

화성1송수관로

[2구간]

제1장 시설물 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 외관조사

제4장 재료시험

제5장 상태평가

제6장 보수·보강 및 유지관리 방안

제7장 종합결론

제1장 시설물 개요

1.1 시설물 현황

1.2 시설물 관련도면

제 1 장 시설물 개요

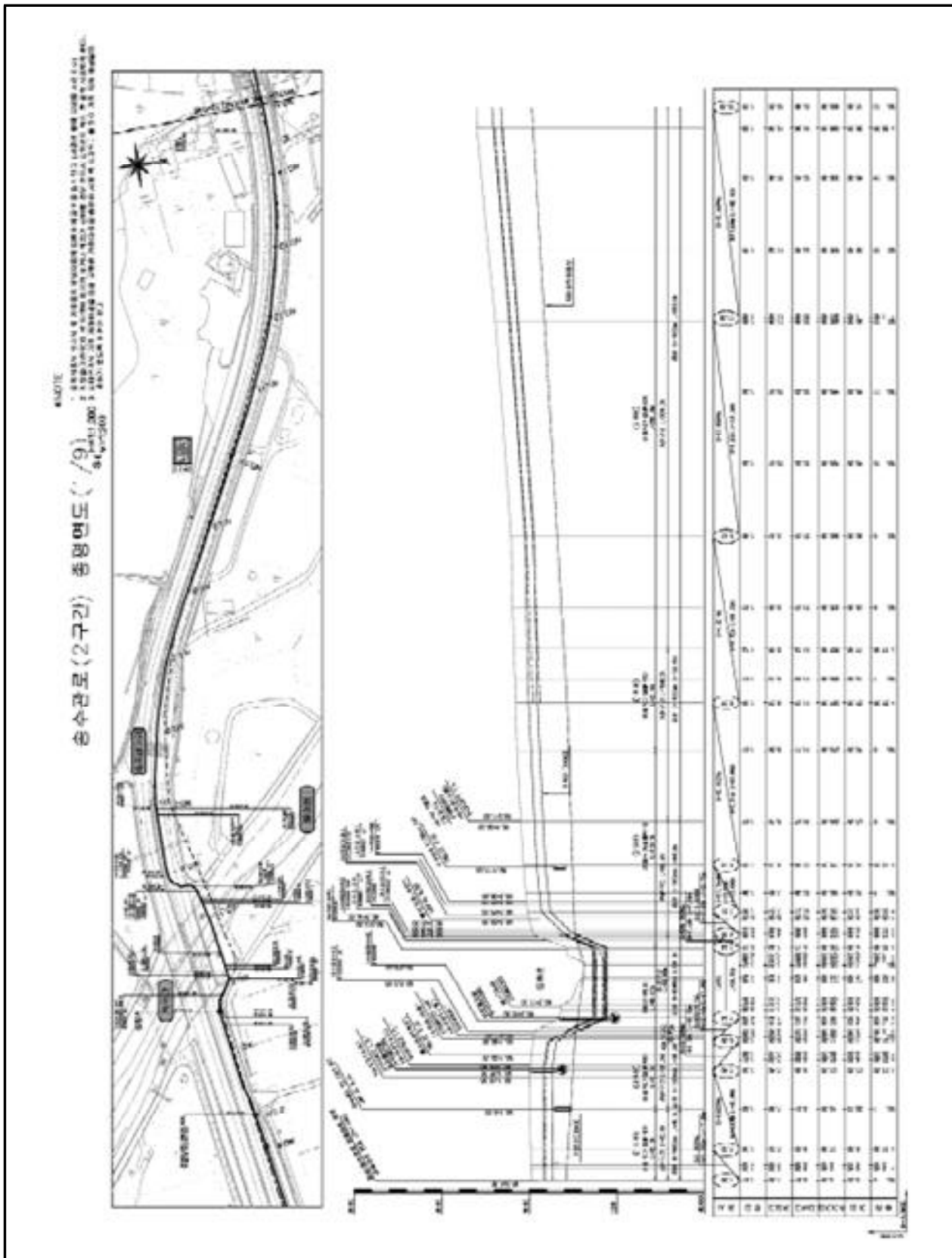
1.1 시설물 현황

【표 1.1】 시설물 현황

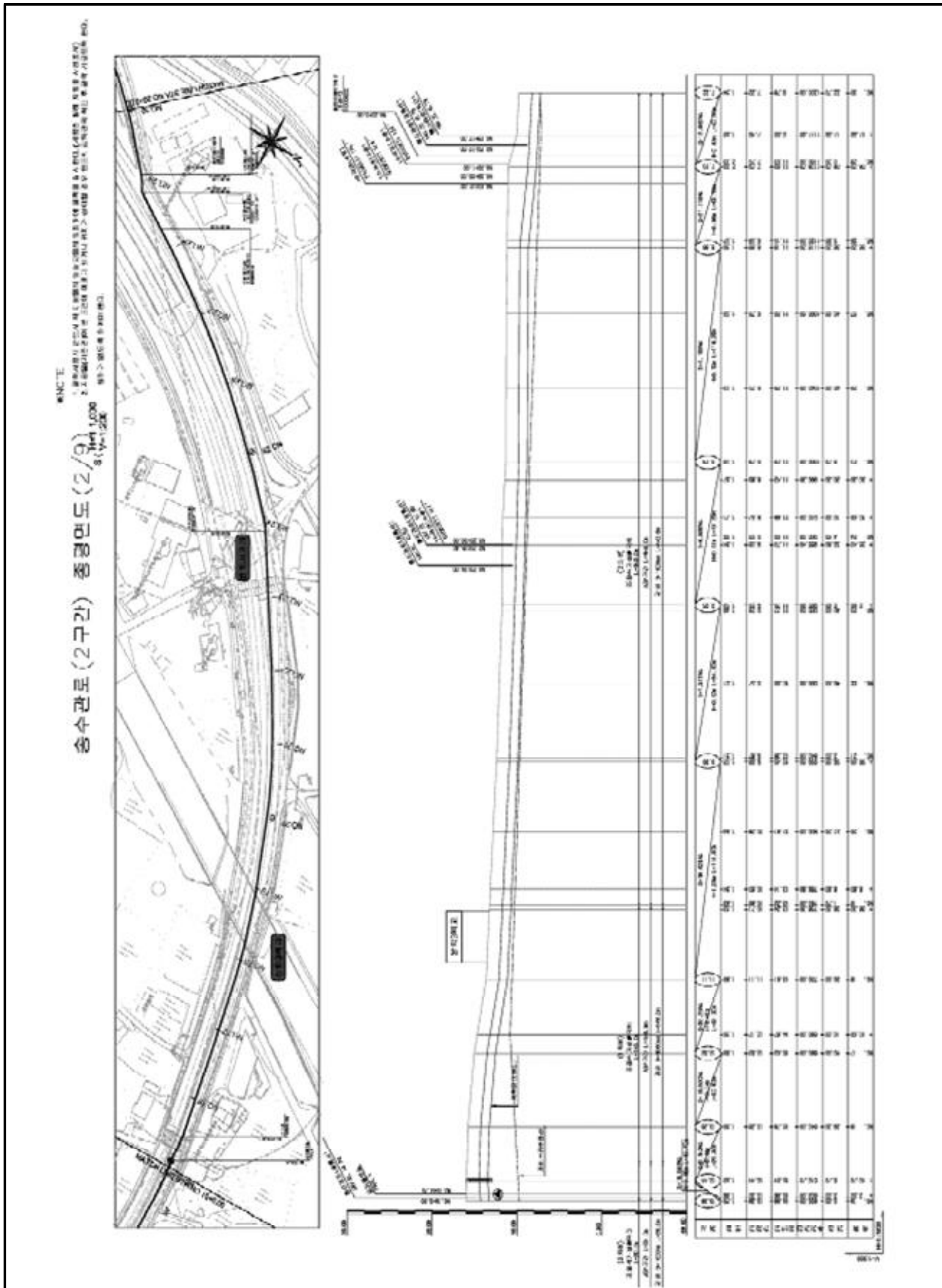
구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	화성1송수관로(2구간)	시설물번호	WS2019-0000014
준공년월일	2019년 05월 24일	시설물 종별	2중
시설물위치	경기도 화성시 일원		
관리주체	화성시 맑은물사업소		
규 모	송수01구간 연결관로 ~ 송수02구간	D=1,000mm, L=219.0m, 수도용 도복장 강관	
	송수02구간 ~ 합류밸브실	D=1,000mm, L=4,372.0m, 수도용 도복장 강관	

【사진 1.1】 시설물 위치도

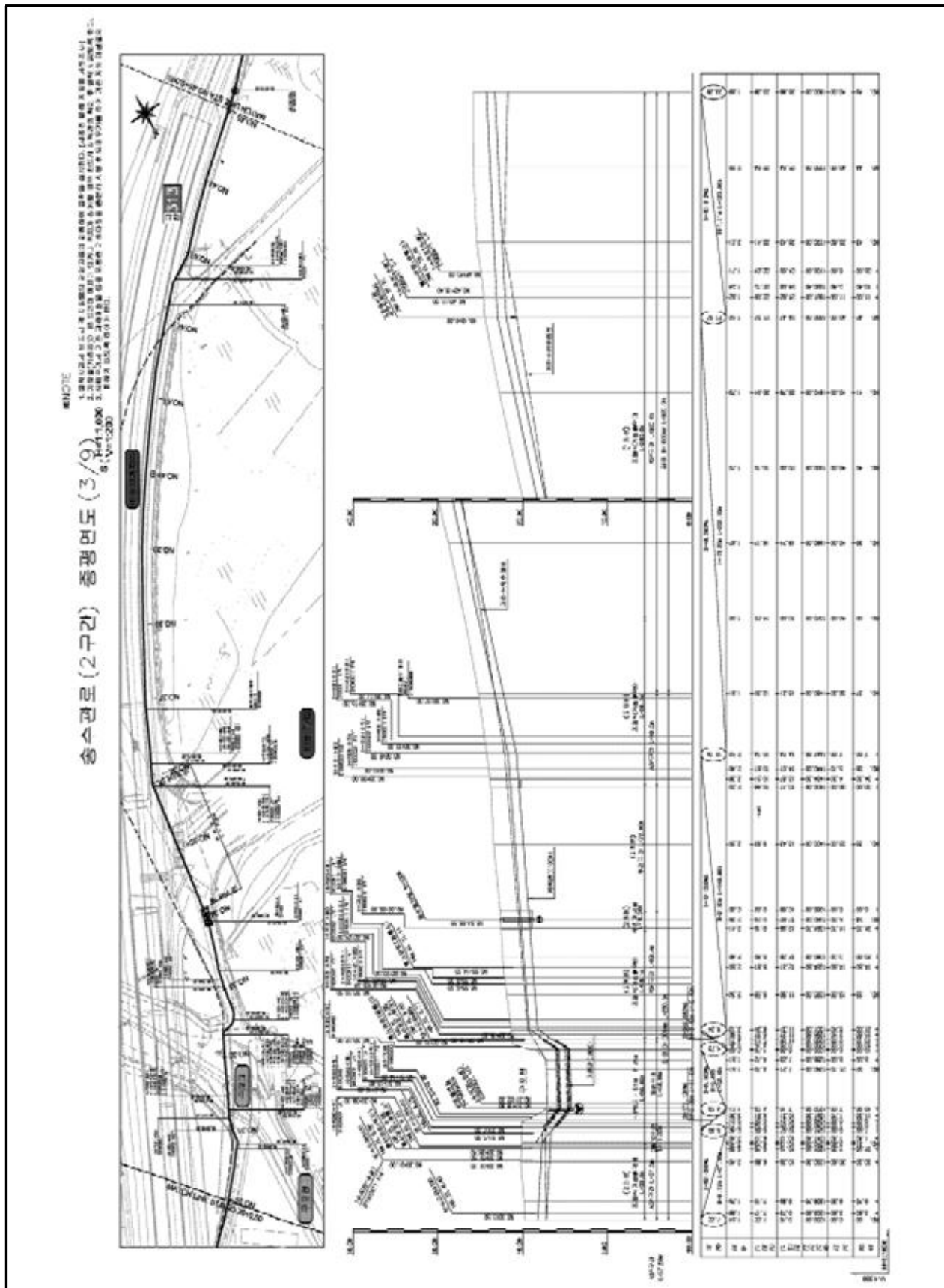
1.2 시설물 관련도면



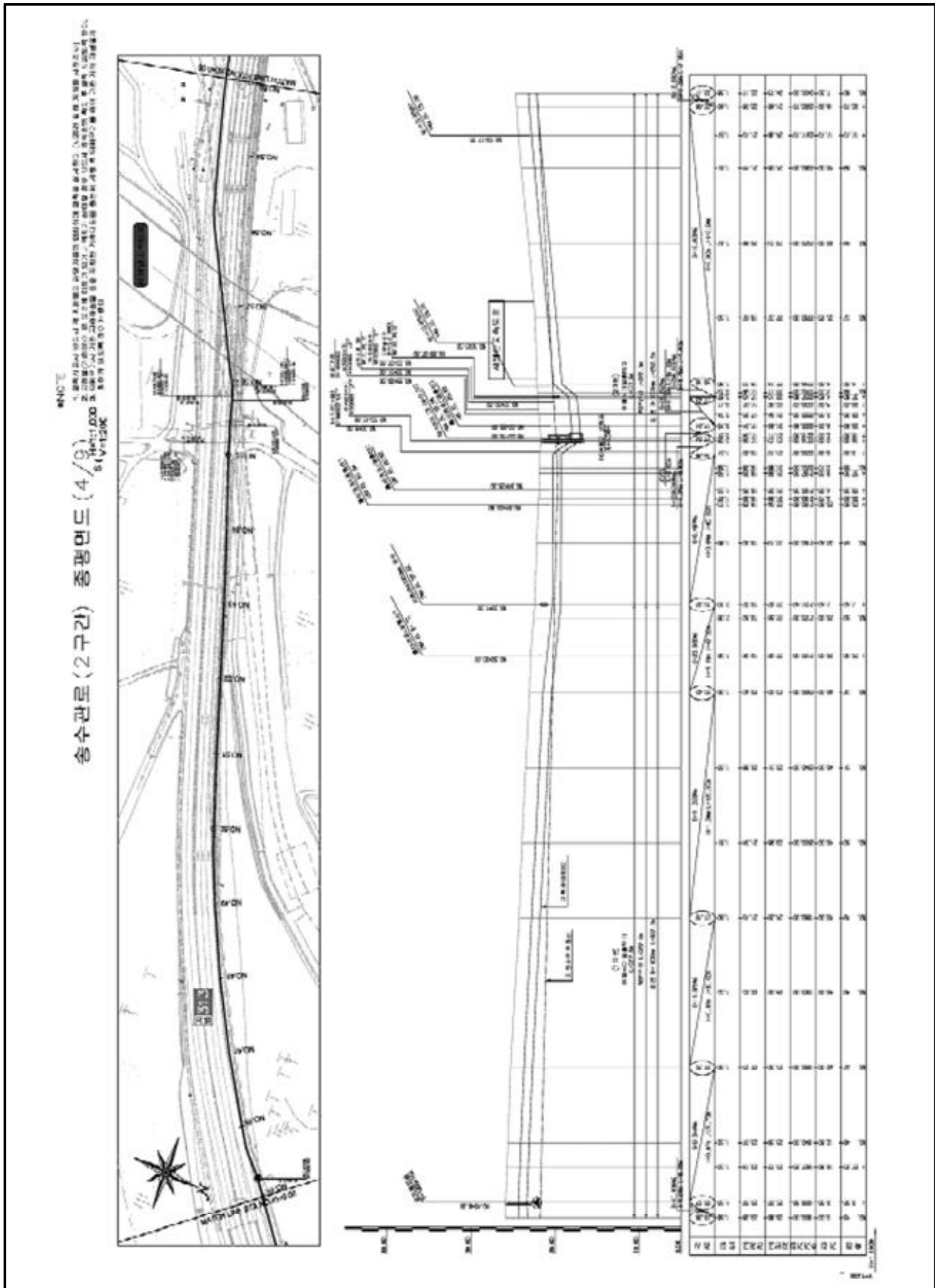
【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 종평면도



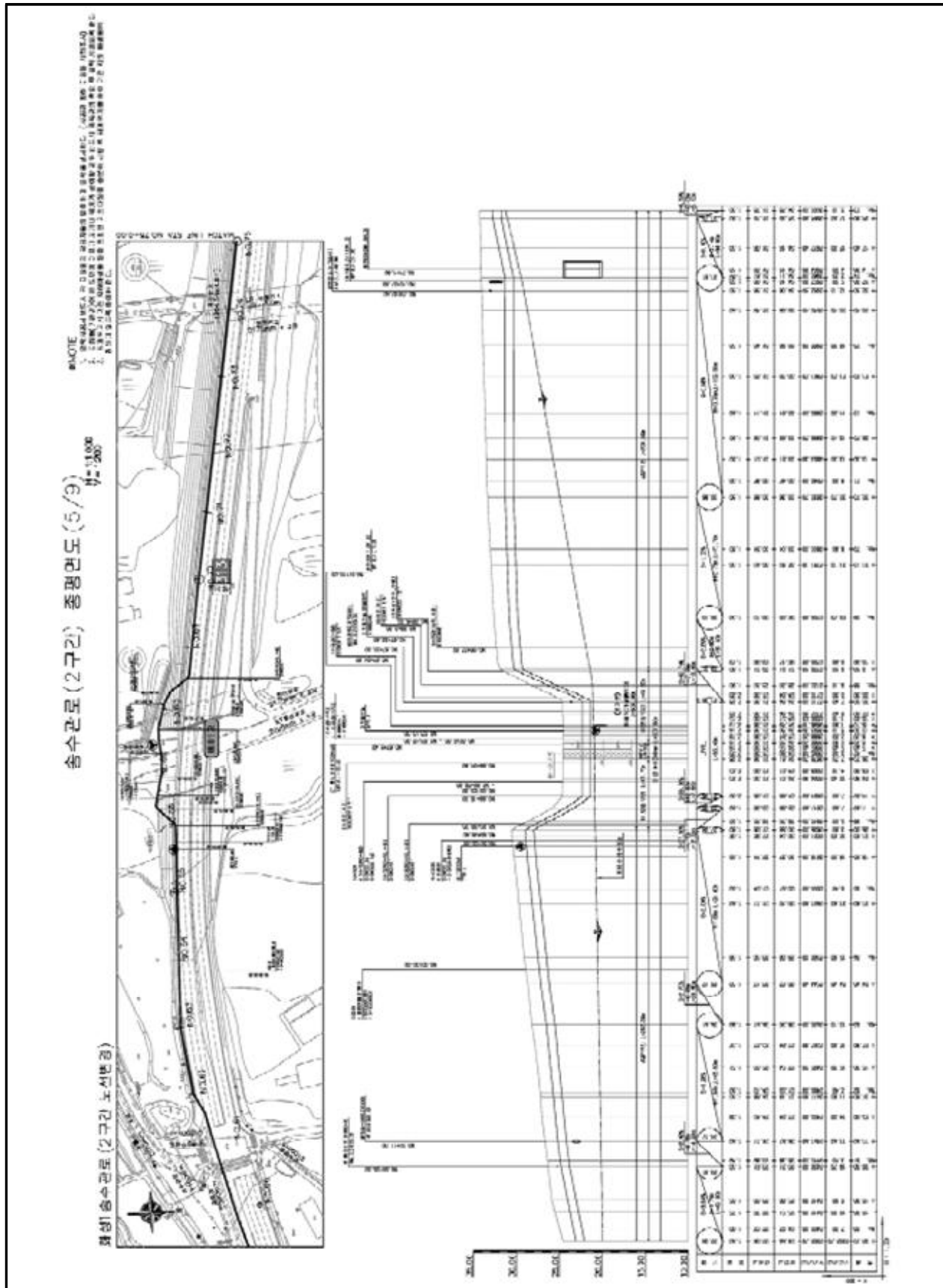
【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 종평면도(계속)



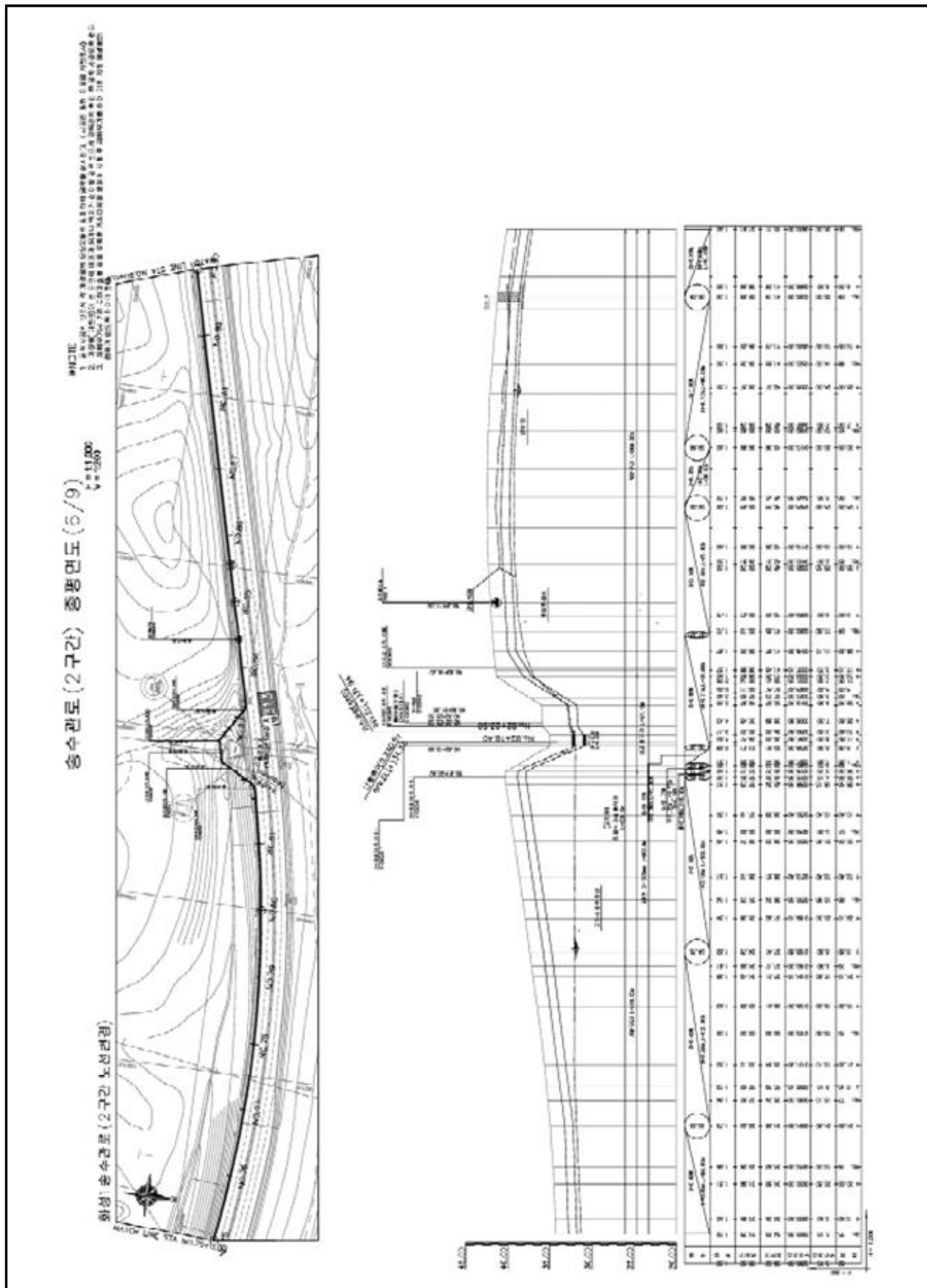
【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 종평면도(계속)



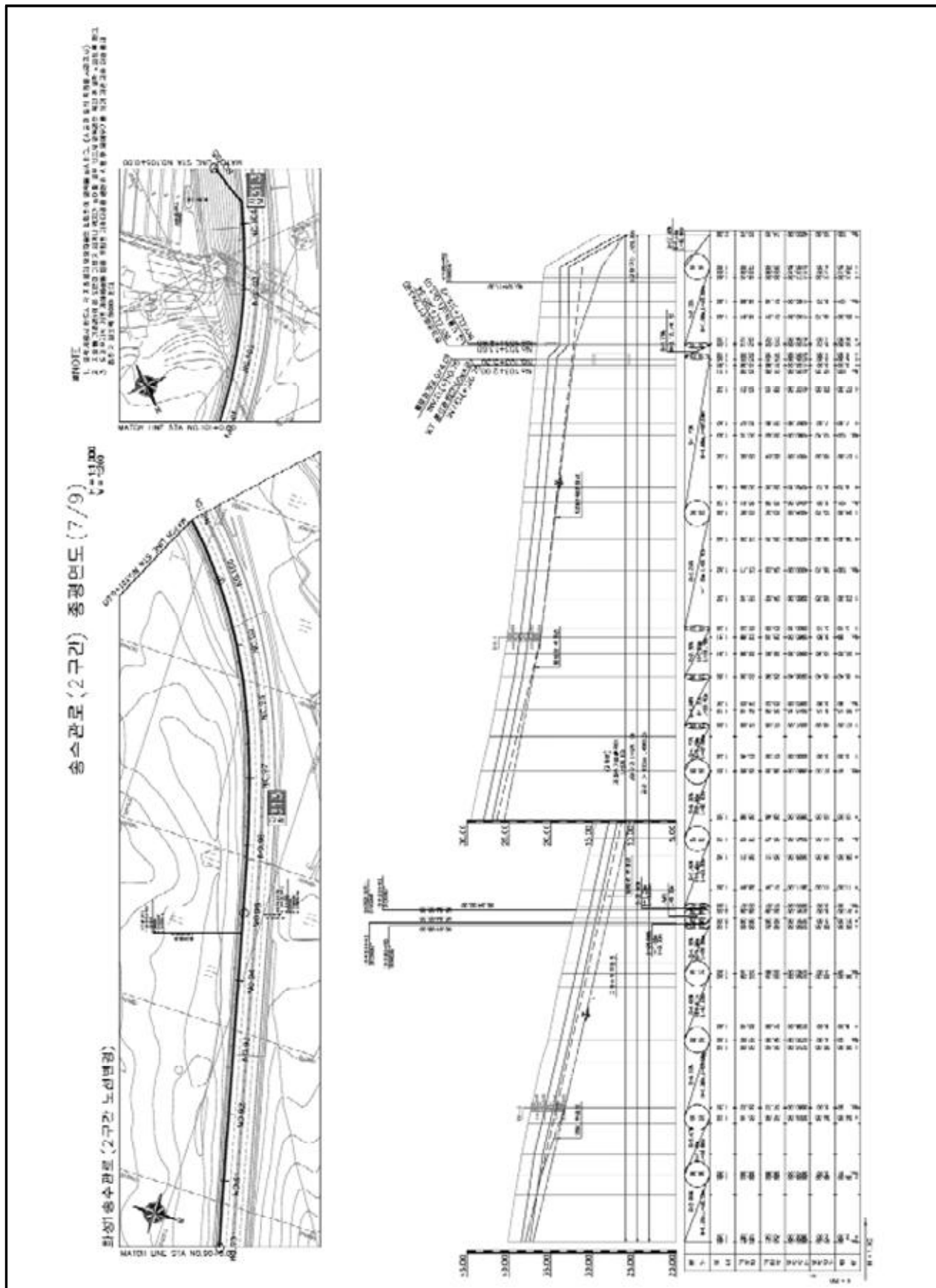
【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 중평면도(계속)



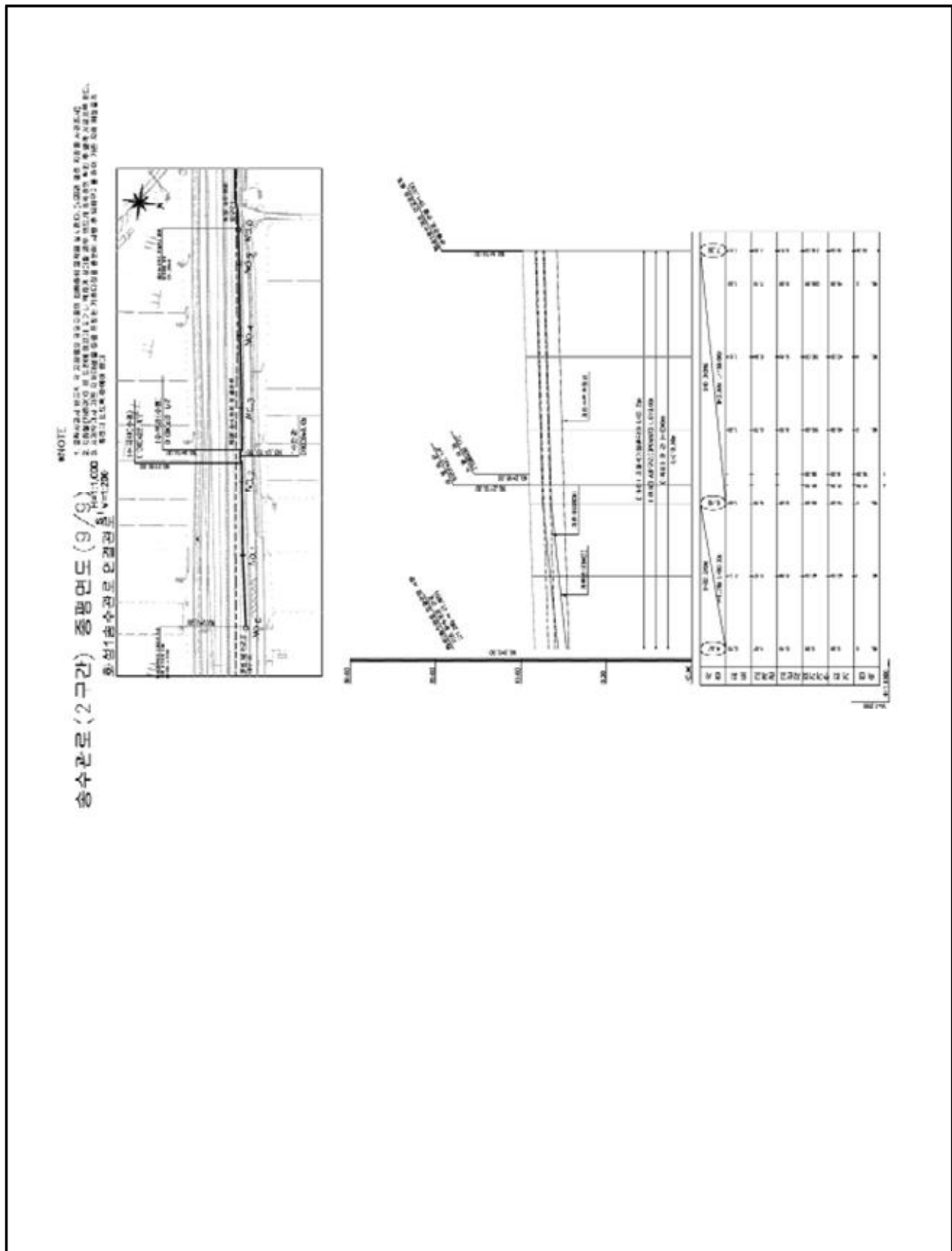
【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 중평면도(계속)



【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 종평면도(계속)



【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 중평면도(계속)



【그림 1.1】 화성1송수관로(2구간) 중평면도(계속)

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개 요

2.2 자료수집 목록

2.3 자료분석

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개 요

자료수집은 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료를 대별되며, 수집한 자료를 토대로 과업의 수행과 추

진방향을 세부적으로 계획하고 수립하였다.

또한 본 과업대상 시설물의 관련 자료를 수집·분석하여 시설물의 이력, 결함 및 손상원인, 손상 변화, 손상의 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위해 기초자료로 활용하였다.

2.2 자료수집 목록

【표 2.1】 자료수집 목록

보존대상 목록		보유현황	비고
설계도서	○ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 보유	공사시방서(2017. 03) 구조계산서(2016. 03) 토질조사보고서(2017. 03) 실시설계보고서(2017. 03)
	○ 설계도면	보유	준공도면 (2019.05)
시설물 관리대장	○ 기본현황 ○ 상세제원 ○ 유지관리 이력	보유 보유 보유	FMS(시설물통합관리시스템)
시공관리 자 료	○ 시공관련 자료 ○ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록 - 시설물의 주요 부위에 대한 계측 관련자료 ○ 사고기록	일부보유	FMS(시설물통합관리시스템)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	정기안전점검 8회, 정밀안전점검 1회
보수보강 자료		-	-

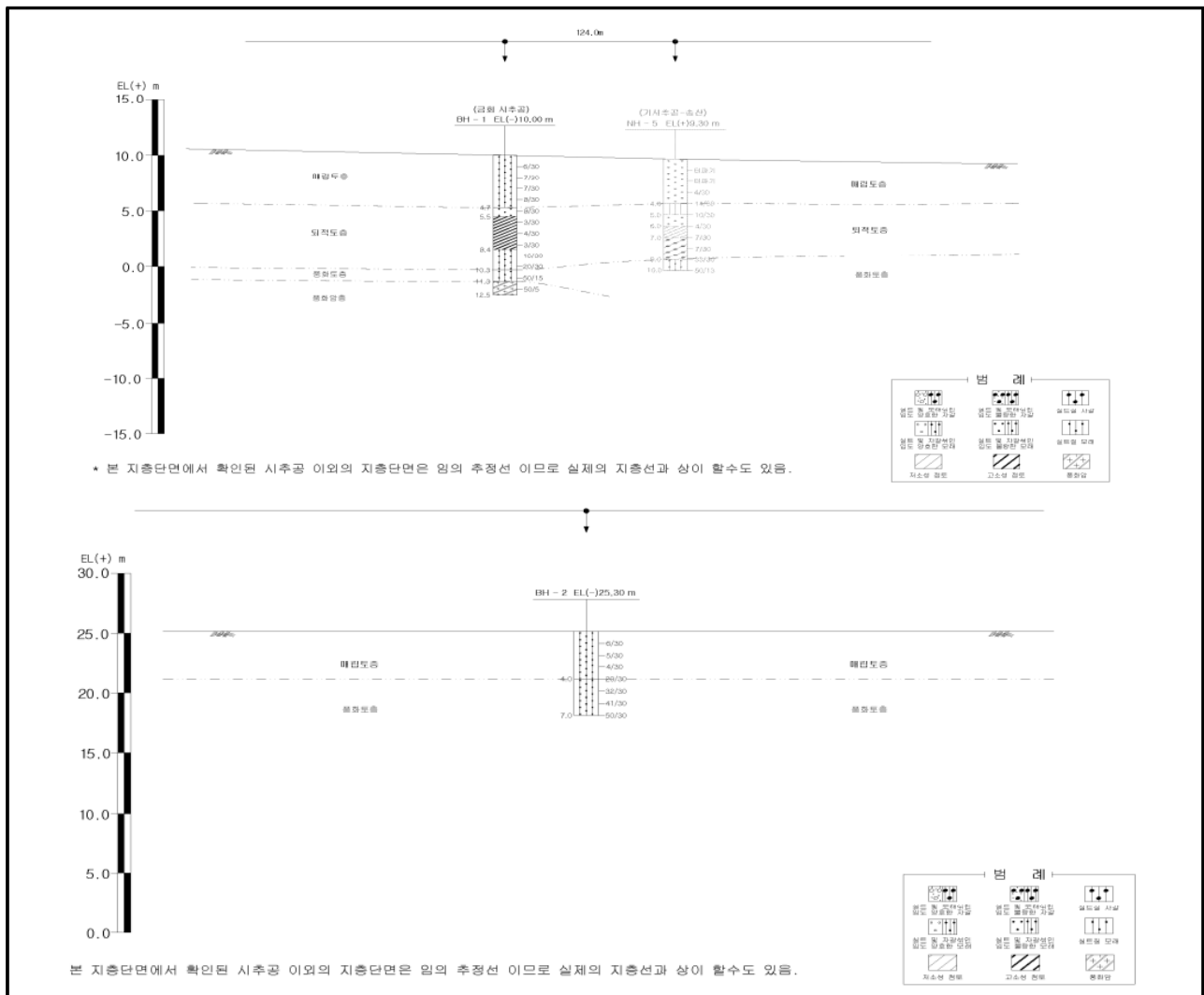
2.3 자료 분석

2.3.1 설계도서

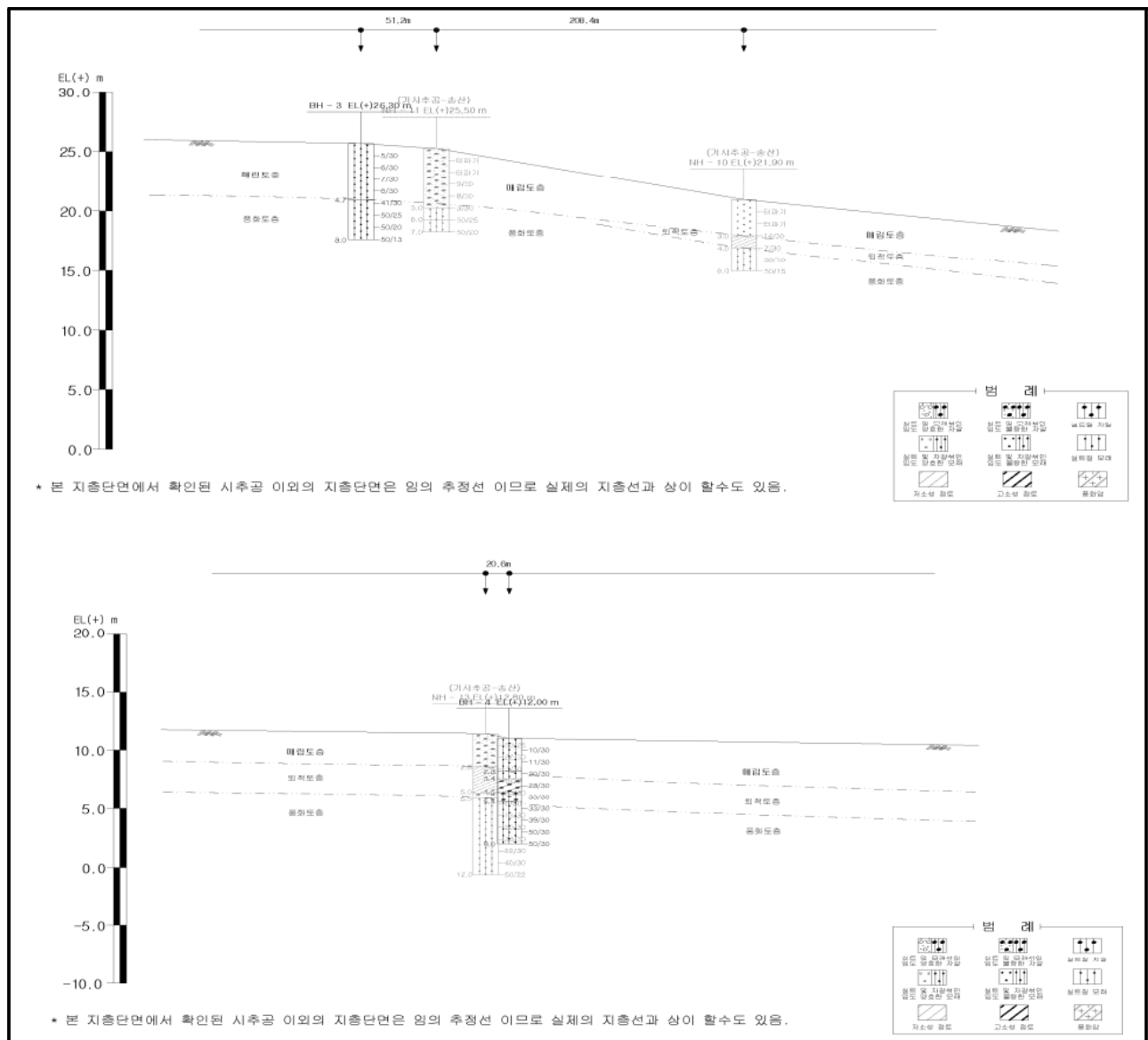
2019년도에 준공된 화성1송수관로(2구간)은 준공 당시 설계도서를 보유하고 있으며, 그 자료 중 『화성1송수관로(2구간) 기본 및 실시설계 토질조사 보고서(2017, 화성시)』와 『한국생산기술연구 수행 구조 해석 보고서(2016)』에서 구조계산서 및 지반조사 자료 등이 확인되어 그 내용을 아래와 같이 첨부하였다.

가. 토질 및 지반조사 자료

화성1송수관로(2구간) 설계 당시의 토질 및 지반자료 분석 결과, [BH-1, BH-2, BH-3, BH-4] 총 4개소의 조사지점에 대해서 시추조사를 실시하였으며, 지층 조사 위치 및 현황은 다음과 같다.



【그림 2.1】 화성1송수관로(2구간) 지층 단면도

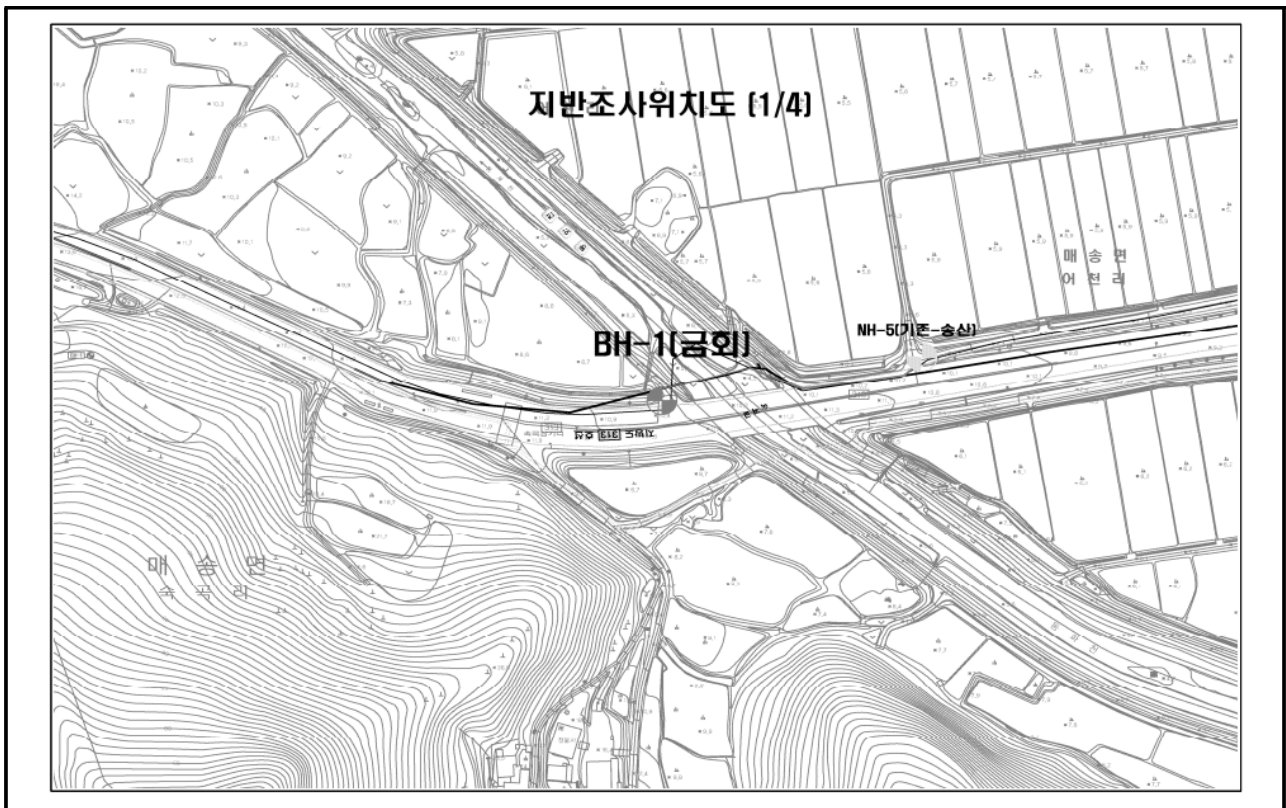


【그림 2.1】 화성1송수관로(2구간) 지층 단면도(계속)

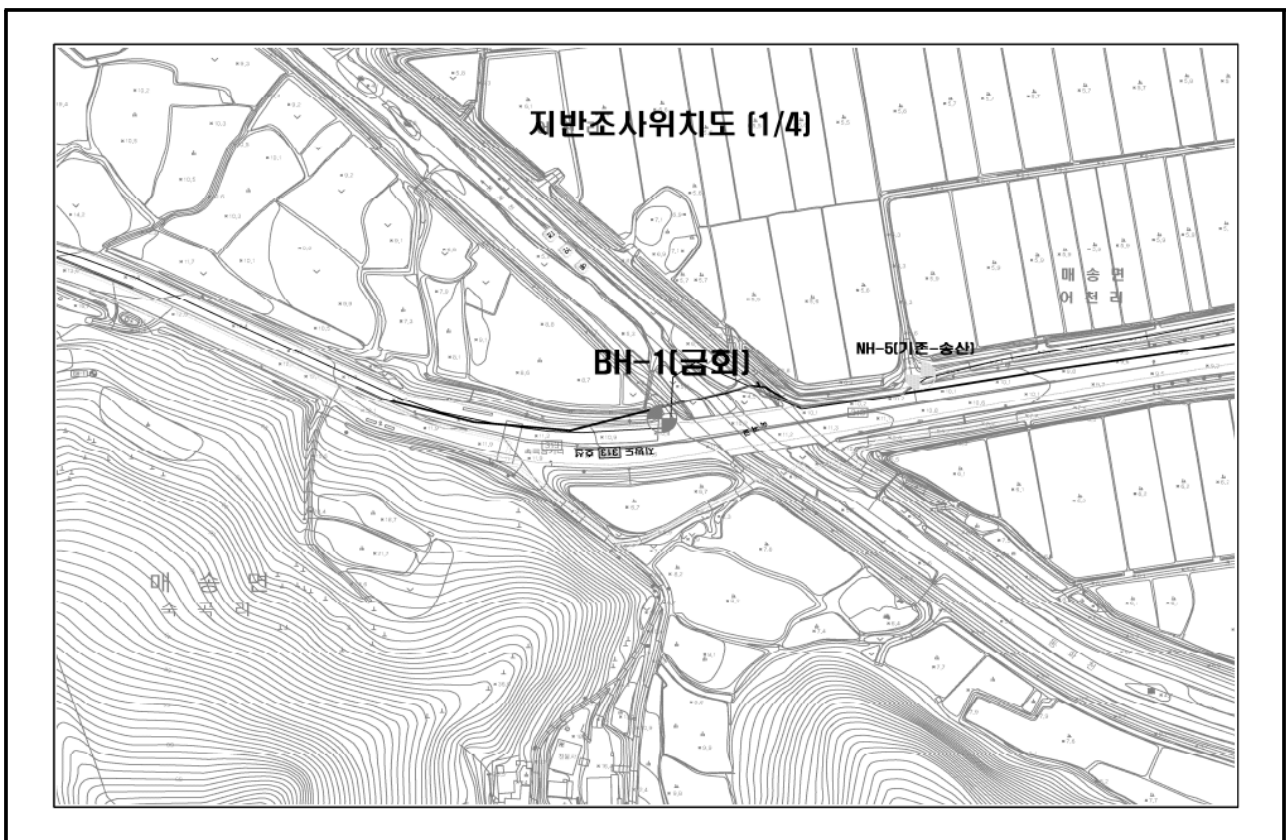
【표 2.2】 시추위치 현황표

공번	좌 표		지반고 E.L.(+), m	시추심도 E.L.(+), m
	X	Y		
BH-1	516547.451	19115.519	10.00	12.50
BH-2	515897.013	189968.640	25.30	7.00
BH-3	515555.547	189323.194	26.30	8.00
BH-4	515132.343	187749.560	12.00	9.00

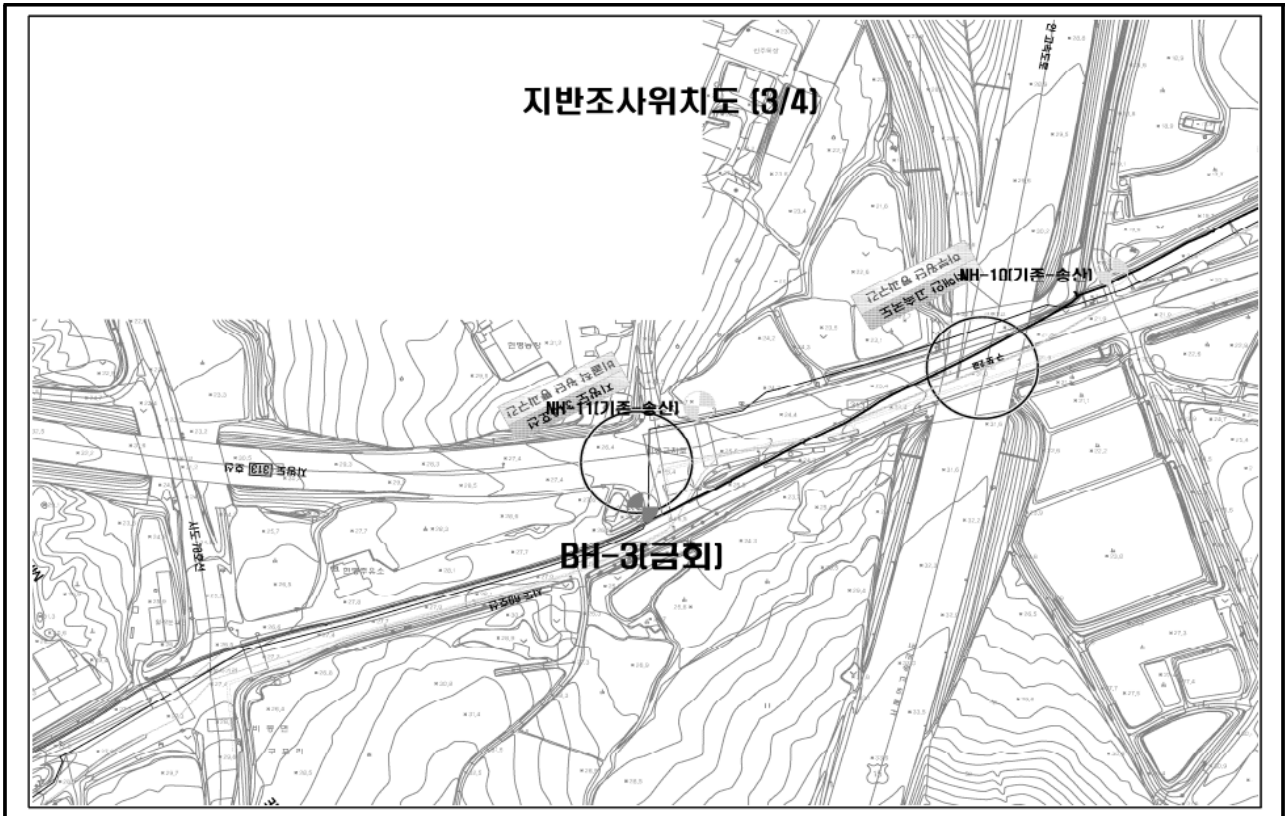
주) 시추 위치는 화성1송수관로(2구간) 기본 및 실시설계 토질조사 보고서(2017)에서 발췌함.



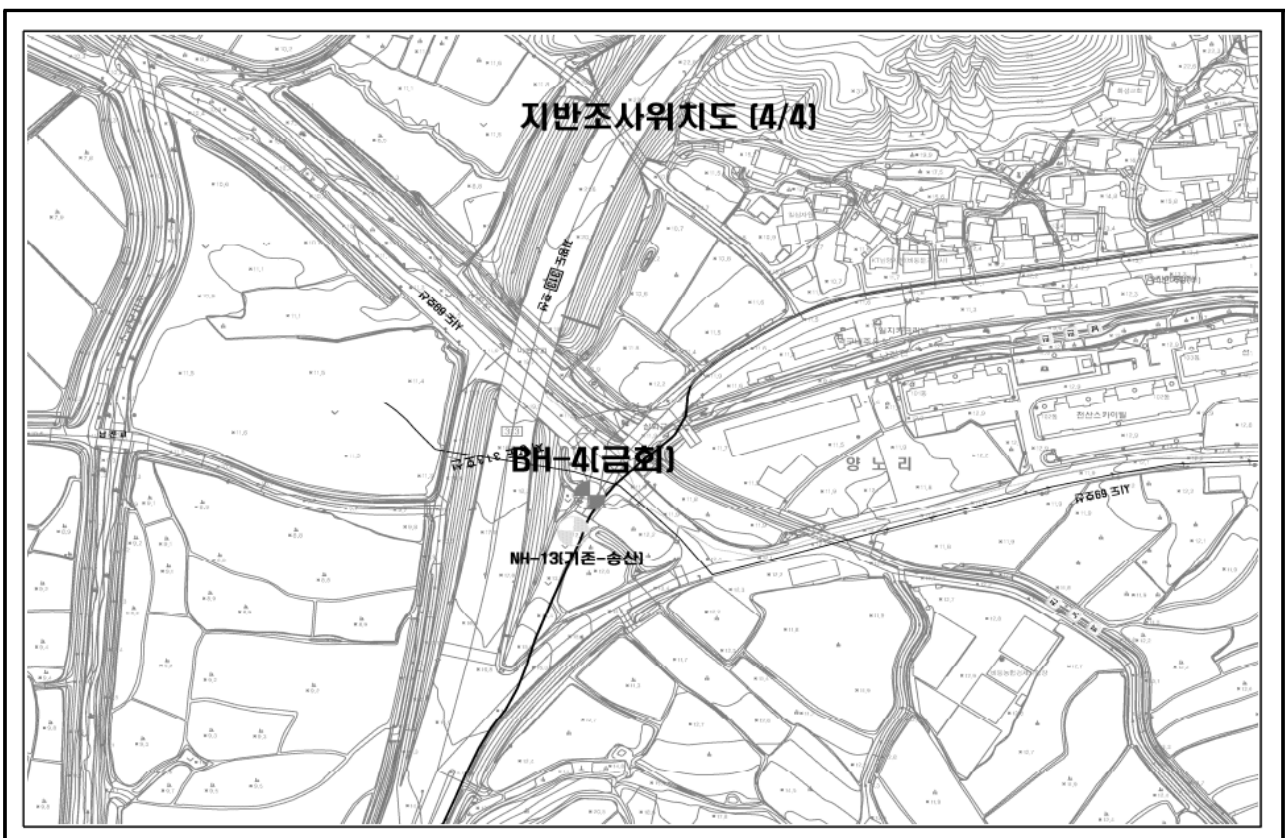
【그림 2.2】 BH-1 시추조사 위치도(화성1송수관로(2구간) 토질조사 보고서 발췌)



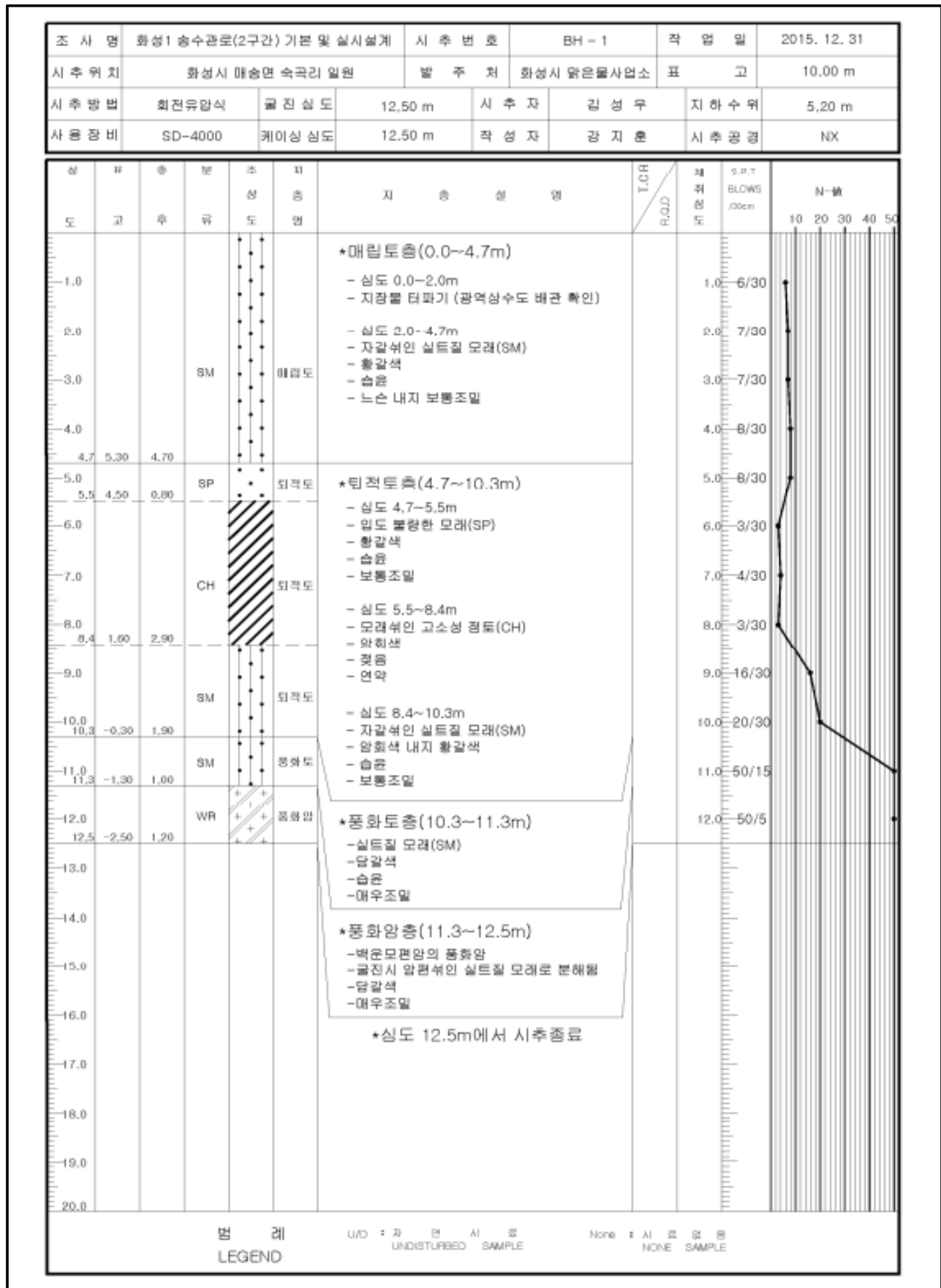
【그림 2.3】 BH-2 시추조사 위치도(화성1송수관로(2구간) 토질조사 보고서 발췌)



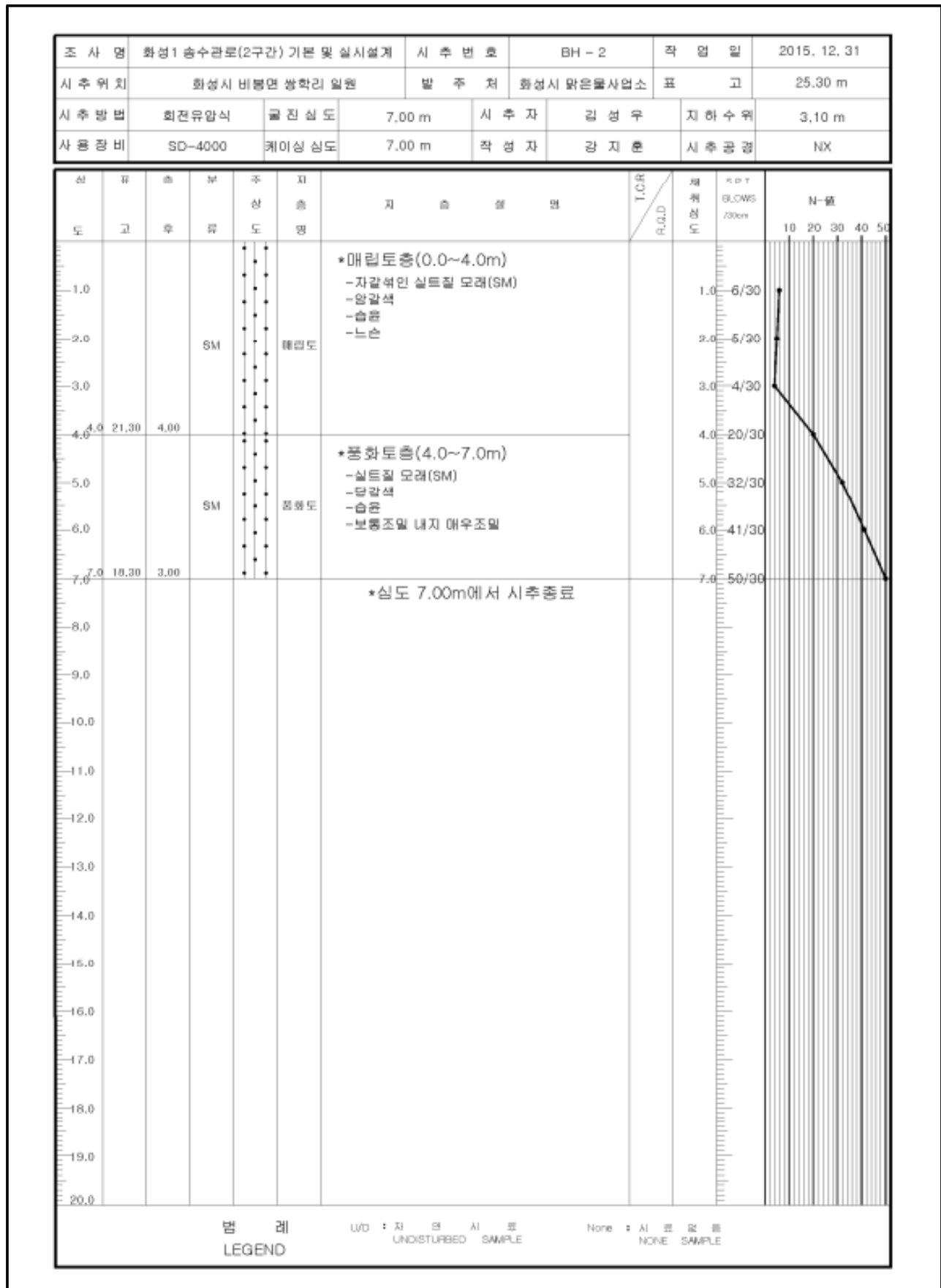
【그림 2.4】 BH-3 시추조사 위치도(화성1송수관로(2구간) 토질조사 보고서 발췌)



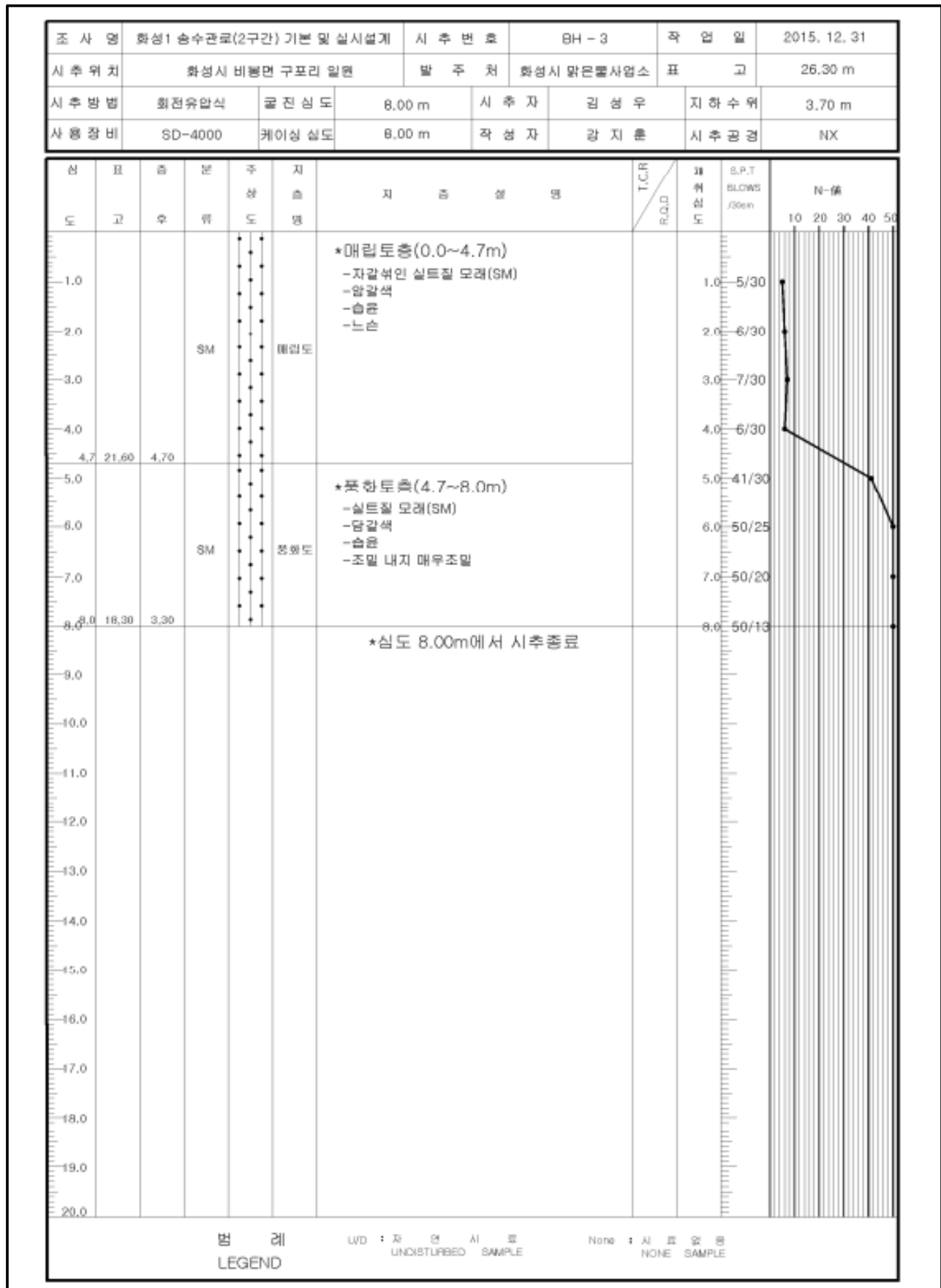
【그림 2.5】 BH-4 시추조사 위치도(화성1송수관로(2구간) 토질조사 보고서 발췌)



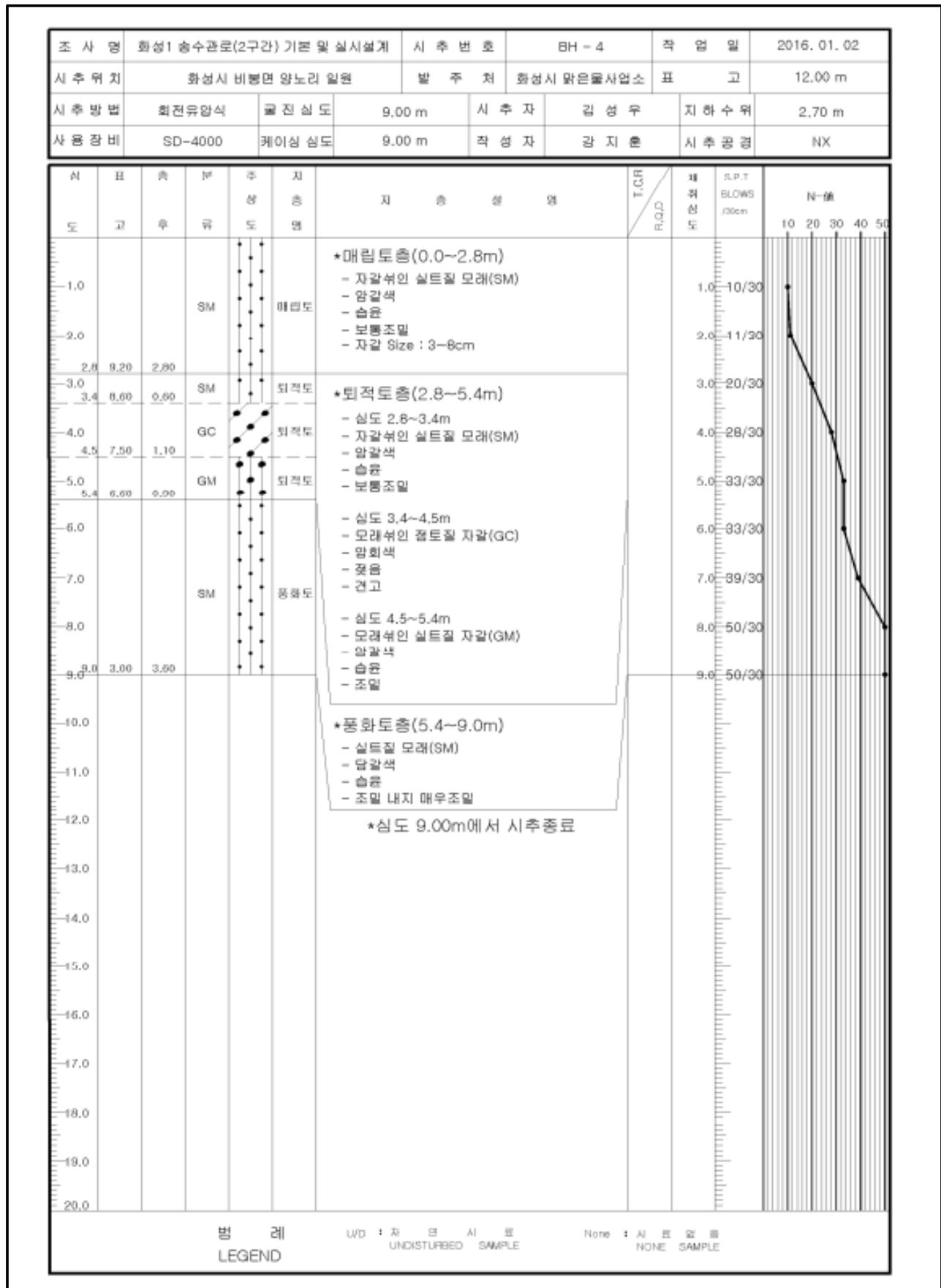
【그림 2.6】 화성1송수관로(2구간) BH-1 시추추상도



【그림 2.7】 화성1송수관로(2구간) BH-2 시추추상도



【그림 2.8】 화성1송수관로(2구간) BH-3 시추추상도



【그림 2.9】 화성1송수관로(2구간) BH-4 시추추상도

나. 구조해석 자료

본 과업에서는 화성1송수관로(2구간) 설계 당시의 구조해석 자료를 검토·분석하였다.

가. 강구조 밸브실

1) 전제 조건

- 구조물은 강판 및 강관으로 제작되며 약 2~5m 사이에 최하단부가 위치하도록 매립되게 하여 구조해석 수행
- 구조물을 이루는 강판은 결함이 없는 재질로 가정하고, 조립 공정에서 발생할 수 있는 결함은 미고려
- 강구조 밸브실 형상이 대칭이므로 1/2 대칭 요소 모델을 생성하여 구조해석 수행

2) 해석조건

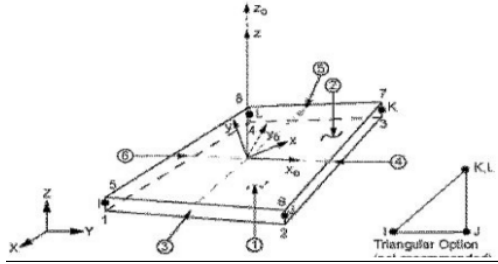
- 강판 및 강관 구조물(돛형 밸브실 5개소, 원형 밸브실 4개소)에 대해 실시한다.
- 모델링은 두께가 얇은 판재이므로 shell 요소를 이용한다.
- 해석 소프트웨어는 프로그램 범용해석 프로그램인 Abaqus를 이용한다.
- 해석기법은 수치해석적인 기법을 응용한 유한요소법(FEM)을 적용하여 탄성 응력 해석을 수행한다.
- 설계 허용응력은 밸브실 압력용기 설계에 사용되는 [ASME SEC. VIII. Doc.1 또는 Div.2(미국 기계학회 규격)]에 의해 설계 응력 σ 설정하였다.

【표 2.3】 ASME SEC. VIII. Doc.1 또는 Div.2(미국 기계학회 규격)

구 분	Doc.1	Div.2
이론	최대주응력설(Max. Principal stress)	최대전단응력설(Tressca stress)
허용응력	인장강도의 1/3.5 또는 항복강도의 2/3 중 작은 값	인장강도의 1/2.4 또는 항복강도의 2/3 중 작은 값
강 재질(SS400) 허용응력	인장응력 400MPa/3.5=144.3Mpa 항복응력 245Mpa*2/3=163Mpa	인장응력 400MPa/3.5=144.3MPa 항복응력 245MPa*2/3=163MPa
계산방법	최소유구두께 계산	예상되는 모든 응력계산

주) Div.2가 주로 해석에 의해 설계를 수행하므로 최소 설계 허용응력은 163Mpa으로 결정

【표 2.4】 해석요소에 대한 세부사항

구 분	개요도	절점수	자유도	비 고
shell 요소		4절점	절점당 6	얇은 shell형 구조물

3) 해석 결과

대상 밸브실은 상기의 구조해석 조건을 기준으로 구조해석을 수행하였으며, 밸브실 구조해석 결과는 다음과 같다.

【표 2.5】 밸브실 구조해석 결과표

조 건	부 재	최대변위 (mm)	최대전단응력 (MPa)	최소설계허용 응력(Mpa)	결 과
밸브실(돔형) 21951480	밸브실 상판	2.10	129.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	1.40	103.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	1.80	155.0	163.0	만족
	밸브실 내부	1.20	129.0	163.0	만족
	수직방향 양압력	1.60	121.0	163.0	만족
밸브실(돔형) 21951484	밸브실 상판	2.20	144.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	1.10	105.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	3.30	148.0	163.0	만족
	밸브실 내부	2.50	157.0	163.0	만족
	양압력	5.10	153.0	163.0	만족
밸브실(돔형) 21951488	밸브실 상판	3.30	132.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	1.30	158.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	4.00	145.0	163.0	만족
	밸브실 내부	2.50	150.0	163.0	만족
	양압력	2.80	139.0	163.0	만족

【표 2.5】 밸브실 구조해석 결과표(계속)

조 건	부 재	최대변위 (mm)	최대전단응력 (MPa)	최소설계허용 응력(Mpa)	결 과
밸브실(돔형) 22698923	밸브실 상판	5.70	86.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	7.50	132.0	163.0	만족
	밸브실 내부	7.50	159.0	163.0	만족
	양압력	8.70	161.0	163.0	만족
밸브실(돔형) 22698926	밸브실 상판	5.20	135.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	4.80	162.0	163.0	만족
	밸브실 내부	3.30	157.0	163.0	만족
	양압력	5.10	83.0	163.0	만족
밸브실(원형) 21951471	밸브실 상판	1.20	92.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	0.00	38.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	1.30	157.0	163.0	만족
	밸브실 내부	0.50	79.0	163.0	만족
	양압력	0.60	24.0	163.0	만족
밸브실(원형) 21951476	밸브실 상판	1.30	105.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	0.00	52.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	3.90	131.0	163.0	만족
	밸브실 내부	2.50	156.0	163.0	만족
	양압력	0.60	103.0	163.0	만족
밸브실(원형) 21951478	밸브실 상판	2.10	102.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	0.00	63.0	163.0	만족
	밸브실 통로관	4.30	140.0	163.0	만족
	밸브실 내부	2.10	153.0	163.0	만족
	양압력	4.80	103.0	163.0	만족
밸브실(원형) 22698919	밸브실 상판	6.00	116.0	163.0	만족
	밸브실 외벽	0.80	58.0	163.0	만족
	밸브실 내부	5.30	162.0	163.0	만족
	양압력	4.50	156.0	163.0	만족

○ 강구조 밸브실 구조해석 결과, 현재 농지나 도로에 설치된 강구조 밸브실은 구조물의 전체적인 응력상태는 항복기준 이하이고, ASME SEC. VIII. Div.2(미국 기계학회) 규격의 설계 허용응력(163MPa)을 만족하는 것으로 확인되었다.

나. 콘크리트 구조 밸브실

1) 설계조건

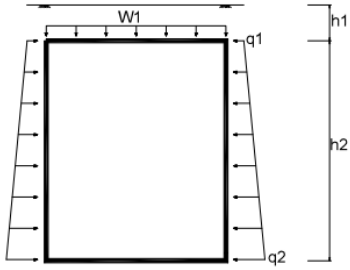
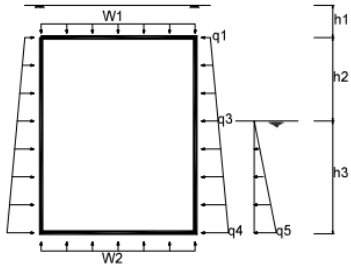
- 해석프로그램 : MIDAS Civil
- 적용기준 : 콘크리트 구조 설계기준(한국콘크리트학회, 2012)
- 구조형식 : RC BOX 구조물
- 기초형식 : 직접기초
- 강도감소계수

상시 적용하는 강도감소계수[휨 : 0.85, 전단 : 0.75, 기둥(띠철근) : 0.65]를 적용
지진시에는 강도 감소계수[휨 : 1.00, 전단 : 0.80, 기둥(띠철근) : 0.80]를 적용

- 사용재료의 강도 및 특성

항 목		기 호	강도(강도 설계)
콘크리트 강도	철근 콘크리트	f_{ck}	24.0MPa
	무근 콘크리트		21.0MPa
	버림 콘크리트		18.0MPa
콘크리트 탄성계수		E_C	24,900MPa 또는 25,791MPa
철 근	철근 항복강도	f_y	300MPa
	철근의 탄성계수	E_S	200,000MPa

- 상시 하중산정

구 분	하중 산정	
고정하중	밸브실 자중	
활하중	차량하중 또는 군중하중	
토압		
	$W_1 = \gamma_t \times Z_1$ $q_1 = 0.5 \times 18.0 \times h_1$ $q_2 = 0.5 \times 18.0 \times h_2$	$W_2 = \gamma_t \times Z_2$ $q_1 = 0.5 \times 18.0 \times h_1$ $q_3 = q_1 + 0.5 \times 18.0 \times h_2$ $q_4 = q_3 + 0.5 \times 8.0 \times h_3$ $q_5 = 10.0 \times h_3$
외부수압	지하수위 :G.L (-) 1.00m	

- 노면 활하중(도로설계편람 7편 지하차도 구조물 설계 참조)

도피(m)	도로면의 활하중(kN/m ²)	도피(m)	도로면의 활하중(kN/m ²)
1.0	51.0	5.0	15.0
1.5	39.0	6.0	15.0
2.0	21.0	7.0	15.0
2.5	17.0	8.0	12.0
3.0	15.0	9.0	11.0
4.0	15.0	10.0	10.0

○ 지진시 하중산정

- 적용 등급 : 상수도 시설(내진 1등급)
 - 지진구역 : 1구역(구역계수 $Z = 0.11g$)
 - 위험도 계수(I) = 0.57(기능수행수준), 1.4(붕괴방지수준)
 - 지진계수(C_a , C_V)

지반종류	지진계수(C_a)		지진계수(C_V)	
	I 구역	II 구역	I 구역	II 구역
S_A	0.09	0.05	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07	0.11	0.07
S_C	0.13	0.08	0.18	0.11
S_D	0.16	0.11	0.23	0.16
S_E	0.22	0.17	0.37	0.23

- 지반 수평가속도계수(A)

지반 종류	지진 구역	II		I		특등급	
		기능수행	붕괴방지	기능수행	붕괴방지	기능수행	붕괴방지
S_A	I	0.036	0.090	0.051	0.126	0.066	0.180
	II	0.020	0.050	0.029	0.070	0.037	0.100
S_B	I	0.044	0.110	0.063	0.154	0.080	0.220
	II	0.028	0.070	0.040	0.098	0.051	0.140
S_C	I	0.052	0.130	0.074	0.182	0.095	0.260
	II	0.032	0.080	0.046	0.112	0.058	0.160
S_D	I	0.064	0.160	0.091	0.224	0.117	0.320
	II	0.044	0.110	0.063	0.154	0.080	0.220
S_E	I	0.088	0.220	0.125	0.308	0.161	0.440
	II	0.068	0.170	0.097	0.238	0.124	0.340

2) 해석 결과

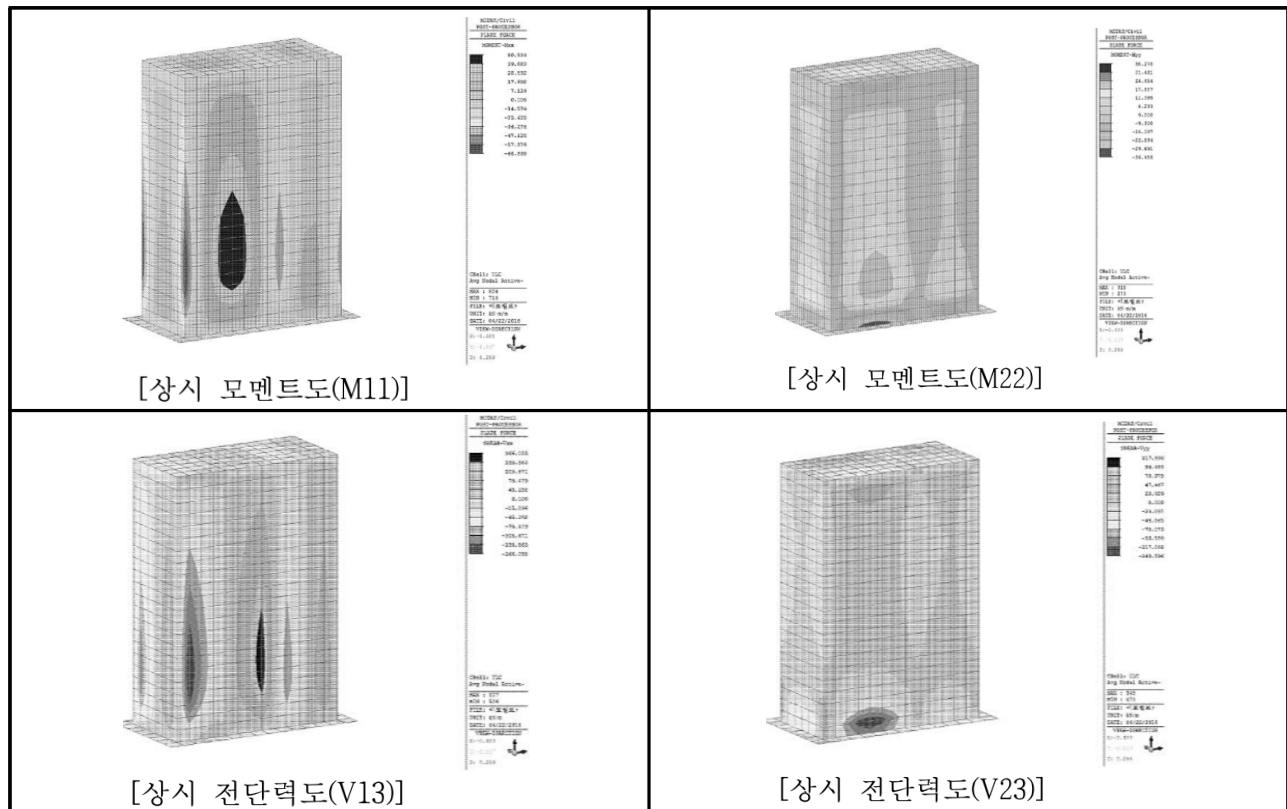
대상 밸브실은 상기의 구조해석 조건을 기준으로 구조해석을 수행하였으며, 밸브실 구조해석 결과는 다음과 같다.

[02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실]

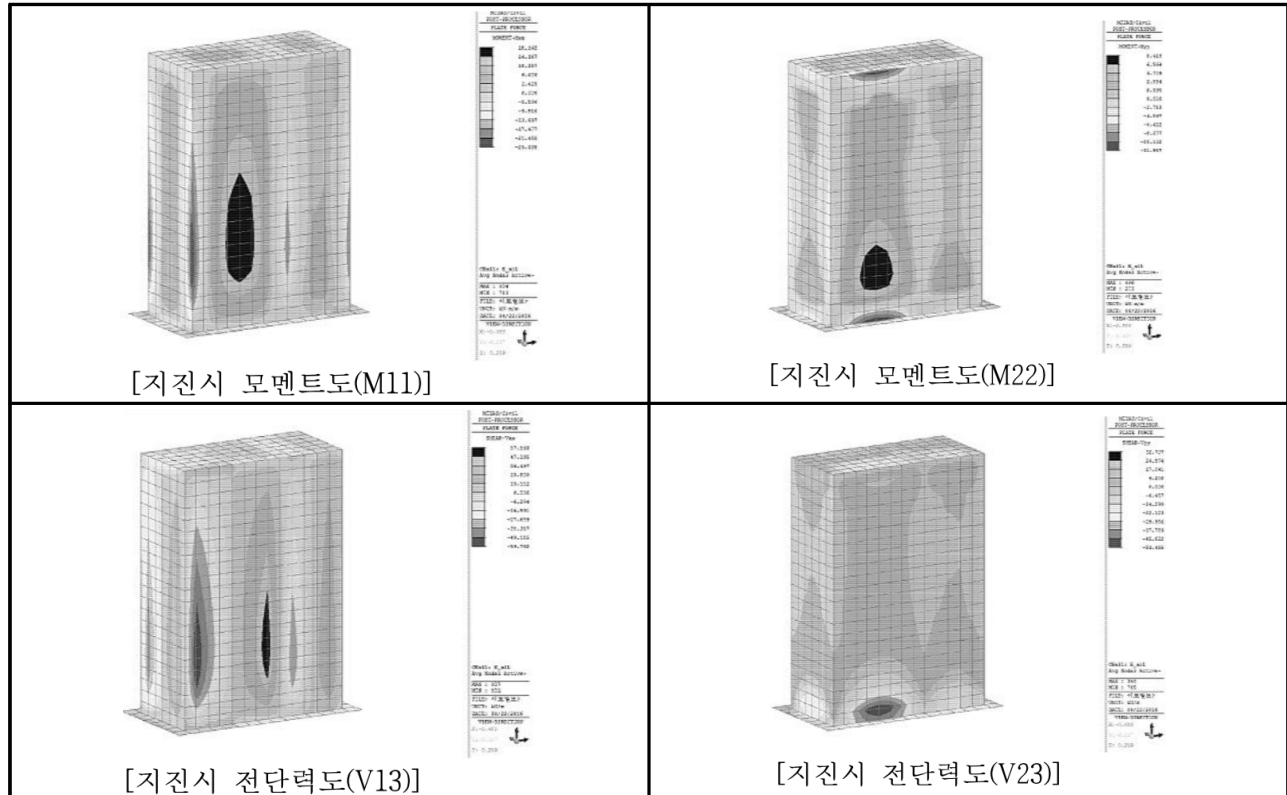
【표 2.6】 밸브실 부재력 검토(02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)

부재명	구분	계수모멘트(KN.m)		전단력(KN)		사용 모멘트 (KN.m)	적용하중		
		상시	지진시	상시	지진시		계수모멘트 (KN.m)	전단력 (KN)	사용모멘트 (KN.m)
상부 슬래브 (M11)	상면	18.591	7.961	58.544	27.408	11.937	18.591	58.544	11.937
	하면	11.160	3.914			7.175	11.160	0.000	7.175
상부 슬래브 (M22)	상면	21.066	11.395	64.874	34.869	13.777	21.066	64.874	13.777
	하면	16.014	5.936			10.290	16.014	0.000	10.290
바닥 슬래브 (M11)	상면	26.786	4.973			18.670	26.786	0.000	18.670
	하면	38.856	6.625	119.929	23.698	27.965	38.856	119.929	27.965
바닥 슬래브 (M22)	상면	38.278	5.063			26.456	38.278	0.000	26.456
	하면	26.623	6.564	117.990	34.005	18.615	26.623	117.990	18.615
외측벽체 단면 (M11)	외면	68.260	25.243	165.774	60.746	42.587	68.260	165.774	42.587
	내면	34.121	11.865			21.310	34.121	0.000	21.310
외측벽체 단면 (M22)	외면	34.910	14.811	131.505	49.858	22.388	15.780	0.000	9.810
	내면	15.780	5.316			9.810	69.401	497.515	43.298
외측벽체 장면 (M11)	외면	69.401	25.634	197.515	71.403	43.298	50.534	0.000	31.531
	내면	50.534	18.348			31.531	56.218	179.200	36.383
외측벽체 장면 (M22)	외면	56.218	23.059	179.200	67.351	36.383	24.474	0.000	15.217
	내면	24.474	8.419			15.217	24.474	0.000	15.217
내측벽체	M11	21.097	5.685	33.529	6.457	14.602	21.097	33.529	14.602
	M22	16.438	2.914	41.927	10.226	12.833	16.438	41.927	12.833

주) 상시 및 지진시 부재력 중 최대값 사용



【그림 2.10】 상시 휨모멘트, 전단력 분포도(02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)

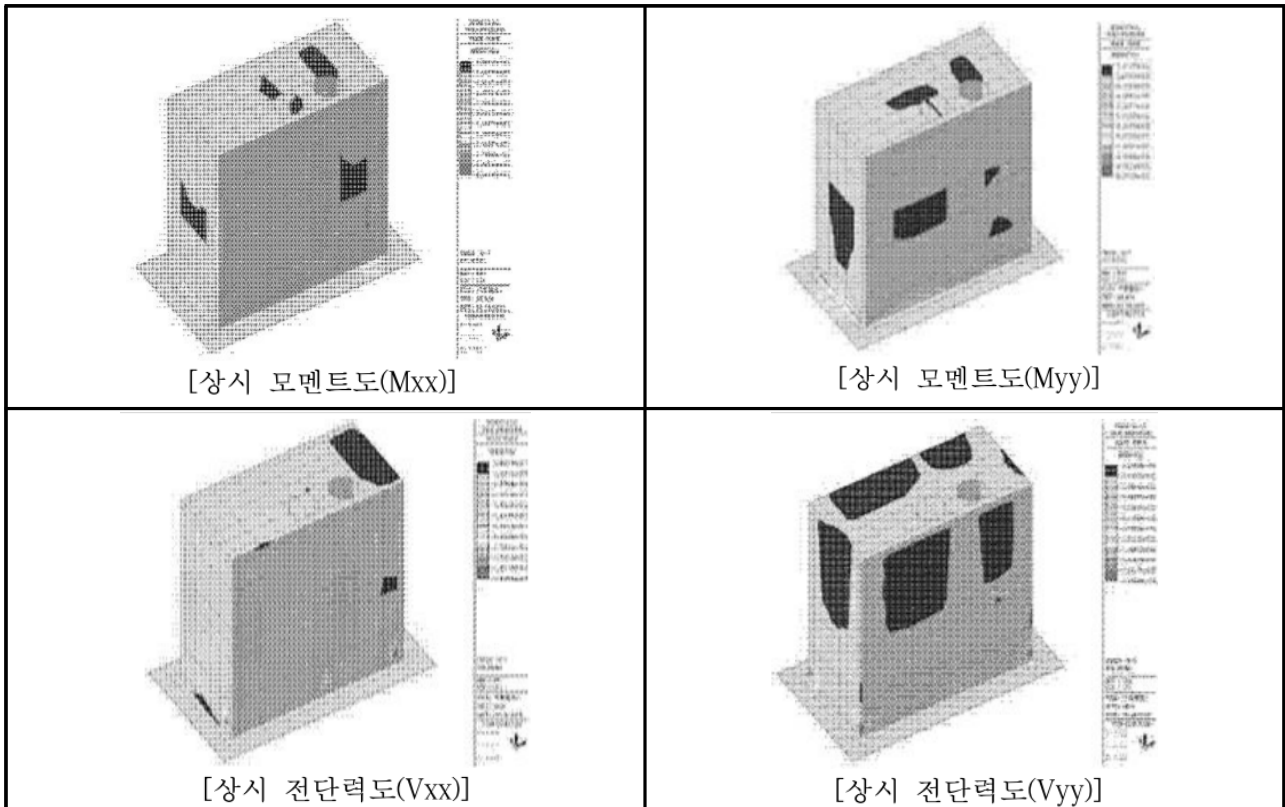


【그림 2.11】 지진시 휨모멘트, 전단력 분포도(02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)

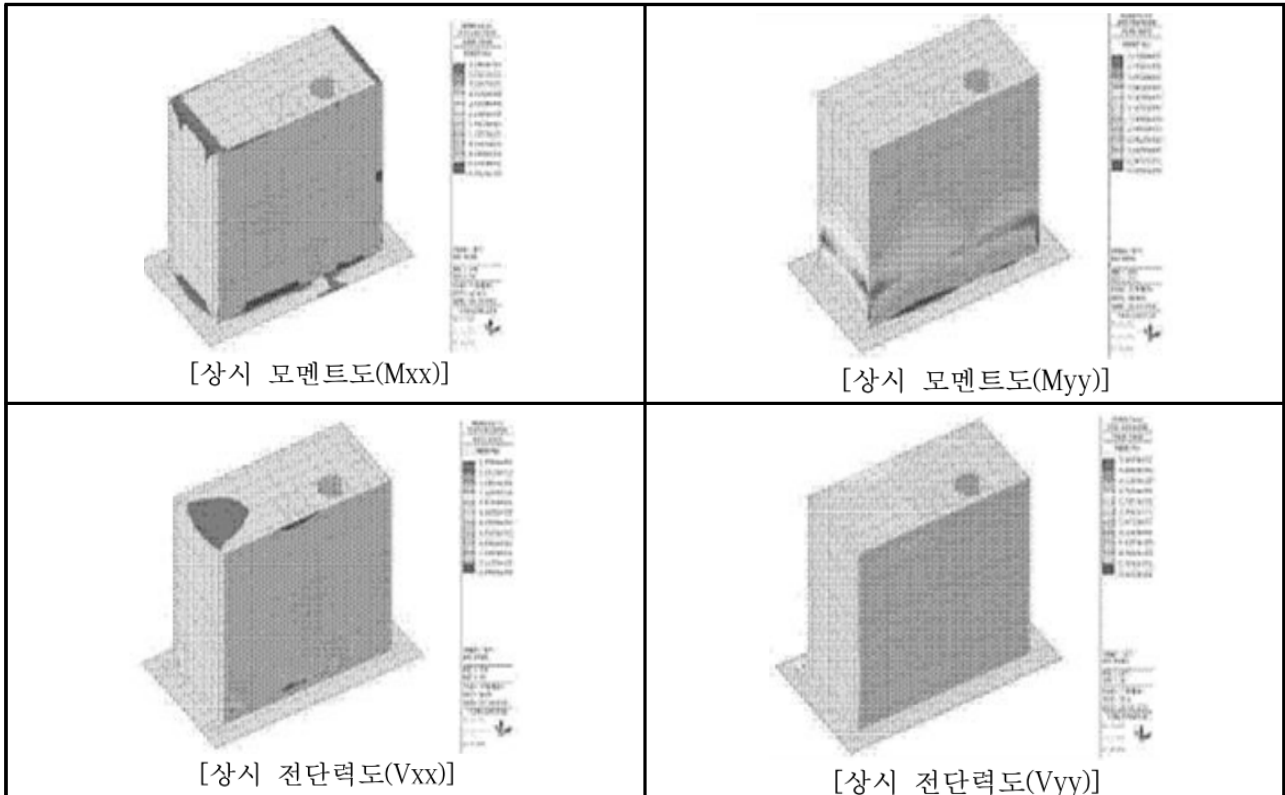
[02구간, Sta. No. 67+33.6, 이토밸브실]

【표 2.7】 밸브실 부재력 검토(02구간, Sta. No. 67+33.6, 이토밸브실)

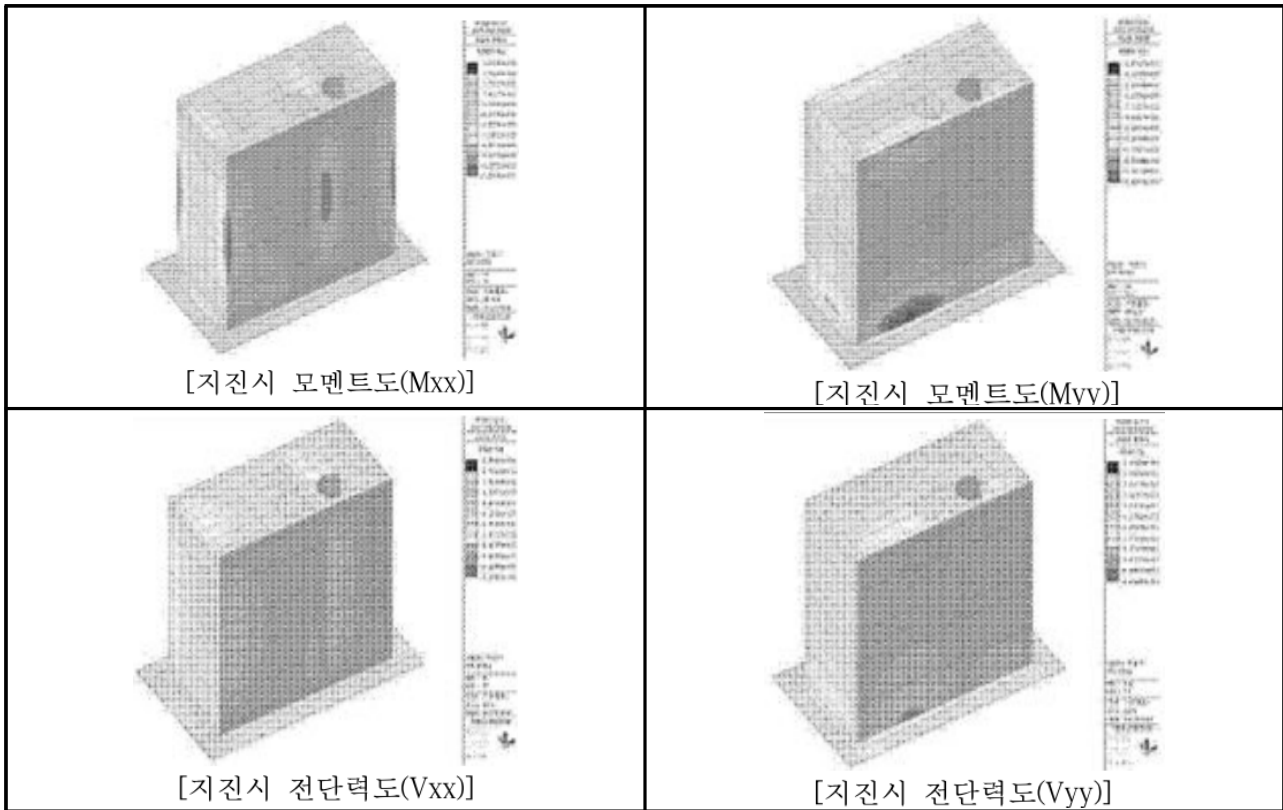
부재명	구분	휨 설계						전단 설계	
		계수모멘트 (MU)	설계모멘트 (ØMU)	균열폭 (mm)	허용균열폭 (mm)	휨철근	SF	VU (KN)	ØVU (KN)
상부 슬래브 (250mm)	종방향 상면	4.62	53.86	0.014	0.300	D16@200	11.67	19.00	134.72
	종방향 하면	5.55	34.79	0.030	0.368	D13@200	6.27	—	134.72
	횡방향 상면	5.66	53.86	0.015	0.300	D16@200	9.52	21.78	134.72
	횡방향 하면	3.67	34.79	0.019	0.368	D13@200	9.49	—	134.72
바닥 슬래브 (300mm)	종방향 상면	11.63	53.86	0.036	0.300	D16@200	4.63	—	134.72
	종방향 하면	26.09	53.86	0.083	0.300	D16@200	2.06	60.85	134.72
	횡방향 상면	14.66	53.86	0.038	0.300	D16@200	3.67	—	134.72
	횡방향 하면	21.62	53.86	0.072	0.300	D16@200	2.49	89.60	134.72
벽체 (300mm)	수평 외측	11.29	76.52	0.018	0.300	D19@200	6.78	102.71	134.72
	수평 내측	15.19	53.86	0.040	0.360	D16@200	3.55	—	134.72
	수직 외측	14.97	5.86	0.051	0.300	D16@200	3.60	36.61	134.72
	수직 외측	16.80	34.79	0.105	0.368	D13@200	2.07	—	134.72
중간벽 (300mm)	수평	4.00	23.48	0.015	0.300	D13@200	5.88	9.69	91.86
	수직	3.15	23.48	0.017	0.300	D13@200	7.46	15.51	91.66



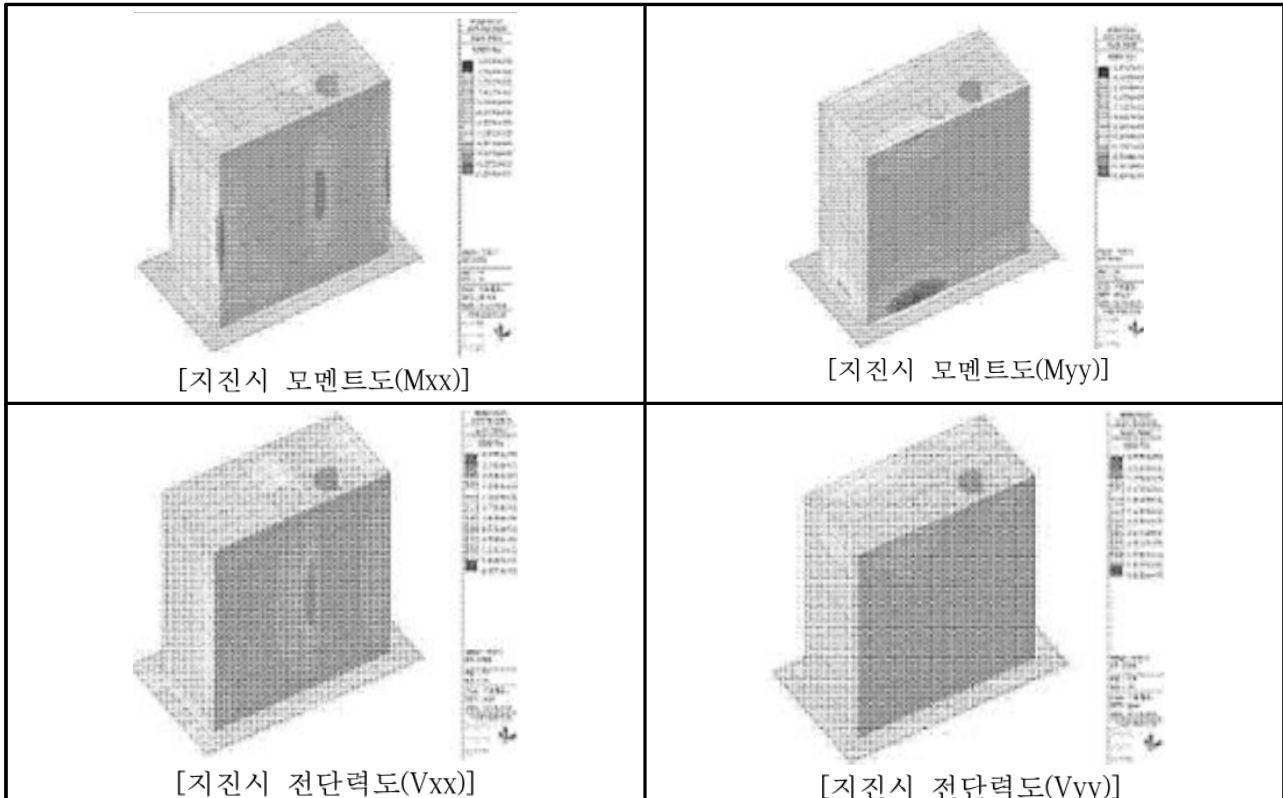
【그림 2.12】 상시 휨모멘트, 전단력 분포도(Min) (02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)



【그림 2.13】 상시 휨모멘트, 전단력 분포도(Max) (02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)



【그림 2.14】 지진시 휨모멘트, 전단력 분포도(Min) (02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)

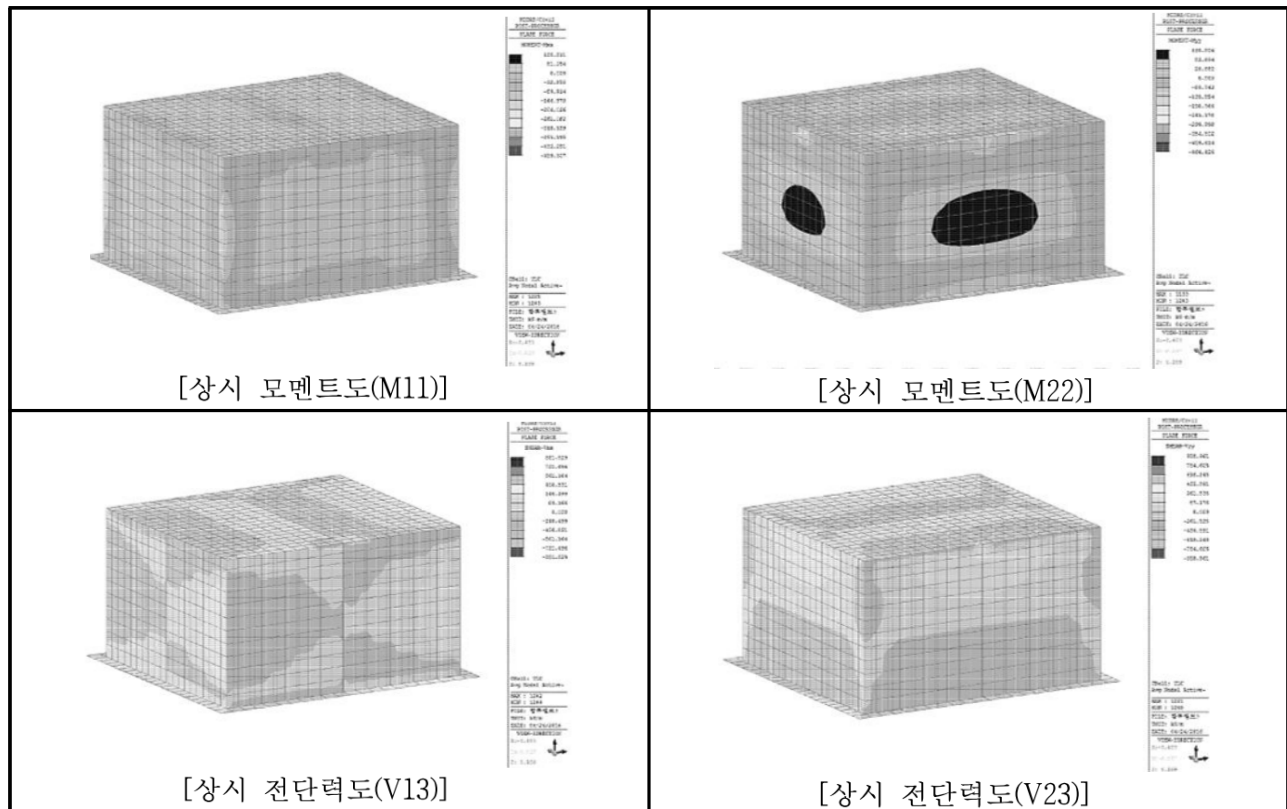


【그림 2.15】 지진시 휨모멘트, 전단력 분포도(Max) (02구간, Sta. No. 31+17.6, 이토밸브실)

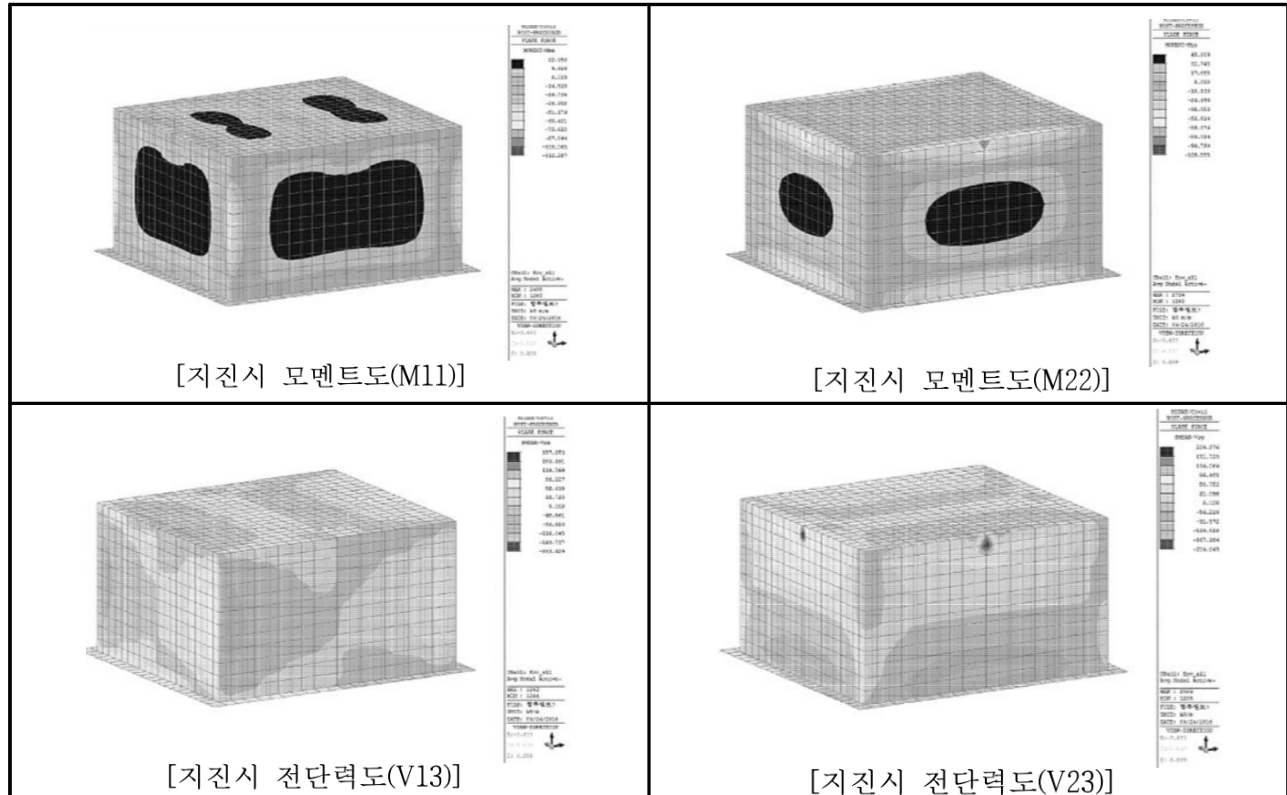
[02구간, Sta. No. 109+3.10, 합류밸브실(제수밸브실)]

부재명	구분	계수모멘트 (KN.m)		전단력 (KN)		사용 모멘트 (KN.m)	적용하중		
		상시	지진시	상시	지진시		계수모멘트 (KN.m)	전단력 (KN)	사용모멘트 (KN.m)
상부 슬래브 (M11)	상면	135.539	62.364	252.603	115.623	82.313	135.539	252.603	85.313
	하면	46.603	12.649			30.010	46.603	0.000	30.010
상부 슬래브 (M22)	상면	138.377	62.815	255.739	116.605	86.534	138.377	255.739	86.534
	하면	44.663	12.650			28.705	44.663	0.000	28.705
바닥 슬래브 (M11)	상면	138.311	19.675			92.404	138.311	0.000	92.404
	하면	107.209	47.555	216.765	70.979	68.942	107.209	216.765	68.942
바닥 슬래브 (M22)	상면	138.506	21.896			92.630	138.506	0.000	92.630
	하면	125.130	54.321	211.683	74.173	80.316	125.130	211.683	80.316
외측벽체 단변 (M11)	외면	168.294	60.656	238.141	94.328	103.202	168.294	238.141	103.202
	내면	56.784	22.150			34.669	56.784	0.000	34.669
외측벽체 단변 (M22)	외면	180.913	83.908	283.884	119.7722	117.350	180.913	283.884	117.350
	내면	101.699	42.905			62.516	101.699	0.000	62.516
외측벽체 장변 (M11)	외면	168.646	60.310	233.403	91.107	103.418	168.646	233.403	103.418
	내면	51.744	20.293			31.629	51.744	0.000	31.629
외측벽체 장변 (M22)	외면	188.804	88.045	294.983	121.529	186.805	188.804	294.983	186.805
	내면	112.140	45.809			68.827	112.140	0.000	68.827
바닥 슬래브 기둥부	M11	489.307				319.654	489.307	0.000	319.654
	M22	464.426				302.885	464.426	0.000	302.885

주) 상시 및 지진시 부재력 중 최대값 사용



【그림 2.16】 상시 휨모멘트, 전단력 분포도(02구간, Sta. No. 109+3.10, 합류밸브실)



【그림 2.17】 지진시 휨모멘트, 전단력 분포도(02구간, Sta. No. 109+3.10, 합류밸브실)

2.3.2 유지관리 이력

가. 보수·보강 이력

본 시설물의 유지관리 현황을 파악하기 위해 시설물정보관리종합시스템(FMS)과 기 안전점검 보고서를 통해 보수·보강 이력을 수집하였으며, 화성1송수관로(2구간)의 보수·보강 이력은 없는 것으로 확인되었다.

【표 2.8】 보수·보강 이력

공사명	보수보강부위	설계자	시공자
공사기간	공사내역	공사비(천원)	책임기술자
—	—	—	—
—	—	—	—

나. 점검이력

【표 2.9】 시설물 점검이력

No	점검명	점검기간	점검기관	안전등급	주요점검 결과
1	정기안전점검	2019-07-01 ~ 2019-12-20	(주)한국구조물 안전연구원	양호	현장조사 결과, 대체적으로 관로의 기능이나 구조적인 문제는 없는 비교적 안전한 상태를 유지하고 있는 것으로 파악된다. 하천횡단 관로는 관체 및 보호공의 노출 등이 없고 비교적 안전한 상태를 유지하고 있으며 기타 도로 및 부체도로 매설구간도 안전성에 영향을 미칠만한 매설 환경의 변화는 없는 것으로 조사되었다. / 밸브실 조사결과 구조적인 손상은 발생되지 않았으나 밸브실 뚜껑으로 외부수가 유입되어 침수가 확인된 밸브실이 다수 조사되었으나 기능유지에는 지장 없으며 내구성 확보 차원에서 밸브실내 배수작업이 필요하다. 관로 및 밸브실에 대한 평가결과, 주요 부재별 등급은 a~c등급으로 평가되었으며, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “양호” 로 평가 되었다.
2	정기안전점검	2020-03-25 ~ 2020-06-30	(재)한국건설 품질연구원	양호	화성1송수관로(2구간)는 2019년 준공 이후 현재까지 약 1년간 공용되고 있는 시설물임. 관로매설환경조사 결과, 상부포장에서 국부적인 소성변형, 침하, 균열 등이 발생하였으나, 전반적으로 포장 및 지반의 변형, 상부의 포장 습윤부, 관보호공 노출 등이 확인되지 않아 관로 운영에 특별한 문제점은 없는 것으로 조사됨. 밸브실 내 콘크리트 단면손상 및 철근노출, 볼트부식 채수 등이 발생됨. 본 시설물은 전반적으로 양호한 상태로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인” 인 “양호” 로 평가하였음. / 단면보수, 방청 후 단면보수 등

【표 2.9】 시설물 점검이력 (계속)

No	점검명	점검기간	점검기관	안전등급	주요점검 결과
3	정기안전점검	2020-07-01 ~ 2020-12-09	(재)한국건설 품질연구원	양호	화성1송수관로(2구간)는 2019년 준공 이후 현재까지 약 1년간 공용되고 있는 시설물임. 관로매설환경조사 결과, 상부포장에서 국부적인 소성변형, 침하, 균열 등이 발생하였으나, 전반적으로 포장 및 지반의 변형, 상부의 포장 습윤부, 관보호공 노출 등이 확인되지 않아 관로 운영에 특별한 문제점은 없는 것으로 조사됨. 밸브실 내 콘크리트 단면손상 및 철근노출, 볼트부식, 채수 등이 발생됨. 본 시설물은 전반적으로 양호한 상태로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인” 인 “양호” 로 평가하였음. / 단면보수, 방청 후 단면보수 등
4	정기안전점검	2021-05-04 ~ 2021-06-30	(재)한국건설 품질연구원	양호	화성1송수관로(2구간)는 2019년 준공 이후 현재까지 약 2년간 공용되고 있는 시설물임. 관로매설환경조사 결과, 일부 라인에서 포장침하, 포장균열, 소성변형이 조사되었으나, 전반적으로 지반의 변형, 상부의 포장 습윤부, 관보호공 노출 등이 확인되지 않아 관로의 운영에 큰 문제가 없을 것으로 조사됨. 밸브실에서는 재료분리, 철근노출, 개폐불가 등이 조사됨. 본 시설물은 전반적으로 양호한 상태로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태” 인 “양호” 로 평가하였음. / 단면보수, 방청 후 단면보수 등
5	정기안전점검	2021-07-01 ~ 2021-12-15	(재)한국건설 품질연구원	양호	화성1송수관로(2구간)는 2019년 준공 이후 현재까지 약 2년간 공용되고 있는 시설물임. 관로매설환경조사 결과, 일부 라인에서 포장침하, 포장균열, 소성변형이 조사되었으나, 전반적으로 지반의 변형, 상부의 포장 습윤부, 관보호공 노출 등이 확인되지 않아 관로의 운영에 큰 문제가 없을 것으로 조사됨. 밸브실에서는 재료분리, 철근노출, 인력 개폐불가(출입맨홀) 등이 조사됨. 본 시설물은 전반적으로 양호한 상태로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태” 인 “양호” 로 평가하였음. / 단면보수, 방청 후 단면보수 등
6	정밀안전점검	2022-04-13 ~ 2022-05-24	(주)삼립엔지니어링	B등급	관로시설은 유지관리상 문제점에 대해서 조치가 필요하나 구조적인 문제가 없는 비교적 안전한 상태를 유지하고 있는 것으로 파악되며, 시설물평가 결과 B등급(양호)으로 평가됨. 관로는 직접적으로 보수·보강이 요구되는 문제점은 없는 것으로 파악되며, 관의 구조적 안전성 유지와 관로 유지관리성 확보, 향후 안전성을 도모하기 위한 선제적 조치가 필요함. 밸브실은 콘크리트 손상 및 결함, 배관·밸브류 부식 등에 대해서 우선적으로 보수·보강이 요구되며, 밸브기능에서 나타난 문제점은 밸브 교체 계획에 반영하여 단계적인 조치가 필요함.

【표 2.9】 시설물 점검이력(계속)

No	점검명	점검기간	점검기관	안전등급	주요점검 결과
7	정기안전점검	2022-04-13 ~ 2022-12-31	(주)삼립엔지니어링	양호	관로시설은 유지관리상 문제점에 대해서 조치가 필요하나 구조적인 문제가 없는 비교적 안전한 상태를 유지하고 있는 것으로 파악되며, 시설물평가 결과 양호로 평가됨. /관로는 직접적으로 보수·보강이 요구되는 문제점은 없는 것으로 파악되며, 관의 구조적 안전성 유지와 관로 유지관리성 확보, 향후 안전성을 도모하기 위한 선제적 조치가 필요함. 밸브실은 콘크리트 손상 및 결함, 배관·밸브류 부식 등에 대해서 우선적으로 보수·보강이 요구되며, 밸브기능에서 나타난 문제점은 밸브 교체 계획에 반영하여 단계적인 조치가 필요함.
8	정기안전점검	2023-06-19 ~ 2023-06-30	주식회사 금오시설안전	양호	송수-1 공기밸브실 1+22.0 : 강재 부식, 출입구 주변 아스콘 균열 송수-2 이토밸브실 2+10.5 : 침수 / 공기밸브실 15+3.7 : 강재 부식, 출입구 주변 아스콘 균열 송수-3 이토밸브실 31+18.9 : 침수, / 제수밸브실 34+00.0 : 침수 / 공기밸브실 45+8.3 : 플랜지 표면부식, 침수 / 공기밸브실 65+25.0 : 출입구 아스콘 포장균열 / 이토밸브실 67+13.3 : 재료분리, 토사 매몰 / 공기밸브실 84+17.5 : 플랜지 표면부식, 침수 / 이토밸브실 108+4.0 : 파손 및 철근노출 송수-3 제수밸브실 109+3.1 : 누수, 플랜지 표면부식 / 양수작업, 토공작업, 주의관찰
9	정기안전점검	2023-07-01 ~ 2023-12-31	주식회사 금오시설안전	양호	송수-1 공기밸브실 1+22.0 : 강재 부식, 출입구 주변 아스콘 균열 송수-2 이토밸브실 2+10.5 : 침수 / 공기밸브실 15+3.7 : 강재 부식, 출입구 주변 아스콘 균열 송수-3 이토밸브실 31+18.9 : 침수, / 제수밸브실 34+00.0 : 침수 / 공기밸브실 45+8.3 : 플랜지 표면부식, 침수 / 공기밸브실 65+25.0 : 출입구 아스콘 포장균열 / 이토밸브실 67+13.3 : 재료분리, 토사 매몰 / 공기밸브실 84+17.5 : 플랜지 표면부식, 침수 / 이토밸브실 108+4.0 : 파손 및 철근노출 송수-3 제수밸브실 109+3.1 : 누수, 플랜지 표면부식, 제수(H=0.4m) / 양수작업, 토공작업, 주의관찰

※ 정밀안전점검은 1회, 정기안전점검 8회 실시한 것으로 시설물종합관리시스템(FMS)을 통하여 확인되었다.

2.3.3 내진설계 및 보강여부

화성1송수관로(2구간)는 2019년 5월 24일에 준공되었으며, 시설물관리대장 검토결과, 내진설계가 적용되어 있는 것으로 확인되었다.

2.3.4 점검방향 설정

【표 2.10】 부재별 점검방향 설정

구 분	자료분석 결과	금회점검 점검방향
전차점검	콘크리트 구조물인 밸브실에서 철근노출, 백태, 열화가 조사됨.	전차점검에서 조사된 손상들을 기준으로 신규손상, 기존손상 진행여부 확인
시설물관리대장	관리대장과 과업지시서의 시설물 제원이 일치함.	전차점검 자료를 토대로 간단한 제원확인
설계도서	시공 및 준공 시 작성된 도면 등은 관리되고 있음.	설계도서를 참고하여 하중 및 부재변경이 되었는지 확인
보수·보강이력	FMS 확인 결과, 보수 및 보강을 실시한 이력은 없는 것으로 확인.	FMS에 미 등록된 보수 및 보강 이력이 있는지 현장에서 확인

2.3.5 하중 및 부재변경

【표 2.11】 하중 및 부재변경

구분	내용
검토결과	준공이 후로 시설물에 용도변경, 구조계 변화, 부속시설 추가 등 하중에 영향을 주는 변경은 없는 것으로 확인됨.

2.3.6 사고·운영 및 기타 관련자료

화성1송수관로(2구간)의 경우 2019년 05월 24일 준공 이후 현재까지 홍수나 태풍 또는 지진 등에 의한 재해·사고 등의 이력과 기타 운영 및 관련 자료는 없는 것으로 확인되었다.

2.3.7 전차 점검 보고서 검토

【표 2.12】 전차 점검 보고서 요약

구 분	점 검 결 과	
점검구분	2022년 화성시 상수도시설물 안전점검 용역 정밀안전점검 보고서(상반기) (2022. 04. 13.~ 2022. 05. 24)	
수행기관	(주)삼림엔지니어링, (주)다음기술단, (주)홍찬엔지니어링	
외관조사	관로시설은 유지관리상 문제점에 대해서 조치가 필요하나 구조적인 문제가 없는 비교적 안전한 상태를 유지하고 있는 것으로 파악되며, 시설물평가 결과 B등급(양호)으로 평가됨. 관로는 직접적으로 보수·보강이 요구되는 문제점은 없는 것으로 파악되며, 관의 구조적 안전성 유지와 관로 유지관리성 확보, 향후 안전성을 도모하기 위한 선제적 조치가 필요함. 밸브실은 콘크리트 손상 및 결함, 배관·밸브류 부식 등에 대해서 우선적으로 보수·보강이 요구되며, 밸브기능에서 나타난 문제점은 밸브 교체 계획에 반영하여 단계적인 조치가 필요함	
재료시험	내구성 시험 (반발경도)	평균강도 24.3~26.0MPa로 측정되어 설계기준강도 24.0MPa 대비 101.3~108.3%로 정도로 내구성 시험의 경우 a등급으로 평가되었다.
	내구성 시험 (탄산화)	탄산화 잔여깊이는 43.26~89.40mm로 분석되어 탄산화 잔여깊이 30mm 이상으로 a등급(우수)으로 평가되었으며, 탄산화로 인한 콘크리트 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.
	관대지전위차	관대지 전위차는 (-)410 ~ (-)696mV(b~c등급)로 평가되어, 대부분 자연 전위 상태(-400~-600mV)를 유지하는 것으로 파악된다. 또한, 본 곤좌는 전기방식시설 미운영으로 관로의 부식이 진행될 수 있어 부식방지를 위해 전기방식시설을 설치 및 운영하여 방식 기준전위 (-850~-2,500mV)값을 유지할 필요가 있다.
상태평가	B등급 (상태평가점수 : 3.75)	
안전등급	B등급 (양호)	
점검결과	관로시설물에 대한 현장조사 및 시험 등을 토대로 상태평가 및 종합평가를 실시하고 시설물의 전반적인 상태를 고려할 때 본 시설물의 안전등급은 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 “B(양호)등급”으로 지정됨.	

제3장 외관조사

3.1 개요

3.2 관로 구간분할

3.3 관로 매설환경조사

3.4 밸브·밸브실 조사

제3장 외관조사

3.1 개요

금회 점검 대상 구간의 관로 및 밸브실은 사용 중 시설물의 노후 및 손상상태 등과 유지관리의 편의성을 고려하여 전차안전점검에서 관리되고 있는 구간분할표 및 밸브실 현황표를 준용하였으며 관리주체를 통해 받은 관망도를 취용하여 작업을 실시하였다. 관로분할 및 밸브실 현황은 다음과 같다.

3.2 관로 구간분할

화성1송수관로(2구간) 관로시설의 경우 준공도면(2019)을 기준으로 관로 계통별 현황을 파악하였다.

【표 3.1】 화성1송수관로(2구간) 관로시설 현황표

관로계통	관로 명칭	관 종	관 경 (mm)	위치 (Sta. No)	연 장 (m)
송수	화성1송수관로(1구간) 연결관로 ~ 화성1송수관로(2구간)	SP	1000	0+000 ~ 5+19.0	219.0
	화성1송수관로(2구간) ~ 합류밸브실	SP	1000	0+000 ~ 109+12.0	4,372.00
계					4,591.0

- ▶ 관로 위치(Sta. No.)는 관로 준공도면을 기준으로 함.
- ▶ SP : Steel Pipe, 수도용 도복장 강관

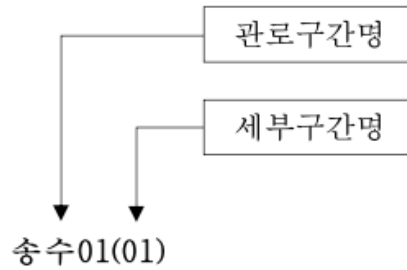
금회 정밀안전점검은 관로시설을 체계적이고 효율적으로 조사·평가하기 위해서, 관로의 분할 기준을 설정하고 전체 관로를 각 단위 관로 구간으로 세분화하였다. 또한, 매설환경 조사 과정에서 얻어진 현장의 상황고 1 정보 등을 검토하여 최종적인 관로 구간을 결정한다.

[관로 구간분할 기준]

- 관로용도 : 도수관로, 송수관로
- 관리권역 : 계통별 구분
- 관로특성 : 관경, 관종, 사용년수, 방식도장 유무 등
- 운영상황 : 가압, 자연유하, 용수공급 유량, 전기방식유무, 관내 수질 등

○ 지반조건 : 암반, 토사, 점토(연약지반)

관로구간 명칭은 관로 위치 (Sta. No.)를 기준으로 하고 관로계통 구분을 고려하여 아래와 같이 표시하였다.



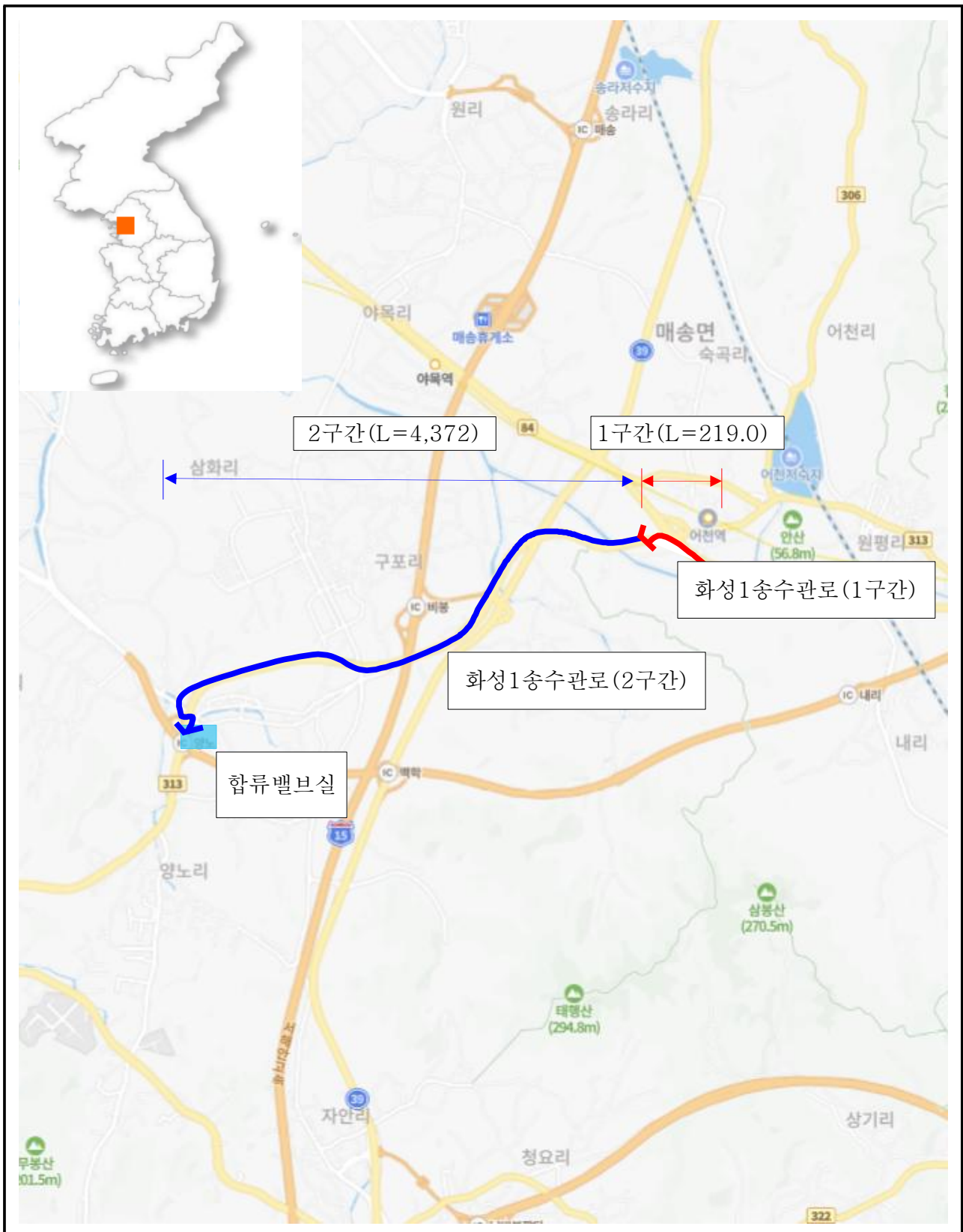
[관로 구간명 표시]

관로시설의 경우 상기의 기준에 의거하여 수집자료 분석 및 매설환경조사 결과로 얻어진 정보를 반영하여 다음과 같이 관로구간 및 세부구간을 분할하였다.

【표 3.2】 화성1송수관로(2구간) 관로시설 구간 분할표

관로 계통	구간	측점 (Sta. No.)	관경 (mm)	관종	연장 (m)	매설 년도	비고
송수	01(01)	0+00 ~ 5+19.0	1100	SP	219.0	2019	차도
	02(01)	0+0.0 ~ 28+31.0	1100	SP	1,151.0	2019	차도
	02(02)	28+31.0 ~ 35+36.0	1100	SP	209.0	2019	차도
	02(03)	35+36.0 ~ 104+11.0	1100	SP	2,811.0	2019	차도
	02(04)	104+11.0 ~ 109+12.0	1100	SP	201.0	2019	나대지

- ▶ 매설지역은 최대 분포현황을 표기
- ▶ 관로 구간별 상세 내용은 [부록] 참조



【그림 3.1】 화성1송수관로(2구간) 관로시설 구간 분할도

3.2.1 관로사고이력

관로사고는 시설물에 따라 차이가 있으나, 일반적인 통수를 시점으로 하는 사용개시 초기에 시공미흡, 자재불량 등의 취약부에서 자주 발생하다가 이러한 현상이 어느정도 해소되면 사고발생빈도가 점차 줄어들면서 안정화 되어 간다. 그러나 설계 및 시공상에 근본적인 문제가 있다면 시간이 지나도 사고발생 빈도는 줄어들지 않아 초기 관로사고의 유형 파악이 매우 중요하며, 이를 분석함으로 향후 사고발생의 장래 추이를 예측할 수 있다.

금회 점검 대상 구간의 관로사고이력 검토 결과, 송수관로는 준공 이후 관로의 파손 및 누수등의 사고이력은 없는 것으로 조사되었으며 관로 특성상 하중변화 및 공용년수 증가에 따라 관체가 노후화 될 경우 사고발생 가능성이 높아질 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.

3.2.2 경과년수 검토

관로 설치 후 경과년수는 관의 구조적 안전과는 직접적인 상관관계는 없지만 경과년수에 따라 여러 가지 요인들에 의해 사고발생의 개연성은 높아지게 되므로 관로구간별로 설치년도를 조사하며 결과는 다음과 같다.

【표 3.3】 경과년수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	경과년수(년)	비 고
a	5	10년 미만	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 ■ 관로의 설치년도로부터 진단 완료일까지의 경과년수 적용 단, 책임기술자가 갱생(신관 삽입, 재도장)으로 관체의 안전성이 향상되었다고 판단될 경우에는 평가점수를 조정할 수 있음
b	4	10년 이상 ~ 20년 미만	
c	3	20년 이상 ~ 30년 미만	
d	2	30년 이상 ~ 40년 미만	
e	1	40년 이상	

【표 3.4】 경과년수에 대한 검토결과

구간	관경(mm)	관종	연장(m)	매설년도(년)	경과년수(년)	평가
송수-01(01)	1100	SP	219.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(01)	1100	SP	1,151.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(02)	1100	SP	209.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(03)	1100	SP	2,811.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(04)	1100	SP	201.0	2019	5	A (10년미만)

▶ 경과년수에 대한 검토 시 2019년 준공 이후 5년동안 공용되고 있으며 경과년수가 10년 미만이므로 A등급으로 평가되었다.

3.3 관로 매설환경조사

관로 매설환경조사는 각 관로 계통에 대해서 매설지역의 도로 여건, 토지 이용현황, 교통량 및 주변 조건 등 전반적인 매설환경을 파악하는 것으로서, 관로 계통별 매설현황 조사결과를 토대로 일상적인 점검에서 손상상태를 파악하기 어려운 구간과 관로 유지관리상 문제가 있는 구간, 교통량이 많아 찰야 하중의 반복 작용으로 관로의 피로 손상이 우려되는 구간, 관로의 매설깊이가 과대 또는 과소하여 외압(토압, 차량하중 등)에 의해 관로의 파손 또는 동파 등에 노출되는 구간, 기타 외적인 요인에 의해 매설관로의 안전성에 영향을 줄 수 있는 구간 등에 대해서 검토·분석하여 대책 안을 제시한다.

또한, 매설환경조사는 결과는 준공도서 상에 나타난 매설 조건 등과 비교하여 상태변화를 검토한 후 관로의 상태평가 및 안전성평가 등의 기초 자료로 활용한다.

3.3.1 관로 계통별 매설환경

관로시설은 관로 계통별로 매설현황과 관로사고 유발 및 발생 요인, 사고 시 피해영향, 기타 유지관리 상 문제 등을 조사한다.

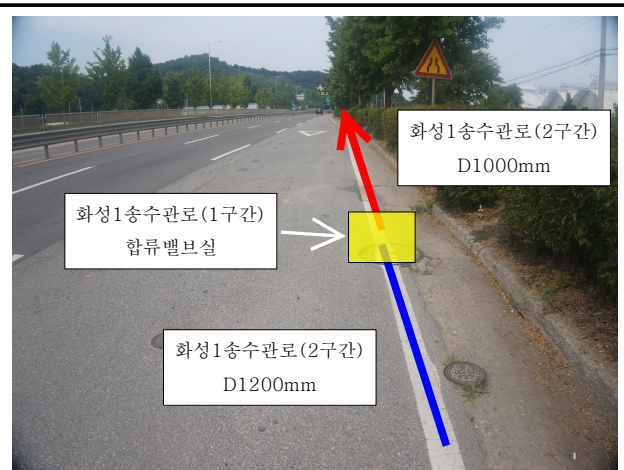
화성1송수관로는 한강하류권(2차) 정수시설(화성정수장) 완공 이후 기존 송수관로의 용수공급 확대를 위해 2019년에 매설되어 5년이 경과 된 관로이며, [송수01구간] [송수02구간] 2개 관로 구간으로 구분되어 있는 상태이다.

- 관로구간
 - 송수01구간, Sta. No. 0+0.00 ~ 5+19.00, L=219.00m
 - 송수02구간, Sta. No. 0+0.00 ~ 109+12.00, L=4,372.00m
- 관 종 : 수도용 도복장 강관(SP)
- 관 경 : D1000mm
- 총 연 장 : L=4,591.00m
- 매설깊이 : 1.47 ~ 4.09m(평균 2.03m)



송수01 (01) (Sta.0+0.0)

매설환경 상태양호



송수02(01) (Sta.0+0.0)

매설환경 상태양호



송수02 (02) (Sta.34+0.0)

매설환경 상태양호



송수02 (03) (Sta.45+8.30)

매설환경 상태양호



송수02(03) (Sta.84+17.50)

매설환경 상태양호



송수02(04) (Sta.104+11.0)

매설환경 상태양호

- 송수계통 관로의 경우 송수계통 관로의 경우 91.1% 차도(갓길), 6.1% 나대지, 하천 2.8% 비율로 대부분 차도(갓길), 나대지에 매설되어 상재 하중요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 관로 중요 관리지점은 용수 공급 운영과 사고 시 긴급 조치 등이 요구되는 지점으로서 그 위치 및 시설 현황을 면밀히 파악하고 정기적인 유지관리에 의해 최상의 상태를 유지하여야 한다. 송수계통 관로에 있어서, 분기 및 연결지점 등의 현황과 관로 중요 관리지점은 다음 [표]와 같다.

【표 3.5】 송수계통 관로 중요 관리지점 현황표

관로 구간	밸브실명	측점(Sta.)	관중	관경(mm)	관로 현황
01	(01)	0+0.00	SP	1000	●관로시점, 화성1송수관로(구간) 연결관로 구간
02	(01)	0+0.00	SP	1000	●화성1송수관로(2구간)
		2+10.50	SP	1000	●동화천 하천횡단 구간 - Sta. No. 2+10.50 ~ 3+10.00(L=39.50m)
	(02)	31+18.90	SP	1000	●구포천 하천횡단 구간 - Sta. No. 31+18.90 ~ 33+10.90(L=32.00m)
	(03)	55+8.00	SP	1000	●화성로313(왕복 6차선) 횡단 구간 시점
		65+0.00	SP	1000	●비봉1교 밑 푸른들관로 횡단 구간 시점
	(04)	107+27.00	SP	1000	●남전천 하천횡단 구간 - Sta. No. 107+27.00 ~ 108+14.00(L=27.00m)
		109+12.00	SP	1000	●관로종점, 합류밸브실(D1000, D800mm) ●화성1송수관로(3구간) 분기

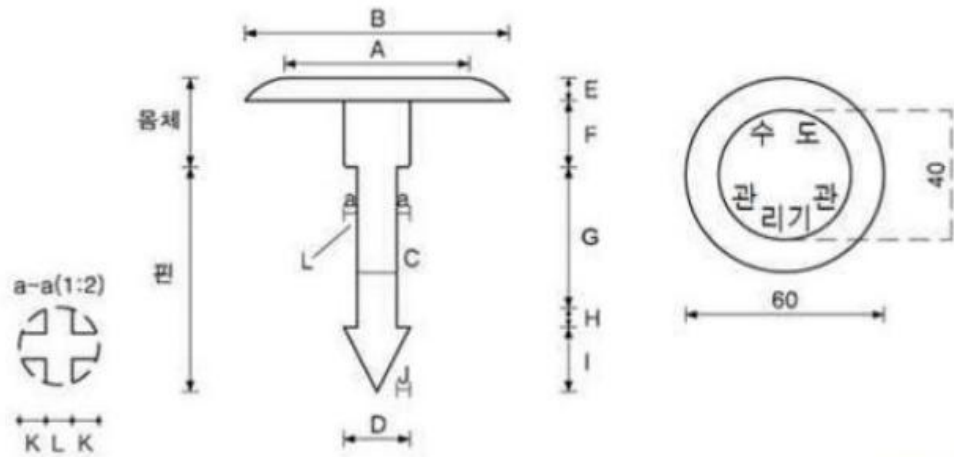
- [송수관로01(01), Sta. No. 0+0.00] 지점은 화성1송수관로(1구간)와 접관 지점인 구간으로 차도(갓길)상에 매설되어 있다. 현재 특이할만한 상재 하중요인과 특이한 문제점이 없는 대체적으로 양호한 매설상태를 유지하는 것으로 파악된다. 다만, 육안상 관로 시점 부 확인이 어려운 상태로 노선 위치관리 및 관로 사고 시 즉각적인 조치 등을 위한 관로 표식설치가 필요할 것으로 사료된다.
- 또한, [송수관로01(01), Sta. No. 0+0.00] 지점은 화성1송수관로(1구간)종점 제수밸브실 후면에 연결되어 있어 용수공급 운영과 사고 시 긴급 조치가 요구되는 지점으로 밸브실 현황을 면밀히 파악하고 정기적인 지속관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.



(송수01(01)구간, Sta. No. 0+0.00 ~ 5+19.00) 시점부 현황도

- 화성1송수관로(2구간)는 전반적으로 관로 표시석이 설치되어 있으나, [송수01(01), Sta. No. 0+0.00] 시점부의 관로 노선을 명확히 표시하기 위해서 표시못 혹은 표시석 설치를 권고한다.
- 표시못은 차도구간에 교통에 지장이 없도록 인식표지를 일정한 간격으로 포장면에 설치하여야 하며, 표시석은 차량통행이 없는 비포장도로, 초지나 임야 등 수목이나 풀이 없는 지역에 설치하여 시설물을 유지관리 할 필요가 있다.

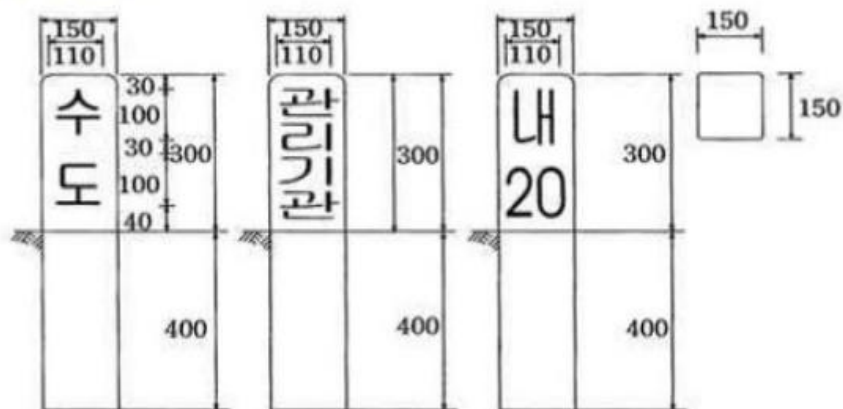
관로의 표식은 [상수도공사 설계지침 (2020. 6. 한국수자원공사)] [KDS 57 50 00 상수도 도수시설 설계기준 2.16 관로의 표식] 상수도설계기준(해설편), 한국상하수도협회, 2020]을 참고하여 도시지역 20m, 지방지역 50m, 곡선부위 5~10m 간격으로 설치되어야 하나 주변지형의 여건 등에 따라 적절히 조정할 수 있다.



(단위:mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
40	60	15	25	7	15	100	5	20	5	5	5

- 표지주의 크기 및 모양



【그림 3.2】 관로 표시못, 표시석 등 예시(상수도설계기준 해설편 발췌)

- [송수02(03)구간, Sta. No. 55+8.00~56+4.80] [송수02(03)구간, Sta. No. 65+0.00~70+0.00] 구간은 각각 [화성로 313번 지방도(왕복 6차선) [비봉1교 밑 푸른들판로]를 횡단하는 구간으로, 관로가 차도 상에 매설 되어있는 상태이나, 차량하중 외에 특별한 상재 하중 요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 파악된다. 다만, 관로가 차도에 매설되어 관로 사고 시 차량 도로 이용에 제한이 될 수 있으므로, 관로 구간의 정기적인 점검·관리가 요구된다.



(송수02(03)구간, Sta. No. 55+8.00 ~ 70+0.00)

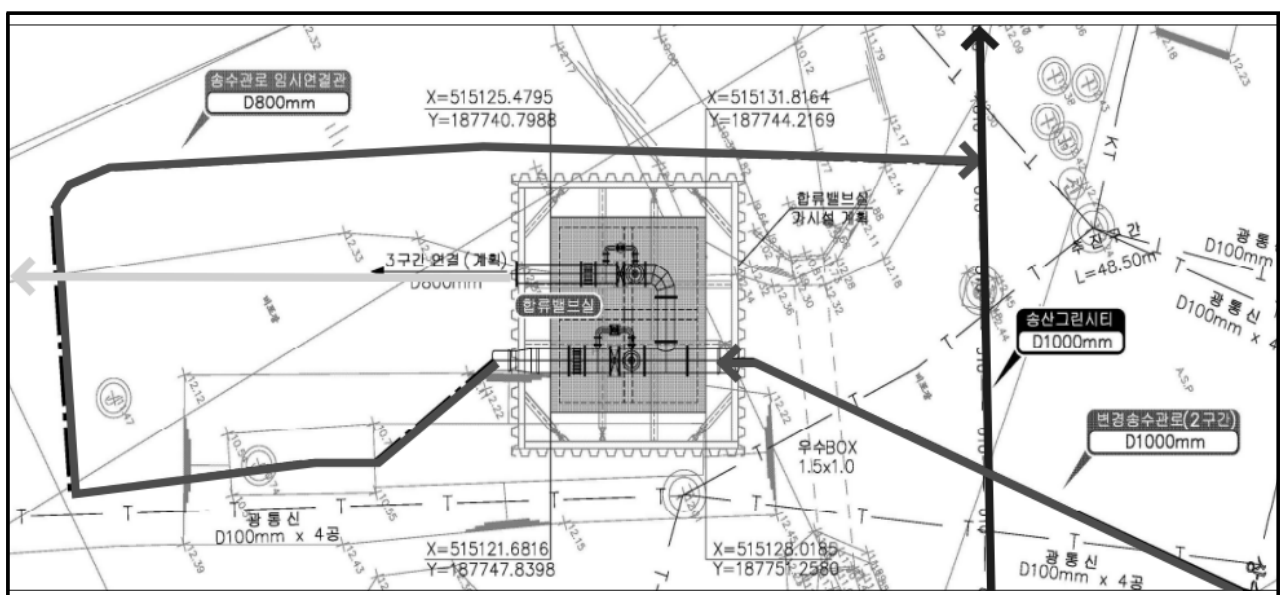


- [송수02(04)구간, Sta. No.109+3.10] 지점은 화성1송수관로(2구간, D1000mm)에서 화성1송수관로(3구간, D800mm)로 분기되는 연결지점으로 나대지에 매설되어 있는 상태로 상부 하중요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

- 또한, [송수02(04), Sta. No. 109+3.10] 밸브실은 화성1송수관로(3구간)으로 연결되는 지점으로 용수공급 운영과 사고 시 긴급 조치가 요구되는 지점으로 밸브실 현황을 정확히 파악하고 정기적인 유지관리에 의해 최상의 상태를 유지하여야 한다.



(송수02(04)구간, Sta. No. 105+0.00 ~ 109+12.00)



(송수02(04)구간, Sta. No. 109+3.10, 합류밸브실(평면도))

3.3.2 관로 매설깊이 조사

관로 매설깊이 조사는 밸브실 내 측정 가능한 노출되어 있는 관로에서 실시하였으며, 7개소 밸브실에서 실측한 매설깊이를 아래와 같이 정리하였고 2022년 정밀안전점검 보고서 자료를 참고하여 인용 및 금회 실측한 매설깊이와 비교를 실시하였다.

【표 3.6】 매설깊이 측정 결과

구 간	밸브실명	측점 (Sta.)	관종	관경 (mm)	매설깊이 (m)				비고
					준공도 (2019년)	전차 (2022)	금차 (2024)	변동[준공] 변동[점검]	
송수	02(01)	0+22.00	SP	1000	1.51	1.85	1.85	+0.34	공기밸브실
								0.00	
		15+3.70	SP	1000	1.63	1.60	1.60	-0.03	공기밸브실
								0.00	
	02(02)	34+0.00	SP	1000	2.38	2.60	2.60	+0.22	제수밸브실
								0.00	
	02(03)	45+8.30	SP	1000	1.50	1.80	1.80	+0.30	공기밸브실
								0.00	
		65+25.00	SP	1000	1.57	1.80	1.80	+0.23	공기밸브실
								0.00	
		84+17.50	SP	1000	1.73	1.60	1.60	-0.13	공기밸브실
								0.00	
	02(04)	109+3.10	SP	1000	3.08	2.94	2.94	-0.14	제수밸브실
								0.00	

- ▶ 금회 실측된 관로의 매설깊이는 [2022년 실시한 정밀안전점검]에서 실측한 매설깊이와 비교·검토하였다.
- ▶ 측정 가능한 7개소의 매설깊이는 대체로 2019년 준공도에 근접하며 매설깊이 1.5m 이상을 확보하고 있는 것으로 분석되었으며, 전차점검과 동일한 결과값으로 조사되었다.
- ▶ 따라서, 매설깊이 변동(과소 및 과대)에 의한 관의 현시점에서의 구조적 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단되지만, 관로 및 밸브실 등의 유지관리성 확보와 관로의 구조적 안전성 유지 등의 측면에서 관로 상부에 농작물 경작 활동 및 불법적인 성토 또는 절토, 중차량 주차 등의 제한이 필요한 상태이고 이를 위해서 정기적인 관로 및 노선에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요한 상태이다.

3.3.3 하천횡단 관로

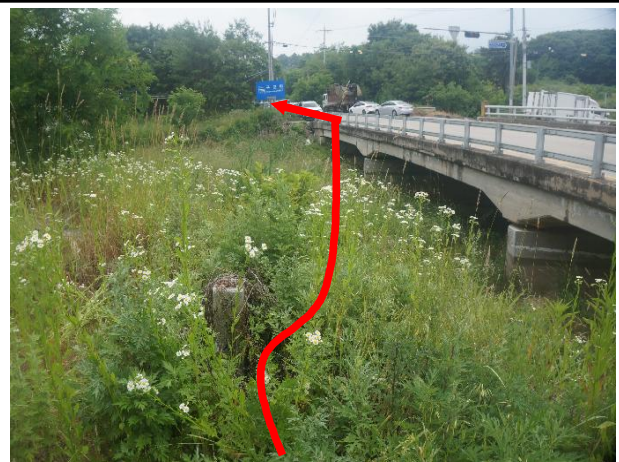
하천횡단 관로 구간은 하천 세굴상태, 관 보호공 또는 관체 노출상태 등을 조사하여 현재 매설조건에서 관로 안전성 여부 등을 검토하였다.

【표 3.7】 하천횡단 관로 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	측점 (Sta.)	관중	관경 (mm)	횡단 연장 (m)	하천 현황	조사결과
송수	02(01)	2+10.50~3+10.00	SP	1000	39.5	동화천	●관체 및 관 보호공 노출 無 ●매설상태 양호
	02(02)	31+18.90~32+10.90	SP	1000	32.0	구포천	●관체 및 관 보호공 노출 無 ●매설상태 양호
	02(04)	107+27.00~108+14.00	SP	1000	27.0	남전천	●관체 및 관 보호공 노출 無 ●매설상태 양호



(02(01)구간, Sta. No. 2+10.50~3+10.00, 동화천)



(02(02)구간, Sta. No. 31+18.90~32+10.90, 구포천)



(02(04)구간, Sta. No. 107+27.00~108+14.00, 남진천)

- 하천횡단 구간은 3개소이며, 관체 및 관 보호공 노출 등은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 대체로 안전한 매설 깊이를 확보하고 있어, 현시점에서의 하상 세굴에 의한 관로 안전성을 유지하고 있는 상태인 것으로 조사되었다.
- 다만, 하천횡단 관로 3개소의 경우 현 상태에서 하상 세굴에 대응하여 관로 안전성을 유지 하더라도 향후 우천 시 집중호우에 따른 하천 유황 변화와 하상 세굴이 발생을 완전히 배제할수 없는 상태이므로 우천시 하천 관로 구간에 대해서 우선적인 확인 점검이 필요한 상태이다.

3.4 밸브·밸브실 조사

밸브실의 경우 밸브실 현황과 내부 양수를 실시한 후 밸브실 구조물 상태, 내부의 배관·밸브류 상태 등을 조사한다.

점검대상 밸브실은 효율적이고 일관성 있는 점검 및 향후 유지관리의 편리를 도모하기 위하여 위치(Sta. No.)를 기준으로 하고 밸브실 명칭별 기호 [M : 제수밸브실] [A : 공기밸브실] [D : 이토밸브실] [E: 신축관실] [T: 점검구실] [b: 연결 및 분기점] 등으로 표시하였다. 밸브실 상세조사는 밀폐공간 인명사고 예방을 위해서 [밀폐공사 보건작업 프로그램 작성] [진단자 특별안전보건 교육] [현장 작업허가서 승인] 등과 안전조치를 실시한 후, 실시하였다.

3.4.1 밸브실 현황조사

금회 정밀안전점검 대상 밸브실은 다음 [표]와 같이 총 11개소 밸브실(제수밸브실 2개소, 공기밸브실 5개소, 이토밸브실 4개소) 등으로 설치되어 있는 상태인 것으로 조사되었다.

【표 3.8】 화성1송수관로(2구간) 밸브실 현황

관로계통	제수밸브실	공기밸브실	이토밸브실	점검구실	계
송수	2	5	4	—	11

가. 매설위치 및 침수 현황

송수관로 밸브실의 경우 유지관리성, 외부요인 등을 파악하기 위한 매설 위치와 침수 현황을 조사하였다.

【표 3.9】 밸브실 매설위치 및 침수상태 분석표

매설현황		제수밸브실	공기밸브실	이토밸브실	점검구실	계
매설위치	차도	1	5	—	—	6
	하천	—	—	3	—	3
	나대지	1	—	1	—	2
	계	2	5	4	—	11
침수 현황	1.0m이상 침수	2	5	4	—	11
	0.5~1.0m 침수	—	—	—	—	—
	0.1~.5m 침수	—	—	—	—	—
	미침수	—	—	—	—	—
	미확인	—	—	—	—	—
	계	2	5	4	—	11

- 밸브실은 대부분 차도(갓길) 및 나대지, 하천에 위치하고 있으며, 나대지에 위치한 밸브실은 상부 토사유실 또는 침하 등이 발생하지 않은 것으로 보아 유지관리 등에 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 차도에 위치한 밸브실은 접근시 차량 사고발생 등의 위험이 있으므로 차량 통제 등의 각별한 주의가 필요하다.
- 또한, 하천부에 위치한 밸브실은 우천시에 밸브실 내부 침수와 주변 세굴 또는 퇴적 등이 발생할 수 있으므로 차도에 위치한 밸브실의 경우 중차량 통행으로 발생한 하중에 의한 손상이 발생할 수 있다. 이와 같은 사항을 고려하여 밸브실에 대한 정기적인 점검 및 유지관리가 필요하다.
- 침수 밸브실은 총 11개소로 대부분 1.0m 이상 침수가 발생한 상태로 파악되었으며 그 중 1개소 109+3.1[Mb] 제수밸브실의 경우 0.9m 침수가 발생한 상태이다.
- 밸브실 침수는 밸브 조작기능 및 유지관리성 저해, 밸브류 및 배관 부식 가중 등 요인이 되므로 가능한 건전상태를 유지하여야 한다. 그러나, 하천 등 매설위치와 계절적 상황, 밸브실 결함 등에 의해 상시 침수가 발생할 수 있다. 침수된 밸브실은 정기적인 양수 작업을 실시하여야 하며, 낮은 지역에 위치한 밸브실은 출입구增高 또는 출입구 뚜껑의 밀폐가 양호한 볼트형 출입구 뚜껑 등으로 교체하는 등의 침수 원인을 파악하여 적절한 조치를 취함으로써 내부 침수를 저감시킬 필요가 있다.

나. 밸브실 위치 검토

관로는 원활한 용수 공급기능을 유지하기 위해서 제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관, 유량계 등이 설치되며, 이들 밸브류를 보호하기 위해서 밸브실 구조물, 밸브 보호통(Key Hole) 등이 설치된다. 밸브실 종류별 기능과 기준은 아래와 같다.

- 도·송수관로에서 제수밸브는 관로의 시·중점, 분기장소, 연결관, 주요 배수설비, 중요한 역사이편부, 교량 및 철도 횡단부 등에는 원천적으로 설치하며, 관로의 용수 운영과 사고 시를 고려하여 1~3km 간격으로 설치하는 것이 바람직하다.

- 공기밸브는 관내 공기를 원활히 배제하여 관로 통수능력을 유지하고, 이상 수압으로 인하여 수주분리 현상이 발생하면 공기가 유입되어 부압을 방지하는 역할을 한다. 이를 위해서 관경 400mm 이상 관에서는 반드시 급속공기밸브 또는 쌍구 공기밸브를 설치하고, 관경 350mm 이하 관에 대해서는 급속공기밸브 또는 단구 공기밸브를 관로 종단상의 상단부에 설치한다 또한, 관경 800mm 이상 대구경관에는 관 내부 검사 또는 검사 등의 유지관리를 위해서 맨홀용 T관 뚜껑(맹플랜지)과 상부에 공기밸브를 설치한다.

- 이토밸브는 관의 보수 및 교체, 관 내부 검사 등으로 인해 용수공급이 중단될 경우 관내 부수를 원활히 배제시키는 기능과 관 내부의 퇴적된 이토를 정기적으로 배출하여 관로 통수

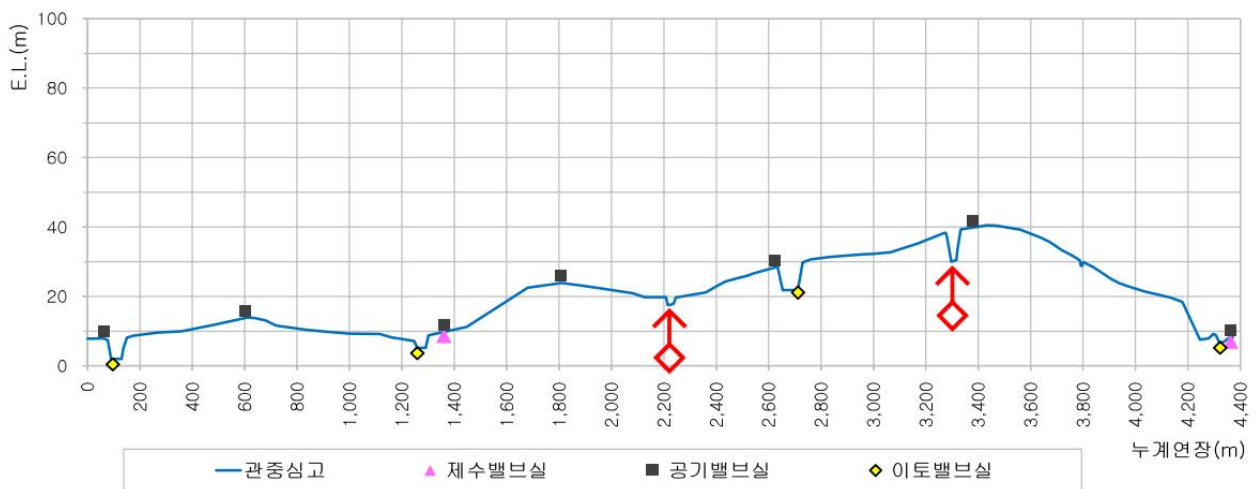
능력을 유지하는 역할을 한다. 이를 위하여 본관 관경은 1/2~1/4로 하고 가능하면 치수가 큰 것으로 하여 관로 종단상의 하단부에 설치한다. 또한, 방류 수역이 관저보다 높을 경우에는 이토관과 토출구 사이에 배수실을 설치하며, 배수실과 토출구는 방류수역의 상태에 따라 배수용량을 감당할 수 있는 크기로 결정하여야 한다.

- 신축관은 상수도용 도복장 강관의 경우 온도응력에 대하여 강도가 크고, 용접 접합이기 때문에 관로로서 일체화가 되어 있어 흠에 의한 구속력이 있으므로 일반 매설조건에서는 별도로 설치하지 않는다. 그러나, 제수밸브, 펌프 등 관로의 중간에 자유단이 발생하는 경우 밸브실 내에 신축관을 설치하여 하며, 밸브실 구체 접속부는 관이 축방향으로 신축 활동이 될 수 있도록 하되, 외부 지하수 등이 침입할수 없는 구조로 한다.

- 기타 유량계, 안전밸브는 안정적 용수공급을 위해서 유량 측정이 요구되는 지점, 이상 수압으로 관내 수압이 높아지는 지점에 설치된다.

대상관로는 분기관 밸브를 제외한 본관 밸브에 대해서 관로 종단상에 밸브 위치를 표시하고, 밸브 기능적 관점 및 설치 간격 등에 대해서 검토하였다.

[송수관로, 02구간] : 화성1송수관로 연결관로 종점~화성1송수관로(2구간)종점



【그림 3.3】 관로 종단상 밸브 위치도 -전차 2022년 정밀안전점검 보고서 내용 발췌

【표 3.10】 공기밸브 설치 위치 검토 결과표

관로 계통	관로 구간	위치 (Sta. No.)	누계연장 (m)	관경 (mm)	밸브규격 (mm)	검토 내용
송수	02(01)	1+22.0	62.0	1000	AV(150)	●차도, 환기구 상태양호
	02(02)	15+3.7	603.7	1000	AV(150)	●차도, 환기구 상태양호
		34+0.0	1,360.0	1000	AV(150)	●차도, 제수밸브실
	02(03)	45+8.3	1,808.3	1000	AV(150)	●차도, 환기구 상태양호
		65+25.0	2,625.0	1000	AV(150)	●차도, 환기구 상태양호
		84+17.5	3,377.5	1000	AV(150)	●차도, 환기구 상태양호
	02(04)	109+3.1	4,363.1	1000	AV(150)	●차도, 제수밸브실

○ 공기밸브는 기능적 관점에서 검토한 결과, 대부분 종단 상 관정부에 공기밸브 기능을 발휘할 수 있는 지점에 설치되어 있는 것으로 파악된다.

【표 3.11】 이토밸브 설치 위치 검토 결과표

관로 계통	관로 구간	위치 (Sta. No.)	누계연장 (m)	관경 (mm)	밸브규격 (mm)	검토 내용
송수	02(01)	2+17.0	97.0	1000	SV(300)	●배수실 토출, 하천(동화천)
	02(02)	31+18.6	1,258.6	1000	SV(300)	●배수실 토출, 하천(구포천)
	02(03)	67+32.6	2,712.6	1000	SV(300)	●배수실 토출, 하수도
	02(04)	108+4.0	4,320.0	1000	SV(300)	●배수실 토출, 하천(남전천)

【표 3.12】 이토밸브 추가설치 위치 검토 결과표

관로 계통	관로 구간	위치 (Sta. No.)	누계연장 (m)	관중	관경 (mm)	검토 내용
송수	02(03)	55+22.6	2,222.6	SP	1000	●관로 종단상 하단부 ●화성시 비봉면 구포리 962-3
		82+17.6	3,297.6	SP	1000	●관로 종단상 하단부 ●화성시 비봉면 삼화리 523-3



【그림 3.4】 이토밸브 추가 설치지점 (Sta. No. 55+22.6) 현황도



【그림 3.5】 이토밸브 추가 설치지점 (Sta. No. 82+17.6) 현황도

○ 이토밸브 설치 위치 검토결과, 이토밸브는 대부분 종단 상에 밸브의 기능을 발휘할 수 있는 지점에 설치된 것으로 파악되나, [송수02(03), Sta. No. 55+22.6, 82+17.6]지점은 관보호 BOX가 설치되어 종단상 매설깊이가 낮아지는 구간으로서, 관저부에 이토밸브가 설치되지 않아 이토 기능상 장애가 있을 수 있는 것으로 파악된다.

○ 장애 발생 가능한 구간 중 인접한 위치에 이토밸브가 설치되어 있다면 어느 정도 퇴적물의 배제가 가능하지만 다소 거리가 먼 구간은 수질적 문제 등의 긴급히 관 내부 용수 배제가 요구되는 상황 시 문제가 발생할 수 있으므로 향후 이토밸브 설치가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.13】 제수밸브 설치 위치 검토 결과표

관로 계통	관로 구간	위치 (Sta. No.)	누계연장 (m)	관경 (mm)	밸브규격 (mm)	제수밸브 용도
송수	02(02)	34+0.0	1,360.0	1000	BFV(1000)	—
	02(04)	109+3.1	4,363.1	1000	BFV(1000)	●화성1송수관로(3구간) 분기

			
송수02(03) (Sta.34+0.0)	제수밸브	송수02(04) (Sta.109+3.1)	제수밸브

○ 제수밸브는 설치 위치를 검토한 결과, 관로 시·중점 및 분기 지점, 용수 공급 운영상 필요한 지점 등의 적절한 위치에 설치되어 있는 것으로 파악된다.

3.4.2 밸브실 상세조사

밸브실은 구조물에 대한 단면규격을 측정하고, [밸브실 구조물] 밸브류 및 배관 [운영 및 유지관리 사항] 등에 대해서 상세조사를 실시하였으며, 상세조사 결과는 다음 [표]와 같다.



[밸브실 상세조사 현황]

【표 3.14】 밸브실 상세조사 주요 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	밸브실 규격(m)	밸브규격 (mm)	주요 조사내용
송수	02(01)	1+22.0 [A]	공기 밸브실	D2.5 H2.7	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	●내부 철재 원형 구조물 ●강재구조물 국부적 표면부식 (A=7.85m×2.7m) ●배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 ●마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량 ●출입구 주변 아스콘 균열 (A=2.0m×2.0m) ●환기구(D300), 사다리 상태양호
		2+17.0 [D]	이토 밸브실	B1.5 L1.2 H4.6	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	●구조물 상태양호 ●배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 ●밸브 받침콘크리트 미설치, 사다리 상태양호 ●토출구(D600), 배출수역 상태양호
		15+3.7 [A]	공기 밸브실	D2.6 H2.6	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	●내부 철재 원형 구조물 ●강재 구조물 국부적 표면부식 (A=8.17m×2.6m) ●배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 ●마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량 ●출입구 주변 아스콘 파손 (A=1.0m×1.0m) ●환기구(D300), 사다리 상태양호
	02(02)	31+18.6 [D]	이토 밸브실	B1.5 L1.3 H5.7	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔 레스코픽)	●구조물 상태양호 ●배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 ●키대고정 상태양호, 배관 및 밸브 받침콘크리트 조적시공 ●사다리 상태양호, 맨홀뚜껑 볼트 잠금형 ●배수실, 토출구(D600), 배출수역 상태양호
		34+0.0 [M]	제수 밸브실	B4.0 L4.5 H3.0	BFV(1000) 부관SV(200) 신축관(1000, 텔레스코픽) AV(150), BFV (150)	●내부 철재 원형 구조물 ●강재 구조물 좌측벽체 표면부식 (A=2.5m×2.0m) ●밸브 및 신축관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식 ●밸브 받침콘크리트 상태양호, 수압계 작동상태 양호 ●환기구(D300), 사다리 상태양호, 맨홀뚜껑 볼트 잠금형

【표 3.14】 밸브실 상세조사 주요 결과표(계속)

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	밸브실 규격(m)	밸브규격 (mm)	주요 조사내용
송수	02(03)	45+8.3 [A]	공기 밸브실	D2.6 H2.5	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	- 내부 철재 원형 구조물, 강재구조물 상태양호 - 배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 - 본관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식 - 수압계 작동상태 불량 - 환기구(D300), 사다리 상태양호
		65+25.0 [A]	공기 밸브실	D2.6 H2.7	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	- 내부 철재 원형 구조물, 강재구조물 상태양호 - 배관 및 밸브, 마개F, 관접속부 상태양호 - 수압계 작동상태 양호, 맨홀뚜껑 주변 아스콘 상태양호 - 환기구(D300), 사다리 상태양호
		67+32.6 [D]	이토 밸브실	B1.5 L2.0 H3.0	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	- 구조물 상태양호 - 배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 - 밸브 받침콘크리트 상태양호 - 사다리 상태양호 - 배수실, 토출구(D600), 배출수역 상태양호
		84+17.5 [A]	공기 밸브실	D2.6 H2.6	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	- 내부 철재 원형 구조물, 강재구조물 상태양호 - 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량 - 맨홀뚜껑 주변 아스콘 상태양호 - 환기구(D300), 사다리 상태양호
	02(04)	108+4.0 [D]	이토 밸브실	B1.5 L2.0 H3.0	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	- 상부슬래브 파손 및 철근노출 (A=0.4m×0.4m) - 배관 및 밸브, 관접속부 상태양호 - 밸브 받침콘크리트 상태양호 - 사다리, 키대고정 상태양호 - 배수실, 토출구(D600), 배출수역 상태양호
		109+3.1 [Mb]	제수 밸브실	B7.2 L6.4 H4.2	BFV(1000, 800) 부관SV(200, 150) 신축관(1000, 800, 텔레스코픽) AV(150, 2EA) BFV(150, 2EA)	- 구조물 상태양호 - 배관 및 밸브, 신축관 상태양호 - 마개F 경미한 전면부식 - 밸브 받침콘크리트 상태양호, 수압계 작동상태 불량 - 환기구(D300), 사다리 상태양호

▶ 상세한 조사 내용은 [부록] 참조

다. 밸브실 구조물

밸브실 구조물에 대한 현장조사결과, 침하·부상 등의 불안정 요소는 확인되지 않았으며, 콘크리트 결함, 강재구조물 부식, 배관 및 벽체 관 접속부 이격, 출입구 증고부 불량 등 구조적으로 발생한 손상 유형별로 검토하였다.

1) 콘크리트 결함

02(02) 18+4.0[D] 밸브실 콘크리트 결함은 콘크리트 파손, 철근노출 등이 조사되었으며, 밸브실 내구성 유지를 위해서 단면보수(방청)이 필요한 상태이다.

【표 3.15】 밸브실 콘크리트 결함 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	콘크리트 결함 종류 (결함크기)	보수방안	수량
송수	02(02)	108+4.0 [D]	이토 밸브실	●상부슬래브 파손 및 철근노출 (0.4m×0.4m, T=10mm)	(깊은보수) 단면보수, 방청	0.16㎡

▶ 수량은 보수방안 수량임

			
송수02(04) (Sta.108+4.0(D))		내부 전경	송수02(04) (Sta.108+4.0(D))
			상부스래브 파손 및 철근노출

- [송수02(04), Sta. No. 108+4.0(D)]의 파손 및 철근 노출은 상부슬래브 키흔 시공 (천공) 당시 철근 하단 접착력 부족으로 콘크리트가 부분적으로 파손 및 탈락되면서 발생한 것으로 판단되며, 방치 시 손상 확대가 발생될 우려가 있으므로 단면보수(방청)를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 밸브실 콘크리트 보수는 보수 효과가 충분히 발휘될 수 있도록 가능한 고강도, 무수축성, 부착성 등이 요구되는 재료를 선정하여 실시하여야 한다.

2) 강재구조물 부식

밸브실 강재구조물은 1+22.0[A] 공기밸브실, 15+3.7[A] 공기밸브실, 34+0.0[M] 제수밸브실 등에서 부분적으로 부식이 조사되었으며, 부식 진행을 억제하고 밸브실의 내구성 유지를 위해서 도장보수를 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

【표 3.16】 밸브실 강재구조물 부식 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	강재 결함 종류 (결함크기)	보수방안	수량
송수	02(01)	1+22.0 [A]	공기 밸브실	●강재구조물 국부적 표면부식 (7.85m×2.7m)	도장보수	21.20㎡
		15+3.7 [A]	공기 밸브실	●강재구조물 국부적 표면부식 (8.17m×2.6m)	도장보수	21.24㎡
	02(02)	34+0.0 [M]	제수 밸브실	●강재구조물 국부적 표면부식 (2.50m×2.0m)	도장보수	5.00㎡

▶ 수량은 보수방안 수량임

			
송수02(01) (Sta.1+22.0(A))	국부적 표면부식	송수02(01) (Sta.34+0.0(M))	표면부식

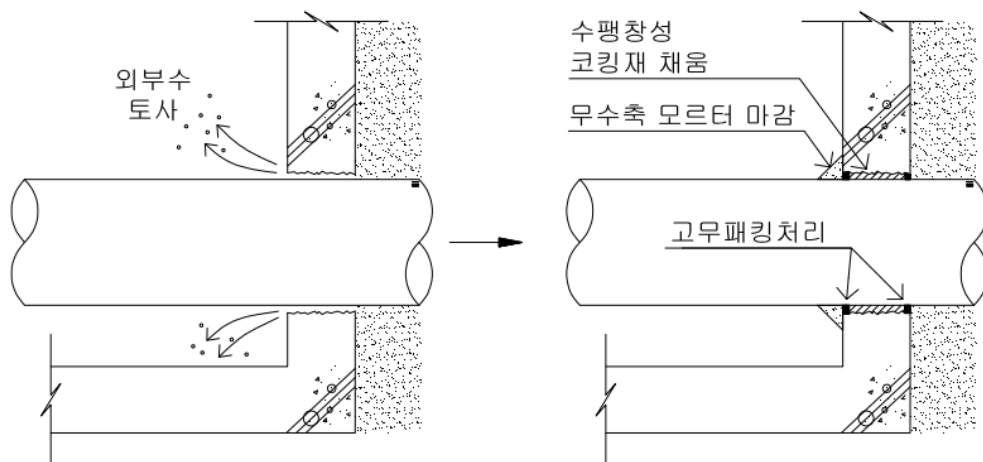
- [송수02(01), Sta. No. 1+22.0(A), 15+3.7(A)]는 강재 원형 구조로 벽체 전체에 국부적인 표면부식이 발생한 것으로 파악되었으며, [송수02(02), Sta. No. 34+0.0(M)]은 강재 박스 구조로 좌측벽체 일부에 표면 부식이 확인되었다.
- 강재 부식은 구조물의 내구성 저하를 가속화 시키는 요인이 될 수 있으므로, 밸브실 내부 침수에 유의하고 충분히 건조시킨 상태에서 부식생성물을 제거한 후 도장보수를 실시하는 것이 바람직한 상태이다.

3) 배관 접속부 이격

밸브실은 벽체 및 배관 접속부위 이완과 지수재 열화 등에 의해서 외부수가 유입될 경우 밸브실 유지관리 및 밸브 기능의 저해 요인으로 작용하므로 이격 등 손상은 보수가 요구된다.



- 배관 접속부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 유지관리를 통해 주기적인 점검을 실시하고, 이격, 외부수 유입, 박락 등의 손상 발생시 아래[그림]과 같이 지수재 채움(이물질, 토사 제거 → 고무패킹 삽입 → 수팽창성 코킹재 채움 → 고무패킹 삽입 → 무수축 모르터 마감)으로 보수를 실시한다면 충분한 지수효과가 있을 것으로 판단된다.



【그림 3.4】 배관 및 벽체 접속부 이격 보수 모식도

4) 출입구 증고부 결함

밸브실은 주변 환경변화에 의해 지반고가 상향될 경우에 외부수 및 이물질 유입, 뚜껑부 매물 등을 방지하기 위하여 지면에 맞추어 출입구를 증고한다. 밸브실 증고부는 구조적 내부성을 확보하여야 하고 점검자가 원활한 출입이 가능하여야 하므로, 손상 및 결함에 대해서 보수 조치가 필요하다.

【표 3.17】 밸브실 출입구 증고부 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	출입구 증고 상태	보수방안	수량
송수	02(01)	2+17.0 [D]	이토 밸브실	●출입구 증고(H=1.3m)	상태양호	0.0m
	02(04)	108+4.0 [D]	이토 밸브실	●출입구 증고부 이격	중점관리	0.3m

			
송수02(01) (Sta.2+17.0(D))	증고부 상태양호	송수02(04) (Sta.108+4.0(D))	출입구 증고부 이격

- 조사결과, 이토밸브실 2개소에서 출입구 증고가 확인되었으며, [송수02(04), Sta. No.108+4.0(D)]에서 증고부 이격이 조사되었다. 출입구 증고부 이격의 경우 방치 시 지표수 유입이 발생될 수 있으므로 주기적인 점검과 정비를 실시하고, 내구성 유지에 문제가 있을 경우 기존 출입구와 일체화되고 내구성을 확보할 수 있는 콘크리트 구조로 재시공 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

라. 밸브류 및 배관

밸브실 내부 밸브류 및 배관은 도장 손상과 부식, 밸브류 누수, 밸브 기능상 문제 등의 손상 유형별로 검토하였다.

1) 밸브류 및 배관 부식

밸브류 및 배관의 경우 전차 정밀안전점검 이후 특이할만한 보수는 실시되지 않은 상태이며, 금차 정밀안전점검(2024) 시 외관조사 결과 전차점검 시 확인된 마개 플랜지 및 이음부 볼트 부식이 조사되었다.

【표 3.18】 밸브실 밸브류 및 배관 부식 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	부식 결함	보수방안	수량
송수	02(01)	1+22.0[A]	공기밸브실	●마개F 부식	도장보수(철재류)	0.86㎡
		15+3.7[A]	공기밸브실	●마개F 부식	도장보수(철재류)	0.86㎡
	02(02)	34+0.0[M]	제수밸브실	●마개F 부식	도장보수(철재류)	0.86㎡
				●이음부 볼트 부식	볼트교체	156EA
	02(03)	45+8.3[A]	공기밸브실	●마개F 부식	도장보수(철재류)	0.86㎡
		84+17.5[A]	공기밸브실	●이음부 볼트 부식	볼트교체	56EA
	02(04)	109+3.1[Bb]	제수밸브실	●마개F 부식	도장보수(철재류)	0.86㎡

			
송수02(03) (Sta.45+8.3(A))	배관 이음부 볼트부식	송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb))	마개플랜지 부식

○ 밸브실 내부에 있는 밸브류 및 배관은 양호한 상태인 것으로 조사되었으나, 일부 발생한 마개플랜지 및 이음부 볼트 부식은 대부분 경미한 부식으로 확인되었다. 마개플랜지는 부식 진행 억제를 위해 부식생성물을 제거한 후 충분히 건조시킨 상태에서 현장 시공 여건 등을 고려하여 보수방법을 선택하고, 그에 맞는 도장보수를 실시하여야 하며, 이음부 볼트 부식은 볼트 교체를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

2) 밸브류 및 배관 누수

밸브실 내부 밸브류 및 배관 누수는 밸브의 기능상 문제가 될 수 있고 밸브실 침수 및 부식 등의 원인이 되므로 보수 등의 조치가 필요하다.

- 금회 정밀안전점검(2024년) 시 밸브실 밸브류 및 배관 누수는 발생하지 않은 양호한 상태이며, 밸브류 및 배관의 외관 상태 또한 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었으나, 추후 발생할수 있는 신규 발생에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요한 상태이다.

3) 밸브 기능상 문제

대상관로는 원활한 용수공급 운영을 위해서 주요 시설물의 유입 및 유출부 유량제어, 관로 상단부 공기배출 및 흡입, 관로 하단부 이토 등의 기능이 확보되어야 하므로, 밸브 기능상 문제가 있는 경우 보수 조치가 필요하다.

【표 3.19】 밸브실 중요 밸브류 현황표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	중요 밸브규격 (mm)	주요 현황
송수	02(02)	34+0.0 [M]	제수밸브실	BFV(1000)	●관로시점 이후 최초 제수밸브실
	02(03)	109+3.1 [Mb]	제수밸브실	BFV(1000)	●화성1송수관로(3구간) 분기 밸브실

- 밸브실 밸브는 현재로서는 기능상 문제가 없는 것으로 파악되며, 밸브 기능상 중요 밸브류에 대해서는 상시 밸브 기능을 발휘할 수 있도록 우선적인 점검·정비가 요구된다.

4) 신축관 설치위치 검토

관로시설의 신축이음은 연약지반 등에서의 부등침하를 흡수하거나 노출배관에 대하여 온도에 의한 관로의 신축에 대응시킴과 동시에 자연재해 등의 응력을 흡수하기 위하여 설치하며, 관로의 안전성을 확보하기 위하여 신축관을 적절히 배치하여야 한다.

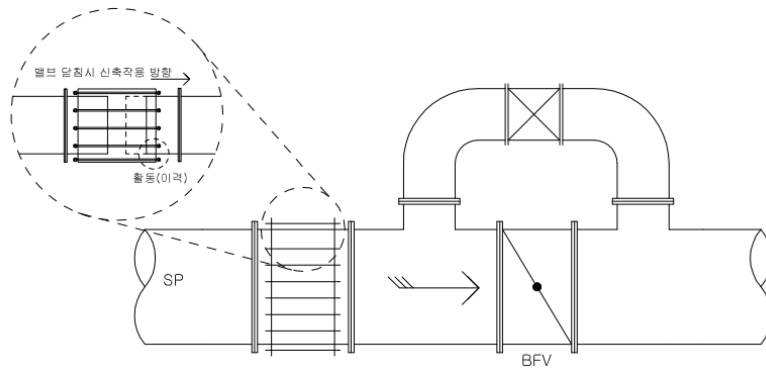
다만, 수도용 강관은 온도응력에 대하여 강도가 크고 용접접합이기 때문에 관로로서 일체감을 갖게 되며 흙에 의한 구속력이 있으므로 신축관을 거의 사용하지 않으나, 제수밸브, 펌프 등 관로의 중간에 자유단이 발생하는 경우에는 밸브실 내에 신축관을 설치하여 편압에 대하여 밸브 등을 보호하여야 한다. 이러한 경우 밸브실 내 신축관의 설치위치는 밸브 단힘상태에서 관내 이상수압에 의해 불평균력이 발생하고 신축관이 축방향으로 활동(이격)의 우려가 있으므로, 물흐름방향 기준으로 밸브 후단(하류부)에 설치되어야 한다.

【표 3.20】 신축관 설치 위치 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	신축관 형식	설치위치
송수	02(01)	2+17.0 [D]	이토밸브실	신축관(300, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)
	02(02)	31+18.6 [D]	이토밸브실	신축관(300, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)
		34+0.0 [M]	제수밸브실	신축관(1000, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)
	02(03)	67+32.6 [D]	이토밸브실	신축관(300, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)
	02(04)	108+4.0 [D]	이토밸브실	신축관(300, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)
		109+3.1 [MB]	제수밸브실	신축관(1000, 텔레스코픽)	밸브 후단(하류부)

			
송수02(01) (Sta.2+17.0(D))	신축관 설치 위치 양호	송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb))	신축관 설치 위치 양호

- 금회 과업 대상 밸브실 내 신축관 설치위치를 조사한 결과, 신축관은 밸브 후단(하류부)에 설치되어 있는 양호한 상태로 확인되었다. 신축관이 밸브 전단에 설치될 경우 밸브 닫힘 시 불평균력 발생에 의해 신축관 활동(이격) 가능성이 있으며, 그로 인한 신축관 또는 배관 및 밸브 이음부 등의 누수가 발생할 수 있으므로, 향후 신축관 교체 또는 신설 송사가 있을 경우 정확한 설치위치를 파악한 후 신축관을 설치하여야 한다.



【그림 3.5】 신축관 설치위치 오류에 따른 불평균력 발생 모식도

마. 운영 및 유지관리 사항

밸브실은 밸브류 작동 기능을 유지하고 기타 안전사고 요인을 제거하기 위해서 뚜껑 형식, 환기구, 내부 침수, 밸브실 매몰, 받침 콘크리트, 사다리, 내부 이물질 및 가스 등에 대해 최적의 상태를 유지시킬 필요가 있다.

1) 밸브실 뚜껑 형식

밸브실 뚜껑은 원형을 기준으로 설치하되, 자재 반입 등의 공간 확보가 필요한 경우에 한해서 이탈방지 구조로 사각형을 설치할 수도 있다.

송수02(01) (Sta.2+17.0(D))	출입구 원형 뚜껑
송수02(03) (Sta.84+17.5(Mb))	볼트 잠금형

○ 금회 대상 밸브실은 양호한 상태의 원형 뚜껑으로 설치되었으며, 이토밸브실을 제외한 밸브실은 볼트 잠금형 뚜껑이 설치된 것으로 조사되었다. 다만, 뚜껑 받침 고무패킹 마모, 뚜껑 볼트 미체결 등으로 인해 출입구 외부수 유입이 발생하는 것으로 파악되며, 그로 인한 밸브실 침수 및 기능장애(공기밸브)가 발생할 수 있으므로 밀폐된 원형 규격 제품으로 뚜껑 교체 또는 패킹보수가 필요하다.

2) 산소 및 유해가스 위험 밸브실

밸브실은 평상시 밀폐공간으로서, 내부 점검 또는 작업시 산소 결핍 또는 유해가스에 의한 질식재해를 예방하기 위해서 [산업안전보건기준에 관한 규칙 제619조, 밀폐공간 작업 프로그램]에 근거하여 산소 및 유해가스 농도를 반드시 측정하여야 한다.



[밸브실 산소 및 유해가스 농도 측정]

【표 3.21】 산소 및 유해가스 기준농도 기준표

측정가스	기준농도
산소(O_2)	18% 이상 ~ 23.5% 미만
일산화탄소(CO)	30ppm 미만
황화수소(H_2S)	10ppm 미만
메탄가스(CH_4)	1.5% 미만

- 총11개소 밸브실에 대해 산소 및 유해가스 농도 측정결과, 기준농도 범위 내의 값으로 측정되어 산소 결핍 및 유해가스에 의한 위험은 없는 것으로 조사되었다. 다만, 계절 및 기상변화에 따라 밸브실 내부에 가스가 발생할 수 있으므로 출입전 산소 및 유해가스 농도를 항상 측정하고, 기준 이하로 측정되는 밸브실은 위험 표지판을 설치하여 작업자의 사고를 방지할 수 있도록 한다.

3) 밸브실 환기구

밸브실 환기구는 공기밸브 기능(외부 대기압 유통)을 원활히 유지하기 위해서 설치되며, 급격한 공기압 변동에 의한 뚜껑 이탈방지와 밸브실 내부 유독가스 및 무산소 등에 대한 점검자 안전보장 역할도 한다.

	밸브실 외부 에어벤트 상태양호
	밸브실 내부 환기구 상태양호

○ 밸브실 환기구는 공기밸브의 기능 발휘를 위해서 공기밸브실 또는 채수밸브실(공기밸브가 있는 경우) 등에 설치되어야 한다. 금회 실시한 대상 밸브실(채수밸브실 2개소, 공기밸브실 5개소)은 환기구 설치상태가 양호한 것으로 조사되었으며, 공기밸브가 미설치된 밸브실에 대해서도 밀폐공간의 산소 및 유해가스 위험성이 있는 밸브실은 점검자 안전을 위해서 안전 통기 환기구 설치를 고려하여야 한다.

4) 밸브실 침수

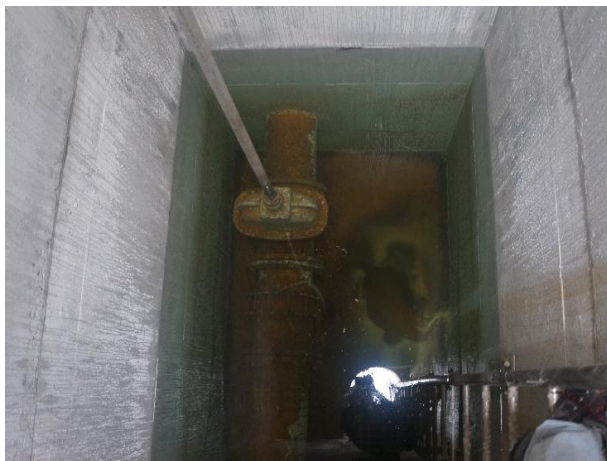
밸브실 침수는 출입구 지표수 유입과 구조물 시공이음부, 관 접속부 이격부위, 구조물 손상부 유입 등에 의해서 발생한다.

【표 3.22】 밸브실 침수(1.0m 이상) 원인 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	침수깊이	침수 원인	보수 방안
송수	02(01)	1+22.0 [A]	공기밸브실	2.8	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체
		2+17.0 [D]	이토밸브실	2.6	●출입구 외부수 유입	지수형 뚜껑교체
		15+3.7 [A]	공기밸브실	2.6	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체

【표 3.23】 밸브실 침수(1.0m 이상) 원인 조사 결과표(계속)

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	침수깊이	침수 원인	보수 방안
송수	02(02)	31+18.6 [D]	이토밸브실	2.3	●출입구 외부수 유입	지수형 뚜껑교체
		34+0.0 [M]	제수밸브실	2.8	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체
	02(03)	45+8.3 [A]	공기밸브실	2.0	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체
		65+25.0 [A]	공기밸브실	2.0	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체
		67+32.6 [D]	이토밸브실	2.0	●출입구 외부수 유입	지수형 뚜껑교체
		84+17.5 [A]	공기밸브실	2.7	●출입구 외부수 유입	뚜껑 고무패킹 교체
	02(04)	108+4.0[D]	이토밸브실	2.0	●출입구 외부수 유입	지수형 뚜껑교체



송수02(01) (Sta.31+18.6(D))

밸브실 내부 침수



송수02(04) (Sta.108+4.0(D))

밸브실 양수 작업

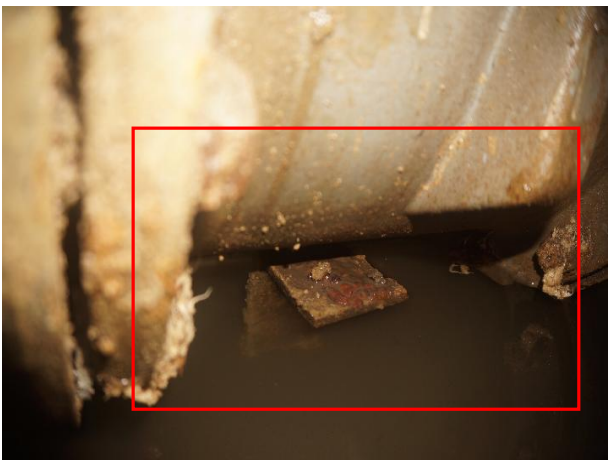
- 밸브실 침수는 대부분 출입구 뚜껑 등을 통한 지표수 유입, 하천에 위치한 밸브실에서 하천수 유입 등이 원인이며, 일부 밸브실은 결함부 누수 또는 외부수 유입으로 침수가 되기도 한다. 밸브실 침수 방지를 위해서는 출입구 증고, 밀폐형 뚜껑 교체, 결함부 보수 등 적극적인 조치가 필요하다. 또한, 밸브실의 설치 환경조건과 계절적 영향 등으로 완전한 침수 방지가 현실적으로 곤란할 경우 중요 밸브실을 우선하여 정기적인 양수작업을 실시하여 내부 건조상태를 유지시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

5) 밸브 받침콘크리트

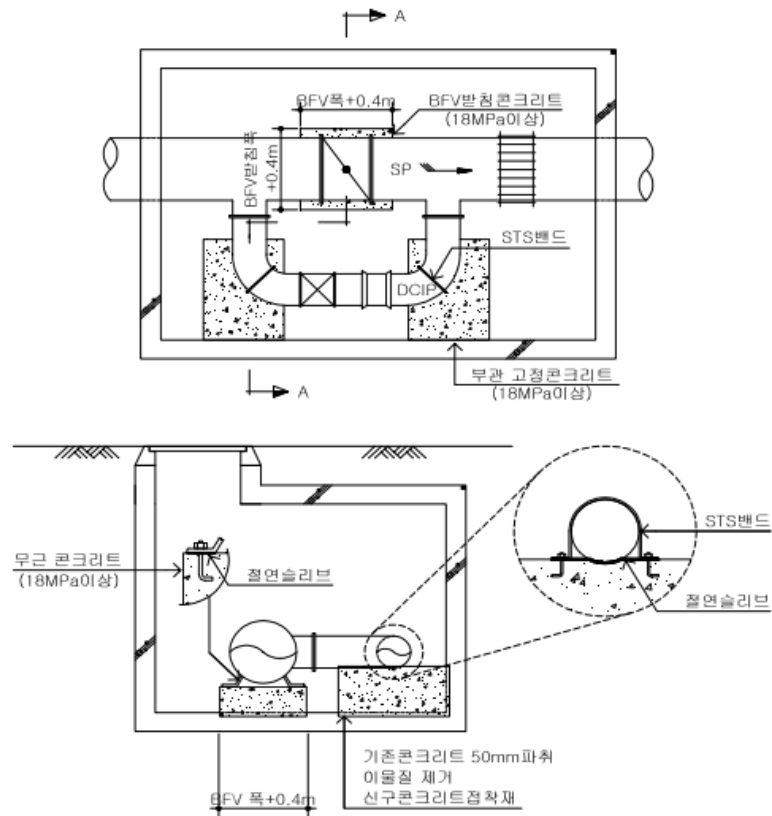
밸브 받침콘크리트는 밸브류 중량을 지지하여 배관의 좌굴을 방지하고 관내 이상 수압에 의한 진동과 활동에 저항 역할을 한다.

【표 3.24】 밸브 받침콘크리트 상태 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	밸브규격 (mm)	주요 조사내용	보수 방안	수량
송수	02(01)	2+17.0 [D]	이토밸브실	SV(300)	●밸브 받침 콘크리트 미설치	받침 콘크리트 설치	0.15m³
	02(02)	31+18.6 [D]	이토밸브실	SV(300)	●밸브 받침 조적시공	받침 콘크리트 설치	0.15m³

			
송수02(01) (Sta.2+17.0(D))		받침 콘크리트 미설치	
송수02(02) (Sta.31+18.6(D))		밸브 받침 조적시공	

- [송수02(01), Sta. No. 2+17.0(D)]은 밸브 받침 콘크리트가 설치되지 않은 상태이며, [송수02(02), Sta. No. 31+18.6(D)]은 밸브 받침 설치상태가 불량(조적)한 것으로 확인되었다. 밸브실 내 배관연장이 짧아 배관 중량에 의해 처짐이 발생하지 않을 것으로 판단되나, 밸브 중량 지지와 배관 플래지 결속력 유지, 관내 이상 수압에 의한 축 방향 관 변형에 대응하기 위해서 밸브 받침 콘크리트 설치 및 고정이 필요하다.
- 받침 콘크리트를 설치하는 경우 바닥슬래브와 일체화된 구조로 설치하여야 하며, 본관이 수도용 도복장 강관의 경우에 밸브 받침에서 전기방식 전위 유출을 차단(전기적 부식 가능성)하여야 하므로 절연 위셔, 절연 이음재, 절연 슬리브 등으로 절연조치도 고려되어야 한다.



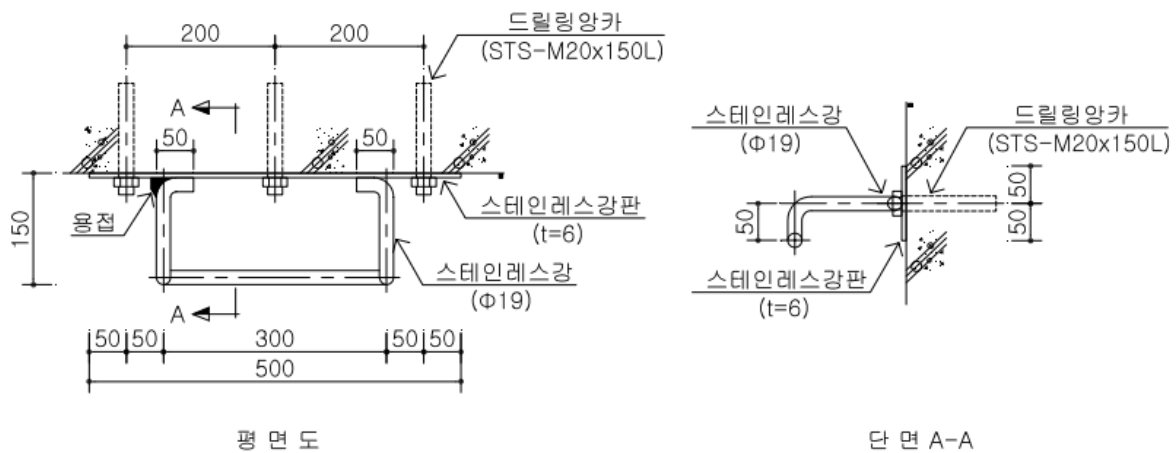
【그림 3.6】 밸브 받침 콘크리트 설치 개요도

6) 사다리 상태

밸브실 출입 사다는 점검자가 원활하고 안전한 유지관리 활동을 위하여 건전한 상태가 유지되어야 한다.

			
송수02(02) (Sta.45+8.3(A))	사다리 상태양호	송수02(02) (Sta.109+3.1(Mb))	사다리 상태양호

- 밸브실 사다리는 대부분 뚜렷한 문제가 없고 고정상태도 양호한 것으로 파악되었으며, 추후 부식 및 고정상태 불량 등의 손상은 밸브실 유지관리 활동시 안전상 문제가 될 수 있으므로 철거 후 재설치하는 것이 타당하다.
- 사다리 설치는 비부식성(STS)이고 안전형으로 설치하는 것을 고려하여야 하며, 설치시 벽체에 안전한 고정 및 미끄럼 방지, 사다리 간격 등에 대해서 고려되어야 하며, 정기적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.



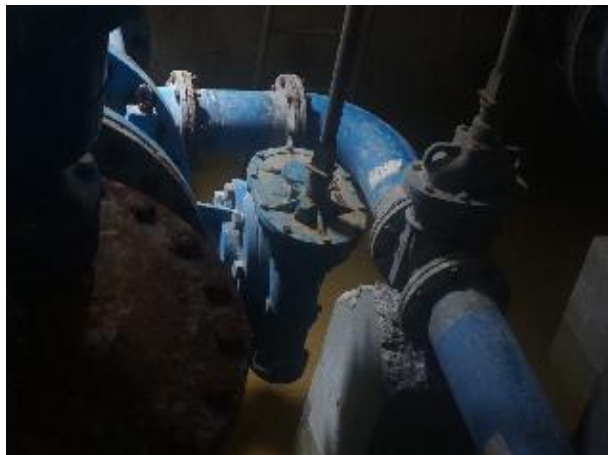
【그림 4.1】 스테인리스 강재 사다리 설치도(안)

3.4.3 밸브기능 검토

밸브는 종류별 고유 기능을 발휘하고 안전성을 유지하기 위해서 부제수밸브 설치, 밸브 사용 압력, 공기밸브 규격 적정성 등에 대해서 검토한다.

가. 부제수밸브 설치 검토

제수밸브는 내부 디스크를 기준으로 상, 하류의 수압이 같거나 그 차가 작은 경우에 개폐가 용이하지만 그 차가 지나친 경우에는 편압으로 인해 밸브 작동이 곤란할 수 있다. 이러한 현상은 수압이 높고 관경이 클수록 크게 발생하므로, 일반적으로 버터플라이 밸브를 사용하거나 수두가 40m(약 0.4Mpa)이상이고 관경 400mm 이상인 수도용 제수밸브(SV)에 대해서 부제수밸브를 설치하여 제수밸브 개폐전에 부제수밸브를 개폐함으로써 양측 수압균형에 의해 밸브조작이 용이하도록 한다.

			
송수02(02) (Sta.34+0.0(M))	부제수 밸브 설치상태 양호	송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb))	부제수 밸브 설치상태 양호

- 대상관로에서 400mm 이상 관이 부설된 제수밸브실은 2개소 부관 및 부제수밸브 설치상태가 양호한 것으로 확인되었다. 해당 제수밸브는 상수도용 버터플라이 밸브가 설치되어 있어 유량·압력·수위 등 제어가 원활하고 개폐 오크와 밸브 유량 특성도 비교적 양호하므로 최대 정수압에서 작동 기능상 문제가 없는 것으로 파악된다.

나. 밸브 사용압력 검토

관로상 밸브는 관내 최대 수압에 대해서 내구성을 유지하기 위해서 다음 [표]와 같이 밸브 종류별 사용압력 및 최고 허용압력에 부합하는 규격의 밸브가 설치되어야 한다.

제수밸브 사용압력은 관내 최대 동수압을 기준으로 하고, 최대 허용압력은 일시적 압력(수격압)을 기준으로 한다.

【표 3.25】 수도용 밸브 압력 기준표

밸브 종류		압력 호칭	사용압력 (최대동수압)	최고 허용압력 (수격압)	한국 산업 규격
덕타일 주철 제수밸브	2중	7.5K	0.7MPa	1.3MPa	KS B 2334
	3중	10K	1.0MPa	1.4MPa	
	4중	16K	1.6MPa	2.2MPa	
	5중	20K	2.0MPa	2.8MPa	
버터플라이 밸브	1중	4.5K	0.4MPa	1.0MPa	KS B 2333
	2중	7.5K	0.7MPa	1.3MPa	
	3중	10K	1.0MPa	1.4MPa	
	4중	16K	1.6MPa	2.2MPa	
	5중	20K	2.0MPa	2.8MPa	

금회 점검에서 밸브 사용압력 검토는 별도의 수격압 검토(관말부 밸브 급폐쇄로 인한 이상 수압 등)가 수행되지 않았으므로, 다음 [표]와 같이 밸브실 설치 지점의 불리한 압력조건을 고려한 최대 정수압(유출유량이 없는 최대 압력수두 조건)과 비교하여 밸브 안전성 여부를 검토하였다.

【표 3.26】 제수밸브 사용압력 검토표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치 (Sta. No.)	밸브실 명칭	밸브규격 (mm)	설치 년도	밸브 사용압력 (MPa)	최대 정수압 (MPa)	검토
송수	02(02)	34+0.0 [M]	제수밸브실	BFV(1000)	2019년	1.0	1.07	부적합
	02(04)	109+3.1 [Mb]	제수밸브실	BFV(1000)	2019년	1.0	1.09	부적합

			
도수01 (03) (Sta.89+2.46(M))	제수밸브	도수01 (03) (Sta.94+27.75(M))	제수밸브

- 제수밸브 사용압력 검토 결과, 규정 사용압력보다 다소 높은 정수압이 작용하는 것으로 파악 되었으나, 해당 밸브에서 뚜렷한 결함이 없고 안전을 고려한 최대 정수압을 적용하였으므로, 밸브 기능성은 유지하고 있는 것으로 판단된다. 최대 정수압이 높은 지점에 설치된 밸브는 연결부 누수와 밸브 미동작 등에 대해서 지속적인 점검이 필요하다.

다. 공기밸브 규격 적정성 검토

공기밸브는 관로 내 용수 배출 시 공기를 흡입하고, 용해 공기가 유리되어 축적된 에어포켓과 단수 후 통수 시 관내 공기를 배제하기 위하여, 관로 중단상 단단부에 설치된다.

공기밸브 규격은 일반적으로 다음 [표]와 같이 본관 환경에 따라 적용되지만, 이토밸브를 통하여 관 내부수를 배출하는 상황에서 배출량에 상응하는 충분한 외부 공기 유입량도 고려되어야 한다.

【표 3.27】 수도용 밸브 압력 기준표

쌍구공기밸브		급속공기밸브	
규격(mm)	본관 관경(mm)	규격(mm)	본관 관경(mm)
80	400~600	80	400~900
100	600~900	100	600~1200
150	900 이상	150	900 이상
200	1600 이상	200	1600이상

【표 3.28】 공기밸브 규격 조사표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치 (Sta. No.)	밸브실명칭	밸브 규격 (mm)	본관 직경 (mm)	검토
송수	02(01)	1+22[A]	공기밸브실	AV(150)	1000	양호
		15+3.7[A]	공기밸브실	AV(150)	1000	양호
	02(02)	34+0.0[M]	제수밸브실	AV(150)	1000	양호
	02(03)	45+8.3[A]	공기밸브실	AV(150)	1000	양호
		65+25.0[A]	공기밸브실	AV(150)	1000	양호
		84+17.5[A]	공기밸브실	AV(150)	1000	양호
	02(04)	109+3.1[M]	제수밸브실	AV(150)	1000	양호

- 공기밸브는 대부분 일체형으로 설치되어 있으며, 설치된 공기밸브는 본관 관경 대비 규격이 적합한 것으로 확인되어 기능 발휘에 이상이 없는 것으로 파악되었다.
- 공기밸브는 용수공급 능력 유지와 관내 이상 수압(Down-Surge) 완화에 있어서 중요한 역할을 하므로 상시 작동기능이 발휘될 수 있도록 정기적인 유지관리가 필요하다.

3.4.4 밸브실 외관조사 결과

가. 밸브실 현황

동탄신리배수시 송수관로 상에는 밸브실(제수밸브실, 공기밸브실, 이토밸브실, 점검구실)이 총 9개소가 시공되어 있으며, 그 현황은 다음과 같다.

관로계통	관로구간	제수밸브실	공기밸브실	이토밸브실	유량계실	점검구실	계
송수계통	01	2	2	1	—	1	6
	02	—	—	—	—	1	1
	03	—	1	1	—	—	2
계		2	3	2	—	2	9

나. 밸브실 외관조사 결과

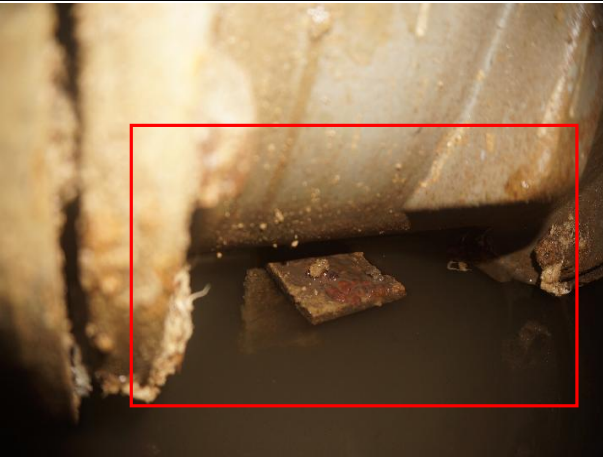
구간	위치 (Sta.)	밸브실 종류	밸브규격	설치 년도	밸브실 규격 (B×L×H, m)	침수 깊이 (m)	매설 위치	환기구 유무	접합부 누수	키홀 상태	전차 정밀안전점검 (2022년)	금회 정밀안전점검 (2024년)	물량비교
02 (01)	1+22.0 [A]	공기 밸브실	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	2019	D2.5 H2.7	2.8	차도	유	-	양호	강재구조물 국부적 표면부식 (A=7.85m×2.7m), 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량, 출입구 주변 아스콘 균열 (A=2.0m×2.0m)	강재구조물 국부적 표면부식 (A=7.85m×2.7m), 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량, 출입구 주변 아스콘 균열 (A=2.0m×2.0m)	유사
	2+17.0 [D]	이토 밸브실	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	2019	B1.5 L1.2 H4.6	2.6	하천	무	-	양호	밸브 받침콘크리트 미설치	밸브 받침콘크리트 미설치	유사
	15+3.7 [A]	공기 밸브실	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	2019	D2.6 H2.6	2.6	차도	유	-	양호	강재 구조물 국부적 표면부식 (A=8.17m×2.6m), 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량 출입구 주변 아스콘 파손 (A=1.0m×1.0m)	강재 구조물 국부적 표면부식 (A=8.17m×2.6m), 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량 출입구 주변 아스콘 파손 (A=1.0m×1.0m)	유사

나. 밸브실 외관조사 결과(계속)

구간	위치 (Sta.)	밸브실 종류	밸브규격	설치 년도	밸브실 규격 (B×L×H, m)	침수 깊이 (m)	매설 위치	환기구 유무	접합부 누수	키홀 상태	전차 정밀안전점검 (2022년)	금회 정밀안전점검 (2024년)	물량비교
02 (02)	31+18.6 [D]	이토 밸브실	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	2019	B1.5 L1.3 H5.7	2.3	하천	무	-	양호	받침콘크리트 조적시공	받침콘크리트 조적시공	유사
	34+0.0 [M]	제수 밸브실	BFV(1000) 부관SV(200) 신축관(1000, 텔레스코픽) AV(150), BFV (150)	2019	B4.0 L4.5 H3.0	2.8	차도	유	-	양호	강재 구조물 좌측벽체 표면부식(A=2.5m×2.0m) 밸브 및 신축관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식	강재 구조물 좌측벽체 표면부식(A=2.5m×2.0m) 밸브 및 신축관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식	유사
02 (03)	45+8.3 [A]	공기 밸브실	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	2019	D2.6 H2.5	2.0	차도	유	-	양호	본관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량	본관 볼트체결부 부식, 마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량	유사
	65+25.0 [A]	공기 밸브실	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	2019	D2.6 H2.7	2.0	차도	유	-	양호	상태양호	상태양호	유사

나. 밸브실 외관조사 결과(계속)

구간	위치 (Sta.)	밸브실 종류	밸브규격	설치 년도	밸브실 규격 (B×L×H, m)	침수 깊이 (m)	매설 위치	환기구 유무	접합부 누수	키홀 상태	전차 정밀안전점검 (2022년)	금회 정밀안전점검 (2024년)	물량비교
02 (03)	67+32.6 [D]	이토 밸브실	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	2019	B1.5 L2.0 H3.0	2.0	나대지	무	-	양호	상태양호	상태양호	유사
	84+17.5 [A]	공기 밸브실	AV(150) BFV(150, 10K) 마개F(900, 80)	2019	D2.6 H2.6	2.7	차도	유	-	양호	마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량	마개F 경미한 전면부식, 수압계 작동상태 불량	유사
02 (04)	108+4.0 [D]	이토 밸브실	SV(300, 10K) 신축관(300, 텔레스코픽)	2019	B1.5 L2.0 H3.0	2.0	하천	무	-	-	상부슬래브 파손 및 철근노출 (A=0.4m×0.4m)	상부슬래브 파손 및 철근노출 (A=0.4m×0.4m)	유사
	109+3.1 [Mb]	제수 밸브실	BFV(1000, 800) 부관SV(200, 150) 신축관(1000, 800, 텔레스코픽) AV(150, 2EA) BFV(150, 2EA)	2019	B7.2 L6.4 H4.2	0.9	나대지	유	-	양호	마개F 경미한 전면부식	마개F 경미한 전면부식	유사

			
송수02(01) (Sta.1+22.0(A))	국부적 표면부식	송수02(01) (Sta.2+17.0(D))	받침 콘크리트 미설치
			
송수02(01) (Sta.31+18.6(D))	밸브실 내부 침수	송수02(02) (Sta.31+18.6(D))	밸브 받침 조적시공
			
송수02(01) (Sta.34+0.0(M))	표면부식	송수02(03) (Sta.45+8.3(A))	배관 이음부 볼트부식

			
송수02(04) (Sta.108+4.0(D))	상부스래브 파손 및 철근노출	송수02(04) (Sta.108+4.0(D))	출입구 증고부 이격
			
송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb))	마개플랜지 부식	송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb))	부채수 밸브 설치상태 양호

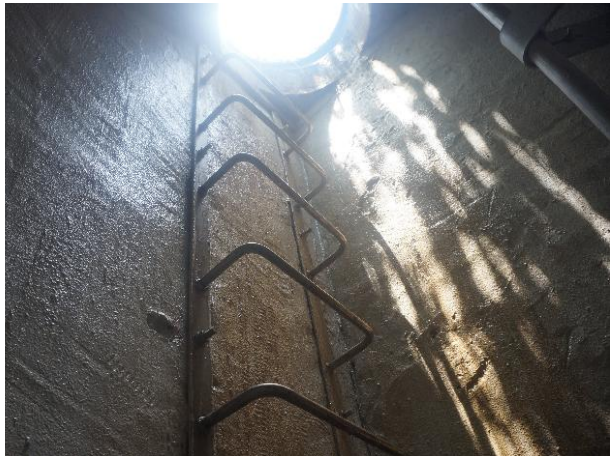
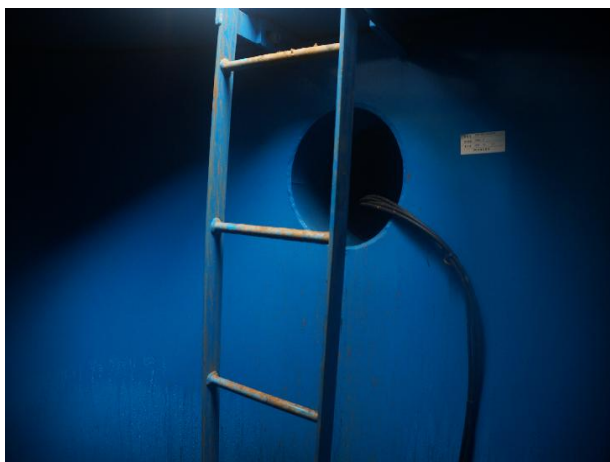
▶ 밸브실 외관조사 결과

화성1송수관로(2구간) 송수관로 밸브실 점검결과 구조물 내부, 밸브실 및 배관에 중대결함은 없는 것으로 조사되었으며 전차 점검과 비교 시 특이할만한 손상의 물량 증감은 없는 것으로 조사되었다. 밸브실 내부에 발생한 강제 밸브실 1+22.00, 15+3.70, 34+0.00, 45+8.30, 84+17.50에서 조사된 강제부식, 마개플랜지 부식, 수압계 불량, 출입구 주변 아스콘 손상(균열), 볼트체결부 부식, 콘크리트 밸브실 2+17.00, 31+18.60, 108+4.00, 109+3.10에서 조사된 밸브 받침콘크리트 미설치, 밸브 받침 불량(조적), 상부슬래브 파손 및 철근노출, 수압계 불량 등의 경우 단면보수(방청), 받침콘크리트 설치, 도장보수(철재류), 볼트교체, 수압계 재설치, 볼트교체, 아스콘 균열보수 등을 통한 유지보수 후 재손상 및 신규손상에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

3.4.5 공중이용시설의 외관조사 결과

▶ 추락방지시설

송수관로 추락방지시설은 배수실 내부 진입사다리 등이 공중의 추락 위험성이 있는 위치에 설치되어 있어 외관조사를 실시하였으며 사다리 파손, 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

			
제수밸브실	사다리 설치 상태양호	이토밸브실	사다리 설치 상태양호
			
이토밸브실	사다리 설치 상태양호	공기밸브실	사다리 설치 상태양호

▶ 환기구 등의 덮개

송수관로 환기구 등의 덮개는 시설물 출입구 및 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 차량 및 보행자 이동구간에 대부분 설치되어 있다. 화성1송수관로(2구간) 밸브실에 설치된 환기구 덮개는 추락방지를 위한 철제 맨홀이 설치되어 있고 파손 및 변형의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

			
공기밸브실	맨홀 덮개 상태양호	이토밸브실	맨홀 덮개 상태양호
			
이토밸브실	맨홀 덮개 상태양호	제수밸브실	맨홀 덮개 상태양호

제4장 재료시험

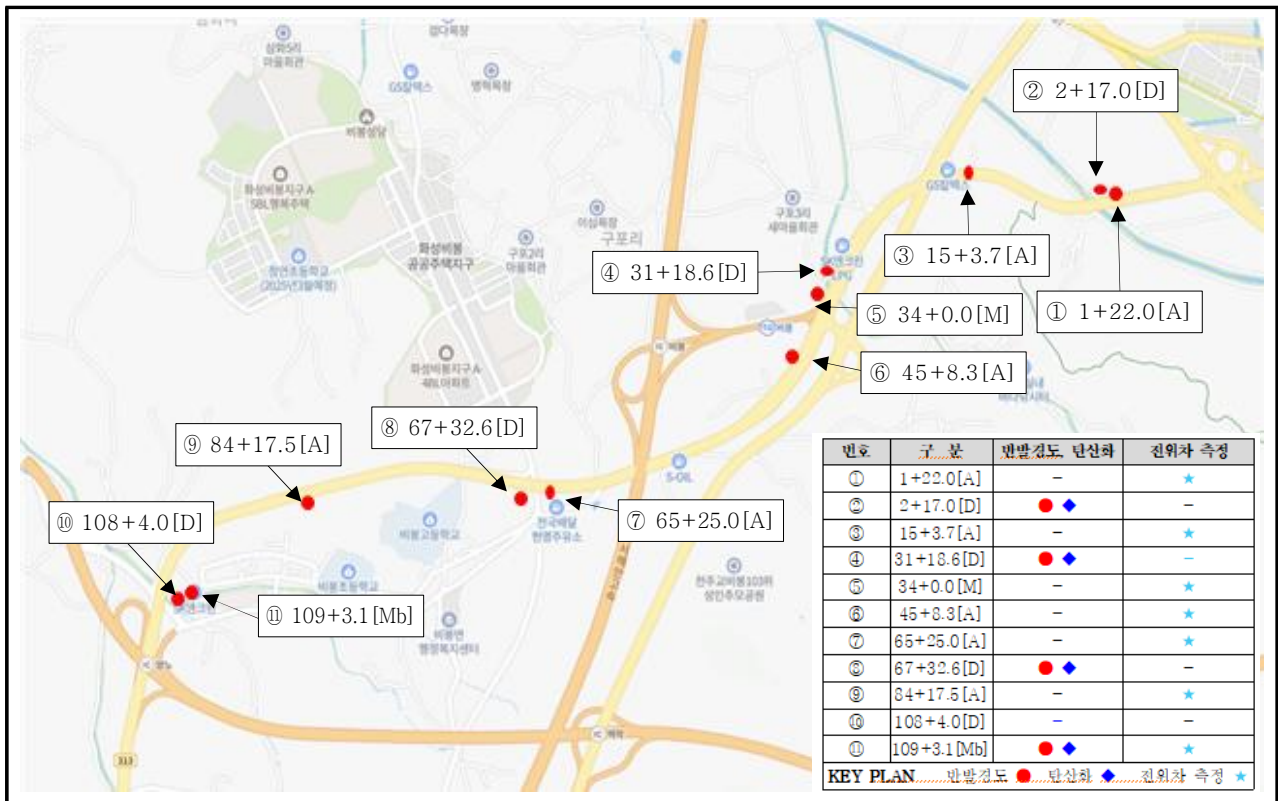
4.1 재료시험 위치 및 수량

4.2 재료시험 측정

제4장 재료시험

4.1 재료시험 위치 및 수량

4.1.1 재료시험 위치도



【그림 4.1】 재료시험 위치도

4.1.2 재료시험 실시수량

【표 4.1】 재료시험 실시수량(전위차)

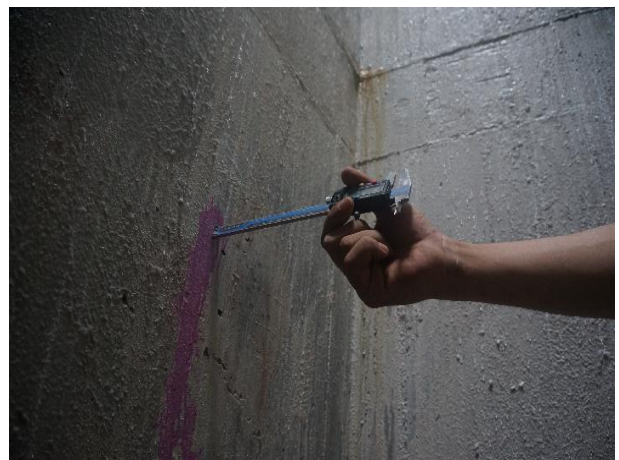
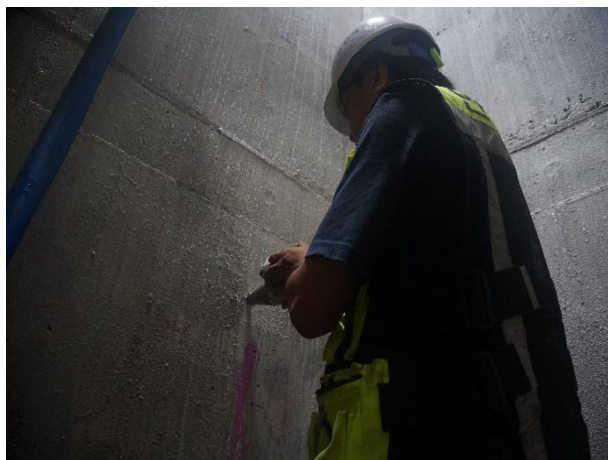
구 분	세부지침 기준	금회 정밀안전점검	세부지침 수량	금회 실시수량
관대지전위차	T/B당 1개소	T/B당 1개소	6	7

【표 4.2】 재료시험 실시수량(반발경도, 탄산화)

관로계통	관로구간	밸브실 개소	콘크리트 강도		탄산화 시험	
			기준	실시	기준	실시
송수	02	11	1	4	1	4



송수02(01) (Sta.2+17.0(Mb)) 반발경도, 탄산화 시험



송수02(02) (Sta.31+18.6(D)) 반발경도, 탄산화 시험



송수02(04) (Sta.109+3.1(Mb)) 반발경도, 탄산화 시험

4.2 재료시험 측정

4.2.1 콘크리트 강도시험

가. 조사결과

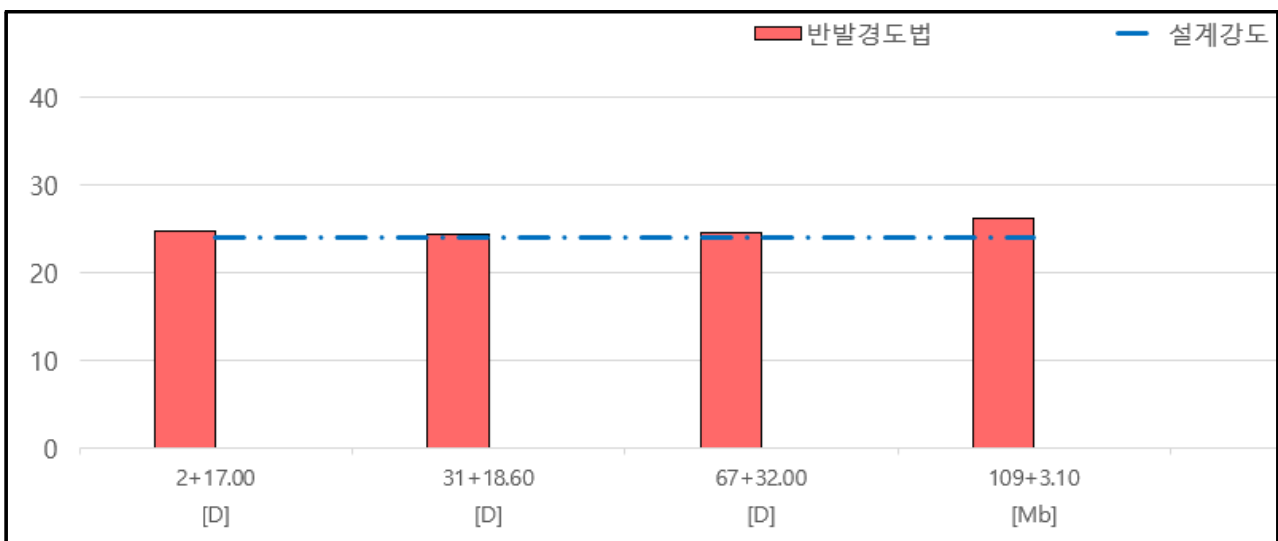
반발경도시험 실시 결과, 평균압축강도는 밸브실 24.4~26.3MPa로 설계기준강도(밸브실 : 24.0MPa) 대비 강도율은 100% 이상으로 분석되었다.

모든 부재의 추정압축강도가 설계기준강도의 100%를 상회하며, 외관조사 시 구조적으로 문제가 될 만한 손상이 발생하지 않은 것으로 조사되어 콘크리트의 강도에 특별한 문제점은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.3】 콘크리트 강도시험 측정결과

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	측정 부재	표면 상태	경도 (Ro)	추정압축강도(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	강도율 (%)
						일본재료 학회식	일본건축 학회식	평균압축 강도		
송수	02	2+17.00 [D]	좌측벽체	건전부	43.8	23.7	25.9	24.8	24.0	103.4
		31+18.60 [D]	전면벽체	건전부	43.2	23.2	25.6	24.4	24.0	101.7
		67+32.00 [D]	후면벽체	건전부	43.3	23.3	25.7	24.5	24.0	102.1
		109+3.10 [Mb]	전면벽체	건전부	46.2	25.6	27.0	26.3	24.0	109.6

주1) 강도율(%) : 추정압축강도의 최솟값 / 설계기준강도 × 100



【그림 4.2】 반발경도시험 측정결과 그래프(밸브실)

4.2.2 탄산화시험

가. 조사결과

탄산화 깊이 측정결과, 밸브실의 탄산화 깊이는 0.70~2.00mm로 측정되어, 밸브실의 탄산화 잔여깊이는 43.0~94.0mm로 분석되었다.

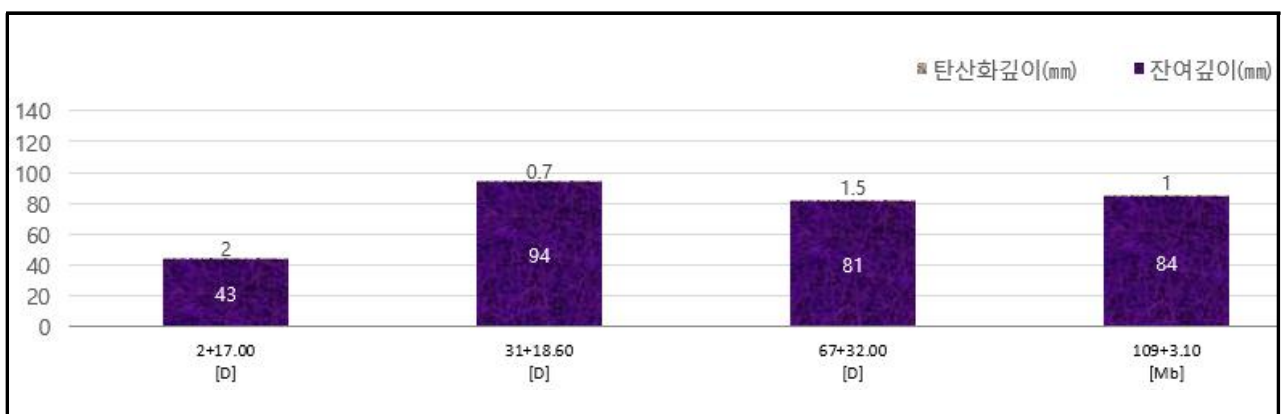
밸브실의 경우 탄산화 잔여깊이가 30.0mm로 분석되어 “a” 로 평가되어 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4】 탄산화시험 측정결과

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	측정 위치	표면 상태	철근 피복두께 (mm)	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도 계수	잔존 수명 (년)	평가 결과
송수	02	2+17.00 [D]	좌측벽체	건전부	45.0	2.00	43.0	1.23	100년 이상	a
		31+18.60 [D]	전면벽체	건전부	95.0	0.70	94.0	0.42	100년 이상	a
		67+32.00 [D]	후면벽체	건전부	82.0	1.50	81.0	0.85	100년 이상	a
		109+3.10 [Mb]	전면벽체	건전부	85.0	1.00	84.0	0.54	100년 이상	a

주1) 피복두께는 철근탐사시험을 실시하여 실측값을 사용하였음.

주2) 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편/상수도] (2023. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)』 참조함.



【그림 4.3】 반발경도시험 측정결과 그래프(밸브실)

4.2.3 관로 부식환경조사

관로 부식환경조사는 관로 매설환경 조건에서 부식에 영향을 미치는 요인을 조사·분석하여, 부식 지연 또는 방지 등의 대책을 제시한다.

이를 위해서, 강관 구간에 대해서 관대지전위차 측정을 통하여 적절한 방식상태를 조사한다. 필요시, 전체 관로구간에 대해서 토양비저항과 토양 pH를 측정하여 토양 부식환경을 검토한다.

관로 부식환경조사 주요 항목과 대상 관로구간의 전기방식 현호아은 다음 [표]와 같다.

【표 4.5】 관로 부식환경 주요 조사 항목

관종	전기방식 상태	토양부식성(선택과업)
SP	- 전기방식시설 상태검사 - 관대지 전위차 측정(방식전위, 자연전위)	- 토양비저항, 토양 pH 측정 - 토양시료 채취 및 분석

【표 4.6】 관로 부식환경 주요 조사 항목

관로계통	관로구간	위치 (Sta. No.)	연장 (m)	관종	관경 (mm)	매설 년도	비고
송수	01(01)	0+0.0 ~ 28+31.0	219.0	SP	1100	2019	전기방식 미운영
	02(01)	0+0.0 ~ 28+31.0	1,151.0	SP	1100	2019	전기방식 운영
	02(02)	28+31.0 ~ 35+36.0	209.0	SP	1100	2019	전기방식 운영
	02(03)	35+36.0 ~ 104+11.0	2,811.0	SP	1100	2019	전기방식 운영
	02(04)	104+11.0 ~ 109+12.0	201.0	SP	1100	2019	전기방식 미운영

4.2.3 전기방식시설 현황

화성1송수관로(2구간)는 수도용 도복장 강관(Steel Pipe, SP) 구간에 대해서 희생양극법에 의한 전기방식이 운영되고 있다.

전기방식시설은 희생양극법의 측정함(Test Box, TB)이 있으며, 이와 같은 방식시설은 다음 [표]와 같이 전기방식시설 설치상태를 조사하였다.

【표 4.7】 화성1송수관로(2구간) 관로 정기방식시설 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	위치 (Sta. No.)	시설 구분	관리 번호	시설 년도	시공회사	주요 조사결과
송수	02(01)	1+22.00	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 공기밸브실
	02(02)	15+3.70	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 공기밸브실
		34+0.00	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 제수밸브실
	02(03)	45+8.30	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 공기밸브실
		65+25.00	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 공기밸브실
		84+17.50	측정함	TB	2019	(주)오렌지이앤씨	• 공기밸브실

▶ 상세한 조사 내용은 [부록] 참조

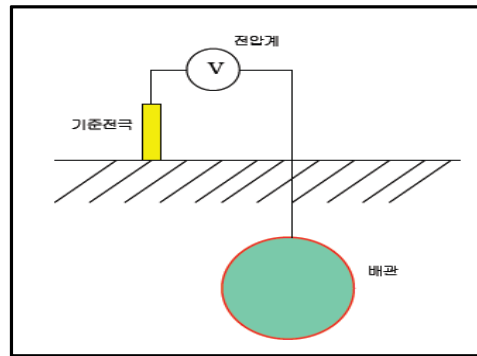


송수02(01) (Sta.1+22.00) 공기밸브실 측정함(TB) 상태양호



송수02(02) (Sta.34+0.00) 제수밸브실 측정함(TB) 상태양호

- 측정함(TB)는 대부분 양호한 것으로 파악되나, 패드형 측정은 뚜껑 이탈 및 매몰 위험 등 토사 퇴적 및 우천시 내부 물고임 현상이 발생할 우려가 있다. 해당 측정함은 막대형(pole) 측정함으로 재설치를 권고한다.



【그림 4.4】 매설배관의 방식전위 측정

나. 측정 결과



위치	mv	평 가	비고
송수 - 02(01) 1+22.00 공기밸브실[T/B]	-720	B등급	(-)650 이상 ~ (-)850 미만
송수 - 02(01) 15+3.70 공기밸브실[T/B]	-650	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
송수 - 02(02) 34+0.00 제수밸브실[T/B]	-600	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
송수 - 02(03) 45+8.30 공기밸브실[T/B]	-500	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
송수 - 02(03) 65+25.00 공기밸브실[T/B]	-480	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
송수 - 02(03) 84+17.50 공기밸브실[T/B]	-470	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
송수 - 02(04) 109+3.10 공기밸브실[인출선]	-495	C등급	(-)400 이상 ~ (-)650 미만
평가	화성1송수관로(2구간) 관대지 전위차는 -470 ~ -720mV(b~c등급)로 평가되어, 대부분 자연 전위 상태(-400 ~ -600mV)를 유지하는 것으로 파악된다. 또한, 본 관로는 전기방식시설 미운영으로 관로의 부식이 진행될 수 있어 부식방지를 위해 전기방식시설을 설치 및 운영하여 방식 기준전위(-850 ~ -2,500mV) 값을 유지할 필요가 있다.		

4.2.4 전차 점검 결과와 비교·검토

【표 4.8】 점검 결과 비교·검토(내구성 시험)

구 분		2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검
토목 구조물 [밸브실]	콘크리트 강도시험 (MPa)	24.3 ~ 26.0 / (24.0)	24.4 ~ 26.3 / (24.0)
	탄산화시험 (mm) (깊이/잔여깊이)	0.60 ~ 1.74 / 43.26 ~ 89.40	0.70 ~ 2.00 / 43.00 ~ 94.00

- 금회 내구성 시험 비교·검토 결과, 대체적으로 유사한 값으로 조사 되었으나, 일부 결과 값이 차이가 있는 경우, 이는 점검자의 판단, 시험장비, 작업위치 등의 복합적인 요소에 의한 것으로 사료된다.

【표 4.9】 점검 결과 비교·검토(전위차)

구 분		2022년 정밀안전점검(mV)	2024년 정밀안전점검(mV)	평 가 내 용
관대지 전위차	2구간	-410 ~ 696	-470 ~ -720	- 전차점검 이후 공용기간 증대에 따라 외부간섭 영향 및 자연전위 또는 방식전위 미달 수준으로 측정되었으며 평가등급은 동일한 것으로 측정되었다.

- 금회 관대지전위차 측정결과, (-)470~(-)720mV로 측정되었으며, 상태평가 상 “b~c” 로 평가되었다.
- 전차점검과 측정한 위치와 동일한 위치에서의 전위차를 실시하였으며, 비교한 결과, 유사한 값으로 측정되었다.
- 관대지전위차는 측정당시 온도 및 토양의 수분함유량, 주변 간섭인자 등으로 인해 차이가 발생할 수 있으며, 단순한 수치비교 보다는 지속적인 점검 및 측정을 통한 해당 구간의 관대지전위차의 변화여부 확인 후 자연전위 이하로 유지될 경우, 대책을 마련하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

제5장 상태평가

5.1 시설물 상태평가

5.2 안전등급 지정

제5장 상태평가

5.1 시설물 상태평가

상태평가는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(상수도편)」을 참고하여 상태평가는 1단계에서 7단계까지 구성되어 있으며, 1~3단계는 부록에 수록하였다.

5.1.1 개별시설물(4단계) 상태평가

【표 5.1】 개별시설물 상태평가표

개별시설명	송수관로			
	D=1,000.0mm, L=4,591.0m			
복합부재명	상태평가	상태평가지수	규모(Sm')	계산값
01구간	a	5.00	219.0	1,095.00
02구간	b	3.71	4,372.0	16,204.68
합계(Σ)			4,591.0	17,299.68
1.평가지수(E3) 최대값(Max.Value) =				5.00
2.평가지수(E3) 최소값(Min.Value) =				3.71
3.V1=0.3*(Max-Min) =				0.39
4.V2= $\sum (E3 * S) / (5 * \sum S) =$				0.75
5.개별시설상태평가지수(Ec)=Min+V1*V2=				4.00
6. 개별시설 상태평가 등급 =				b

5.1.2 복합시설물(5단계) 상태평가

【표 5.2】 복합시설물 상태평가표

복합시설명	송수관로					
	개별시설명	평가결과	평가지수	조정계수	규모	조정값
	송수	b	4.00	2	4,591.0	9,182.00
	합계(Σ)				4,591.0	9,182.00
1.복합시설평가지수(E5)= $\sum (E4*A*W) / \sum (A*W) =$						4.00
2. 복합시설 종합평가 등급 =						B

5.1.3 통합시설물(6단계) 상태평가

【표 5.3】 통합시설물 상태평가표

통합시설명	토목구조물					
복합시설명	평가결과	평가지수	조정계수	규모	조정값	계산값
관로	B	4.00	2	4,591.0	9,182.0	36,728.0
합계(Σ)				4,591.0	9,182.0	36,728.0
1.복합시설평가지수(E5)=Σ(E4*A*W)/Σ(A*W)=						4.00
2. 복합시설 종합평가 등급 =						B

5.1.4 종합시설물(7단계) 상태평가

【표 5.4】 종합시설물 상태평가표

종합시설명	화성1송수관로(2구간)					
통합시설명	평가결과	평가지수	조정계수	중요도	조정값	계산값
관로시설물	B	4.00	2	100.0	200.0	800.0
합계(Σ)				100.0	200.0	800.0
1.복합시설평가지수(E5)=Σ(E4*A*W)/Σ(A*W)=						4.00
2. 복합시설 종합평가 등급 =						B

5.1.5 전차 점검 비교분석

【표 5.5】 전차 점검 비교분석 결과

구 분	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검
평가지수	3.75	4.00
평가등급	B등급	B등급
검토결과	전차 점검결과와 비교결과, 안전등급은 전차점검과 동일한 B등급으로 평가되었으나, 평가지수가 상향된 것으로 확인되었다. 평가지수 상향 사유 분석결과, 전차 정밀안전점검 시 화성1송수관로 01구간 경과년수에 대한 평가오류 a→c산정에 의한 것으로 금회 c→a로 수정하여 평가하였으며, 그 결과 전차(B등급(3.75)) → (B등급(4.00))으로 평가되었다.	

5.2 안전등급 지정

본 시설물은 안전등급은 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 **B등급**으로 산정되었다.

【표 5.6】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

제6장 보수보강 및 유지관리 방안

6.1 보수·보강 방안

6.2 보수·보강 개략공사비

6.3 유지관리 방안

제6장 보수·보강 및 유지관리 방안

6.1 보수·보강 방안

【표6.1】 관로 보수·보강 방안 현황표

관로 계통	관로 구간	세부 구간	위치 (Sta.No)	손상 및 결함 (조사 결과)	보수·보강 방안 (점검 정비사항 포함)	수량	시행 순위
송수	01	01	0+0.00	화성1송수관로 연결관로(D1000) 시점	정기적인 점검·관리	—	단기
			5+19.00	화성1송수관로 연결관로(D1000) 종점	정기적인 점검·관리	—	단기
	02	01	0+0.00	화성1송수관로(2구간) (D1000) 시점	정기적인 점검·관리	—	단기
			2+10.50	동화천 횡단 시점	우천시 점검·관리	—	단기
			2+10.50	동화천 횡단 종점	우천시 점검·관리	—	단기
		02	31+18.90	구포천 횡단 시점	우천시 점검·관리	—	단기
			32+10.90	구포천 횡단 종점	우천시 점검·관리	—	단기
		03	55+8.00	화성로313(왕복 6차선) 도로횡단구간 시점	정기적인 점검·관리	—	단기
			58+40.00	화성로313(왕복 6차선) 도로횡단구간 종점	정기적인 점검·관리	—	단기
		04	107+27.00	남전천 횡단 시점	우천시 점검·관리	—	단기
			108.14.00	남전천 횡단 종점	우천시 점검·관리	—	단기

【표6.2】 밸브실 보수·보강 방안 현황표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	손상 및 결함	보수·보강 방안	수량	시행 순위
송수	02	1+22.00 [A]	강재부식	도장보수(철재류)	21.20m ²	단기
			마개플랜지 부식	도장보수(철재류)	0.86m ²	중기
			수압계 불량	수압계 재설치	1.00ea	단기
			출입구 주변 아스콘 균열	아스콘 균열보수	4.00m ²	단기
		2+17.00 [D]	밸브 받침콘크리트 미설치	받침콘크리트 설치	0.08m ³	단기

【표6.3】 밸브실 보수·보강 방안 현황표(계속)

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	손상 및 결함	보수·보강 방안	수량	시행 순위
송수	02	15+3.70 [A]	강재부식	도장보수(철재류)	21.24m ²	단기
			마개플랜지 부식	도장보수(철재류)	0.86m ²	중기
			수압계 불량	수압계 재설치	1.00ea	단기
			출입구 주변 아스콘 균열	아스콘 정비	4.00m ²	단기
		31+18.60 [D]	밸브 받침콘크리트 조적시공	받침콘크리트 설치	4.00m ³	단기
		34+0.00 [M]	강재부식	도장보수(철재류)	5.00m ²	단기
			마개플랜지 부식	도장보수(철재류)	0.86m ²	중기
			볼트체결부 부식	볼트교체	156.00ea	장기
		45+8.30 [A] 강재	수압계 불량	수압계 재설치	1.00ea	단기
			마개플랜지 부식	도장보수(철재류)	0.86m ²	중기
			본관 볼트체결부 부식	볼트교체	56.00ea	장기
		84+17.50 [A] 강재	마개플랜지 부식	도장보수(철재류)	0.86m ²	중기
			수압계 불량	수압계 재설치	1.00ea	단기
		108+4.00 [D]	파손 및 철근노출	깊은보수 (T=30mm이상)	0.16m ²	단기
		109+3.10 [Mb]	수압계 불량	수압계 재설치	1.00ea	단기

6.2 보수·보강 개략공사비

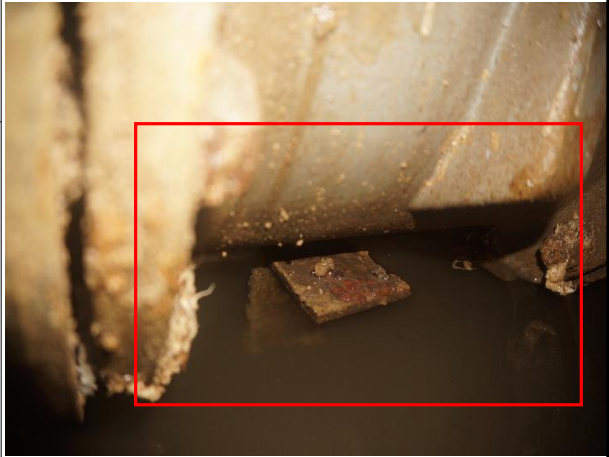
【표6.4】 관로시설 보수·보강 개략 순공사비

시설물	시행순위별 개략 순공사비(단위: 원)			
	단기	중기	장기	계
관 로	—	—	—	—
밸브실	4,576,866	440,976	346,620	5,364,462
계	4,576,866	440,976	346,620	5,364,462

- ※ 1. 대상시설물인 화성1송수관로(2구간)의 경우 전체적인 관로 및 밸브실의 현황이 전차와 유사하며, 특이할만한 조치 및 신규 손상은 확인되지 않은 상태이므로 전차 정밀안전점검 시 작성한 내역서를 참고, 활용하여 금회 보고서 및 부록에 수록하였음.
2. 보수·보강 순공사비 세부내역은 [부록]에 수록하였음.
3. 총 공사비 : 순공사비 + 부대공 및 제경비(관리주체 결정)

6.3 유지관리 방안

【표 6.5】 중점 유지관리 방안

부 재	점 검 항 목	금회 주요 손상사진
밸브실 송수02(01) 공기밸브실 (Sta.1+22.0) (Sta.15+3.7) 송수02(02) 제수밸브실 (Sta.34+0.0)	- 밸브실 내에 표면부식이 조사됨. - 밸브실 내부 채수가 조사됨.	
밸브실 송수02(01) 이토밸브실 (Sta.2+17.0)	- 밸브실 내부 침수에 유의하고 충분히 건조시킨 상태에서 부식생산물 제거 후 도장보수 실시 후 재손상 발생여부에 대한 지속관찰이 요구됨	
밸브실 송수02(01) 이토밸브실 (Sta.2+17.0)	- 밸브 받침콘크리트 미설치가 조사됨.	
밸브실 송수02(02) 이토밸브실 (Sta.31+18.6)	- 밸브 받침 불량(조적)이 조사됨.	
밸브실 송수02(02) 이토밸브실 (Sta.31+18.6)	- 밸브 받침 불량(조적)이 조사됨.	

제7장 종합결론

7.1 외관조사 결과

7.2 재료시험 결과

7.3 상태평가 및 안전등급

7.4 사용제한 및 요구사항

7.5 종합결론

제7장 종합결론

7.1 외관조사 결과

7.1.1 관로사고이력

관로사고는 시설물에 따라 차이가 있으나, 일반적인 통수를 시점으로 하는 사용개시 초기에 시공미흡, 자재불량 등의 취약부에서 자주 발생하다가 이러한 현상이 어느정도 해소되면 사고발생빈도가 점차 줄어들면서 안정화 되어 간다. 그러나 설계 및 시공상에 근본적인 문제가 있다면 시간이 지나도 사고발생 빈도는 줄어들지 않아 초기 관로사고의 유형 파악이 매우 중요하며, 이를 분석함으로 향후 사고발생의 장래 추이를 예측할 수 있다.

금회 점검 대상 구간의 관로사고이력 검토 결과, 송수관로는 준공 이후 관로의 파손 및 누수등의 사고이력은 없는 것으로 조사되었으며 관로 특성상 하중변화 및 공용년수 증가에 따라 관체가 노후화 될 경우 사고발생 가능성이 높아질 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.

7.1.2 경과년수 검토

구간	관경(mm)	관종	연장(m)	매설년도(년)	경과년수(년)	평가
송수-01(01)	1100	SP	219.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(01)	1100	SP	1,151.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(02)	1100	SP	209.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(03)	1100	SP	2,811.0	2019	5	A (10년미만)
송수-02(04)	1100	SP	201.0	2019	5	A (10년미만)

▶ 경과년수에 대한 검토결과 2019년 준공 이후 5년동안 공용되고 있으며 경과년수가 10년 미만으로 평가되어 전 구간 A등급으로 평가되었다.

7.1.3 관로 매설깊이 조사

관로 매설깊이 조사는 밸브실 내 측정 가능한 노출되어 있는 관로에서 실시하였으며, 7개소 밸브실에서 실측한 매설깊이를 아래와 같이 정리하였고 2022년 정밀안전점검 보고서 자료를 참고하여 인용 및 금회 실측한 매설깊이와 비교를 실시하였다.

구 간	밸브실명	측점 (Sta.)	관종	관경 (mm)	매설깊이 (m)				비고
					준공도 (2019년)	전차 (2022)	금차 (2024)	변동[준공] 변동[점검]	
송수	02(01)	0+22.00	SP	1000	1.51	1.85	1.85	+0.34 0.00	공기밸브실
		15+3.70	SP	1000	1.63	1.60	1.60	-0.03 0.00	공기밸브실
	02(02)	34+0.00	SP	1000	2.38	2.60	2.60	+0.22 0.00	채수밸브실
		45+8.30	SP	1000	1.50	1.80	1.80	+0.30 0.00	공기밸브실
	02(03)	65+25.00	SP	1000	1.57	1.80	1.80	+0.23 0.00	공기밸브실
		84+17.50	SP	1000	1.73	1.60	1.60	-0.13 0.00	공기밸브실
		109+3.10	SP	1000	3.08	2.94	2.94	-0.14 0.00	채수밸브실
	02(04)								

- ▶ 금회 실측된 관로의 매설깊이는 [2022년 실시한 정밀안전점검]에서 실측한 매설깊이와 비교 · 검토하였다.
- ▶ 측정 가능한 7개소의 매설깊이는 대체로 2019년 준공도에 근접하며 매설깊이 1.5m 이상을 확보하고 있는 것으로 분석되었으며, 전차점검과 동일한 결과값으로 조사되었다.
- ▶ 따라서, 현재 매설깊이 변동(과소 및 과대)에 의한 관의 구조적 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단되지만, 관로 및 밸브실 등의 유지관리성 확보와 관로의 구조적 안전성 유지 등의 측면에서 관로 상부에 농작물 경작 활동과 불법적인 성토 또는 절토, 중차량 주차 등의 제한이 필요하며, 이를 위해서 정기적으로 관로 노선에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요한 상태이다.

7.1.4 관로 외관조사 결과

송수계통 관로 대부분 차도, 나대지에 매설되어 상재 하중요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 파악된다. 또한, 관로 중요 관리지점은 용수공급 운영과 사고 시 긴급 조치 등이 요구되는 지점으로서 그 위치 및 시설 현황을 정확히 파악하고 정기적인 유지관리에 의해 최상의 상태를 유지하여야 한다.

▶ 송수-1라인

[송수01(01), Sta. No. 0+0.00] 지점은 화성1송수관로(1구간)와 접관 지점인 구간으로 차도상에 매설되어 있다. 현재 상재 하중요인과 특이한 문제점이 없는 비교적 양호한 매설상태를 유지하는 것으로 파악되나, 육안상 관로 시점 부 확인이 어려운 상태로 노선 위치관리 및 관로 사고 시 즉각적인 조치 등을 위해서 관로 표식설치를 권고한다. 또한, [송수01(01), Sta. No. 0+0.00] 지점은 화성1송수관로(1구간)종점 제수밸브실 이후에 연결되어 있어 용수공급 운영과 사고 시 긴급 조치가 요구되는 지점으로 밸브실 현황을 정확히 파악하고 정기적인 유지관리에 의해 최상의 상태를 유지하여야 한다.

▶ 송수-2라인

화성1송수관로(2구간)는 전반적으로 관로 표시석이 설치되어 있으나, [송수01(01), Sta. No. 0+0.00] 시점부의 관로 노선을 명확히 표시하기 위해서 표시못 혹은 표시석 설치를 권고한다. 표시못은 차도구간에 교통에 지장이 없도록 인식표지를 일정한 간격으로 포장면에 설치하여야 하며, 표시석은 차량통행이 없는 비포장도로, 초지나 임야 등 수목이나 풀이 없는 지역에 설치하여 시설물을 유지관리 할 필요가 있다. 관로의 표식은 [상수도공사 설계지침(2020. 6. 한국수자원공사)] [KDS 57 50 00 상수도 도수시설 설계기준 2.16 관로의 표식] 상수도설계기준(해설편), 한국상하수도협회, 2020]을 참고하여 도시지역 20m, 지방지역 50m, 곡선부위 5~10m 간격으로 설치되어야 하나 주변지형의 여건 등에 따라 적절히 조정할 수 있다.

[송수02(03)구간, Sta. No. 55+8.00~56+4.80] [송수02(03)구간, Sta. No.65+0.00~70+0.00] 구간은 각각 [화성로 313번 지방도(왕복 6차선) [비봉1교 밑푸른들판로]를 횡단하는 구간으로, 관로가 차도 상에 매설 되어있는 상태이나, 차량하중 외에 특별한 상재 하중요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 파악된다. 다만, 관로가 차도에 매설되어 관로 사고 시 차량 도로 이용에 제한이 될 수 있으므로, 관로 구간의 정기적인 점검•관리가 요구된다.

[송수02(04)구간, Sta. No.109+3.10] 지점은 화성1송수관로(2구간, D1000mm)에서 화성1송수관로(3구간, D800mm)로 분기되는 연결지점으로 나대지에 매설되어 있고 상재 하중요인이 없는 비교적 안전한 매설상태를 유지하고 있는 것으로 파악된다. 또한, [송수02(04), Sta. No. 109+3.10] 밸브실은 화성1송수관로(3구간)으로 연결되는 지점으로 용수공급 운영과 사고 시 긴급 조치가 요구되는 지점으로 밸브실 현황을 정확히 파악하고 정기적인 유지관리에 의해 최상의 상태를 유지하여야 한다.

7.1.5 밸브실 외관조사 결과

동탄신리배수시 송수관로 밸브실 점검결과 구조물 내부, 밸브실 및 배관에 중대결함은 없는 것으로 조사되었으며 전차 점검과 비교 시 특이할만한 물량 증감은 없는 상태로 조사되었다. 강재 밸브실 1+22.00, 15+3.70, 34+0.00, 45+8.30, 84+17.50에서 조사된 강재부식, 마개플랜지 부식, 수압계 불량, 출입구 주변 아스콘 손상(균열), 볼트체결부 부식, 콘크리트 밸브실 2+17.00, 31+18.60, 108+4.00, 109+3.10에서 조사된 밸브 받침콘크리트 미설치, 밸브 받침 불량(조적), 상부슬래브 파손 및 철근노출, 수압계 불량 등의 경우 단면보수(방청), 받침 콘크리트 설치, 도장보수(철재류), 볼트교체, 수압계 재설치, 볼트교체, 아스콘 균열보수 등을 통한 유지보수 후 재손상 및 신규손상에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

7.1.6 공중이용시설의 상태조사

▶추락방지시설

송수관로 추락방지시설은 배수실 내부 진입사다리 등이 공중의 추락 위험성이 있는 위치에 설치되어 있어 외관조사를 실시하였으며 사다리 파손, 변형 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

▶환기구 등의 덮개

송수관로 환기구 등의 덮개는 시설물 출입구 및 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 차량 및 보행자 이동구간에 대부분 설치되어 있다. 화성1송수관로(2구간) 밸브실에 설치된 환기구 덮개는 추락방지를 위한 철제 맨홀이 설치되어 있고 파손 및 변형의 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

7.2 재료시험 결과

7.2.1 콘크리트 강도 및 탄산화 시험

반발경도시험 실시 결과, 평균압축강도는 밸브실 24.4~26.3MPa로 설계기준강도(밸브실 : 24.0MPa) 대비 강도율은 100% 이상으로 분석되었다. 모든 부재의 추정압축강도가 설계기준 강도의 100%를 상회하며, 외관조사 시 구조적으로 문제가 될 만한 손상이 발생하지 않은 것으로 조사되어 콘크리트의 강도에 특별한 문제점은 없는 것으로 판단된다.

탄산화 깊이 측정결과, 밸브실의 탄산화 깊이는 0.70~2.00mm로 측정되어, 밸브실의 탄산화 잔여깊이는 43.0~94.0mm로 분석되었다. 밸브실의 경우 탄산화 잔여깊이가 30.0mm로 분석되어 “a”로 평가되어 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다.

7.2.2 관대지전위차 측정

화성1송수관로(2구간) 관대지 전위차는 -470 ~ -720mV(b~c등급)로 평가되어, 대부분 자연 전위상태(-400 ~ -600mV)를 유지하는 것으로 파악된다. 또한, 본 관로는 전기방식 시설 미운영으로 관로의 부식이 진행될 수 있어 부식방지를 위해 전기방식시설을 설치 및 운영하여 방식 기준전위(-850 ~ -2,500mV)값을 유지할 필요가 있다.

7.3 상태평가 및 안전등급

종합적으로 평가한 결과, 관로시설물의 종합평가 점수는 B등급(4.00)으로 평가되었다. 따라서 [보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태] B등급으로 평가되었다.

7.4 사용제한 및 요구사항

7.4.1 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

전차점검과 비교 결과, 공용기간 중에 발생하는 일반적인 손상들로 중대한 손상 및 결함은 없는 것으로 조사되어 긴급점검이나 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등은 필요 없을 것으로 판단된다.

7.4.2 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

밸브실의 경우 상부유입으로 추정되는 침수가 대부분 구조물에서 1.0m이상인 것으로 확인되어 주기적인 양수 및 청소가 필요할 것으로 사료되며, 그 외 손상이 조사된 강제 밸브실 1+22.00, 15+3.70, 34+0.00, 45+8.30, 84+17.50에서 조사된 강재부식, 마개플랜지 부식, 수압계 불량, 출입구 주변 아스콘 손상(균열), 볼트체결부 부식, 콘크리트 밸브실 2+17.00, 31+18.60, 108+4.00, 109+3.10에서 조사된 밸브 받침콘크리트 미설치, 밸브 받침 불량(조적), 상부슬래브 파손 및 철근노출, 수압계 불량 등의 경우 단면보수(방청), 받침콘크리트 설치, 도장보수(철재류), 볼트교체, 수압계 재설치, 볼트교체, 아스콘 균열보수 등을 통한 유지보수 후 재손상 및 신규손상에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

7.5 종합결론

화성1송수관로(2구간) 송수관로에 대한 정밀안전점검 결과, 2019년 준공된 시설물로 약 5년 공용된 시설물로 안전성에 영향을 끼칠만한 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 안전등급은 **B등급(양호)**로 평가되었다. 금회 밸브실 내부에서 조사된 손상부에 대해 보수를 실시하여 내구성을 확보 후 시설물의 공용기간과 등급을 고려하여 정기적인 점검을 통한 효율적인 유지관리가 이루어진다면 시설물의 사용성은 문제없을 것으로 판단된다.