

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로

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

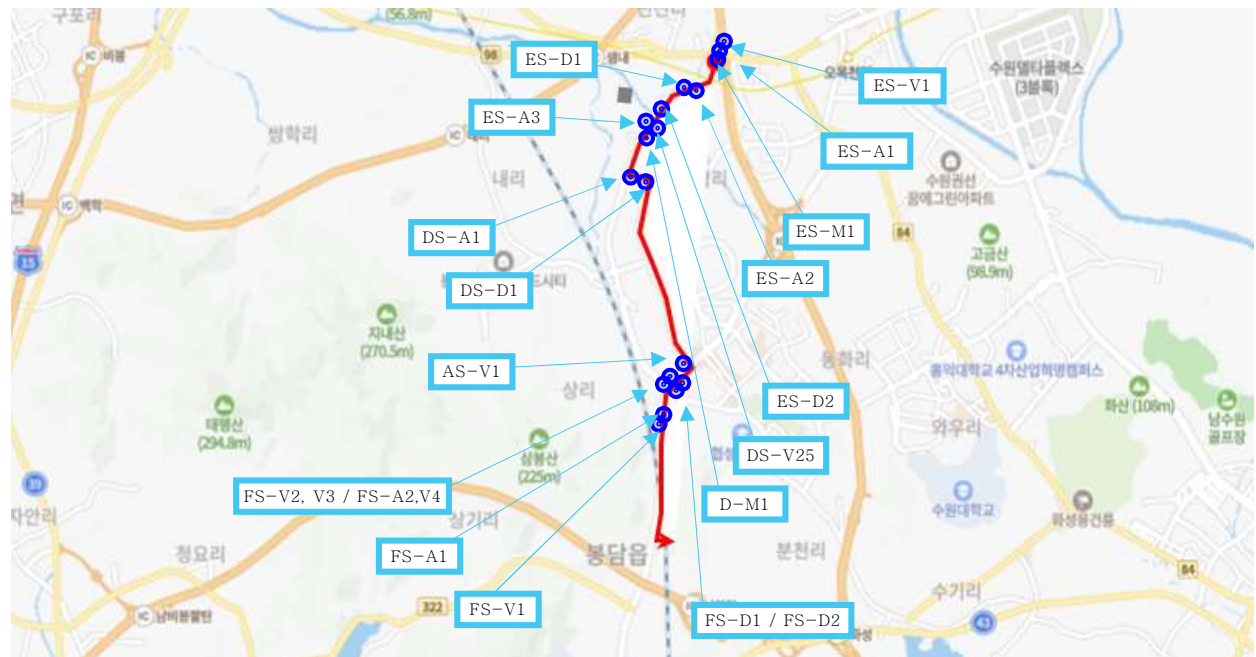
1.2 시설물 관련도면

제 1 장 시설물 개요

1.1 시설물 현황

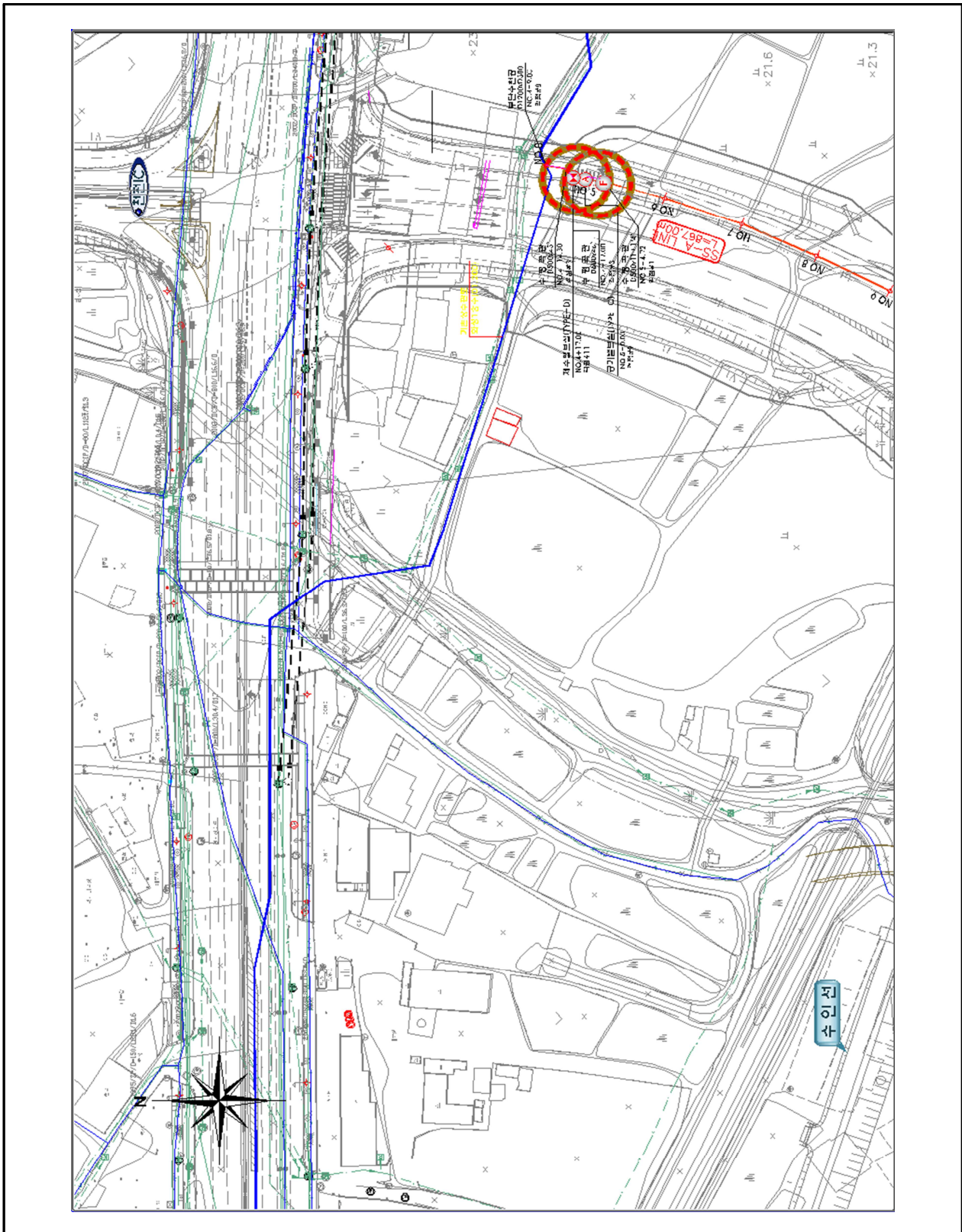
【표 1.1】 시설물 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	화성봉담2 지구외 배수지 송수관로	시설물번호	WS2019-0000053
준공년월일	(E구간) 2015년 (A, B, D구간) 2016년 (C구간) 2017년	시설물 종별	2중
시설물위치	경기도 화성봉담 일원		
관리주체	화성시 맑은물사업소		
규 모	- A구간 - B구간 - C구간 - D구간 - E구간	D=500mm, L=956m, 수도용 도복장 강관 D=500mm, L=2,553.40m, 수도용 도복장 강관 D=500mm, L=875.00m, 수도용 도복장 강관 D=500mm, L=380.00m, 수도용 도복장 강관 D=500mm, L=140.43m, 수도용 도복장 강관	

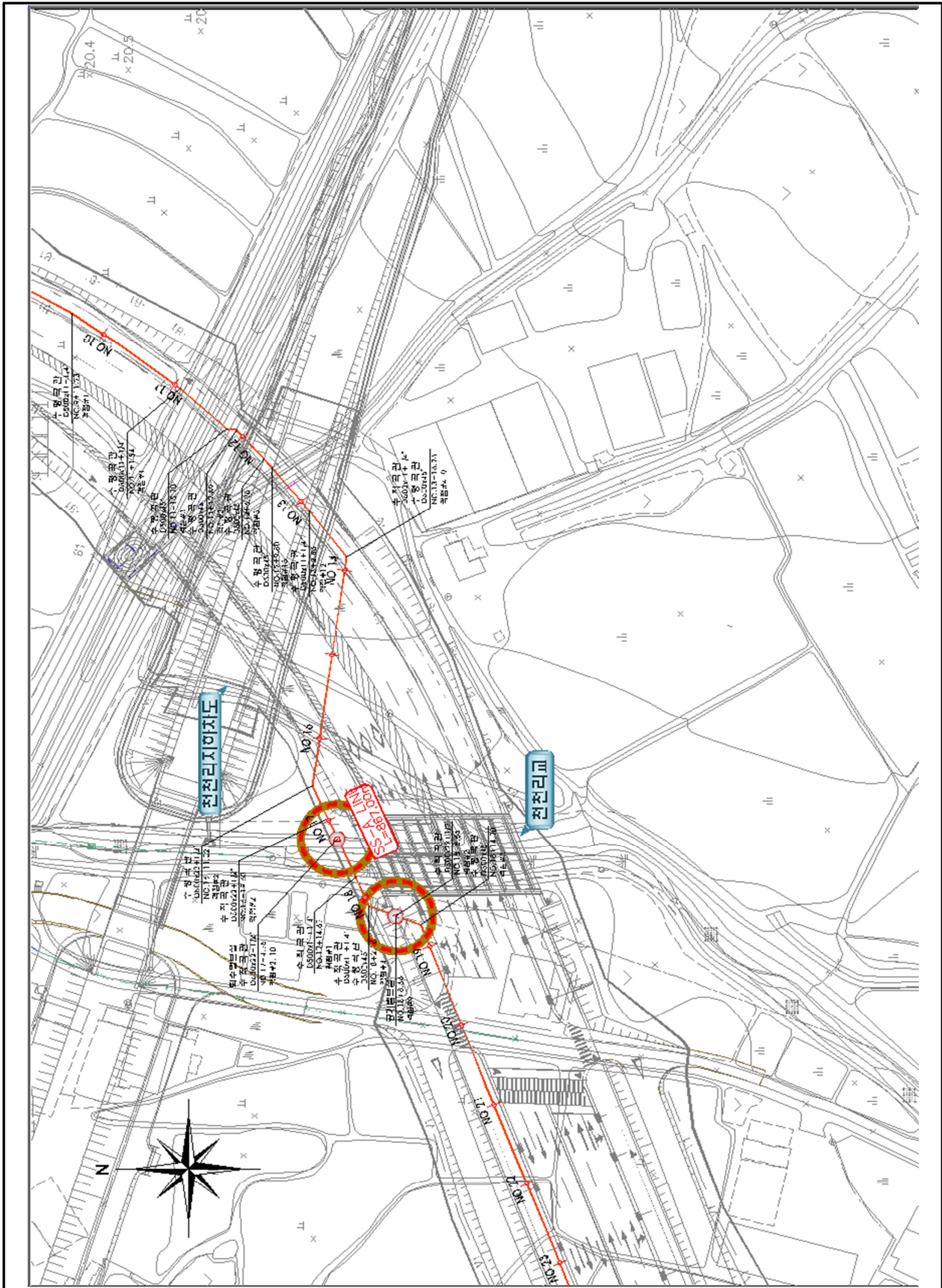


【사진 1.1】 시설물 위치도

1.2 시설물 관련도면



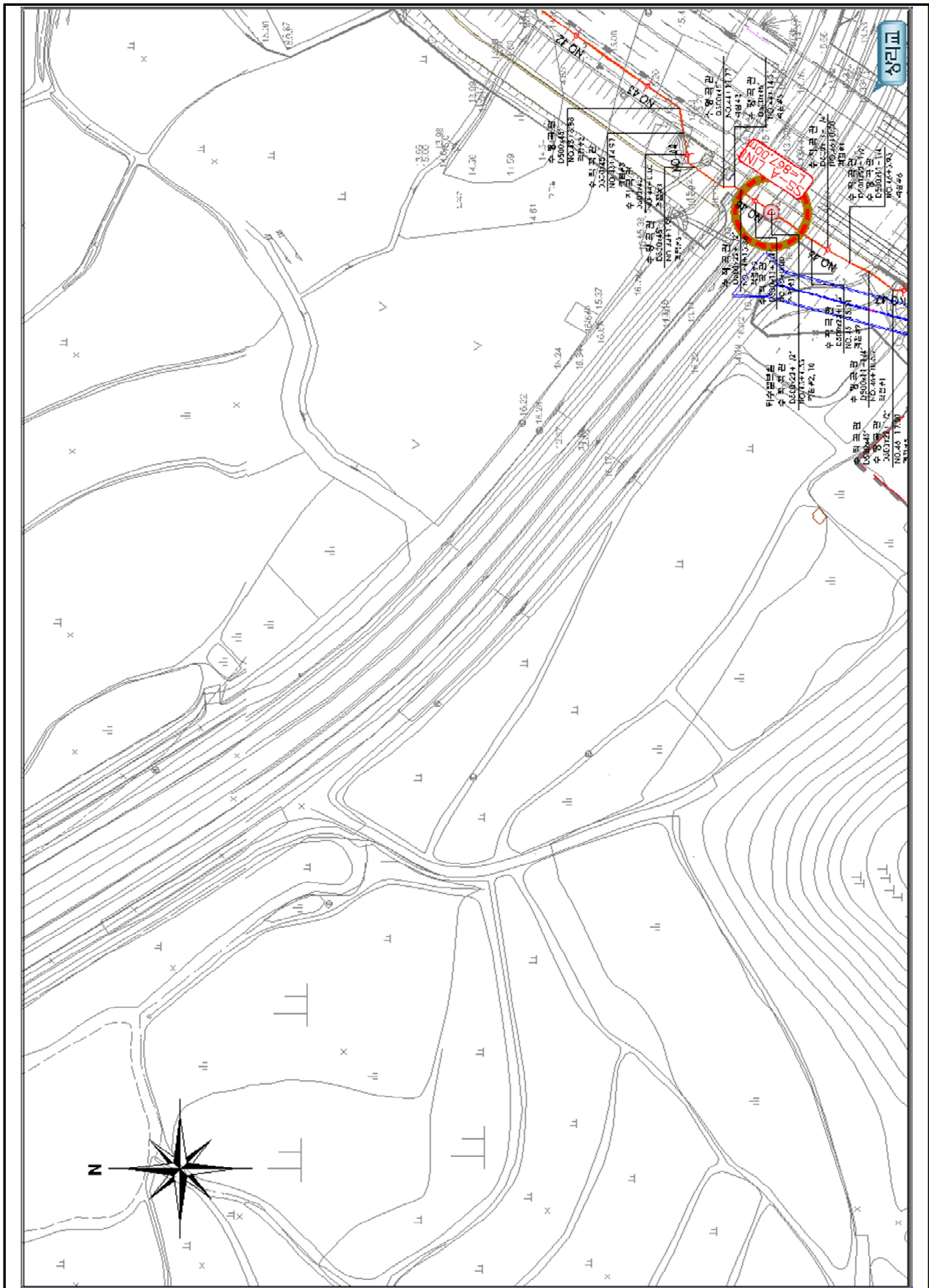
【그림 1.1】 송수관로 SS-A 구간 ①



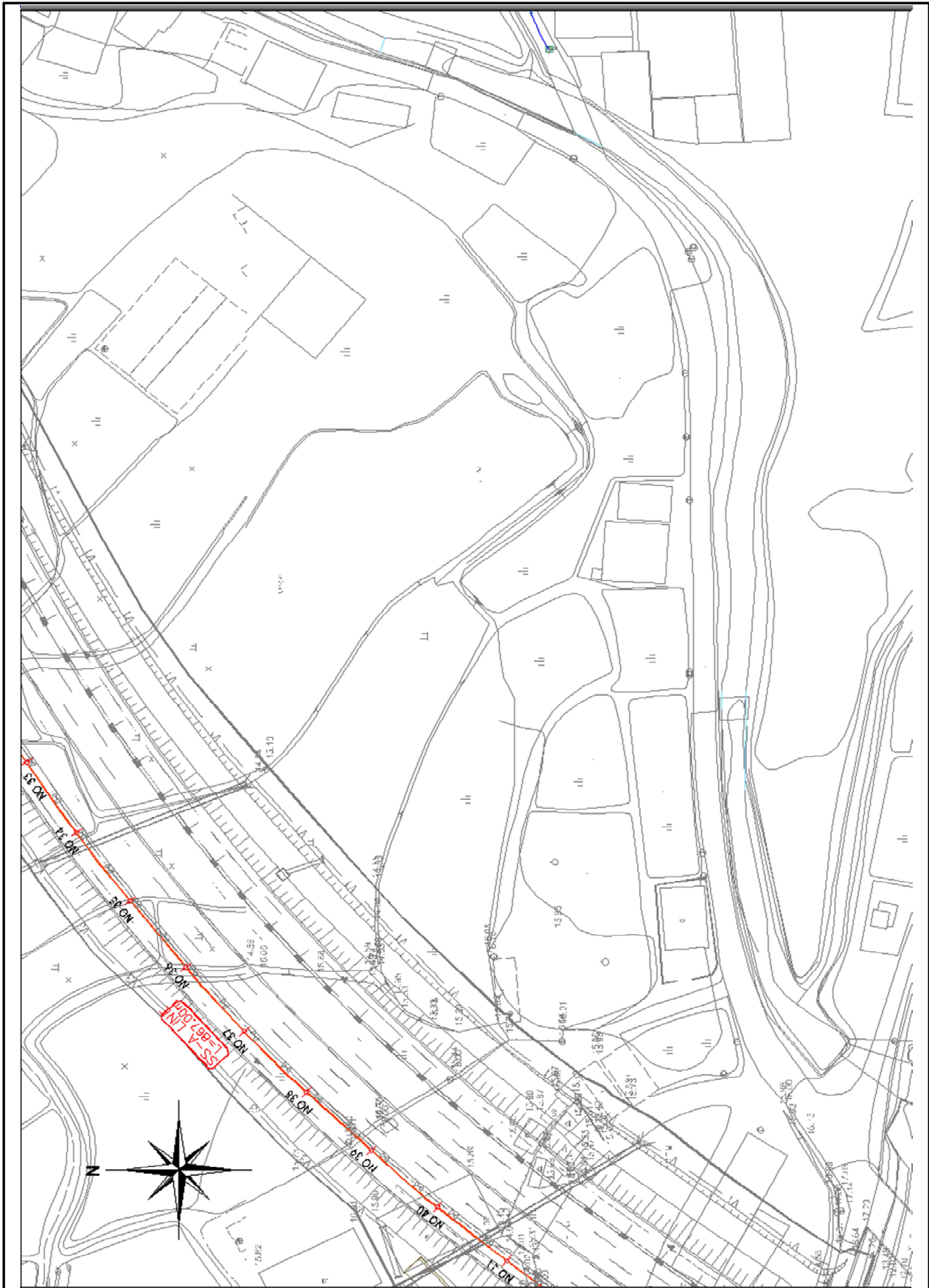
【그림 1.2】 송수관로 SS-A 구간 ②



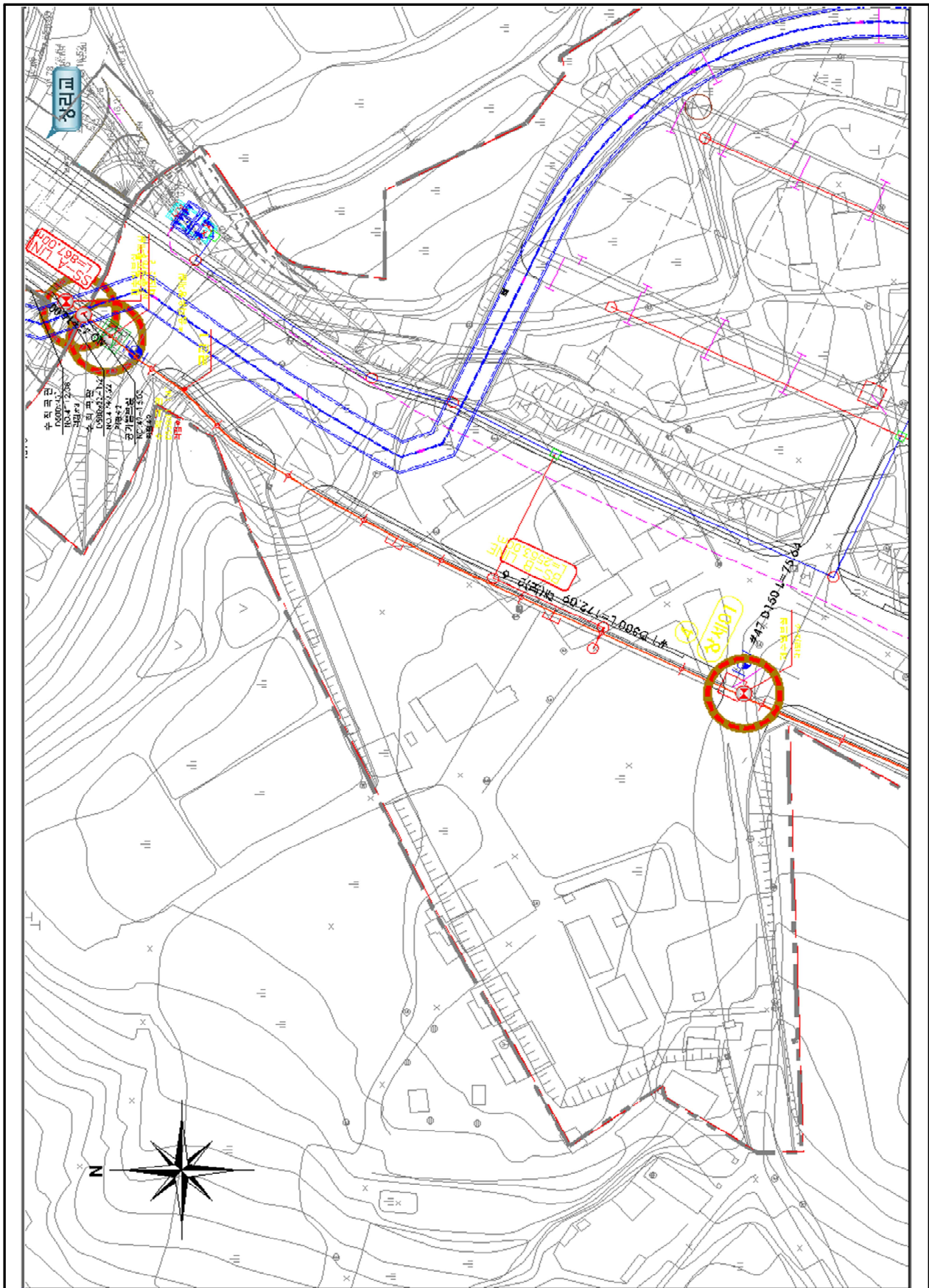
【그림 1.3】 송수관로 SS-A 구간 ③



【그림 1.4】 송수관로 SS-A 구간 ④



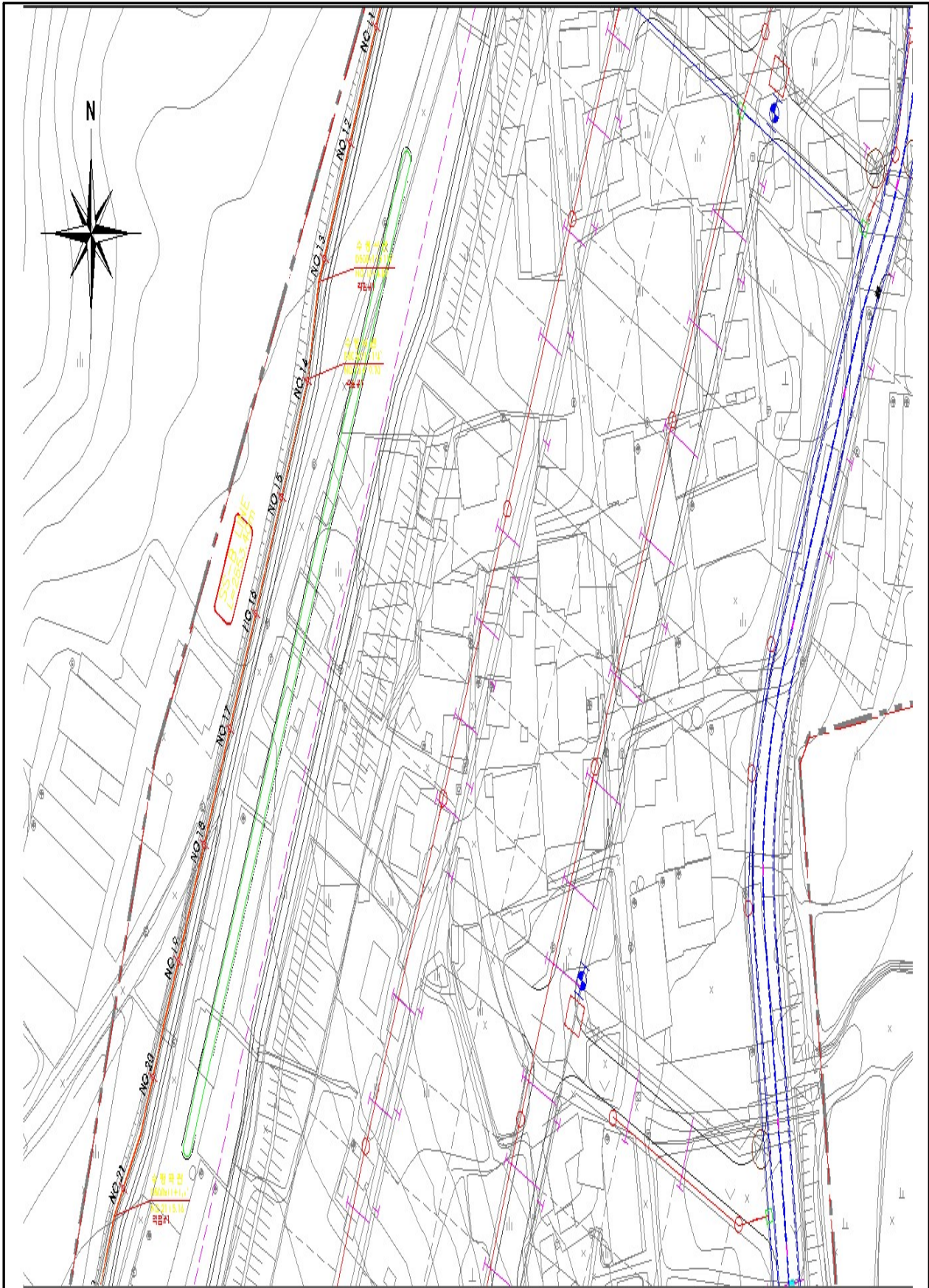
【그림 1.5】 송수관로 SS-A 구간 ⑤



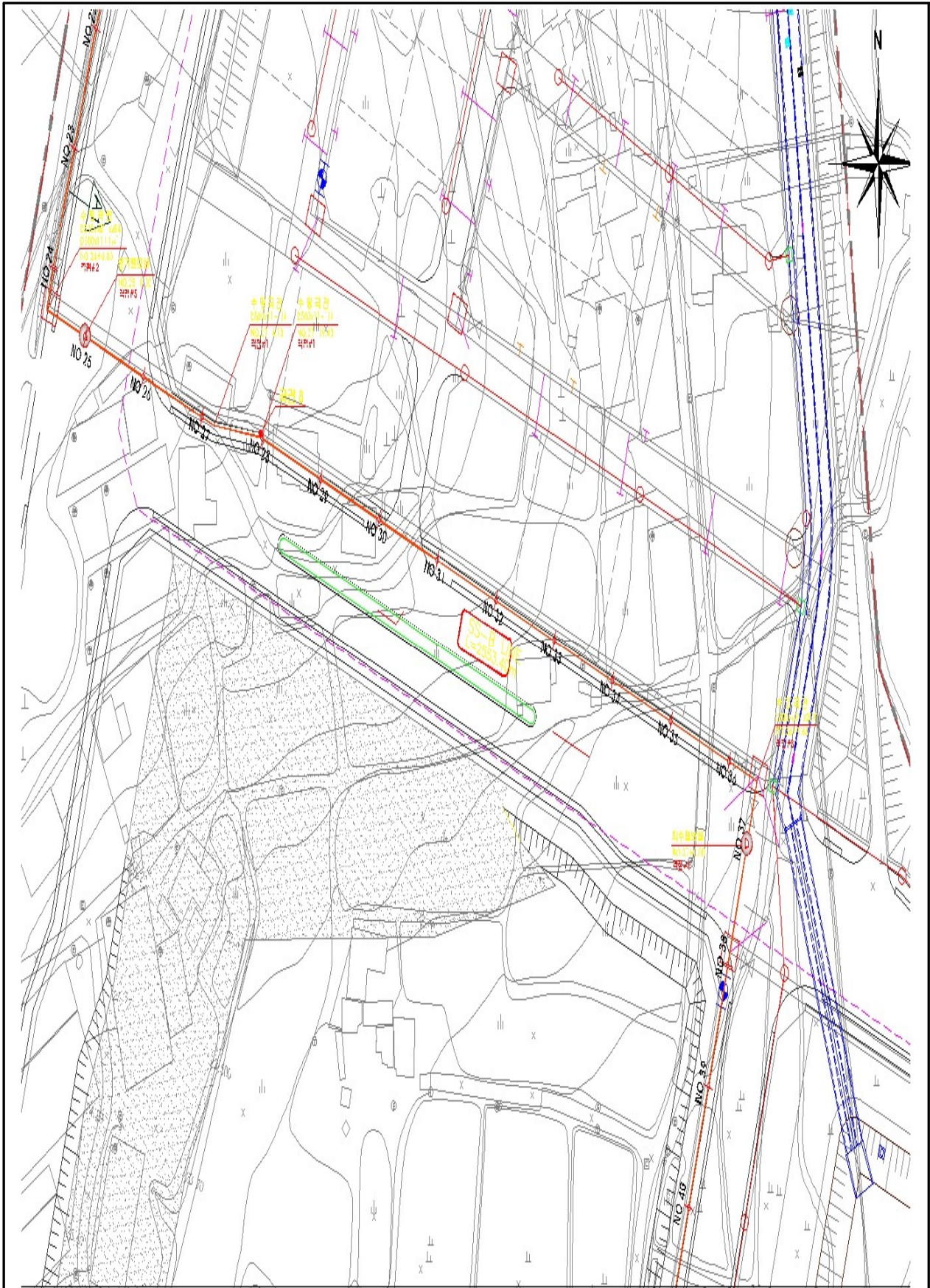
【그림 1.6】 송수관로 SS-A 구간 ⑥



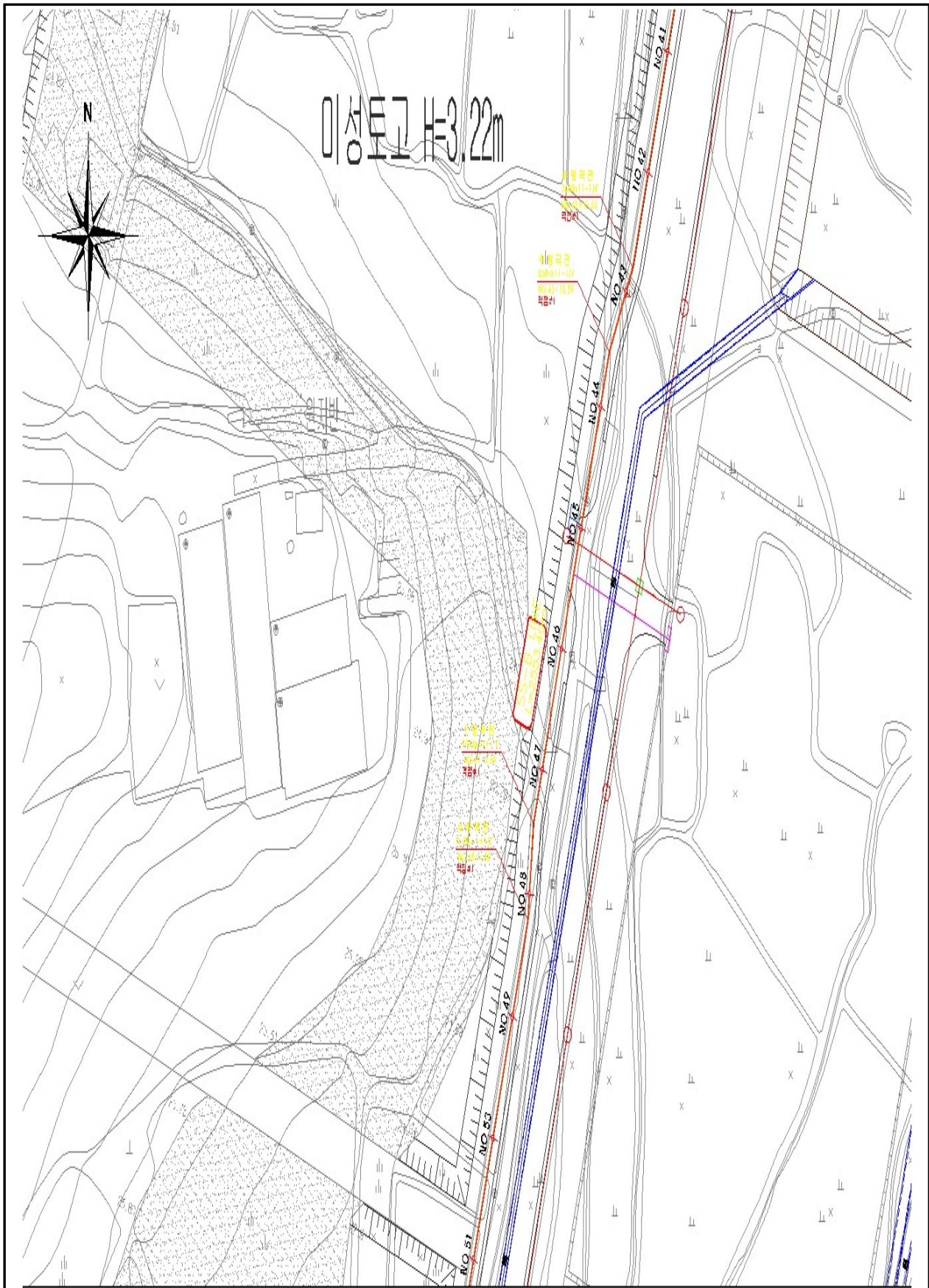
【그림 1.7】 송수관로 SS-B 구간 ①



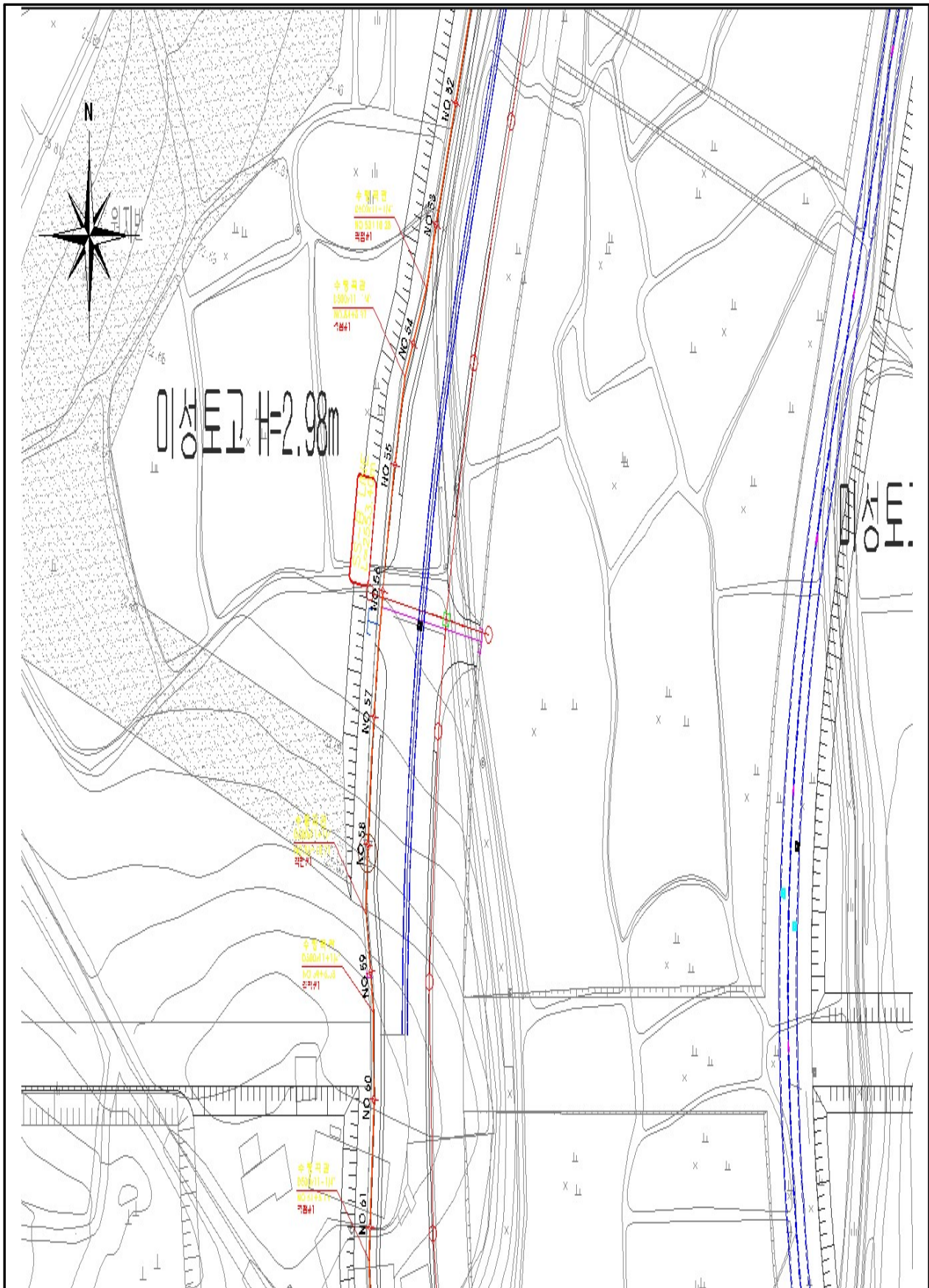
【그림 1.8】 송수관로 SS-B 구간 ②



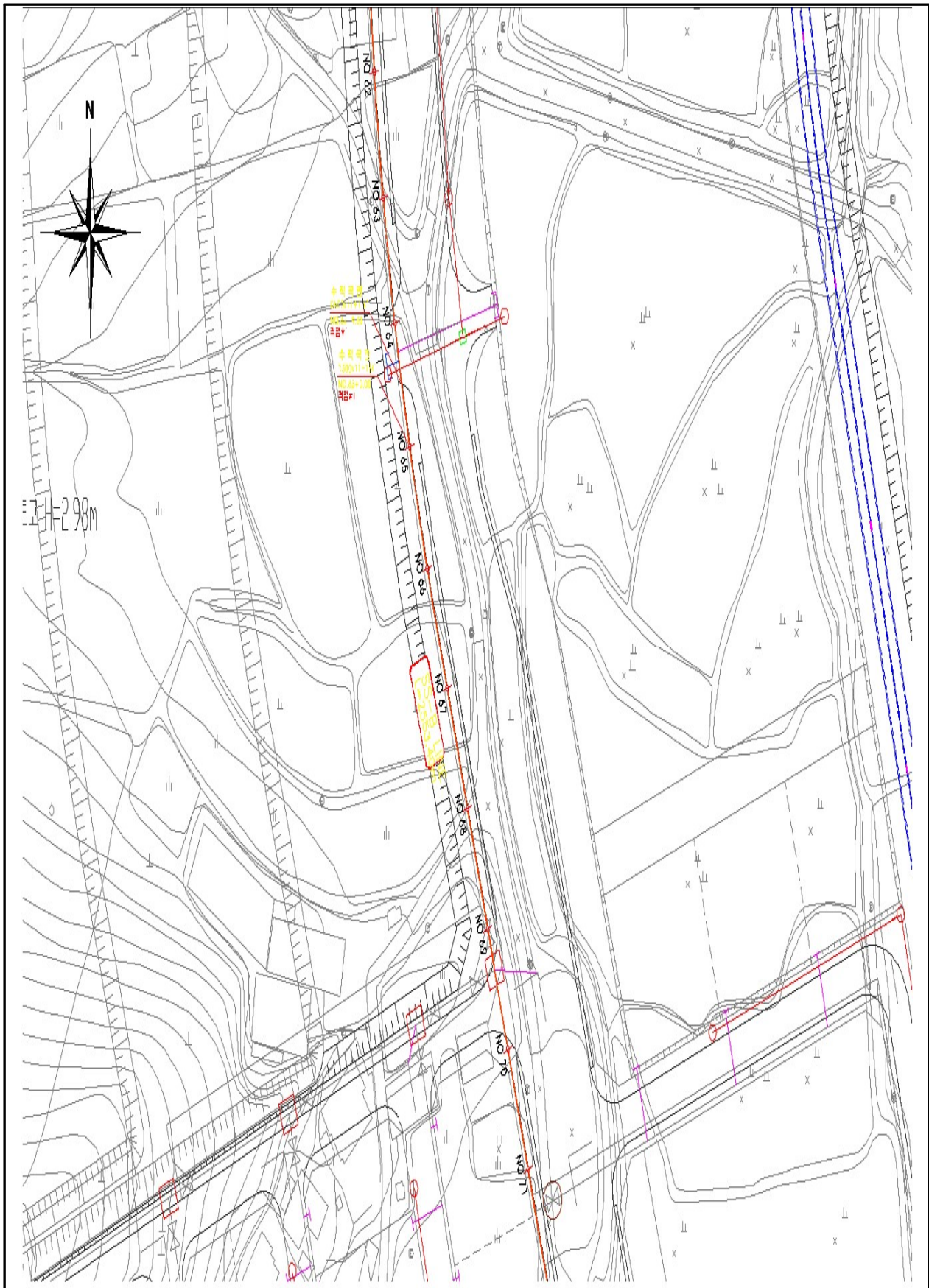
【그림 1.9】 송수관로 SS-B 구간 ③



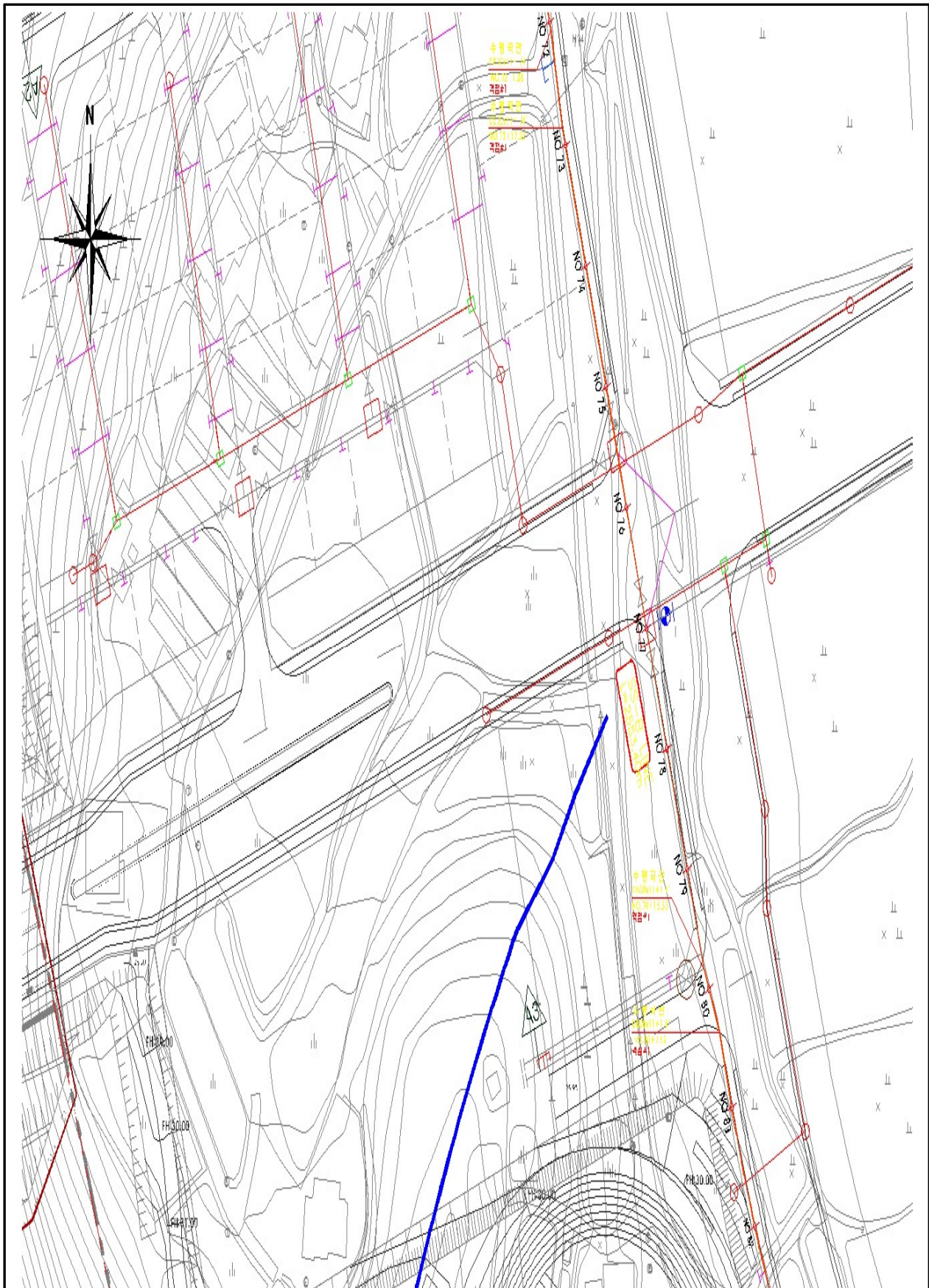
【그림 1.10】 송수관로 SS-B 구간 ④



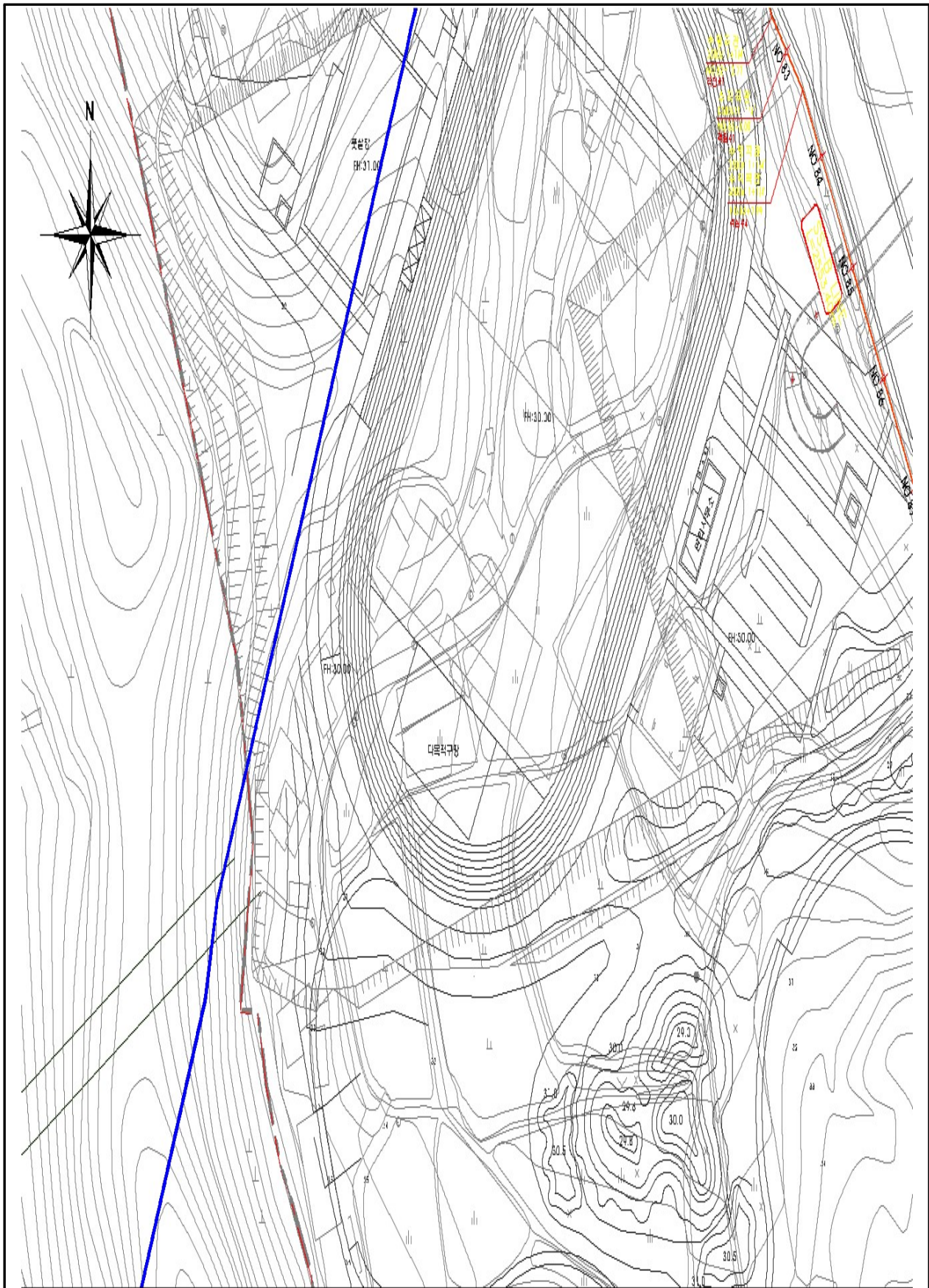
【그림 1.11】 송수관로 SS-B 구간 ⑤



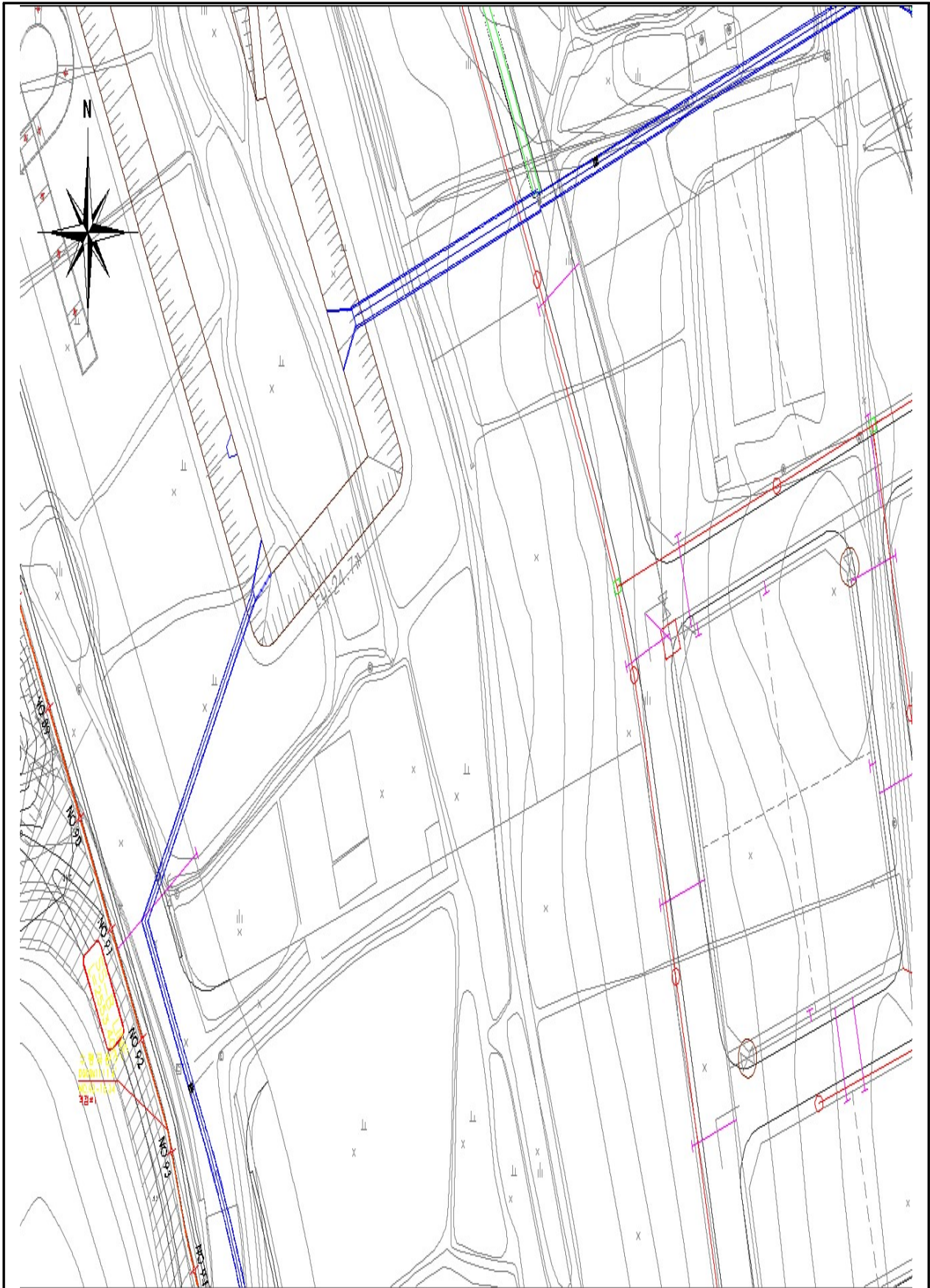
【그림 1.12】 송수관로 SS-B 구간 ⑥



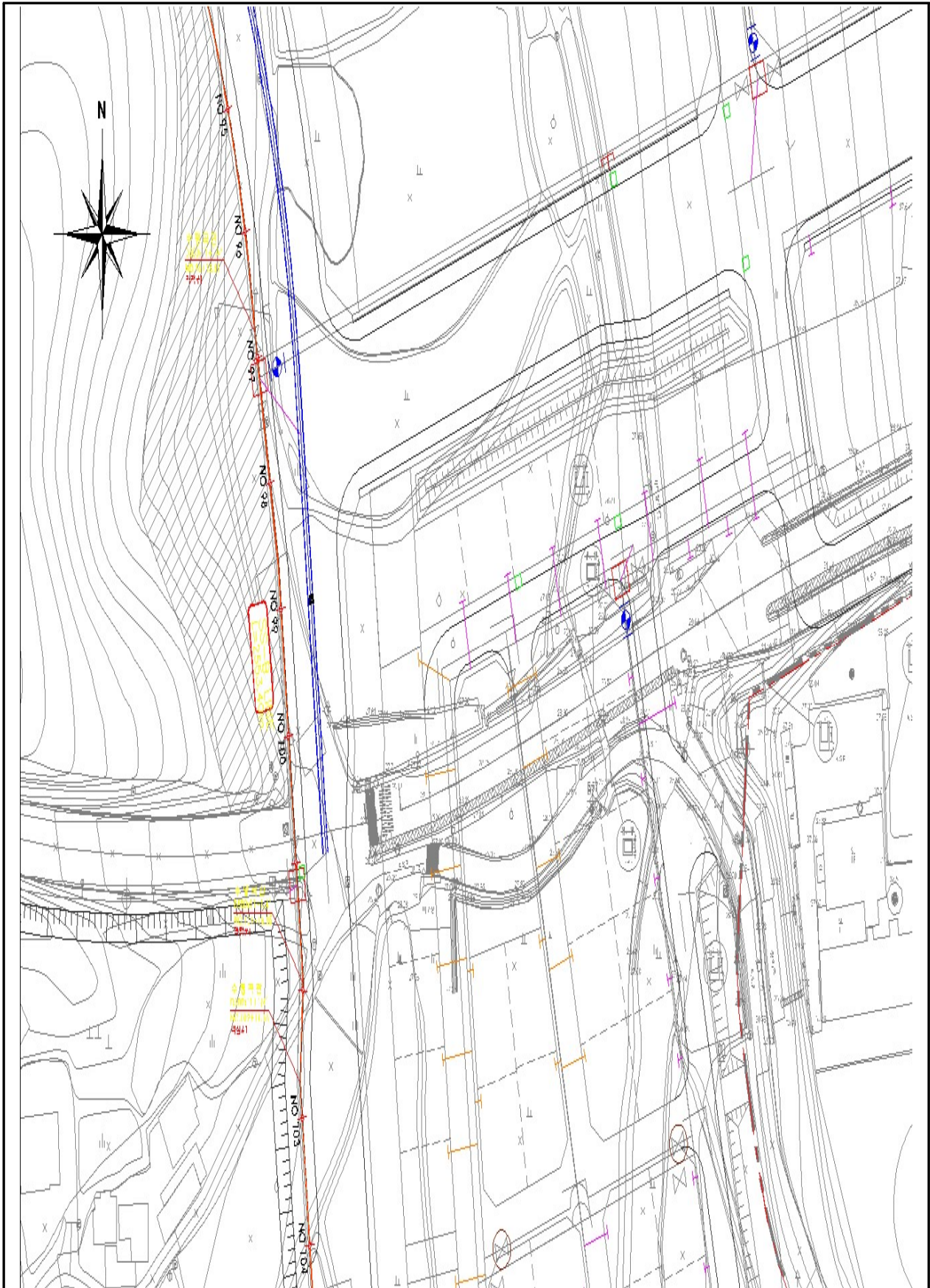
【그림 1.13】 송수관로 SS-B 구간 ⑦



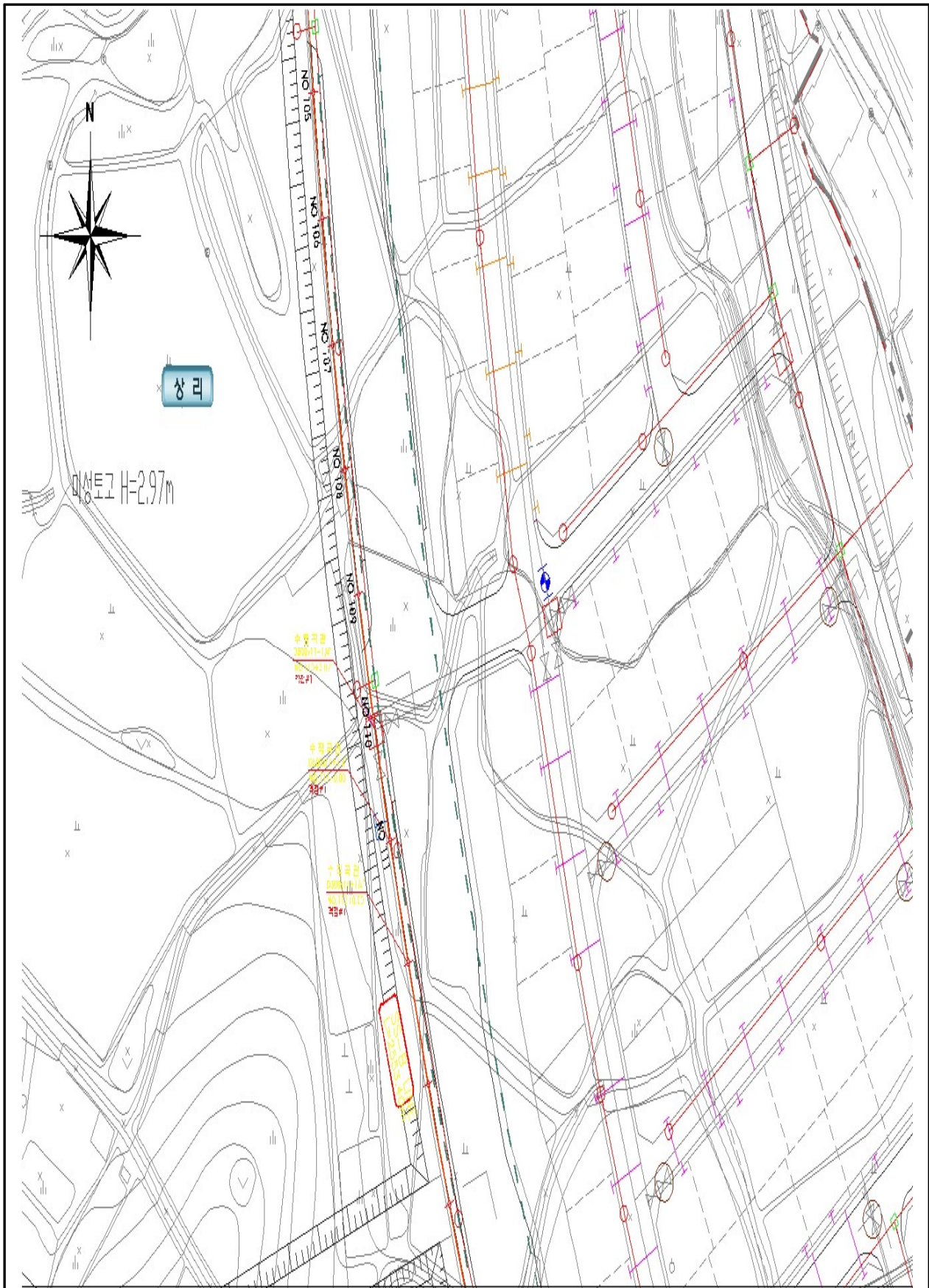
【그림 1.14】 송수관로 SS-B 구간 ⑧



【그림 1.15】 송수관로 SS-B 구간 ⑨



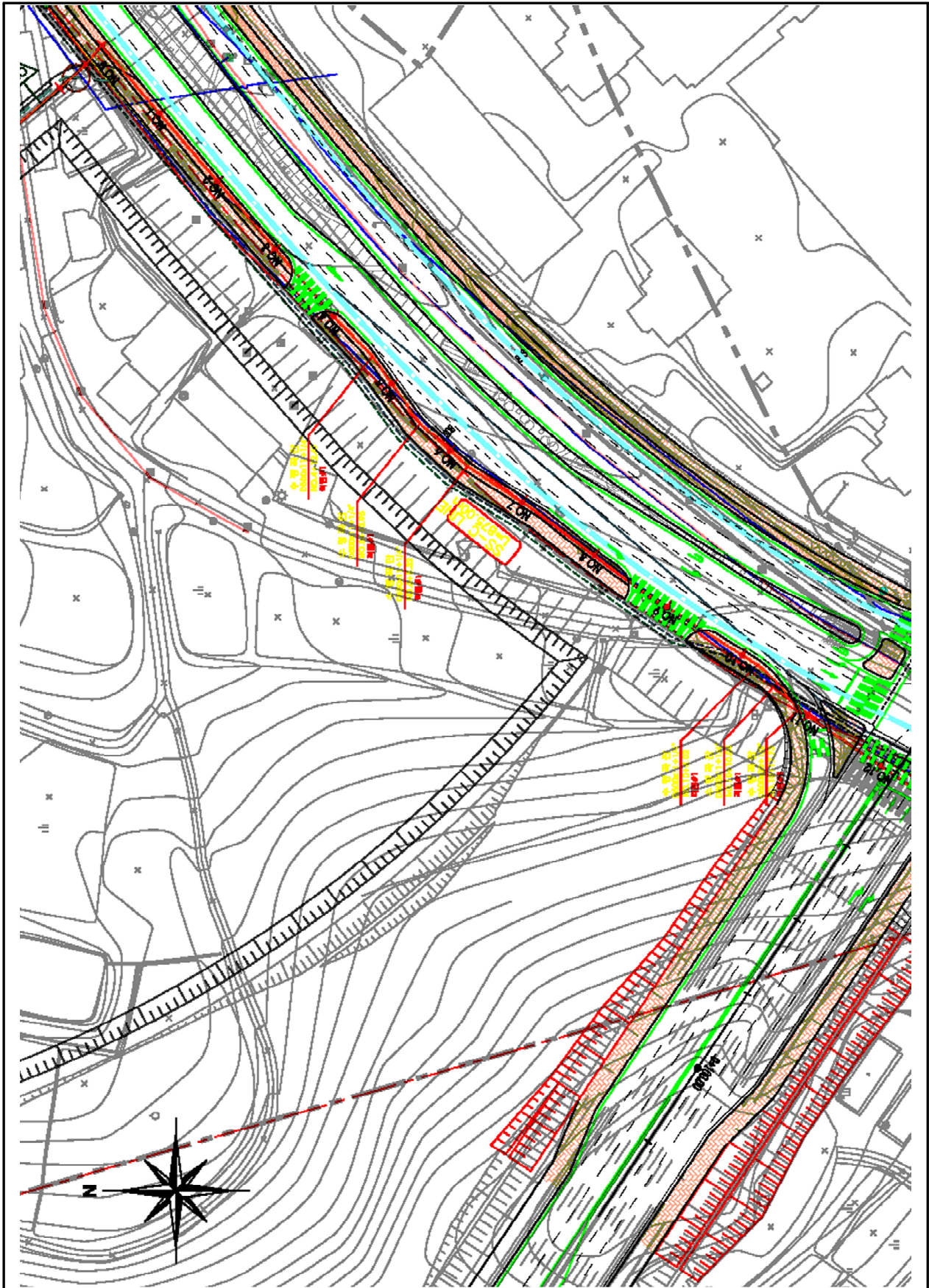
【그림 1.16】 송수관로 SS-B 구간 ⑩



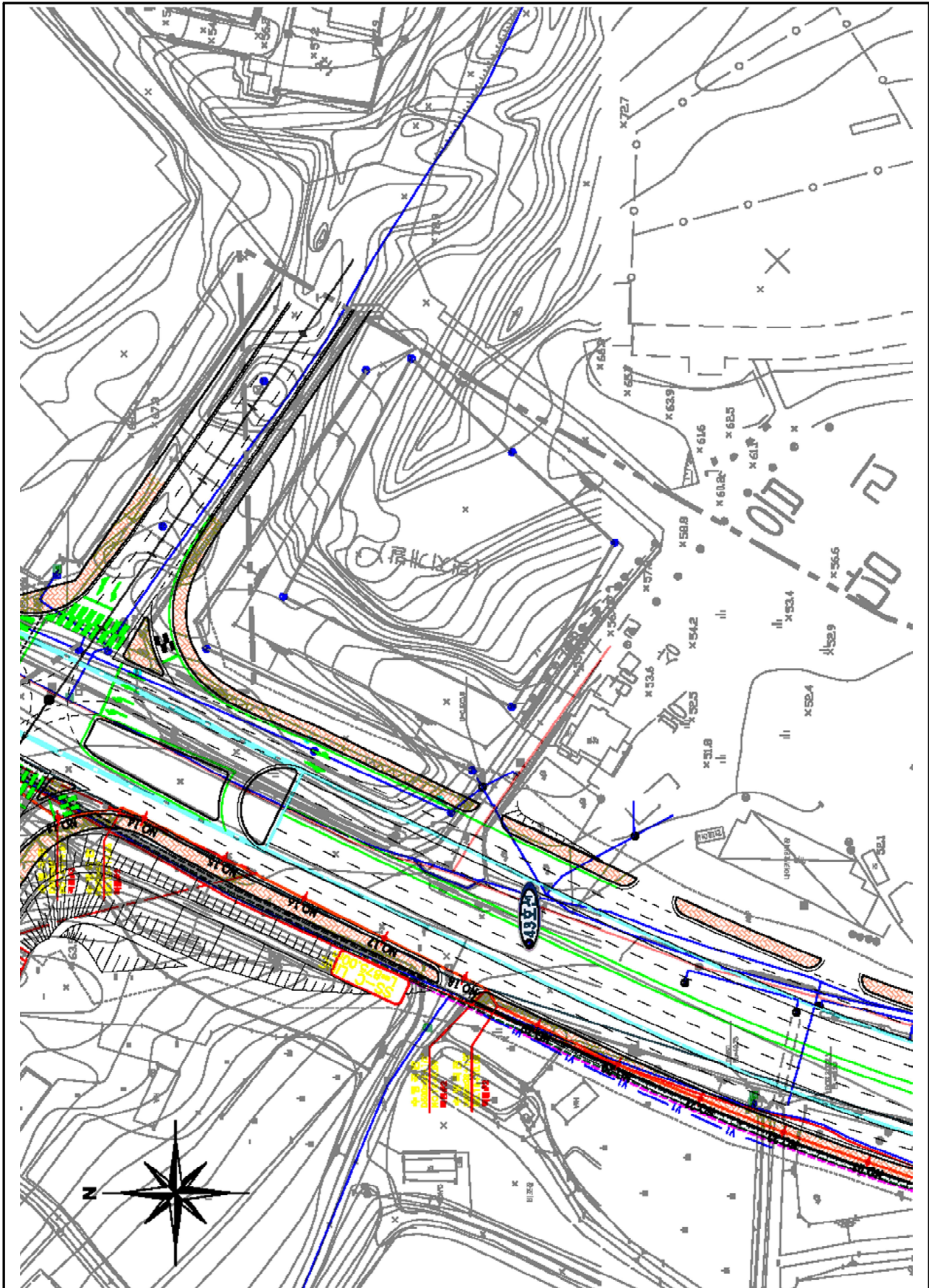
【그림 1.17】 송수관로 SS-B 구간 ⑪



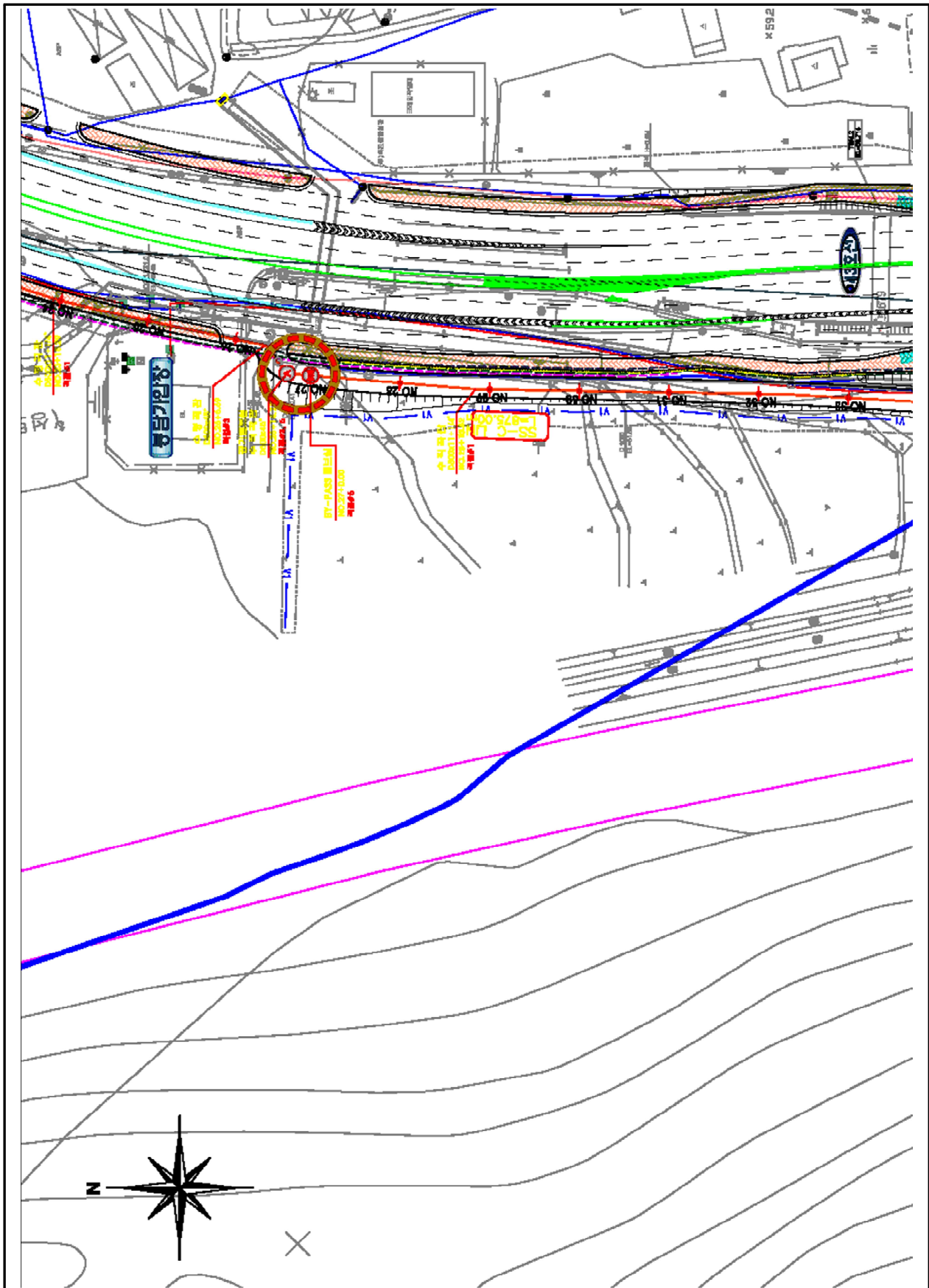
【그림 1.18】 송수관로 SS-B 구간 ⑫



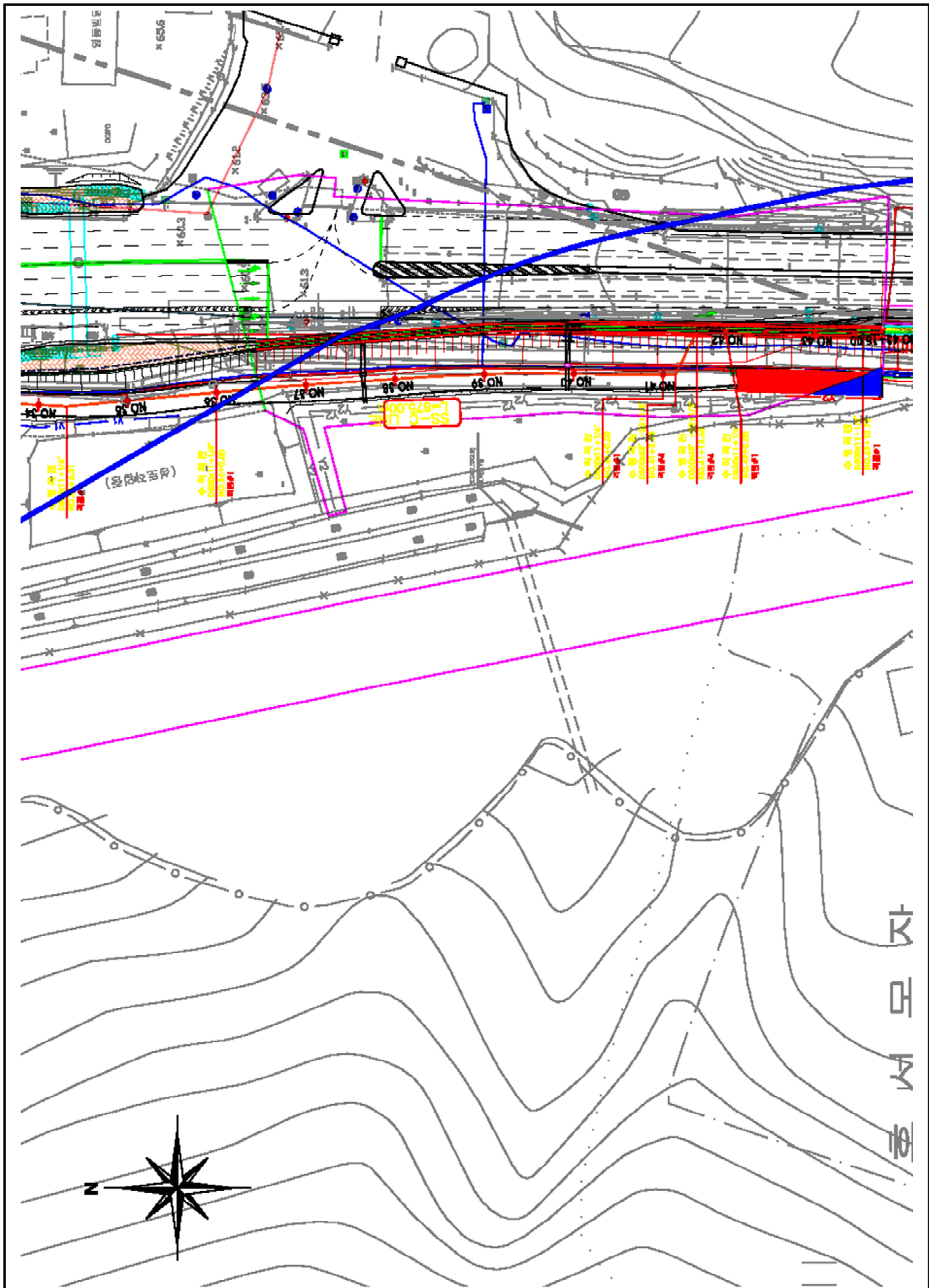
【그림 1.19】 송수관로 SS-C 구간 ①



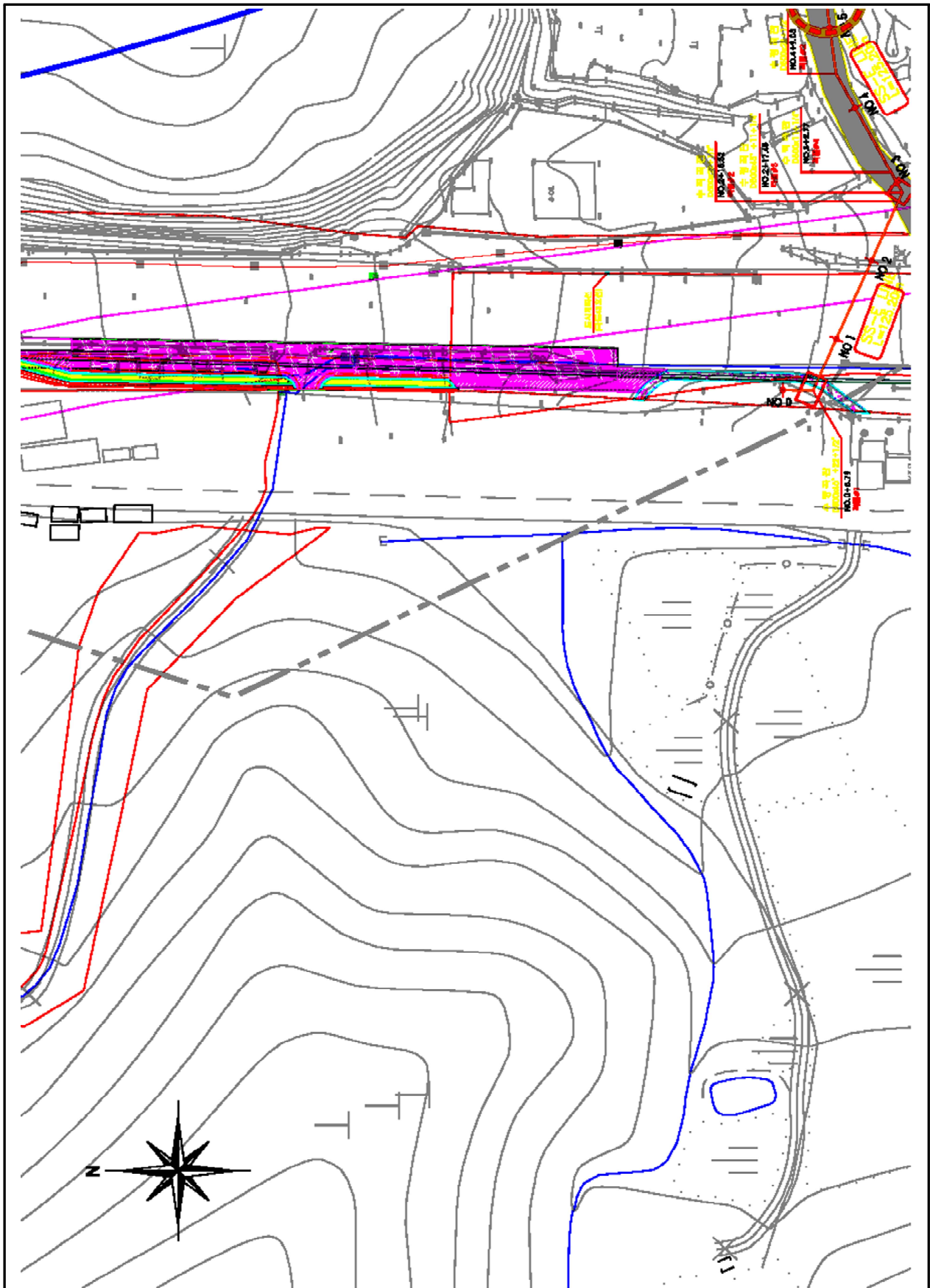
【그림 1.20】 송수관로 SS-C 구간 ②



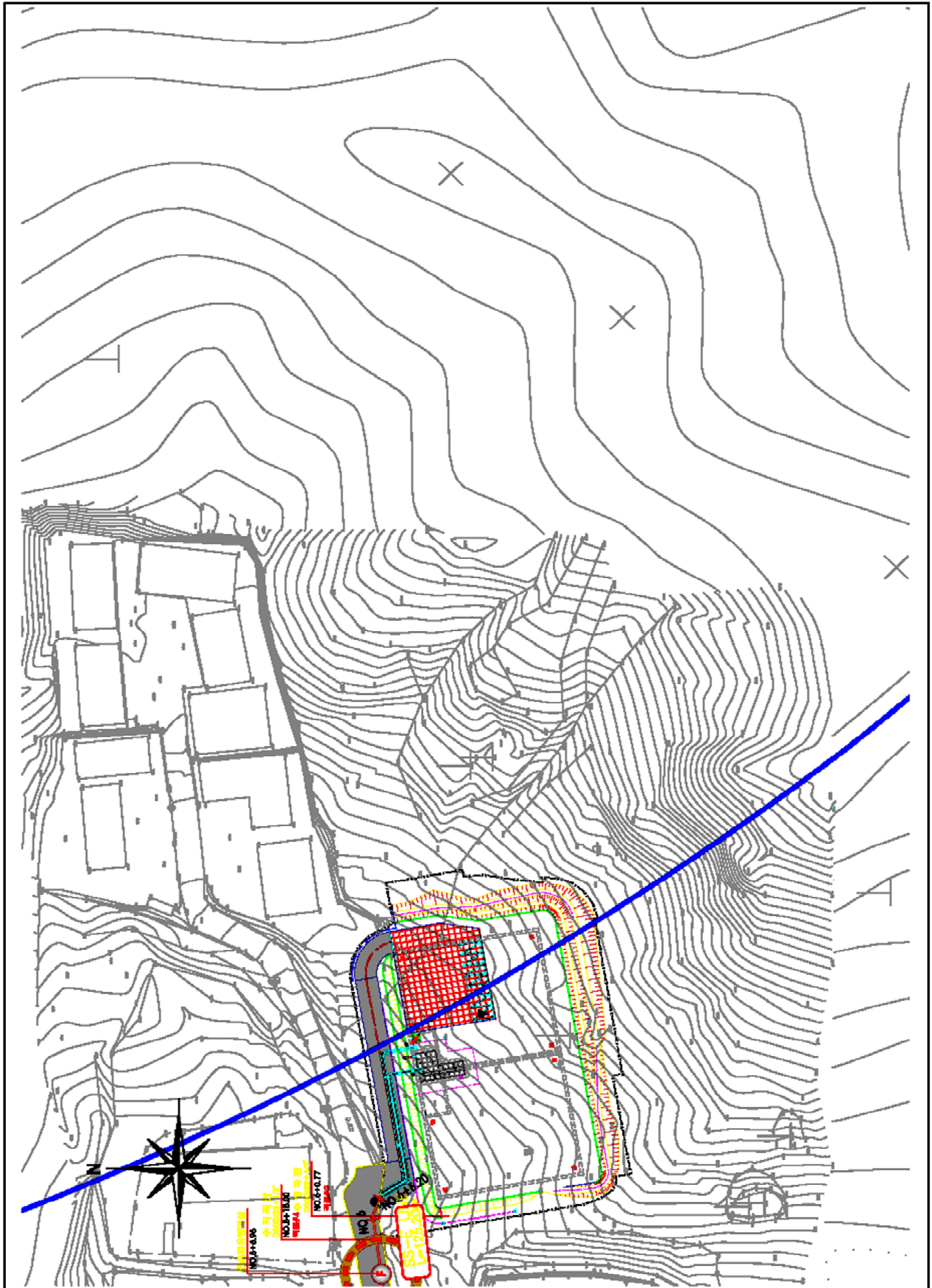
【그림 1.21】 송수관로 SS-C 구간 ③



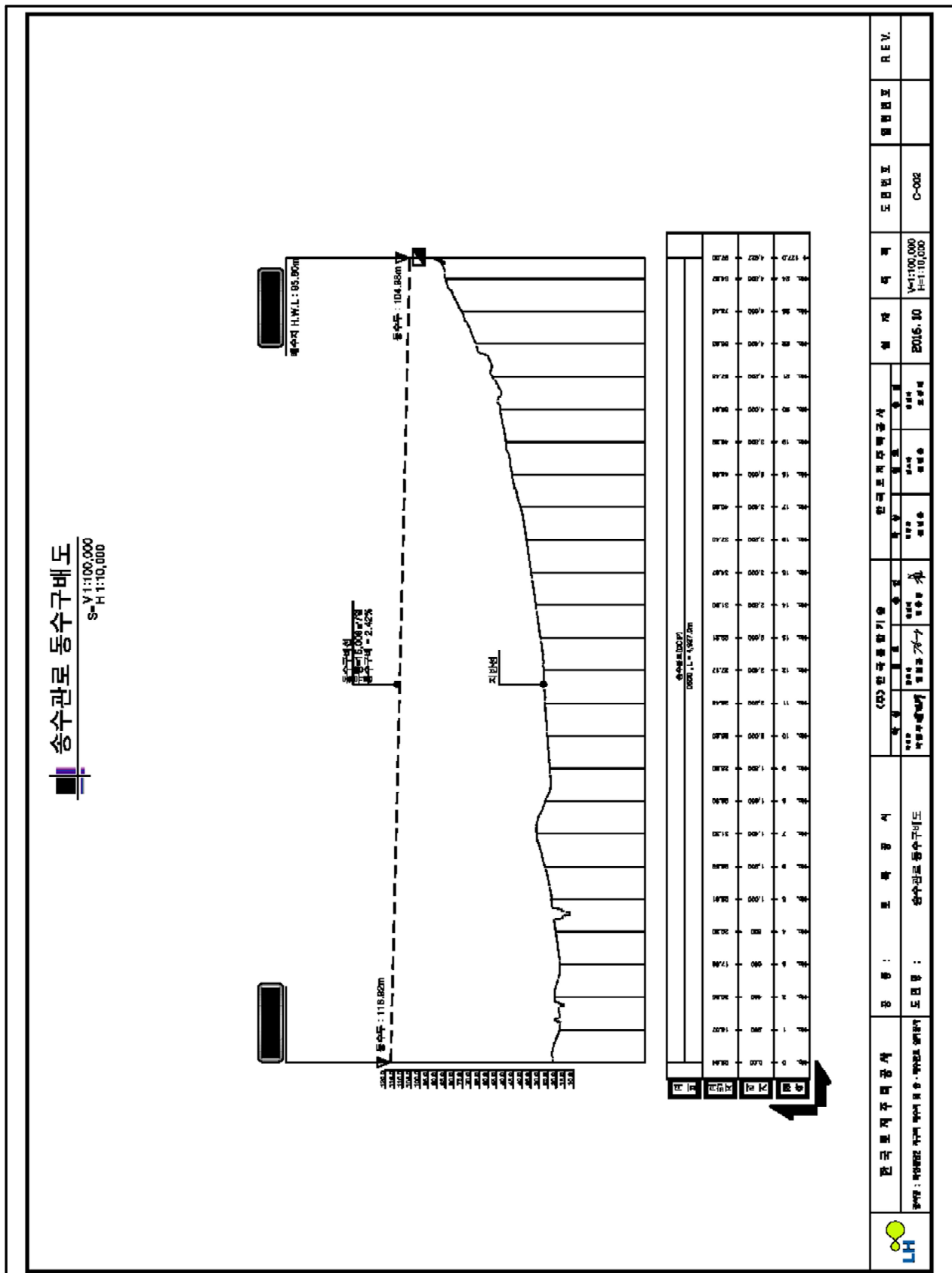
【그림 1.22】 송수관로 SS-C 구간 ④



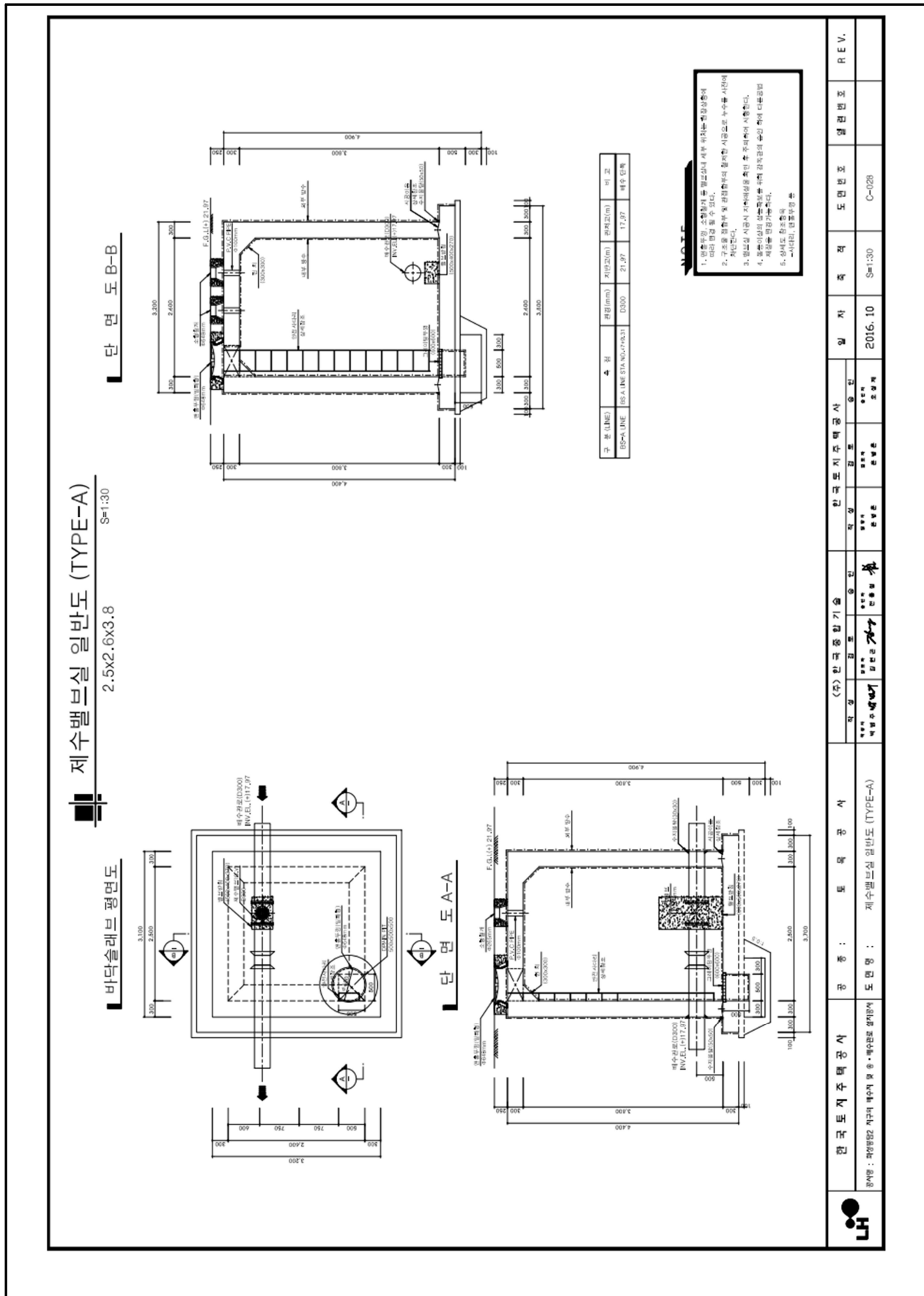
【그림 1.23】 송수관로 SS-E 구간 ①

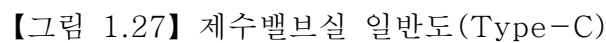


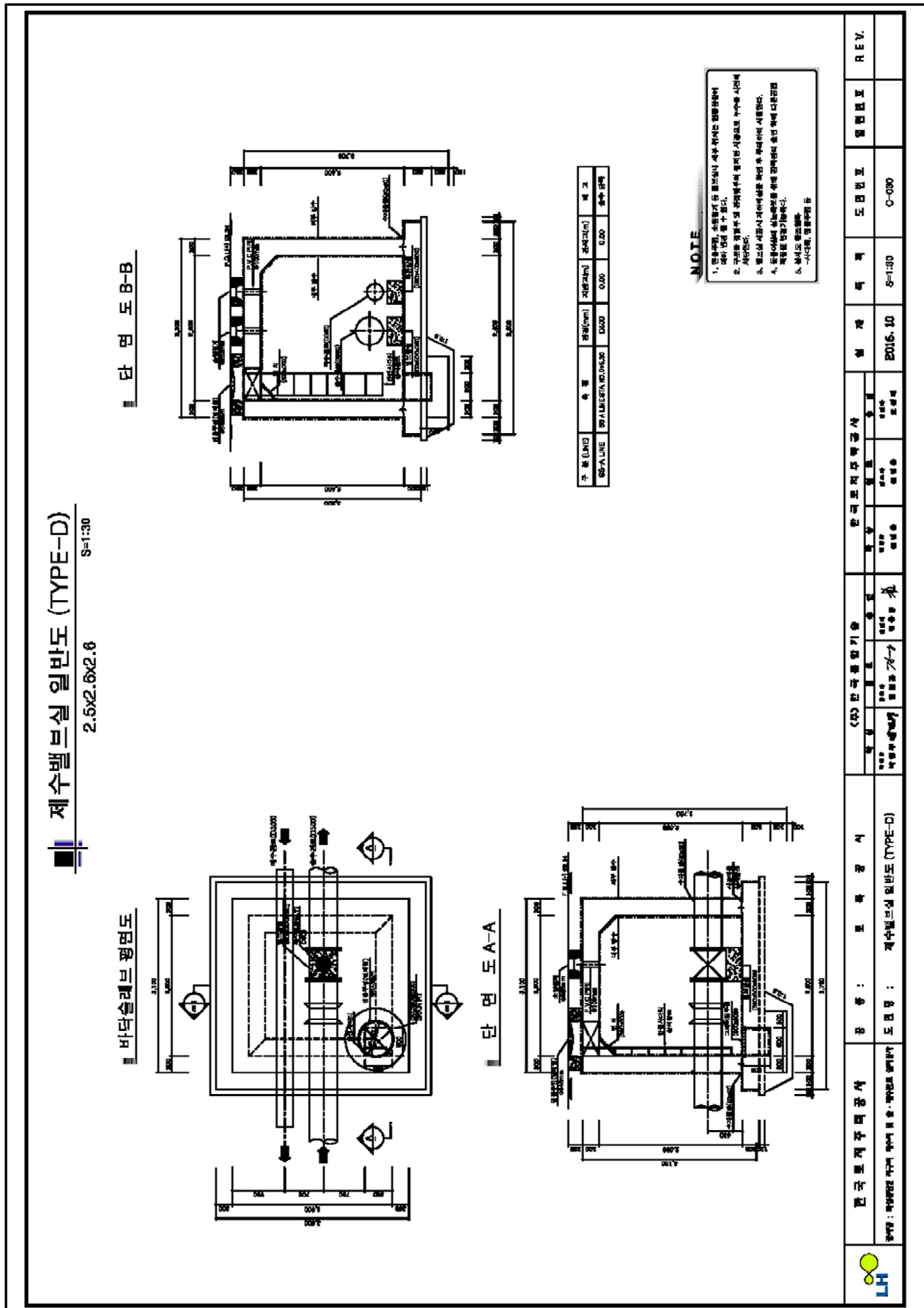
【그림 1.24】 송수관로 SS-E 구간 ②



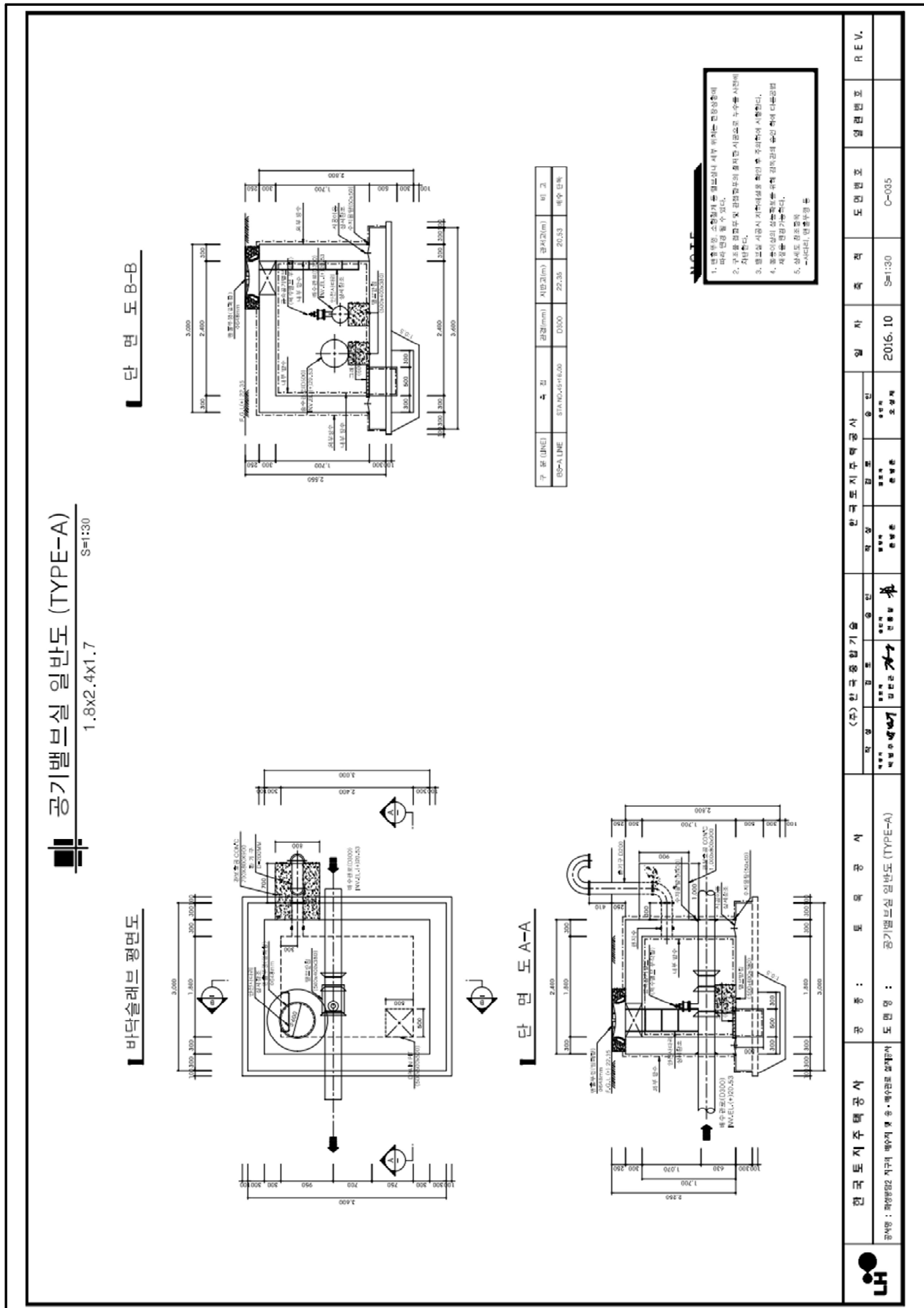
【그림 1.25】 송수관로 동수구배도

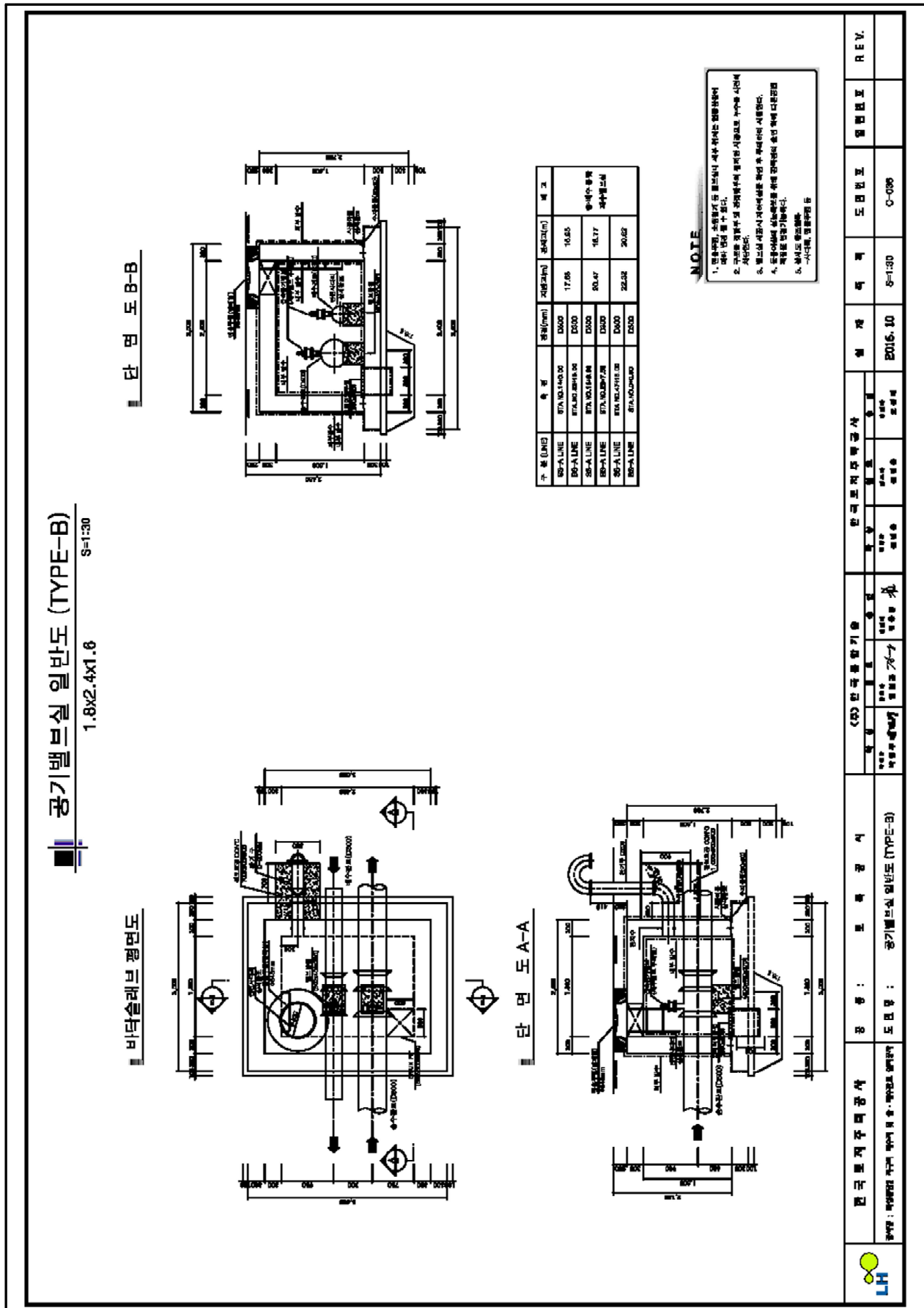




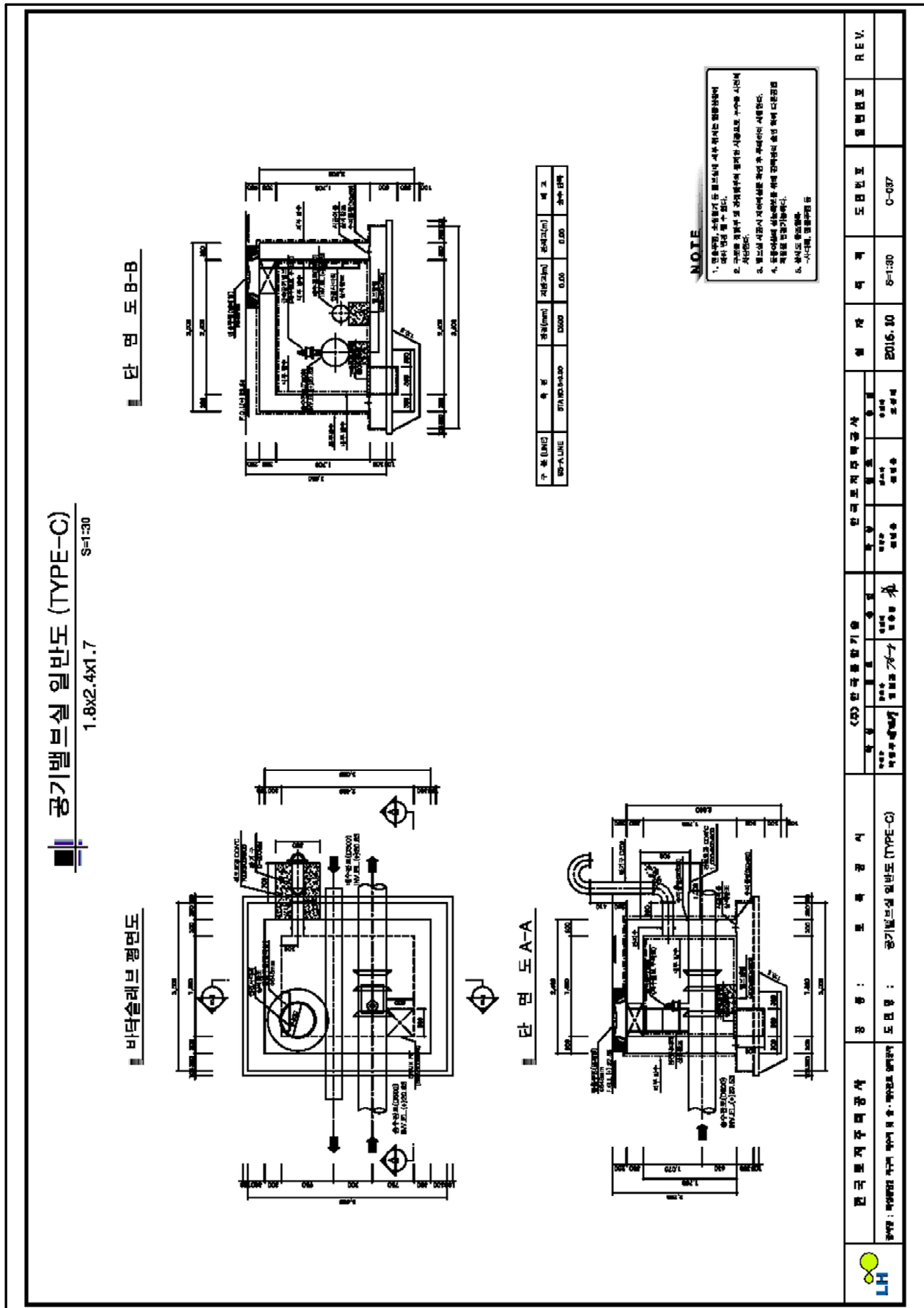


【그림 1.28】 제수밸브실 일반도 (Type-D)

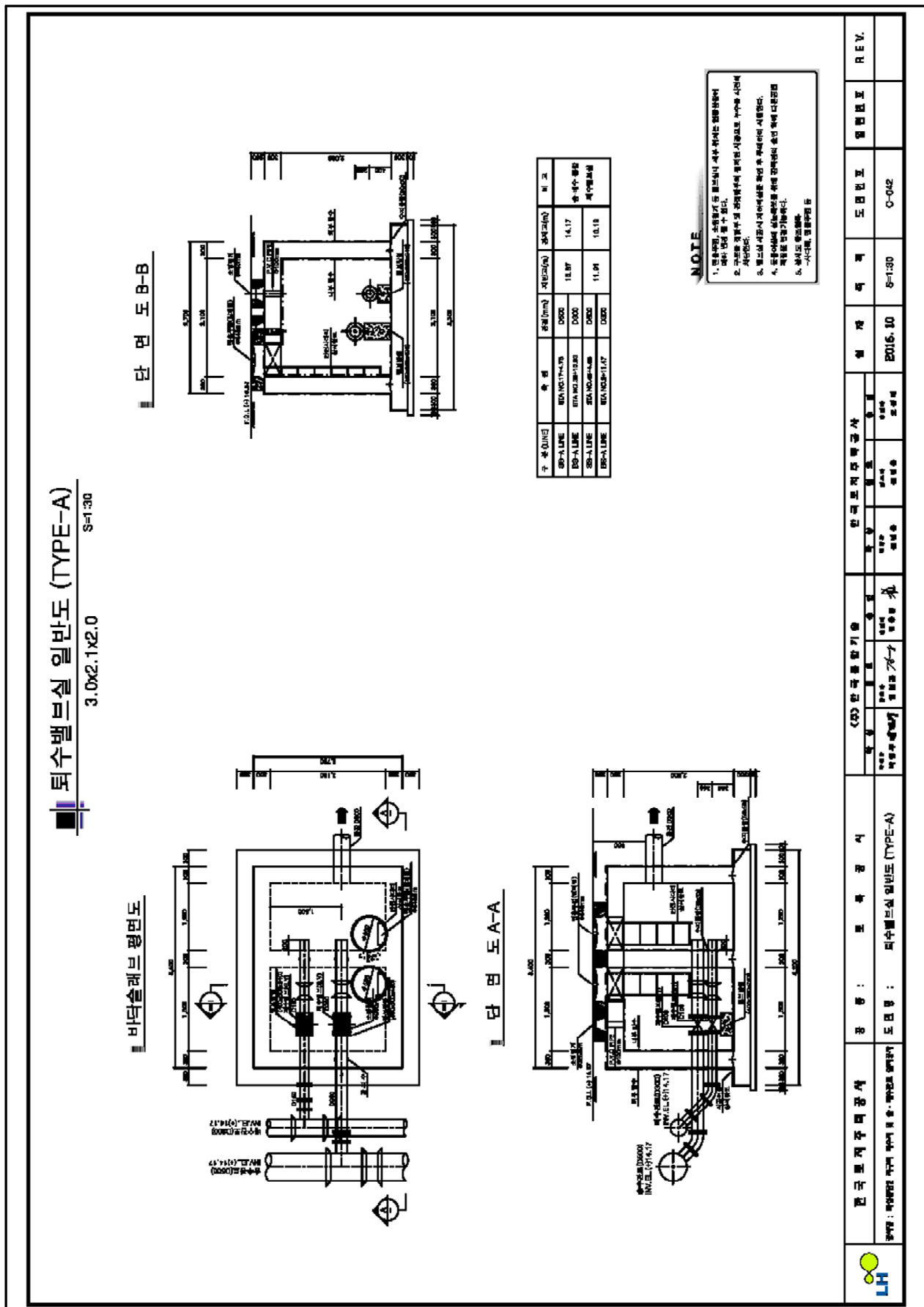




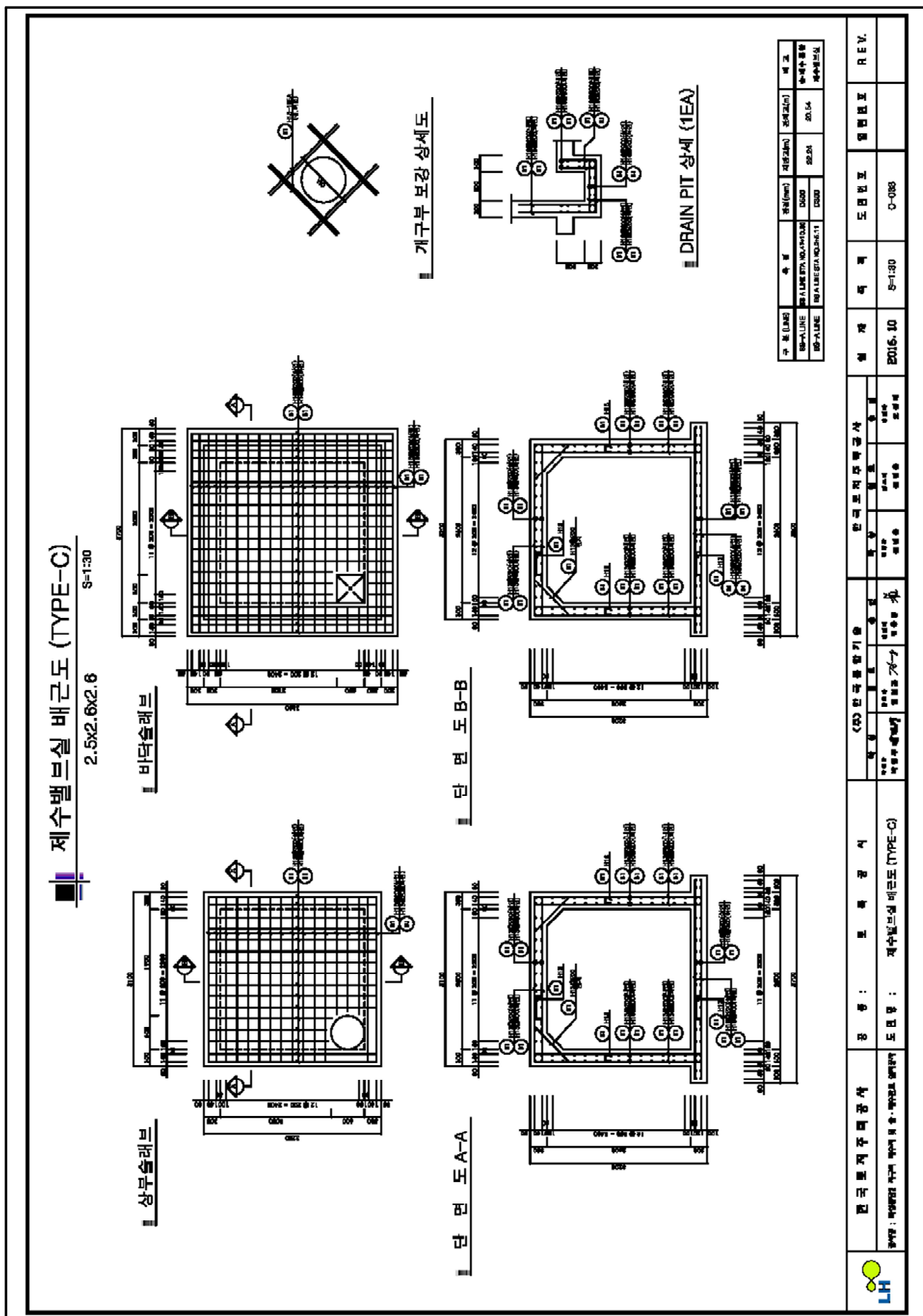
【그림 1.30】 공기밸브실 일반도 (Type-B)



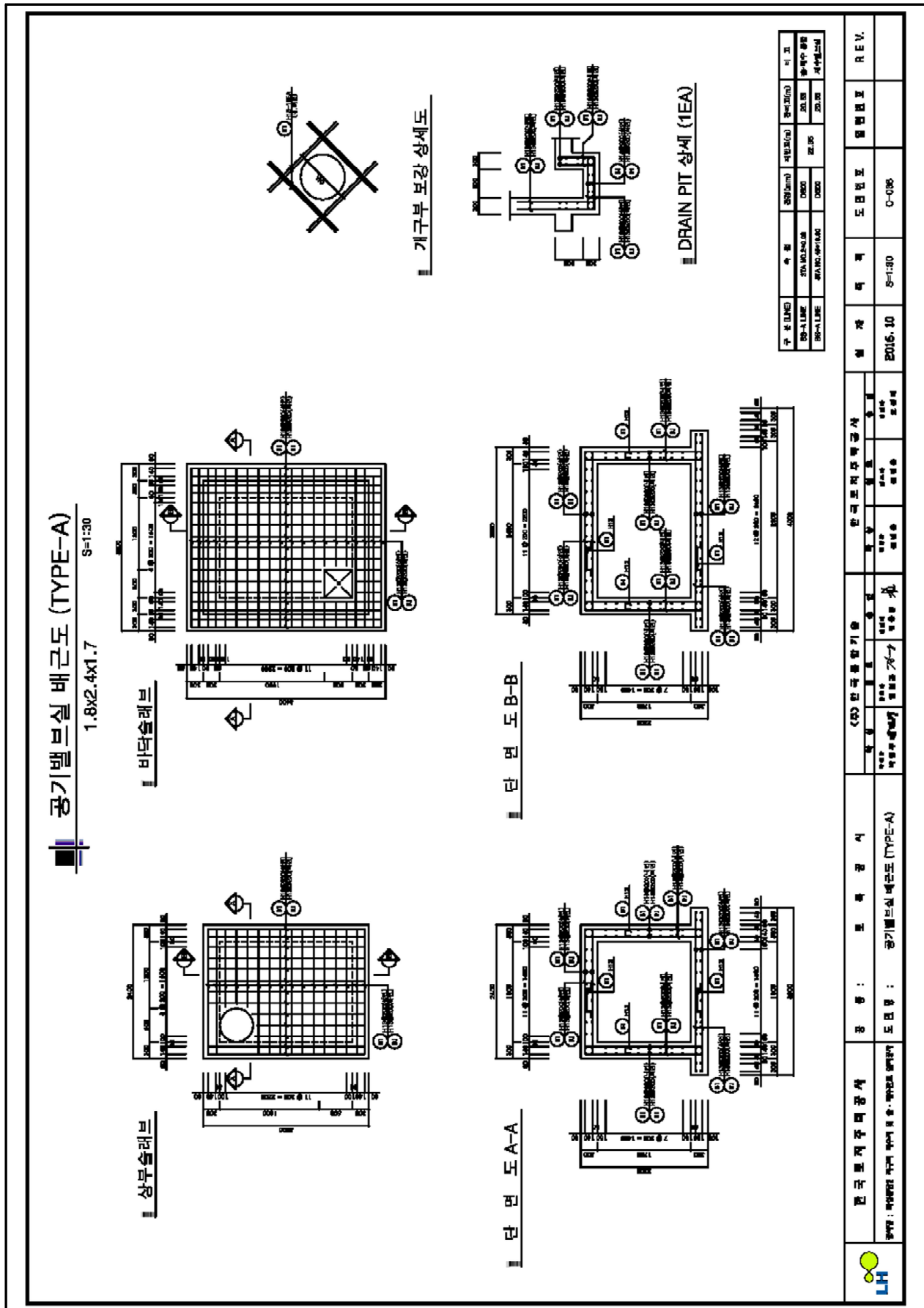
【그림 1.31】 공기밸브실 일반도 (Type-C)



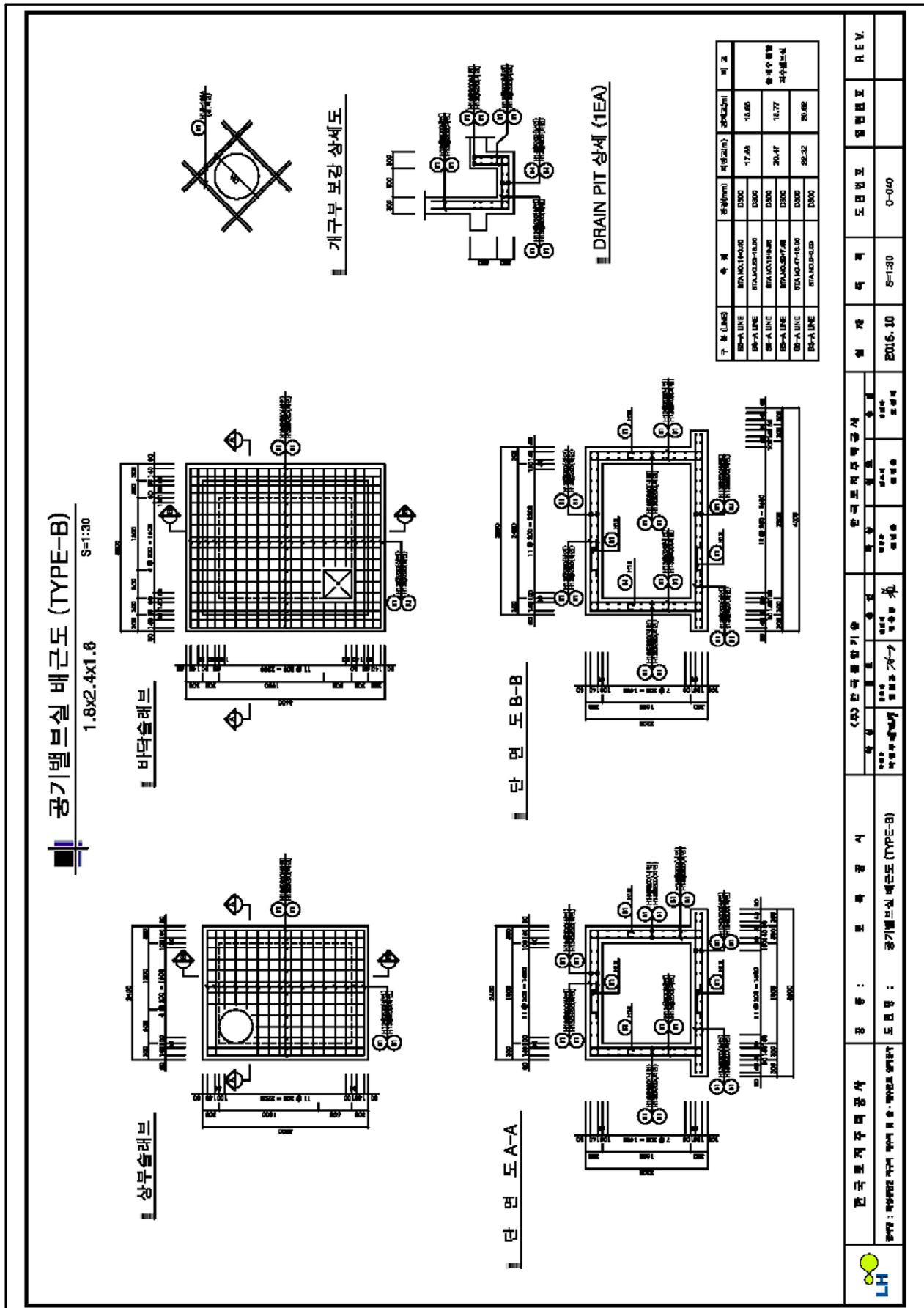
【그림 1.32】 퇴수밸브실 일반도 (Type-A)



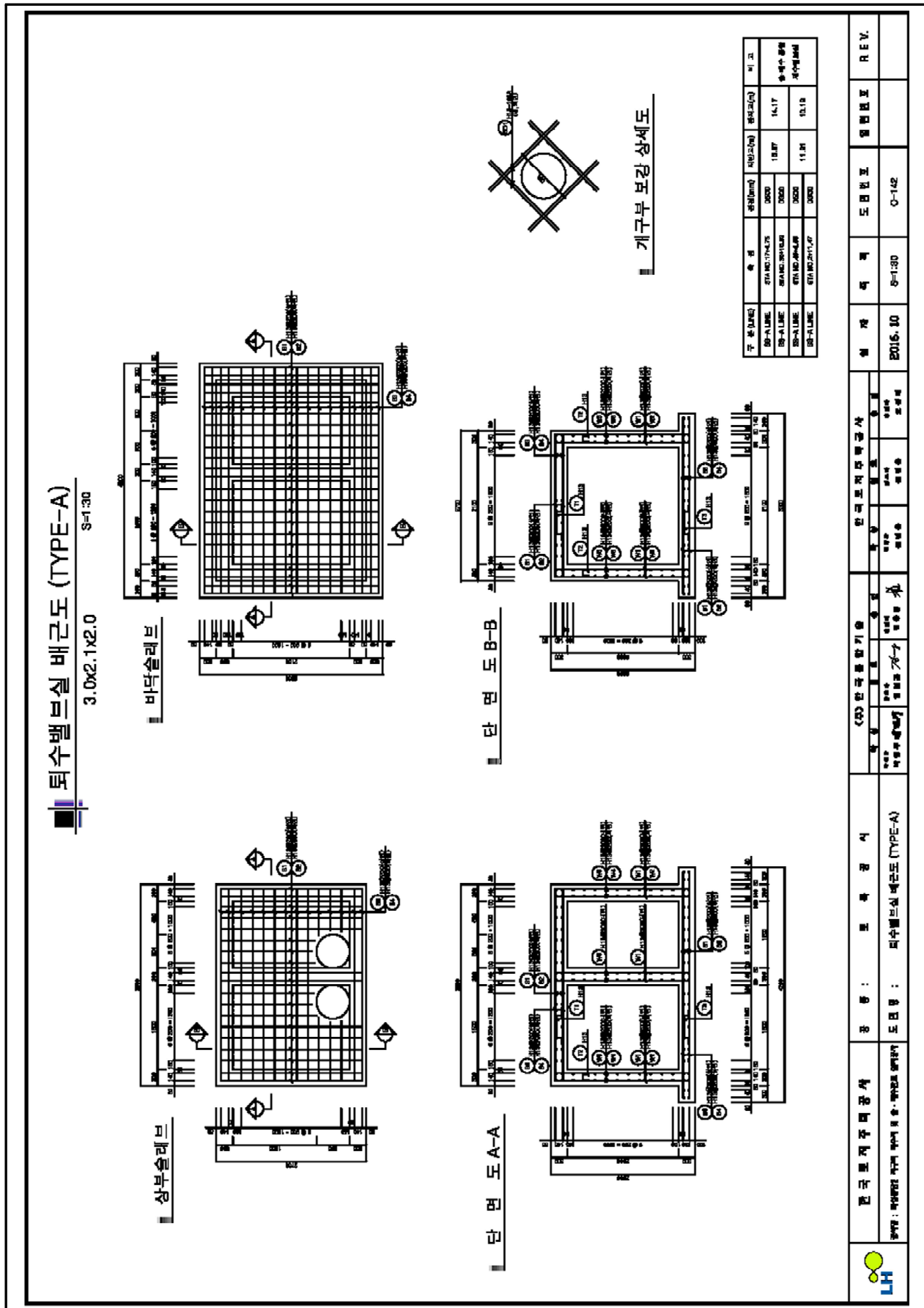
【그림 1.34】 제수밸브실 배근도 (Type-C)



【그림 1.35】 공기밸브실 배근도 (Type-A)



【그림 1.36】 공기밸브실 배근도 (Type-A)



【그림 1.37】 퇴수밸브실 배근도 (Type-A)

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	FMS(시설물통합관리시스템)
	○ 설계도면	보유	A라인 : 화성봉담2 지구외 배수지 및 송·배수관로 설치공사(A~E)
시설물 관리대장	○ 기본현황 ○ 상세제원 ○ 유지관리 이력	보유	FMS(시설물통합관리시스템)
시공관료 자료	○ 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 4회, 정밀안전점검 1회
보수보강 자료		-	-

2.3 자료 분석

2.3.1 설계도서

본 시설물은 화성시 봉담2공공주택지구, 봉담읍 일부 및 매송면 전역에 생활용수 공급을 위하여 기본설계에서 결정된 수주시설 계획에 의거, 신설 배수지와 이에 따른 송·배수관로 시설에 대한 실시설계를 시행하는 것으로 그 내용을 아래와 같이 첨부하였다.

가. 설계개요

본 시설물은 화성시 봉담2공공주택지구, 봉담읍 일부 및 매송면 전역에 생활용수 공급을 위하여 기본설계에서 결정된 수주시설 계획에 의거, 신설 배수지와 이에 따른 송·배수관로 시설에 대한 실시설계를 시행하는 것으로 설계개요는 다음 표와 같다.

【표 2.2】 설계개요

구 분	설 계 개 요	비 고
배수지	◦V=10,000m ³	◦한강하류2차정수장 (광역상수도 계통 급수구역)
송·배수관로	◦송·배수관로 : D300 ~ D600, L=9,805m - 송수관로 : D500mm, L=4,890m - 배수관로 : D300 ~ D500mm, L=4,915m · D=300mm, L=2,408m · D=400mm, L=597m · D=500mm, L=530m · D=600mm, L=1,380m ◦유량계실, 제수밸브실, 이도밸브, 공기밸브 등 1식	
진입도로	◦B=6.0m, L=88m	

가. 설계 기본방안 수립

1) 관중선정

상수도관의 관중 선택은 현재 이용되고 있는 주요 관중에 따라 경제성, 시공성, 수밀성, 내구성 및 유지관리성 등을 비교·검토한 후 관로의 특성 및 과거 실적 등을 고려하여 결정한다.

국내에서 주로 사용되고 있는 상수도 관종에는 강관, 닥타일 주철관, 콘크리트 압력관, P.E관

등의 합성수지 계통 등 여러 종류가 있으나 중·소구경관에서는 주로 강관 및 닥타일 주철관이 사용되어 왔다. 이는 과거의 시공상 축적된 경험 및 시공의 확실성, 신뢰성 등에 의한 것이라 판단된다.

최근 국내 관종 적용의 경향은 상수도 및 생활용수용 관으로 주철관 및 코팅된 강관을 많이 사용하고 있다. 일반적으로 대구경 관로는 연장이 길고 높은 강도를 갖는 강관의 사용이 많으며, 중·소구경 관로는 유지관리가 용이하고 타관종과의 접합 및 관로 분기가 용이한 주철관의 적용이 많은 실정이다.

금회 설계에서는 수도관으로는 유지관리가 용이하고 사용실적이 많은 주철관을 송·배수관로로 사용하였다.

2) 제수밸브선정

제수밸브의 비교는 상수도용으로 사용 가능한 제수밸브를 상기 「제수밸브 선정시 고려사항」에 의거하여 제수밸브의 유지관리 및 보수의 용이성, 부식 및 마모성 등을 다음 표와 같이 비교 검토하였다. 배수지 유입·유출부의 유량제어 및 차단용으로 사용되는 유·출입밸브는 사용 빈도수, 장시간 사용으로 시트 부분의 손상에 의한 누수를 방지하고 안정적인 시설의 운영을 위해 수도용 버터플라이 밸브(메탈시트 버터플라이 밸브)를 사용하였으며, 배수지의 청소시 사용되는 배수밸브도 소구경으로 사용빈도가 적으나 유지관리의 편의성을 위하여 소프트 실 제수밸브로 선정하였다.

3) 관로 유속계수(C값)의 검토

일반적으로 매설된 관로의 유속계수 C값은 관내면의 조도와 관로중의 굴곡 분기부등의 개수 및 통수년수에 따라 다르다. 따라서 유속계수는 국내·외의 시설기준과 문헌 및 국내 기존 상수도 사업의 적용사례 등을 조사하여 적용 C값을 선정하였다.

【표 2.3】 국내·외 문헌 및 시설기준의 유속계수 검토

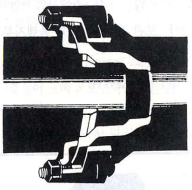
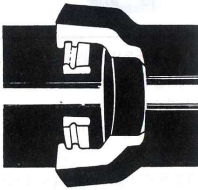
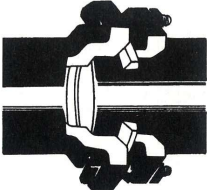
구 분	검 토 내 용
상수도 시설기준(국내)	◦국내 상수도 시설기준에 의하면 신설 주철관의 경우 130을 적용하고 부설 후 경과된 주철관 및 도복장 강관의 경우 110을 적용하도록 제시하고 있으나, 환경 변화에 따른 C값의 변화는 고려하지 않았다.
“일본 상수도시설 설계지침 및 해설”과 “생활용수시설 설계지침 및 해설”	◦직선관로가 긴 하수관로, 도수관로, 및 송수관로등은 C=130을 이용하며, 이 경우 마찰손실수두 이외의 손실에 대해서는 별도 계산한다. ◦곡관부나 신축관 등이 많은 배수관로 등에서는 C=100을 이용하여 마찰손실수두 이외의 손실수두를 계산하지 않을 수 있다.
일본 주철관 핸드북	◦lining하지 않은 관의 경우 20년 후 C값이 환경에 따라 100~90 정도로 변화하나, cement mortar lining을 한 주철관의 경우, 초기에는 C값이 140~150정도이며, aging에 따른 내면 상태의 변화가 거의 없어 C값이 140정도로 유지됨.
Pumping Station Design	◦Coaltar lining관의 경우 20년 이상 경과하면 C값이 100 이하를 나타내는 경우도 있으나, cement mortar lining관의 경우 12~39년 경과된 구경 150mm~900mm관에 대해 조사한 결과 125~151(평균 140)의 C값을 보였다고 보고하고 있음. ◦따라서, cement mortar lining 관의 경우 초기에는 C=145, 설계적용 값으로는 120을 사용하도록 권장하고 있다.
PONT-A-MOUSSON product data	◦PONT-A-MOUSSON product data에 의하면 cement mortar lining의 절대조도는 aging을 고려하여 k=0.03mm로 Aging을 고려하여 k=0.1mm를 적용하도록 추천하고 있음. ◦상기 절대조도 k=0.1mm를 이용, 송수유량 및 관로제원에 대하여 Colebrook-White 식으로 부터 f를 구하고, C값을 계산하면 144~141로 나타남.
Degremont Water Treatment Handbook	◦SS 및 부식성이 적은 물을 송수하는 매끈한 lining 관의 경우 절대조도는 aging을 고려하여 k=0.1mm를 적용
Water treatment Plant Design	◦cement mortar lining의 경우 120을 적용함.
AWWA Manual MII Steel Pipe	◦AWWA Manual MII Steel Pipe의 설계지침의 경우 Hazen Williams 공식의 C값은 관의 조도 뿐만 아니라 환경에 따라 변화하므로 다음과 같이 적용할 것을 제시하고 있다. ◦관의 상태가 양호한 경우 : $C=140+0.17D$, D=관경(inch) $C=130+0.16D$, D=관경(inch) ◦상기 식을 500mm 및 600mm에 적용시 C값은 133~134로 나타남

상기의 문헌 등을 검토한 결과 Cement mortar lining 관의 경우, 장기간 사용하여도 C값이 140정도는 유지될 것으로 예상할 수 있으나, 곡관 및 기타 이형관의 국부 손실 및 안전율 등을 고려하여 C=100 정도를 설계에 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 또한 Hazen-Williams 공식을 적용할 경우, 관내면 상태(조도)외에 유속 및 환경에 따라 C값이 변화하므로 이에 대한 고려가 필요하나, 유속의 영향은 상수도 설계시 통상적으로 적용되는 유속의 범위가 1.5m/s 전후로 크지 않으므로 환경의 영향만을 고려하여 설계시 적용하면 충분할 것으로 판단된다.

4) 관접합 방법

관의 접합은 관로의 연결성을 유지하기 위하여 필수적이며 시공후 누수 등의 사고는 대부분이 연결부분의 불완전에 의해 발생하므로 시공의 완벽성, 공사비 및 유지관리 등을 종합적으로 비교·검토한 후 결정하여야 한다. 본 계획에서 검토된 관중에 대한 접합방법에 대해 비교·검토한 내용은 다음 표와 같다.

【표 2.4】 관로 접합방식

구 분	KP 메커니컬 조인트	타이튼 조인트	메커니컬 조인트
구조			
개요	고무링을 압륜으로 조이는 방법은 메커니컬과 같으나 압륜과 본체와의 볼트체결 방식이 메커니컬과 달리 KP식은 본체머리에 볼트를 걸 수 있도록 볼트의 머리모양이 갈고리(완만한 U형)로 되어 있음.	Rubber RingType의 접합방식으로 구형의 고무링을 관소켓 내부의 홈에 고정시킨후 관을 삽입시켜 결속시키는 방식임.	고무링을 압륜으로 조이는 방법으로 압륜과 본체의 체결은 압륜과 본관수구 머리에 볼트를 체결할 수 있도록 Hole이 나있어 여기에 끼워 체결함.
특징	기밀성과 탄력성이 우수한 접합방식으로 일반 메커니컬 이음보다 취급이 간편하고 구조상 견고하다. 가요성 이음으로 이음부 허용굴곡각은 메커니컬 조인트와 동일한 굴곡각을 갖는다.	미국 US파이프 회사에서 개발하여 세계특허로 등록되었던 조인트 방법으로 고무링 하나만으로 간편하게 접합할 수 있도록 되어있으며 가요성 이음으로 이음부 허용굴곡각은 메커니컬 이음보다 다소 크다.	기밀성이 우수하고 탄력성을 가지고 있는 접합방법으로 가요성 이음으로 허용굴곡각은 D=150mm까지 5° , D=300mm까지 4° , D=500mm까지 3° , D=700mm까지 2° , D=800mm이상일때 1.5° 까지 가능하다.

【표 2.4】 관로 접합방식(계속)

구 분	KP 메커니컬 조인트	타이튼 조인트	메커니컬 조인트
국내 사용 실적	국내 실용신안 특허로 71년 개발된 이후 메커니컬관의 대응으로 1980년대 이후 D=1,200mm까지 현재 사용되고 있으며, 대도시의 경우 교통난 완화목적으로 대구경 사용율이 높아지는 추세임.	국내KS규격상관경1,200mm까지 규정되어 있으나 1968년 생산이후 최대사용관경이 D=600mm로 (D=200 ~ 500mm) 주로 중소구경에서 많이 사용됨.	80년대이전에 D=1,200mm까지 국내에서 사용되어 왔으나 KP메커니컬관이 생산되기 시작된 이후 80년대 이후는 KP메커니컬관으로 대체 사용되고 있음.
검토 의견	접합이 쉽고, 관부설비가 메커니컬에 비해 다소 저렴하며, 현재 국내실적이 가장 많은 접합방법으로 접합이 확실하고 안전하다.	접합이 가장 손쉽고, 관부설비가 메커니컬에 비해 다소 저렴하나 고압관로에는 부적합하다.	접합방법은 KP메커니컬 접합방식과 대동소이하나 관부설비가 고가이며 접합시공이 다소 까다롭다.
적용	KP메커니컬 조인트 방식 - 전 관경에 대하여 사용실적이 풍부하며, 접합이 가장 확실하고 안전		

5) 구조물 방수·방식 검토

관의 접합은 관로의 연결성을 유지하기 위하여 필수적이며 시공후 누수 등의 사고는 대부분이 연결부분의 불완전에 의해 발생하므로 시공의 완벽성, 공사비 및 유지관리 등을 종합적으로 비교·검토한 후 결정하여야 한다. 본 계획에서 검토된 관중에 대한 접합방법에 대해 비교·검토한 내용은 다음 표와 같다.

각 방수·방식 공법에 대해 검토한 결과 구조물 방식(방수)공법은 다음과 같은 여건에 의해서 채택하는 것이 적합한 것으로 사료된다.

- 환경문제에 안전할 것
- 시공성이 용이하며, 경제적인 것
- 구조물의 수축, 팽창에도 잘 견딜 수 있는 것
- 음료용으로 적합할 것
- 오랜기간이 지나도 내구성 및 방수성이 뛰어날 것

상기와 같은 조건을 감안하여 환경적으로 가장 안전하며 경제성도 좋은 공법을 우선으로 비교/검토하였으며, 배수지 조내는 세라믹 메탈계 방수, 배수지 외부, 밸브실 외부, 유량계실 외부는 고무 아스팔트 방수를 사용하는 것으로 하였다.

6) 송수관로 개요

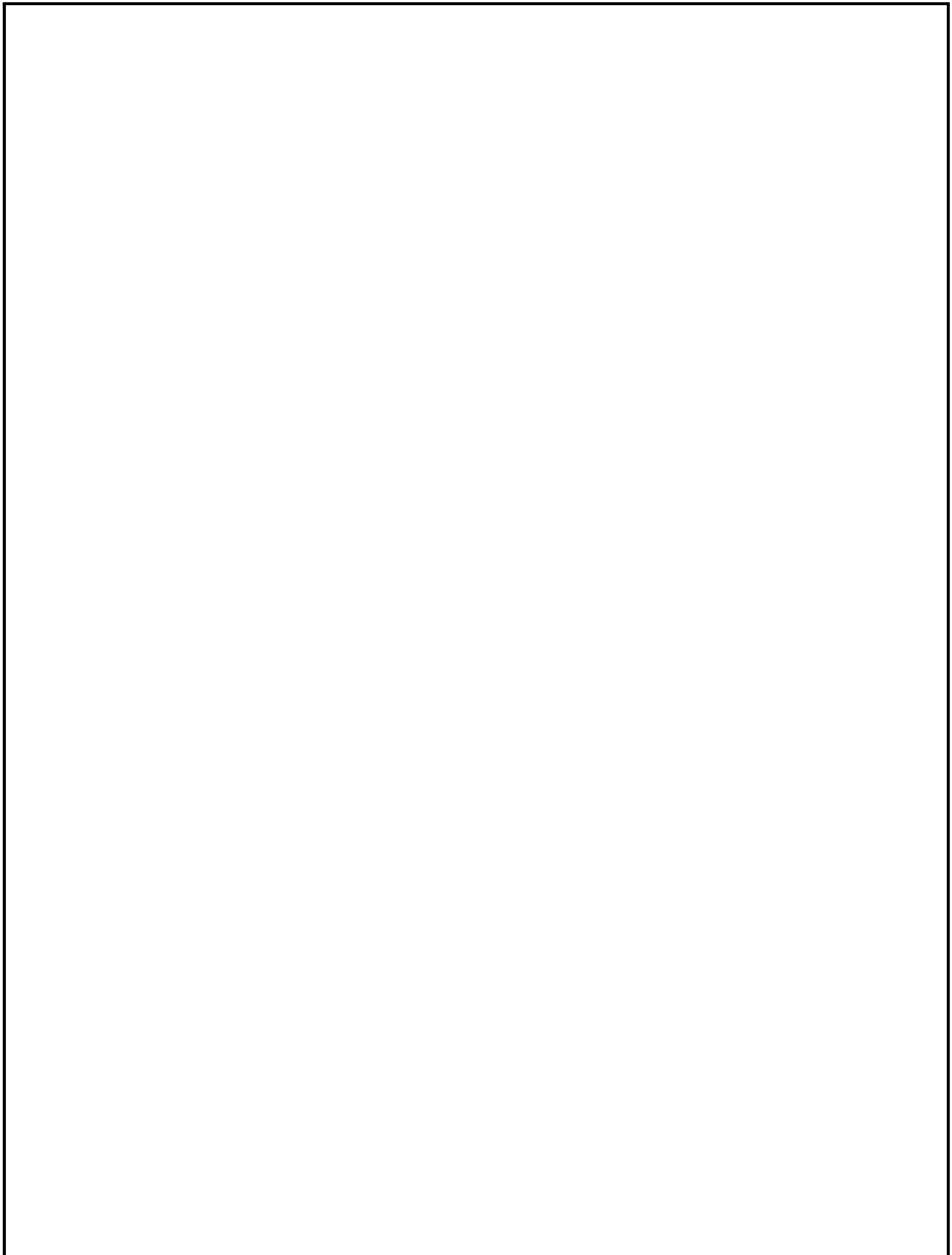
•봉담2배수지의 송수관로는 신설 화성1송수관로 D1200mm에서 분기하여 공급할 예정이고, 상리배수지 비상시를 대비하여 비상연결관로 D300mm, L=10.2m를 계획하였다.

•배수관로는 배수지에서부터 천천IC 인근 기존관 D300mm에 연결되도록 계획하였으며, 34번국도 및 봉담2공공주택지구 도로에 매설하는 것으로 계획하였다.

•봉담2공공주택지구, 봉담읍 일부 및 매송면 전역의 생활용수 공급을 위해 신설되는 송·배수관로는 D300~600mm, L=9.8km이며 시설개요는 다음과 같다.

【표 2.5】 송수관로 시설개요

구 간		상수관로			비 고
		관종	관경(mm)	연장(m)	
송수관로	소계	주철관	D500	4,844.6	
		강관	D500	45.0	
		소계	D500	4,889.6	
	SS-A LINE	주철관	D500	956.0	우회도로
	SS-B LINE	주철관	D500	2,553.4	봉담2지구
	SS-C LINE	주철관	D500	875.0	국도확장
	SS-D LINE	주철관	D500	380.0	화성시 공사분
	SS-E LINE	주철관	D500	80.2	
		강관	D500	45.0	추진구간
		소계	D500	125.2	



【그림 2.1】 송수관로 동수구배도

7) 관 부설 계획

(1) 관 부설 위치

본 송·배수관로의 관부설 위치는 전 구간에 대한 현장답사, 지형현황측량, 지장물 조사 등을 실시하고, 그 조사된 제반사항을 감안하여 현장조건에 가장 부합되도록 부설 위치를 결정하였다. 또한 본 관로는 공사비 절감을 위해 가급적 직선화하였으며 수도시설의 유지관리를 위하여 기존도로 또는 신설도로를 최대한 활용하여 관로노선을 계획하였다.

(1) 최소토피

매설관의 깊이는 토압과 노면하중에 대하여 관이 안전하도록 결정하여야 하며, 그에 필요한 깊이는 토질, 노면상태, 도로 종별에 따라 다르고 또 관의 재질, 구조, 관경에 따라 정해지나 일반적으로 관경이 클수록 깊어진다.

『상수도시설기준(2010, 한국상하수도협회)』에서는 관경 900mm이하는 120cm이상, 관경 1,000mm이상은 150cm 이상으로 매설심도를 제시하고 있으며, 관의 매설깊이는 동결심도보다 깊게 하도록 하고 한랭지에서는 동결심도보다 20cm 이상 깊게 매설하도록 규정하고 있다.

이와 같은 기준을 고려하여 서울지역 측후소의 동결지수로 도로포장설계 시공지침에 의한 완전방지법으로 본 과업대상지역의 동결심도를 검토한 결과 92cm로 검토되었으며, 20cm의 여유고를 고려하여 112cm이면 동결깊이는 충족하지만 최근 동절기 한파영향 때문에 수도관의 동파로 인한 민원발생이 증가하여 기존관 연결구간을 제외하고는 과업구간의 최소토피는 송수관로는 1.2m로 계획하였다.

8) 부대시설 계획

송·배수관로의 적절한 유지관리를 위하여 공기변실, 배출수 설비(이토관 및 밸브) 등이 필요하므로 이들을 각각의 기능에 부합되도록 적절한 위치에 설치토록 하며, 시설의 보호 및 관리를 위하여 밸브실을 계획하였다.

(1) 공기밸브실

송·배수관로의 적절한 유지관리를 위하여 공기변실, 배출수 설비(이토관 및 밸브) 등이 필요하므로 이들을 각각의 기능에 부합되도록 적절한 위치에 설치토록 하며, 시설의 보호 및 관리를 위하여 밸브실을 계획하였다. 설치기준은 공기밸브의 설치목적은 관 내의 누적된 공기를 외부로 자동 배제하기 위한 것이며, 유지관리상 단수시 관 내의 물을 빼거나 통수할 때도 공기밸브의 기능이 요구된다.

설치위치는 관로의 돌출부에 설치하도록 하였으며, 이 때 돌출부는 전 관로를 통한 정점부가 아니고 국부적인 그 부근의 최고점이다.

【표 2.6】 공기밸브실 설치 개요

구 분	위 치	관경(mm)	개소	비 고
계			8	
SS-A LINE	NO.2+0.00	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-A LINE	NO.45+16.00	D300		
SS-A LINE	NO.14+0.00	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-A LINE	NO.33+18.00	D300		
SS-A LINE	NO.18+8.66	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-A LINE	NO.29+7.52	D300		
SS-A LINE	NO.47+16.00	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-A LINE	NO.0+0.00	D300		
SS-B LINE	NO.25+0.00	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-B LINE	대(집)3-1	D300		
BS-B LINE	대(보)2-6	D300	1	배수라인 제수밸브실 (급속공기변)
	중(집)1-2	D500	1	
SS-C LINE	NO.26+14.71	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실 (급속공기변)
BS-C LINE	NO.17+0.00	D600		

(2) 이토밸브실

이토밸브는 관을 부설하였을 때 관저에 남은 이토나 모래 등을 배출하고 평소 유지관리상 관 내 청소와 정체수의 배제 및 유사시 관내의 물을 단시간 내 배출시키기 위해 설치한다. 따라서 관로 종단상의 凹부, 즉 저부에는 이토밸브를 설치한다. 이토관의 관경은 「상수도시설기준 (2010, 환경부)」상의 주관경의 1/2~1/4정도로 하여 이 범위 안에서 배수시간과 유출유량을 이용한 계산식에 의해 관경을 결정한다. 다음 표와 같이 산정결과 D600mm는 1/2~1/4 이상

의 Drain관을 설치하는 것이 타당하여 D300mm로 적용하였다. 본 계획에서는 공기밸브실의 공기 배출시간, 공기밸브실과 이토밸브실과의 이격거리 등을 고려하여 이토용량, 배수시간, 이토관경을 결정하였고, 이토밸브실을 2지로 구성하여 일반 하천이나 수로로 배출이 가능하도록 계획하였다.

【표 2.7】 이토밸브실 설치 개요

구 분	위 치	관경(mm)	개소	비 고
계			4	
SS-A LINE	NO.17+4.75	D500	1	송·배수 통합 이토밸브실
BS-A LINE	NO.30+10.93	D300		
SS-A LINE	NO.45+4.55	D500	1	송·배수 통합 이토밸브실
BS-A LINE	NO.2+11.47	D300		
SS-B LINE	NO.37+0.00	D500	1	송·배수 통합 이토밸브실
BS-B LINE	중(집)1-1	D300		
BS-B LINE	중(집)1-1	D300	1	배수라인 이토밸브실

(3) 유량계설

배수지내 및 택지지구내 유입 및 유출 유량을 체크하기 위하여 유량계를 계획하였으며 유량계 관경은 유입·출관로의 관경과 동일하게 계획하였다. 기종은 외부부착식 초음파유량계로 계획하였으며, 시설개요는 다음과 같다.

【표 2.8】 유량계설 설치 개요

구 분	위 치	관경(mm)	개소	비 고
계			4	
SS-A LINE	NO.17+4.75	D500	1	송·배수 통합 이토밸브실
BS-A LINE	NO.30+10.93	D300		

(4) 제수밸브실

제수밸브는 일반적으로 관내의 유수정지 및 수량조절을 위하여 설치하며, 배수구역이나 배수 블록의 설정 또는 변경, 관로의 공사나 사고 등의 비상시에 조작할 필요가 생겼을 때 확실하게 작동하는 것을 사용하여야 한다.

【표 2.9】 제수밸브실 설치 개요

구 분	위 치	관경(mm)	개소	비 고
계			14	
SS-A LINE	NO.0+7.26	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실
BS-A LINE	NO.47+9.31	D300		
SS-A LINE	NO.47+10.90	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실
BS-A LINE	NO.0+5.11	D300		
SS-B LINE	NO.127+10.37	D500	1	송·배수 통합 제수밸브실
BS-B LINE	중(집)1-2	D500		
BS-B LINE	대(보)2-6	D300	2	배수라인 제수밸브실
	대(집)3-1	D300	1	
	중(집)1-1	D300	2	
	중(집)1-2	D400	3	
	중(집)1-1	D400	1	
	중(집)1-2	D500	2	

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, 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로의 경우 2023년에 밸브실 내부 보수공사를 실시한 것으로 확인되었다.

【표 2.10】 보수·보강 이력

공사명	보수보강부위	설계자	시공자
공사기간	공사내역	공사비(천원)	책임기술자
2023-05-16 ~ 2023-05-31	밸브실 및 송수관로 표면처리, 주입보수, 철근방청 및 단면복구, 표면보호재도포 등	23,100	(주)한국건설 방재연구원 [손희택]

나. 점검이력

【표 2.11】 시설물 점검이력

No	점검명	점검기간	점검기관	안전등급	주요점검 결과
1	정기안전점검	2024-08-29 ~ 2024-09-27	(주)한국 건설방재연구원	양호	관로시설 : 밸브실 내 일부 관로 부식됨 밸브실 : 체수, 토사퇴적, 파손, 이격 도로포장 : 상태양호
2	정기안전점검	2024-02-20 ~ 2024-04-30	(주)한국 건설방재연구원	양호	관로시설 : 밸브실 내 일부 관로 부식됨 밸브실 : 체수, 토사퇴적, 파손, 이격 도로포장 : 상태양호
3	정기안전점검	2023-07-01 ~ 2023-11-30	(주)한국 건설방재연구원	양호	관로시설 : 밸브실 내 일부 관로 부식됨 밸브실 : 체수, 토사퇴적, 파손 등 도로포장 : 상태양호/ 관로시설 : 지속적인 주의관찰 밸브실 : 물푸기 및 준설
4	정기안전점검	2023-03-31~ 2023-06-30	(주)한국 건설방재연구원	양호	관로시설 : 상태 양호(2023년 5월 보수) 밸브실 : 체수, 퇴사퇴적 등 도로포장 : 상태양호/ 관로시설 : 지속적인 주의관찰 밸브실 : 물푸기 및 준설
5	정밀안전점검	2022-09-06~ 2022-12-31	(주)한국 건설방재연구원	B등급	관로시설 : 관부식 등 밸브실 : 0.3mm이상 균열, 녹물유출, 누수, 백태, 이격, 파손, 철근노출, 체수, 토사퇴적 등/ 관로시설 : 방청 후 재도장 밸브실 : 주입보수, 표면처리, 지수보수, 단면보수(I, II) 등

※ 정밀안전점검은 1회, 정기안전점검 5회 실시한 것으로 시설물종합관리시스템(FMS)을 통하여 확인되었다.

2.3.3 내진설계 및 보강여부

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로는 시설물관리대장 검토결과, 내진설계가 적용되어 있는 것으로 확인되었다.

2.3.4 점검방향 설정

【표 2.12】 부재별 점검방향 설정

구 분	자료분석 결과	금회점검 점검방향
전차점검	콘크리트 구조물인 밸브실에서 균열, 녹물 유출, 누수, 백태, 이격, 파손, 철근노출, 체수, 토사퇴적 등이 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 2.13】 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

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로의 경우 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 2.14】 전차 점검 보고서 요약

구 분	점 검 결 과	
점검구분	화성봉담2 송수관로 정밀안전점검 용역 (2022. 09. 05.~ 2022. 12. 31)	
수행기관	단독수급 (주)한국건설방재연구원	
외관조사	관로시설의 경우 구조적 결함 또는 주요부재에 대한 중대한 결함이 발견되지 않았다. 단, 밸브실 내 배관 부식 등의 손상이 조사되었는데, 이는 밸브실 입구부 우수 유입 등으로 인하여 침수가 발생되어 유발된 손상으로 판단된다. 이에 따라 정기적인 양수와 누수부에 대한 지수보수가 필요하며, 부식부에 대한 방청 후 재도장이 요구된다. 밸브실의 경우 균열, 단면손상, 누수 등의 손상이 조사되었다. 향후 점검 시 금회 점검에서 조사된 손상에 대하여 손상규모 확대 및 추가 손상 발생여부에 대하여 지속적인 유지관리가 필요하며 또한 본 보고서에서 제안된 보수·보강을 실시하고, 재손상 및 추가 손상에 대한 지속적인 점검과 적극적인 유지관리를 실시한다면 시설물의 사용성 및 안전성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.	
재료시험	내구성 시험 (반발경도)	측정 전 구간에서 설계기준강도(18MPa)의 105.8~113.7%이상 만족하는 것으로 측정됨
	내구성 시험 (탄산화)	탄산화 잔여깊이가 33.8~103.5mm로 측정되어 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 우려가 없음
	관대지전위차	토양비저항값을 측정한 결과 10,048.00~12,409.28로 측정되어 전반적으로 양호한 것으로 조사됨
상태평가	B등급 (상태평가점수 : 4.25)	
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

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 관로시설의 경우 준공도면을 기준으로 관로 계통별 현황을 파악하였다.

【표 3.1】 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 관로시설 현황표

관로계통	관로 구간	관 종	관 경 (mm)	위치 (Sta. No)	연 장 (m)
화성봉담 2구간	A구간-1	DCIP	500	0+0.0 ~ 18+8.66	368.66
	A구간-2	DCIP	500	18+8.66 ~ 47+16.00	587.34
	B구간-1	DCIP	500	47+16.00 ~ 72+16.00	494.00
	B구간-2	DCIP	500	72+16.00 ~ 84+9.63	233.63
	B구간-3	DCIP	500	84+9.63 ~ 175+9.40	1,819.77
	C구간-1	DCIP	500	175+9.40 ~ 202+4.11	534.71
	C구간-2	DCIP	500	202+4.11 ~ 219+4.40	340.29
	D구간-1	DCIP	500	219+4.40 ~ 238+4.40	380.00
	E구간-1	DCIP	500	238+4.40 ~ 245+4.83	140.43
계					4,904.83

▶ 관로 위치(Sta. No.)는 관로 준공도면을 기준으로 함.

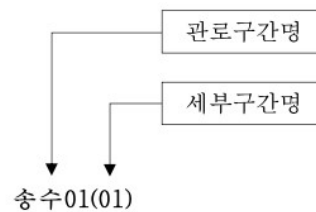
금회 정밀안전점검은 관로시설을 체계적이고 효율적으로 조사·평가하기 위해서, 관로의 분

할 기준을 설정하고 전체 관로를 각 단위 관로 구간으로 세분화하였다. 또한, 매설환경 조사 과정에서 얻어진 현장의 상황과 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】 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 관로시설 구간 분할표

관로 계통	구간	측점(Sta. No.)	관경(mm)	관종	연장(m)	매설 년도	비고
화성봉담 2구간	A(01)	0+0.0 ~18+8.66	500	DCIP	368.66	2016	인도, 도로, 하천
	A(02)	18+8.66 ~47+16.00	500	DCIP	587.34	2016	인도, 나대지, 하천
	B(01)	47+16.00 ~72+16.00	500	DCIP	494.00	2016	인도, 나대지
	B(02)	72+16.00 ~84+9.63	500	DCIP	233.63	2016	인도
	B(03)	84+9.63 ~175+9.40	500	DCIP	1,819.77	2016	인도, 나대지
	C(01)	175+9.40 ~202+4.11	500	DCIP	534.71	2017	도로, 나대지
	C(02)	202+4.11 ~219+4.40	500	DCIP	340.29	2017	도로, 나대지
	D(01)	219+4.40 ~238+4.40	500	DCIP	380.00	2016	도로, 나대지
	E(01)	238+4.40 ~245+4.83	500	DCIP	140.43	2015	도로, 나대지



【그림 3.1】 화성봉담2 지구와 배수지 송수관로 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
A(01)	500	DCIP	368.66	2016	8	A (10년미만)
A(02)	500	DCIP	587.34	2016	8	A (10년미만)
B(01)	500	DCIP	494.00	2016	8	A (10년미만)
B(02)	500	DCIP	233.63	2016	8	A (10년미만)
B(03)	500	DCIP	1,819.77	2016	8	A (10년미만)

【표 3.4】 경과년수에 대한 검토결과(계속)

구간	관경(mm)	관종	연장(m)	매설년도(년)	경과년수(년)	평가
C(01)	500	DCIP	368.66	2017	7	A (10년미만)
C(02)	500	DCIP	587.34	2017	7	A (10년미만)
D(01)	500	DCIP	494.00	2016	8	A (10년미만)
E(01)	500	DCIP	233.63	2015	9	A (10년미만)

- ▶ 경과년수에 대한 검토 시 2015(E구간), 2016(A, B, D), 2017(C구간)년 준공 이후 7~9년동안 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 차야 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. 계통별 매설현황 조사결과를 토대로 일상적인 점검에서 손상상태를 파악하기 어려운 구간과 관로 유지관리상 문제가 있는 구간, 교통량이 많아 차량 하중의 반복 작용으로 관로의 피로손상이 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 제시하였다.

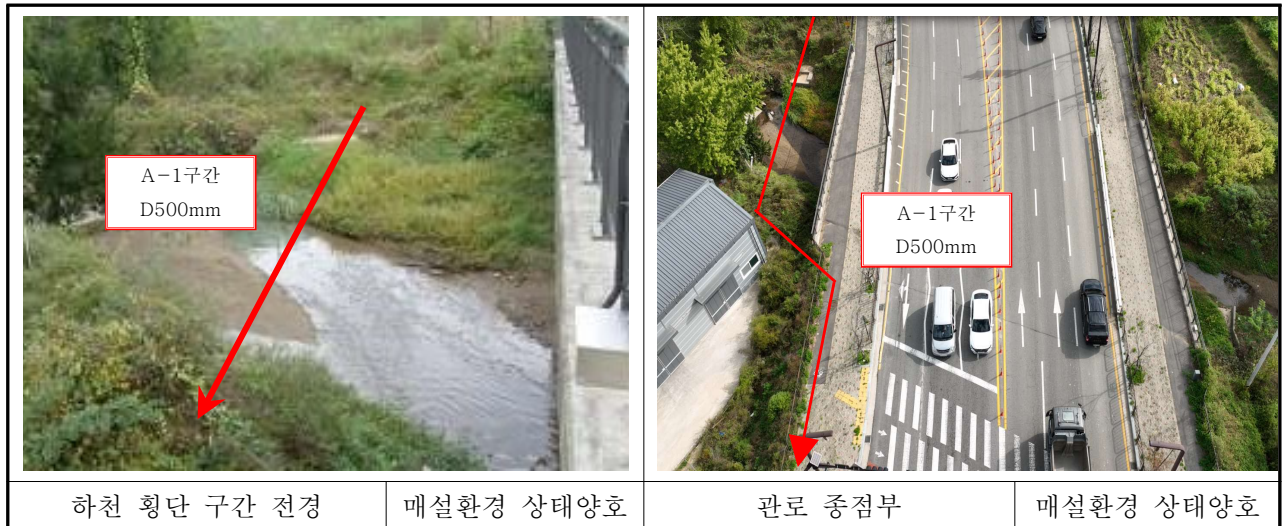
가. A구간 관로

A구간 관로는 기존 상수관로(화성1송수D1,200)(No.0+00) 연결부에서 종점부인 DS-25(송·배수 통합 체수밸브실(No.47+16.0))까지 연장 956.00m의 닥타일주철관(DCIP) D500mm로 확인되었다.

- 관로구간
A-1 Sta. No. 0+0.0 ~ 18+8.66, L=368.66m
A-2 Sta. No. 18+8.66 ~ 47+16.00, L=587.34m
- 관 중 : DCIP
- 관 경 : D500mm
- 총 연 장 : L=956.00m

① A구간-1

	
No. 1+00 지상부	관로 시점부 전경
	
천천리 지하차도 통과 후 도로 횡단구간	도로 횡단 구간



- A-1구간(No.0+00 ~ 18+8.66, L=368.66m)은 기존 상수관로(화성1송수 D1, 200)(No.0+00) 연결부에서 천천리 지하차도를 지나 도로를 횡단한 후 ES-A2까지 인도, 도로 및 하천을 횡단하여 매설되어있다.
- 설계 도면과 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.
- A-1구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

A구간-2





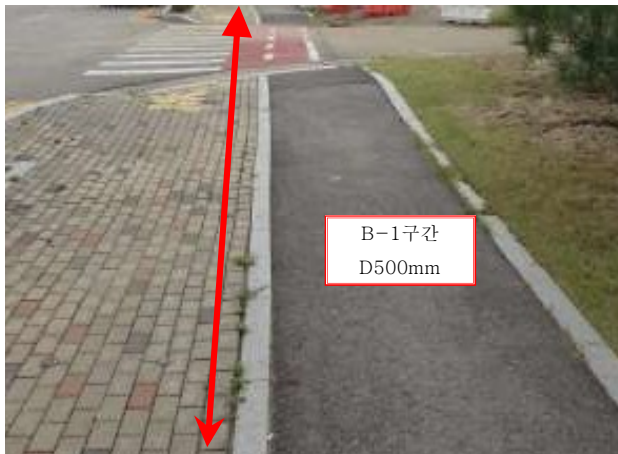
- A-2구간(No.18+8.66 ~ 47+16.00, L=587.34m)은 ES-A2부터 인도를 따라 매설되었으며 상리교 하부의 하천을 횡단하여 DS-V25까지 매설되어 있다.
- A-2구간(No.18+8.66 ~ 47+16.00, L=587.34m)은 ES-A2부터 인도를 따라 매설되었으며 상리교 하부의 하천을 횡단하여 DS-V25까지 매설되어 있다.
- 설계 도면과 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

나. B구간 관로

B구간 관로는 DS-V25(No.47+16.00)부터 옥계삼거리(No.93+27.0)까지 연장 2,553.40m의 닥타일주철관(DCIP) D500mm로 확인되었다.

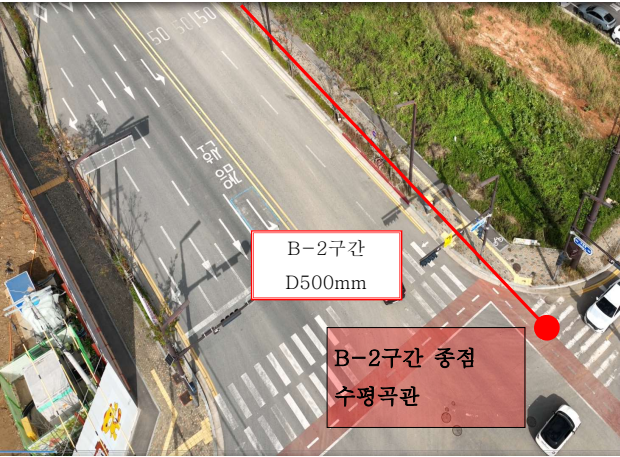
- 관로구간
 - B-1 Sta. No. 47+16.00 ~ 72+16.00, L=494.00m
 - B-2 Sta. No. 72+16.00 ~ 84+9.63, L=587.34m
 - B-3 Sta. No. 84+9.63 ~ 175+9.40, L=1,819.77m
- 관 종 : DCIP
- 관 경 : D500mm
- 총 연 장 : L=2,553.40m

① B구간-1

			
No. 48(B-1구간)	매설환경 상태양호	No. 48(B-1구간)	매설환경 상태양호
			
No. 60.00	매설환경 상태양호	No. 60+00	매설환경 상태양호

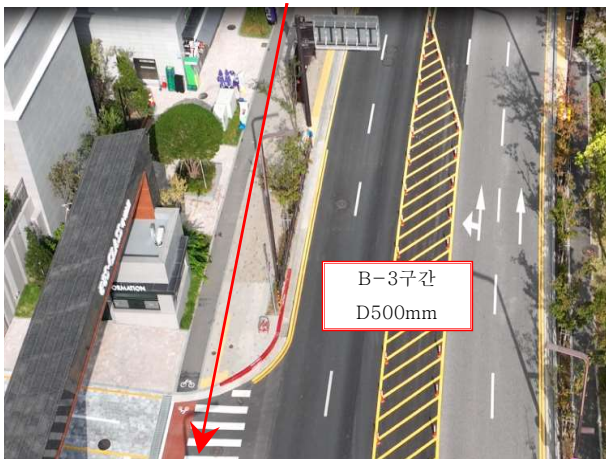
- B-1구간(No.47+16.00~72+16.00, L=494.00m)은 DS-V25(No.47+16.00)에서 시작하여 송·배수통합밸브실(No.72+16.00)까지 주변 보도 및 나대지에 매설되어있다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

① B구간-2

			
No. 80+00	매설환경 상태양호	No. 80+00 드론 촬영 전경	매설환경 상태양호
			
No. 84+5.63(B-2 종점부)	매설환경 상태양호	No. 84+5.63(B-2 종점부) 드론 촬영 전경	매설환경 상태양호

- B-2구간(72+16.00~84+9.63, L=233.63m)은 송·배수통합벨브실 (No.72+16.00)에서 시작하여 도로를 횡단하여 보도부에 매립되어 No.84+9.63(수평곡관)까지 설치되어 있다.
- B-2구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

① B구간-3

			
No. 85+00	매설환경 상태양호	No. 92+00	매설환경 상태양호
			
No. 159+00	매설환경 상태양호	No. 159+00	매설환경 상태양호

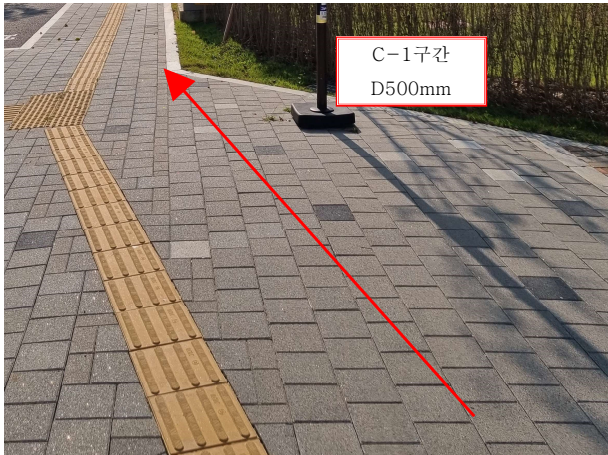
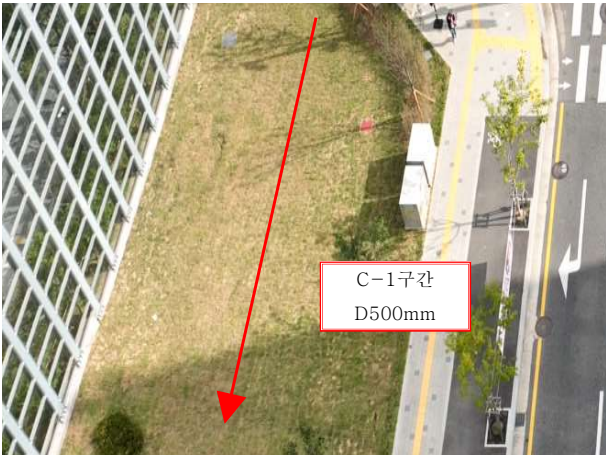
- B-3구간(No.84+9.63 ~ 175+9.4, L=1,819.77m)은 차도를 횡단하여 No.175+9.4(B구간 중점)까지 인도 및 나대지에 매설되어있다.
- B-3구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

다. C구간 관로

C구간 관로는 상리교차로(No.175+9.40)부터 봉담가압장을 지나 C구간 종점(No.219+4.40)까지 연장 875.00m의 닥타일주철관(DCIP) D500mm로 확인되었다

① C구간-1, C구간-2

- 관로구간
C-1 Sta. No. 175+9.40 ~ 202+4.11, L=534.71m
C-2 Sta. No. 202+4.11 ~ 219+4.40, L=340.29m
- 관 중 : DCIP
- 관 경 : D500mm
- 총 연 장 : L=875.00m

	
No. 176(C-1구간 시점)	매설환경 상태양호
	
No. 182.00	No. 202+00
매설환경 상태양호	매설환경 상태양호

○ C-1구간(No.175+9.40 ~ 202+4.11, L=534.71m)은 상리교차로(No.175+9.40)를 출발하여 장안대교차로 상부를 통과하여 봉담가압장을 지나 FS-A1(No. 202+4.11)까지 나대지, 도로 횡단, 인도에 매설되어있다.

○ C-1구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

- C-2구간(No.202+4.11 ~ 219+4.40, L=340.29m)은 FS-A1(No. 202+4.11)를 출발하여 국도43선과 나란히 인도 및 나대지에 No219+4.40(C구간 종점)까지 매설되어있다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

라. D구간 관로

D구간 관로는 화성시 관리구간으로 No.219+4.40(시점)부터 No.238+4.40(종점)까지 연장 380.00m의 덕타일 주철관(DCIP) D500mm로 매설되어있다.

① D구간

- 관로구간
D-1 Sta. No. 219+4.40 ~ 238+4.40, L=380.00m
- 관 종 : DCIP
- 관 경 : D500mm
- 총 연 장 : L=380.00m



- D구간(No.No.219+4.40 ~ 238+4.40, L=380.00m)은 국도43호선을 인도 및 나대지에 매설되어있다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

마. E구간 관로

E구간 관로는 GS주유소 앞(No.238+4.40)부터 가압장(No.245+4.83)까지 연장 140.43m의 덕타일 주철관(DCIP) D500mm로 확인되었다.

① E구간

• 관로구간

E-1 Sta. No. 238+4.40 ~ 245+4.83, L=140.43m

- 관 중 : DCIP
- 관 경 : D500mm
- 총 연 장 : L=140.43m



- E구간(No.238+4.40 ~ 245+4.83, L=140.43m)은 GS주유소 앞(No.238+4.40)부터 가압장(No.245+4.83)까지 인도 및 도로횡단부, 도로에 매설되어있다.
- E구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 공사 중 중차량 통행으로 인한 반복 하중 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

3.3.2 관로 동결심도 검토

동결심도 검토는 실시설계 자료를 확인 검토하였으며 관의 매설깊이는 『상수도 설계기준 (2022, 환경부)』에서와 같이 관경 900mm이하는 120cm 이상, 관경 1,000mm 이상은 150cm 이상으로 매설심도를 제시하고 있으며, 관의 매설깊이는 동결심도보다 깊게 하도록 하고 한랭지에서는 동결심도보다 깊게 매설하도록 규정하고 있다.

【표 3.5】 매설깊이 측정 결과

구 분	상수도시설기준	동결심도	적 용	비 고
	노면하중고려시			
송·배수관로	120cm	112cm	120cm	양호

▶ 이와 같은 기준을 고려하여 서울지역 측후소의 동결지수로 도로포장설계 시공지침에 의한 완전방지법으로 본 과업대상지역의 동결심도를 검토한 결과 92cm로 검토되었으며, 20cm의 여유고를 고려하여 112cm이면 동결깊이는 충족하지만 최근 동절기 한파 영향 때문에 수도관의 동파로 인한 민원발생이 증가하여 기종관 연결구간을 제외하고는 과업구간의 최소토피는 송수관로는 120cm로 계획 설치한 것으로 검토되었다.

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 3.6】 하천횡단 관로 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	측점 (Sta.)	관종	관경 (mm)	조사결과
송수 A구간	A-1	0+0.0~18+8.66	SP	1000	•관체 및 관 보호공 노출 無 •매설상태 양호
	A-2	18+8.66~47+16.00	SP	1000	•관체 및 관 보호공 노출 無 •매설상태 양호



- 하천횡단 구간은 2개소이며, 관체 및 관 보호공 노출 등은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 대체로 관로 동결심도 검토 결과, 대상 관로의 최소 토피고가 120cm로 검토된 상태로 안전한 매설 깊이를 확보하고 있어, 현시점에서의 하상 세굴에 의한 관로 안전성을 유지하고 있는 상태인 것으로 조사되었다. 다만, 해당 하천 경로에 위치한 밸브실 1개소의 경우 현재 토사매물로 인하여 조속한 조치가 필요하며 그에 관한 내용은 밸브실편에 수록하였다.

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 15개소 밸브실(제수밸브실 5개소, 공기밸브실 3개소, 이토밸브실 5개소, 유량계실 1개소, 제수+공기 1개소) 등으로 설치되어 있는 상태인 것으로 조사되었다.

【표 3.7】 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 밸브실 현황

관로계통	제수밸브실	공기밸브실	이토밸브실	유량계실	제수+공기	계
송수	5	3	5	1	1	15

가. 매설위치 및 침수 현황

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

【표 3.8】 밸브실 매설위치 및 침수상태 분석표

구분	제수	공기	이토	유량계	제수+공기	계	비고
침수없음	1	1	0	0	1	3	20.00%
0.5m미만	2	0	1	1	0	4	26.67%
0.5m이상 ~1.0m미만	1	1	1	0	0	3	20.00%
1.0m이상	1	1	3	0	0	5	33.33%
계	5	3	5	1	1	15	100.00%

- 침수 밸브실은 총 15개소로 1.0m 이상 침수가 33.33% 이상인 것으로 발생한 상태로 파악 되었다.
- 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 증고 또는 출입구 뚜껑의 밀폐가 양호한 볼트형 출입구 뚜껑 등으로 교체하는 등의 침수 원인을 파악하여 적절한 조치를 취함으로써 내부 침수를 저감시킬 필요가 있다.

3.4.2 밸브실 상세조사

밸브실의 경우 2022년 정밀안전점검 이후 총 15개소 밸브실 중 7개소 밸브실에서 보수가 실시된 것으로 조사되었고 그 외 보수가 시행되지 않은 밸브실의 경우 전차와 손상현황은 유사한 상태이다. 특히 15개소 밸브실 중 하천구간에 위치한 ES-D2(1), (2)밸브실에서 집중호우 시 수위강하로 인해 주변 토사가 유실되면서 발생한 것으로 추정되는 상부 토사매몰이 조사되었다.



[밸브실 상세조사 현황]

【표 3.9】 외관조사 결과

구분	손상내용	단위	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검	물량증감	
ES-V1	백태	m ²	0.11/9	—	▼	0.11
	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	박락[신규]	m ²	—	0.16/1	▲	0.16
ES-A1	백태	m ²	0.29/14	0.01/1	▼	0.28
	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
ES-M1	녹물유출	m ²	0.10/1	—	▼	0.10
	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	백태	m ²	0.01/1	—	▼	0.01
	부식	m ²	0.15/1	0.15/1	=	유사

【표 3.9】외관조사 결과(계속)

구분	손상내용	단위	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검	물량증감	
ES-D1 (1), (2)	체수	EA	2.00/2	2.00/2	=	유사
	백태	m ²	0.63/9	—	▼	0.63
	토사퇴적	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	부식	m ²	0.25/2	0.25/2	=	유사
ES-A2	백태	m ²	0.12/3	—	▼	0.12
	부식	m ²	3.10/2	3.10/2	=	유사
ES-D2 (1), (2)	체수	EA	2.00/2	—확인 불가능	—	—
	토사퇴적	EA	2.00/2	—확인 불가능	—	—
	누수	m	0.10/1	—확인 불가능	—	—
	상부 토사매몰	m ²	—	35.00/1	▲	35.00
DS-V25	백태	m ²	0.06/1	0.22/2	▲	0.16
	부식	m ²	5.00/4	5.00/4	=	유사
DS-D1 (1), (2)	백태	m ²	0.05/2	0.05/2	=	유사
	체수	EA	2.00/2	2.00/2	=	유사
	부식	m ²	0.33/2	0.33/2	=	유사
AS-V1	녹물유출	m ²	0.01/1	0.01/1	=	유사
	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	부식	m ²	3.14/2	3.14/2	=	유사
FS-D2	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	균열(0.3mm 이상)	m	0.60/1	0.60/1	=	유사
	부식	m ²	1.41/1	1.41/1	=	유사
FS-A2,V4	부식	m ²	0.78/2	0.78/2	=	유사
FS-D1	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	토사퇴적	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사

【표 3.9】 비교결과표(계속)

구분	손상내용	단위	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검	물량증감	
FS-V2, V3	부식	m ²	2.75/2	2.75/2	=	유사
	이격	개소	3.00/3	3.00/3	=	유사
	철근노출	m ²	0.03/1	0.03/1	=	유사
	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사
	파손	m ²	0.02/1	0.02/1	=	유사
FS-A1	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사
FS-V1	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사

나. 밸브실 구조물

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

1) 콘크리트 결함

밸브실 콘크리트 결함은 콘크리트 균열(0.3mm미만), 박락, 파손, 철근노출, 백태 등이 조사 되었다.

【표 3.10】 밸브실 콘크리트 결함 조사 결과표

관로 계통	밸브실 관리명	밸브실 명칭	콘크리트 결함 종류 (결함크기)	보수방안	수량
화성봉담2	ES-V1	체수	●상부슬래브 박락 (0.4m×0.4m)	단면보수	0.16m ²
	ES-A1	공기	●벽체 백태 (0.1m×0.1m)	표면보수	0.01m ²
	DS-V25	체수	●상부슬래브 백태 (0.4m×0.4m)	표면보수	0.16m ²

【표 3.11】 밸브실 콘크리트 결함 조사 결과표

관로 계통	밸브실 관리명	밸브실 명칭	콘크리트 결함 종류 (결함크기)	보수방안	수량
화성봉담2	DS-D1 (1), (2)	이토	•벽체 백태 (0.1m×0.1m×2EA)	표면보수	0.05㎡
	FS-D2	이토	•상부슬래브 균열 (Cw=0.3mm이상, L=0.60m)	주입보수	0.60m
	FS-V2, V3	제수	•상부슬래브 철근노출 (0.1m×0.3m×1EA)	단면보수(방청)	0.03㎡
			•상부슬래브 파손 (0.2m×0.1m×1EA)	단면보수	0.02㎡

▶ 수량은 보수방안 수량임

			
ES-A1 벽체	표면백태	DS-V25 상부슬래브	표면백태
			
FS-D2 상부슬래브	균열(0.3mm이상)	FS-V2, V3	상부슬래브 파손

- 밸브실 내부에서 조사된 백태의 원인으로는 DS-V25 상부슬래브 설비 설치를 위한 천공부 우수유입, ES-A1, DS-D1 벽체의 경우 표면부 공용 중 건습작용에 의한 것으로 해당 부재가 내력벽인 것을 감안하여 내구성 확보 차원에서의 표면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 또한 FS-D2에서 조사된 국부적인 균열(0.3mm이상)의 상부슬래브 하면에서 조사되었으며 이는 건조수축 및 수화열에 의한 손상으로 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되지만 균열폭이 0.3mm 이상인 것을 고려하여 주입보수가 요구된다.
- 한편, 단면손상의 경우 박락, 철근노출 등이 조사되었으며, 이는 시공미흡(피복부족), 다짐부족, 공용 중 점검자의 점검장비 투입등에 따른 외부충격에 의한 것으로 판단되며, 방치 시 2차적인 손상 발생 및 손상진전이 우려되므로 면보수(단면보수, 단면보수(방청)을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

2) 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.

			
밸브실 내부	배관 접속부 상태양호	밸브실 내부	배관 접속부 상태양호

- 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 → 우수축 모르터 마감)으로 보수를 실시한다면 충분한 지수효과가 있을 것으로 판단된다.
- 금회 정밀안전점검(2024년) 시 밸브실 배관 누수는 발생하지 않은 양호한 상태이며, 배관의 외관 상태 또한 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었으나, 추후 발생할 수 있는 신규 발생에 대한 지속관찰을 통한 유지관리가 필요한 상태이다.

3) 밸브실 뚜껑 형식

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

			
밸브실	출입구 원형 뚜껑	밸브실	출입구 원형 뚜껑
			
밸브실	출입구 원형 뚜껑	밸브실	볼트 잠금형 뚜껑

- 화성봉담2 지구외 배수지 밸브실은 양호한 상태의 원형 뚜껑, 일부 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 구조물의 열화가 발생할 수 있으므로 밀폐된 원형 규격 제품으로 뚜껑 교체 또는 패킹 보수가 필요할 것으로 사료된다.

4) 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 3.12】 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

- 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.

5) 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 환기구는 공기밸브의 기능 발휘를 위해서 공기밸브실 또는 체수밸브실(공기밸브가 있는 경우) 등에 설치되어야 한다. 금회 실시한 대상 밸브실 체수밸브실은 별도의 환기구 설치가 시행되어 있지 않은 관계로 점검자 안전을 위해서 안전통기 환기구 설치를 고려해야 할 것으로 판단된다.

6) 밸브실 침수

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

【표 3.13】 밸브실 침수 원인 조사 결과표

관로 계통	밸브실 관리번호	밸브실 명칭	침수깊이	침수 원인	대책 방안
화성 봉담2 구간	ES-V1	제수	1.00	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	ES-A1	공기	1.00	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	ES-M1	유량계	0.03	●출입구 외부수 유입	주의관찰
	ES-D1	이토	3.00	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	ES-A2	공기	—	●출입구 외부수 유입	—
	ES-D2	이토	2.72	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	DS-V25	제수	—	—	—
	DS-D1	이토	3.00	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	AS-V1	제수	0.15	●출입구 외부수 유입	주의관찰
	FS-D2	이토	0.20	●출입구 외부수 유입	주의관찰
	FS-A2,V4	공기+제수	—	—	—
	FS-D1	이토	0.50	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	FS-V2,V3	제수	0.06	●출입구 외부수 유입	주의관찰
	FS-A1	공기	0.80	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리
	FS-V1	제수	0.90	●출입구 외부수 유입	정기적인 양수를 통한 관리



밸브실

밸브실 내부 침수



밸브실

밸브실 내부 침수



밸브실

양수작업 중 전경



밸브실

양수작업 중 전경



밸브실

양수작업 중 전경



밸브실

양수작업 중 전경

- 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.

7) 밸브 받침콘크리트

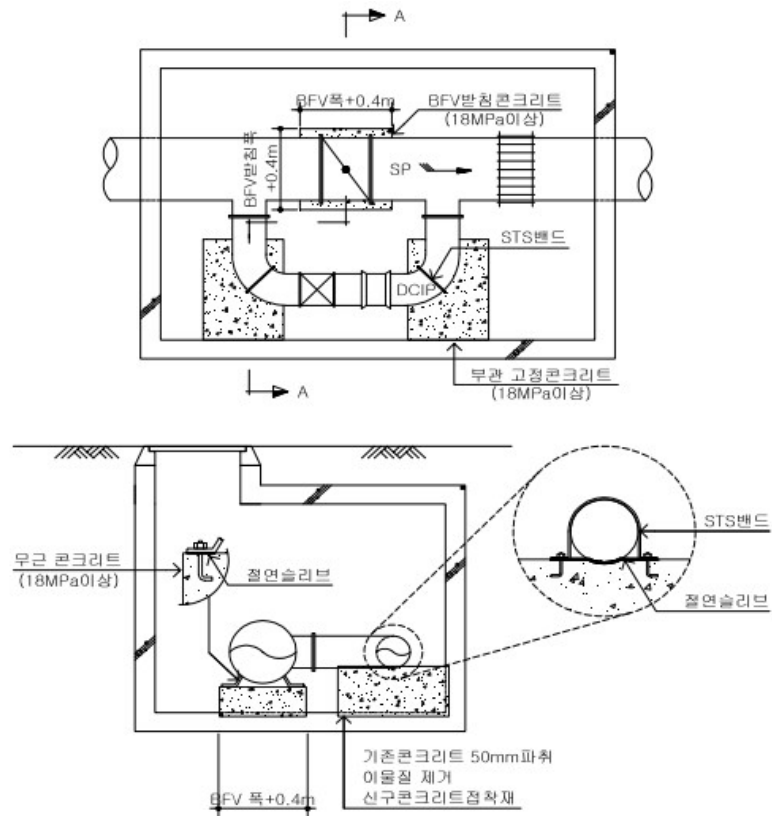
밸브 받침콘크리트는 밸브류 중량을 지지하여 배관의 좌굴을 방지하고 관내 이상 수압에 의한 진동과 활동에 저항 역할을 한다.

【표 3.14】 밸브 받침콘크리트 상태 조사 결과표

관로 계통	관로 구간	밸브실 위치	밸브실 명칭	밸브규격 (mm)	주요 조사내용	보수 방안	수량
송수	-	-	-	-	상태양호	지속관찰	-

			
밸브실 내부		받침 콘크리트 상태양호	
			
밸브실 내부		받침 콘크리트 상태양호	

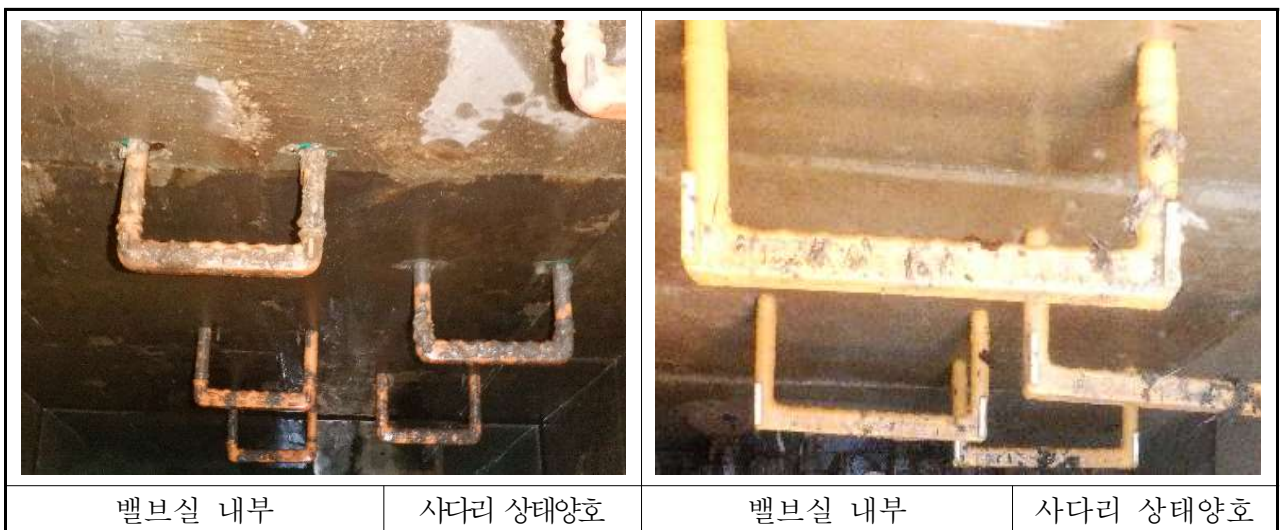
○ 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 계통 밸브실의 경우 대체적으로 배관설비의 받침상태는 양호한 것으로 조사되었다. 다만, 공용 중 발생할 수 있는 신규 손상에 대한 주의관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.



【그림 3.2】 밸브 받침 콘크리트 설치 개요도

8) 사다리 상태

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



3.4.3 밸브실 외관조사 결과

가. 밸브실 현황

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 상에는 밸브실(제수밸브실, 공기밸브실, 이토밸브실, 유량계실, 제수+공기)이 총 15개소가 시공되어 있으며, 그 현황은 다음과 같다.

【표 3.15】 밸브실 현황 및 위치도

계통	구간	제수	공기	이토	유량계	제수+공기	계
화성봉담2	A-1	1	2	1	1	—	5
	A-2	1	—	1	—	—	2
	B-1	—	—	—	—	—	0
	B-2	—	—	—	—	—	0
	B-3	1	—	1	—	—	2
	C-1	1	1	2	—	1	6
	C-2	1	—	—	—	—	1
	D	—	—	—	—	—	—
	E	—	—	—	—	—	—
계		5	3	5	1	1	15



A구간 ES-V1



A구간 ES-A1



A구간 ES-M1



A구간 ES-D1



A구간 ES-A3



B구간 DS-25



B구간 D-M1



B구간 DS-A1



B구간 DS-D1



B구간 AS-V1



C구간 FS-V2,V4/FS-V2,V3
FS-D1/FS-D2



C구간 FS-A1

나. 밸브실 주요손상

【표 3.16】 손상내용

구분	손상내용	단위	2024년 정밀안전점검	비고
ES-V1	채수	EA	1.00/1	—
	박락[신규]	m ²	0.16/1	—
ES-A1	백태	m ²	0.01/1	—
	채수	EA	1.00/1	—
ES-M1	채수	EA	1.00/1	—
	부식	m ²	0.15/1	—
ES-D1 (1), (2)	채수	EA	2.00/2	—
	토사퇴적	EA	1.00/1	—
	부식	m ²	0.25/2	—
ES-A2	부식	m ²	3.10/2	—
ES-D2 (1), (2)	채수	EA	2.00/2 -전차물량	조사 불가
	토사퇴적	EA	2.00/2 -전차물량	조사 불가
	누수	m	0.10/1 -전차물량	조사 불가
	상부 토사매물	m ²	35.00/1	—
DS-V25	백태	m ²	0.22/2	—
	부식	m ²	5.00/4	—
DS-D1 (1), (2)	백태	m ²	0.05/2	—
	채수	EA	2.00/2	—
	부식	m ²	0.33/2	—

【표 3.16】 손상내용(계속)

구분	손상내용	단위	2024년 정밀안전점검	비고
AS-V1	녹물유출	m ²	0.01/1	—
	채수	EA	1.00/1	—
	부식	m ²	3.14/2	—
FS-D2	채수	EA	1.00/1	—
	균열(0.3mm 이상)	m	0.60/1	—
	부식	m ²	1.41/1	—
FS-A2,V4	부식	m ²	0.78/2	—
FS-D1	채수	EA	1.00/1	—
	토사퇴적	EA	1.00/1	—
FS-V2, V3	부식	m ²	2.75/2	—
	이격	개소	3.00/3	—
	철근노출	m ²	0.03/1	—
	채수	개소	1.00/1	—
	파손	m ²	0.02/1	—
FS-A1	채수	개소	1.00/1	—
FS-V1	채수	개소	1.00/1	—

※ES-D2(1), (2) 밸브실의 경우 현재 상부에서 발생한 토사매몰로 인하여 조사가 불가능한 상태로 조속한 조치가 필요할 것으로 판단되며, 해당 밸브실의 경우 조치를 실시한 후에도 하천에 근접해 있는 상태이므로 우선적인 주의관찰 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 밸브실 전차 진단·점검 결과와 비교

【표 3.16】 비교결과표

구분	손상내용	단위	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검	물량증감	
ES-V1	백태	m ²	0.11/9	—	▼	0.11
	채수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	박락[신규]	m ²	—	0.16/1	▲	0.16
ES-A1	백태	m ²	0.29/14	0.01/1	▼	0.28
	채수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
ES-M1	녹물유출	m ²	0.10/1	—	▼	0.10
	채수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	백태	m ²	0.01/1	—	▼	0.01
	부식	m ²	0.15/1	0.15/1	=	유사
ES-D1 (1), (2)	채수	EA	2.00/2	2.00/2	=	유사
	백태	m ²	0.63/9	—	▼	0.63
	토사퇴적	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	부식	m ²	0.25/2	0.25/2	=	유사
ES-A2	백태	m ²	0.12/3	—	▼	0.12
	부식	m ²	3.10/2	3.10/2	=	유사
ES-D2 (1), (2)	채수	EA	2.00/2	—확인 불가능	—	—
	토사퇴적	EA	2.00/2	—확인 불가능	—	—
	누수	m	0.10/1	—확인 불가능	—	—
	상부 토사매몰	m ²	—	35.00/1	▲	35.00
DS-V25	백태	m ²	0.06/1	0.22/2	▲	0.16
	부식	m ²	5.00/4	5.00/4	=	유사
DS-D1 (1), (2)	백태	m ²	0.05/2	0.05/2	=	유사
	채수	EA	2.00/2	2.00/2	=	유사
	부식	m ²	0.33/2	0.33/2	=	유사

【표 3.16】 비교결과표(계속)

구분	손상내용	단위	2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검	물량증감	
AS-V1	녹물유출	m ²	0.01/1	0.01/1	=	유사
	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	부식	m ²	3.14/2	3.14/2	=	유사
FS-D2	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	균열(0.3mm 이상)	m	0.60/1	0.60/1	=	유사
	부식	m ²	1.41/1	1.41/1	=	유사
FS-A2,V4	부식	m ²	0.78/2	0.78/2	=	유사
FS-D1	체수	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
	토사퇴적	EA	1.00/1	1.00/1	=	유사
FS-V2, V3	부식	m ²	2.75/2	2.75/2	=	유사
	이격	개소	3.00/3	3.00/3	=	유사
	철근노출	m ²	0.03/1	0.03/1	=	유사
	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사
	파손	m ²	0.02/1	0.02/1	=	유사
FS-A1	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사
FS-V1	체수	개소	1.00/1	1.00/1	=	유사

			
ES-A1 벽체	표면백태	DS-V25 상부슬래브	표면백태
			
FS-D2 상부슬래브	균열(0.3mm이상)	FS-V2, V3	상부슬래브 파손
			
ES-D2(1) 배관/밸브	부식	ES-A2(1) 배관/밸브	부식

			
FS-V1 밸브실 내부	채수	ES-D2(1), (2)	상부 토사매물 현황(1)
			
ES-D2(1), (2)	상부 토사매물 현황(2)	ES-D2(1), (2)	상부 토사매물 현황(3)

▶ 밸브실 외관조사 결과

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 밸브실 점검결과 구조물 내부, 밸브실 및 배관에 중대결함은 없는 것으로 조사되었다 다만, ES-D2(1), (2) 밸브실 상부에서 토사매물이 조사되었다. 이는 장마철 집중호우 시 수위강하로 인한 유수작용에 의해서 유실된 토사물이 적재되어 매물된 것으로 추정되며 현재 이로인하여 내부의 접근이 불가능한 상태이므로 조속한 조치가 필요한 상태이다. 그 외 밸브실 내부에서 조사된 손상 들의 경우 대부분 공용 중 환경적인 요인 시공초기 건조수축 및 수화열, 시공미흡(피복부족, 다짐미흡)에 의한 균열, 백태, 이격, 박락 등의 손상이 조사되어 손상별 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

한편, ES-V1, ES-A1, ES-M1, ES-D1(1), (2), ES-A2 6개소 밸브실의 경우에는 2023년 05월에 백태 및 녹물유출에 대한 보수가 실시된 상태로 대체로 양호한 상태로 조사되었다.

3.4.4 공중이용시설의 외관조사 결과

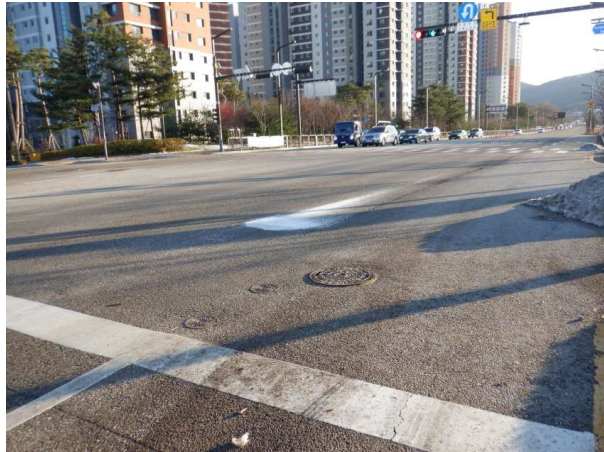
▶ 추락방지시설

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	이토밸브실
	
이토밸브실	제수밸브실
	
이토밸브실	공기밸브실
이토밸브실	공기밸브실

▶ 환기구 등의 덮개

송수관로 환기구 등의 덮개는 시설물 출입구 및 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 차량 및 보행자 이동구간에 대부분 설치되어 있다. 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 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

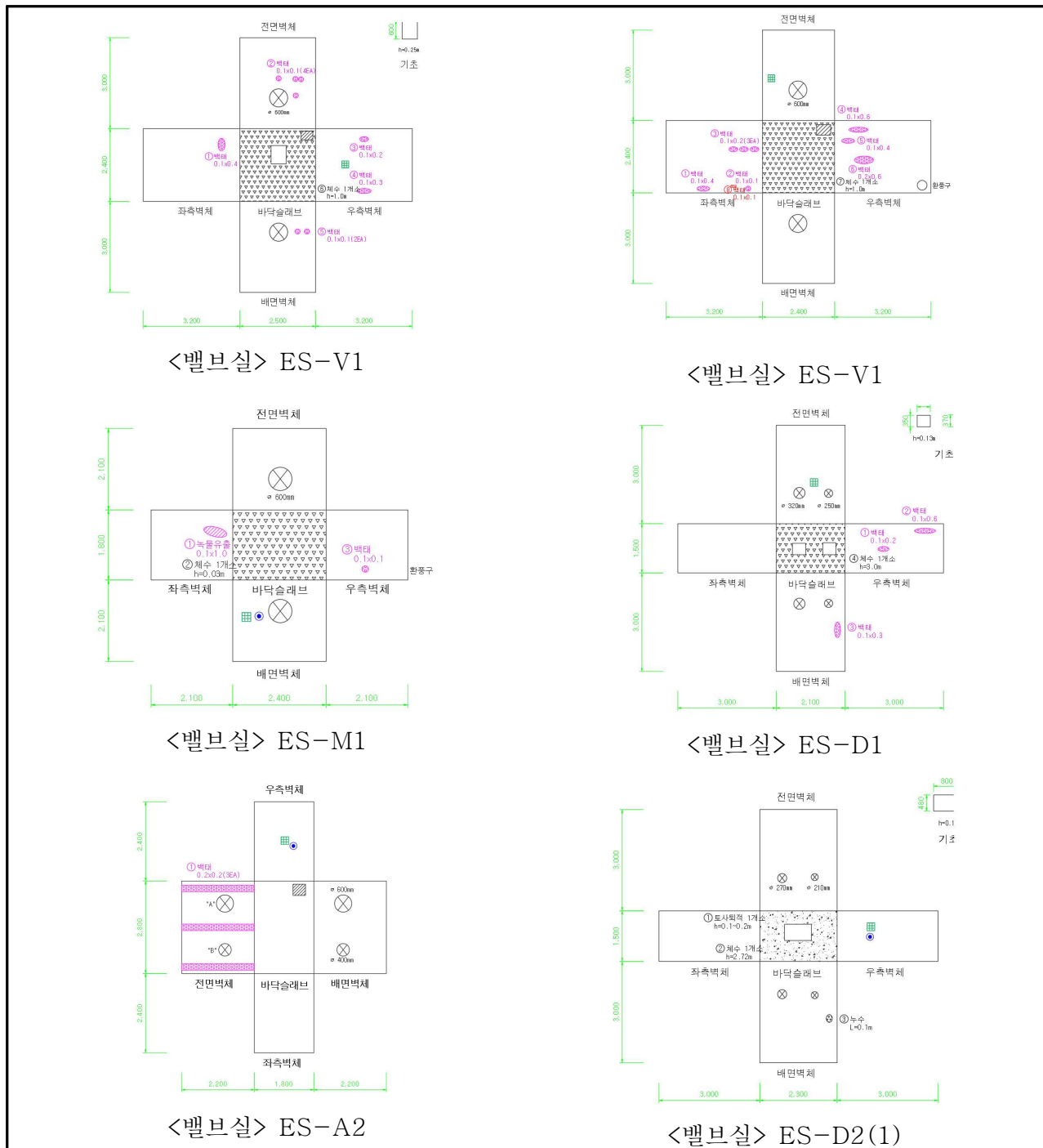
4.1 재료시험 위치 및 수량

4.2 재료시험 측정

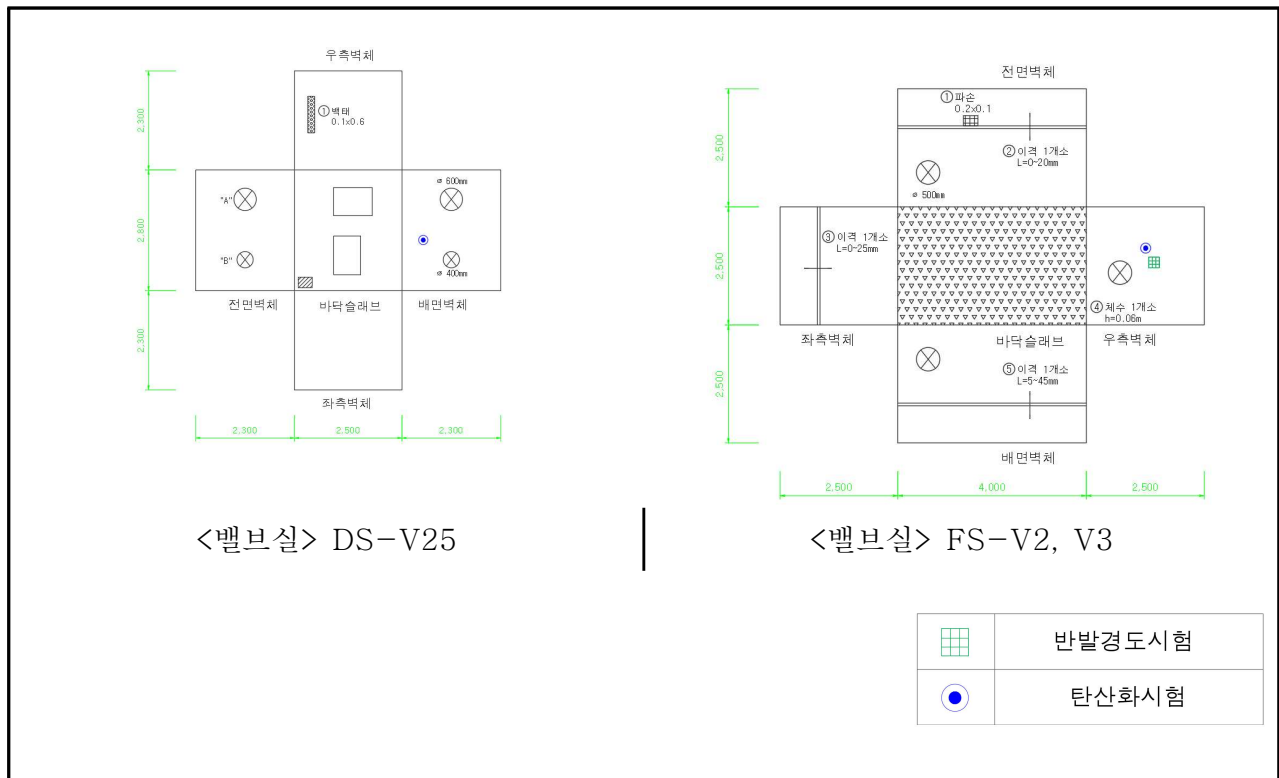
제4장 재료시험

4.1 재료시험 위치 및 수량

4.1.1 재료시험 위치도



【그림 4.1】 재료시험 위치도



【그림 4.1】 재료시험 위치도(계속)

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	—	—	—

※ 관대지전위차는 강관의 T/B에 한하여 실시하여야 하나 전기방식 미적용으로 실시하지 않음

※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편) -상수도(2023.12, 국토안전관리원)

【표 4.2】 재료시험 실시수량(반발경도, 탄산화)

관로계통	밸브실 개소	콘크리트 강도		탄산화 시험	
		기준	실시	기준	실시
화성봉담2	15	1	7	1	6



4.2 재료시험 측정

4.2.1 콘크리트 강도시험

가. 조사결과

반발경도시험 실시 결과, 평균압축강도는 밸브실 19.2~20.5MPa로 설계기준강도(밸브실 : 18.0MPa) 대비 강도율은 100% 이상으로 분석되었다.

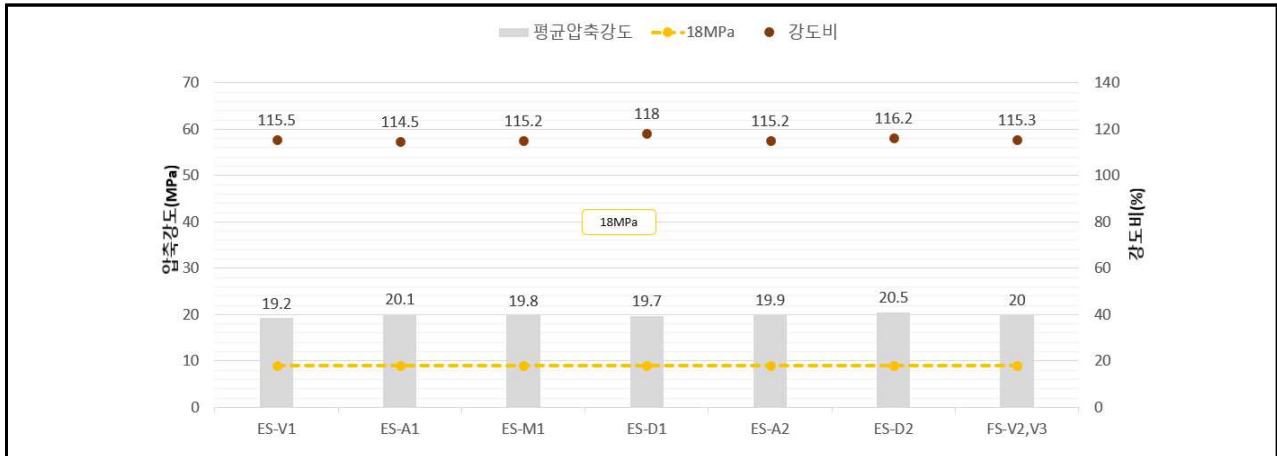
모든 부재의 추정압축강도가 설계기준강도의 100%를 상회하며, 외관조사 시 구조적으로 문제가 될 만한 손상이 발생하지 않은 것으로 조사되어 콘크리트의 강도에 특별한 문제점은 없는 것으로 판단된다.

【표 4.3】 콘크리트 강도시험 측정결과

관로 계통	밸브실 관리명	측정 부재	표면 상태	경도 (Ro)	추정압축강도(MPa)			설계기준 강도 (MPa)	강도율 (%)
					일본재료 학회식	일본건축 학회식	평균압축 강도		
화성봉담2	ES-V1	우측벽체	건전부	37.0	18.3	23.3	19.2	18.0	115.5
	ES-A1	전면벽체	건전부	36.7	18.0	23.2	20.1	18.0	114.5
	ES-M1	배면벽체	건전부	36.9	18.2	23.3	19.8	18.0	115.2
	ES-D1	전면벽체	건전부	37.7	18.8	23.6	19.7	18.0	118.0
	ES-A2	우측벽체	건전부	36.9	18.2	23.3	19.9	18.0	115.2
	ES-D2	우측벽체	습윤부 [비건전]	37.2	18.4	23.4	20.5	18.0	116.2
	FS-V2,V3	우측벽체	건전부	37.0	18.2	23.3	20.0	18.0	115.3

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

주2) 강도율(%) : 전차 결과치와의 비교를 위하여 대부분 동일한 위치에서 실시하였다.



【그림 4.2】 반발경도시험 측정결과 그래프(밸브실)

4.2.2 탄산화시험

가. 조사결과

탄산화 깊이 측정결과, 밸브실의 탄산화 깊이는 1.20~9.50mm로 측정되어, 밸브실의 탄산화 잔여깊이는 34.00~108.20mm로 분석되었다.

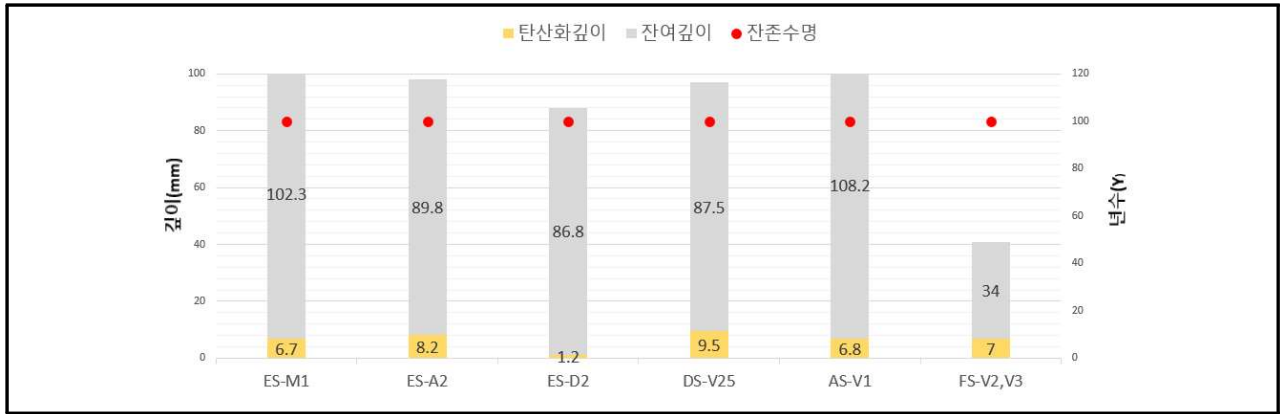
밸브실의 경우 탄산화 잔여깊이가 30.0mm로 분석되어 “a” 로 평가되어 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다.

【표 4.4】 탄산화시험 측정결과

관로 계통	밸브실 위치	측정 위치	표면 상태	철근 피복두께 (mm)	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도 계수	잔존 수명 (년)	평가 결과
화성봉담2	ES-M1	배면벽체	건전	109.00	6.7	102.30	2.369	100년 이상	a
	ES-A2	우측벽체	건전	98.00	8.2	89.80	2.899	100년 이상	a
	ES-D2	우측벽체	습윤부 [비건전]	88.00	1.2	86.80	0.424	100년 이상	a
	DS-V25	배면벽체	건전	97.00	9.5	87.50	3.359	100년 이상	a
	AS-V1	전면벽체	건전	115.00	6.8	108.20	2.404	100년 이상	a
	FS-V2,V3	우측벽체	건전	41.00	7.0	34.00	2.475	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】 탄산화시험 측정결과 그래프(밸브실)

4.2.3 관대지전위차 측정

관대지전위차는 전기방식이 적용되는 수도용 도복장 강관에 한하여 방식시설의 적정 운영과 관체 부식의 개연성을 판단하기 위하여 측정하나 본 현장의 관로시설은 DCIP로 전기방식 설비가 없으므로 시험을 실시하지 않았다.

4.2.4 전차 점검 결과와 비교·검토

【표 4.5】 점검 결과 비교·검토(내구성 시험)

구 분		2022년 정밀안전점검	2024년 정밀안전점검
토목 구조물 [밸브실]	콘크리트 강도시험 (MPa)	19.0 ~ 20.5 / (18.0)	19.2 ~ 20.5 / (18.0)
	탄산화시험 (mm) (깊이/잔여깊이)	1.0 ~ 9.0 / 33.8 ~ 103.5	1.20 ~ 9.50 / 34.00 ~ 108.20

- 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 4.6】 점검 결과 비교·검토(전위차)

구 분	2024년 -금회 정밀안전점검(mV)	평 가 내 용
관대지 전위차	-	- 전기방식이 적용되는 수도용 도복장 강관에 한하여 방식시설의 적정 운영과 관체 부식의 개연성을 판단하기 위하여 측정하나 본 현장의 관로시설은 DCIP로 전기방식 설비가 없으므로 시험을 실시하지 않았다.

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=500.0mm, L=956.00m			
복합부재명	상태평가	상태평가지수	규모(Sm')	계산값
A-1	b	4.03	72.39	291.72
A-2	b	4.04	115.32	465.91
합계(Σ)			187.71	757.63
1. 평가지수(E3) 최대값(Max.Value) =				4.03
2. 평가지수(E3) 최소값(Min.Value) =				4.04
3. $V1 = 0.3 * (Max - Min) =$				0.00
4. $V2 = \sum (E3 * S) / (5 * \sum S) =$				0.81
5. 개별시설상태평가지수(Ec) = $Min + V1 * V2 =$				4.03
6. 개별시설 상태평가 등급 =				b

5.1.2 복합시설물(5단계) 상태평가

【표 5.2】 복합시설물 상태평가표

복합시설명	송수관로					
개별시설명	평가결과	평가지수	조정계수	규모	조정값	계산값
화성봉담2(A구간)	b	4.03	2	187.71	375.40	1,512.90
화성봉담2(B구간)	b	4.26	2	501.36	1,002.70	4,271.50
화성봉담2(C구간)	b	4.23	2	171.81	343.60	1,453.40
화성봉담2(D구간)	a	5.00	1	74.61	74.60	373.00
화성봉담2(E구간)	a	5.00	1	27.57	27.60	138.00
합계(Σ)				963.06	1,823.90	7,748.80
1. 복합시설평가지수(E5) = $\sum (E4 * A * W) / \sum (A * W) =$						4.25
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	4.25	2	963.06	1,926.10	8,185.90
합계(Σ)				963.06	1,926.10	8,185.90
1.복합시설평가지수(E5)=Σ(E4*A*W)/Σ(A*W)=						4.25
2. 복합시설 종합평가 등급 =						B

5.1.4 종합시설물(7단계) 상태평가

【표 5.4】종합시설물 상태평가표

종합시설명	화성봉담2 지구외 배수지 송수관로					
통합시설명	평가결과	평가지수	조정계수	중요도	조정값	계산값
관로시설물	B	4.25	2	100.0	200.0	850.0
합계(Σ)				100.0	200.0	850.0
1.복합시설평가지수(E5)=Σ(E4*A*W)/Σ(A*W)=						4.25
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	4.25	4.25
평가등급	B등급	B등급
검토결과	전차 점검결과와 비교결과, 안전등급은 전차점검과 동일한 B등급으로 확인되었으며, 평가지수 또한 유사하게 분석되었다. ES-V1, ES-A1, ES-M1, ES-D1(1), (2), ES-A2 6개소 밸브실에 대한 보수가 실시되었으나, 대부분 표면손상 위주의 보수공사이며, 금회 특이할만한 신규 손상은 발생은 크게 없는 상태로 동일하게 분석된 것으로 판단된다.	

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 위협이 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

구분	손상 및 결함	단위	보수·보강 방안	수량	시행순위
ES-V1	체수	EA	주기적 양수 [유지관리]	1.00/1	—
	박락[신규]	m ²	단면보수	0.16/1	2
ES-A1	백태	m ²	표면보수	0.01/1	2
	체수	EA	주기적 양수 [유지관리]	1.00/1	—
ES-M1	체수	EA	주기적 양수 [유지관리]	1.00/1	—
	부식	m ²	도장보수	0.15/1	2
ES-D1 (1), (2)	체수	EA	주기적 양수 [유지관리]	2.00/2	—
	토사퇴적	EA	유지관리(청소)	1.00/1	2
	부식	m ²	도장보수	0.25/2	2
ES-A2	부식	m ²	도장보수	3.10/2	2
ES-D2 (1), (2) [상부 토사매물] 하천 주변	체수	EA	양수	2.00/2 -전차물량	1
	토사퇴적	EA	유지관리(청소)	2.00/2 -전차물량	2
	누수	m	표면보수	0.10/1 -전차물량	2
	상부 토사매물	m ²	토사물 제거	35.00/1	1
DS-V25	백태	m ²	표면보수	0.22/2	2
	부식	m ²	도장보수	5.00/4	2

【표6.1】 관로 보수·보강 방안 현황표(계속)

구분	손상내용	단위	보수·보강 방안	수량	시행순위
DS-D1 (1), (2)	백태	m ²	표면보수	0.05/2	2
	체수	EA	주기적 양수 [유지관리]	2.00/2	—
	부식	m ²	도장보수	0.33/2	2
AS-V1	녹물유출	m ²	표면보수	0.01/1	2
	체수	EA	주기적 양수 [유지보수]	1.00/1	—
	부식	m ²	도장보수	3.14/2	2
FS-D2	체수	EA	주기적 양수 [유지보수]	1.00/1	—
	균열(0.3mm 이상)	m	주입보수	0.60/1	1
	부식	m ²	도장보수	1.41/1	2
FS-A2,V4	부식	m ²	도장보수	0.78/2	2
FS-D1	체수	EA	주기적 양수 [유지보수]	1.00/1	—
	토사퇴적	EA	유지관리(청소)	1.00/1	2
FS-V2, V3	부식	m ²	도장보수	2.75/2	2
	이격[경미]	개소	주의관찰	3.00/3	—
	철근노출	m ²	단면보수(방청)	0.03/1	1
	체수	개소	주기적 양수 [유지보수]	1.00/1	
	파손	m ²	단면보수	0.02/1	2
FS-A1	체수	개소	주기적 양수 [유지관리]	1.00/1	—
FS-V1	체수	개소	주기적 양수 [유지관리]	1.00/1	—

6.2 보수·보강 개략공사비

【표6.1】 관로시설 보수·보강 개략 순공사비(계속)

부재명	손상내용	보수 단위	손상 물량	보수 물량	보수보강 방안	단가(원)	공사비	우선 순위
ES-V1	박락[신규]	m ²	0.16	1.0	단면보수	111,354	111,354	2
ES-A1	백태	m ²	0.01	1.0	표면보수	66,524	66,524	2
ES-M1	부식	m ²	0.15	1.00	도장보수	50,000	50,000	2
ES-D1 (1), (2)	토사퇴적	EA	1.00	1.00	유지관리(청소)	10,000	10,000	2
	부식	m ²	0.25	1.00	도장보수	50,000	50,000	2
ES-A2	부식	m ²	3.10	3.72	도장보수	50,000	186,000	2
ES-D2 (1), (2) [상부 토사매몰] 하천 주변	채수	식	2.00	1	양수	200,000	200,000	2
	토사퇴적	EA	2.00	2.00	유지관리(청소)	10,000	20,000	2
	누수	m	0.10	1.00	표면보수	66,524	66,524	2
	상부 토사매몰	m ²	35.00	42.00	토사물 제거	20,000	840,000	1
DS-V25	백태	m ²	0.22	1.00	표면보수	66,524	66,524	2
	부식	m ²	5.00	6.00	도장보수	50,000	300,000	2
DS-D1 (1), (2)	백태	m ²	0.05	1.00	표면보수	66,524	66,524	2
	부식	m ²	0.33	1.00	도장보수	50,000	50,000	2
AS-V1	녹물유출	m ²	0.01	1.00	표면보수	66,524	66,524	2
	부식	m ²	3.14	3.77	도장보수	50,000	188,500	2

※ES-D2(1) 밸브실 누수의 경우 전차점검 시 확인된 기존 손상이며, 현재 상부 토사유입으로 인하여 내부진입이 불가능한 상태이다. 따라서 해당 손상에 대한 현황 및 사진은 전차 정밀안전점검(2022)년 보고서를 참고하여 판단하였으며, 그 결과, 누수상태는 경미한 상태로 확인되어 표면보수 방안을 선정하였다.

【표6.1】 관로시설 보수·보강 개략 순공사비(계속)

부재명	손 상 내 용	보수 단위	손상 물량	보수 물량	보수보강 방안	단가(원)	공사비	우선 순위
FS-D2	균열(0.3mm 이상)	m	0.60	1.00	주입보수	23,214	23,214	1
	부식	m ²	1.41	1.69	도장보수	50,000	84,500	2
FS-A2,V4	부식	m ²	0.78	1.00	도장보수	50,000	50,000	2
FS-D1	토사퇴적	EA	1.00	1.00	유지관리(청소)	10,000	10,000	2
FS-V2, V3	부식	m ²	2.75	3.30	도장보수	50,000	165,000	2
	철근노출	m ²	0.03	1.00	단면보수(방청)	360,000	360,000	1
	파손	m ²	0.02	1.00	단면보수	111,354	111,354	2
순 공 사 비			1순위			1,223,214		
			2순위			1,919,328		
제 경 비 (순공사비의 50%)						1,571,271		
총공사비(단기 및 장기)						4,713,813		

※1.각 손상물량별로 추가보수 등 여유수량을 감안하여 할정을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외함.

· 보수시 시공성 및 효율성을 고려하여 보수물량은 손상물량에 20%를 할증함.

· 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만)는 길이(L) x 0.25

2. 개략공사비는 현장 여건에 따라 증감이 될 수 있음.

3. 보수·보강방안이 주의관찰인 손상은 제외함.

4. 공사 시 경제적인 측면을 고려하여 손상 중 발생정도가 아주 경미하고 구조적인 문제가 없는 손상은 제외하였음.

5. 손상물량이 1.0m²미만인 손상들은 보수재료의 단가보다 적게 산정되므로 보수물량을 1.0m²으로 산정하였음.

6.3 유지관리 방안

【표 6.2】 중점 유지관리 방안

부 재	점 검 항 목	금회 주요 손상사진
밸브실	- 밸브실 내에 박락, 파손, 철근노출이 조사됨	
	밸브실 내부에서 조사된 박락, 파손 철근노출의 경우 시공미흡(피복부족, 다짐미흡), 공용시 장비투입에 따른 충격에 의한 손상으로 방치시 2차적인 손상 발생 및 손상 진전의 우려가 이므로 내구성 확보 및 유지관리 차원에서의 면보수(단면보수, 단면보수(방청))을 통한 유지관리가 필요한 상태이다.	
	-ES-D2(1), (2) 상부 토사매몰이 조사됨	
	이는 장마철 집중호우 시 수위강하로 인한 유수작용에 의해서 유실된 토사물이 적재되어 매몰된 것으로 추정되며 현재 이로인하여 내부의 접근이 불가능한 상태이므로 조속한 조치가 필요한 상태임 추후 조치실시 후에도 해당 밸브실의 경우 하천 구간에 위치하므로 중점적인 주의관찰이 필요함	
	-밸브 내부 배관/밸브 설비 부식이 조사됨	
	밸브실에서 조사된 배관/밸브 설비 부식의 경우 내부 침수로 인하여 공용기간 경과에 따라 부식이 진행된 상태로 설비의 내구성 증대를 위한 도장보수가 필요한 상태임	

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
A(01)	500	DCIP	368.66	2016	8	A (10년미만)
A(02)	500	DCIP	587.34	2016	8	A (10년미만)
B(01)	500	DCIP	494.00	2016	8	A (10년미만)
B(02)	500	DCIP	233.63	2016	8	A (10년미만)
B(03)	500	DCIP	1,819.77	2016	8	A (10년미만)
C(01)	500	DCIP	368.66	2017	7	A (10년미만)
C(02)	500	DCIP	587.34	2017	7	A (10년미만)
D(01)	500	DCIP	494.00	2016	8	A (10년미만)
E(01)	500	DCIP	233.63	2015	9	A (10년미만)

- ▶ 경과년수에 대한 검토 시 2015(E구간), 2016(A, B, D), 2017(C구간)년 준공 이후 7~9년동안 공용되고 있으며 경과년수가 10년 미만이므로 A등급으로 평가되었다.

7.1.3 관로 동결심도 검토

동결심도 검토는 실시설계 자료를 확인 검토하였으며 관의 매설깊이는 『상수도 설계기준 (2022, 환경부)』에서와 같이 관경 900mm이하는 120cm 이상, 관경 1,000mm 이상은 150cm 이상으로 매설심도를 제시하고 있으며, 관의 매설깊이는 동결심도보다 깊게 하도록 하고 한랭지에서는 동결심도보다 깊게 매설하도록 규정하고 있다.

구 분	상수도시설기준	동결심도	적 용	비 고
	노면하중고려시			
송·배수관로	120cm	112cm	120cm	양호

▶ 이와 같은 기준을 고려하여 서울지역 측후소의 동결지수로 도로포장설계 시공지침에 의한 완전방지법으로 본 과업대상지역의 동결심도를 검토한 결과 92cm로 검토되었으며, 20cm의 여유고를 고려하여 112cm이면 동결깊이는 충족하지만 최근 동절기 한파 영향 때문에 수도관의 동파로 인한 민원발생이 증가하여 기종관 연결구간을 제외하고는 과업구간의 최소토피는 송수관로는 120cm로 계획 설치한 것으로 검토되었다.

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.

▶ A구간 관로

- A-1구간(No.0+00 ~ 18+8.66, L=368.66m)은 기존 상수관로(화성1송수 D1, 200)(No.0+00) 연결부에서 천천리 지하차도를 지나 도로를 횡단한 후 ES-A2까지 인도, 도로 및 하천을 횡단하여 매설되어있다.
- 설계 도면과 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.
- A-1구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

- A-2구간(No.18+8.66 ~ 47+16.00, L=587.34m)은 ES-A2부터 인도를 따라 매설되었으며 상리교 하부의 하천을 횡단하여 DS-V25까지 매설되어 있다.
- A-2구간(No.18+8.66 ~ 47+16.00, L=587.34m)은 ES-A2부터 인도를 따라 매설되었으며 상리교 하부의 하천을 횡단하여 DS-V25까지 매설되어 있다.

▶ B구간 관로

- B-1구간(No.47+16.00~72+16.00, L=494.00m)은 DS-V25(No.47+16.00)에서 시작하여 송·배수통합밸브실(No.72+16.00)까지 주변 보도 및 나대지에 매설되어있다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.
- B-2구간(72+16.00 ~ 84+9.63, L=233.63m)은 송·배수통합밸브실 (No.72+16.00)에서 시작하여 도로를 횡단하여 보도부에 매립되어 No.84+9.63(수평곡관)까지 설치되어 있다.
- B-2구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- B-3구간(No.84+9.63 ~ 175+9.4, L=1,819.77m)은 차도를 횡단하여 No.175+9.4(B구간 중점)까지 인도 및 나대지에 매설되어있다.
- B-3구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

▶ C구간 관로

- C-1구간(No.175+9.40 ~ 202+4.11, L=534.71m)은 상리교차로(No.175+9.40)를 출발하여 장안대교차로 상부를 통과하여 봉담가압장을 지나 FS-A1(No. 202+4.11)까지 나대지, 도로 횡단, 인도에 매설되어있다.

- C-1구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 차량 반복 하중에 의한 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.
- C-2구간(No.202+4.11 ~ 219+4.40, L=340.29m)은 FS-A1(No. 202+4.11)를 출발하여 국도43선과 나란히 인도 및 나대지에 No219+4.40(C구간 종점)까지 매설되어있다.

▶ D구간 관로

- D구간(No.No.219+4.40 ~ 238+4.40, L=380.00m)은 국도43호선을 인도 및 나대지에 매설되어있다.
- 설계자료와 비교·분석 결과, 전반적인 매설환경 및 토지이용 현황은 유사한 것으로 확인되었다.

▶ E구간 관로

- E구간(No.238+4.40 ~ 245+4.83, L=140.43m)은 GS주유소 앞(No.238+4.40)부터 가압장(No.245+4.83)까지 인도 및 도로횡단부, 도로에 매설되어있다.
- E구간은 교통하중이 발생하는 구간이며, 물비침과 지반침하 등은 관찰되지 않아 관로 누수발생은 없는 것으로 사료되나, 공사 중 중차량 통행으로 인한 반복 하중 손상에 대비하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

7.1.5 밸브실 외관조사 결과

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 밸브실 점검결과 구조물 내부, 밸브실 및 배관에 중대결함은 없는 것으로 조사되었다 다만, ES-D2(1), (2) 밸브실 상부에서 토사매몰이 조사되었다. 이는 장마철 집중호우 시 수위강하로 인한 유수작용에 의해서 유실된 토사물이 적재되어 매몰된 것으로 추정되며 현재 이로인하여 내부의 접근이 불가능한 상태이므로 조속한 조치가 필요한 상태이다. 그 외 밸브실 내부에서 조사된 손상 들의 경우 대부분 공용 중 환경적인 요인 시공초기 건조수축 및 수화열, 시공미흡(피복부족, 다짐미흡)에 의한 균열, 백태, 이격, 박락 등의 손상이 조사되어 손상별 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

한편, ES-V1, ES-A1, ES-M1, ES-D1(1), (2), ES-A2 6개소 밸브실의 경우에는 2023년 05월에 백태 및 녹물유출에 대한 보수가 실시된 상태로 대체로 양호한 상태로 조사되었다.

7.1.5 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. 화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 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

발경도시험 실시 결과, 평균압축강도는 밸브실 19.2~20.5MPa로 설계기준강도(밸브실 : 18.0MPa) 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.

탄산화 깊이 측정결과, 밸브실의 탄산화 깊이는 1.20~9.50mm로 측정되어, 밸브실의 탄산화 잔여깊이는 34.00~108.20mm로 분석되었다.

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

7.2.2 관대지전위차 측정

관대지전위차는 전기방식이 적용되는 수도용 도복장 강관에 한하여 방식시설의 적정 운영과 관체 부식의 개연성을 판단하기 위하여 측정하나 본 현장의 관로시설은 DCIP로 전기방식 설비가 없으므로 시험을 실시하지 않았다.

7.3 상태평가 및 안전등급

종합적으로 평가한 결과, 관로시설물의 종합평가 점수는 B등급(4.25)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

종합적으로 평가한 결과, 관로시설물의 종합평가 점수는 B등급(4.25)으로 평가되었다. 따라서 [보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태] B등급으로 평가되었다.

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 1.0m 이상 침수가 33.3%인 것으로 확인되어 주기적인 양수 및 청소가 필요할 것으로 사료되며, 특히 ES-D2(1), (2) 밸브실 상부에서 토사 매몰의 경우 구조물에 주는 영향은 크지 않을 것으로 판단되나, 내부의 진입이 불가능한 상태이므로 조속한 조치가 필요한 상태이다.

7.5 종합결론

화성봉담2 지구외 배수지 송수관로 송수관로에 대한 정밀안전점검 결과, 시설물의 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.