

제 2 장 공급시설의 안정화계획

1.0 관로의 복선화

1.1 개요

상수도 관로시설은 도수관로, 송수관로, 배수관로, 급수관로로 구성되며 이중 배·급수관로는 격자형 관망으로 구성된 경우 일부분에 이상이 생겨도 용수공급에 지장이 없으나, 도·송수관로는 대부분 수지상식으로 구성되어 있어 기존관로 개·대체 시행 또는 파손으로 인한 복구 시 용수공급에 어려움이 발생된다.

도심구간에는 지하공간의 포화로 관매설 및 노후관 교체시 부지확보의 어려움이 있고, 도시 외곽 지역도 도시의 팽창, 토지이용계획의 변경 등으로 인해 장래 교체 부지확보에 어려움이 발생할 것으로 예상된다. 따라서 용수공급의 안정성, 노후관 교체, 유지관리 및 장래 토지이용계획 등을 고려하여 기존시설뿐 아니라 계획시설 또한 체계적인 안정화 계획을 수립하여야 하며 안정화 계획은 최근 복선화 계획을 통한 안정화 방안이 우선적으로 검토되고 있다.

1.2 관로의 복선화

1.2.1 관련계획

가. 상수도 공급망 연계체계 구축 기본계획 수립을 위한 조사 보고서('15.12, 환경부)

상수도 공급망 연계체계 구축('15.12)의 사고 시나리오 분석은 먼저 지자체의 각종 통계자료와 지자체 설문조사를 통하여 현황조사를 실시하였으며, 조사된 자료를 바탕으로 인접지자체의 시설현황을 비교 분석하였다. 공급계통도를 작성하여 비상시 최소필요량과 연계공급가능량을 산정한 후, 시설의 연계가능여부를 판단하기 위한 검토자료로 활용하였다. 수도사고 세부 시나리오를 도출하여, 연계가능량과 무단수 공급효과 등을 검토한 후, 연계거리, 연계효율, 연계량, 지역적 여건 등의 판단기준을 통하여 대응시설을 최종선택 하였다. 그리고 나서 모식도와 계획평면도를 통하여 시설계획을 수립하였다.

청주시의 사고 시나리오 28개를 도출 하였으며, 최종 선정된 26개의 시나리오에 대하여 세부 검토를 수행하였다. 세부 검토결과 복선화시설 16개소, 연계시설 5개소(지자체내:5개소)를 최종 선정하였으며, 이에 따른, 총사업비는 67,491백만원이 소요될 것으로 검토되었다. 청주시 최종 선정 대응시설에 대한 세부내용은 다음과 같다.

<표 2.1-1> 대응시설 분석 결과

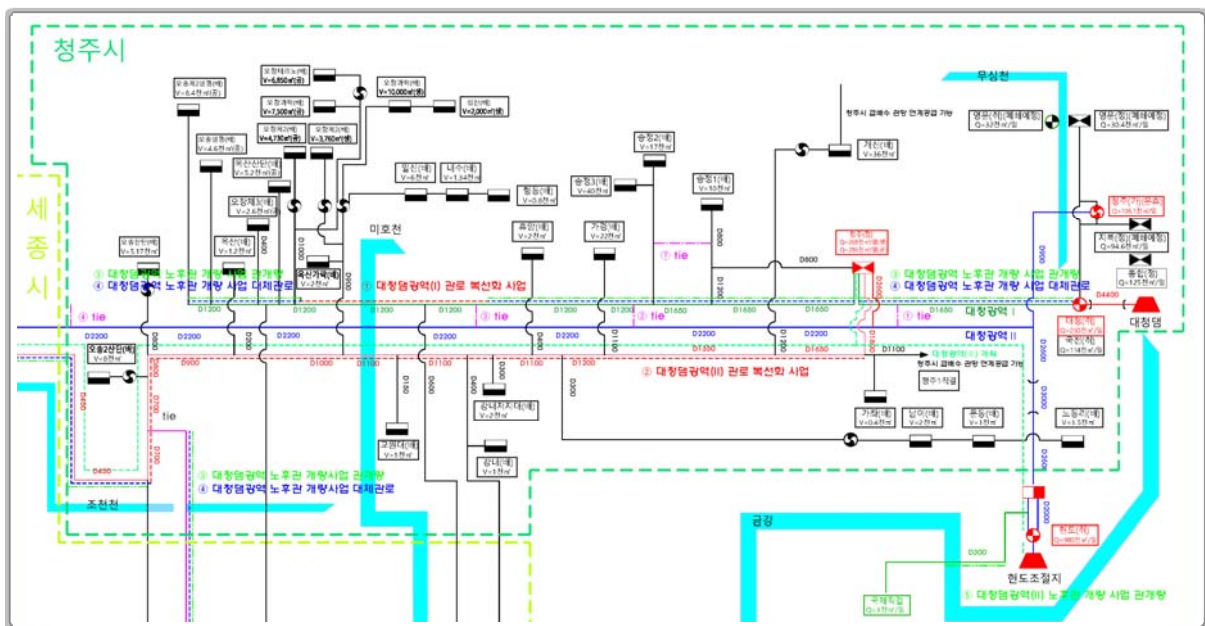
시나리오 구분	무단수 방안	공급측		구간 (공급~수수)	수수측		시설제원	사업비 (백만원)	무단수 인구 (인)
		광역/지방	지자체		광역/지방	지자체			
계								67,491	755,288
case-1	복선화	광역	청주시	청주광역시(정)→개신(배)	지방	청주시	관로:D1000,L=2.7km 펌프:-	3,709	255,498
case-2	복선화	광역	청주시	청주광역시(정)→가경(배)	지방	청주시	관로:D1000,L=0.1km 펌프:-	145	137,277
case-3	연계	지방	청주시	가경(배)→남이(배)	지방	청주시	관로:D300,L=9.5km 펌프:0.8m ³ /분,H=58m	3,763	12,781
case-4	복선화	지방	청주시	남이(배)→문동(배)	지방	청주시	관로:D300,L=3.7km 펌프:-	1,383	8,231
case-5	복선화	지방	청주시	문동(배)→가덕(노동)(배)	지방	청주시	관로:D250,L=7.6km 펌프:-	2,570	4,709
case-7	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정) →강내저지대(배)	지방	청주시	관로:D300,L=0.9km 펌프:-	339	5,859
case-8	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정) →옥산산단분기	지방	청주시	관로:D900,L=7.3km 펌프:-	8,234	80,529
case-10	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정) →오창2산단분기	지방	청주시	관로:D900,L=5km 펌프:-	5,639	79,978
case-11	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정) →오창(일신)(배)	지방	청주시	관로:D450,L=7.9km 펌프:-	4,230	40,173
case-12	연계	지방	청주시	울랑(배)→형동분기	지방	청주시	관로:D300,L=7.1km 펌프:0.56m ³ /분,H=14m	2,835	8,655
case-13	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정)→형동(배)	지방	청주시	관로:D300,L=4.2km 펌프:-	1,570	3,123
case-14	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정)→내수(배)	지방	청주시	관로:D400,L=0.7km 펌프:-	351	5,532
case-15	복선화	지방	청주시	오창2산단분기 →오창산단(배)	지방	청주시	관로:D900,L=2.4km 펌프:-	2,759	39,805
case-17	연계	지방	청주시	오송산단(배)→옥산(배)	지방	청주시	관로:D200,L=8.1km 펌프:-	2,433	7,278
case-18	복선화	광역	청주광역시	청주광역시(정) →오송산단(배)	지방	청주시	관로:D500,L=2.3km 펌프:-	1,359	18,788
case-21	연계	지방	청주시	가경(배)→지북분기점	지방	청주시	관로:D800,L=7.4km 펌프:13.7m ³ /분,H=24m	9,766	222,113
case-22	복선화	지방	청주시	지북분기점→금천(배)	지방	청주시	관로:D1100,L=6.3km 펌프:-	9,575	160,498

<표 계속>

시나리오 구분	무단수 방안	공급측		구간 (공급-수수)	수수측		시설제원	사업비 (백만원)	무단수 인구 (인)
		광역/지방	지자체		광역/지방	지자체			
case-23	복선화	지방	청주시	금천(배)→용정(배)	지방	청주시	관로:D300,L=2km 펌프:-	748	9,229
case-24	복선화	지방	청주시	지북분기점→지북(배)	지방	청주시	관로:D800,L=0.2km 펌프:-	203	79,134
case-25	연계	지방	청주시	지북(배)→울랭(배)	지방	청주시	관로:D400,L=9.2km 펌프:3.19m ³ /분,H=52m	5,566	25,865
case-28	복선화	지방	청주시	미원(취)→미원(정)	지방	청주시	관로:D100,L=1.3km 펌프:-	313	1,781

나. 전국수도종합계획 중 대청댐계통 광역상수도 복선화 사업(안)

전국수도종합계획에서 대청댐광역 노후관 개량과 관로 복선화 사업을 계획중이다. 공업용수 개량과 복선화인 ①대청댐광역(Ⅰ)관로 복선화와 ③,④의 노후관 개량, 대체관로 설치사업과 생활용수 복선화인 ②대청댐광역(Ⅱ)관로 복선화 계획으로 이루어져 있다.



<그림 2.1-1> 대청댐계통 광역상수도

다. 관련계획 적용

상수도 공급망 연계체계 구축 보고서 계획 및 전국수도종합계획에서 계획한 복선화 및 비상연계 계획을 비교·검토하여 청주시 수도정비에 필요한 복선화 계획을 구분하여 반영하였다.

1.2.2 복선화 기준설정

전절에서 언급된 관련 계획을 비교·검토하여 계획을 수립하고, 기본적인 복선화 계획은 「2025 수도정비기본계획(광역상수도 및 공업용수도)변경(2015, 국토교통부)」에서는 광역상수도 및 공업용수도 시설을 대상으로 한 안정화 계획 기준을 정립하여, 그에 따른 사업계획을 수립하였다. 청주시의 도·송수관로는 광역상수도 대비 관경 등 그 규모가 다소 작아 광역상수도 기준을 적용하기 어려우나 원칙적으로 단일관로는 복선화를 하는 것이 안정화의 기본 방침이므로 청주시 지방상수도 시설에 대한 관로 복선화 계획을 검토·수립하였다.

본 계획의 복선화 계획기준은 「2025 수도정비기본계획(광역상수도 및 공업용수도)변경(2015, 국토교통부)」의 기준을 준용하여 계획하였다.

가. 대상선정 기준검토

다음과 같은 절차로 수용가 단수 여부를 검토하였으며 실제 단수가 발생하는 구간을 관로 복선화 대상으로 선정하였다.

<표 2.1-2> 관로복선화 사업대상 선정절차

공정	검토기준	관로복선화 사업대상 선정 검토 절차
배수지, 저수조, 정수지 저류량	·운영수위가 불명확하거나 장래 계획배수지의 경우 90%(2019 운영수위 평균값) 적용	관로사고시 수용가 단수량 산정 YES 단수발생 NO
비상연결관로 연계량	·광역-광역, 광역-지방간 비상 연결관로가 긴급복구시간 동안 공급가능한 비상 급수량 적용	배수지, 저수조, 정수장 정수지 저류량 적용 YES 단수발생 NO 비상연결관로 연계량 적용 YES 단수발생 NO
급수차 공급물량	·각 배수지별 급수차 진입가능 대수, 급수차 용량 조사후 적용	급수차 공급물량 적용 YES 단수발생 NO 관로복선화 사업대상 선정

단수여부 판단을 위해 사고발생시 관경별 관로 긴급복구 표준시간은 다음과 같이 적용하였다.

<표 2.1-3> 관로긴급복구 표준시간

300mm미만	400mm	500mm	600mm	700mm	800mm	900mm	1000mm	1100mm	1200mm
10hr	11hr	12hr	13hr	14hr	15hr	16hr	18hr	19hr	20hr

나. 관로복선화 기준

「상수도설계기준(2017,환경부)」에서 도·송수시설은 1일평균급수량 수준의 비상공급이 가능하도록 복선화 공급능력 기준을 제시하고 있으나, 본 계획에서는 장기간 개량공사에도 용수공급에 지장이 없고, 사고시 직결급수구역에도 중단없이 용수공급을 위해 수요처의 1일최대급수량 공급이 가능하도록 「2025 수도정비기본계획 변경(광역상수도 및 공업용수도)변경(2015, 국토교통부)」의 기준과 동일하게 복선화 공급능력을 결정하였다.

<표 2.1-4> 복선화 공급능력 기준

검토기준	관로복선화 사업대상 선정 검토 절차
<ul style="list-style-type: none"> ·일최대급수량 기준 단열관로의 관경을 등치관으로 계획 ·단, 연결관을 통해 일최대급수량 공급이 가능하도록 계획 	<ul style="list-style-type: none"> ·적정 관경보다 큰 관경 적용시 사업비 과다 및 유속저하로 수질문제 발생우려 → 일최대수요량 기준 적용 및 연결관 연계를 통한 관경 최적화
<p>·신규관로</p>	<p>·기존관로</p>

1.2.3 복선화 대상시설

배수지 저류량, 비상연결관로 연계량을 고려하여 기존관로의 도·송수관로 복선화를 계획하였다.

<표 2.1-5> 관로 복선화 총괄

구분	관로제원						공사비 (백만원)	비고
	관경(mm)	연장(m)	1단계	2단계	3단계	4단계		
합계		130,457	12,334	-	12,341	105,782	154,597	
배수지 복선화	300	18,973	-	-	-	18,973	12,148	문동, 노동, 오창소, 강내저지대, 내수, 세교
	350	14,632	-	-	-	14,632	10,076	남이, 옥산
	450	7,641	-	-	-	7,641	6,343	일신
	500	2,320	-	-	-	2,320	2,053	오송산단
	600	1,620	-	-	-	1,620	1,620	오창산단
	800	4,054	-	-	-	4,054	5,996	율량
	1000	2,184	-	-	-	2,184	4,239	개신
	1200	827	-	-	-	827	2,102	개신
	1650	88	-	-	-	88	353	가경
주간선 복선화	300	10,542	-	-	-	10,542	6,750	일신~내수분기
	700	9,339	-	-	-	9,339	11,714	지북~율량
	900	12,334	12,334	-	-	-	20,892	강내분기~오창
공업 복선화	300	16,218	-	-	-	16,218	10,384	오창~일신~북이산단
	900	9,563	-	-	-	9,563	16,198	강내분기~옥산산단
	1000	12,341	-	-	12,341	-	23,953	강내분기~오창산단
	1200	7,781	-	-	-	7,781	19,776	광역~송정3

가. 연계가능량 및 최소 필요량 산정 기준

① 취·정수장시설의 연계가능량(m³/일) :

- 취·정수시설은 수도시설의 기본시설로 일정한 예비능력을 확보함으로써 시설개량이나 사고시에도 기존 급수구역에 안정적인 계획용수량을 확보할 수 있어야 함
- 2019년 기준 전국 취수장의 가동률은 62.4%, 정수장의 가동률은 75.3%로 각 지자체별 취·정수시설별로 여유있는 예비능력을 파악하고, 활용하여 비상시 공급가능한 연계가능량을 산정

$$\text{연계가능량} = \text{시설용량(m}^3\text{/일)} - \text{일평균급수량(m}^3\text{/일)}$$

② 배수지시설의 연계가능량(m³/일) :

- 지자체별 배수지의 시설용량에서 급수구역에 공급하는 일평균급수량을 제외한 여유량을 활용하여 인근 수도시설에 비상시 공급가능한 연계가능량 산정

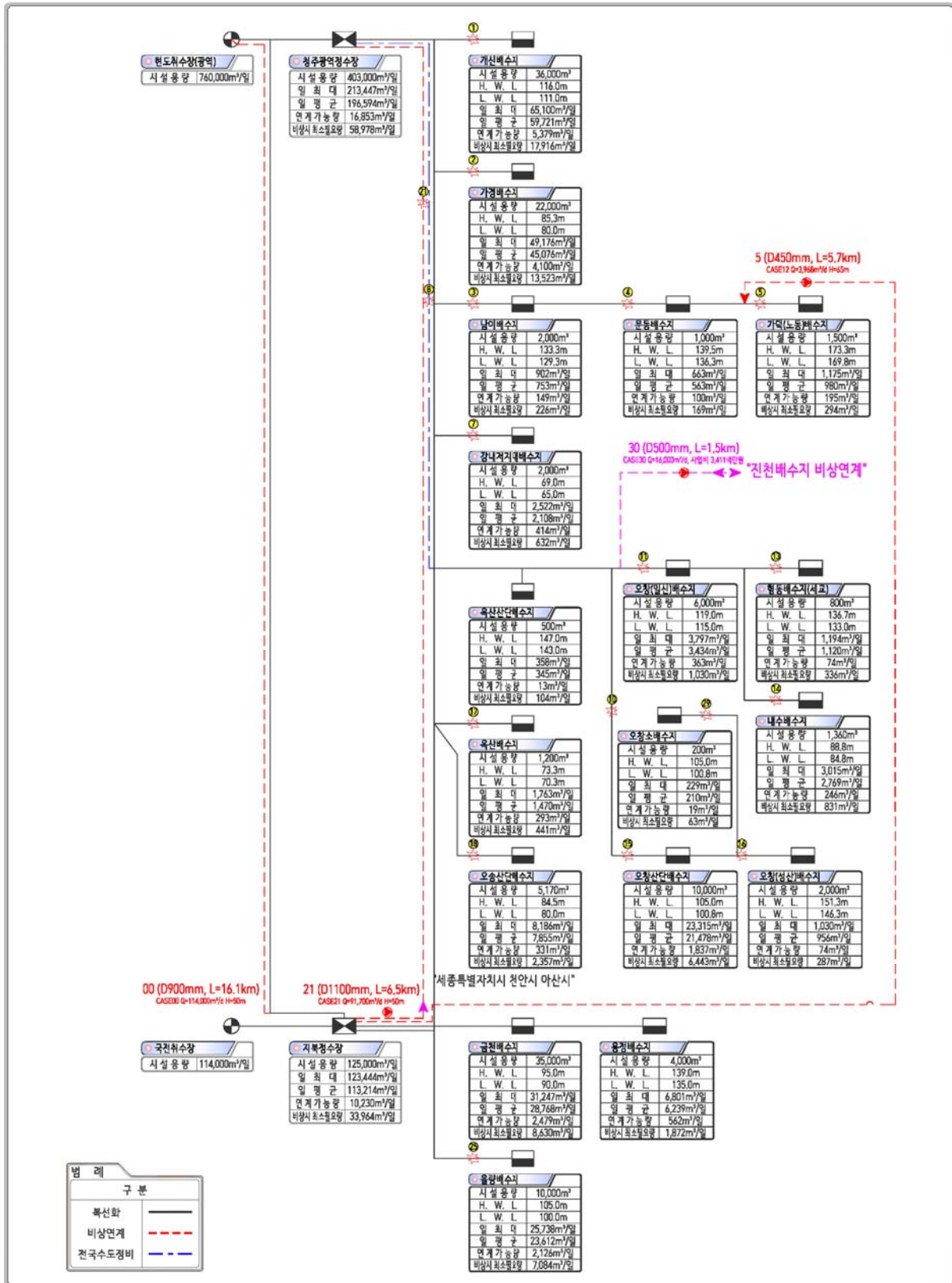
$$\text{배수지 연계가능량} = \text{배수지 시설용량(m}^3\text{/일)*} - \text{일평균급수량(m}^3\text{/일)}$$

* 배수지 급수량 실적 규모에 맞게 정수장 시설용량을 배분하여 적용

③ 수수측 최소필요량(m³/일) : 일평균급수량의 30%*

- 『재난 및 안전관리 기본법 시행규칙(별표1의2), 응급조치에 사용할 장비 및 인력의 지정 대상 및 관리기준』에 따라 비상시 지방상수도가 확보해야 하는 식·용수 공급능력을 고려하여 수수측 최소필요량은 일평균급수량의 30%로 산정

* 비상시 지방상수도가 확보해야하는 식·용수 공급능력 고려(재난 및 안전관리기본법에서 준용)



<그림 2.1-3> 사고 시나리오 모식도

2장 공급시설의 안정화계획

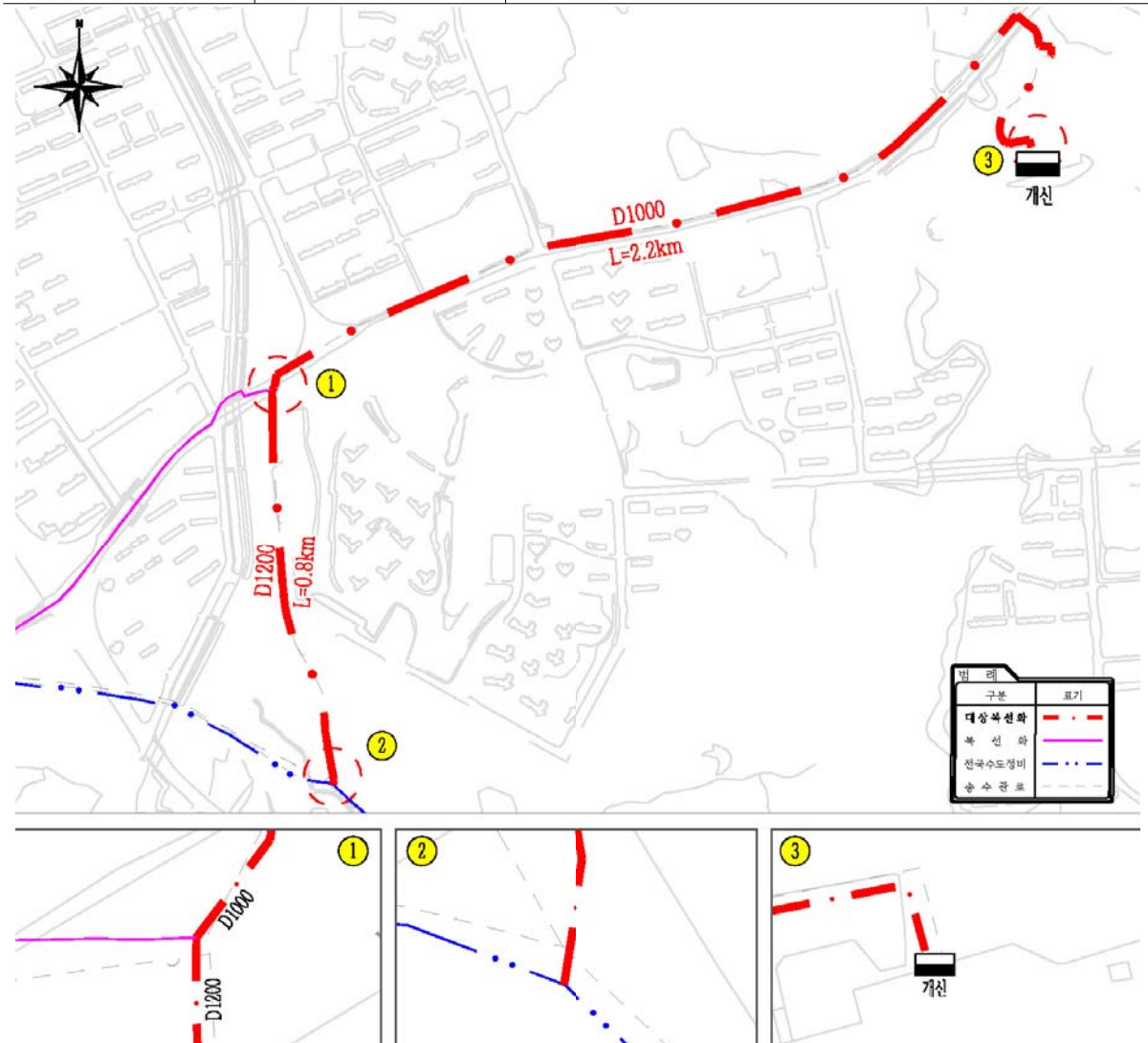
나. 대상선정 기준검토

1) 개선 송수관로

개선 급수구역은 개선, 사직, 사창, 모충, 운천, 신봉동 지역을 개선배수지를 통하여 간접 급수하고 있으며 송수관로 D1000mm, 1200mm의 긴급복구 표준시간이 최대 18시간으로 배수지 체류시간(10.2시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화 계획을 수립하였다.

<표 2.1-6> 개선 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
개선	개선	·배수지 공급(V=32,400m ³ , 10.2시간) D1000mm, L=2,184m D1200mm, L=827m



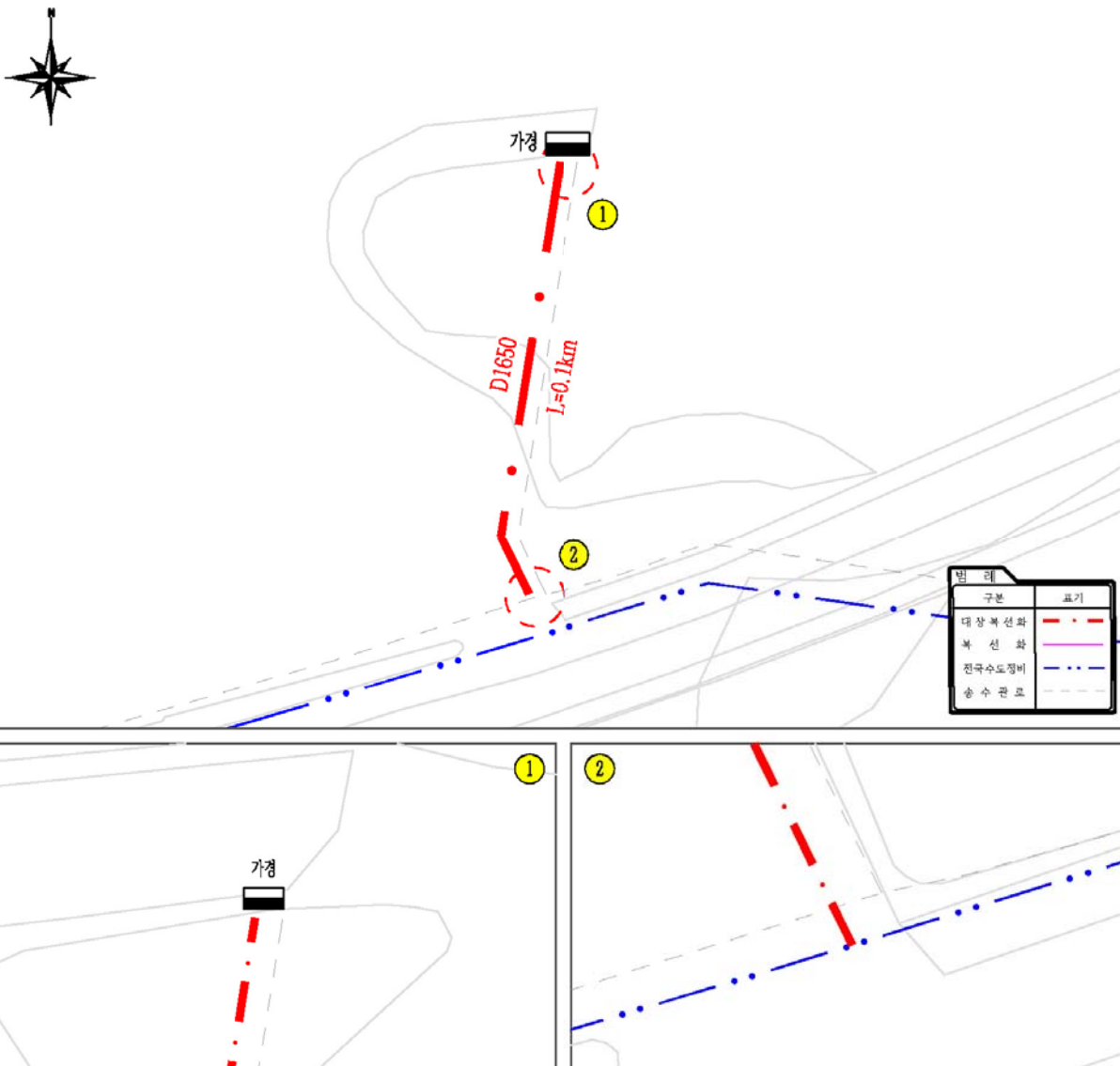
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

2) 가경 송수관로

가경 급수구역은 성화, 개신, 죽림, 복대, 가경, 봉명동 일대지역을 가경배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D1650mm의 긴급복구 표준시간이 최대 20시간으로 배수지 체류시간(8.7시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-7> 가경 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
가경	가경	·배수지 공급(V=19,800m ³ , 8.7시간) D1650mm, L=88m



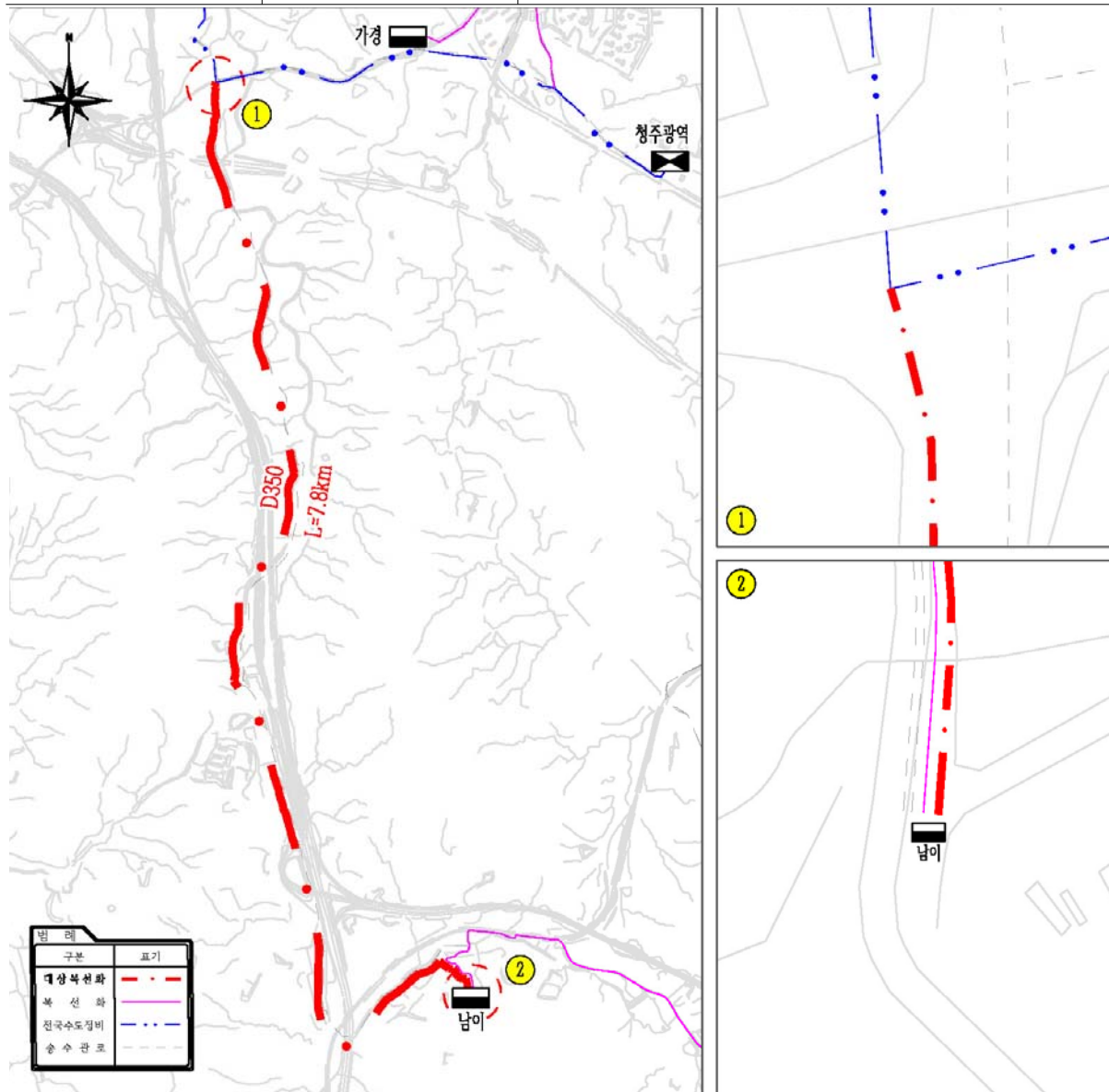
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

3) 남이 송수관로

남이 급수구역은 현도, 남이 지역을 남이배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D350mm의 긴급복구 표준시간이 최대 11시간으로 배수지 체류시간(6.6시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-8> 남이 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
남이	남이	·배수지공급 (V=1,800m ³ ,6.6시간) D350mm, L=7,791m



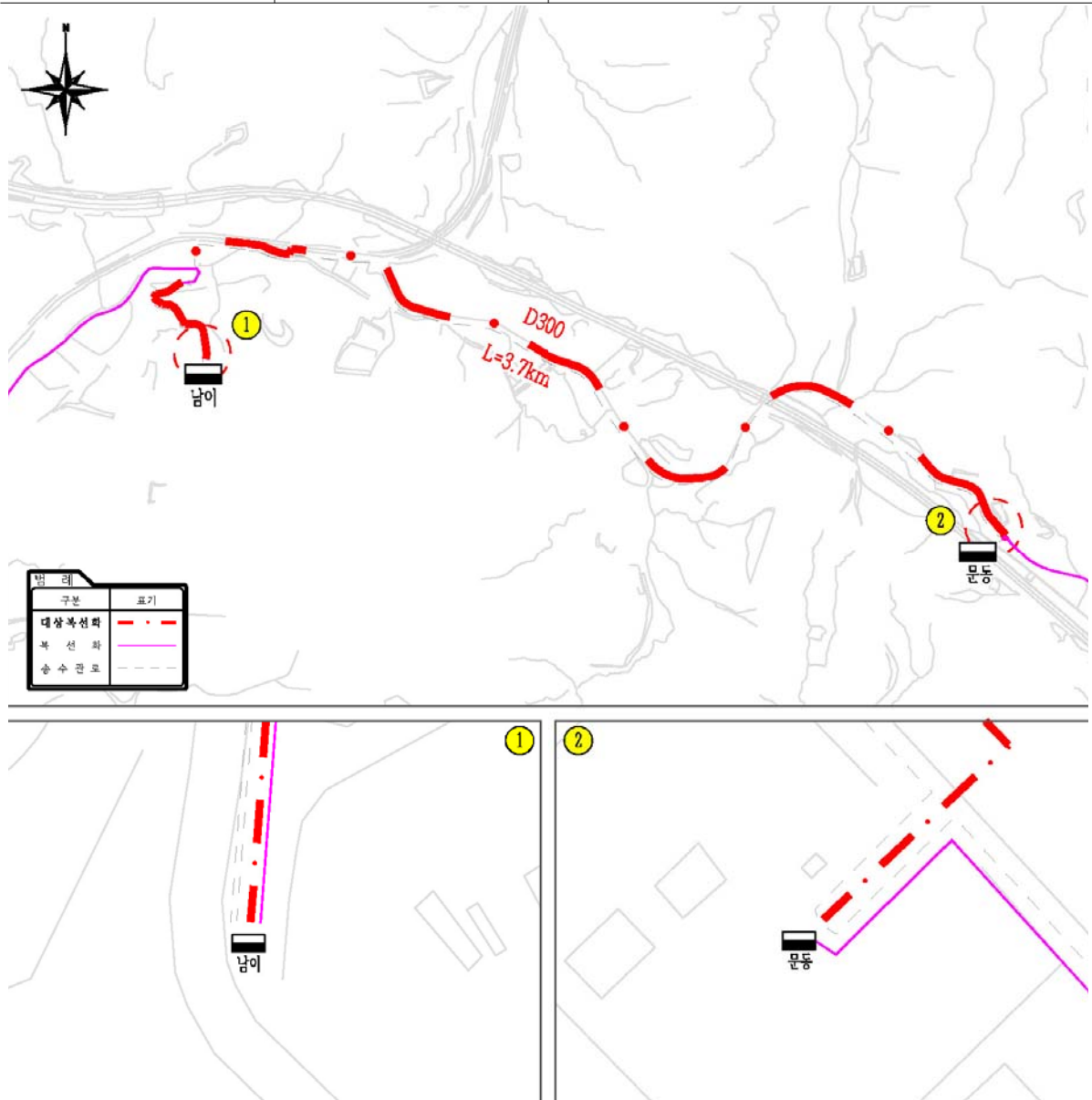
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

4) 문동 송수관로

문동 급수구역은 남일, 문의 지역을 문동배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간(7.4시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-9> 문동 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
문동	문동	·배수지공급(V=900m ³ , 7.4시간) D300mm, L=3,721m



주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

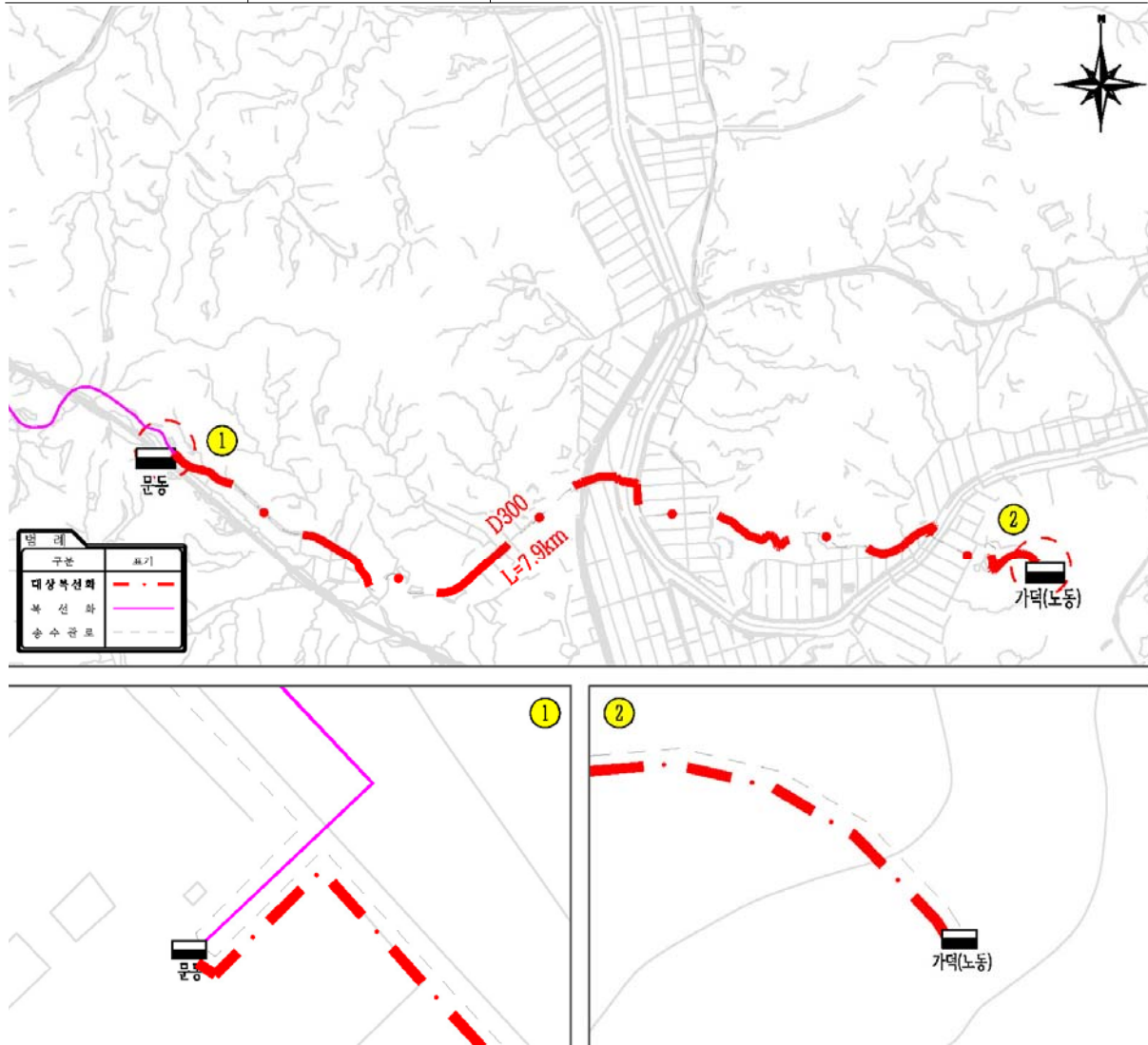
2장 공급시설의 안정화계획

5) 노동(생활) 송수관로

가덕 급수구역내 가덕(노동리) 지역 생활용수를 노동(생활)배수지를 통하여 간접급수를 계획하였으며 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간 (12.0시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 가능하나, 상위관련계획 「상수도 공급망 연계체계 구축기본계획」에서 복선화를 계획하였고, 관말부 공급이 어려울 수 있어 복선화를 계획하였다.

<표 2.1-10> 노동(생활) 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
가덕	가덕(노동)	·배수지공급(V=1,500m ³ , 12.0시간)D300mm, L=7,911m

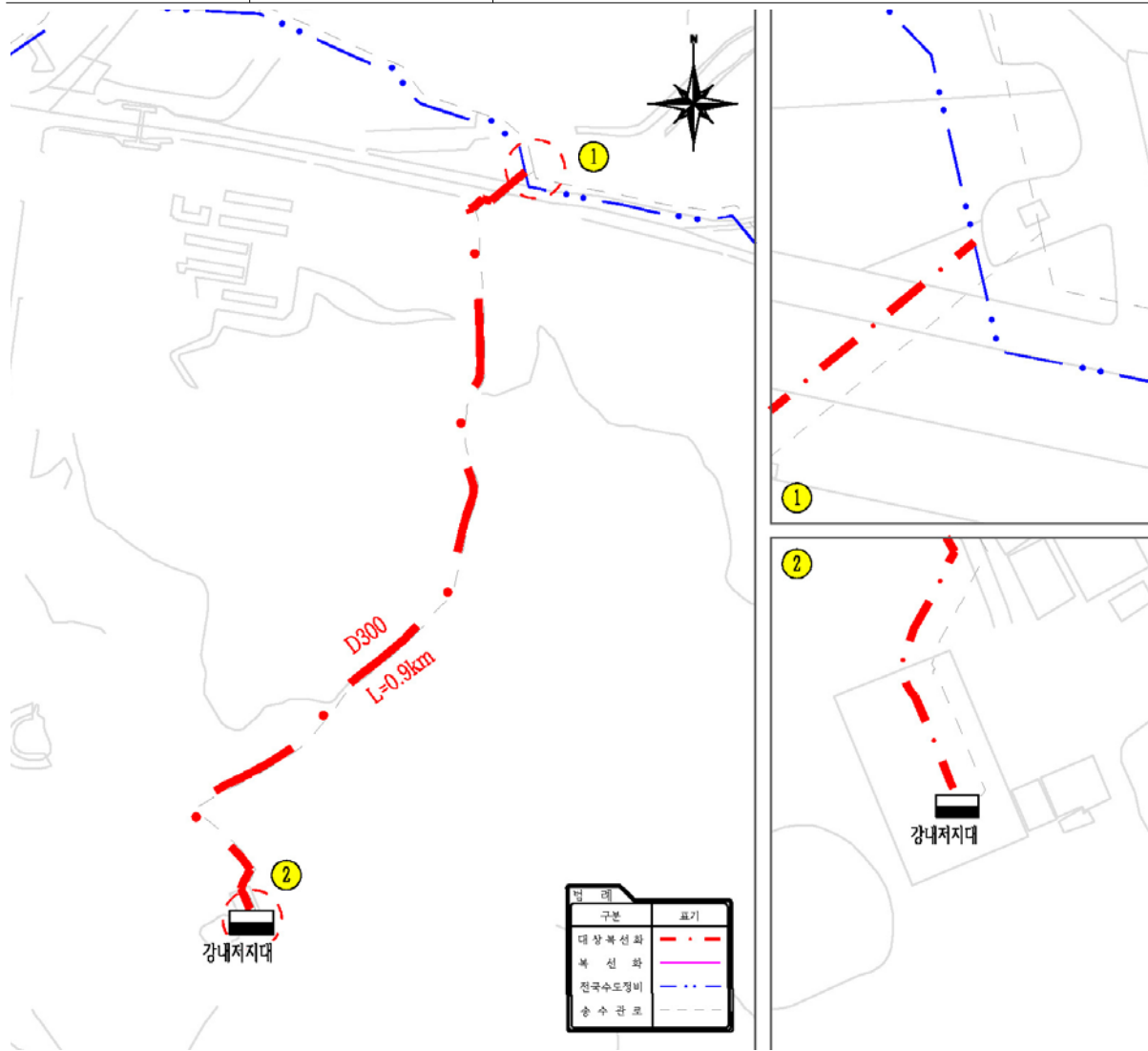


6) 강내저지대 송수관로

강내저지대 급수구역은 탑연리 일대지역을 강내저지대 배수지를 통하여 간접급수하고 있으며, 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간(17.0시간) 고려시 복구시간 내 수용가 공급이 가능하나, 상위계획 「상수도 공급망 연계체계 구축기본 계획」에 따라 복선화가 계획되어 있으며, 강내저지대 지역의 원활한 공급을 위해 복선화를 계획하였다.

<표 2.1-11> 강내저지대 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
강내저지대	강내저지대	·배수지공급(V=1,600m ³ , 17.0시간)D300mm, L=928m

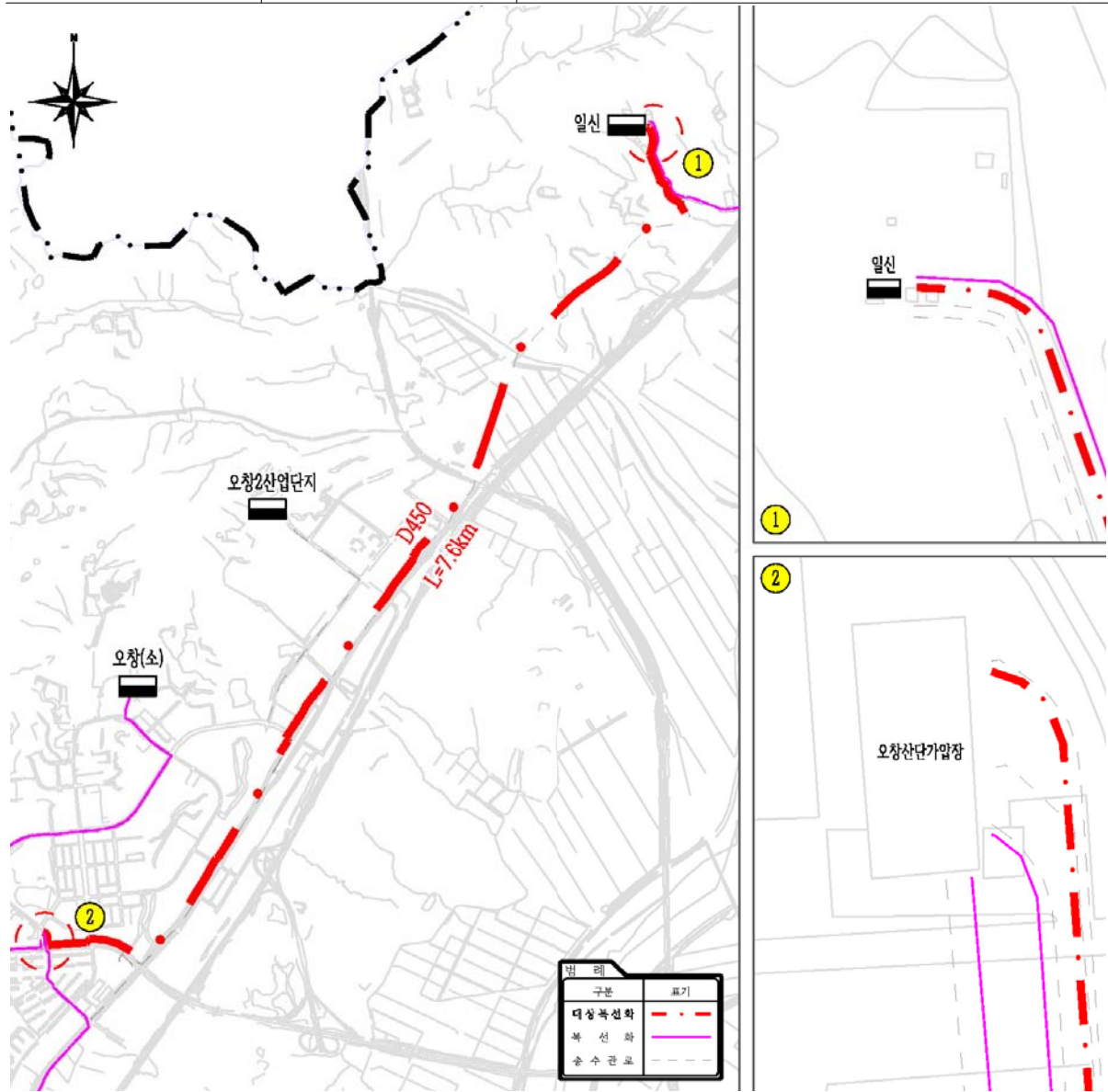


7) 일신 송수관로

일신 급수구역은 오창, 내수, 북이 지역을 일신배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D450mm의 긴급복구 표준시간이 최대 12시간으로 배수지 체류시간(9.5시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-12> 일신 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
일신	일신	·배수지공급(V=5,400m ³ , 9.5시간)D450mm, L=7,641m



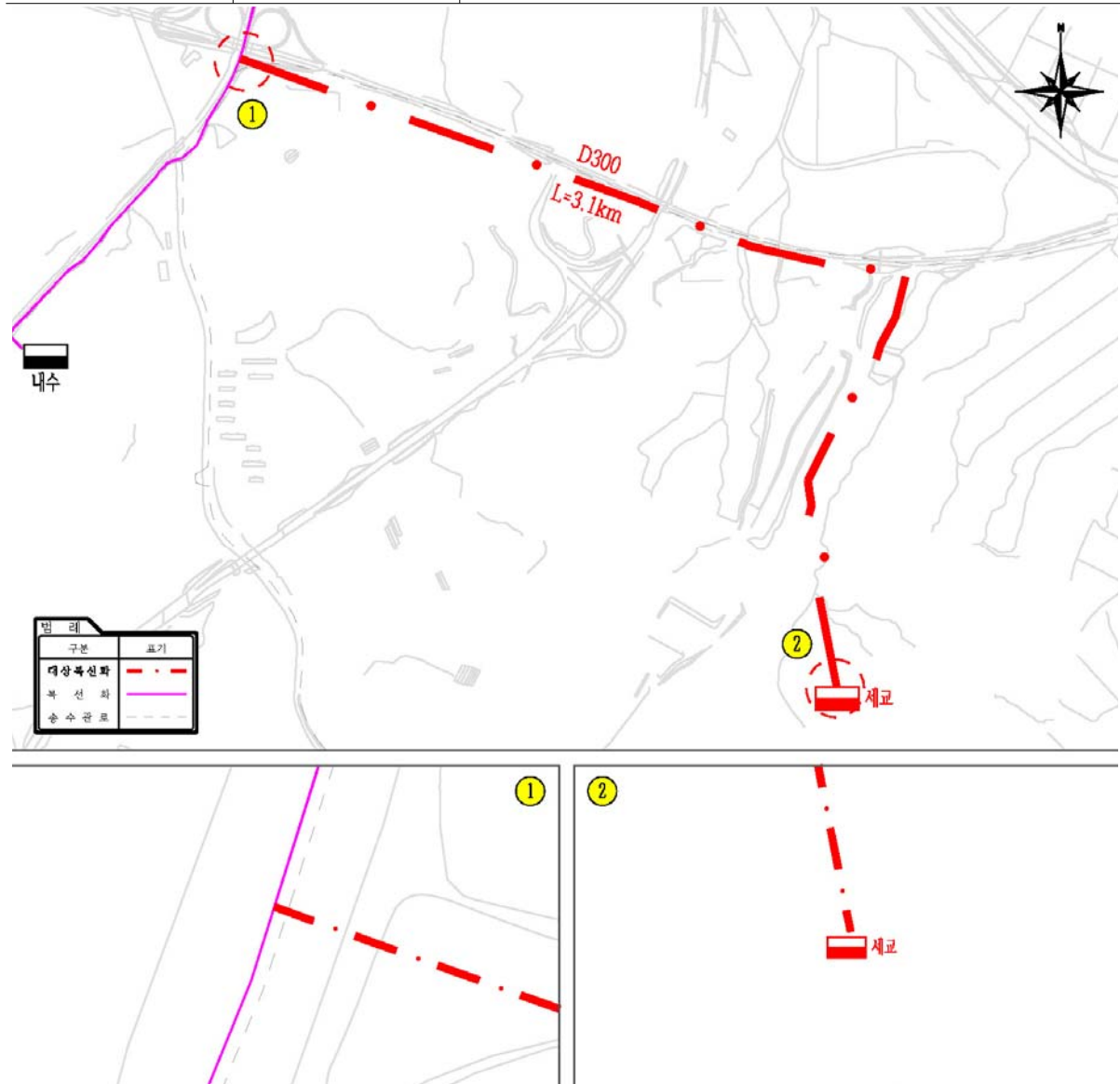
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

8) 세교(구 형동) 송수관로

형동 급수구역내 형동 초정 지역 생활용수를 세교(구 형동)배수지를 통하여 간접급수를 계획하였으며, 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간(12.0시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 가능하나, 복이산단 생활용수 공급 및 세교(구 형동)배수지는 관말부로 원활한 공급을 위한 복선화를 반영하였다.

<표 2.1-13> 세교(생활) 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
형동	세교(구 형동)	·배수지 신규계획(V=1,500m ³ , 12.0시간) D300mm, L=3,101m



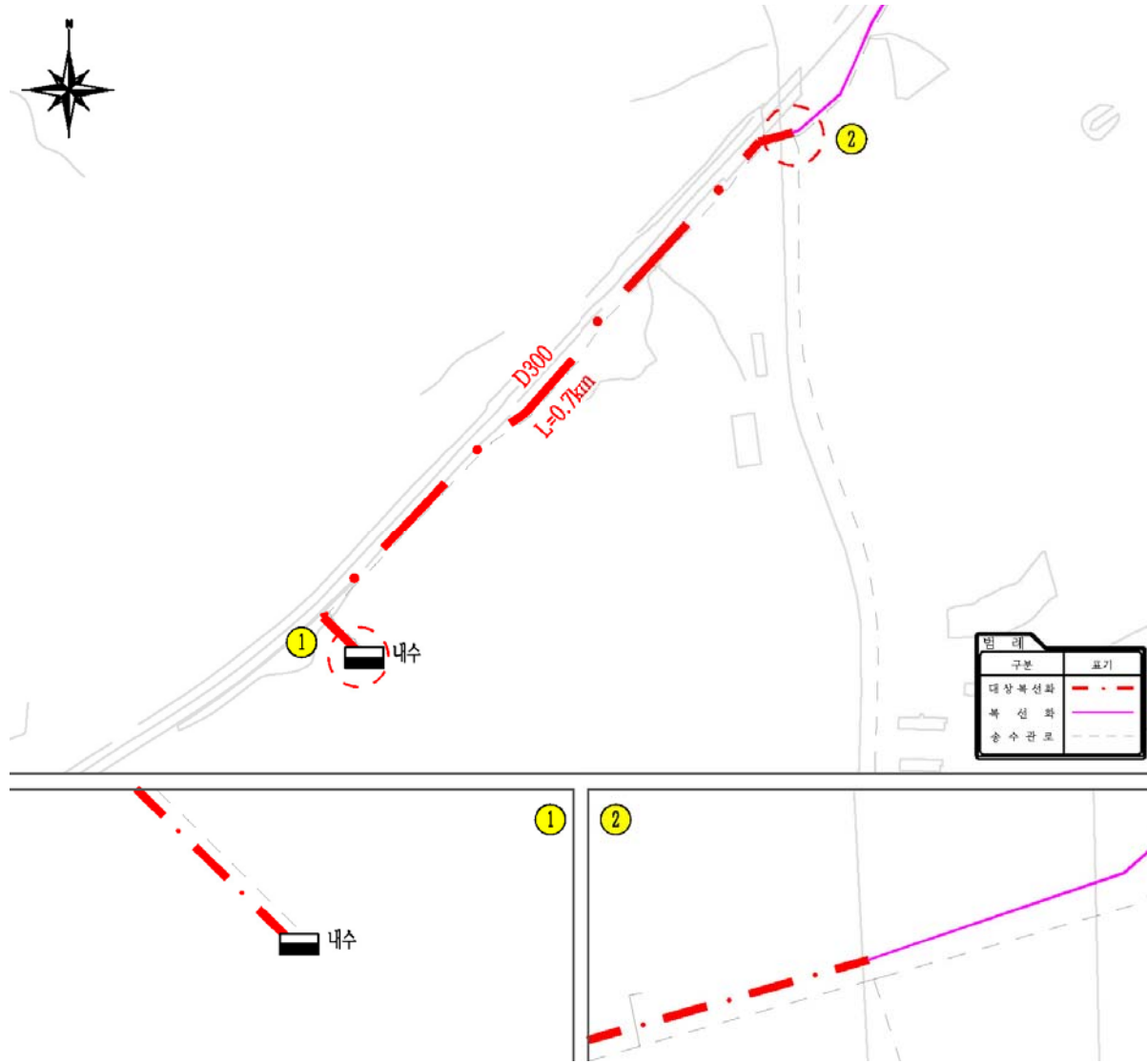
2장 공급시설의 안정화계획

9) 내수 송수관로

내수급수구역은 내수읍 일대를 내수배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간(12.9시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 가능하나, 상위계획 「상수도 공급망 연계체계 구축기본계획」에 복선화 계획이 수립되어 있고, 내수급수구역은 관말부에 위치하여 원활한 공급을 위해 복선화를 반영하였다.

<표 2.1-14> 내수 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
내수	내수	·배수지 공급(V=1,224m ³ , 12.9시간) D300mm, L=717m

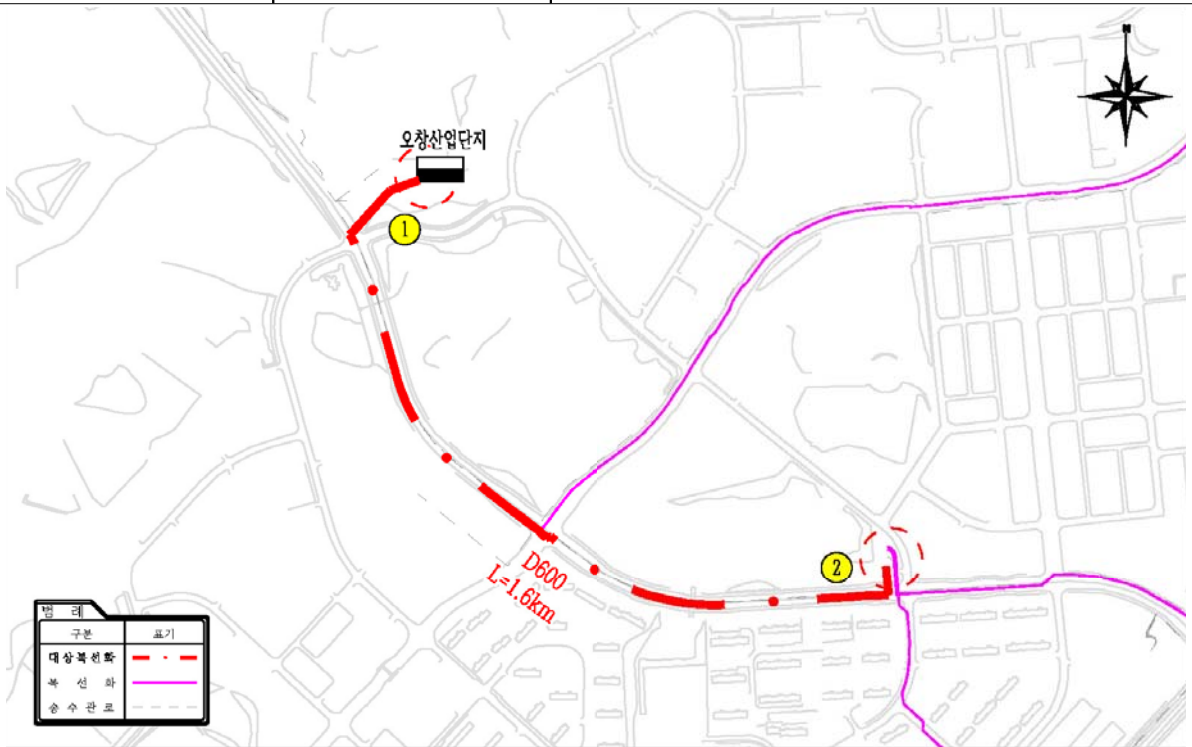


10) 오창산단(생활) 송수관로

오창산단(생활)급수구역은 성산, 용두, 가좌, 후기, 성재 지역을 오창산단(생활)배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D600mm의 긴급복구 표준시간이 최대 13시간으로 배수지 체류시간(10.1시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화 계획을 수립하였다.

<표 2.1-15> 오창산단(생활) 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
오창산단	오창산단(생활)	·배수지 공급(V=9,000m ³ , 10.1시간)D600mm, L=1,620m



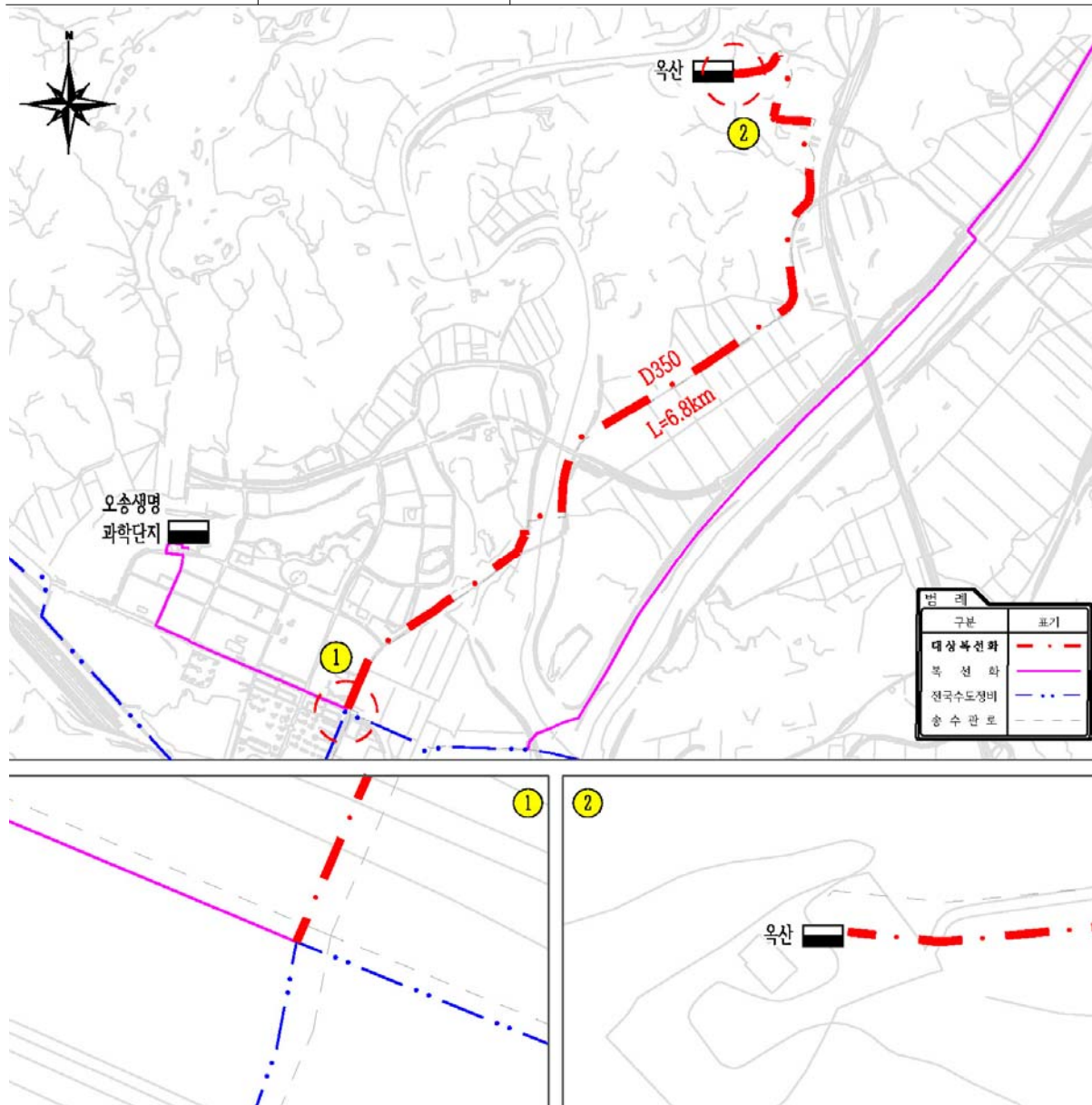
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

11) 옥산 송수관로

옥산급수구역은 옥산 오산리 지역을 옥산배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D350mm의 긴급복구 표준시간이 최대 11시간으로 배수지 체류시간(9.8시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-16> 옥산 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
옥산	옥산	·배수지 공급(V=1,080m ³ , 9.8시간)D350mm, L=6,841m

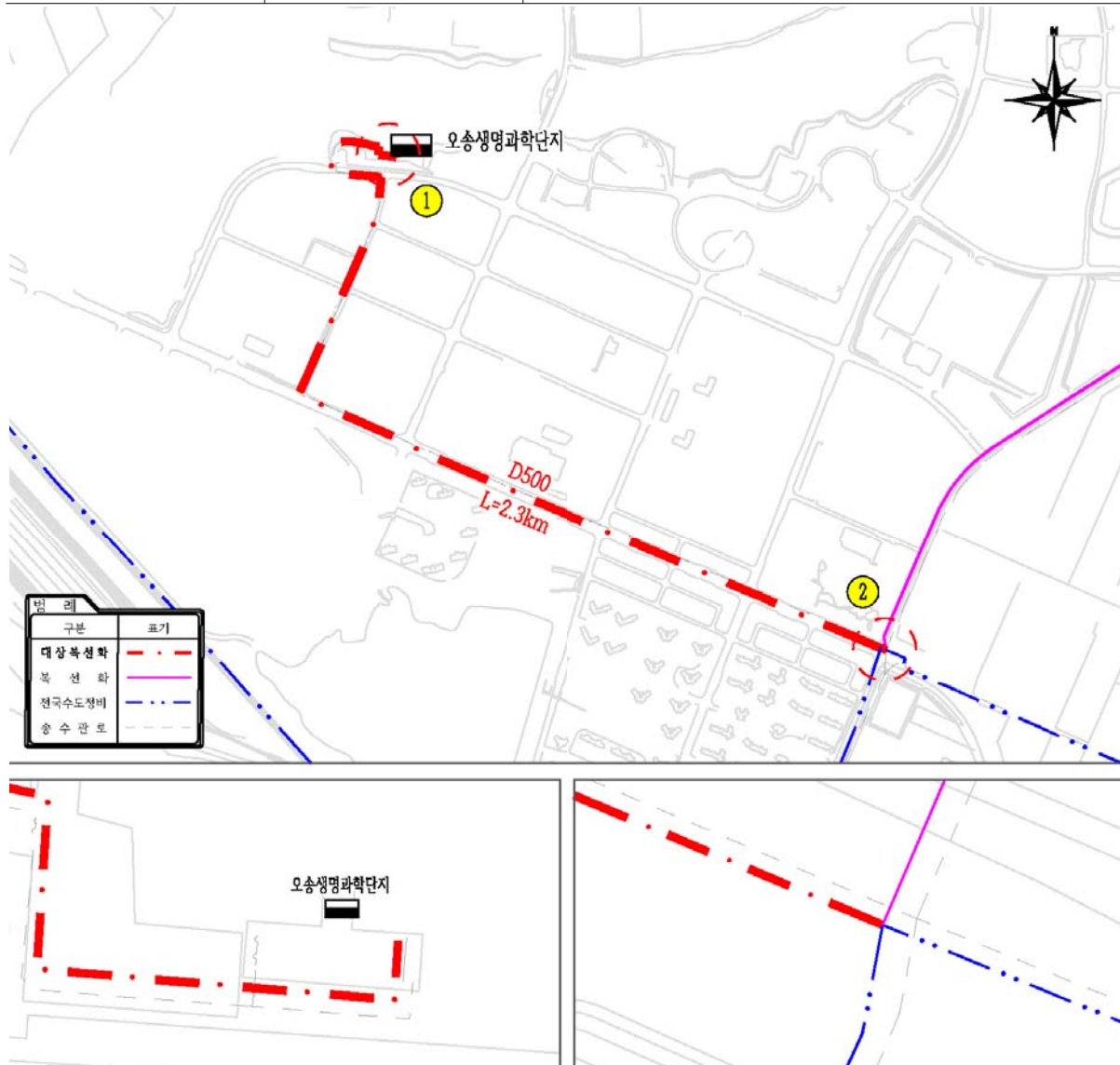


12) 오송산단(생활) 송수관로

오송산단(생활)급수구역은 오송생명과학산업단지내 지역을 오송산단(생활)배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D500mm의 긴급복구 표준시간이 최대 12시간으로 배수지 체류시간(9.8시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-17> 오송산단(생활) 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
오송산단	오송산단(생활)	·배수지 공급(V=4,653m ³ , 9.8시간)D500mm, L=2,320m



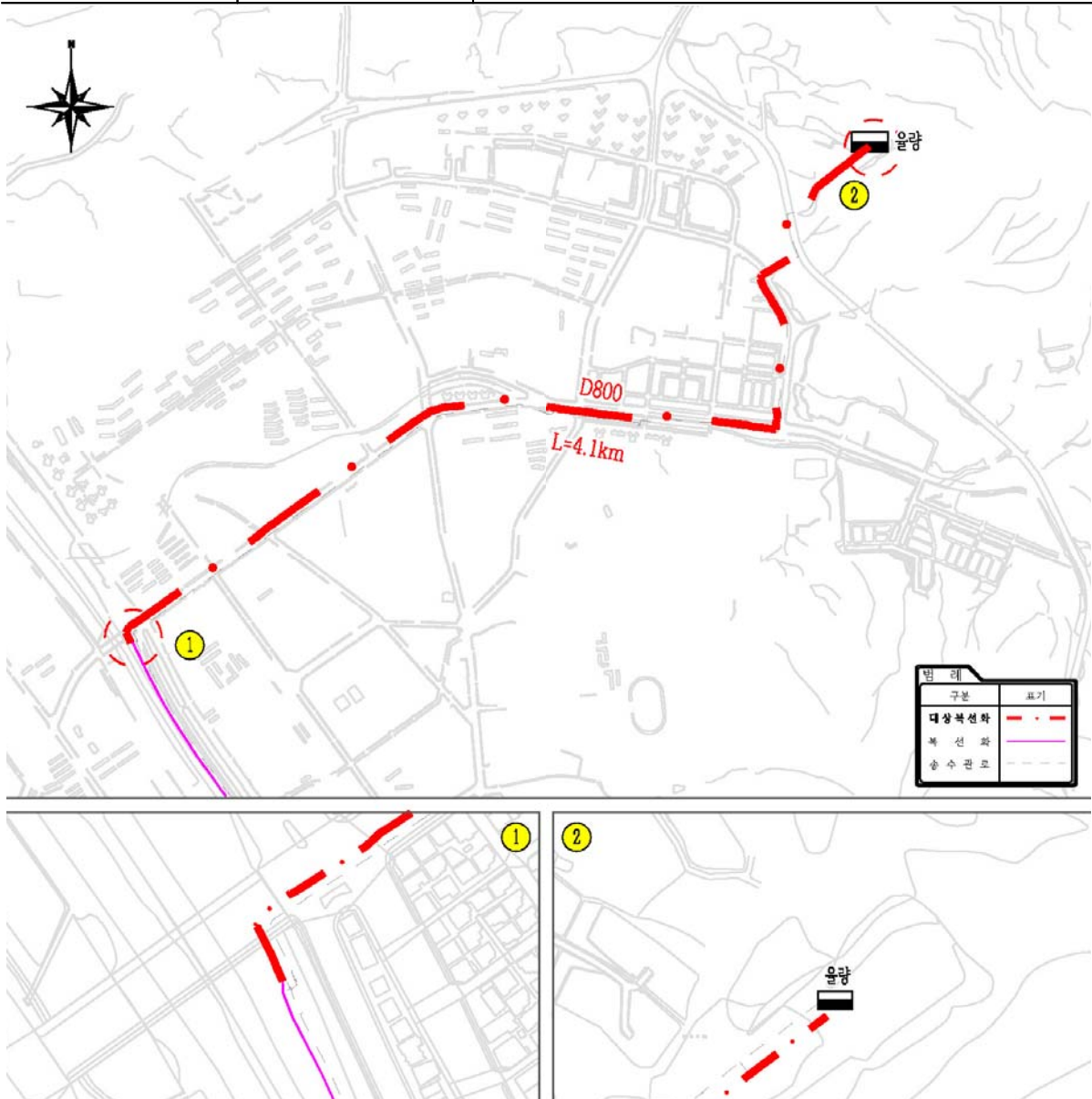
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

13) 울량 송수관로

울량 급수구역은 울량택지 지역을 울량배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D800mm의 긴급복구 표준시간이 최대 15시간으로 배수지 체류시간(7.9시간)고려시 복구시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-18> 울량 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
울량	울량	·배수지 공급(V=9,000m ³ , 7.9시간)D800mm, L=4,054m



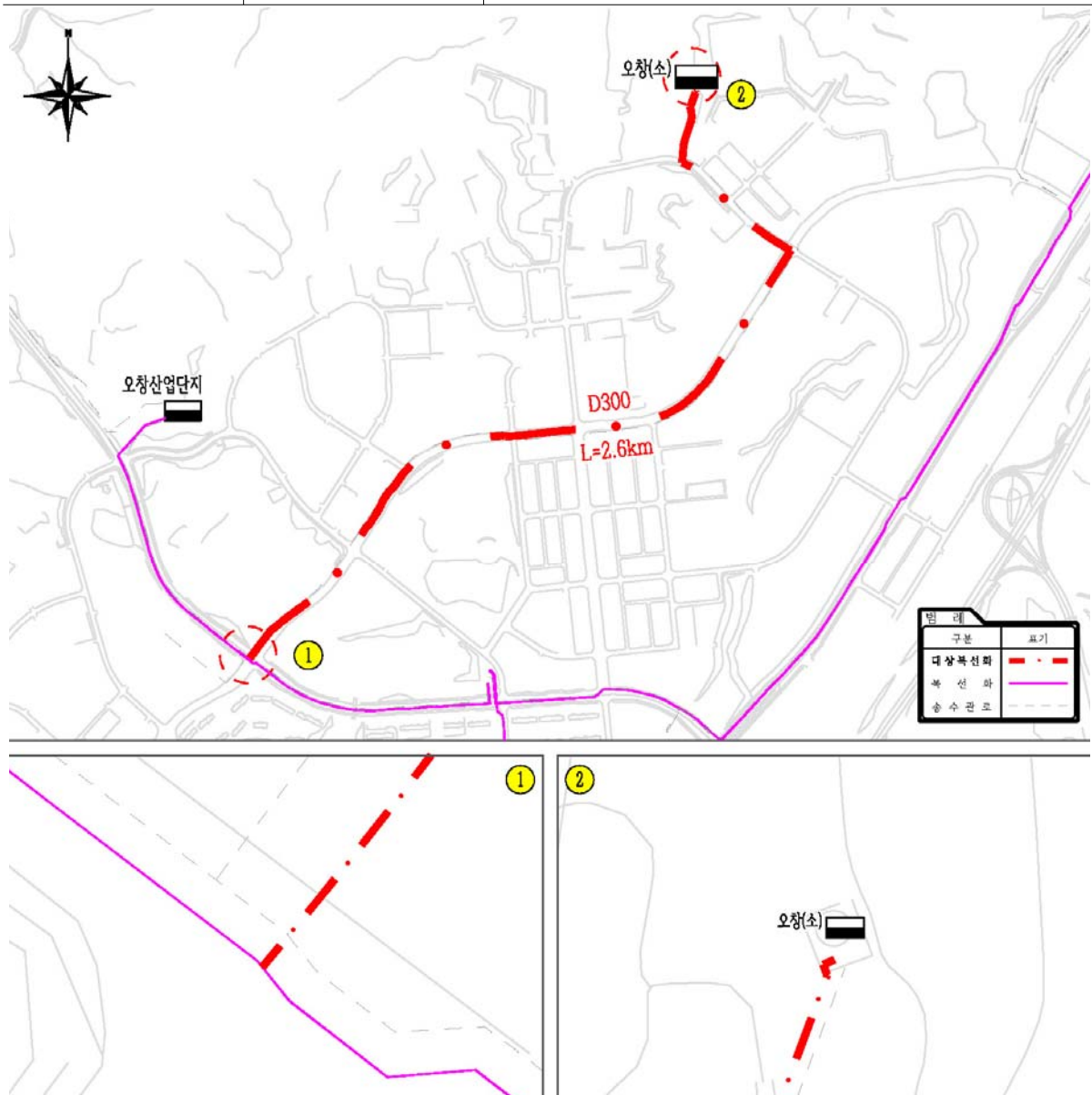
주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

14) 오창소 송수관로

오창소 급수구역은 양청리 일대지역을 오창소배수지를 통하여 간접급수하고 있으며 송수관로 D300mm의 긴급복구 표준시간이 최대 10시간으로 배수지 체류시간(5.3시간)고려시 복구 시간 내 수용가 공급이 어려울 것으로 판단되어 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-19> 오창소 급수구역 송수관로 복선화 대상여부 검토

급수구역	배수지	복선화 대상여부 검토
오창소	오창소	·배수지 공급(V=180m ³ , 5.3시간) D300mm, L=2,595m



주) 배수지 운영수위 : 90% 유효용량 적용

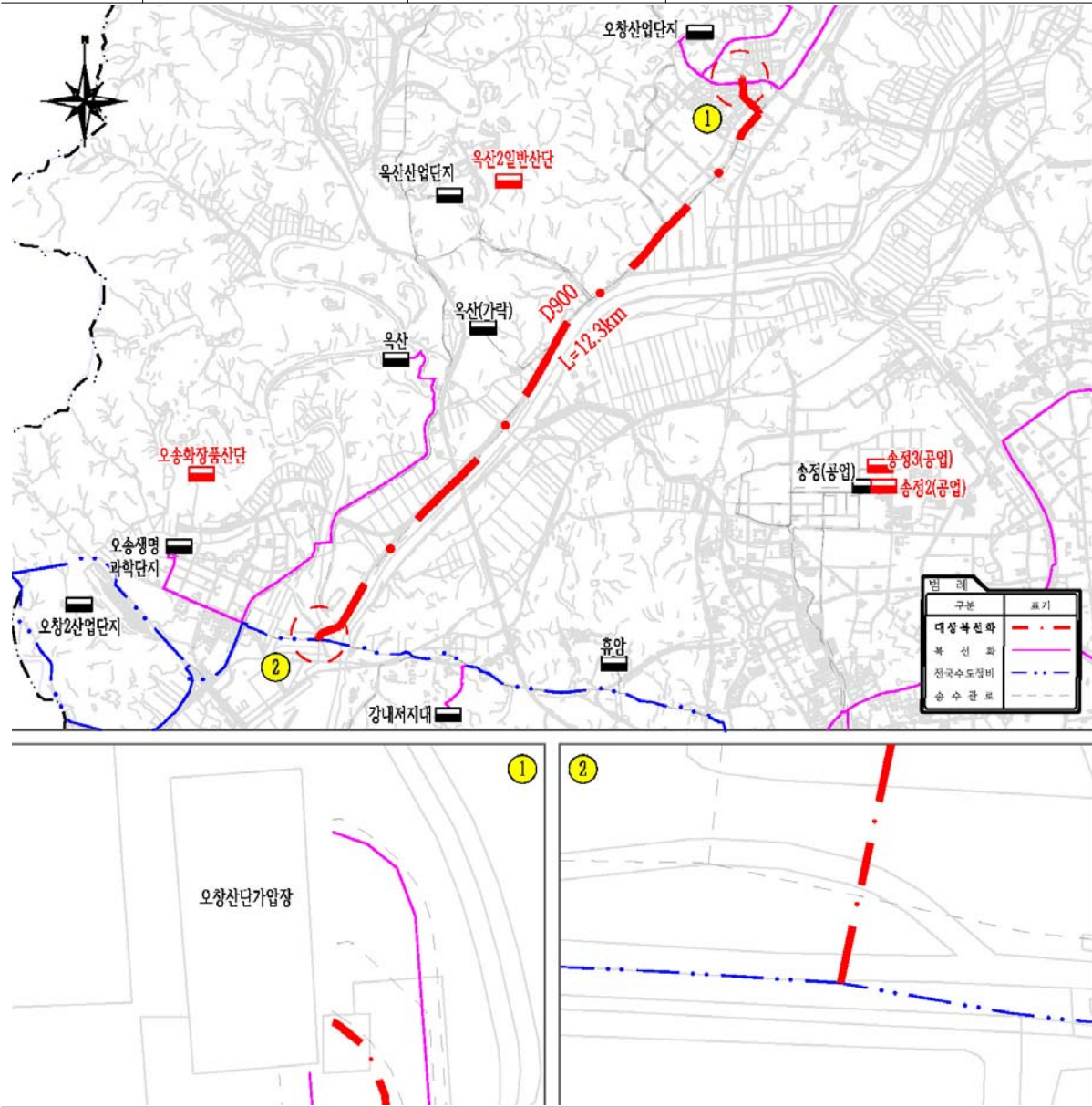
2장 공급시설의 안정화계획

15) 청주 광역상수도(생활용수) 주간선 송수관로

청주 광역정수장에서 강내분기까지의 광역 송수관로②는 전국수도정비(안)에서 대청댐 광역관로 복선화사업이 예정되어 있으며, 강내분기점에서 오창산단 가압장까지의 송수관로①는 단일관로로 구성되어 있어 오창, 일신, 내수, 형동 배수지의 안정적 공급을 위한 복선화 계획을 수립하였다.

<표 2.1-20> 청주광역상수도(생활용수) 송수관로 복선화 계획

단계	시점	종점	관로제원
1단계	강내분기	오창산단가압장	·D900mm, L=12,334m 계 12,334m

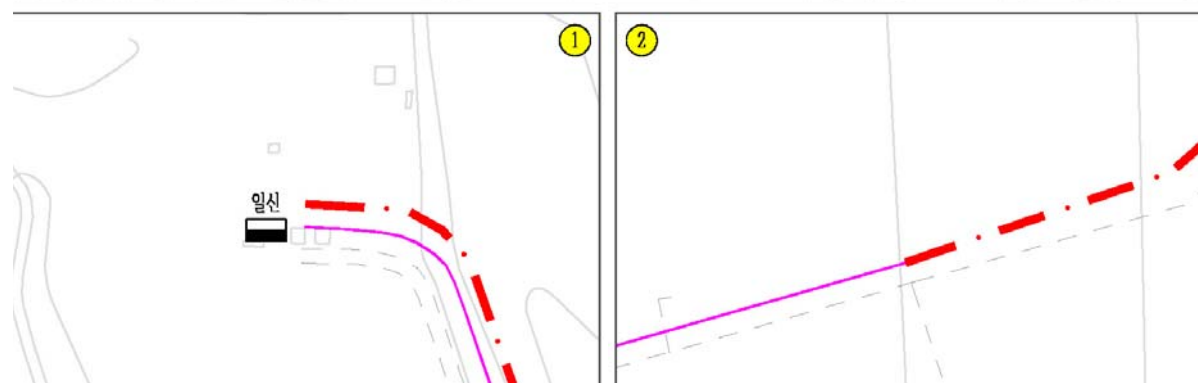
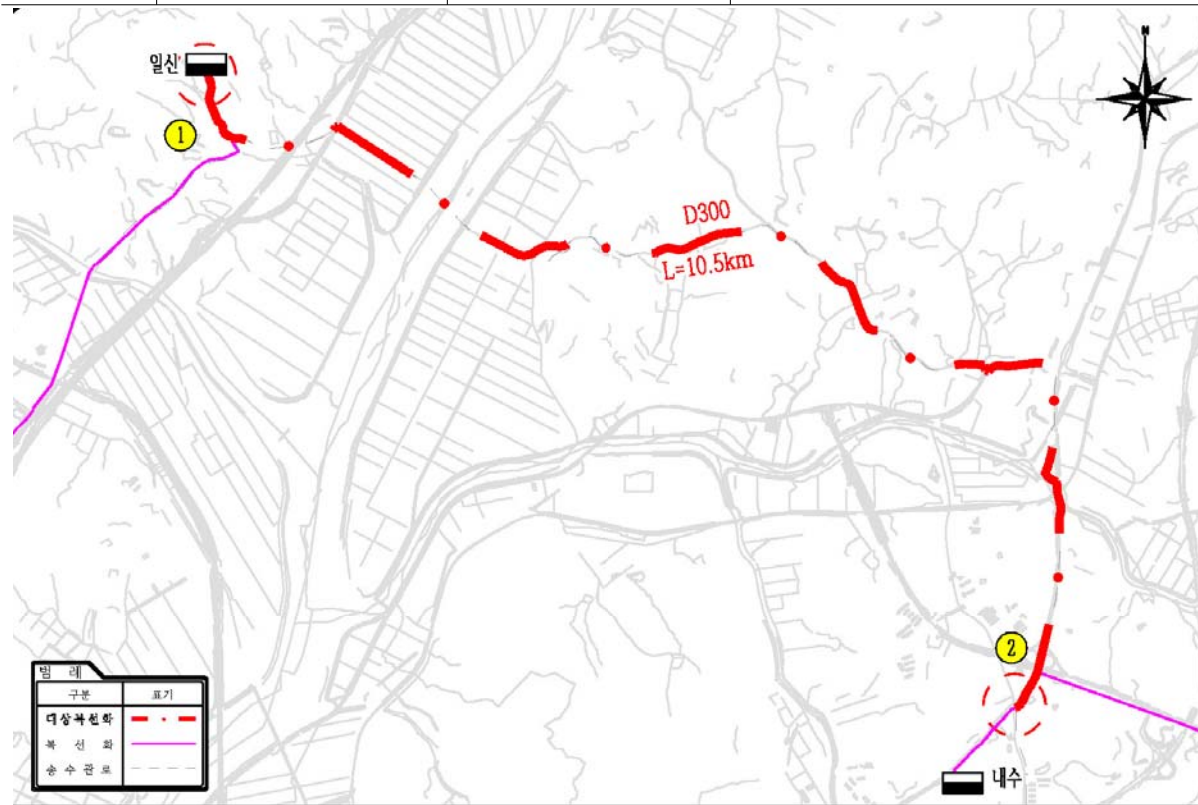


16) 일신·내수 (생활용수) 주간선 송수관로

일신배수지에서 내수배수지 및 형동배수지 급수구역을 공급하기 위한 간선 송수관로는 단 일관로로 구성되어 있어 관로사고시 수용가 공급이 어려워 비상시에도 공급이 가능하도록 송수관로 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-21> 청주광역상수도(생활용수) 송수관로 복선화 계획

단계	시점	종점	관로제원
4단계	일신배수지	내수분기	·D300mm, L=10,542m 계 10,542m

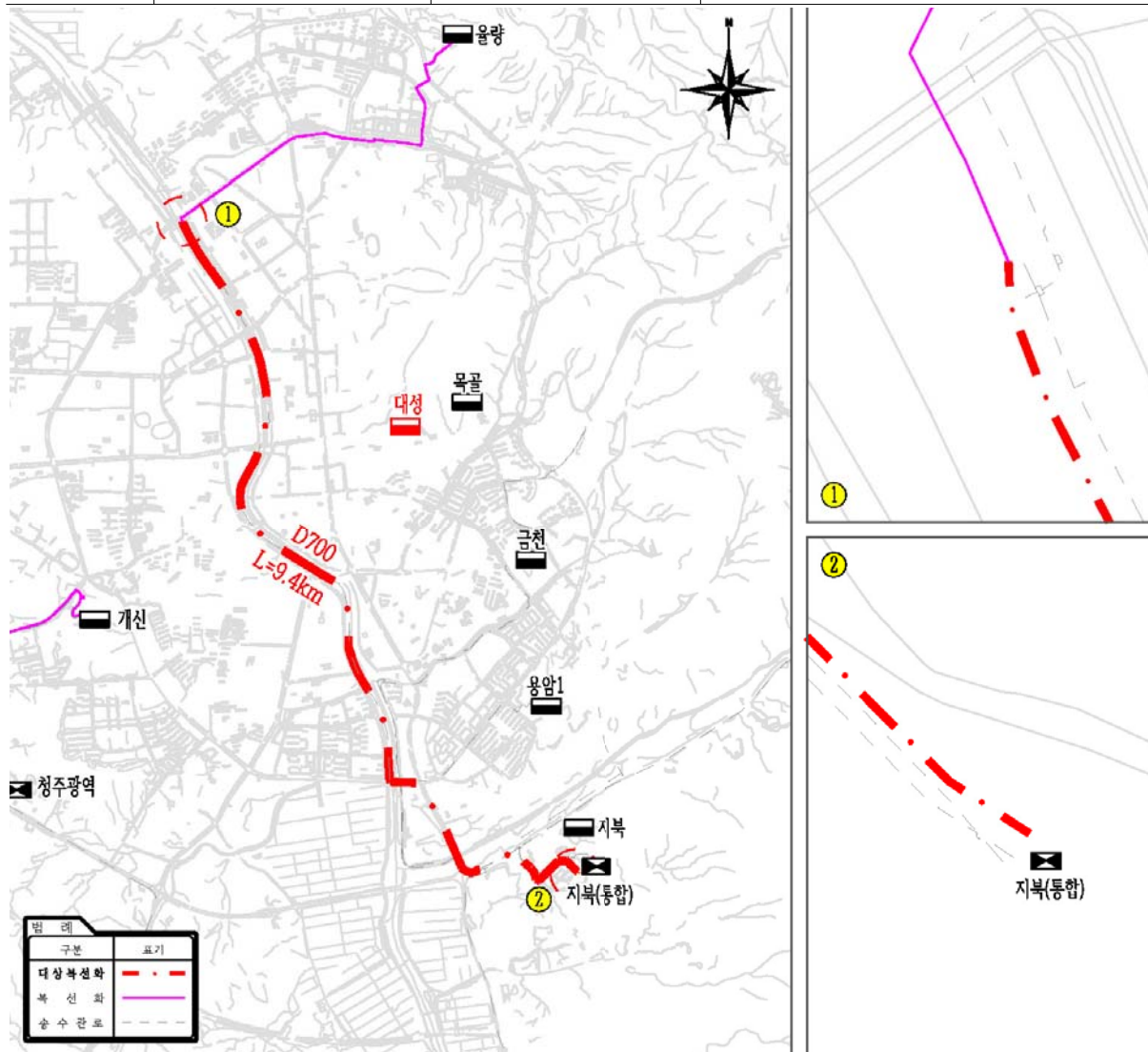


17) 지북정수장 (생활용수) 주간선 송수관로

지북 정수장에서 울량배수지로 공급하기 위한 주간선 송수관로(D700mm)는 단일관로로 구성되어 있어 관로사고시 수용가 공급이 어려우며, 비상연계 계획(울량배수지 ~ 내수배수지 송수관로)이 원활하도록 송수관로 복선화계획을 수립하였다.

<표 2.1-22> 지북정수장(생활용수) 송수관로 복선화 계획

단계	시점	종점	관로제원
4단계	지북정수장	제2운천교 인근	D700mm, L=9,339m 계 9,339m

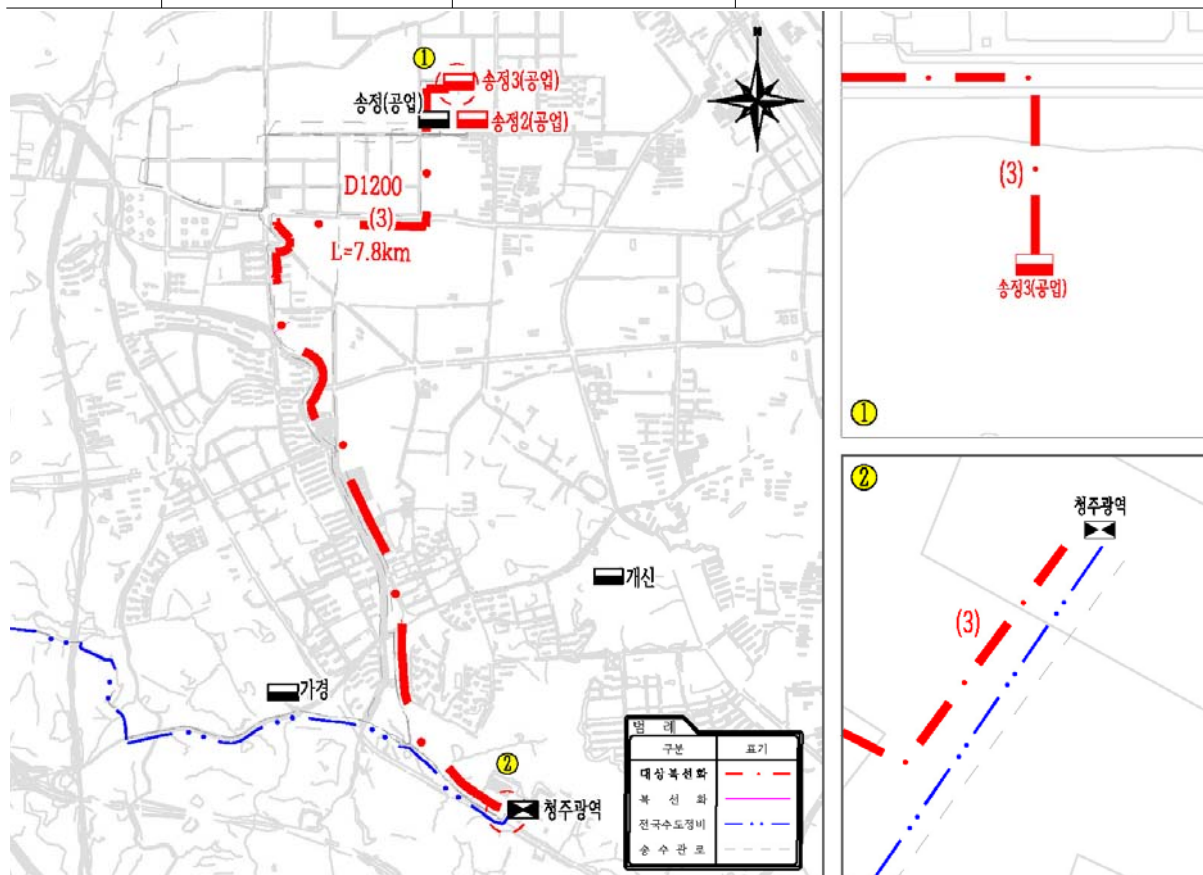


18) 청주 광역상수도(공업용수) 주간선 송수관로

청주 광역 정수장에서 일반산업단지 및 오송산단 옥산산단 오창산단으로 공급하기 위한 주간선 송수관로(D1650~D1000mm)는 단일관로로 구성되어 있어 관로사고시 긴급복구 표준 시간이 최대 20시간 이상으로 복구시간 내 수요처에 공급이 어려우며, 이에 단계별로 복선화 계획을 수립하였다.

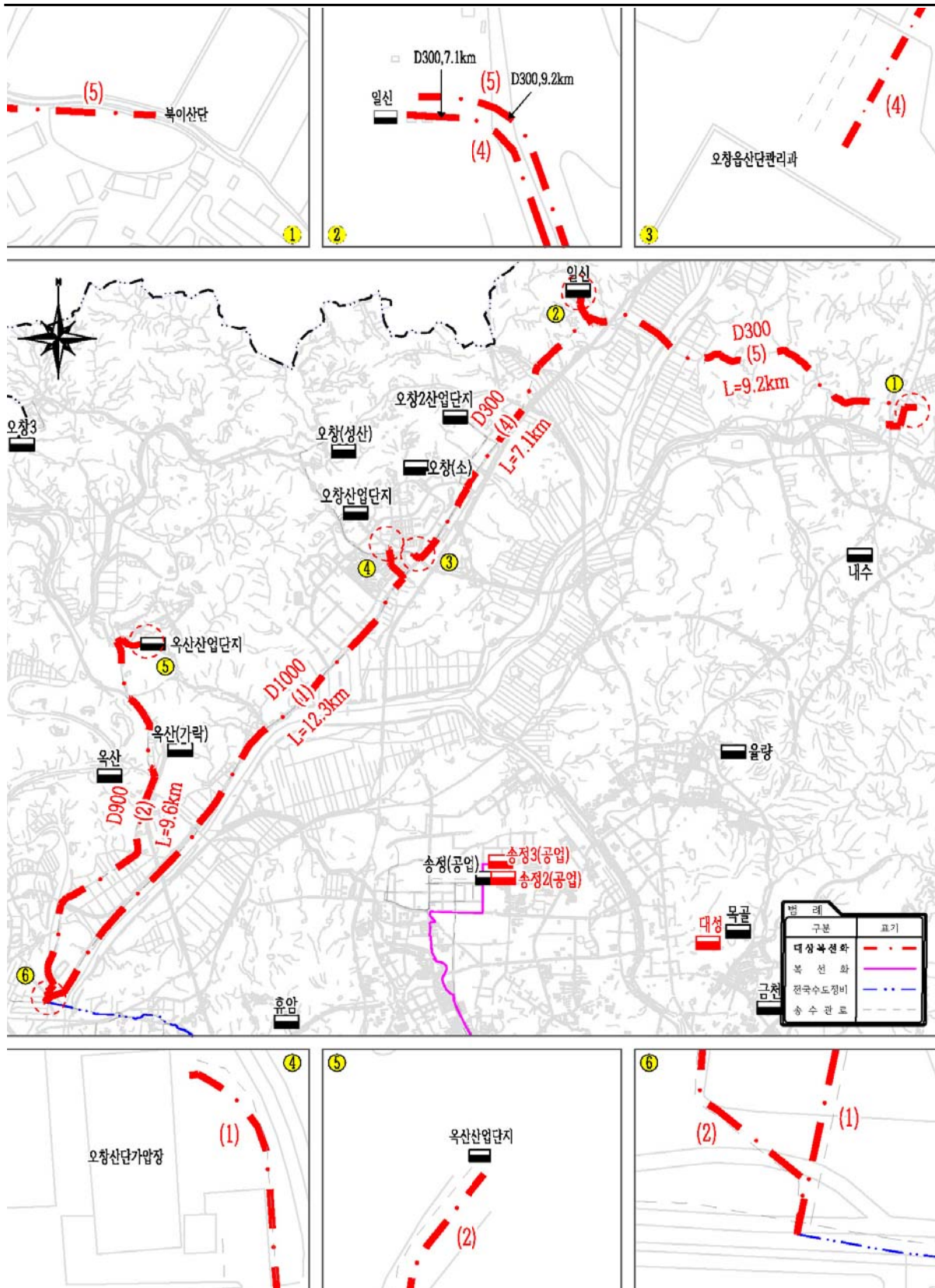
<표 2.1-23> 청주광역상수도(공업용수) 송수관로 복선화 계획

단계	시점	종점	관로제원
3단계	강내분기	오창산단	·D1000mm, L=12,341m ⁽¹⁾
4단계	강내분기	옥산산단	·D900mm, L=9,563m ⁽²⁾
4단계	청주광역정수장	송정3배수지(계획)	·D1200mm, L=7,781m ⁽³⁾
4단계	오창산단	일신배수지	·D300mm, L=7,063m ⁽⁴⁾
4단계	일신배수지	북이산단	·D300mm, L=9,155m ⁽⁵⁾
			계 56,824m



2장 공급시설의 안정화계획

<표 계속>



2.0 지하 수도터널

2.1 수도터널 검토사항

수도터널은 가능한 한 지반조건이 양호하고 유지관리가 용이하며 주변환경에 미치는 영향이 적은 곳을 통과하도록 결정하여야 하며 특히, 편압이 예상되는 지역, 안정성이 우려되는 단층 등은 피하는 것이 바람직하다. 터널의 평면선형은 경제성 및 시공성을 고려하여야 하고 종단선형과 상호 연계하여 조화롭게 계획하되 가능한 직선으로 계획하며, 기존 시설물에 근접하게 통과하는 경우 터널 굴착공사로 인한 영향을 검토하여야 한다.

2.1.1 자연재해

- 1) 수로터널의 선형계획은 가능한 직선 또는 적용공법에 적합하도록 반경이 큰 곡선이 되도록 설정하여야 한다.
- 2) 수문학적 안정성 확보 및 유입부와 유출부의 수리, 수문학적 요소를 고려하여 결정하여야 한다.
- 3) 터널의 갱구는 안정된 지반으로써 주변의 지형 및 지질, 수리, 수문영향 등을 고려하여 예상되는 재해의 가능성을 피할 수 있는 위치에 선정하여야 한다.
- 4) 수로가 계곡이나 골짜기 아래를 통과할 경우에는 충분한 피복두께를 얻을 수 있도록 선형을 조정하도록 하고 부득이한 경우는 터널의 지보패턴을 조정하고 내수압에 대한 검토를 하여야 하면, 필요시 개착터널 시공 후 복공하는 방안을 고려할 수 있다.

2.1.2 수도터널 형식검토

수도터널은 크게 콘크리트라이닝과 강관삽입이 있으며, 수도터널 형식비교는 다음과 같다.

2장 공급시설의 안정화계획

<표 2.2-1> 수도터널 형식 비교

구분	콘크리트 라이닝	강관삽입
1. 개요	• 터널 입·출구만 강관삽입하고 나머지는 콘크리트라이닝으로 마무리하는 도수터널 형식	• 터널 입·출구 포함하여 전체 터널 내부를 강관을 삽입하는 도수터널 형식
2. 장단점		
1) 경제성	• 터널 내부를 콘크리트라이닝으로 마무리하므로 경제성에서 유리	• 터널 내부 전체를 강관을 삽입하여 마무리하므로 경제성에서 불리
2) 안정성	• 내·외압 수압 및 하중에 의한 구조물의 안정성면에서 강관삽입보다 불리	• 내·외압 수압 및 하중에 의한 구조물의 안정성면에서 콘크리트라이닝보다 유리
3) 누수 및 강관부식	• 내부 수압에 의한 외부로의 누수 가능성면에서는 불리하나 강관부식에 대해 피해구간 적음	• 내부 수압에 의한 외부로의 누수 가능성적으나 강관부식에 의한 안정성 및 수질저하, 피해구간 많음
3. 검토의견	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트라이닝은 공사비에서 유리 • 강관삽입은 콘크리트라이닝 보다 안정성에서 유리 	

2.1.3 수도터널 굴착공법검토

대표적인 터널 굴착공법은 TBM(Tunnel Boring Machine) 공법과 NATM(New Austria Tunnelling Method) 공법으로 크게 두가지로 구분할 수 있다. TBM 공법은 무진동 무발파 공법이며, 전단면 기계굴착을 통해 역학적으로 안정되고 지반변형을 최소화한 친환경적인 터널공법이다. 또한, NATM(New Austria Tunnelling Method)공법은 발파에 의해 굴착이며 초기투자비 및 공사기간을 단축할 수 있고 다양한 지반조건에 대응이 가능하다. 일반적으로 소구경(D400이하) 및 터널연장이 1.5km이하인 경우에는 NATM 공법이 TBM 공법보다 경제성에서 유리하다.

2.2 수도터널 상세계획시 검토사항

2.2.1 상세계획시 검토사항

- 1) 주변 지하수위 변화와 이에 따른 민원발생시 대처방안을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 굴착공사 이전에 터널구간 인근지역에 지하수위 조사 필요

- 2) 수도터널 구간 지반안정성에 대해서는 향후 상세 지반조사를 통해 지층조건을 면밀히 파악하여 안정성을 확인하여야 하며, 각 터널 입·출구부는 시추조사 및 항공사진 판독, 탐문 등을 통하여 지반에 대한 조사가 필요
- 3) 용수공급의 안정성 및 터널의 점검, 유지관리 등을 고려한 비압력터널(자유수면 형성) 및 터널내 강관삽입 방안 등에 대한 검토 필요

2.2.2 지하수도터널 계획

수도터널 계획시 수도시설의 안정화 확보 측면 및 지역여건, 수도시설 운영계획 등을 감안하여 지하 수도터널 설치 타당성을 검토하여야 하며 청주시는 청주댐 광역상수도 수수 및 자체 지방상수도에서 정수를 생산·공급하고 있어 도수시설의 수도터널 계획은 제외하였으며 송수관로 복선화계획, 비상연계관로 계획, 배수관로의 블록시스템 구축 등을 통해 공급시설의 안정화를 도모하였다.

3.0 사고 및 재해 위험 요소 해소대책

3.1 주변여건 및 환경 검토

3.1.1 개요

상수도는 사람의 생명이나 생활에서 빼놓을 수 없는 시설이며 도시의 기능유지를 위해서도 불가결한 시설로서 자연현상이나 사회, 경제활동과도 항시 연관을 가지므로 외부의 상황에 따라서 항상 영향을 받을 수 있는 위험에 노출되어 있다. 반면에 상수도자체가 자체기능을 정상적으로 유지할 수 없게 되면 생활은 물론 경제활동에 악영향을 미치게 되는 위기를 내포하고 있다.

구체적으로는 지진, 홍수, 갈수, 수질오염, 정전 또는 경제상황 등 상수도사업 자체의사에 의하지 않는 수동적인 위기상황이 있는 한편 노후관으로 인한 녹물발생, 관로의 파손사고 및 기기 오작동 등에 의한 단수와 감수 등 상수도측에 기인하여 발생하는 위기상황 등이다.

또한, 상수도가 갖는 잠재적인 위기는 단수에 의한 주민생활이나 영업활동의 영향에 그치지 않고 간선도로나 과도하의 누수로 인한 함몰사고 등 많은 인명을 앗아가는 2차재해로 발전할 가능성이 있는 점도 고려해야 한다. 최근 고도 성장기에 구축된 많은 상수도시설이 노후 되어 이들의 누수발생 확률이 높다. 이와 같은 상황을 방지하는 것은 단순히 수자원의 손실뿐만 아니라 수도가 지역에 대해서 재산상의 부정적인 의미를 나타낸다. 상수도사업체는 각 지역에서 발생되고 있는 각 분야의 사고를 교훈삼아 하드와 소프트 양면의 위기를 도출하는 등 유지관리의 충실에 노력해야 한다.

위기대책에서 중요한 점은 위기의 종류에 따라 발생빈도가 상이하고 위기발생에 의한 피해의 크기도 차이가 있다는 것이다.

상수도사업체나 그 수요자가 피해를 입을 위기가 예측되면 그 대책을 세워 피해를 가능한 한 경감시키거나 미연에 방지할 수 있다. 위기를 적절하게 관리하기 위해서 이들의 많은 위기 중 각각의 발생빈도나 그 피해의 크기를 고려하여 우선도가 높은 것을 평가, 선별하여 대책을 세워 실행하여야 한다.

3.1.2 사고 및 재해위험의 유형 및 영향

상수도는 지진, 갈수 및 풍수해 등 자연재해, 수질오염, 정전 및 시설의 노후화에 의한 사고, 인위적 사고, 파괴활동 등 여러 가지 사고 및 재해 위험 요소를 안고 있다.

이와 같은 사고 및 재해 위험 요소가 상수도시설에 미치는 영향을 정리하면 다음과 같다.

<표 2.3-1> 사고 및 재해가 상수도시설에 미치는 영향

구 분	저수	취수·도수	정수	송·배수	급수설비	
자연재해	지진	댐 등 파손, 누수 토석류 퇴적	관거, 구조물의 파손, 누수	지, 관거 및 각종 설비파손, 이탈 누수, 여과사유출, 약품누출	관로, 부속설비의 파손, 누수	급수설비의 파손, 누수
	갈수	저수량의 저하 조류 발생	취수량의 제한	탁도의 상승	송수량, 배수량의 제한(감압 등) 밸브조작에 의한 녹물	출수불량, 단수, 녹물 발생
	풍수해	댐 등의 파손 토석류의 퇴적 철탑 붕괴 케이블류의 절단 해수의 유입	유목, 토사의 유입, 세굴 스크린 막힘 케이블류의 절단 해수의 유입	탁도의 상승 오수의 유입 철탑 붕괴 케이블류의 절단 해수의 유입	오수의 유입 사면 붕괴 등에 의한 관로의 파손	출수 불량 단수
	낙뢰		펌프 정지	펌프 정지	펌프 정지 (녹물, 워터해머 발생)	출수 불량 단수, 녹물 발생
	설해	결빙, 눈에 의한 취수단면 감소 수문조작 불능 철탑 붕괴 케이블류의 절단	결빙, 눈에 의한 취수단면 감소 수문조작 불능 철탑 붕괴 케이블류의 절단	철탑 붕괴 케이블류의 절단	철탑 붕괴 케이블류의 절단	결빙에 의한 급수장치 파손
	염해	해수의 유입 부식, 중성화 전기설비 손상	해수의 유입 부식, 중성화 전기설비 손상	부식	부식	부식
사고	정전		펌프 정지	펌프 정지	펌프 정지 녹물 발생	출수 불량 단수, 녹물 발생
	수질	유해물질 기름의 유입	취수정지 약품사용 활성탄 사용	정수처리방식의 변경 활성탄 사용	배수량 제한 녹물 발생	출수 불량 단수, 녹물 발생
	설비·관로		취수 또는 도수 정지	정수량 저하	배수량 제한 녹물 발생	출수 불량 단수, 녹물 발생

3.1.3 방재성능 만족여부

상기에서 검토한 결과 청주시의 송수관로 복선화관로는 L=5.6km(D200~D700mm)로 계획하였다.

3.2 수도시설별 사고 및 재해 해소대책

수도시설별 발생가능한 사고 및 재해위험요소와 그 대책을 정리하면 다음과 같다.

3.2.1 수원 및 저수시설

저수시설의 재해나 사고 등에 따라 취수가 불가능하게 되면 바로 수도 전체의 전면적 단수로 이어지는 중대한 영향을 받게 된다. 때문에 시설 상황에 따라 미리 대책을 세워 사고가 일어났을 때의 구체적인 대응방법을 관계 직원들에게 교육시키고 훈련시켜야 하며, 또한 사고가 발생했을 때는 바로 관계 부서에 연락하여 그 지시에 따라야만 한다. 저수시설에서 예상되는 재해 및 사고와 그 대책은 다음과 같다.

가. 호우 및 홍수

댐 조작에 있어서는 큰비 및 홍수에 가장 주의를 요한다. 홍수시의 조작은 자칫 잘못하면 하류 하천수위의 급격한 상승 등으로 중대한 재해를 일으키게 되므로 관계 법령 등에 따른 세심한 주의가 필요하다.

나. 유해물질에 의한 오염

집수구역에 집락, 사업소 등이 있는 경우는 과실에 의한 페놀, 시안, 농약 등의 유해물질이 댐 등으로 유입되는 외에 도로 관광용 등의 차량에 의한 기름 유실사고도 있다. 그러므로 대책으로서 충분한 감시를 하여 순시를 비롯해 부근 주민에게 감시를 의뢰해 두는 것이 바람직하다. 유해물질 유입을 발견 또는 통보를 받았을 때는 신속하게 제거하여 처리하도록 한다.

다. 한랭지대책

동절기에는 결빙된 눈에 의해 취수구 게이트가 개폐 불가능한 상태로 되고 취수단면이 감소하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 취수구는 결빙의 영향을 받지 않는 높이에서 사용하는 등 취수에 지장이 없도록 배려한다.

라. 기타사고

저수지 주변의 작은 동물에 의해 저수지 관리용 기기나 배선에 손상을 주고 생각지도 못한 사고나 게이트밸브의 개폐를 일으킨다. 때문에 배선이나 기기는 정기적으로 점검하고 손상을 조기에 발견함과 동시에 통상 사용하지 않을 때는 “닫힘”으로 놓아두는 등 세심한 배려가 필요하다.

댐 주변은 관광지화 되어 있는 경우가 많아 관광객에 의한 사고도 많다.

이들 사고를 가능한 한 방지하기 위해 차량진입을 금지시키고 위험장소에 출입금지, 야간 통행금지장소 등을 정해 사고방지에 최선을 노력을 기울여야 한다.

3.2.2 취수시설

취수지점에서 수원의 질적·양적 변화는 수도시설의 관리에 큰 영향을 미치게 되므로 수원의 상태를 가능한 한 양호하게 하여 설치 당시의 상태를 유지하도록 노력함과 동시에 변화가 있는 경우는 신속히 조치해야 한다.

취수구 상류에 공장이나 하수도의 배수구가 설치되는 것을 기본적으로 피해야 하나 부득이한 경우는 오·폐수 등의 수량, 수질, 배수구의 위치를 충분히 검토하여 수원에 영향이 없는 방법을 강구하도록 관계자에게 요청해야 한다.

취수시설에서 수량관리는 한정된 수자원의 이용 등 취수, 정수 및 송·배수에 이르는 종합적인 물운용의 일환으로 유효적절하게 시행하는 것이 바람직하며, 동일 수계에서 수리권이 경합되는 경우 다른 사업자가 관리하는 댐에 의존할 때에는 항상 다른 이수자와 밀접한 관계를 유지하고 긴급시에도 신속한 협력이 되도록 상호 이해를 깊게 할 필요가 있다.

긴급히 취수의 정지가 불가피한 사태가 발생할 경우에는 신속하게 필요한 조치를 강구함과 동시에 즉시 관계기관에 연락 보고하는 등의 조치를 취하여야 한다.

가. 취수시설의 위기관리

역학적으로 안정된 구조물인 취수시설은 지진이나 수해 등에 의해 기능적으로 큰 피해가 발생되는 예는 드물다. 그러나 펌프나 부속기기류의 고장 정도에 따라서는 취수능력이 저하되고 취수 불능까지 이르게 될 우려가 있으며 갈수나 수질사고 등의 요인에 의해서도 취수가 삭감되거나 일시적으로 정지하는 경우가 있다.

취수시설의 위기관리는 인위적인 요인 등에 의한 기기류의 사고, 지진이나 수해 등에 의한 시설과 기기류에의 피해, 갈수나 수질사고 등에 의한 취수량의 영향 등을 예측하여 상황에 따른 정확한 대책을 강구하여야 한다.

이 외에도 재해시의 수원의 안정성이나 대체성, 취수 삭감이나 정지 등에 동반되는 수도시스템에의 영향 등을 감안하여 구체적인 대응조치를 정해 두어야 한다.

기기류는 미리 정해진 점검 기준에 따라 점검을 항상 실시하여 정비해 두고, 사고 발생시에는 신속한 대응이 이루어질 수 있도록 직원에 대한 훈련을 정기적으로 실시한다.

또한, 관계기관에 대한 사고 상황 보고나 복구 견적 등의 정보를 신속히 통보할 수 있도록 연락 체제를 정비하여 그에 따라 통보 훈련을 실시하도록 한다.

나. 취수의 안전도 향상

1) 원수의 상호용통기능 강화

지하수는 하천수도에 비해 양이나 질적 변동이 적은 안정된 수원이다. 갈수나 수질사고 등에 동반되는 하천의 취수 제한시에 지하 수원의 대체에 의해 생활에 필요한 최소한의 급수가 확보된다면 급수제한에 동반되는 사회적인 영향이나 혼란은 피할 수 있다.

반면 지표수는 각 수계마다 갈수시의 하천 상황이 다르고 수질사고가 동시에 발생할 가능성도 적다.

복수의 수계에서 취수하고 있는 수도시스템에서는 갈수시, 수질사고시에 원수의 상호 용통을 도모함에 따라 급수의 안정성은 향상된다. 수도시스템의 취수 안전도의 향상을 위해서는 복수 수원이나 수계 간에 연락시설 등을 정비하여 원수의 상호용통기능을 강화해 갈 필요가 있다.

2) 수질사고에 대한 안전도 강화

취수시설관리에 있어서는 수질 변화에 세심한 주의를 기울임과 동시에 돌발적으로 발생하는 수질사고에 대해서는 순시나 다른 수도사업자와의 연락체제를 밀접히 유지하여 조기발견에 힘쓰고 그 대응조치를 신속히 취하는 것이 중요하다. 사고 정도에 따라서는 단수나 감수 등 급수사고에 까지 이르지 않도록 수도시스템 전체로서의 수운용상의 대응조치가 신속히 이루어지도록 하여야 한다.

수질감시는 연속하여 실시하는 것이 바람직하고 최근에는 어류에 의한 자동감시나 수질계기에 의한 자동감시가 이루어지고 있다. 어류에 의한 감시는 수질감시의 보조적인 방법으로 이상이 확인되었을 때는 신속하게 수질담당부서에 통보하여 수질관리상의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3) 시설의 보전과 위험방지

취수시설은 제체 밖이나 산간지역의 하천 등 관리사무소로부터 떨어진 장소에 설치되어 있는 경우가 많고 일반적으로 사람의 흥미 대상이 되기 쉽다.

그러므로 취수시설에는 보안책이나 진입 금지 등의 표지판을 정비하여 정기적으로 순회하고 시설보전 및 위험 방지에 노력해야 한다.

최근 취수구 등 주요 장소에 CCTV를 설치하여 원격 감시하는 방법이나 적외선을 이용한 경보장치에 의해 외부자의 침입을 방지하는 방법이 이용되고 있는 예가 있는데 이는 시설 감시에 유효하다.

3.2.3 도수시설

도수시설의 사고·재해는 급수구역 전체에 영향을 미치게 함과 동시에 사회적인 피해도 크므로 예상되는 여러 가지 위험 상황을 예측하여 적절한 리스크 관리를 하도록 해야 할 것이다.

가. 사고 및 위험방지

1) 노선순찰

도수노선은 전원지대나 산간지 등 관리사무소로부터 떨어진 곳이 많으므로 일반인으로부터의 정보도 적고 시설에 이상이 있어도 발견이 늦어질 수가 있다. 따라서 평상시에 순찰·점검을 적극적으로 실시함과 동시에 중요한 시설은 영상감시설비(CCTV)를 이용해 감시하여 시설의 안전을 항상 확인하도록 하는 것이 바람직하다.

2) 내진성 및 내구성 진단

내진성 진단에 대해서는 “기존 상수도의 내진성능평가요령(2004, 건설교통부)”, “기존 상하수도시설 내진보강계획 수립지침(2018, 환경부)”에 의해 역학적인 해석을, 내구성에 관해서는 시설의 경년도, 노후도, 환경조건 등을 고려하여 평가한다.

또한 이러한 도수시설 평가를 바탕으로 이상이 발생하기 쉬운 시설, 장소를 파악하여 둘

필요가 있다.

이외에도 긴급시의 대응이나 장래의 시설개량 계획에 참고로 활용하기 위해 이들의 진단 데이터 및 일상관리 데이터를 계속적으로 축적·정리해 두는 것이 중요하다.

3) 수질오염

수질오염사고를 방지하기 위해 평상시에 오염원으로 예상되는 공장·사업장 등을 파악해 둠과 동시에 수질자동감시장치, 어류감시장치, 수질시험차 등의 수질관리기기 및 관리체제를 정비하는 것이 바람직하다. 도수시설 중의 개거는 수질의 오염방지 관점에서 가정하수 등의 유입, 개거 주변에의 폐기물 등의 불법투기, 자동차의 추락, 호우에 의한 토사유입 및 홍수에 의한 개거의 붕괴 등에 특히 유의해야 할 것이다.

나. 오염방지 및 안전대책

1) 보안철책

개거, 수로교 및 수관교의 순찰노선(통로)에는 전락(轉落) 등의 위험방지와 폐기물 투기 등에 의한 오염방지 관점에서 사람과 가축이 출입할 수 없도록 철책 등을 세우고 완전히 잠금장치를 해서 출입금지 표시를 한다.

개거에는 실수로 사람이 떨어질 경우를 대비해서 적당한 간격으로 안전망을 설치해 두는 것이 바람직하다.

2) 수위의 이상감시장치

암거, 터널 및 사이편 출입구 또는 이러한 구조물과 개거가 접속하는 부분에는 외부로부터의 오염에 주의함과 동시에 이상 수위의 상승을 감지하는 장치를 설치할 필요가 있다.

3) 전용노선의 관리

도수관이 매설되어 있는 전용노선은 되도록 차량의 통행을 금지하는 것이 바람직하지만 최근에는 사정에 따라 통행을 허가하는 경우가 많다. 이 경우에 노선관리를 수도사업자가 실시하도록 되어 있으므로 사고가 발생했을 경우에 관리책임이 따르므로 노선을 순찰할 경우에는 노면상태 등에도 충분히 주의해야 한다. 단, 관로의 유지관리상 지장이 없는 경우에는 도로관리자와 협의하여 노면 등의 관리를 도로관리자가 하도록 할 수 있다.

다. 이상시의 대응

재해, 사고 등의 이상시에 대비하여 사고내용 및 상황 파악과 그 대응 및 복구작업 등의 응급 체제를 갖춰두어야 한다.

1) 정보의 수집·연락체계 확립

이상시를 대비하여 정확한 정보수집, 연락체제를 정비함과 동시에 사고의 영향이 커질 우려가 있는 관계단체, 기업 등이나 법적으로 허가가 필요한 관계기관과의 연락체제도 확립해 둔다.

정보의 수집에는 전화, 팩시밀리, 무선, 인터넷 메일, 구두전달 등의 방법이 있는데 이상시에는 회선이 불통이 되어 연락불능이 될 경우가 있으므로 가능하면 임시전화, 팩시밀리의 증설이나 직통방식으로 통화할 수 있는 방법을 확보해 두어야 한다. 홍보는 시기, 내용, 범위 등 주지해야 될 사항과 방법을 정하여 지자체, 반상회, 언론기관의 지원을 요청한다. 또한 사고처리에 있어서는 지령을 정확히 전달하고 사고처리 종료 후에는 즉시 보고하는 등의 지시, 전달, 보고 등에 대해서 통일된 체제를 확립함과 동시에 이상시를 예측한 처리 요령 등을 정해 둔다.

2) 복구계획

도수시설의 단수는 영향이 광범위하므로 인근의 수도사업자로부터의 응급지원을 포함해 응급수계획을 수립해 둘 필요가 있다. 복구는 사고의 규모나 상황에 따라 그 대응은 여러 가지이지만 복구용 재료, 기기, 긴급시의 인원확보 등의 체제를 정비해 둔다. 또한 야간작업이나 휴일, 국경일 등도 고려하여 담당자, 시공 관계자로의 통보나 시공체제를 확립해 두어야 한다.

3) 기타

도수시설의 사고를 예상한 모의(simulation)를 실시하여 복구 계획, 공사, 보고 등에 대해 원활한 대응이 가능하도록 이상시 훈련을 해야 한다. 또한 이상시 대응 기록으로 시계열적인 행동과 내용을 정리하여 기록해 둘 필요가 있다.

3.2.4 정수시설

정수장은 주위 환경의 변화와 관계없이 항상 안전한 물을 충분히 생산 공급하기 위해서는 시설물의 안전관리 및 재해대책은 무엇보다 중요하다.

정수장에 관계되는 주요 위험요소들은 자연재해로서는 태풍·홍수·호우·폭풍·폭설·가뭄·지진·황사·적조 등과 인적재난으로는 화재·붕괴·폭발·화생방사고·수질환경오염사고 등과 국가기반재난으로 에너지·통신 등이 있다.

정수장의 안전관리 및 재해대책은 정수장이 위치한 지역 특성 및 규모, 시설의 노후화 정도, 자동화정도(정보통신 기술의 발달로 원격 무인운전 시설 증가 추세) 등의 각각의 정수장들이 지니고 있는 특성을 고려하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능저하 상태 등에 대한 적절한 안전조치를 취하여 재해 및 재난을 예방하며 시설물의 안전과 효율성을 증진시키기 위하여 체계적인 안전관리 및 재해대책을 관리할 필요가 있다.

가. 수질사고

정수장 수질사고의 원인별로 다음과 같은 여러 유형이 있는데 예기치 못한 각종 수질오염사고 또는 수질기준 초과 등의 사고발생시 정수장에서의 응급조치 및 행동요령을 체계화하여 효과적으로 수질사고에 대응할 수 있도록 사전에 철저히 대비하여야 한다.

1) 계속적인 가뭄 등으로 인한 원수수질 악화

원수수질의 악화에 대해서는 수원지의 수질 동향조사를 기초로 하여 현상을 정확히 파악함과 동시에 향후 어느 정도까지 악화가 진행될 것인지, 특히 문제가 되는 수질항목이 무엇인지 등을 사전 예측하여(과거 취수원 수질자료 등을 활용) 취수지점 변경 및 취수중단 여부 등 대처 방안을 강구한다.

2) 유해물질의 유입시(재난, 사고 및 테러 등으로 인한 수질악화)

독성물질 등 고농도의 유·무기물질 유입을 감시하기 위해 자동수질측정시스템 등 적용 가능한 각종 경보시스템을 구축·운영한다.

수질정량분석결과 원수 수질기준을 계속 초과하여 정상적인 정수처리가 곤란하다고 판단되는 경우 취수중단 및 비상취수체계 수립 등 대처방안 강구(취수지점 변경, 고도처리방안

강구 등) 하고, 계속적으로 정수처리를 하여도 먹는물 수질기준을 현저히 초과 할 것이 판단될 때에는 급수 중단 등의 조치를 취한다.

3) 정수장시설의 파괴·파손시(재난 및 테러 등으로)

정수장시설의 파괴·파손에 의한 수질사고 발생시 사고범위의 신속한 확인 및 시설의 중요도를 고려하여 복구우선순위를 선정하며 사전 지정된 긴급복구 협력업체, 수리업체를 활용한 신속한 복구를 할 수 있도록 응급복구대책을 사전수립 사고에 대비하도록 한다.

시설물 파괴로 공정별 약품투입이 비정상적으로 투입되었을 경우 등 정상적인 정수처리를 하여도 먹는물 수질기준을 현저히 초과되어 단수조치가 불가피할 경우 복구에 소요되는 예상시간을 추정하여 급수구역 내 홍보하며, 복구 완료 후 수도시설 재가동시 반드시 수질의 안전성 여부를 확인 한후 재공급하여야 한다.

4) 정수장 시설물 운전 오동작, 조작으로 인한 사고

정수장 현대화로 자동화된 설비의 경우 기기의 오작동 또는 운전자의 조작미숙으로 약품의 과다·과소 투입으로 수질이 악화되는 경우가 있으므로 원격지 무인운전시설의 경우 통신상태 불량 등의 원인으로 자동수질 계측값이 허수 또는 계측센서의 정비 불량 등으로도 발생될 수 있으므로 근무자는 공정별 수질 계측값을 정상값과 비교 대조를 통하여 이상유무를 확인하여야 한다.

5) 정수장 수질사고시 대처요령

- ① 수질사고 발견(신고접수) 즉시 현장 확인
- ② 응급조치 실시(사고원인물질의 확산방지 및 차량 사람 접근제한 등)
- ③ 원인물질 파악을 위한 시료채취 및 분석
- ④ 사고대책반 구성 관계기관 상황전파 및 공조체제 유지
- ⑤ 복구 완료시까지 주요상황 기록유지

나. 고압가스 안전관리

정수장에서 고압가스 안전관리는 수도물 생산과정에서 병원성 미생물의 증식 억제 및 살균에 널리 사용되고 있는 염소가스(고압가스)에 대하여 현장에서 운영 중 발생될 수 있는 위험을 방지하고 발생된 피해는 최소화하는데 안전관리의 목적이 있다.

1) 안전관리교육 프로그램 운영

염소가스설비는 사고발생시 극히 위험하므로 반드시 제조사의 설비취급지침서나 설계자가 작성한 운전과 유지관리지침서에 따라 행하여야 하며, 정기적으로 고압가스에 대한 안전관리 교육계획을 수립 전 직원이 설비사용법뿐 아니라 안전장비사용법 및 사고대처방법 등에 대해서도 충분히 훈련이 이루어지도록 한다.

2) 고압가스 사용시 주의할 사항

㉠ 저장시 주의사항

- 용기 저장실에는 화기나 발화성 물질을 놓아두지 않는다.
- 저장실 및 투입기실에는 가스누출 탐지 및 경보장치를 설치되어야 한다.
- 용기는 반드시 법령에 의한 각종 검사에 합격한 것을 사용하며 1톤 용기는 2단 이하로 적재하고 반드시 용기 고정용 가대 및 정지목으로 고인다.
- 밸브를 확실히 잠그고 밸브 보호용 캡을 씌운다.
- 용기는 직사광선을 피하고 하절기에는 40°C 이하로 유지하며 동절기의 혹독한 기상 조건에는 가온시설을 설치 공급 장애가 일어나지 않게 한다.
- 충전 용기는 사용하지 않는 상태로 장기간 방치하지 않으며 빈 용기와 구분하여 저장한다.

㉡ 사용시 주의사항

- 배관 등 접속부위에 대한 누출을 수시로 점검한다.
- 용기밸브의 개폐는 전용 핸들을 사용하여 서서히 조작한다.
- 1톤 용기를 사용할 때에는 용기를 회전대에 올려 놓고, 2개의 취출밸브가 정확하게 상·하 수직이 되게 놓는다. 염소를 가스상태로 사용할 때에는 위의 밸브에, 액체상태 상 취출시에는 아래의 배관에 접속한다.
- 염소 주입설비는 최대 용량에서 최소주입량까지 안전하고 정확하게 주입 가능하여야 한다.
- 주입량 및 잔량을 검사하기 위하여 계량설비 등을 설치 수시점검한다.

3) 누출시 조치사항

- ① 염소는 극히 독성이 강하므로 누출시에는 즉시 응급조치를 하고, 다량의 염소가 누출된 경우에는 즉시 관계기관에 통보 하고 부근의 주민에게 알려 대피시켜야 한다.
- ② 방독마스크나 그 외의 보호구를 확실하게 착용하고 숙련된 작업자에 의하여 정확한 복구작업이 이루어져야 한다.
- ③ 염소 누출에 대한 조사나 복구는 반드시 여러 사람이 같이 해야 한다.
- ④ 소량의 염소가스 누출인 경우에는 소다나 석회와 같은 알칼리성 약품을 살포 흡수시켜 중화시킨다.
- ⑤ 염소 중독자에 대한 응급조치
 - 공기가 신선하고 따뜻한 방으로 옮긴다.
 - 머리와 등을 높게 하여 바로 누인다.
 - 체온이 내려가는 것을 막기 위해 모포로 덮는다.
 - 산소호흡을 시킨다.

다. 정전시 관리대책

정수장에 있어서 정전은 내부 수전설비 고장이나 태풍, 번개, 폭풍, 화재 등 다양한 이유에 의하여 언제든지 일어날 수 있다. 정수장 마다 입지조건에 따라 다르지만 자연유하에 의하여 원수의 취수, 정수의 송수, 배수가 가능한 정수장과는 그렇지 못한 정수장은 정전의 영향은 심각한 사고가 될 수 있다. 그러므로 정전에 대한 대책은 정수장의 입지조건과 시설의 규모, 설비중요도 등을 바탕으로 정전시 발생할 수 있는 모든 피해를 상정하고 예비전원 대책을 수립한다.

예비전원설비는 정전시 신속하고 안정적으로 전원을 공급하여야 하므로 부하의 신뢰성이 높은 설비를 선택하며 정기적으로 정비·점검을 철저히하여 항상 정전에 대비하여야 한다.

전력사용량이 많은 대규모 정수장의 경우 운영 중 갑자기 정수장 설비의 전체 가동이 정지되는 정전사태가 발생한 경우 전원 재투입시 시설물 보호 및 안전사고 예방을 위하여 각 시설마다 정해진 절차 또는 전기안전관리자의 지시에 따라 전원을 단계별로 투입하여 정상가동 여부를 반드시 확인한다.

3.2.5 송·배수시설

가. 사고의 영향

상수도관로의 사고는 돌발적인 단수나 감수를 발생시킬 뿐만 아니라 도로나 다른 지하매설물을 손상시키거나 또 가옥 등을 침수 또는 손상시킨다. 또한 누수의 정도에 따라서 관로를 함몰시키거나 겨울에는 노면이 동결해서 2차적인 교통상의 지장을 일으키고 때로는 커다란 인명사고의 원인이 되어 주민생활에 직접적인 피해를 끼치기도 하므로 사회적인 영향이 크다. 따라서 먼저 사고예방에 노력함과 동시에 조기에 발견해서 신속하게 복구할 필요가 있다. 사고의 원인 및 피해상황 등의 조서는 그때마다 작성해 두어야 한다.

나. 예방계획

사고의 원인으로서는 일반적으로 다음과 같은 것이 있으나 복합적인 원인에 의하여 발생되므로 실제의 유지관리에서는 과거의 사고 사례를 참고로 해서 관체, 토양, 매설상태 등을 면밀하게 조사하여 검토한 다음에 예방계획을 세워야 한다.

- ⊙ 지진
- ⊙ 재질의 노화 : 경과년수에 따른 노화, 부식, 이음의 불량 등
- ⊙ 하중 증대 : 중차량, 성토, 지진, 동결, 수격압력 등
- ⊙ 관지지대의 악화·지반의 부등침하, 연약지반, 지반 미끌어짐, 이음누수에 따른 지반의 이완, 함몰 등
- ⊙ 시공관련 : 다른 공사에 의한 것, 무리한 시공에 의한 것 등
- ⊙ 재질 및 관종 선택 불량 : 구역 여건에 맞지 않는 경우, 즉 수압차가 심하거나 또는 토질 등의 여건이 불량, 심도가 낮은 경우 등

다. 관로의 순찰 및 입회

관로순찰의 목적은 송·배수관 사고의 예방과 조기 발견에 있다. 순찰에 있어서는 지상누수, 관로상의 함몰, 관로 용지의 불법점거, 각종 밸브류 등을 점검하여야 한다. 만약 이상이 있을 때는 즉시 전화 등에 의하여 연락한 다음 조기에 적절한 조치를 취하여 사고를 사전에 방지하며, 또 발생한 사고는 최소한으로 그 피해를 줄이도록 노력하여야 한다. 또한 공사 복구상황,

공사현장 보안시설의 상황, 간토처리상황 등의 점검, 하수도, 가스, 전기, 전화, 빌딩건축 등 다른 공사에 의하여 관로에 주는 영향의 유무 등에 관하여 조사, 감시하고 사고발생을 사전에 방지하도록 하여야 한다. 순찰 중 누수를 발견하고 이것이 상수도관로에 의한 것인지 공업용 수도관로나 기타 지하수에 의한 것인지를 판별하기 위하여 잔류염소측정기를 휴대하는 것도 하나의 방법이다.

사고예방상 관로의 순찰은 적극적으로 할 필요가 있다. 또, 하수도, 가스, 전기, 전화, 빌딩건축 등의 다른 공사에 의하여 상수도관로의 영향을 감시하기위해 현장입회를 하여야 한다. 입회할 경우에는 관의 위치확보, 구조물과의 간격, 관보호 상황 및 굴착, 되메우기, 흙막이방법, 제수밸브나 소화전 등의 사용여부, 기타 협의 및 지시사항 등의 확인을 하고 사고발생을 사전에 방지하여야 한다.

라. 노후관의 사고예방

관은 계속 하중을 받고 토양, 지하수 등 자연환경에 노출되어 있기 때문에 오랜 시간이 지남에 따라 재질이 노화한다. 매설상태에 따라 그 정도는 다르지만 관로의 위험도, 중요도 등을 조사검토하고 개량계획을 세워 가능한 새로운 관으로 부설 교체하는 등의 대책을 강구하고 순차적으로 내진관로로 정비하는 것이 바람직하다.

마. 관의 부식 등에 의한 사고예방

관로의 현장조사 및 토양조사 등의 결과 관이나 이음재료의 부식 또는 이음이완으로 인한 누수가 많은 장소나 사고발생의 위험성이 큰 장소에서는 볼트의 재조임이나 누수방지용 금속기구를 부착하거나 새로운 관으로 부설교체를 하는 등 사고를 사전에 방지하여야 한다. 부식성이 강한 토양에서 부설교체를 할 경우에는 토사의 치환, 내식성 도복장 또는 폴리에틸렌슬리브 피복 등의 방법에 의해 방식 대책을 준비할 필요가 있다.

바. 중차량에 의한 사고예방

상수도 전용도로를 특별한 사정으로 통행을 허가하는 경우에는 필요에 따라 차량의 중량 제한을 실시하는 것이 안전하다. 일반도로에서 도로의 개량 등으로 흙 두께가 얇아졌을 경우에는 적절한 흙 두께로 다시 부설하거나 보호를 실시하여야 한다. 중량을 초과하는 화물을 운반하는 대형차량이 관로 상을 통과할 때는 강판 부설 등으로 노면에 하중이 넓게 분산되도록 할 필요가 있다.

사. 지진에 의한 사고예방

지진대책으로서는 미리 각종 구조물을 내진공법에 의하여 설계, 시공하고 또 만일 지진의 피해를 받은 경우에는 신속하게 운반급수, 응급복구 조치가 될 수 있도록 기자재를 평소부터 준비하여 두는 것이 필요하다. 지진이 일어나기 쉬운 지방의 송·배수관은 점성이 있는 재질(플렉시블 축이음 등) 또는 이음을 사용하고 피해를 최소한으로 줄일 수 있도록 시공하여야 한다. 특히 지반이 연약하여 지하수가 높고 층적층이 두꺼운 장소는 지진의 피해가 크다. 피해 장소는 일반적으로 플랜지 부분의 절손, 이음이 빠지는 경우 십자관이나 T자관의 절손 등이 가장 많으므로 관의 부설에 있어 충분히 주의하여야 한다. 또한 비닐관 종류의 경우 휨성이 있는 재질(플렉시블 이음)을 밸브 앞 또는 분기지점에 설치, 시공하여야 한다. 기타사항으로 지진에 의한 사고예방에 대해서는 현재 진행중인 상수도시설에 대한 내진 설계기준 연구용역 결과에 따른 도출결과를 반영하여 내진대책을 수립하여야 한다.

아. 지반침하에 대한 사고예방

성토해서 공간이 없는 조성지대, 지하수 양수가 많은 층적층 지대 및 탄광 지대 등에서는 매년 큰 지반침하가 일어나며 또한 강고한 기초를 쌓은 부분과의 경계에서 부등침하가 발생하기 쉽고 매설관이 손상되거나 이음누수의 원인이 되므로 침하에 대응할 수 있는 관로구조로 하는 것이 중요하다. 신축이음을 만들 때는 그 위치를 관측할 수 있도록 하는 것이 좋다. 유지관리에 대해서는 지반고를 정기적으로 측정하여 가능한 관내조사로 관로의 위치, 이음부 간극의 이탈상황 등을 조사해서 사고를 미리 예측하고 필요에 따라서 개량공사를 하여야 한다. 또 극단적인 성토가 이루어질 경우에는 규정깊이로 부설 교체할 필요가 있다.

자. 누수에 의한 함몰 및 동결의 사고예방

누수 때문에 도로에 함몰이나 동결이 일어나면 교통장애나 교통사고의 원인이 되므로 이러한 것의 예방은 특히 중요하다. 이들 2차적인 사고를 방지하기 위해서는 관로의 순찰점검을 강화하고 동결을 발견했을 경우에는 신속히 동결 용해제를 뿌리고 보안시설을 설치할 필요가 있다. 또 함몰이나 동결이 일어나지 않도록 하기 위해서는 누수방지를 강화하고 상수도관로 부설 공사에 있어서는 접합 작업을 확실하게 실시해서 통수 전에 수압시험을 해서 누수의 유무를 확인하고 되메우기 등을 완전히 시행할 필요가 있다.

차. 무리한 시공 등으로 인한 사고예방

무리한 시공에 의해 사고가 발생하지 않도록 충분히 주의하여야 한다. 이음은 누수의 원인이 되지 않도록 관을 정확하게 설치해서 확실하게 접합하여야 한다. 특히, 신축이음은 설치 중에 신축이 일어나지 않도록 신중하게 시공할 필요가 있다.

시공 중에 역사이편부의 굴착 내가 침수하거나 되메운 후에도 지하수위가 높은 경우에는 빈관이 부상하는 경우가 있으므로 주의하여야 한다. 관로에 근접하여 굴착할 경우에는 수압에 의해 관 이동이 없도록 주의해서 시공하여야 한다. 특히, 이형관보호의 후면이나 제수밸브 정지 및 전 정지가 되는 장소에는 충분한 보강을 실시할 필요가 있다.

카. 부속시설의 사고예방

부속시설은 충분히 관리하고 사고의 원인이 되지 않도록 주의하여야 한다. 관내의 유수 중에 공기가 들어가면 물 흐름을 저해할 뿐만 아니라 사고의 원인이 되므로 공기밸브는 항상 정상적으로 흡기 및 배기가 되도록 점검·정비를 하여야 한다.

또, 철제 뚜껑은 유동이나 이탈방지에 주의하고 주변 노면과 단차가 생기지 않도록 관리하여야 한다. 제수밸브를 무리하게 개폐하면 고장의 원인이 되므로 제수밸브의 조작을 신중하게 시행할 필요가 있다.

3.3 관로의 위험노선 검토

청주시의 관로는 도복장강관, 주철관, PVC관이 대부분을 차지하며 누수사고는 급수관에서 대부분 발생하고 있는 것으로 파악되었다.

<표 2.3-2> 청주시 관종별 관로연장 현황 (단위 : m)

구 분	에나멜코팅 도복장강관	엑상에폭시 도복장강관	주철관	덕타일 주철관	PVC관	기 타	계
도수관로	0	4,027	4,236	13,791	0	955	23,009
송수관로	0	13,582	123,262	2,467	0	5,368	144,679
배수관로	300,184	28,041	757,511	42,621	465,140	143,717	1,737,214
급수관로	355,255	17,195	3,576	0	505,891	124,927	1,006,844
계(m)	655,439	62,845	888,585	58,879	971,031	274,967	2,911,746
비율(%)	22.5	2.2	30.5	2.0	33.3	9.5	100.0

주) 2019상수도통계 (환경부, 2020)

2장 공급시설의 안정화계획

<표 2.3-3> 청주시 누수건수 현황 (단위 : 건)

구분	송수관	배수관	급수관	옥내	계
2015년	3	103	872	0	978
2016년	5	260	761	0	1,026
2017년	9	173	714	0	896
2018년	5	162	989	0	1,156
2019년	1	132	752	0	885
계(건수)	23	830	4,088	0	4,941
비율	0.5	16.8	82.7	0	100

주) 2015~2019상수도통계 (환경부, 2016~2020)

청주시의 과거 5년간 누수건수는 급수관에서 약82.7%를 차지하고 있으며 관로사고의 대부분을 차지하고 있다. 급수관 등의 소형관은 상수도시설기준에서 토피 0.8m이상으로 부설이 가능한 것으로 제시되어 있으므로 마을 및 농로에 얇은 토피로 부설이 이루어지고 있는 실정이다. 풍수해 등으로 인한 재해시 농경지 인근의 도로유실로 인해 상수관 사고가 빈번히 발생하며, 급수관의 소규모 공사과 같이 시공 품질관리가 철저히 이루어지기 어려운 실정으로 관로부설시 접합부 검사 및 채움재의 품질시험 등이 생략될 우려가 있다. 따라서, 급수관로의 누수사고 방지를 위해 시공시 철저한 품질관리와 고수압 발생지역에 감압밸브 설치 등 계획단계에서의 적정 수압계획과 시공 중 철저한 품질관리가 이루어져야 할 것이다.