

수자원의 현장 · 설계

(주)유신설계 공단

심 상 준*

1966년에 창립한 우리 유신설계공단은 “기술의 향상”과 “미래에 대한 도전”을 기본이념으로 한국의 엔지니어링 업계를 선도해 온 엔지니어링 컨설팅 회사로써, 사회간접 기간시설에 대한 타당성조사부터 기본설계, 실시설계 및 공사시공에 관한 전면책임감리 등의 서비스를 고객에게 제공하고 있다.

우리회사는 창사이래 수자원개발 및 관리기술을 다루는 「수자원부」와 수자원의 배분공급 기술분야인 「상하수도부」의 2개 수자원 관련 기술부서를 두어 「물의 개발과 관리 및 배분을 통해 국민생활 향상 및 사회경제 발전에 이바지한다」라는 사명감으로 그동안 우리나라의 주요한 수자원 관련사업에 대한 계획입안 및 설계활동을 성공적으로 수행하여 왔다. 강우의 시점인 분수계로 부터 종점인 하구에 이르기까지의 유역내에 발생하는 이수·치수에 관련된 문제점을 해결하기 위한 유역개발 및 조사사업, 계절적 지역적으로 편기된 수자원의 효율적 배분 및 다목적이용을 위한 댐개발사업 및 광역상수도사업, 지표수가 부족한 해안 및 도서지방 특히 지하수자원이 풍부한 제주도의 지하수조사 및 개발사업 등을 비롯하여 도시지역의 내배수처리사업, 하천개수 및 하천정화사업, 용수공급사업등 다양한 수자원 관련사업의 조사·계획·설계를 수행하여 왔다.

현재 우리회사 수자원부 및 상하수도부에서는 2000년대 우리나라 수자원정책 자료의 제시를 목적으로 전국을 4대강 유역권으로 구분하여 장래

급증할 용수수요에 대처하기 위한 수자원개발 가능지점을 조사하고, 이의 배분을 통한 권역별 안정적 용수공급방안을 제시, 장래 용수난을 근원적으로 해결코자 하는 “수자원개발 가능지점 및 광역배분 기본계획 조사” 용역을 수행하고 있다.

현재 수행하고 있는 상기 용역사업의 과업내용과 우리회사 수자원부 및 상하수도부에서 최근에 수행한 특기할 만한 용역사업에 대하여 개괄 기술하고 이 글을 마칠까 한다.

■ 수자원개발 가능지점 및 광역배분 계획 기본조사 (1994.6~1996.4 한국수자원공사)

우리나라 수자원의 주요문제점은 하천이용도의 증가로 인한 하천수의 고갈에서 야기된다. 하천유역의 수자원 부존량과 유출량은 비교적 풍부하지만 유황이 극히 불규칙하여 대부분 일시에 바다로 유실되고 하천은 장기적 고갈상태를 면하지 못한다.

1960년대 이후 급속도로 진행된 사회 및 경제발전에 따라 우리나라의 물수요는 급증되어 왔으며, 도시화 공업화로 인한 도시용수의 급증으로 용수수요가 대량화 집중화되어 이러한 현상은 더욱 악화되고 있다.

이러한 대량화 집중화의 지역적으로 편기된 용수수요의 급증을 자연하천 유출량 만으로 충당하기에는 한계에 도달, 정부는 원활한 용수의 공급을 위하여 1970년대 이후부터 다목적댐 및 생공용수 전용댐을 건설 운영중에 있으며 유역변경에 의한 유오염수전용, 광역공급시설의 설치등 다각적인 노력

* (주)유신설계공단 수자원부 이사

을 기울여 어느 정도 효과를 거두고 있으나, 급속한 인구증가와 산업화에 따른 지역적인 용수수급의 불균형과 하천수질 오염 등 근원적인 용수문제 해결에는 미치지 못하고 있다.

근래에 와서 대도시 및 공업단지에서 배출되는 오염물질로 인한 하천환경 오염문제와 다목적댐 적지의 부족 및 수률주민의 반발, 수몰보상비의 양등으로 인해 용수수요 증가에 비해 수자원 개발이 뒤따르지 못하는 실정에 있다.

최근에 발생한 일련의 물문제를 종합적으로 정리하면, 첫째로 유역별 수자원 부존량의 차이에서 오는 지역적인 용수난과, 둘째로 도시화 및 산업화로 인한 용수수요량의 증대에 따른 용수부족 그리고 수질악화로 요약될 수 있다.

수자원 개발은 장래에 급증하는 각종 용수수요를 충족시키기 위하여 제한된 수자원을 공간적 시간적으로 재배분하는 작업이라 할 수 있을 것이다. 가용수자원이 제한되어 있는 상태에서 증가하고 있는 용수수요에 대처하기 위하여는 국지적 관점의 개발방식으로는 장래문제를 더욱 어렵게 할 우려가 크며 유역권 전체에 걸친 수자원의 합리적이고 경제적인 재배분을 통한 종합적인 수자원의 개발이 불가피하다.

본 용역은 전국을 4대권역으로 구분하여 2021년까지의 장기적 관점에서 용수수요를 예측하고, 이에 대처하기 위한 수자원개발 가능지점을 조사 분석하여 수자원 정책자료로 제시함은 물론 장기 용수공급방안을 수립, 수자원의 효율적 개발과 이용을 도모하는데 그 목적이 있다.

과업대상지역 및 과업의 내용은 다음과 같다.

○ 과업대상지역 : 전국

- 한강권역 : 한강 안성천유역 및 서해안 동해안 일원
- 금강권역 : 금강 만경강 삼교천유역 및 서해안 일원
- 낙동강권역 : 낙동강 형산강 태화강유역 및 동해안 남해안 일원
- 섬진강·영산강권역 : 섬진강 영산강 동진강 탐진강유역 및 서해안 남해안 일원

○ 과업의 내용

- 수문조사

- 용수이용현황 및 용수공급체계 현황조사
- 장래용수 수요전망(1993~2021년)
- 유역권의 물수지 분석
- 수자원개발 가능지점 조사
- 유역권 수자원 개발계획
- 광역상수도 용수공급방안
- 단계별 용수공급방안 수립
 - 1단계(~2001) : 권역별 기존계획, 기조 사성과 검토확정
 - 2단계(2002~2011) : 권역별 수자원개발 및 용수공급방안 확정제시
 - 3단계(2011~2021) : 수자원개발구상(안) 제시

■ 제주도 수자원 종합개발계획 수립

(1993.11. 건설부, 제주도, 한국수자원공사)

제주도는 약 300만년전 제3기 플라이오세에서 제4기 초기에 걸쳐 일어난 화산활동에 의하여 형성된 화산도로서 평면적으로는 동서로 약 74km의 장축과 남북으로 약 32km의 단축을 갖는 타원형체를 이루고, 종적으로는 해발표고 EL.1, 950m인 한라산을 중심으로 원추형의 shield volcano의 양상을 나타내고 있다.

제주도는 국내에서 최다우지역에 속해 년평균 강우총량은 33.9억톤에 이르는 풍부한 수자원을 보유하고 있다. 그러나 본도의 지질 및 지형적 특성으로 인해 대부분의 강수는 쉽게 지중으로 침투하여 풍부한 지하수자원을 이루나 하천 표류수는 호우시 단시간에만 발생하며 평상시에는 대부분의 하천이 건천을 이룬다.

이러한 본도의 수자원 부존상의 특성으로 인해 대용량 표류수 개발이 불가능함에 따라 오래전부터 본도에서는 수자원이 부족한 것으로 인식되어 왔으나 1970년도 초부터 농어촌 개발공사를 중심으로 본도 지하수 개발에 대한 조사가 착수되고 그 결과에 따라 관정에 의한 지하수 개발이 본격적으로 시행되어 현재 상수도 보급율은 99.9%의 전국 최고 수준에 이르게 되었으며, 개발공수는 약 3,200개소에 달한다.

그러나 근래에 와서 본도에서는 수자원 부존상의 특성으로 인한 지역적인 용수 수급상의 불균형과

동부지역 염수침입 및 도시하수 등으로 인해 일부 지역에서 지하수자원이 점차 오염됨으로써 수자원 개발 및 이용에 문제점으로 대두 되었다.

특히 제주시, 서귀포시와 같은 대량 용수수요자에 대한 주수원 역할을 담당하고 있는 해안 용천수는 고갈되거나 또는 주변도시의 영향 등으로 오염되어 신규개발을 어렵게 하고 있다. 관정에 의한 지하수개발은 대부분 국지적인 수요에 따라 소규모로 개발됨으로써 대도시의 용수공급에 큰 역할을 하지 못하고 있을 뿐만 아니라 무분별한 사설관정의 난립으로 제주도 지하수자원 보존관리상 부담요인이 되고 있다.

본 용역은 제주도 지하수자원의 보존상태를 평가하고 본도의 유일한 수자원인 지하수자원을 종합적이고 체계적으로 개발 이용하고 보존관리하기 위한 방안을 장기적인 관점에서 모색할 목적으로 시행되었으며 본 용역의 조사결과를 바탕으로 제주도의 장래 용수수요에 안정적으로 대처하기 위한 “제주도 광역상수도 기본 및 실시설계” 용역을 수행중에 있다.

본 용역의 주요 결론사항을 기술하면 다음과 같다.

- 동부지역 염수침입 및 도시하수 등으로 인해 일부 지역에서 지하수자원이 점차 오염됨으로써 수자원 개발 및 이용에 문제점으로 대두 되었다.

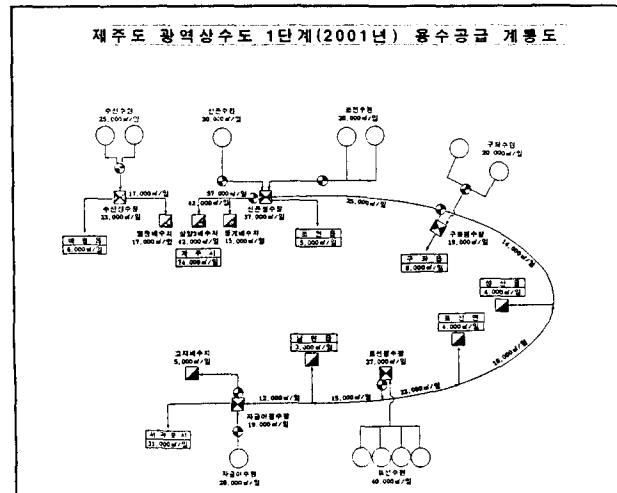
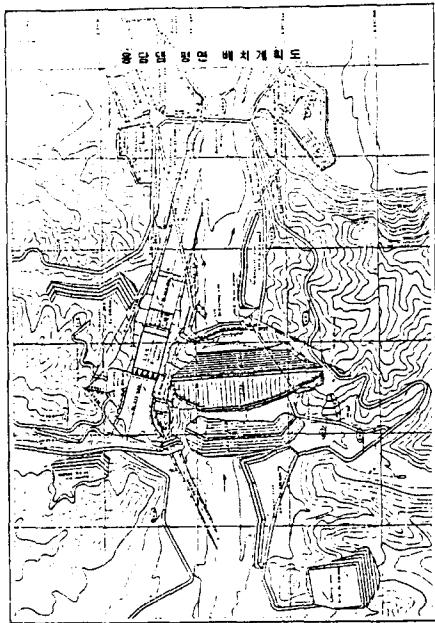
특히 제주시, 서귀포시와 같은 대량 용수수요자에 대한 주수원 역할을 담당하고 있는 해안 용천수는 고갈되거나 또는 주변도시의 영향 등으로 오염되어 신규개발을 어렵게 하고 있다. 관정에 의한 지하수개발은 대부분 국지적인 수요에 따라 소규모로 개발됨으로써 대도시의 용수공급에 큰 역할을 하지 못하고 있을 뿐만 아니라 무분별한 사설관정의 난립으로 제주도 지하수자원 보존관리상 부담요인이 되고 있다.

본 용역은 제주도 지하수자원의 보존상태를 평가하고 본도의 유일한 수자원인 지하수자원을 종합적이고 체계적으로 개발 이용하고 보존관리하기 위한 방안을 장기적인 관점에서 모색할 목적으로 시행되었으며 본 용역의 조사결과를 바탕으로 제주도의 광역 용수수요에 안정적으로 대처하기 위한 “제주도 광역상수도 기본 및 실시설계” 용역을 수행중에 있다.

본 용역의 주요 결론사항을 기술하면 다음과 같다.

 - 제주도의 수자원 총량은 년간 33.9억m^3 으로서 이중 $12.6\text{억톤}/\text{년}(37\%)$ 가 중발산하고 적접유출은 $6.4\text{억톤}/\text{년}(19\%)$ 이며 나머지 $14.9\text{억톤}/\text{년}(44\%)$ 이 지하수로 유입되는 풍부한 지하수자원을 보유하고 있다.
 - 지하로 유입되는 지하수 함양량은 동부지역이 년간 747백만톤으로 가장 풍부하며 북부지역과 남부지역이 각각 240백만톤과 299백만톤이며 서부지역이 208백만톤으로 가장 적게 나타난다.
 - 제주도의 수자원 부존형태는 고지대 및 남부지역 전역에 넓게 분포된 상위지하수와 동부지역 및 서부일원 해안지역에 Lens상으로 부존하는 기저지하수, 그리고 북부 및 서부지역에 부존된 준기저지하수로 대별된다.
 - 본도 지하수의 적정개발 가능량은 지하수 부존형태를 고려할때 지하수 함양량 약 4백만톤/일의 41%에 해당하는 1.7백만톤/일로 추정되나 대수총의 축소, 염수 및 수질오염의 확산과 이동 그리고 지하수 이용과 관리상태 등에 따라 가변적인 것으로 추후 이에 대한 자료의 축적에 따라 수정 보완이 필요하다.
 - 지하수의 수질은 대체적으로 양호하나 근래에 와서 제주시, 애월, 한경, 대정 등 인구밀집지, 농경지, 축산단지 인접지역을 중심으로 지하수 오염이 확산되고 있다.
 - 1991년 현재 제주도 수자원 개발량은 552천톤/일로 지하수 적정개발가능량 $1,689\text{천톤}/\text{일}$ 의 32.7%이다. 특히 지하수 함양량이 가장 풍부한 동부지역의 경우 적정개발 가능량 737천톤/일의 12.9%인 95천톤/일의 수자원 개발에 그치고 있어 앞으로 동부지역의 지하수 자원을 개발하여 제주도의 주용수공급원을 담당케하는 광역적 용수공급체계가 이루어져야 한다.
 - 지하수 오염처리에는 막대한 시간과 비용이 소요되므로 제주도와 같이 오염취약성이 큰 지하수 환경에서는 오염으로부터 대수총을 사전 보호하는 예방전략이 최선으로 보호구역 설정기준 인자를 검토 제1보호지역, 제2보호지역, 준보호지역, 광역보호지역으로 구분 설정하여 각 지역내에서 행위제한 및 규제, 토지이용 변경시 필요조치 등을 포함한 광역적인 지하수 보호대책(안)을 제시하였으며, 국지적 지하수 보호대책을 제시하였다.





※ 「제주도 광역상수도 기본 및 실시설계」 중간성과임.

■ 용담 다목적댐 개발사업

용담 다목적댐은 최초 1941년 남조선전력(주)에서 입안 수립된 것으로 1944년까지 건설을 완료하려던 사업이었으나 2차 세계대전 와중에서 건설 자재의 부족으로 연기되었다. 그후 1945년 해방을 맞고 1950년도에 국회의 결의에 따라 정부가 공사를 재개하려 하였으나 같은해 한국 전쟁으로 인하여 다시 연기되었으며, 1967년 건설부가 본 사업을 추진하려고 재검토, 실시설계를 완료하였으나 착수하지는 못하였다.

1988년 「전주광역도시권 개발사업 예비타당성 조사」에서 전주, 이리지역 개발에 필요한 생공용수 공급수원으로 금강 상류인 용담지점 개발이 건의되었고, 「전주권 2단계 지역개발사업 타당성 조사」에서 전주권을 포함한 서해안 개발에 필요한 생공용수의 안정적 공급을 위한 7개 대안의 검토결과 용담다목적댐 건설이 최적 방안으로 도출 제시되었다.

이에따라 건교부에서는 1990년도에 용담다목적댐 타당성 조사를 시행하였고 1991년 타당성 조사에 따라 실시설계를 완료하였으며 1998년 초부터 용수공급 및 상업발전 개시를 목표로 한국수자원공사 관리하에 현재 시공중에 있다.

우리회사는 상기한 전주권 광역도시권 개발사업 예비타당성 부터 용담다목적댐 실시설계까지 전과정에 참여하여 수자원부와 상하수도부의 긴밀한 협조하에 과업을 성공적으로 완료하였다.

용담다목적댐 계획은 금강상류 본류지점에 댐을 축조, 유역변경에 의하여 인접유역인 만경강 유역 내 전주, 군산, 이리, 장항 지역 일원의 2011년 장래 용수수요에 안정적으로 대처하기 위한 것으로 사업개요는 다음과 같다.

○ 위치

- 좌안 : 전북 진안군 용담면 월계리
- 우안 : 전북 진안군 안천면 삼악리

○ 유역면적 : 930km^2

○ 평균유하량 : $769.5 \times 10^6\text{m}^3$

○ 댐

- 형식 : 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐
- 높이 : 70.0m
- 길이 : 498.0m
- 댐마루폭 : 10.0m
- 댐체적 : $2,198,000\text{m}^3$

○ 저수지

- 저수지면적 : 36.24km^2 (계획홍수위 기준)
- 총저수용량 : $815 \times 10^6\text{m}^3$

- 유효저수용량 : $672 \times 10^6 m^3$
- 홍수조절용량 : $137 \times 10^6 m^3$
- 비활용저수용량 : $70 \times 10^6 m^3$
- 계획홍수위 : EL.265.50m
- 상시만수위 : EL.263.50m
- 하계제한수위 : EL.261.50m
- 저수위 : EL.228.50m

○ 발전소

- 제1발전소 : 24,000Kw(24시간 상시발전)
- 제2발전소 : 2,300Kw(24시간 상시발전)

○ 사업효과

- 용수공급 : $1,782 \times 10^3 m^3/\text{일}$
- 생공용수 : $1,350 \times 10^3 m^3/\text{일}$
- 하천유지용수 : $432 \times 10^3 m^3/\text{일}$
- 홍수조절
 - 조절용량 : $137 \times 10^6 m^3$
 - 조 절 율 : 41.6%
- 발 전 : 207.8GWH/년
 - 제1발전소 : 189.7GWW/년
 - 제2발전소 : 18.1GWH/년

■ 주암다목적댐 용도별 비용부담을 산정 및 건설사업비정산(1992. 8, 한국수자원공사)

다목적댐은 특정다목적댐법에 의거 사용권 설정 예정자와 관계중앙행정기관의 사전협의로 타당성을 검토 기본계획을 고시하게 되어 있으며, 건설비 부담액을 사전배분하여 주체별로 선행부담하도록 규정되어 있다. 그러나 우리나라 다목적댐은 건설비부담액에 대한 협의없이 국가에 의해 선행투자되므로서 건설완공 시점에서 건설비부담액을 목적사업별로 산정하고 있다.

특정다목적댐법 시행령 제2조에는 이를 건설교통부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 정하는 방법을 기준으로 산정하되, 협의가 이루어지지 않을 경우에는 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 선정한 전문기관으로 하여금 그부담율을 산정하도록 하고, 건설교통부장관이 부담율을 고시하여 댐 사용권을 등록하도록 하고 있다.

댐사용권은 다목적댐에 의한 일정량의 저수를 일정한 지역에 확보하는 권리를 말하며, 댐사용권 설정 예정자는 다목적댐의 건설비중에서 각 목적별로

배분된 비용을 부담하여야 한다.

다목적댐 건설시에는 상기와같은 이유로 다목적의 건설에 필요한 비용을 각 목적사업별로 공평하게 할당하는 것이 필요하며 이 행위를 「비용배분(Cost Allocation)」이라고 한다.

이러한 비용배분의 정의를 보편화하면 「비용배분」이란 2가지 이상 목적사업이 참여하는 공동 프로젝트에서 발생하는 건설비 및 운영유지비를 배분하는 절차를 말한다. 이러한 비용배분제도는 다목적댐 건설이 세계적으로 보편화하기 시작한 1930년대 이후 본격적으로 연구되기 시작하였으며, 다목적댐 이외의 유사한 공동프로젝트에서 동기법을 준용 또는 변용하여 새로운 기법들이 소개되고 있다.

우리나라에서의 다목적댐 비용배분방법은 특정다목적댐 시행령 제2조에 규정되어 있다. 동 규정에는 건설비 부담율은 대체타당지출법을 기준으로 하여 이를 산정하되, 다목적댐의 긴요도의 차이가 특히 크다고 인정되는 경우, 대체타당지출법을 기준으로 하는 것이 부적당하다고 인정되는 경우에는 우선지출법, 우선대체타당지출법, 분리비용잔여 편익지출법 또는 건설부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 정하는 방법을 기준으로 하도록 되어 있다.

우리회사는 본 용역의 전문기관으로 선정되어 건설교통부장관과 관계중앙행정기관의 협의하에 결정된 분리비용잔여편익지출법에 의해 본 주암다목적댐의 비용부담률을 산정을 성공적으로 수행한 바 있으며 동 성과를 요약하면 다음과 같다.

주암다목적댐 용도별 비용 배분결과 (분리비용 잔여편익지출법)

(단위: 백만원)						
구분	홍수조절	관개용수	생공용수	발 전	계	
1. 순건설비부담액 ○ 부담율 (%)	29,871 (8.53)	20,030 (5.71)	266,512 (76.07)	33,959 (9.69)	350,372 (100.0)	
2. 전용시설비	1,729	2,094	3,981	23,773	31,577	
3. 공동시설비	28,142	17,936	262,531	10,186	317,795	
4. 공동시설부담액	(8.83)	(5.63)	(82.35)	(3.19)	(100.0)	

용도별 재산권처리

용도별	건설비(백만원)	재산권처리내용
홍수조절	29,871	<ul style="list-style-type: none"> • 건설비 전액 국가부담 • 댐 사용권 국가설정
관개용수	20,030	<ul style="list-style-type: none"> • 건설비 전액 국가부담 • 댐 사용권 국가설정
생공용수	266,512	<ul style="list-style-type: none"> • 전용시설에 대한 물권 수공설정 • 댐 사용권 수공설정
발전	33,959	<ul style="list-style-type: none"> • 전용시설에 대한 물권 수공설정 • 댐 사용권 수공설정

■ 상수도 관련 사업

상수도 관련 사업으로 최근에 수행한 내용을 요약 정리하면 다음과 같다

사업명	월성원자력 용수원 조사 및 기본설계	공통 및 성산배수지 실시설계
과업기간	1991.4~1992.1	1991.7~1992.6
발주처	한국전력공사	서울특별시
과업목적	발전소 종설에 따른 공사용수, 발전용수 및 생활용수원 선정 및 기본설계	강북지역 상수도기본 계획에 따른 배수지 및 부대시설 실시설계
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수원시설(댐) <ul style="list-style-type: none"> - 경북경주군 남양면 - 유역면적-18km² - 댐형식: 점토차수벽 형 Zonefill 댐 - 높이: 43.2m - 길이: 280m - 유효저수용량: 3,650,000m³ ○ 용수공급시설 <ul style="list-style-type: none"> - 취수탑: 1기 - 관로: D=700mm, 4L=13.2km - 정수장: 15,000m³/일 	<ul style="list-style-type: none"> 배수관망 계획 및 배수지 설계 ○ 공통배수지 <ul style="list-style-type: none"> - 배수지: 170,000m³ - 송·배수관로: <ul style="list-style-type: none"> D = 700 ~ 2,000mm L = 14.2km ○ 성산배수지 <ul style="list-style-type: none"> - 배수지: 30,000m³ - 송·배수관로: <ul style="list-style-type: none"> D = 800 ~ 1,100mm L = 4.0km

사업명	태안화력 1·2호기공업 용수 공급설비 실시설계	수도권신공항 공사용수 공급 시설 실시설계
과업기간	1989.11~1992.10	1994.11~1995.4
발주처	한국전력기술(주)	수도권신공항 건설공단
과업목적	태안화력1 2호기 종설에 따른 공사용수 및 발전용수 공급 시설 실시설계	신공항건설을 위한 공사용수 수원시설 및 공급 시설 실시설계
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수원: 삽교호 ○ 관로: <ul style="list-style-type: none"> - D = 300 ~ 800mm - L = 80km ○ 취수펌프장: 1개소 ○ 가압장: 1개소 ○ 시설용량: 53,000m³/일 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수원시설(저수지): <ul style="list-style-type: none"> - 위치: 영종도 동강천 하류 - 저수지면적: 30,800m² - 유효저수용량: 76,800m³ ○ 취수시설: 1식 ○ 도수관로: D = 300, L = 9.7km ○ 정수시설: <ul style="list-style-type: none"> - 시설용량: 4,200m³/일 - 고속응집침전기: 2대 - 자동여과기: 2대 - 배수지: 4,200 ○ 배수관로: <ul style="list-style-type: none"> - D = 200 ~ 400mm - L = 9.8km