사이편실(Inverted Syphon)	
	UT	유티랩(RG-Running trap, BN-Buchan trap, WR-Winsser trap 통합)	
P0	기타(Other)		

Header	헤더 설명		Data type
MSI	맨홀 주변 정보(Surrounding Information)		Char
	코드	설명	
	R0	도로(Road)	
	SW	인도(Sidewalk)	
	WW	수로(Waterway)	
	PA	공원/숲(Parkland and bushland)	
	BF	건물/시설물(Building and facility)	
	DA	접근 불가 지역(Difficult access area) - 고속도로, 철도 등	
	Z	기타(Other)	
MCT	맨홀뚜껑 종류(재질)(Cover - type) [KS D 6021 맨홀 기준 확인 필요]		Char
MCL	맨홀 개폐 방식(Cover - lifting type)		Char
	코드	설명	
	TS	T 슬롯(T Slot)	
	LH	손잡이(Lifting Hook)	
	PH	픽홀(Pick hole)	
	BL	볼트 잠금(Bolt locks or cam lock)	
	NL	개폐 불가(No lifting arrangements)	
Z	기타(Other)		
MCS	맨홀뚜껑 형태(Cover - Shape)		Char
	코드	설명	
	C	원형(Circular)	
	R	사각(Rectangular/Square)	
Z	기타(Other)		
MSS	맨홀뚜껑 크기(Cover - Size) - ϕ500 혹은 w * h 형태로 기입		Double
MCP	맨홀뚜껑 돌출 유무(Cover - Protruding)		Char
	코드	설명	
	HI	돌출(Higher than surrounding)	
	HV	지면일치(Level with surrounding)	
L0	꺼짐(Lower than surrounding)		

Header	헤더 설명		Data type
MST	사다리의 모양(Steps - type)		Char
	구분	설명	
	S	한 다리만 디딜 수 있는 길이	
	D	두 다리 모두 디딜 수 있는 길이	
	T	발가락을 걸칠 수 있는 홈만 존재	
	N	발을 디딜 곳이 없는 경우	
	Z	기타	
MSM	사다리의 재질(Steps - materials) - ‘제1장 총설 2.1.2 하수관로’ 재질코드 참고하여 기입		Char
MIE	인버트 유무(Invert - existence)		Char
	코드	설명	
	Y	인버트존재(Existence)	
	N	인버트없음(Nonexistence)	
MEL	관저고(Elevation level(Depth)) - 조사시작 지점 맨홀의 깊이 기입, 지표면에서 맨홀 바닥면까지 거리 - 인버트가 있는 경우, 인버트 정중앙 바닥면까지 측정 - 인버트가 없는 경우, 상·하류 하수관로의 가상 연결선상의 정중앙 바닥면까지 측정		Double
ML0	맨홀 경도 좌표(Longitude coordinate) - 맨홀 뚜껑 중앙의 GPS 경도 좌표 - 소수점 9자리(000.000000000)		Double
MLA	위도 좌표(Latitude coordinate) - 맨홀 뚜껑 중앙의 GPS 위도 좌표 - 소수점 9자리(000.000000000)		Double

3 조사 수행(Operation) 정보 DB 구성 예시

Header	헤더 설명		Data type
OBN	조사 사업명(Business Name)		Char
OPN	조사 대상 번호(Pipe/Manhole numbers) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 기입		Char
00R	조사 발주처(Orderer) - 사업을 발주한 기관명		Char
0A0	시설물 소유주(Asset owner) - 조사대상 하수관로 시설물 관리 주체		Char
OPI	조사목적(Purpose of inspection) - 조사수행 사업의 최종 목적		Char
	코드	설명	
	A	구조 · 운영적 결함 조사	
	B	유입수 문제 조사	
	C	보수 전 조사	
	E	신규 관로 및 신규 맨홀 매설 후 조사	
	F	상태평가를 위한 샘플 조사	
	G	정기 상태 조사	
	H	운영상 문제 발생시 조사	
	I	투자계획을 위한 조사	
	J	보증기간 만료 시 구조물 상태 조사	
X	기타 조사		
OIC	조사 업체 정보(Information - Company name) - 조사를 시행하는 업체명과 시공사명		Char
OIO	조사자 정보(Information - Operator name) - 조사를 실시하는 조사자 성명		Char
OID	조사 시작 시간(Inspection - Datetime)		DateTime
OTC	카메라 시스템 정보(Type - Camera) - 조사에 활용한 카메라 시스템의 정보 입력		Char
	코드	설명	
	FA	고정(Fixed Axial) 카메라	
	PT	측시(Pan-Tilt) 카메라	
	ZO	확대(Zoom) 카메라	
	AC	액션(Action) 카메라	
	UW	초광각(Ultra Wide) 카메라	
	Z	기타(Other)	

Header	헤더 설명		Data type
OTT	주행 시스템 정보(Type - Transportation) - 조사에 활용한 주행 시스템의 정보 입력		Char
	코드	설명	
	PR	푸시 케이블(Push Rod)	
	TC	자주차(Tractor/Crawler)	
	FP	보트(Floating platform)	
	PS	폴대(Pole support)	
	DR	드론(Drone)	
	RD	로봇개(Robot Dog)	
	PE	인입(Person-Entry)	
	Z	기타(Other)	
OUF	첫본길이(Unit Length - First)		Double
OUG	본단길이(Unit Length - General) - 첫본길이를 제외한 본단 평균길이를 입력(맨홀조사의 경우 1m 고정)		Double
OSC	세척작업 유무를 기입(Status - cleaning)		Char
	코드	설명	
	C	세척(Cleaning)	
	RC	뿌리 제거(Root Cutting)	
	AL	세척 및 뿌리제거(Cleaning & Cutting)	
	N	미세척(None)	
Z	기타(Other)		
OSF	물돌리기 방법 및 적용 여부(Status - flow control)		Char
	코드	설명	
	BL	상류 물막이(Blocking)	
	PB	부분적 물막이(Partially blocking)	
	N	적용안함(None)	
Z	기타(Other)		
OSP	강우 발생 유무(Status - precipitation)		Char
	코드	설명	
	R	강우(Rain)	
	S	강설(Snow/mixed)(진눈깨비)	
N	청천(None)		
OSZ	영하 날씨 유무(Status - below zero celsius)		Char
	코드	설명	
	C	영하(Cold / Freezing)	
W	영상(Warm)		

Header	헤더 설명		Data type
OSA	내부 공기 상태(Statue - atmosphere) - 이상발생 시, 반드시 측정값을 별도로 기록해야함		Char
	코드	설명	
	H	황하수소(Hydrogen Sulphide)	
	M	메탄(Methane)	
	O	산소결핍(Oxygen deficiency)	
	F	가연성 가스(Flammable gas)	
	Z	기타 유독가스(Other)	
	N	안전(Non-hazardous) - 이상없음	
OST	조수영향 상태 기입(Statue - tidal influence)		Char
	코드	설명	
	A	만조 수위 이상(Above tide level)	
	B	만조 수위 이하(Below tide level)	
	N	만조 영향 없음(No-Influence)	
OSL	조사 연장(Survey Length) - 관로연장(맨홀과 맨홀사이) 중 조사완료한 길이 - 이상항목이 발생하여 촬영장치가 대상관로를 진행 못하는 경우는 역주행으로 조사한 길이도 포함		Double
OSL	조사 완주 유무(Status - completion)		Char
	코드	설명	
	C	조사완료(Complete)	
	U	조사중단(Uncomplete)	
OPI	조사중단 발생지점(Point of uncomplete Insepction)		Double
ORI	조사중단 사유(Reason of uncomplete Insepction)		Char
OFA	조사중단 후속 대책(Follow up action)		Char

4 조사 결과(Result) 및 결함(Defect) 정보 DB 구성 예시

Header	헤더 설명		Data type
RPN	판독대상 관리번호(Report numbers) - 하수도관리대장(도면)을 참고하여 기입		Char
RAT	판독 시설물 유형(Report Asset Type)		Char
	코드	설명	
	P	하수관로(Pipe)	
	M	맨홀(Manhole)	
	0	기타(Other)	
RCN	판독자 정보(Coder name) - 영상에서 결함의 판독을 수행한 판독자 성명		Char
RCD	판독일시(Coding date)		Date
RVS	사용 매뉴얼 종류(The version of the standard)		Char
RQC	검수자 정보(Quality Control name) - 보고서를 검수한 검수자 성명		Char
RNI	조사 구간 정보(Number of inspection unit) - 관로=본수, 맨홀=총연장(m) 기입		Double
RNS	구조적 상태등급 평균값(Mean score - Structural)		Double
RXS	구조적 상태등급 최댓값(Max score - Structural)		Double
RNO	운영적 상태등급 평균값(Mean score - Operation)		Double
RXO	구조적 상태등급 최댓값(Max score - Operation)		Double
RGC	판독 대상 비고 사항(General comment)		Char
RDD	주행 방향(Driving Direction) - 정주행/역주행 여부를 기입		
	코드	설명	
	N	정주행(Normal)	
	R	역주행(Reverse)	
DDD	결함 관측 거리(Driving distance) - 정주행/역주행 여부에 따라 양수/음수로 구분하여 위치를 기입		Double
	거리	설명	
	양수(+)	정주행으로 관측되는 결함 위치	
	음수(-)	역주행으로 관측되는 결함 위치	
DDC	결함 항목(Defect code) - 해당되는 상태코드, 구조적 결함코드, 운영적 결함코드 기입		Char

Header	헤더 설명		Data type
DCI	연속성 정보(Continuous Information)		Char
	코드	설명	
	CDS	연속결함 시작점(Start point)	
	CDE	연속결함 종단점(End point)	
	CDG	연속결함 등급 변곡점(Grade change)	
	CDC	연속결함 지속촬영(Continuous check)	
	CDU	단위구간 변화 지점(Unit length change)	
	N	지점결함(None)	
DDG	결함 등급(Defect grade)		Int
	코드	설명	
	L	‘대’ 등급(Large)	
	M	‘중’ 등급(Medium)	
	S	‘소’ 등급(Small)	
DSS	구조적 결함점수(Score - Structural)		Int
DS0	운영적 결함점수(Score - Operation)		Int
DSP	결함 시점(Start point)		Int
DEP	결함 종점(End point)		Int
DPF	결함 전면 사진(Photo - Front view)		BLOB
DPP	결함 측시 사진(Photo - Pan tilt view)		BLOB
DRG	결함 비고(Reason of grading) (판정사유)		Char

<별첨 4> 하수관로 갱생 공법 선정 예시

본 공법 선정 예시에서는 노후 하수관로의 성능 확보 및 장수명화를 위한 적정 공사 방식 및 공법을 선정하기 위한 절차 및 방법에 관한 예시를 제시하였다.

실제 하수관로 정비사업 시, 공사 방식 및 공법 선정은 지자체 여건, 하수관로 상태 및 주변 공사 여건, 중장기 하수관로 관리 목표 등을 종합적으로 고려하여 각 지자체에 적합한 공법을 선정해야 한다.

[목 차]

1. 개요	1
1.1 서문	1
1.2 용어정의	2
2. 하수관로 갱생 공법 분류체계	4
2.1 하수관로 갱생 공법 분류체계	4
2.2 하수관로 갱생 공법별 정의	5
2.2.1 보수(Repair, 補修)	5
2.2.2 갱신(Renovation/Renewal, 更新)	5
2.2.3 교체(Replacement, 交替)	6
3. 하수관로 갱생 공법 선정	7
3.1 하수관로 갱생 공법 선정 절차	7
3.2 하수관로 갱생 공법 선정 기준	8
[참조] 하수관로 갱생 공법별 정의	14

1.1 서문

현재 국내 비굴착 갯생 공법은 국제표준에 준하는 세분화된 기술표준 마련이 부족한 상황이며, 이와 관련된 규정은 하수도설계기준과 표준시방서가 유일하다. 특히, 국내 기술표준은 “KCS 61 80 10 (하수도 전체보수공법)”과 “KCS 61 80 15(하수도부분,보강공법)”으로만 규정되어 있음에 따라 국제표준(ISO) 등을 참조하여 비굴착 갯생 공법의 분류체계를 세분화하고, 국제표준에 기반하여 각 세부 공법별 기술표준(KS) 마련이 필요한 상황이다.

또한, 단순히 하수관로 상태등급 및 불량비 등을 기반으로 하수관로 갯생 공법을 선정함에 따라 공사여건 및 공법의 적용성 등을 적절하게 고려하지 못하고 있는 실정이다. 이에 따라 각 공법별 명확한 특성과 목적에 따른 분류체계를 기반으로 하수관로 갯생을 위한 적합한 공사 방식 및 공법을 선정하기 위한 의사결정 기준 마련이 필요한 실정이다.

이에 본 예시에서는 하수관로 갯생과 관련된 용어를 정의하고, 해외 하수관로 갯생 공법의 분류체계 검토를 통해 국제표준에 기반한 국내 하수관로 갯생 공법 분류체계와 하수관로의 상태 및 결함 등에 따라 최적의 갯생 공법을 선정할 수 있는 의사결정 절차에 관한 예시를 제시하였다.

본 예시의 주요 구성은 다음과 같다.

1) 하수관로 갯생 공법 분류체계

- 하수관로 갯생 공법 분류체계
- 하수관로 갯생 공법

2) 하수관로 갯생 공법 선정

- 하수관로 갯생 공법 선정 절차
- 하수관로 갯생 공법 선정 기준

[참조] 하수관로 갯생 공법별 정의

1.2 용어정의

1. 점검 : 순찰을 하면서 관로시설이 매설된 지표면의 상황, 맨홀 뚜껑 상황 등 관로시설의 지상부의 상태를 파악하는 업무와 맨홀 뚜껑을 열고, 육안으로 관로시설의 전체상황을 파악하고 이상개소를 조기에 발견하는 것을 목적으로 실시하는 유지관리 업무
2. 조사 : 시설의 상태 평가나 예측을 위해 정량적인 결함 판정을 기반으로 대상 시설의 손상 정도나 노후화 상태를 확인하는 것
3. 진단 : 진단은 점검 혹은 육안조사나 CCTV카메라 조사 결과를 바탕으로 관로시설의 이상 정도(종합적인 양호도)나 대책의 필요성 정도를 명확하게 하는 것
4. 유지관리 : 보수, 점검, 조사, 청소, 준설 등 관로시설의 기능을 유지하기 위한 사실 행위로 공사를 수반하지 않는 것(정기적으로 실시하는 소모품 확인, 보충 및 교환, 이상이 발견될 경우에 실시하는 경미한 조정·수리·교체 등의 활동 포함; 수리, 갱생, 교체 사업의 효율화를 위해 계획적으로 실시하는 점검, 조사, 진단 포함)
5. 계획적 유지관리 : 예방보전의 관점에서 하수도사업에서 상정된 리스크를 평가한 후, 명확한 관리목표를 정해, 점검·조사 등에 따라 시설의 상태를 객관적으로 파악, 평가하고, 중장기적인 상태를 예측하면서 계획적이고 효과적으로 시설을 관리하기 위한 유지관리 방법
6. 사후대응형 유지관리 : 일상적인 점검·조사를 실시하는 중에 결함이나 손상 등의 이상을 발견하고, 그 단계에서 보수나 수선 등을 실시하는 유지관리 방법
7. 사전예방형 유지관리 : 계획적인 점검·조사를 실시하고, 시설의 열화나 손상의 추이를 적절하게 예측해 조기에 손상이나 결함을 발견하여, 사고나 대규모의 수선에 이르기 전에 대책을 강구하는 것을 목적으로 하는 유지관리 방법
8. 시간계획형 유지관리 : 정기적으로 점검·조사를 실시하고, 시설의 열화나 손상에 관계없이 주기적으로 수선·개축을 하는 관리 방법. 기능정지를 미연에 방지할 필요가 있고, 열화의 전조를 측정할 수 없는 시설에 적용
9. 상태감시형 유지관리 : 시설의 상태에 따라 수선·갱신·교체를 하는 유지관리 방법. 기능 정지를 미연에 방지할 필요가 있어, 시설물의 노후 전조를 측정할 수 있는 시설에 적용
10. 갱생(Rehabilitation, 更生) : 기존 관로에 파손, 균열, 침입수 유입 등으로 내하능력, 내구성, 유하능력이 저하된 경우, 관로의 성능을 원래의 상태로 회복하기 위한 행위. 내용연수 증대

여부 및 갱생 구간·범위, 갱생 방식에 따라 보수(repair), 갱신(renovation/renewal), 교체(replacement)로 분류됨 (기존의 ‘개·보수’에 해당)

11. 보수(Repair, 補修) : 일부 지점에서 손상이 발생한 기존 관로를 대상으로 소정의 내용연수 내에서 해당 관로의 기능을 유지 및 회복하기 위해 실시하는 행위. 기본적으로 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위로 수행 (기존의 ‘부분보수, 부분보강’에 해당)

【효과】 단순 기능 회복 (내용연수 증대 없음)

12. 갱신(Renovation/Renewal, 更新) : 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우 수행. 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위의 수리가 아닌, 맨홀-맨홀 1개 스패(span) 전체를 대상으로 기존 관로를 철거하지 않고 기존 관로 내부에 새로운 관로를 구축하는 방법 (기존의 ‘전체보수·보강, 전체보수’에 해당)

【효과】 기존 관로의 내하능력, 내구성, 유하능력 등 기능 회복 및 소정의 내용연수를 새롭게 확보(장수명화)

13. 교체(Replacement, 交替) : 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우, 기존 관의 유하능력이 부족할 경우 수행. 수행맨홀-맨홀 1개 스패(span)의 기존 관로를 새로운 관으로 대체하는 방법 (기존의 ‘전체교체’에 해당)

【효과】 기능 및 내용연수 새롭게 확보

14. 자립관 : 기존 관로의 강도를 기대하지 않고, 기존 관로 내부에 구축된 라이너가 스스로 외력에 견딜 수 있는 저항력을 확보하여 신관과 동등 이상의 내하능력, 내구성을 갖는 관로(기존 관로가 대부분 손상되거나 심하게 변형되었을 경우, 하수관로 주변의 공극으로 인해 안정화 작용이 이루어지지 않을 경우, 향후 하중 증가가 예상될 경우에 적용)

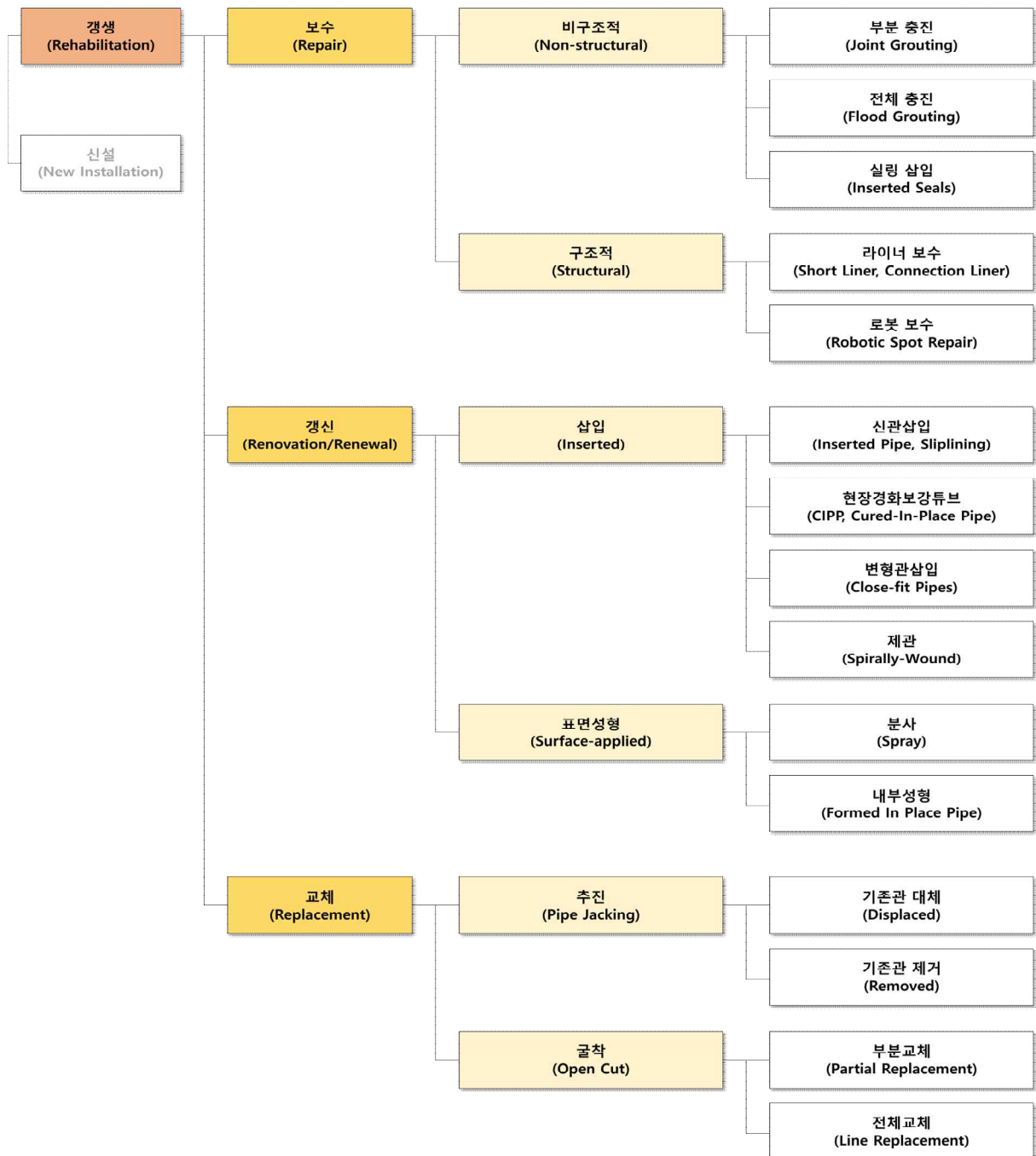
15. 복합관 : 기존 관로와 내측의 갱생재가 일체화되어 외력에 견딜 수 있는 저항력을 확보하여 신관과 동등 이상의 내하능력, 내구성을 갖는 관로

16. 2층구조관 : 외력에 견딜 수 있는 저항력(강도)을 갖는 기존 관로 내부에 라이너를 구축한 관로이며, 기존 관로의 잔존강도가 충분히 확보된 경우에 적용하며, 일반적으로는 부식이나 침입수/유입수의 대책으로 사용됨

2 하수관로 갱생 공법 분류체계

2.1 하수관로 갱생 공법 분류체계

하수관로 갱생(Rehabilitation) 공법은 내용연수 증대 여부 및 갱생 구간·범위, 갱생 방식에 따라 “보수(repair), 갱신(renovation/renewal), 교체(replacement)”로 분류된다. 각 공법별 세부공법 분류체계는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 하수관로 갱생 공법 분류체계

2.2 하수관로 갱생 공법별 정의

2.2.1 보수(Repair, 補修)

1) 정의

보수(Repair, 補修)란 일부 지점에서 손상이 발생한 기존 관로를 대상으로 소정의 내용연수 내에서 해당 관로의 기능을 유지 및 회복하기 위해 기본적으로 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위로 수행하는 갱생 방법이다.

2) 종류

보수 공법은 공사 재료 및 방식에 따라 비구조적(Non-structural) 방식과 구조적 보수(Structural) 방식으로 구분된다.

비구조적(Non-structural) 방식은 관로 내 발생한 균열이나 파손 부위에 충전제를 주입하는 부분 충전(Joint Grouting), 전체 충전(Flood Grouting) 공법과 실링 삽입(Inserted Sealing) 공법으로 구분된다. 충전 공법은 1회 시공 시 충전 범위에 따라 부분충진(패커(Packer) 1개 구간만 충전)과 전체충진(맨홀 간 1스팬(Span) 단위 동시 충전)으로 구분된다.

구조적(structural) 보수 방식은 관로 내부 결함 부위에 구조적 보강이 가능한 보강재(라이너, 모르타르 등)를 부착하여 구조적 안정성을 확보하기 위한 공법으로 보강재 재료 및 공사 방식에 따라 라이너 보수, 로봇보수로 구분된다.

2.2.2 갱신(Renovation/Renewal, 更新)

1) 정의

갱신(Renovation/Renewal, 更新)이란 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위의 수리가 아닌, 맨홀-맨홀 1개 스팬(span) 전체를 대상으로 기존 관로를 철거하지 않고 기존 관로 내부에 새로운 관로를 구축하는 갱생 방법이다. 갱신을 통해 기존 관로의 내하능력, 내구성, 유하능력 등 기능 회복 및 소정의 내용연수를 새롭게 확보(장수명화)할 수 있다.

2) 종류

갱신 공법은 적용방식에 따라 비굴착(trenchless) 방식으로 명명하기도 한다. 갱신 공법은 관로내 신규 관을 생성하는 방식에 따라 삽입 방식과 표면성형 방식으로 구분된다.

삽입(Inserted) 방식은 기존 관로 맨홀 간 1개 스패ن(Span) 내부에 새로운 관로나 튜브 등을 삽입하여 관로를 새롭게 구축하는 공법으로 삽입되는 재료 및 방식 따라 신관삽입 공법, 현장경화보강튜브(CIPP) 공법, 변형관삽입 공법, 제관공법으로 구분된다.

표면성형(Surface-applied) 방식은 기존 맨홀 간 1개 스패น(Span) 내부에 에폭시, 폴리우레탄, 레진 등의 분사를 통해 내부 표면을 코팅하여 구조적 강도를 확보하거나, 작업자가 내부로 진입하여 거푸집을 설치 후 직접 시공하는 공법으로, 분사형 공법과 내부성형 공법으로 구분된다.

2.2.3 교체(Replacement, 交替)

1) 정의

교체(Replacement, 交替)란 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우, 기존 관의 유하능력이 부족할 경우 맨홀-맨홀 1개 스패น(span)의 기존 관로를 새로운 신관으로 대체하는 갱생 방법이다. 교체를 통해 하수관로의 기능 및 내용연수 새롭게 확보할 수 있다.

2) 종류

교체 공법은 적용방식에 따라 추진 방식과 굴착 방식으로 구분된다.

추진(Pipe Jacking) 방식은 기존 관로를 파쇄 후, 기존 관로 위치에 새로운 관을 구축하는 공법이며, 기존 관로의 처리방식에 따라 기존 관로의 파편을 제거하지 않는 기존관 대체(Existing Pipe Displaced) 공법과 기존 관로나 파편을 100% 제거하는 기존관 제거(Existing Pipe Removed) 공법으로 구분된다.

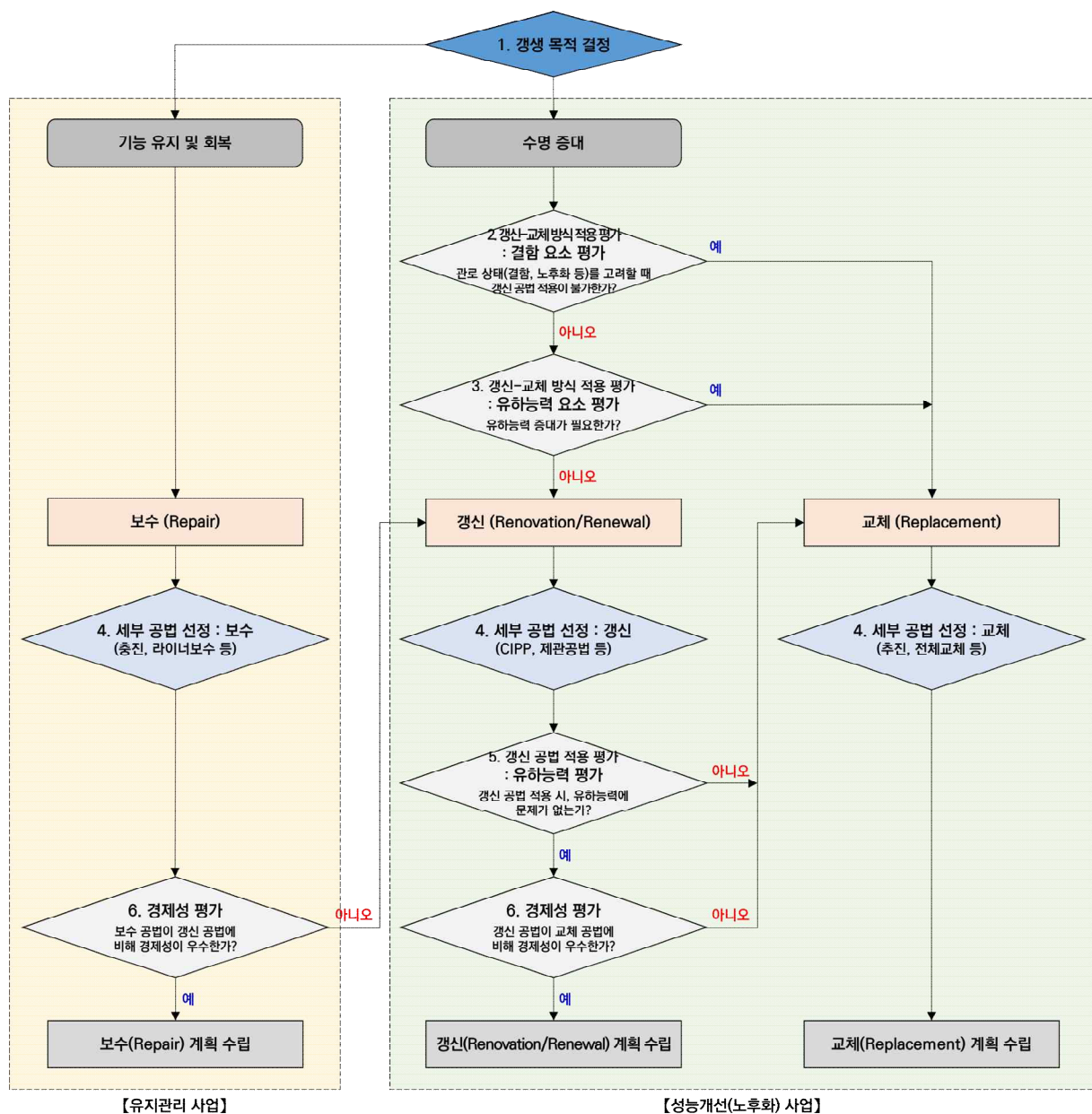
굴착(Open cut) 방식은 하수도 수리, 갱생, 교체에서 전통적인 공법으로, 관로를 수동으로 설치하기 위한 트렌치(Trench)를 굴착하는 것을 의미한다. 상대적으로 도로 포장 비용이 저렴한 경우(비포장지역 등) 혹은 환경적으로 덜 민감한 지역(교통량이 적은 지역, 인근 시설물이 적은 지역 등)에서는 가장 저렴한 공법이다. 단, 관로 교체 후 되메우기 작업 시 침하 방지를 위해 돌 또는 모래를 추가적으로 사용해야 한다.

3 하수관로 갱생 공법 선정 예시

3.1 하수관로 갱생 공법 선정 절차

하수관로 갱생 공법 선정은 갱생 목적에 따른 갱생 방식 결정 후, 유하능력, 경제성 평가 등의 세부 검토를 최종 공법 선정하는 절차로 수행된다. 본 갱생 공법 선정 절차는 『지속가능한 기반시설 관리 기본법(국토교통부, 2022)』에 근거하여 유지관리 사업(=기능 유지 및 회복)과 성능개선 사업 중 노후화(=수명 증대)로 구분하여 선정할 수 있도록 하였다.

하수관로 갱생 공법 선정 절차 예시는 다음 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 하수관로 갱생 공법 선정 절차 예시

3.2 하수관로 갱생 공법 선정 기준

3.2.1 갱생 목적 결정

하수관로 갱생 공법 선정 기준은 지자체 여건 및 하수관로 정비 사업 목적(노후 관로 정비, 불명수 저감, 통수능 증대 등)에 따라 달라질 수 있다. 본 가이드라인에서는 하수관로의 구조적 상태등급 및 세부 결함 종류 등을 종합적으로 고려하여 갱생 목적을 결정하는 방법에 대해 다음과 같이 제시한다.

- **[기능 유지 및 회복]** 관로의 수명 증대(장수명화) 없이 관로 본래의 기능을 유지하거나 회복하기 위해 수행 (=보수)
- **[수명 증대]** 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하력(耐荷力)’ 과 ‘내구성(耐久性)’ 이 저하되었거나, 유효능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우, 관로의 본래 기능 회복 뿐 아니라 소정의 내용연수를 새롭게 확보하기 위해 수행 (=갱신, 교체)

일반적으로 하수관로의 조사구간 단위 구조적 상태등급을 기준으로 “1~3등급”과 “4~5등급”으로 구분한 뒤, 관로 내 결함 종류에 따라 갱생 유무 및 목적을 결정하여 갱생 방식을 결정한다. 구조적 상태등급 및 결함 종류에 따른 갱생 유무 및 방식 결정 기준은 다음과 같다.

<표 1> 하수관로 갱생 목적 및 갱생 방식 의사결정 기준 예시

조사구간 상태등급 (구조적)	결함종류	갱생 시행 여부	갱생 목적	갱생 방식	비고
1~3등급	- 결함점수 20점 이하에 해당하는 결함 - 단, 영구장애물, 연결관(돌출)은 갱생 미시행	갱생 미시행	-	-	- 지속적인 순찰, 점검 등 시행 - 영구장애물, 연결관(돌출)은 유지관리 대상
	- 결함점수 20점 초과, 40 이하에 해당하는 결함 - 균열(길이, 원주, 복합), 표면손상, 변형(연성관), 천공, 연결관(접합부), 이음부(이탈, 단차), 라이닝결함 - 운영적 결함 항목 중, 침입수, 뿌리침입	갱생 시행	기능 유지 및 회복	보수	1~3 등급 관로 중 해당 결함이 존재해도 하수 이송에 무리가 없으며, 문제(땅꺼짐, 누수)를 유발하지 않는 관로는 갱생 대상에서 제외 - 보수 후, 관로 상태에 대한 지속적인 모니터링 필요 - 기반시설관리법 기준 “유지관리 사업” 에 해당
	- 합점수 40점 초과에 해당하는 결함 - 균열(복합), 표면손상, 라이닝결함, 변형, 파손, 천공, 이음부(단차, 손상) - 보수를 통해 관로의 구조적 결함의 개선이 어려운 결함 - 좌굴, 침하, 역경사	갱생 시행	수명 증대 (장수명화)	갱신 또는 교체	기반시설관리법 기준 “성능개선 사업(노후화)” 에 해당
4~5등급	결함 종류는 상관없음				

결함 종류 및 등급별 갱생 목적 선정 조건표는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 하수관로 결함 종류 및 등급별 갱생 목적 선정 조건표 예시

갱생 미시행
 기능 유지 및 회복
 수명 증대

결함명칭		코드	개선(안)				
			결함구분	관종구분	결함점수		
					소	중	대
균열	원주	CC	지점	강성관	3	10	25
				연성관	5	15	40
	길이	CL	연속	강성관	4	12	35
				연성관	5	15	40
	복합	CM	연속	강성관	9	30	50
				연성관	10	20	45
표면손상		SD	연속	강성관	20	35	60
				연성관	10	20	45
좌굴		BC	연속	연성관	20	40 ¹⁾	70
라이닝결함		LD	연속	-	25	45	75
변형		DF	연속	강성관	50	-	80
				연성관	25	45	75
파손		BK	연속	-	70	-	90
붕괴		CX	지점	-	-	-	100
영구장애물 ²⁾		P0	연속	-	15	25	65
천공		HL	지점	-	30	55	90
연결관	돌출	LP	지점	-	3	10	25
	접합부	LS	지점	-	3	10	30
이음부	이탈	JS	지점	-	6	17	35
	손상	JF	지점	-	7	18	40 ¹⁾
	단차	JD	지점	-	20	40	70
역경사		NS	지점	-	18	28 ¹⁾	58
침하		SG	연속	-	30 ¹⁾	60	90

1) 결함점수 20점 초과, 40점 이하지만 기능 유지 및 회복만을 위한 보수 공법으로 문제를 해결할 수 없는 결함. 즉, 수명 증대를 목적으로한 갱생 또는 교체 공법 적용이 필요한 결함

2) 영구장애물이 존재하는 관로는 갱생 공법을 적용하기 전 ‘영구장애물 제거’ 과정을 거치고, 제거 후 하수관로의 상태를 고려하여 갱생 방식을 결정하도록 함

3.2.2 갱신-교체 공법 적용 평가 : 결함 요소 평가

하수관로 내 존재하는 결함의 종류 및 관로의 상태를 종합적으로 고려하여 갱신 공법의 적용 가능 여부를 검토한다.

- 갱신 공법으로 수명 증대 및 유하능력을 회복할 수 없는 결함(좌굴, 변형, 붕괴, 침하, 역경사)이 발생한 관로에 대해서는 교체 공법을 적용

3.2.3 갱신-교체 공법 적용 평가 : 유하능력 요소 평가

CCTV 조사를 통해 관로 내 수위 및 하수 흐름 등을 검토하여 관로의 유하상태를 평가하여 현재 하수관로의 유하능력을 평가한다. 보다 정밀한 판단이 필요한 경우에는 CCTV 조사 외, 수리계산 또는 수위·유량조사 등 정밀한 관로 유하능력(통수능) 검토를 바탕으로, 기존 관로의 용량 부족 여부를 평가할 수 있다.

유하능력 평가 결과를 기반으로 갱신 공법의 적용 가능 여부를 다음과 같이 검토한다.

- 유하능력(통수능) 부족 : 용량이 부족하여 유하능력을 증대할 필요가 있을 경우에는 교체 공법 적용 → 기존 관로 관경 증대
- 유하능력(통수능) 정상 : 기존 관로의 용량이 충분하여 유하능력 증대가 필요하지 않을 경우에는 갱신 공법 적용 가능

3.2.4 세부 공법 선정

하수관로의 문제점을 해결할 수 있는 세부 공법을 선정하는 단계이며, 각 공법별 적용조건, 요구사항, 적용 효과(결함 문제 해결) 등을 종합적으로 검토하여 최적의 세부 공법 선정한다.

다음 <표 3>은 하수관로 갱생 공법별 제한조건 및 요구사항을 정리한 것으로, 각 공법별 공법사에서 제안하는 기술에 따라 제한조건 및 요구사항은 달라질 수 있다. 또한 <표 4>는 하수관로 갱생 공법별 하수관로 결함에 대한 정비 효과를 정리한 것으로, 이 역시 각 공법별 공법사에서 제안하는 기술에 따라 결함에 대한 효과 여부가 달라질 수 있다.

<표 3> 하수관로 갱생 공법별 제한조건 및 요구사항 예시

계열		공법	적용		요구사항						
			관경 (mm)	길이 (m)	세척	연결관	작업 공간	경화 시간	환형 공간 그라 우팅	구조적 보강	측면 수리 굴착 작업
보수	비구조적	부분충진	D150- D1,500	제한 없음	L2	0	X	다양	X	X	X
		전체충진	제한없음	제한 없음	L2	0	X	0	X	X	X
		실링 삽입	D900- D4,500	0.6	L2	0	X	X	다양	부분	0
	구조적	라이너보수	D100- D600	0.6	L1	0	X	0	X	X	X
		로봇보수	D200- D750	100	L1	X	X	0	X	부분	X
갱신	삽입	신관삽입	D100- D1,200	1,500	L2	X	0	X	0	0	0
		현장경화 보강튜브	D450- D1,200	200	L1	0	X	0	X	0	X
		변형관삽입	D200- D1,500	300	L2	0	X	X	X	0	X
		제관	D900- D4,500	200	L2	X	0	0	0	0	0
	표면 성형	분사형	다양	제한 없음	L1	0	X	0	X	다양	다양
		내부성형	D900 이상	제한 없음	L1	0	X	0	X	0	X
교체	추진	기존관 대체	D50- D1,350	230	L2, L3	0	0	X	X	0	0
		기존관 제거	D25- D1,500	180	L2, L3	0	0	X	X	0	0
	굴착	부분교체	-	-	X	X	0	X	X	X	0
		전체교체	-	-	X	X	0	X	X	X	0

* 비고 : L1은 세척 필수, L2 세척 권장, L3 세척 필요없음

* 단, 위 조건표는 공법사에서 제안하는 기술에 따라 제한조건 및 요구사항은 달라질 수 있음

<표 4> 하수관로 갱생 공법별 적용 효과 예시

계열		공법	균열			표면 손상	좌굴	변형	파손	붕괴	천공	연결관		이음부			역경사	침하	침입수
			원주	길이	복합							돌출	접합부	이탈	손상	단차			
보수	비 구조적	부분충진	△	△	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	△	X	X	X	0
		전체충진	△	△	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	△	X	X	X	0
		실링 삽입	0	0	0	0	X	0	X	X	0	X	X	0	△	△	X	X	△
	구조적	라이너보수	0	0	0	0	X	0	X	X	0	X	X	0	△	△	X	X	△
		로봇보수	0	0	0	0	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X
갱신	삽입	신관삽입	0	0	0	0	X	X	0	△	0	X	X	0	0	△	X	X	△
		현장경화 보강튜브	0	0	0	0	X	X	0	△	0	X	△	0	X	△	X	X	△
		변형관삽입	0	0	0	0	X	X	0	△	0	X	△	0	X	△	X	X	△
		제관	0	0	0	0	X	△	0	△	0	0	0	0	0	0	X	X	△
	표면 성형	분사형	0	0	0	△	X	X	△	X	X	0	0	X	△	X	X	X	0
		내부성형	0	0	0	0	X	X	0	X	0	0	0	0	0	△	X	X	0
교체	추진	기존관 대체	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		기존관 제거	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	굴착	부분교체	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		전체교체	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※ 연결관 접합부 및 이음부 결함 부위의 경우, 갱생 전 충전 등 전처리를 하지 않을 경우 향후 침입수 및 토사 유입에 따른 공동 생성으로 땅꺼짐 유발 가능. 이에 따라 보수(구조적), 갱신(삽입) 공법 적용 시에는 반드시 연결관 부위에 대한 전처리 작업(충진 등)이 필수임. 그 외에도 침입수 및 토사 유입(공동 생성)이 우려되는 결함에 대해서는 충전 등 전처리 작업이 필수임

※ 단, 위 조건표는 공법사에서 제안하는 기술에 따라 결함에 대한 효과 여부가 달라질 수 있음

3.2.5 갱신 공법 적용 평가 : 유하능력 평가

일부 갱신 공법은 관로 단면적을 감소시킴에 따라 시공 시, 유하능력 저하 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라 갱신 공법 적용에 따른 유하능력 저하가 문제가 되는지에 대한 검토 수행해야 한다. 단, 일부 갱신 공법의 경우에는 단면적은 감소하나, 관내 조도계수 증가로 유하능력 저하 문제가 발생하지 않는 경우도 있음에 유의한다.

만약, 갱신 후 유하능력에 문제가 발생할 것으로 판단될 때에는 교체 공법을 적용하는 것으로 결정한다.

3.2.6 경제성 평가

경제성 평가는 1)기능 유지 및 회복 대상 관로에 대해 보수 공법과 갱신 공법의 경제성 비교와 2)수명 증대 대상 관로에 대해 갱신 공법과 교체 공법의 경제성 비교로 구분된다.

[Case 1] 기능 유지 및 회복 대상 관로

- 다수의 결함 지점별 보수공법을 적용할 경우와 맨홀-맨홀(스팬) 단위 전체 구간에 갱신 공법을 통해 기능 회복을 하는 경우 소요되는 총 비용을 비교하여 경제성 평가

예> 보수 지점이 7개소(총 공사비 180만원) vs. 갱신 공법 500만원 → 보수 공법 선정
보수 지점이 20개소(총 공사비 600만원) vs. 갱신 공법 500만원 → 갱신 공법 선정

[Case 2] 수명 증대 대상 관로

- 갱신 공법을 적용할 경우와 교체 공법을 적용할 경우 소요되는 총 비용을 비교하여 경제성 평가
- 교체의 경우, 흙막이 등의 부대비용과 공사에 따른 사회기회비용 등을 종합적으로 반영

예> 차량 및 보행자 통행 빈도가 높은 지역(도심지, 간선도로 등) : 갱신 공법 500만원 vs. 교체 공법 800만원 → 갱신 공법 선정

차량 및 보행자 통행 빈도가 적은 지역(이면도로 등) : 갱신 공법 400만원 vs. 교체 공법 350만원 → 교체 공법 선정

[참조] 하수관로 갱생 공법별 정의

하수관로 갱생(Rehabilitation, 更生)이란 기존 관로에 파손, 균열, 침입수 유입 등으로 내하능력, 내구성, 유하능력이 저하된 경우, 관로의 성능을 원래의 상태로 회복하기 위한 행위를 의미한다. 갱생은 내용연수 증대 여부 및 갱생 구간·범위, 갱생 방식에 따라 “보수(repair), 갱신(renovation/renewal), 교체(replacement)”로 분류된다.

1. 보수

1.1 보수의 정의

보수(Repair, 補修)란 일부 지점에서 손상이 발생한 기존 관로를 대상으로 소정의 내용연수 내에서 해당 관로의 기능을 유지 및 회복하기 위해 기본적으로 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위로 수행하는 갱생 방법이다. 보수의 효과는 단순 기능 회복이며, 내용연수 증대 효과는 없다.

1.2 보수 공법의 종류

보수 공법은 공사 재료 및 방식에 따라 비구조적(Non-structural) 방식과 구조적 보수(Structural) 방식으로 구분된다.

1.2.1 비구조적(Non-structural) 방식

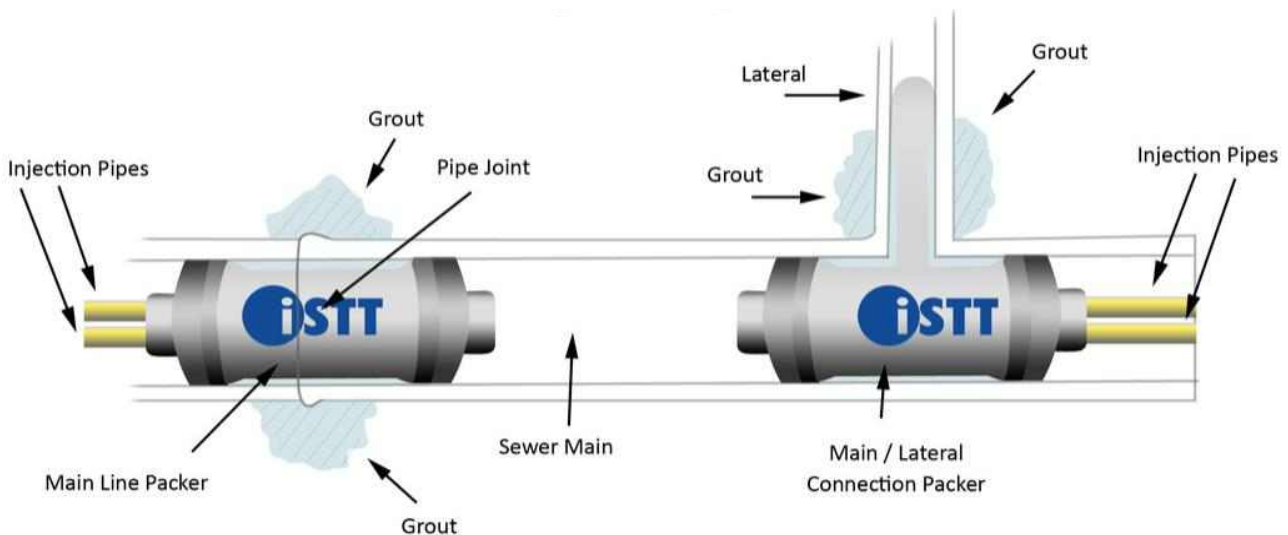
비구조적(Non-structural) 방식은 관로 내 발생한 균열이나 파손 부위에 충전제를 주입하는 부분 충전(Joint Grouting), 전체 충전(Flood Grouting) 공법과 실링 삽입(Inserted Sealing) 공법으로 구분된다. 충전 공법은 1회 시공 시 충전 범위에 따라 부분충진(패커(Packer) 1개 구간만 충전)과 전체충진(맨홀 간 1스팬(Span) 단위 동시 충전)으로 구분된다.

1) 부분 충전(Joint Grouting)

부분 충전(Joint Grouting) 공법은 충전 계열 중 가장 일반적으로 사용되는 공법으로, 그라우팅을 통해 관로에 발생한 결함 및 누수가 발생된 지점을 밀봉(Sealing)하여 보수하는 방식으로, 심각한 결함(구조적인 손상)이 발생하지 않은 지점에 사용한다. 관로의 직경에 따라 작업자가 내부로 진입하여 직접 작업하거나, 패커를 이용하여 원격을 작업하는 두 가지 방식으로 수행된다. 원격으로 부분 충전 공법을 시행할 경우, 패커의 팽창을 이용하여 관로 내에 압력을 가하여 충진이 필요한 지점을 파악한다. 압력 손실이 발생한 지점에 그라우팅을 수행한 뒤, 패커를 이동하여 작업을 마무리한다.

부분 충전 공법의 세부 분류는 그라우팅 재료에 따라 합성수지(Polymeric materials) 혹은 모르타르(Mortar) 방식으로 구분한다. 보편적으로, 불활성 폴리우레탄(PU, Polyurethane)과 레진(Resin)을 이용한 합성수지를 이용한 부분 충전 공법을 주로 사용한다. PU의 경우 경화 후 물과의 화학반응을 통해 수지 기반 재료를 생성하며, 레진의 경우 젤(Gel) 타입으로 굳어 시공이 편리한 장점이 있다.

다음 <그림 3>은 패커를 활용한 부분충진공법의 시공 모식도이다.



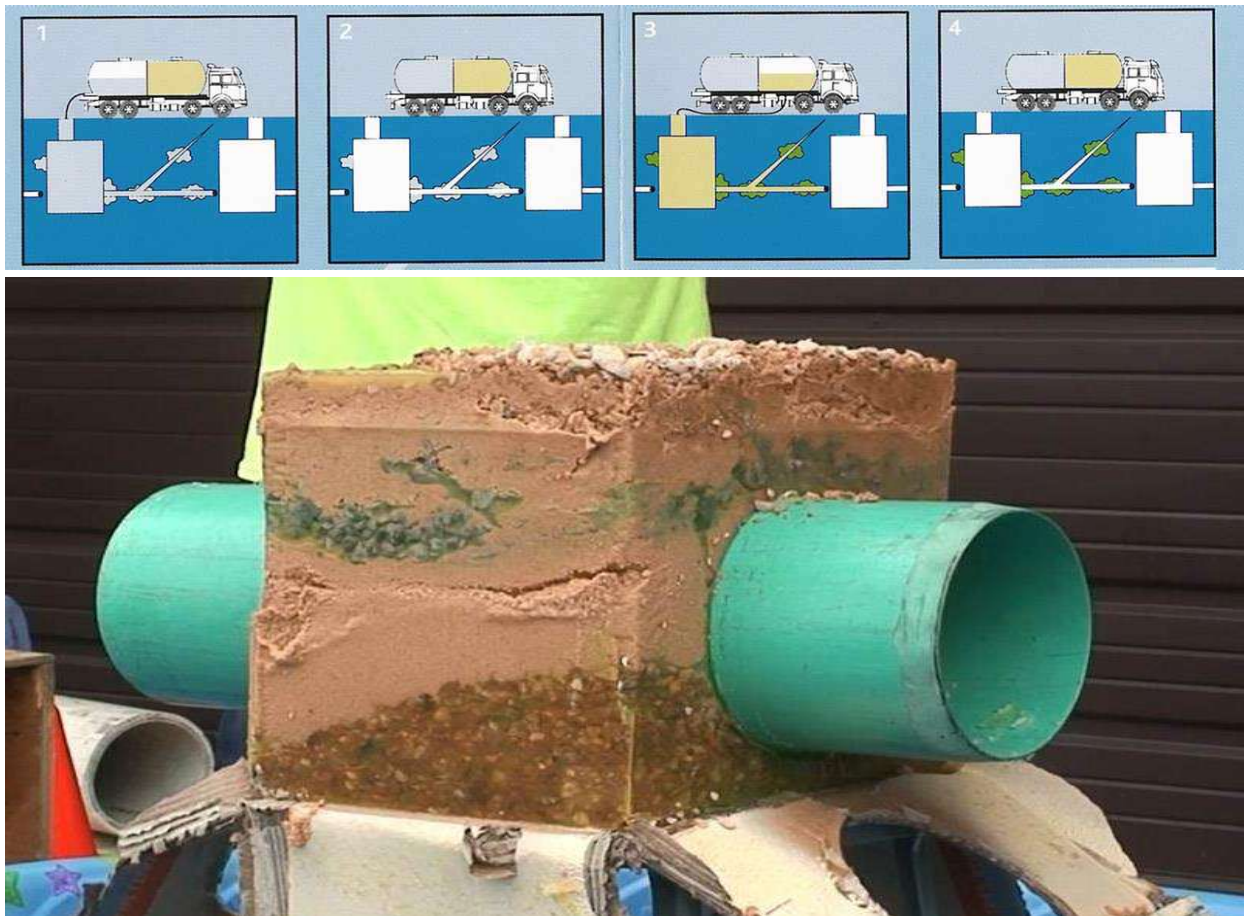
<그림 3> 패커(Packer)를 활용한 부분충진공법(Joint Grouting)의 시공 예시

Joint Grouting by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

2) 전체 충전(Flood Grouting)

전체 충전(Flood Grouting) 공법은 화학적 안정화(Chemical Stabilization)를 이용한 밀봉 방법으로서, 두 액체 화합물 간의 화학반응을 활용하여 관로 내 고체 충전물을 형성시키는 공법이다. 전체 충전 공법의 원리는 액체 화합물을 관로 내부에 주입하여 결합지점 인근 지반으로 화학물질을 유출시킨 후, 관로 내 모든 물질을 제거한다. 이후, 두 번째 액체 화합물을 결합지점 인근 지반으로 유출하여 두 가지 화학물간의 고체 충전물 형성을 유도한다. 형성된 고체 충전물을 통해 결합지점 인근 지반의 결함을 밀봉한다.

다음 <그림 4>는 전체 충전 공법의 시공 원리 및 시공 사례를 보여주는 모식도이다.



<그림 4> 화학적 안정화(Chemical Stabilisation)를 활용한 전체충진공법(Flood Grouting) 모식도
Chemical stabilisation/flood grouting by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/chemical-stabilisation-flood-grouting/>)

3) 실링 삽입(Inserted Seals)

실링 삽입(Inserted Seals)은 관로의 직경에 맞는 크기로 제작되며, 일반적으로 부식 방지를 위해 고정판은 스테인리스로 구성되며 관로 표면과 스테인리스 판의 밀봉(실링)을 위해 겹면은 고무 재질로 구성된다. 독일문화권(독일-DSTT, 네덜란드-NSTT)에서는 커프스(Cuffs; Manchetten), 영미권에서는 기계식 씰(Mechanical Seals, 혹은 조인트 씰(Joint Seal)이란 용어로 사용되기도 한다.

실링 삽입의 경우, 스테인리스로 구성된 구조체의 내부에는 크기를 조절할 수 있는 별도의 장치가 존재하며, 해당 장치를 활용하여 관로 벽에 고정한다. 일반적으로 실링 삽입은 설치 대상 관로의 형상(원형, 난형, 타원형)에 맞게 맞춤 제작되며, 사용하는 모든 관로 재질(콘크리트관, 강관, 점토관, 연성관 등)에 적용할 수 있다.

다음 그림은 시중에서 적용 중인 실링 삽입 제품의 예시 사진이다.



<그림 5> 실링 삽입 공법 관련 제품 예시

Mechanical Seals by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/mechanical-seals/>)

스테인리스 프레임 내부에 톱니형 캐치(Catch)가 적용되어 링을 조절하여 관로 벽에 고정할 수 있으며, 대부분의 관로 재질(콘크리트관, 강관, 점토, 연성관 등)에 적용된다. 또한, 맞춤 제작을 통해 다양한 유형(난형, 타원형 등)에 적용할 수 있다.

1.2.2 구조적(Structural) 방식

구조적(structural) 보수 방식은 관로 내부 결함 부위에 구조적 보강이 가능한 보강재(라이너, 모르타르 등)를 부착하여 구조적 안정성을 확보하기 위한 공법으로 보강재 재료 및 공사 방식에 따라 라이너 보수, 로봇보수로 구분된다.

1) 라이너 보수

라이너 보수(Short Liner, Connection Liner) 공법은 관로 내부에 라이너를 성형 혹은 삽입하는 공법으로, 국내 KS 기준에서는 보강라이닝으로 명시되어 있다. 가장 대표적인 라이너 보수(Short Liner) 공법으로는 현장경화보강튜브(CIPP, Cured-In-Place Pipe)를 이용하는 현장경화패치(CIPR, CIPP-Patch Repair) 공법이 있다. 라이너 보수 공법은 관로 내의 결함을 보수하기 위해 부분적으로 갱생(Renovation/Renewal) 공법 계열 중 라이닝(Lining) 공법을 차용한 것이 특징이다.

라이너 보수 공법은 관로의 측면 보수에 한정되지 않는다. 특히, 연결부(Connection)에 발생한 결함을 보수하는 주요 공법이다. 일반적으로 직경이 넓은 관로의 경우 작업자가 내부로 진입하여 라이너를 설치하며, 내부 진입이 어려울 경우 팽창식 패커(Packer)를 사용하여 로봇이나 원격케이블을 활용해 원격으로 설치한다.

라이너 보수 공법은 CIPP 공법과 동일하게 경화방식에 따라 세부적으로 분류할 수 있다. 단, CIPP에서 주로 사용되는 온수/증기 경화와 달리, 라이너 보수 공법에서는 패커의 팽창을 통해 일정시간 라이너를 고정 상태로 유지하여 경화하는 상온경화가 주로 사용된다.

<그림 6>의 첫 번째는 라이너 보수 공법 사용을 위해 현장에서 팽창식 패커에 함침수지를 조립하는 모습이며, 두 번째는 CIPR이 적용된 T자형 팽창식 패커를 활용해 연결관을 부분 라이닝한 예시이다.



<그림 6> 현장 경화 패치(CIPR)에 사용되는 패커 조립 및 연결관 라이닝 시공 예시

CIPP-Patch Repair by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/cipp-patch-repair/>)

Lateral Connection Sealing/Top Hat Installation by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/lateral-connection-sealing-top-hat-installation/>)

2) 로봇 보수

로봇 보수(Robotic Spot Repair) 공법은 로봇을 이용하여 원격으로 하수관로 내부의 결함 및 파손된 부위에 대해 표면성형 방식의 부분 보수(Spot Repair)를 총칭한다. 로봇은 관로 내부에서 에폭시 수지(Epoxy Resin), 모르타르 등을 이용하여 하수관로의 표면에 대한 구조적 보수 작업을 수행한다. 추가적으로 로봇 보수는 충전(Joint Grouting) 방식의 공법이나 라이너 보수(Short Liner) 공법 등과 연계되어 연마, 드릴링 등 다양한 기능을 통해 관로 보수 및 재성형 작업을 수행하기도 한다.

다음 <그림 7>은 로봇 보수를 활용한 시공 예시이다.



<그림 7> 로봇 보수(Robotic Repair)를 활용한 시공 예시

Robotic Repair by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/robotic-repair/>)

2. 갱신

2.1 갱신의 정의

갱신(Renovation/Renewal, 更新)이란 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우 손상된 지점(point)이나 부분(segment) 단위의 수리가 아닌, 맨홀-맨홀 1개 스패ن(span) 전체를 대상으로 기존 관로를 철거하지 않고 기존 관로 내부에 새로운 관로를 구축하는 갱생 방법이다.

갱신을 통해 기존 관로의 내하능력, 내구성, 유하능력 등 기능 회복 및 소정의 내용연수를 새롭게 확보(장수명화)할 수 있다.

2.2 갱신 공법의 종류

갱신 공법은 적용방식에 따라 비굴착(trenchless) 방식으로 명명하기도 하며, 기존 관 내부에 새로운 관을 생성하는 방식에 따라 삽입방식과 표면성형 방식으로 분류된다. 또한, 갱신 공법을 통해 갱생된 관로는 “자립관, 복합관, 2층구조관”으로 구분된다.

[자립관] 기존 관로의 강도를 기대하지 않고, 기존 관로 내부에 구축된 라이너가 스스로 외력에 견딜 수 있는 저항력을 확보하여 신관과 동등 이상의 내하능력, 내구성을 갖는 관로 (기존 관로가 대부분 손상되거나 심하게 변형되었을 경우, 하수관로 주변의 공극으로 인해 안정화 작용이 이루어지지 않을 경우, 향후 하중 증가가 예상될 경우에 적용)

[복합관] 기존 관로와 내측의 갱생재가 일체화되어 외력에 견딜 수 있는 저항력을 확보하여 신관과 동등 이상의 내하능력, 내구성을 갖는 관로

[2층구조관] 외력에 견딜 수 있는 저항력(강도)을 갖는 기존 관로 내부에 라이너를 구축한 관로. 기존 관로의 잔존강도가 충분히 확보된 경우에 적용하며, 일반적으로는 부식이나 침입수/유입수의 대책으로 사용됨

2.2.1 삽입 방식

삽입(Inserted) 방식은 기존 관로 맨홀 간 1개 스패ن(Span) 내부에 새로운 관로나 튜브 등을 삽입하여 관로를 새롭게 구축하는 공법으로 삽입되는 재료 및 방식 따라 신관삽입 공법, 현장경화보강튜브(CIPP) 공법, 변형관삽입 공법, 제관공법으로 구분된다.

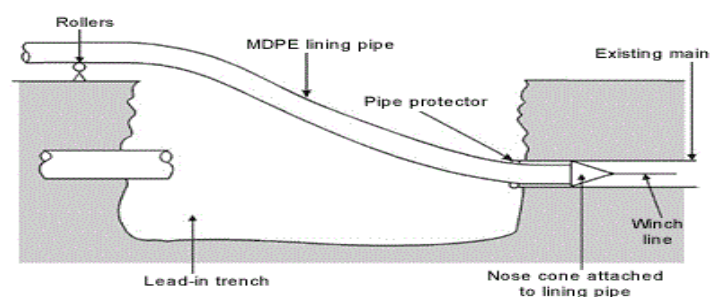
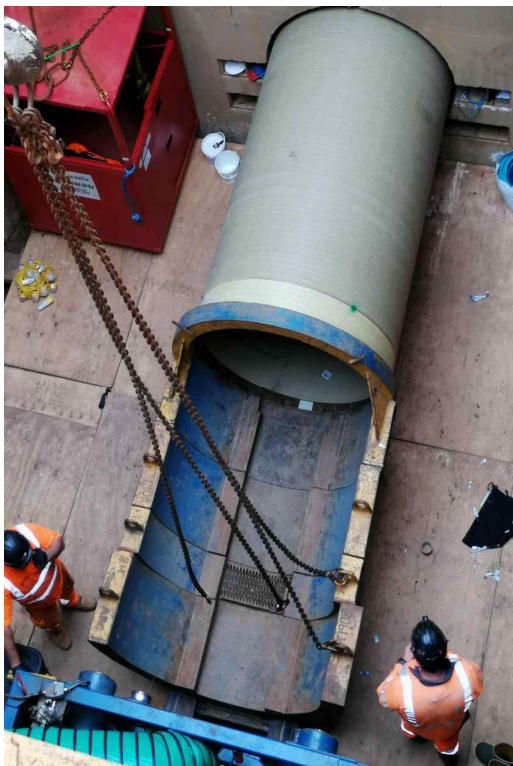
1) 신관삽입 공법

ISO 11295	Lining with continuous pipe, Lining with discrete pipes,
ISO 11296-2	Lining with pipe segments

삽입형 보강공법 계열 중 신관삽입(슬립라이닝, Sliplining) 공법은 하수관로 갱신을 위해 삽입될 신설관을 모관의 직경 및 길이를 고려하여 사전에 준비한다. 신관삽입 공법은 모관에 삽입되는 신설관에 따라 연속관(Continuous Pipe) 삽입과 부분관(Pipe Segments) 삽입으로 구분된다.

연속관(Continuous) 삽입의 경우 모관에 삽입되는 신설관의 재질은 고밀도폴리에틸렌(HDPE) 또는 가용성폴리염화비닐(PVC)으로 제작된 연성관을 현장에서 조립하여 시공한다. 연속관 삽입은 소구경 관로에 적합한 공법으로서, 신설관을 모관에 삽입 후, 견인하고 모관과 신설관 사이의 환형공간을 그라우팅하여 모관과 신설관을 하나의 복합체로 구성하는 방식으로 수행한다.

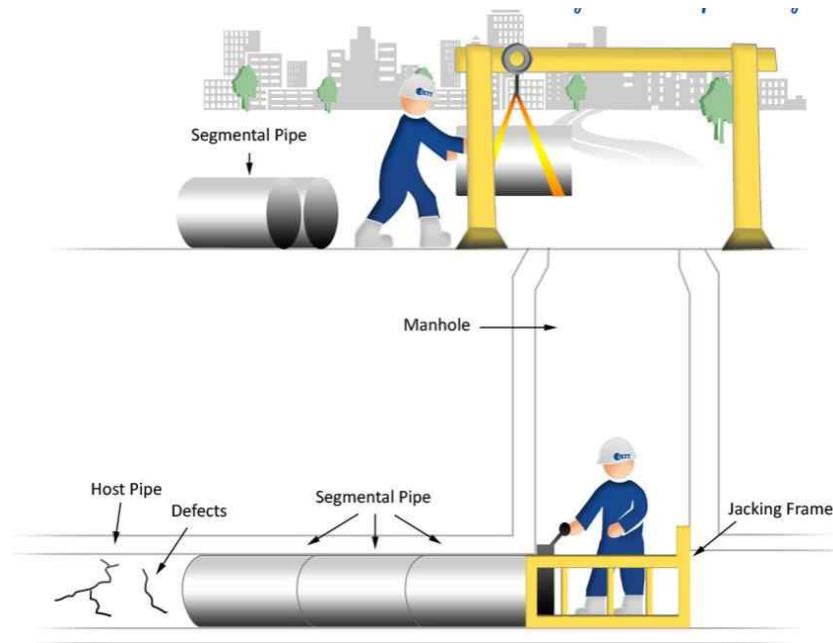
신관삽입 공법은 모관의 직경이 감소하는 단점이 있다. 단, 일반적으로 신설관이 모관 대비 마찰력이 작은 재질을 사용하여 직경 감소로 인한 수리적 용량 감소를 흐름 특성을 개선하여 최소화할 수 있다.



<그림 8> 연속관(Continuous Pipe) 삽입 공법 모식도 및 시공 예시

Sliplining by UKSTT, 2024, <https://www.ukstt.org.uk/pf/sliplining/>.

부분관(Pipe Segments)을 이용한 신관삽입공법은 공장에서 제작된 패널 형태의 부분관을 이용한다. 일반적으로 패널은 재질은 GRP(Glass-fiber Reinforced Plastic) 혹은 GRC(Glass-fiber Reinforced Concrete)로 이루어지며, 모관의 직경에 맞춘 성형되며, 삽입과 동시에 내부에서 조립하여 신관을 성형하게 된다.



<그림 9> 부분관(Pipe Segments) 삽입 공법 모식도

Renovation Slip Lining by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)



<그림 10> 패널(Panel) 라이너가 적용된 부분관 삽입 공법 관내 시공 전경

Panel lining systems by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/panel-lining-systems/>)

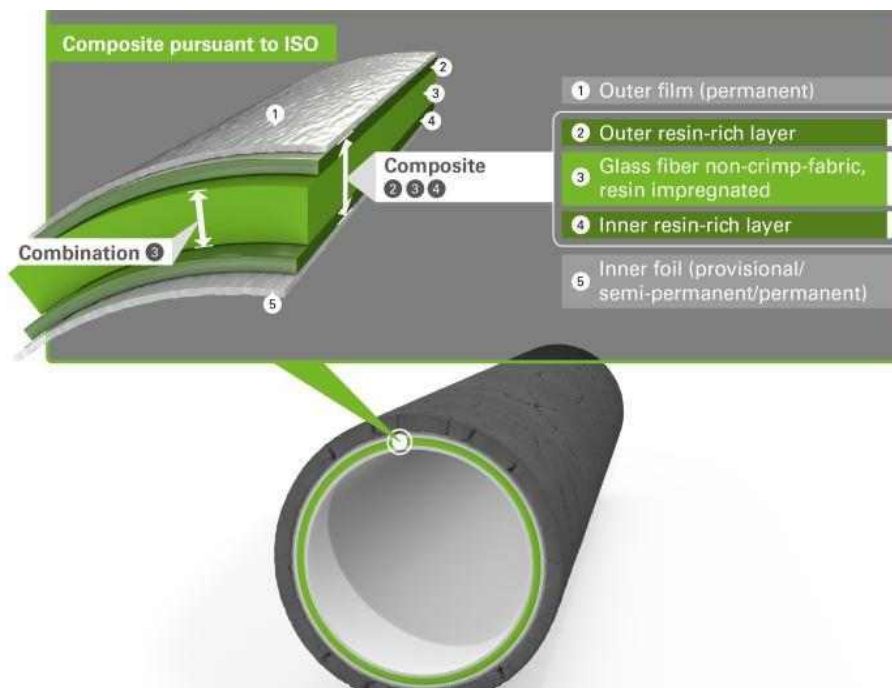
타 공법 대비 저비용이지만, 모관의 직경이 감소한다는 단점이 존재한다. 단, 모관에 비하여 신설관의 재질이 마찰력이 작으므로 흐름 특성을 개선하여 직경 감소로 인한 수리적 용량 감소를 최소화할 수 있다.

2) 현장경화보강튜브 공법

ISO 11296-4	Lining with cured-in-place pipes
-------------	----------------------------------

삽입형 공법 중 가장 대표적이며, 대중적인 공법인 현장경화보강튜브(CIPP, Cured-In-Place Pipe)는 국내뿐 아니라 전 세계적으로 비굴착 보수공법 중 가장 선호되는 공법으로써, 국내 KS 기준에서도 현장경화보강튜브 항목으로 별도로 제시되어 있다. 일반적으로, 관로 내벽에 설치되는 라이너는 부식에 강하며 사용되는 재질에 따라 모관에 적용되는 일부 하중을 분담하는 역할까지 수행한다.

현장경화보강튜브 공법은 경화 방식에 따라 크게 온수경화, 증기경화, 광경화(UV, LED) 3가지 타입으로 분류할 수 있다. 또한, 라이너를 다양한 재료(유리섬유, 천, 부직포, 폴리에스테르 등)로 구성하여, 구조적인 역할을 기대할 수 있다. 사용되는 라이너 수지는 폴리에스테르(Polyester), 비닐에스테르(Vinyl ester), 에폭시(Epoxy) 등 다양한 재료로 구성되며, 경화 공정에 따라 내부 배합 및 화학 성분이 변화된다. 단, 시공 시 운송 및 설치 절차 중에 발생하는 문제로부터 라이너를 보호하기 위해 외부는 별도의 코팅(폴리우레탄, PE, PVC)을 추가해야 한다. 아래의 그림은 CIPP 공법에 적용되는 라이너를 구성하는 하나의 예시로서, 다층구조로 구성된 CIPP 라이너의 모습을 보여준다.



<그림 11> CIPP 공법에 사용되는 라이너의 내부 상세 구조 예시

Wall Thicknesses for Cured-in-Place Pipe Liners by SAERTEX multiCom, 2021
(<https://www.saertex-multicom.de/en/blog/wall-thicknesses-cured-in-place-pipe-liners/>)

CIPP 공법은 지하수 침입 방지 및 관로 내압 과다와 외부 하중으로 인한 모관의 균열 발생 등 내·외압을 구조적으로 지지할 수 있도록 설계할 수 있다. 구조적인 문제가 발생하지 않은 관로에서는 라이너를 얇게 구성하여 비구조적인 솔루션으로도 활용하는 등 적용되는 범위가 매우 넓다. 원형, 비원형, 난형, 박스형 등 다양한 형태의 관로에 모두 적용이 가능하며, D50mm~D3,000mm까지 폭넓게 적용된다. 또한, 공사구간 내 나타나는 직선, 굴곡진 부분, 직경변화 등 다양한 변화 조건에서도 유연하게 대처 가능한 장점을 가진다.

CIPP 공법은 선행적으로 물돌리기와 세척을 요구하고 있으며, 관로 측면부에 존재하는 다양한 문제점(연결관 돌출 등)을 제거하여 매끄러운 표면 상태를 만들어야 한다. 시공과정은 라이너를 공기 또는 수압을 이용하여 반전(反轉)시키는 방식으로 진행하게 되며, 일정 압력하의 반전 매체에 의해 부풀려진 상태로 모관 내부에 고정하는 방식으로 진행된다. 이후, 경화(硬化)과정을 통해 최종적으로 내부 라이닝을 형성한다.

다음 <그림 12>는 현장경화보강튜브 공법의 시공 모식도이다.



<그림 12> CIPP 라이닝 공법을 활용한 시공 모식도
Cured-in-Place Pipe (CIPP) by iSTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

3) 변형관삽입 공법

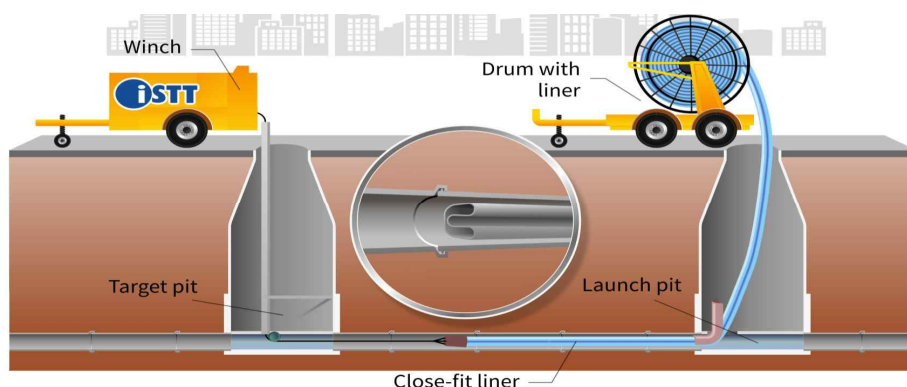
ISO 11296-3	Lining with close-fit pipes
-------------	-----------------------------

변형관삽입(Close-fit Pipes) 공법은 모관에 삽입되는 관로의 외경이 모관의 내경과 밀착되도록 설계되는 공법으로서 일반적인 신관삽입(Sliplining) 공법에 비하여 모관과 신설관 사이에 발생하는 환형(環形, annular space) 공간이 매우 작다. 국내 해설서의 경우 현장경화보강튜브(CIPP)와 그 특징이 유사하여 보강튜브 공법으로 분류되어 있으며, 견인공법으로 소개한다.

변형관삽입 공법에서 사용되는 신관 재료는 열가소성(熱可塑性; 가열하면 연화하여 쉽게 변형되고 식히면 다시 굳어지는 성질) 소재를 활용한다. 신관삽입공법에 비하여 라이너의 굴곡이 최소화되는 장점이 있으며, 직선인 관로에 라이닝을 매우 효과적으로 형성한다. 외력(압축, 장력 등)으로 변형되는 특성을 이용하여 모관의 내경과 신관의 외경이 일치되도록 구성한다.

변형관삽입공법은 변형하는 방식에 따라 크게 두가지 방식이 있는데, 밴드 혹은 온도를 이용하여 신설관을 접는 형태의 접기-성형(Fold and Form) 방식과 추가적인 기계 장치나 특정한 재질을 활용해 관로 삽입 시 직경을 감소시키는 축소/확장(Concentric Reduction/Expansion) 방식으로 구분한다.

다음 <그림 13>은 견인방식(Winch)으로 수행되는 변형관삽입 공법의 시공 모식도이다.



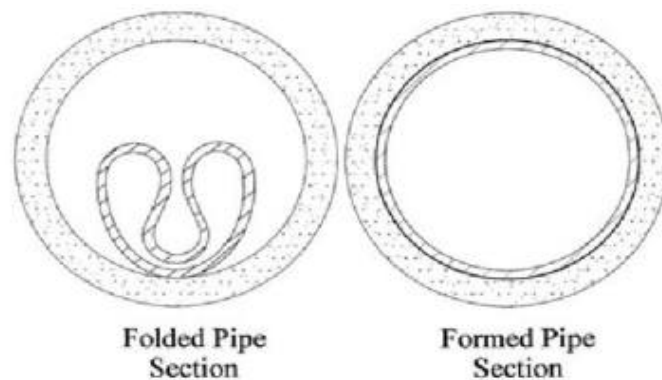
<그림 13> 접기 및 성형을 활용한 변형관삽입 시공 모식도

Fold-and-Form by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

접기-성형(Fold and Form) 방식의 변형관삽입공법은 시공현장에서 접는 콜드-폴드(Cold-folded liner in site, Subline) 방식과 접힌 상태로 생산된 라이너를 활용하는 핫-폴드(Hot-folded, Pre-folded liner in factory)로 구분된다. ISTT에서는

혼합식(Thermal-Mechanical)으로 분류하는 공법으로 두 가지 타입 모두 신설관을 U형상으로 성형하여 모관으로 삽입하는 방식이다. 콜드-폴드방식의 경우 별도의 기계장치와 밴드(Retaining Band)를 활용하여 U자형으로 성형하게 되며, 모관에 삽입후 반전(Reversion)은 수압(Pressure by water)으로 이루어진다. 핫-폴드 방식의 경우 생산과정에서 U자형으로 생성되며, 모관에 삽입 후 반전은 증기(Pressure by hot steam)로 이루어진다.

다음 <그림 14>는 접기-성형 방식의 변형관삽입 공법을 적용하여 변형된 신관이 모관에 삽입되는 모습을 나타낸 모식도이다.



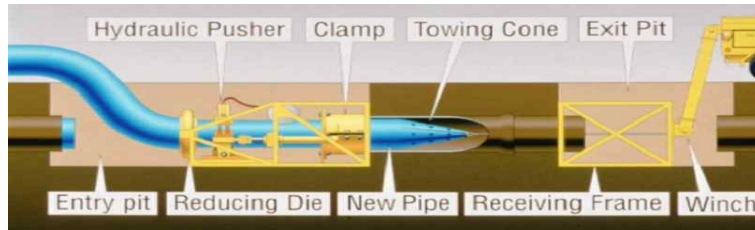
<그림 14> 접기-성형(Fold and Form) 방식의 타이트-핏(Tight-fit) 라이닝 공법

Fold and Form Method for Close-fit Lining by United States Federal Highway Administration
(Thornton, et al.(2005). Culvert Pipe Liner Guide and Specifications)

축소/확장(Concentric Reduction/Expansion) 방식의 변형관삽입공법은 기계적 장치 혹은 화학적 원리를 활용하여 직경을 변형하여 삽입한다. 직경을 변형하는 방식에 따라 기계식(롤러식 - Rollover, Roller Reduction, 다이식 - Swagelining, Die drawn), 화학식(MIPP, Melt in Place Pipe)으로 구분한다. 기계식 공법인 롤러식과 다이식 모두 신설관 직경을 감소시키기 위한 별도의 기계적 장치를 모관 앞에 배치하여 높은 장력이 걸린 신설관을 당겨 모관에 고정, 팽창시키는 방식으로 진행한다.

일반적으로 라이너인 신설관의 외경은 모관의 내경과 동일하게 제조되며, 삽입 후 설치지점에서는 증기 또는 별도의 장치를 이용하여 반전이 이루어진다. 화학적 원리를 이용한 MIPP 라이닝의 경우 유리섬유와 폴리프로필렌 필라멘트(Polypropylene filament)로 구성된 라이너 튜브를 모관에 삽입하고, 증기나 뜨거운 공기를 이용하여 폴리프로필렌 소재를 녹여 유리 보강재를 캡슐화하여 용융 혼합물을 형성한다. 해당 혼합물은 고무 반전 튜브를 이용하여 모관에 밀착되게 되며, 해당 재료가 냉각되어 모관과 유리섬유 강화 폴리프로필렌 복합체를 형성하게 된다.

다음 <그림 15>는 축소/확장 방식의 변형관삽입 공법 중 다이식이 적용된 가장 대표적인 공법인 Swagelining의 시공 모식도이다.



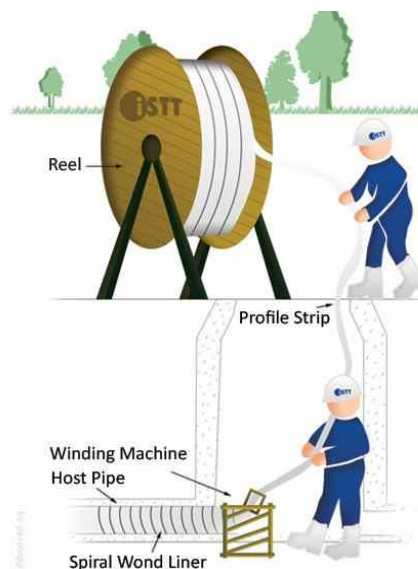
<그림 15> 축소/확장(Concentric Reduction/Expansion) 방식이 적용된 Swagelining 공법 모식도
Swagelining by PWTrenchless, 2024 (<https://www.pwtrenchless.com/trenchless-methodologies/swagelining/>)

4) 제 관 공법

ISO 11296-7	Lining with spirally-wound pipes
-------------	----------------------------------

제관(Spirally-wound) 공법은 압출 제작된 폴리염화비닐(PVC)을 대형 코일에 감아 제작된 라이너 코일을 이용한다. KS 기준에서는 제관공법으로 명시되어 있다. 고정식, 이동식 모두 시공이 가능한 특징을 가지며 시공시 별도의 물돌리기 공법을 요구하지 않으나 라이너와 모관의 사이에 환형공간이 발생하므로, 시공이 끝난 후, 별도의 그라우팅을 진행해야 한다. 단, 중력식 관로에 한정된 공법으로 압력관(가스관, 상수도관 등)에는 사용할 수 없다.

다음 <그림 16>은 나선형 와인딩(Spiral Winding)을 활용한 제관공법의 시공 모식도이다.



<그림 16> 나선형 와인딩(Spiral Winding)을 활용한 제관공법의 시공 모식도
Spiral-Wound by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

시공방법은 대형 코일(Coil)에 프로파일(Profiled)된 PVC 스트랩(Strap)을 이용하여 모관에 라이너를 형성한다. 특수 기계를 통해 모관으로 감아 넣는 방식으로 이루어지는 공법으로서, 이음새 사이에 고무링을 추가적으로 삽입하여 수밀성을 확보한다. 라이너의 삽입이 끝난 후, 그라우팅을 통해 환형공간을 제거하고 모관과의 복합체를 형성한다.

다음 <그림 17>은 특수기계를 이용하여 나선형 와인딩을 수행 중인 작업 예시이다.



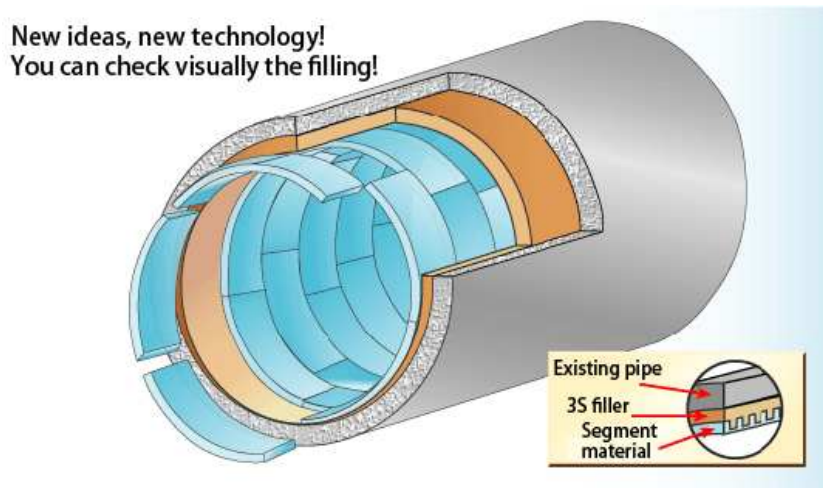
<그림 17> 특수 기계를 활용한 나선형 와인딩(Spiral Winding) 시공 현장

Lining with spirally wound pipes by RTI, 2024

(<https://www.rti.eu/en/rohrsanieerung/sanieerung-freispiegelleitungen/spirally-wound-pipes/>)

특수한 제관공법의 일종으로는 3S 공법으로 알려진 조립식 공법이 있다. 3S 공법의 경우 부분관은 세그먼트로 구성되어 소켓(Socket)의 씰(Seal)을 통해 라이너를 형성하며, 고밀도폴리에틸렌(HDPE), 폴리염화비닐(PVC) 또는 유리강화플라스틱(GRP) 등, 비부식성이며 내마모성이 뛰어난 소재로 제작된다.

다음 <그림 18>은 3S 라이너가 적용된 부분관 삽입 공법이 적용된 관내 모식도이다.



<그림 18> 3S 라이너가 적용된 부분관 삽입 공법 관내 모식도

3S segment method by COPRO, 2015 (https://www.copro.co.jp/business/construction_3s_en.php)

2.2.2 표면성형 방식

표면성형(Surface-applied) 방식은 기존 맨홀 간 1개 스패ن(Span) 내부에 에폭시, 폴리우레탄, 레진 등의 분사를 통해 내부 표면을 코팅하여 구조적 강도를 확보하거나, 작업자가 내부로 진입하여 거푸집을 설치 후 직접 시공하는 공법으로, 분사형 공법과 내부성형 공법으로 구분된다.

1) 분사형 공법

ISO 11295	Lining with sprayed polymeric materials
-----------	---

표면성형(Surface-applied) 중 분사형(Spray) 공법은 합성수지 혹은 모르타르를 활용하여 내부 표면을 다듬는 공법이다.

합성수지(Polymeric Materials)를 이용한 분사형 공법은 모관 표면에 고분자 재료인 합성수지를 분사하여 내부 표면을 매끄럽게 만드는 공법으로서, 현장경화보강튜브(CIPP) 공법과 특성이 매우 유사하게 나타난다. 특히, 폴리머 밀봉을 활용해 균열 및 누수 결함을 효과적으로 개선하며, 타 공법 대비 상대적으로 시공이 매우 빠른 특징을 가진다. 단, 구조적으로 문제가 발생한 관로에는 부분적으로 적용되며, 타 공법 대비 모관의 세척이 매우 중요하다. 특히, 시공 시 폴리머 재료의 특성상 별도의 악취 및 품질관리 대책을 요구한다.

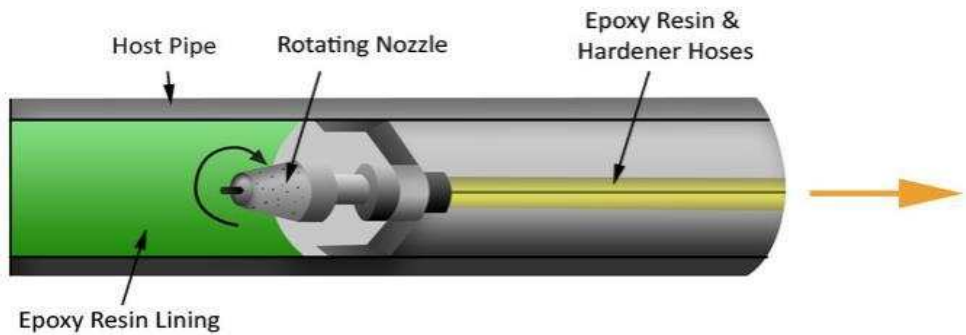
작업자가 내부 진입 가능 여부에 따라 시공방법이 다르다. 내부 진입이 가능할 경우, 휴대용 스프레이 건(Spray gun)을 사용하여 내부 라이너를 성형한다. 단, 별도의 환기 시스템이나 호흡 장비를 구비하여 작업자의 안전관리 대책이 필수적으로 요구한다. 내부 진입이 불가능한 경우, 원격 제어 분사 시스템을 사용한다. 일반적으로 라이너로 사용되는 재료에 따라 에폭시(Epoxy), 폴리우레탄(PU, Polyurethane), 레진(Resin)으로 구분된다.

다음 <그림 19>는 스프레이건을 활용하여 합성수지 라이너를 형성하는 시공 예시이다.



<그림 19> 합성수지 라이닝(Polymeric Materials Lining) 시공 예시

An Eye on Spray-Applied Pipe Lining by Trenchless Technology, 2021
(<https://trenchlesstechnology.com/an-eye-on-spray-applied-pipe-lining/>)



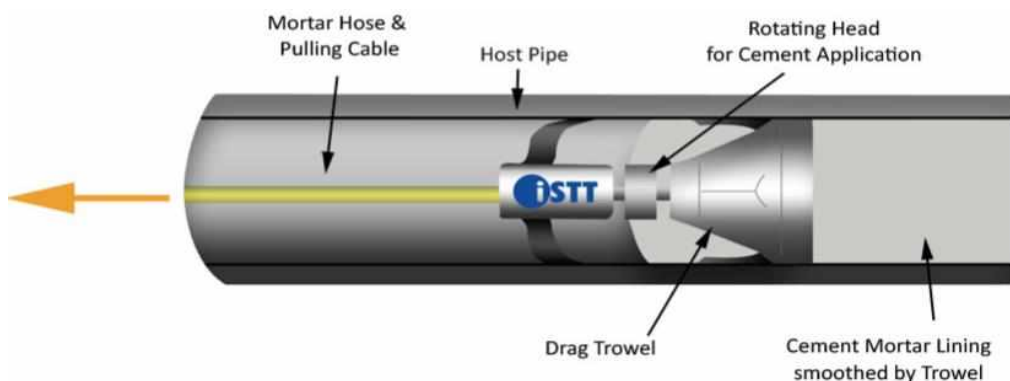
<그림 20> 합성수지 라이닝 계열 중 에폭시(Epoxy) 라이닝을 활용한 시공 모식도

Spraytechnieken by NSTT, 2024 (<https://www.nstt.nl/kenniscentrum/technieken/renovatie/spray-technieken/>)

모르타르 라이닝(Mortar Lining)은 관로의 표면성형(Surface-applied)을 위해 시멘트 모르타르를 분사하는 공법으로 부식 방지를 위해 4mm의 두께 이상으로 성형한다. 합성수지 라이닝과 동일한 방식으로 시공되며, 작업자의 안전 및 세척의 중요성 역시 동일하다. 라이너로 사용되는 모르타르는 일반적으로 시멘트를 사용하나, 혼합물을 사용하는 공법도 존재한다. 대표적인 혼합물로는 포졸란(Pozzolan), 결정형성광물 및 강화섬유 등을 사용한 CCCPL(Centrifugally Cast Concrete Pipe Lining) 혹은 산업단지의 산성 조건에서 사용되는 지오폴리머(Geopolymer) 등이 존재한다.

일반적으로 모르타르 라이닝은 소구경의 압력관에서 발생하는 부식 방지를 위해 사용되며, 저렴하며 시공이 간편하다는 장점이 있다. 하지만, 합성수지 라이너 대비 두께가 두꺼우며, 경화속도가 느린 단점이 존재한다. 일반적으로, 관로의 벽에 배치된 보강 직물을 별도로 설치하여 복합구조체를 형성시키는데 주로 사용된다. 합성수지 기반의 분사형 공법 대비 시멘트를 사용하는 모르타르 기반 분사형 공법의 사용 비중은 점차 감소하는 추세이다.

다음 <그림 21>은 작업자가 관내 접근하기 힘든 작은 직경의 관로에 원격 제어 분사 시스템을 적용하여 모르타르를 활용한 분사형 공법의 시공 모식도이다.



<그림 21> 모르타르 라이닝 계열 중 시멘트(Cement) 라이닝을 활용한 시공 모식도

Spraytechnieken by NSTT, 2024 (<https://www.nstt.nl/kenniscentrum/technieken/renovatie/spray-technieken/>)

2) 내부성형 공법

관 내부 성형(Formed In Place Pipe) 공법은 작업자가 내부 진입이 가능한 대형 관로에 적용되는 공법으로 작업자가 내부로 진입하여 관로 혹은 터널 내부에서 보강물을 직접 성형하는 공법을 말한다.

관 내부 성형에는 내부 시공되는 형상에 따라 철근콘크리트, 영구 거푸집 시스템 공법으로 구분된다. 철근콘크리트 성형의 경우 모르타르 기반 분사형 공법과 유사하게 수행되나 관벽의 보강재로 철근을 사용하여 주요 하중을 지탱하는 구조에 기반한 차이점이 있다. 다른 방법으로는 거푸집을 사용하여 성형하는 방법으로 금속, 목재로 제작된 거푸집을 모관 내에 구성하고 거푸집과 모관 사이에 발생된 파손 부위에 그라우트 믹스(grout mix)를 채워 경화시킨 뒤 거푸집을 제거하는 전통적인 방식이 있다.

다음 <그림 22>는 작업자가 내부성형을 위해 철근을 직접 시공하는 예시이다.



<그림 22> 내부성형 시공 예시

Bear Creek Drain Sinkhole Spray Lining by Macomb County Government, 2023

(https://www.macombgov.org/sites/default/files/files/2023-01/press_release_-_bear_creek_drain_sinkhole_spray_lining.pdf)

3. 교체

3.1 교체의 정의

교체(Replacement, 交替)란 기존 관로가 파손, 노후화 등으로 인해 ‘내하능력’과 ‘내구성’이 저하된 경우, 유하능력을 유지할 수 없을 우려가 발생하거나 유지할 수 없게 된 경우, 기존 관의 유하능력이 부족할 경우 맨홀-맨홀 1개 스패н(span)의 기존 관로를 새로운 신관으로 대체하는 갱생 방법이다.

교체를 통해 하수관로의 기능 및 내용연수 새롭게 확보할 수 있다.

3.2 교체 공법의 종류

교체 공법은 적용방식에 따라 추진 방식과 굴착 방식으로 구분된다.

3.2.1 추진 방식

추진(Pipe Jacking) 방식은 기존 관로를 파쇄 후, 기존 관로 위치에 새로운 관을 구축하는 공법이며, 기존 관로의 처리방식에 따라 기존 관로의 파편을 제거하지 않는 기존관 대체(Existing Pipe Displaced) 공법과 기존 관로나 파편을 100% 제거하는 기존관 제거(Existing Pipe Removed) 공법으로 구분된다.

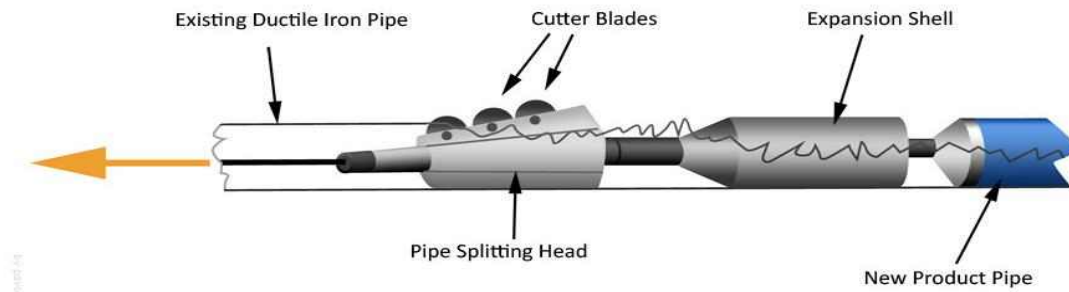
1) 기존관 대체 공법

(1) 관로 분할 공법

관로 분할(Pipe Splitting) 공법은 부서지기 쉬운 모관 재료에 한정되어 적용되는 파관(Pipe Bursting) 공법의 단점을 극복하기 위해 도입되었다. 강철, 연철, PVC, PE 등의 강관 및 연성관 재질의 관로에 적용된다.

파관 공법에서 사용되는 파열 헤드(Bursting Head)를 커팅 헤드(Splitting Head)로 대체한 공법으로, 경사진 롤러형 블레이드(Blades)로 구성된 절단날을 통해 모관을 찢고 잔해를 인근 지반으로 밀어내는 방식으로 진행된다. 단, 절단 후 신관 삽입 시, 절단된 모관의 모서리에 신관이 손상될 가능성이 높으므로, 찢긴 모관이 주변 지반으로 충분이 밀려나도록 주의하여야 한다.

다음 <그림 23>은 간략화된 관로 분할 공법의 시공 모식도이다.



<그림 23> 관로 분할(Pipe Splitting) 공법의 시공 모식도

Pipe Splitting by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)



<그림 24> 관로 분할(Pipe Splitting) 공법의 시공 현장

Pipe Splitting by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/pipe-splitting>)

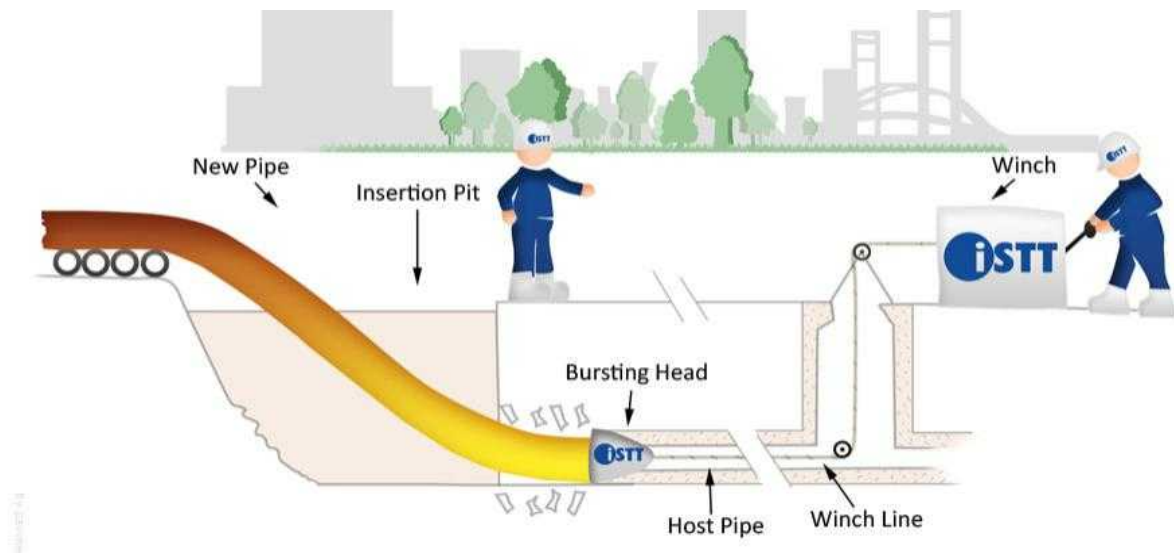
(2) 파관 공법

ISO 21225-1	Pipe bursting
-------------	---------------

파관(Pipe Bursting) 공법은 시공시 주변의 시설물(상수관로, 통신관 등)에 대한 영향을 최소화하기 위해 도입되었다. 파관 장치는 파열봉(bursting rods), 절단날(cutting blades), 원뿔형 확장기(conical expander)로 구성되며, 파열봉과 절단날이 모관을 조각으로 파쇄한 후, 확장기가 모관 잔해를 주변의 지반으로 밀어 넣어 신관을 삽입한다.

모관의 파편이 주변 지반으로 완전히 밀려들어 가지 않아 발생하는 문제점이 있을 수 있다. 특히, 신설관의 재질이 PE, PVC 같은 연성관일 때, 표면 스크래치(Scratch)로 인한 구조적인 문제가 발생할 수 있으므로 모관 파편으로 인한 신관의 손상에 유의해야 한다.

다음 <그림 25>는 파관공법의 간략화된 시공 모식도이다.



<그림 25> 파관(Pipe Bursting) 공법의 시공 모식도

Pipe Bursting by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

파관공법은 사용장비에 따라 공압식(Pneumatic/Dynamic) 혹은 수압식(Hydraulic/Static)으로 분류된다.

공압식·수압식 파관공법의 세부 공법별 차이를 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 파관(Pipe Bursting) 공법의 세부 공법(공압식/수압식)에 따른 차이

세부 공법	공압식(Pneumatic/Dynamic)	수압식(Hydraulic/Static)
적용 대상	하수관로(강관 제외)	상수관로 및 가스관
지반 조건	연질 점토, 압축성 토질	
사용 장비	공압장비 사용	유압장비 사용
교체 방식	공기 압축 해머 시스템 활용	당기는 방식

공압식(Pneumatic/Dynamic) 파관공법의 경우 전체 파관 공법 사용의 80%에 해당된다. 해당 공법의 경우 압축 공기를 분당 180~580회 타격하는 장치로 이루어지며, 공압식 원뿔형 헤드는 가이드 케이블에 부착되어 있어 파열 헤드와 모관을 정렬한다. 공기압 공급 호스는 신관을 통과하여 파열 헤드에 연결된다. 견인 케이블(Winch Line)은 모관을 통과하여 파열 헤드에 부착된다. 공압장치를 이용하여, 일정한 공기압이 가해지는 견인 케이블을 활용하여 모관 내부에서 파쇄하며 신관을 이동시키는 매커니즘을 사용한다.

다음 <그림 26>은 공압식 파관공법이 적용 중인 현장 예시이다.



<그림 26> 공압식 파관(Pipe Bursting) 공법의 시공 현장
 Pipe Bursting by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/pipe-bursting>)

시공된 파관 공법의 20%에 해당되는 수압식(Hydraulic/Static) 파관공법의 경우 유압 장치를 사용하여 파열 헤드를 모관 내부로 삽입하는 방법으로서, 별도의 신설관을 이동시키는 메커니즘은 존재하지 않는다. 견인 케이블(Winch Line)을 파열 헤드에 부착하여 신설관을 당기는 단순한 방식으로 진행된다.

다음 <그림 27>은 수압식 파관공법이 적용 중인 현장 예시이다.



<그림 27> 수압식 파관(Pipe Bursting) 공법의 시공 현장
 Pipe Bursting by UKSTT, 2024 (<https://www.ukstt.org.uk/pf/pipe-bursting>)

2) 기존관 제거 공법

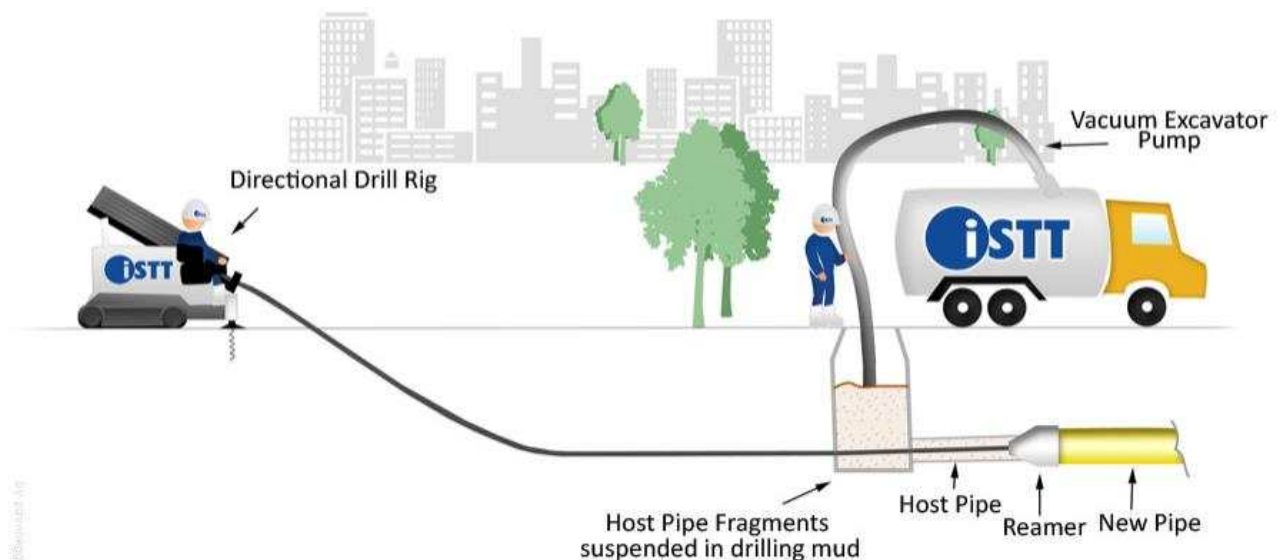
(1) 관로 리밍 공법

관로 리밍(Pipe Reaming) 공법은 모관의 파편으로 인한 건설 폐기물을 남기는 기존관 대체 공법의 단점을 해소하기 위한 공법으로, 모관의 잔해를 완전히 제거하는 공법특성을 가진다. 수평 방향 드릴링(Drilling) 장비를 사용하는 HDD(Horizontal Directional Drilling) 공법과 동일한 원리를 사용하여 모관을 파쇄-교체한다.

관로 리밍 공법은 드릴 스트링(Drill string)이 모관에 삽입되고, 리머(Reamer; 회전하는 절삭공구)가 헤드에 부착되어 신설관을 당기며 모관을 파쇄-교체하는 원리를 이용한다. 파관공법과 달리, 드릴링 머드(Drilling Mud) 형태로 모관의 파편은 완전히 제거되어 지반의 교란을 최소화한다. 지반 교란이 적고, 토양의 이동이 발생하지 않는다는 점에서 관로 리밍 공법은 바위, 자갈 등이 많은 단단한 지반에도 사용 가능하다.

리밍 공법에서 사용되는 신관 재질은 경우 PE, 강관 등이 있으며, 모관의 수리적 용량이 부족하여 관경 확장이 필요한 지역에 적합한 공법이다.

다음 <그림 28>은 관로 리밍 공법에 대한 시공 모식도이다.



<그림 28> 관로 리밍(Pipe Reaming) 공법의 시공 모식도

Pipe Reaming by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

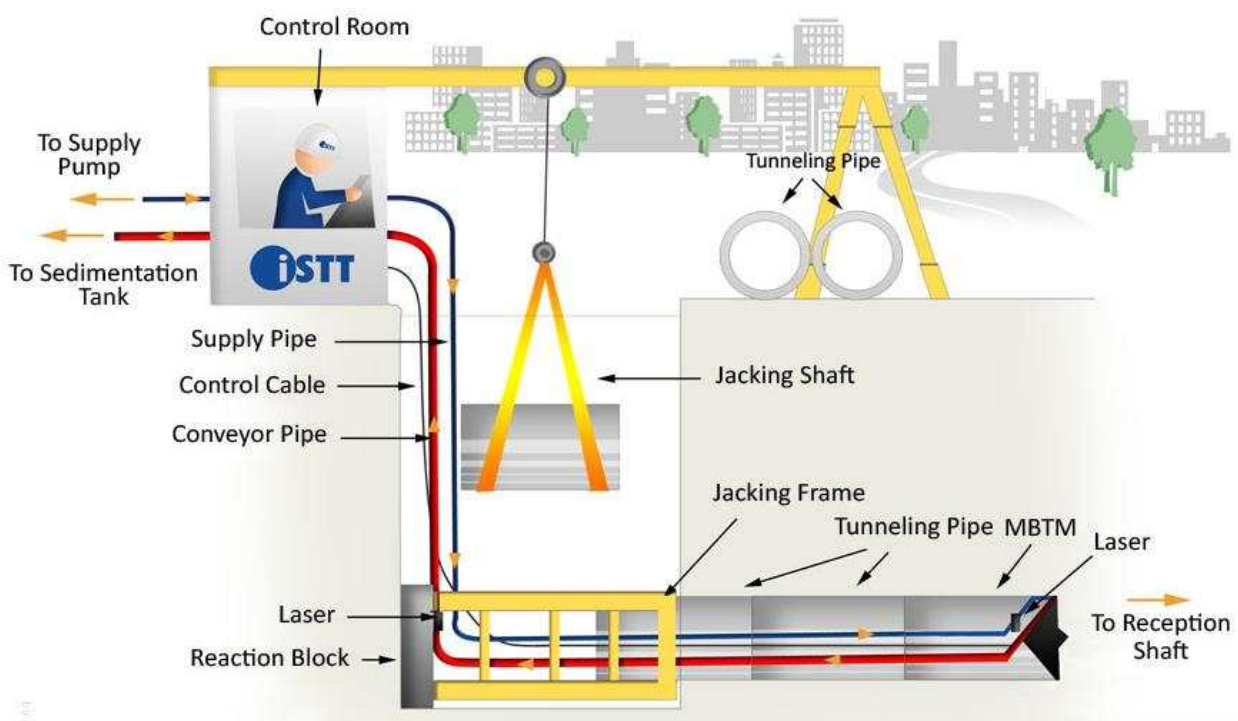
(2) 관로 이식

ISO 11295	Pipe eating
-----------	-------------

관로 이식(Pipe Eating) 공법은 강력한 유압잭(Hydraulic jack)을 활용하여 신관을 모관에 삽입하는 공법으로, 마이크로터널링(Micro-tunnelling) 장비를 통해 모관을 굴착(파쇄)-교체한다. 신설(New Installation) 공법 계열 중, 폐쇄형 전면 기법(Close Front)의 원리와 동일한 방식으로 수행된다.

이식 공법에서 사용되는 마이크로터널링 장비는 전면의 보링 머신(MTBM, Micro-Tunneling Boring Machine)을 통해 모관을 굴착 및 파쇄하며, 드릴 쉴드(Tunnelling machine shield)를 통해 시추공을 지지함과 동시에 유압 잭을 통해 드릴 쉴드를 전면으로 밀어낸 공간에 신관을 삽입한다.

다음 <그림 29>는 마이크로터널링 장치를 활용한 관로 이식 공법의 간략화된 시공 모식도이다.



<그림 29> 마이크로터널링을 활용한 관로 이식(Pipe Eating) 공법의 시공 모식도

Pipe Jacking/Microtunnelling by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology>)

(3) 관로 추출

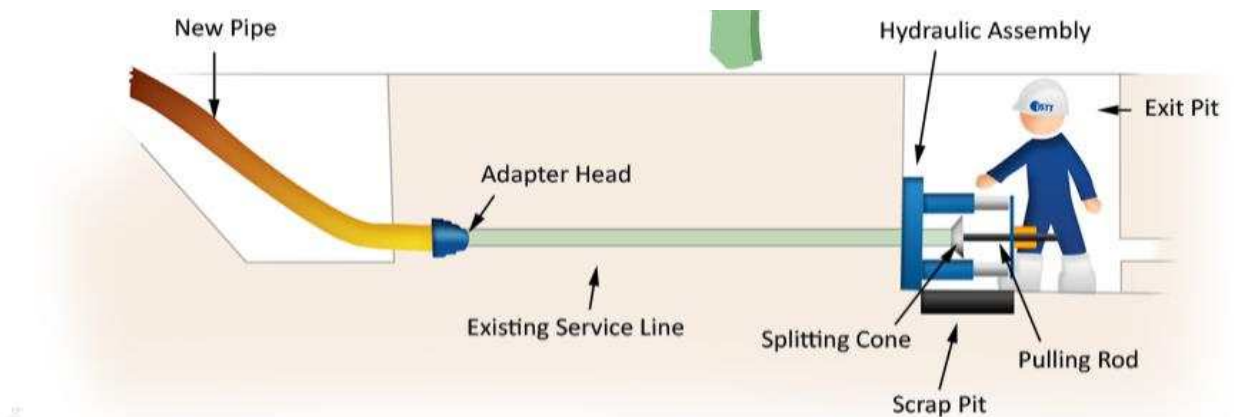
ISO 21225-1	Pipe extraction
-------------	-----------------

관로 추출(Pipe Extraction) 공법은 기존 관로를 추출 및 제거하고 새로운 관로로 교체하는 공법으로서, 기존 관로를 깨끗하게 제거하고 신관을 매설한다.

모관의 끝에 케이블을 설치하고, 신설관은 원뿔형 헤드(Adapter Head)에 장착되어 케이블을 당기는 방식으로 진행된다. 단, 추출된 모관은 별도의 칼날장치(Splitting Cone)을 통해 절단하여 외부로 제거한다.

일반적으로 관로 추출 공법은 강관 재질의 소구경 관로를 교체하는데 적용되며, 환형공간이 발생 시 케이블을 따라 별도의 그라우팅을 수행하여 고정하는 추가 작업이 필요하다. 또한, 모관을 당길 때 발생한 지반과의 마찰로 인하여 파쇄된 모관의 파편이 내부에 남겨지는 단점이 있다.

다음 <그림 30>은 관로 추출 공법에 대한 시공 모식도이다.



<그림 30> 관로 추출(Pipe Extraction) 공법을 활용한 시공 모식도

Pipe Extraction by ISTT, 2024 (<https://istt.com/trenchless-technology/>)

3.2.2 굴착(Open cut) 방식

굴착(Open cut) 방식은 하수도 수리, 갱생, 교체에서 전통적인 공법으로, 관로를 수동으로 설치하기 위한 트렌치(Trench)를 굴착하는 것을 의미한다. 상대적으로 도로 포장 비용이 저렴한 경우(비포장지역 등) 혹은 환경적으로 덜 민감한 지역(교통량이 적은 지역, 인근 시설물이 적은 지역 등)에서는 가장 저렴한 공법이다. 단, 관로 교체 후 되메우기 작업 시 침하 방지를 위해 돌 또는 모래를 추가적으로 사용해야 한다.

1) 부분 교체(Partial replacement)

스팬(span) 단위가 아닌 부분적인 본단위 관로의 굴착 교체를 의미한다. 전체 교체와 가장 큰 차이점은, 기존관과의 이음부에는 보강링(Joint Seals) 공법을 병행 사용하여 수밀성을 확보해야 한다.

2) 전체 교체(Line replacement)

가장 정통적인 공법으로 맨홀-맨홀 간의 스패ن(span) 단위에 해당하는 전체 관로에 대한 굴착 교체를 의미한다. 관로의 붕괴, 뿌리 막힘 등 전체에 대한 개선이 필요한 경우 적용되며, 세척, 이물질 제거 등 별도의 작업을 요구하지 않는다.