

2. 수원과 저수시설

2. 수원과 저수시설

2.1 수원

2.1.1 강수특성과 수원확보

수원의 근본이 되는 강수는 강우, 강설, 우박, 서리 등을 총칭하는 것이다. 수원을 확보하기 위해서는 먼저 우리나라의 강수실태를 파악하는 것이 필요하다. 우리나라의 연간 평균 강수량은 1,283 mm로서 세계평균치의 1.3배 정도이나 2000년 말 기준으로 인구 1인당 강수량은 세계평균치의 12% 수준에 불과하므로 물 수요관리 등 효율적인 물이용에 관심이 필요하다.

우리나라 강수량(과거 평균치)의 특성을 보면 하천유역별로 한강이 1,287 mm, 낙동강 1,167 mm, 금강 1,268 mm, 섬진강 1,416 mm, 영산강 1,320 mm, 안성천 1,278 mm, 삼교천 1,255 mm, 만경강 1,278 mm, 형산강 1,087 mm, 동진강이 1,314 mm로 섬진강 유역이 가장 많은 1,416 mm이고 낙동강 및 형산강 유역은 가장 적은 1,087~1,167 mm 정도이다.

강수량은 지역적으로 상당한 차이가 있을 뿐 아니라 하천유역의 형태상 수계의 분수령이 동쪽에 치우쳐 동해안의 하천은 급경사로 강수가 일시에 바다로 유출되고 서남해안의 하천들도 상류부는 급경사로 강수가 일시에 유출되어 완만한 중·하류부에 이르러 홍수피해를 가중시키게 된다. 그리고 강수량의 연도별 편차를 보면 갈수년인 1939년에 770 mm, 풍수년인 1956년에 1,636 mm로 기록되어 변화폭이 크고 대체로 연간 강수량의 3분의 2가 6~9월에 편중되고 있다.

따라서 계절적으로 편중되는 경향이 있으므로 안정된 급수를 확보하기 위해서는 연간을 통해 계획취수량을 안정적으로 취수할 수 있는 수원을 확보하는 것이 기본으로 되고 있으며, 환경을 파괴하지 않으면서 가능한 한 많은 저수시설을 각 지방별로 확보해야 한다.

수원으로서 수량이 풍부한 지하수나 하천 표류수를 이용할 수 있는 경우에는 저수시설을 설치할 필요는 없지만, 일반적으로 신규로 지표수를 취수하고자 하는 경우에는 기존 수리권과 경합되기 때문에 저수시설을 건설하여 수자원을 개발할 필요가 있다. 즉 독자적으로 전용댐을 설치하거나, 또는 다목적댐시설계획에 참여함으로써 필요한 취수량을 확보할 수 있다.

2.1.2 수원의 종류와 특성

수원의 종류와 특성을 고려하여 상수도 수원을 선정해야 한다(1.2.4 기초조사(P)의 6 참조).

1. 지표수

- (1) 하천수
- (2) 호소·저수지수(댐물)

2. 지하수

- (1) 복류수
- (2) 우물물(지하수)
- (3) 용천수

3. 기타

- (1) 천수(빗물)
- (2) 해수

【해설】

1. 지표수

지표수원은 다시 하천수, 호소수, 저수지수로 세분되며, 현재 대규모 상수도의 수원으로 가장 많이 이용되고 있지만 점점 오염이 심해져서 부적합한 실정이다.

(1) 하천수

보통 하천수는 수량이 풍부하나 계절에 따라서 유량변화가 심하다. 하천수는 유역의 토질이나 유입 오·폐수 등의 정도에 따라 다르지만 약간의 탁질을 포함하고 있으며 호우시나 고수위의 경우는 유수중의 부유물과 세균수가 증가한다.

강우의 유출초기에는 지표의 오염물이나 퇴적된 오염물을 유출시키므로 수질이 많이 악화된다. 하천의 자정작용은 호수에 비하여 느리고 유수에 의하여 오염이 멀리까지 미치기 때문에 자정작용에는 충분한 시간이 필요하다. 그러므로 오염원과 취수지점의 거리가 가까우면 오염의 영향을 직접 받게 된다.

그러나 우리나라의 일반적인 하천수는 연수인 경우가 많으므로 침전과 여과에 의하여 용이하게 정화되는 경우도 많다.

(2) 호소수 및 저수지수(댐물)

댐도 그 성질이 호소와 거의 같으므로 댐물도 여기에 포함되는 것으로 볼 수 있다. 호소수는 하천 유수보다 자정작용이 큰 것이 특징이다. 호소는 오염물의 확산이 연안에서 가까운 부분에 한정되고 호소 중심까지는 하천수의 유입에 의해 연안에 따라 운반되는 외에는 바람에 의한 흐름에 따라 확산이 일어나며 보통 하천수의 수질보다 양호하다.

호소수의 유량변화는 하천수처럼 현저하지는 않으며, 조류 등 부유생물이 수중의 세균을 감소시키고 유기물을 흡수하여 제거하는 외에 유기물을 분해하고 물에 산소를 공급하나 물에 냄새, 색깔을 나타내며 여과지의 폐색 등 정수기능에 장애를 일으키는 경우가 있다.

플랑크톤 조류의 증식을 억제하는 데는 영양염류의 차단이 효과적이다. 그러나 유출이 적은 호소에서는 플랑크톤의 사체가 다시 분해되어 물에 영양염을 보충하는 사이클이 존재하므로 영

양염을 완전히 차단하는 것은 어렵다.

또한 계절의 변화에 따른 밀도차에 의한 성층발생으로 수온과 용존산소의 상하층간 차이로 망간용출 등의 수질문제를 일으킬 수 있어서 정기적인 관리가 필요하다.

2. 지하수

지하수원은 얇은 지층수, 깊은 지층수, 용천수 그리고 복류수로 구분되며, 때로는 얇은 지층수와 깊은 지층수를 지하수라고 한다.

(1) 복류수

하천이나 호소 또는 연안부의 모래·자갈층에 함유되어 있는 지하수를 말하며 강변여과수라고도 한다. 복류수는 반드시 가장 가까운 하천이나 호소의 물이 지하에 침투되었다고는 할 수 없다. 멀리서 흘러온 지하수가 그 수역에 함유되어 있는 경우도 있기 때문이다. 이 판단을 위해서는 복류수와 하천수 및 호소수의 수질시험 결과를 비교하여 비슷한 점이 있는지의 여부를 조사해야 한다.

복류수의 수질은 그 원류인 하천이나 호소의 수질, 자연여과, 지층의 토질이나 그 두께 그리고 원류의 거리 등에 따라 변화한다. 그러나 대체로 양호한 수질을 얻을 수 있어서 그대로 수원으로 사용되는 경우가 많으며 또는 정수공정에서 침전지를 생략하는 경우도 있다.

그러나 취수량이 많아서 자연여과가 불충분한 경우에는 취수량이 증가할수록 자연여과 효과가 감소하여 복류수가 탁하게 되는 경우도 있다.

(2) 우물물(지하수)

우물은 보통 불투수층 이내 정도까지의 깊이의 것을 얇은 우물, 그리고 그 이하 깊이의 것을 깊은 우물이라고 한다. 물이 토양층을 침투할 때 대기 중이나 지표에서 포함된 미생물, 먼지, 매연, 세균류, 유기물 등은 대부분 지층에 의해 물리적으로 제거된다. 지층의 상부에서는 유기질이 토양층의 세균에 의하여 분해되어 탄산가스, 물 및 암모니아화합물 등으로 된다. 이와 같은 정화작용을 통해 지하수가 지중에 침투하고 유리탄산이 많으므로 용해력이 증가되어 지층에서 유기질을 용해시키게 된다.

부식도가 많은 지역에서는 부식질이 용해되어 물에 색깔을 띠게 된다. 무기질이 물에 용해되는 순서는 암석 중의 염화물이 먼저 용해되고 다음으로 알칼리금속의 황산염, 칼슘 및 마그네슘, 탄산염, 철 및 망간화합물 그리고 마지막으로 난용해성인 규산염이다.

이와 같이 지하수는 지층 내의 정화작용에 의해 거의 무균상태인 양질의 물이 되나 얇은 우물에서는 정화작용이 불완전한 경우가 있으며 특히 주택이나 산업시설 부근으로 오·폐수의 침투가 쉬운 곳은 자연정화작용을 기대할 수 없는 경우가 있으며 대장균군이 출현할 경우도 있다. 깊은 우물은 수온도 연간을 통해 거의 일정하고 물의 성분도 많은 변화가 없으며 양질이지만, 보통 경도가 높은 경우가 많으며 깊은 층에서는 산소가 부족하여 황산염이 황화수소(H_2S)로, 질산이 암모니아(NH_3)로 환원되는 등 환원작용을 일으키는 경우가 있다.

(3) 용천수

용천수는 지하수가 종종 자연적으로 지표로 분출되는 것으로 그 성질도 지하수와 비슷하다. 그러나 용천수는 얇은 층의 물이 솟아 나오는 경우가 많으므로 수질이 불량한 경우도 있다. 바위틈이나 석회암 사이로 흘러나오는 물은 토양의 정화작용 없이 그대로 나올 가능성이 있으므로 주의할 필요가 있다.

용천수의 수원이 깊은지 얕은지의 판단은 수온을 조사하는 것이 가장 간단하며 기온변화에 따라 수온이 변화하는 것은 얕은 수원으로 보는 것이 좋다.

3. 기타

(1) 천수(빗물)

천수는 빗물을 주로 말하며 강설 등을 포함한 강수를 총칭하는 것이다. 빗물은 그 자체로서도 수원으로 사용할 수 있으며 지표면에 떨어져서 흘러가면서 하천수로, 또 댐에 저장되면 댐물로서, 땅속으로 스며들면 지하수로 되는 등 모든 수원의 원천이다. 빗물은 천연의 증류수로 순수에 가깝다. 빗물에 함유된 불순물은 비의 응결핵인 미세한 부유물질 외에 해수가 날려서 대기 중에 함유된 염화물이 있다. 이 밖에도 지상에 이르기까지 여러 가지 물질을 동반하게 된다. 즉 대기 중에서 산소, 탄산가스의 용해 외에 대기 중에 부유하는 생물, 세균, 매연 및 먼지 등을 함유한다.

도시의 빗물은 보통 산성이다. 이는 대기 중에 석탄, 석유, 가스 등의 연소에 의한 아황산가스가 많이 함유되어 있기 때문이다. 또한 최근에는 원자핵 실험에 의한 핵분열 생성물(fission product)이 함유되는 경우도 있어서 문제가 되고 있다.

비가 내릴 초기에는 일반적으로 불순물이 많으나 계속되면 수질이 좋아지며 불순물이 있다고 하더라도 지상에 내린 후에 함유되는 것에 비하면 극소량이다. 빗물은 칼슘 등의 미네랄을 거의 함유하지 않으므로 연수로서 순수에 가까운 것이 특징이다.

(2) 해수

도서(島嶼)지역에서는 해수를 담수화 목적으로 상수원으로 사용할 수 있으며 장래에는 연안 지역, 특히 담수수원이 부족한 지역에서 해수가 상수원으로 활용될 수 있을 것이다.

2.1.3 수원의 선정

수원의 종류에 따른 취수지점을 선정하기 위해서는 다음에 열거된 각 항목을 비교 조사해야 한다.

1. 수원으로서의 구비요건을 갖추어야 한다.
2. 수리권 확보가 가능한 곳이어야 한다.
3. 상수도시설의 건설 및 유지관리가 용이하며 안전, 확실해야 한다.
4. 상수도시설의 건설비 및 유지관리비가 가능한 저렴해야 한다.
5. 장래의 확장을 고려할 때 유리한 곳이어야 한다.
6. 상수도보호구역의 지정, 수질오염방지 및 관리에 무리가 없는 지점이어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수원은 크게 천수, 지표수 및 지하수로 분류된다. 천수는 빗물을 주로 하여 눈, 우박, 싸락눈을 포함한 강수를 총칭하는 것으로 수질이 깨끗하나 수량이 부족하므로 대규모 상수도의 수원으로는 부적합하지만 도서지방이나 강수가 많은 지역에서는 개별 가정의 음용수원 정도로서 이용될 수 있다. 지표수원은 다시 하천표류수, 호소수, 그리고 저수지수로 세분되며 현재 대규모 상수도의 수원으로 가장 많이 이용되고 있지만 점점 오염이 심해져서 부적합한 실정으로 되고 있다. 지하수원은 얕은 지층수, 깊은 지층수, 용천수 그리고 복류수로 분류되며, 때로

는 얇은 지층수와 깊은 지층수를 지하수라고 부르기도 한다.

이 밖에도 폐수나 해수를 적당한 방법으로 처리하면 훌륭한 수원이 될 수 있으나 아직 경제적이 못하므로 우리나라의 경우는 부적합한 수원이라고 할 수 있다. 그러나 장래 도서지역과 지표수원이나 지하수원만으로 수원이 부족한 지역에서는 고려할 대상이다.

위에서 설명된 수원 중에서 어떠한 수원을 선택하느냐에 따라 정수방법이 달라지며 취수지점의 선정도 영향을 받게 될 뿐만 아니라 상수도시설 전반의 배치와 구조가 현저하게 달라질 수도 있다.

일반적으로 수원의 후보지를 2~3개 선정하여 필요한 조사를 충분히 실시한 다음 시설물을 설계해서 소요되는 건설비와 유지비를 종합적으로 비교 검토하여 가장 알맞은 수원을 선정해야 한다.

수원으로서 갖추어야 할 구비요건에 관해서는 다음에 다시 상세히 설명되겠지만 대체적으로 알맞은 수원은 최대갈수시에 계획취수량 확보가 가능해야 하며 경제적인 정수가 가능한 양호한 수질이어야 한다. 그리고 이러한 조건이 현재뿐만 아니라 장래에도 계속 충족되어야 한다는 점에 유의해야 한다.

2.에 대하여 ; 한 수원의 물은 생활용수, 농업용수, 공업용수, 발전용수 등 그 용도가 여러 가지이므로 수원의 수리권을 명백히 해두지 않으면 분쟁이 일어날 가능성이 있으므로 사전에 충분한 조사와 관계자와 협의를 해둘 필요가 있다.

3.에 대하여 ; 앞서서도 언급되었지만 수원의 후보지 별로 상수도시설 전반에 걸쳐 건설의 난이도 등을 비교 검토해야 할뿐만 아니라 시설의 유지관리가 안전한 가 또 용이한 가를 조사해야 한다.

4.에 대하여 ; 또한 건설비와 운영비를 비교해서 경제적인 수원을 선정해야 함은 재론할 필요가 없다.

5.에 대하여 ; 수원의 장래 확장계획에 대해서는 수량과 수리권뿐만 아니라 수질 면에서도 양호한가를 따져 보아야 하며 한편으로는 상수도시설 전반적인 확장에 필요한 용지가 충분한가를 수원의 후보지별로 검토해야 할 것이다.

6.에 대하여 ; 수원은 장래 수질오염이 예상되는 지점을 피해야 하고 수원 보호구역 지정 및 관리에 무리가 없는 지점이어야 한다.

2.1.4 수원의 구비요건

수원을 선정할 때에는 다음의 구비요건을 조사해야 한다.

1. 수량이 풍부해야 한다.
2. 수질이 좋아야 한다.
3. 가능한 한 높은 곳에 위치해야 한다.
4. 수돗물 소비지에서 가까운 곳에 위치해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수원의 수량이 풍부해야 한다는 것은 최대갈수에도 계획취수량의 확보가 가능해야 한다는 뜻으로 이는 수원에 대한 유량조사를 실시함으로써 확인할 수 있다.

그러나 결코 현재의 수량에만 국한된 의미는 아니며 미래의 수원, 수량에 대해서도 고려해야 한다.

현재 충분한 수량을 가진 수원이라 하더라도 미래에는 상류에서의 지표수 사용이나 지하수의 고갈 등 여러 가지 원인에 의해서 수량이 부족하게 될 수도 있으며 취수량의 증가로 인하여 수원의 수량만으로 부족한 경우가 생길 수 있다. 특히 하천이 수원인 경우에는 유량의 관점만이 아니고 기상변동에 의한 수위의 변화도 고려해야 할 것이다.

2.에 대하여 ; 수원의 수질이 양호해야 한다는 점은 매우 중요한 사항이다. 왜냐 하면, 수질이 양호한 경우 정수처리비용이 적게 요구되며 급수시설의 유지 및 관리가 용이해질 뿐만 아니라 상수가 인체에 미치는 해를 최소화 할 수 있기 때문이다.

일반적으로 수원의 수질이 나쁜 경우 비용만 더 들이면 좋은 수질을 가지도록 정수할 수 있다고 단순히 생각하고 있으나 이러한 사고방식은 때로는 큰 잘못일 수도 있다. 왜냐 하면, 「먹는물수질기준」은 인위적인 것이므로 비록 「먹는물수질기준」을 만족시킬 수 있는 정도의 수질을 가졌더라도 기준치보다 더 낮은 농도의 오염물질을 함유한 물을 계속 마시는 경우 장기간이 지난 후에 인체에 어떤 위해가 가해지거나 어떤 문제가 발생하는가는 불확실한 것이며 또한 현대의 정수처리방법으로서도 원수 내의 오염물질을 제거시키지 못하는 경우도 있기 때문이다. 예를 들어 살균방법으로서 염소를 물 속에 주입하였을 경우 염소는 병균을 죽이는데 소모되었지만 일부는 오염물질로 물 속에 존재하는 탄수화물이나 기타 유기물과 결합하여 유해부산물로 될 수도 있다는 점이 최근에 연구 결과 차차 알려지고 있는 실정이다.

3.에 대하여 ; 수원은 가능한 한 정수장이나 도시보다 높은 곳에 위치함으로써 도수, 송수 및 배수가 자연유하식으로 되는 것이 바람직하다. 그렇지 못한 경우는 펌프를 사용하는 가압식으로 되어야 하므로 펌프시설을 설치하기 위한 건설비와 운영비가 요구된다.

특히 우리나라와 같이 전력비가 높은 경우에는 수원의 고도상 위치는 매우 중요한 의미를 갖는다. 더구나 간이상수도 같은 소규모 급수시설에서는 송수거리가 조금만 길어지더라도 높은 곳에 위치하는 수원을 구하는 것이 훨씬 경제적인 경우가 많다.

비록 수원의 표고가 정수장이나 물소비지보다 높다고 하더라도 수로나 관로 내에서의 마찰손실 때문에 자연유하식으로 되지 못하며 또한 펌프가 필요한 경우라도 펌프양정이 줄어들므로 경제적인 것은 확실하다.

또한 급수의 신뢰성 면을 보더라도 자연유하식이 요구된다. 왜냐하면, 가압식인 경우 동력원에 이상이 있거나 펌프에 고장이 생기는 경우 급수는 일시적으로 중단되어야 하며 따라서 수도물 소비자들은 큰 불편을 겪게 될 뿐만 아니라 만약 화재가 발생한다면 소방용수가 부족하게 되어 피해는 가중될 염려가 있다.

4.에 대하여 ; 수원이 물소비지에 가까워야 한다는 것은 건설비와 운영비면에서 경제적이라는 뜻이다.

도시에서 먼 곳보다 가까운 곳에 수원이 위치하면 그만큼 도수 및 송수관로가 짧게 되므로 관로의 재료비나 시공비가 적게 요구되며 도수 및 송수관로의 길이가 짧아지면 그만큼 마찰손실이 줄어들어서 펌프의 규모를 줄일 수 있거나 펌프 운영비가 절감된다. 또한 관로의 유지비가 감소된다는 점에 있어서도 경제적이다.

그러나 실제 수원을 선정하려면 위에서 설명된 네 가지 구비요건을 모두 만족시키는 수원은

거의 존재하지 않으므로 한두 가지 구비요건을 희생시켜야 하는 경우가 대부분이며 여러 개의 수원 후보지를 비교하여 가장 신뢰성이 있고 경제적인 수원을 선정하는 것이 좋다.

나머지 급수시설이 아무리 좋다고 하더라도 수원이 적당하지 않으면 만족스러운 급수가 되지 못하므로 수원 선정할 때에는 신중을 기해야 한다.

2.2 저수시설

2.2.1. 총칙

안정된 급수를 확보하기 위해서는 연중 계획취수량을 안정되게 취수할 수 있는 수원을 확보하는 것이 기본이다.

수원으로서 수량이 풍부한 지하수나 하천 표류수를 이용할 수 있는 경우에는 저수시설을 설치할 필요는 없지만, 일반적으로 신규로 지표수를 취수하고자 하는 경우에는 기존의 수리와 경합되기 때문에 저수시설을 건설하는 수자원 개발이 필요하다. 즉 독자적으로 전용댐을 설치하거나, 또는 다목적댐시설계획에 참여함으로써 필요한 취수량을 확보할 수 있게 한다(<그림-2.2.1> 참조).

1. 댐 시설은 풍수시의 물을 저류하여 강수량의 변동을 흡수하며 취수의 안정을 꾀하는 시설이므로 그 설치에서는 입지조건, 저수용량, 계획취수량 및 경제성에 관해서 검토가 필요하다.

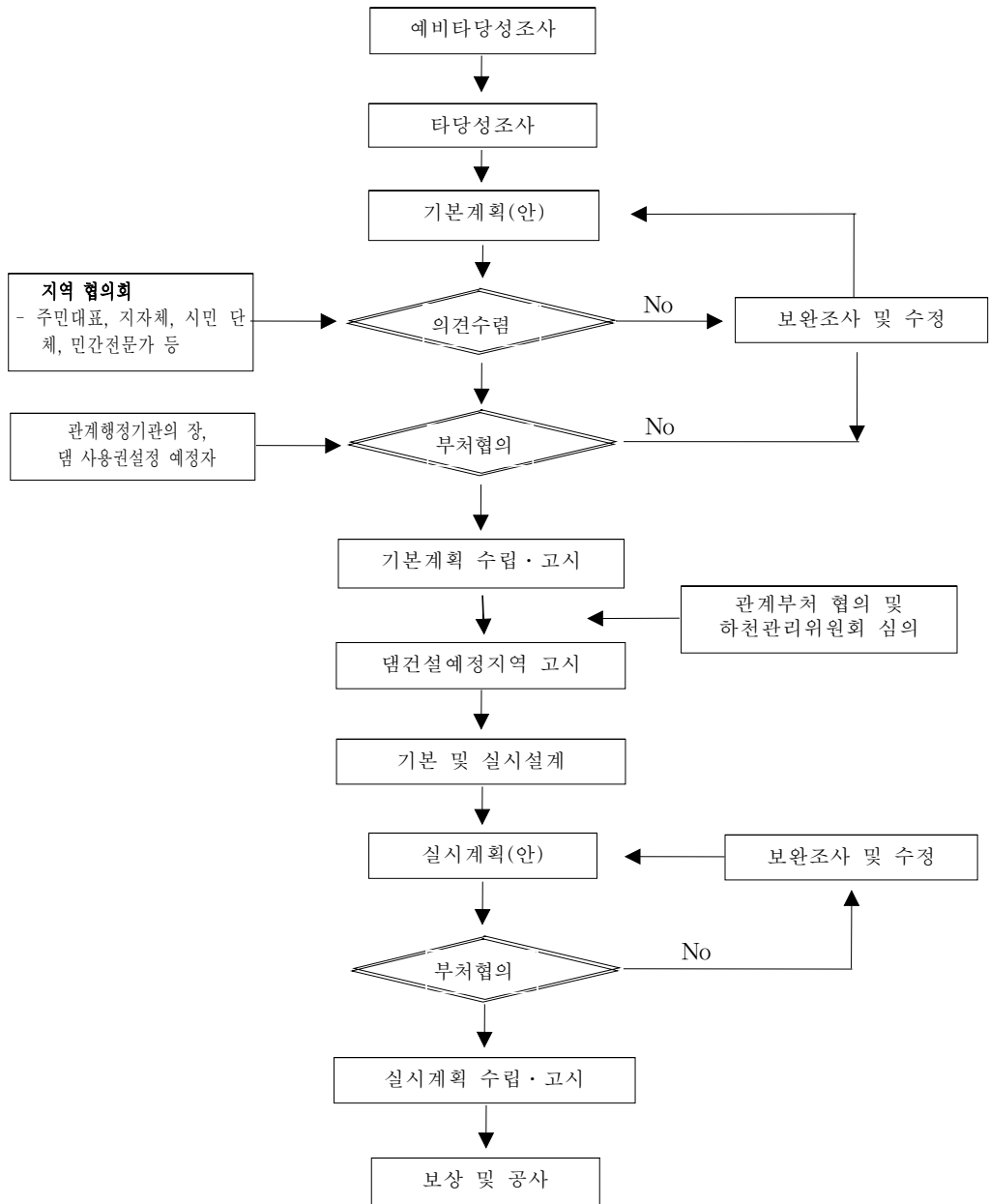
2. 저수시설의 설치장소는 저류수의 수질이 가능한 한 청정하고, 장래에도 오염될 염려가 적은 지점이 바람직하다.

수질이 반드시 양호하다고는 말할 수 없는 지점에 부득이 저수시설을 설치해야만 하는 경우에는 유역의 환경오염원 등에 대해서 조사함과 동시에 장래의 수질을 예측하고 부영양화의 방지 등 수질보전대책을 적극적으로 강구해야 한다. 즉 댐시설 주변에서의 유입오염부하량에 대한 감시, 저수지내의 폭기순환설비나 선택취수설비 등을 설치 운영하는 것이 필요하다.

3. 댐시설의 건설에서는 그것이 환경에 미치는 영향을 충분히 검토하여 주변지역 등의 환경악화를 초래하지 않도록 검토해야 한다.

일정규모이상의 댐시설을 건설하는 것은 환경변화행위이고 계획의 내용 및 실시방법에 따라서는 주변지역이나 호소 등 환경에의 나쁜 영향을 미칠 우려가 있다. 그러므로 계획을 입안하거나 또는 변경할 때에는 미리 해당 계획이 환경에 미치는 영향을 가능한 한 예측하여 환경보전상 필요한 조치를 강구할 필요가 있다.

환경영향평가제도의 시행에 따라 댐 등의 수자원개발에서는 일정규모이상(댐면적 200만 m^2 이상이거나 용량 2,000만 m^3 이상)의 대상사업시행자는 환경영향평가를 실시해야 하며 그 기본적인 절차는 <그림-2.2.2>와 같고 철저한 준비와 충분한 시간을 가지고 지역의 실태에 알맞은 평가를 해야 한다.



<그림-2.2.1> 댐 사업 추진절차



<그림-2.2.2> 환경영향평가의 흐름도

또한 「환경영향평가법」의 제외사업이더라도 지역 사정을 반영해야 하며, 평가대상사업으로 되지 않는 댐에 대해서도 부영양화의 예측이나 지형변화에 의한 환경에의 영향을 평가하는 것이 바람직하다. 이 밖에 저수시설의 설치에서는 「하천법」, 「자연환경보전법」, 「자연공원법」, 「수질환경보전법」 등 여러 법규제, 지방자치단체의 조례로 규제되는 경우가 있는 것으로 주의해야 한다.

저수시설은 풍수시의 물을 저수지에 저류하고 하천유량이 감소된 때에 저류수를 보급하는 운용형태를 취한다. 전용저수시설은 수도용수의 신규개발을 목적으로 건설되는 것으로 취수방법으로서는 저수지에서 직접 취수하는 경우와, 일단 하천에 방류하여 하류에서 취수하는 경우도 있다. 다목적저수시설은 수도를 비롯하여 홍수조절, 발전, 관개, 공업용수도 등의 두 가지이상의 목적을 가진다.

저수시설에서의 수리계획에 대하여 하천관리자는 하천정비기본방침이나 하천정비계획의

수립에 따라 하천의 유지나 공사를 실시하게 된다. 따라서 저수시설에 대해서는 이들과 일치시킬 필요가 있으며, 이 때문에 계획을 입안할 때부터 관계기관(특히 하천관리자)과 협의할 필요가 있다.

2.2.2 저수시설의 형식

저수시설의 형식을 선정할 때에는 계획취수량, 장래수질, 설치지점, 구조상의 안정, 경제성, 환경에의 영향 등에 관해서 검토가 필요하다.

【해설】

저수지를 설치하는 경우 저수시설의 규모와 형태의 결정은 계획취수량과 수질확보에 중점을 두고 하천 등의 유황(流況), 저수시설 설치예정지점의 지형 및 지질, 건설 및 유지관리의 경제성, 환경에 미칠 영향 등의 조건을 종합적으로 검토해야 한다.

저수시설을 형태별로 분류하면, <표-2.2.1>와 같이 댐, 호소, 유수지, 하구둑, 저수지, 지하댐 등의 형식이 있다.

또한 저수시설을 사용목적에 따라 분류하면, 상수도용으로만 건설되는 전용저수시설과 홍수 조절, 발전, 관개, 농업용상수도 등 상수도 이외의 용도와 공동으로 건설되는 다목적 댐이 있다.

전용저수시설은 수도사업자가 자체에서 건설하고 관리하는 것으로 수량, 수질의 관리가 자체적으로 시행되는 이점이 있다. 그러나 계획에서 건설 그리고 관리에 이르기까지 고도의 기술을 요하고 경제성에 대해서도 다목적 저수시설에 비해서 불리한 경우가 있으므로 건설할 때에는 어떤 형태가 채용가능하며 유리한가에 대해서 충분한 검토가 필요하다.

<표-2.2.1> 저수시설의 형태별 분류

분 류	저 수 방 법	비 고
댐	계곡 또는 하천을 콘크리트나 토석 등에 의해 구조물로 막고 풍수시 하천수를 저류하고 방류량을 조절하여 하천수를 효과적으로 이용한다.	소양강댐, 안동댐, 충주댐, 남강댐, 합천댐, 섬진강댐, 주암댐, 대청댐, 운문댐, 영천댐
호 소	호소에서 하천에 유출하는 유출구에 가동보나 수문을 설치하고 호소수위를 인위적으로 변동시켜 이의 상하한 범위를 유효저수용량으로 할 수 있다.	
유수지	과거에는 치수 측면에서만 생각했던 유수지를 이용하여 유수지 바닥을 깊이 파는 등에 의해서 이수용량을 확보할 수 있다.	
하구둑	과거에는 바닷물이 강물과 혼합됨으로써 이용할 수 없었던 하천수를, 하구 부근에 둑을 설치함으로써 이용할 수 있도록 한다.	안성천, 삼교천, 영산강, 금강, 낙동강 하구둑
저수지	본래 농업용으로 만들었으나 준설 등의 재개발에 의해서 상수도용으로 사용할 수 있다.	
지하댐	지하의 대수층 내에 차수벽을 설치하여 상부에서 흐르는 지하수를 막아서 저류하는 동시에 하부에서 스며드는 바닷물의 침입을 막는다.	

한편 다목적 저수시설에 의해 수원을 개발하는 경우에는 **2.2.9 다목적저수시설(P)**에 보인 바와 같이 우선되는 개발계획이 있으므로 시설의 배치, 취수계획, 구조, 관리 등에 대해서 수도사업자의 의견을 충분히 반영해야 한다.

이와 같이 저수시설의 형식을 선정하는 데는 각 저수형태의 장점과 단점을 충분히 고려한 후에 신중하게 검토해야 한다. 주요 저수시설을 비교하면 다음 <표-2.2.2>와 같다.

<표-2.2.2> 주요 저수시설의 비교

구 분	전 용 댐	다 목 적 댐	하구둑 등 저류 목적의 둑
개발수량	작은 규모가 많다.	대량의 개발수량이 기대된다.	일반적으로 중소규모의 개발이 기대된다. 하구둑의 경우 둑의 조작으로 하류의 유지용수를 확보한다. 이 물을 새로운 이용수량으로 사용이 가능하다.
저류수의 수질	자체관리로 비교적 양호한 수질을 유지할수 있다.	공동관리 또는 하천관리자가 관리하므로 수도사업자의 의향이 충분히 반영되도록 그리고 가능한 한 양호한 수질을 유지하기 위한 노력이 필요하다.	하구둑의 경우 염소이온 농도에 주의를 요한다.
설치지점	작은 하천에 축조하는 경우가 많다.	비교적 유량이 많은 하천에 홍수 조절과 겸해서 건설하는 경우가 많다.	하구둑의 경우 수요지 가까운 하천의 하구에 설치하여 농업용수에 바닷물의 침해방지기능을 겸하는 경우가 많다.
경제성	일반적으로 비교적 비싸다.	댐 지점으로 유리한 지점이 적어서 비교적 고가이다.	일반적으로 댐보다 저렴하다.
기타	수도사업자에게 고도의 기술이 요구된다. 일반적으로 규모가 작아서 비교적 환경에 영향이 적다.	일반적으로 규모가 크고 수물지역도 넓어서 환경에 영향이 크고 건설에 장기간이 소요된다.	하류의 어업에 대한 고려와 둑 상류의 이수, 치수상의 배려 등이 중요한 사항이다.

2.2.3 저수시설의 개량과 교체

저수시설의 개량과 교체는 다음 각 항에 의해 계획적으로 한다.

1. 저수지의 입지조건이나 지질조건, 경제성 등을 고려하여 적절한 유입토사대책을 강구한다.
2. 댐 등의 공작물은 계측 데이터나 조사 자료를 근거로 검토하고 필요한 보수, 보강 등을 하여 누수의 방지나 시설기준에 적합하도록 한다.
3. 부속 기기류는 평소부터의 점검보수를 기초로 조작성이나 신뢰성을 손상하지 않도록 개량하거나 교체한다.

【해설】

저수시설에는 댐에 의한 것, 호소 등을 이용하는 것 등이 있지만, 여기서는 하천을 막은 댐 등의 공작물과 그 결과 생긴 저수지로 구성되는 것을 대상으로 한다.

저수시설은 면적으로나 구조적으로도 규모가 큰 시설이며 여러 종류의 관리 설비를 구비하고

있고 댐의 기능을 적절하게 발휘시키기 위해서는 댐 구조물 및 부속된 여러 설비를 적정하게 유지관리하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 정기적으로 점검정비하고 적절한 시기에 각종 설비들의 기능유지를 위해 보수함과 동시에 상황에 따라 저수시설의 기능증강을 위하여 개량하는 것도 필요하다. 이들 보전이나 교체에 대해서는 장기간에 걸친 저류제한이나 취수제한이 따르는 경우가 많으며 계획적인 취수가 곤란하여 물의 안정공급에 지장이 생길 우려도 있다.

따라서 저수시설을 설치하는 경우에는 댐 제방 등의 구조상의 안정성확보와 함께 저수지사면 등의 보전대책이나 유입토사대책을 비롯하여 게이트 등 부속설비의 보전이나 교체가 용이하도록 하는 계획에 대해서도 검토해야 한다.

1.에 대하여 ; 저수지의 사면은 저수위가 오르내림에 따라 산사태나 붕괴를 일으키기 쉽다. 또한 골짜기나 연못 등에서는 강우에 의한 우수가 집중하여 저수지에 유입되기 때문에 세굴이나 토사의 퇴적 등이 생기기 쉽다. 이러한 현상은 지형조건이나 지질조건에 따라 크게 좌우되기 때문에 면밀하게 조사하고 검토하여 미리 충분한 대책을 강구하여 두는 것이 필요하다.

일반적으로 댐의 퇴사용량은 원칙으로서 100년간의 추정 퇴사량을 취하도록 되어 있지만, 유입 토사량이 많은 댐에서는 유효저수용량의 관계로 대단히 비경제적인 계획으로 되는 경우가 있으므로 적절한 유입토사대책을 강구하여 퇴사용량을 저감시켜야 한다.

유입토사에 대한 대책으로는 저수지주변의 사면안정, 토사댐의 설치, 퇴적토사의 굴착·준설, 토사바이패스, 토사의 플러싱(flushing), 수립대의 설치 등이 있지만, 입지조건이나 경제성 등을 고려하여 계획을 수립하고 보수·개량·교체에 의해 저수용량을 확보하여 필요한 취수를 할 수 있도록 조치해야 한다.

2.에 대하여 ; 댐 등의 공작물은 견고하게 만들어지며 내용연수도 길기 때문에 전면적으로 교체하는 것은 거의 없고 보수·보강 등에 의한 보전이 일반적이다.

필요로 하는 보수·보강 등은 제방 등의 시설구조상의 안정성을 저해하는 노후나 이상한 변형, 양압력, 누수량 등으로부터 종합적으로 판단한다. 이에 필요한 계측데이터를 얻을 수 있도록 「구조령」에 근거하는 계측항목을 비롯하여 구조물의 형식이나 설계상 고려된 사항 등에 따라 계측설비를 설치해 놓는 것이 바람직하다.

댐제방의 보수·보강은 콘크리트의 노후나 누수대책으로서 그라우팅공법이나 증후(增厚)공법 등에 의한 대응이 일반적이지만, 사전에 시추(boring)조사나 콘크리트강도시험, 추적자(tracer)시험 등에 의해 댐제방과 누수경로의 실태를 조사, 파악한 다음에 계획을 수립해야만 한다.

댐제방의 대규모 보수·보강으로서 중력식 콘크리트 댐에서는 상류면에서의 콘크리트덧씌우기, 필(fill type)댐에서는 상하류면에서의 성토와 같은 증후공법이 있다. 누수대책, 현행기준에의 적합, 내진성 등을 향상시킬 목적으로 저수지를 비우고 시공한 사례도 있다.

3.에 대하여 ; 게이트나 밸브류, 수위계나 전기계측제어설비 등의 부속기기류는 항상 조작성·신뢰성을 확보하는 것이 필요하며 노후화 등에 의해 저수시설이 적정한 운용관리가 곤란해지지 않도록 평소에 점검, 보수는 물론, 계획적으로 개량이나 교체를 하는 것이 필요하다(8.1.3 설비의 개량·교체(P) 참조).

2.2.4 조사

저수시설을 계획하는 경우에는 다음 각 항에 의해 조사해야 한다.

1. 수문
2. 지형 및 지질
3. 물 이용상황
4. 수질
5. 퇴사
6. 보상 등
7. 환경영향
8. 기타

【해설】

1.에 대하여 ; 수문조사로서는 해당 유역에서의 강수량, 유량(홍수량, 평수량, 갈수량 등), 수온, 기온, 증발량 등의 자료를 수집해야 한다. 특히 수리계획이 과거의 유량자료를 바탕으로 하여 수립되는 것이므로 강수량 및 유량자료에 대해서는 될 수 있는 한 장기간(최저 10개년)에 걸쳐 수집해야만 한다. 실측유량자료가 적을 때에는 저수유출해석이나 유역의 유사한 다른 하천의 자료를 기초로 환산하는 등 방법이 필요하다. 이 때문에 이들의 해석에 필요한 자료를 수집함과 동시에 저수시설계획지점 및 물수지 계산상 필요한 지점 등에 관해서 동시유량을 관측할 필요가 있다. 또한 한랭지에서는 적설, 결빙 등의 상황도 파악해야 한다.

2.에 대하여 ; 해당 하천에서의 지형의 개요를 파악함과 동시에 저수시설 계획지점 주변의 지형, 지질을 상세히 파악해야 한다. 특히 댐은 인공 구조물로서는 가장 큰 시설 중의 하나이며 장기에 걸쳐 그 효용을 발휘하는 시설이므로 안전성의 확보에는 충분한 고려를 해야 한다. 이 때문에 댐건설 예정지점의 기초지반의 성상에 관해서는 면밀하게 조사한다.

지질조사에 대해서는 현지를 답사하고 조사의 방침을 결정하여, 물리탐사, 시추, 시험굴착 등에 의해 지질상황을 파악함과 동시에 각종 시험에 의해 암반의 강도 등에 관해서도 데이터를 얻는다. 댐 재료는 사용량이 대단히 많으며 댐의 형식, 규모, 설계 등에 미치는 영향이 크기 때문에 미리 지질답사, 물리탐사, 시추 등에 의해 재료의 부존량을 파악함과 동시에 채취한 시료에 의해 각종 실내시험을 하여 재료의 성질을 파악해야 한다.

3.에 대하여 ; 저수시설을 계획하는 하천에 대해서는 현재 이미 사용되고 있는 각종 용수(상수도용수, 관개용수, 공업용수, 수력발전용수 등)에 관해서 취수계통도의 작성, 허가 및 관행수리권의 조사, 취수량의 실태조사 등을 하여 물이용 상황을 파악한다. 또 해당 하천 및 영향이 예상되는 해역 등에 있는 어업권에 관해서도 조사를 한다(3.2.2 조사(P) 참조).

4.에 대하여 ; 수원의 수질보전대책은 유역으로부터 유입되는 오염부하를 저감하는 것이 기본이다. 오랫동안 저류된 물은 부영양화현상 등이 염려된다. 이 때문에 유역으로부터 유입되는 오염부하에 대해서 환경관리부서와 연계하여 조사할 필요가 있다(1.2.4 기초조사(P) 및 3.2.2 조사(P) 참조).

5.에 대하여 ; 저수시설의 완성 후에 퇴사가 진행됨에 따라 유효저수용량이 감소하고 또한 저수지 상류단부의 배사(背砂)·배수(背水 ; backwater)현상에 의해 저수지상류의 하상이나 수

위가 상승되는 경우도 있다. 따라서 유역내의 토사발생상황, 입도, 밀도 및 하상 등을 관찰, 측정하여 유량과 유출 토사량과의 관계를 조사해 놓을 필요가 있다.

토사를 많이 함유하는 물은 저수지내의 맑은 물에 비하여 무거우므로 저수지 바닥을 따라 흐르는 밀도류를 형성하게 된다. 이 밀도류는 저수지 바닥을 따라 흐르다가 댐에 도달하면 물 표면으로 솟아오르게 되며 저수지가 얇은 경우에는 토사의 일부가 여수로로 거쳐 나가지만 대부분은 저수지에 남아서 결국 침전된다.

저수지내에서의 토사퇴적은 밀도류가 흘러나갈 수 있는 댐의 위치에다 유출구를 설치함으로써 일부 감소시킬 수 있으며 또는 유역 내에서 토양보호(soil conservation)를 실시하여 토양이 빗물이나 하천수에 의해서 씻겨 내려가는 것을 방지하는 방법을 택할 수도 있다.

저수지의 바닥에 침전된 토사를 제거하는 것은 때로는 저수지를 새로 만드는 것보다 더 비경제적일 수도 있으며 가능한 한 토양보호를 실시하여 유입하천의 유사량을 감소시키도록 해야 한다. 그러므로 총저수지 용량을 결정할 때는 유효저수용량에 토사의 퇴적상태를 감안하여 용량을 결정해야 한다.

6.에 대하여 ; 저수시설 건설에 따른 보상비가 사업비에서 차지하는 비율이 증가되는 경향이 있다. 계획할 때부터 보상 물건 등의 개요에 관해서 조사를 하여 개략비용을 산출해야 할 필요가 있다.

7.에 대하여 ; 저수시설을 건설함으로써 주변자연환경 등에 영향을 미치므로 「환경영향평가법」 등에 근거하여 소정의 수속을 할 필요가 있다. 법의 대상 외의 사업이더라도 주변지역에서의 식생, 어류, 조류, 곤충, 천연 기념물, 문화재 등의 자연 환경에 대하여 조사연구 등의 자료를 수집정리함과 동시에 필요하면 환경조사 및 환경영향평가를 실시한다.

저수지에 대한 환경영향 평가는 대개 다음 자료의 정비가 필요하다.

- ① 자연환경의 현황과 개발계획에 의한 환경변화 예측 및 평가
- ② 유량, 수질, 유지용수 등의 현황이 개발계획에 따라 어떻게 변화할 것인지 탁도, 수온, 부영양화 등을 포함한 수질변화 예측
- ③ 사회환경의 현황과 개발계획에 의한 변화예측과 평가

상기한 외에도 저수지의 예나 다른 나라의 사례 등을 참고로 하여 광범위한 분야의 환경에 관한 지식과 정보를 수집함이 요망된다.

8.에 대하여 ; 저수시설을 건설할 때에는 취득사업용지 외에도 가설비설치나 자재 등의 수송수단 등에 관해서 검토하여 적절한 방법과 수단을 정할 필요가 있다.

또한 저수시설계획에 관련되는 지역의 도로사업이나 하천사업 등을 조사하고 지역적으로도 일치된 합리적인 시설계획으로 하는 것이 필요하다.

2.2.5 계획기준년

계획취수량을 취수하기 위해서 필요한 저수용량의 결정에 사용하는 계획기준년은 원칙으로 10개년에 제1위상당의 갈수를 표준으로 한다.

【해설】

갈수기준년의 선정은 장기간에 걸쳐 이미 구한 갈수 중에서 최대인 것을 선정하는 것이 이상

적이지만, 그렇게 하면 대단히 큰 저수량을 필요하게 되는 경우가 많다. 반면, 갈수정도가 낮은 해를 기준으로 하면, 계획취수량을 만족시킬 수 있는 기간이 짧게 될 우려가 있다. 따라서 사업의 경제적인 효과를 고려하여 10개년에 제1위 상당(30~40년 기록 중에서 3번째 정도의 갈수)의 빈도를 갖는 갈수를 기준년으로 하는 것이 일반적이다.

계획기준년을 결정할 때에는 될 수 있는 한 장기간(20~30년간, 할 수 없는 경우에는 최근 10년간 정도)의 수문자료를 수집하고 연속한 10개년에 제1위 상당(30년간의 경우는 제3위, 20년간의 경우는 제2위)의 갈수를 대상으로 한다. 그러나 다목적저수지의 경우에는 관개(灌溉)나 기타의 관계를 고려하여 별도로 결정해야 된다.

2.2.6 저수시설의 유효저수량 결정

저수시설의 유효저수량은 다음 각 항에 기초를 두고 결정한다.

1. 유효저수량은 계획기준년에 있어서 물 수지(댐 지점의 하천유량과 계획취수량과의 차)계산에 의해 결정한다.
2. 물 수지계산에서는 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있어야 하며 또한 하천의 유수의 정상적인 기능의 유지에 지장을 주지 않을 것을 분명하게 한다.
3. 추운 지방에서는 취수지점에서의 결빙의 영향을 고려해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 물 수지(유효저수량의 결정을 위한 하천유량과 계획취수량과의 차)계산을 하기 위해서 일별로 따지는 것이 가장 정확하겠지만, 하천유량이 유효저수량에 영향을 주는 것은 최대갈수시보다는 어떤 기간동안 계속되는 갈수유황시이기 때문에 댐 시설에 의한 개발계획으로서는 반순별(伴旬別 : 5일 단위) 또는 순별(旬別 : 10일 단위) 정도의 비교로도 충분하다. 그러므로 반순간(5일간) 또는 순간(10일간)에 걸친 유량의 평균유량을 일유량으로 정리하여 계획취수량을 취수하기 위한 물 수지를 계산하면 된다. 유역변경 등의 경우는 일단위로 계산하는 것도 있다.

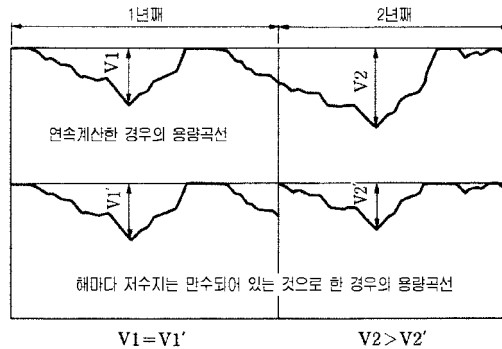
물 수지를 계산하는 경우, 해마다 댐은 만수로 하는 것으로 하여 계산하는 예가 있지만, 댐이 만수로 되기까지의 기간이 2개년에 걸치는 경우도 있으므로 연속계산을 하는 것이 바람직하다(<그림-2.2.3> 참조).

또 예비검토를 하는 경우에는 유량도표에 의한 방법이나 유량누가곡선도표에 의한 방법(Rippl's method) 등의 간편법을 쓰면 편리하다.

2.에 대하여 ; 일반적으로 하천의 유수의 정상적인 기능의 유지에 필요한 유량이란 유지용수와 하류에서 기득수리권(관행수리권, 기허가의 수리권)수량, 선박의 운항, 어업, 관광, 유수의 청결의 유지, 염해의 방지, 하구의 폐색 방지, 하천관리시설의 보호, 지하수정도의 유지, 동식물의 보호가 확보되기 위한 유량이다. 이것을 하천유지용수라고도 하며 하천이 적정하게 이용되고 물의 흐름이 정상적으로 기능을 유지할 수 있는 최저한의 유량이므로 이를 저해하지 않으면서 계획취수량을 확실하게 취수할 수 있는 것을 물 수지계산으로 증명해야 한다.

3.에 대하여 ; 추운 지방에서는 담수면(湛水面)이 결빙되어서 그 두께가 상당히 두껍게 될 경우가 있으므로 특히 수심이 얇은 저수지에서는 저수용량이 현저하게 감소한다. 이러한 경우에

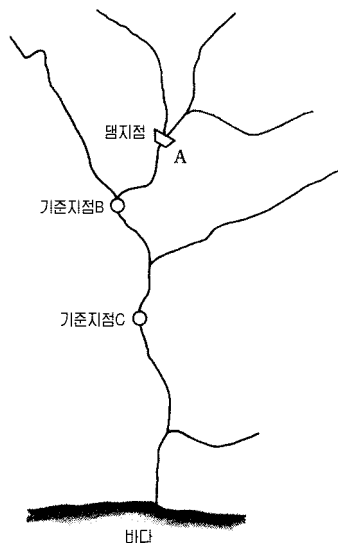
유역 내의 적설이 녹아내리는 시기가 아니면 하천 유량이 크게 감소할 수 있다. 따라서 결빙이 저수용량에 크게 영향을 미치는 경우에는 저수시설을 계획할 때에 평균 얼음두께를 고려하여 여유를 두어야 한다.



<그림-2.2.3> 물수지계산에 있어서 저수용량곡선

[참고-1] 댐 개발에 있어서 유효저수량을 산정하기 위한 물 수지계산의 예

유효저수량은 취수기준지점에서 소정의 수량(계획취수량+정상유량)을 확보하기 위해서 필요한 저수지에서의 보급량과 저수지에의 유입량과의 차감에 의해 유효수량을 반순(伴旬 : 5일 간격)별로 구하여 이것을 누적가산한 것의 최대치이다. 이 계산을 물 수지계산이라고 한다. 저수시설 규모는 이 물 수지계산을 만족하도록 계획하는 것이다.



<참고도-2.2.1> 물 수지계산 위치도

1. 계산조건

- 댐의 이수(利水)계획은 댐 하류에 있는 기득용수와 신규개발수량에 대해 보급을 한다.

- 댐의 이수용량은 12,400,000 m³(홍수기)이다.
- 댐 직하류의 환경보전을 위한 의무방류량은 0.3 m³/s으로 한다.
- 확보수량은 기준지점 B에서는 B지점에서 C지점까지의 기득용수를, 기준지점 C에서는 C지점에서 하류의 기득용수 및 신규개발수량으로 한다.
- 신규개발수량은 도시용수로서 2.5 m³/s이다.

2. 물 수지계산의 예

물 수지계산 실시의 예 및 그 계산요령을 <참고표-2.2.1>, <참고표-2.2.2>, <참고도-2.2.2>, <참고도-2.2.3>에 보이고 있다.

본 계산 예에서는 댐 누가저류용량이 가장 작아지는 9월 4반순(20일경)에 최대치가 생긴다. 즉 필요저수용량은 이수용량 12,400,000 m³으로부터 9월 4반순(20일경)의 용량 58,000 m³을 뺀 12,342,000 m³이 된다.

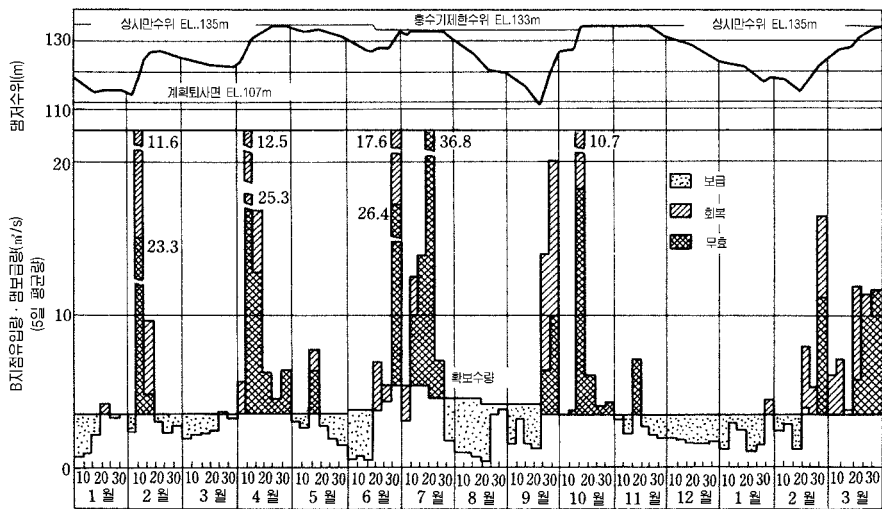
또 계산 중에서 댐 누가저류용량이 부(-)의 값이 되는 경우에는 신규개발수량의 감량 또는 이수용량의 증량 등의 계획변경이 필요하다.

<참고표-2.2.1> 댐의 수지계산 예

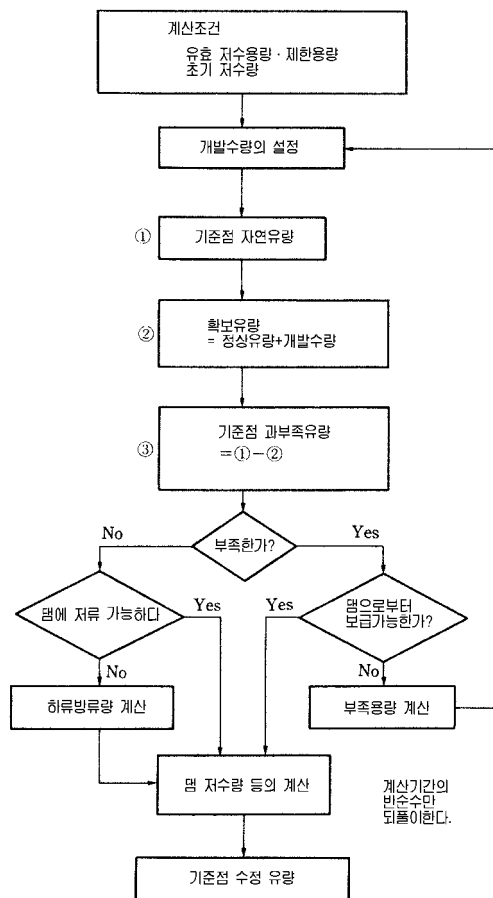
년 월	기준지점 B			기준지점 C			기준지점 조정			댐 지점 A							댐 조작 후	
	(1) B 점 자연유 량	(2) 불 특정 확보 유 량	(3) 불 특정 부족 유 량	(4) C점 자 연유량	(5) 불 특정 확보 유 량	(6) 불 특정 부족 유 량	(7) 불 특정 보급 후 잉여량	(8) 신규개 발수량	(9) 신규개 발고부 족수량	(10) 댐지점 유량	(11) 불특정 보급량	(12) 합계보 급량	(13) 저류가 능량	(14) 저류량	(15) 반순보 급저류 용량	(16) 댐누가 저류용 량	(17) 댐지점 방류량	(18) 댐조작 후기준 점유량
O년 7월															천m ³ 12400	천m ³ 12400		
	3.20	2.72	0.48	3.52	3.10	0.42	0.42	2.5	-2.08	1.58		-2.08			-898	11502	3.66	5.60
	12.66	2.72	9.94	15.19	3.10	12.09	9.94	2.5	7.44	6.27			6.27	2.08	898	12400	4.19	13.11
	14.02	2.72	11.30	15.42	3.10	12.32	11.30	2.5	8.8	6.94			6.94	-		12400	6.94	15.42
	36.80	2.28	34.52	40.48	1.14	39.34	34.52	2.5	32.02	18.22			18.22	-		12400	18.22	40.48
	7.16	2.28	4.88	7.87	1.14	6.73	4.88	2.5	2.38	3.54			2.38	-		12400	3.54	7.87
8월	1.82	2.28	-0.46	2.00	1.14	0.86	-	2.5	-2.5	0.90	-0.46	-2.96			-1534	10866	3.86	4.96
	1.24	2.28	-1.04	1.36	1.14	0.22	-	2.5	-2.5	0.61	-1.04	-3.54			-1529	9337	4.15	4.90
	1.20	2.28	-1.08	1.32	1.14	0.18	-	2.5	-2.5	0.56	-1.08	-3.58			-1547	7790	4.17	4.90
	0.86	2.28	-1.42	0.95	1.14	-0.19	-	2.5	-2.5	0.43	-1.61	-4.11			-1776	6014	4.54	5.06
	0.60	1.55	-0.95	0.66	1.86	-1.20	-	2.5	-2.5	0.30	-2.15	-4.65			-2009	4005	4.95	5.31
	3.54	1.55	1.99	3.89	1.86	2.03	1.99	2.5	-0.51	1.75		-0.51			-220	3785	2.26	4.40
9월	4.07	1.55	2.52	4.48	1.86	2.62	2.52	2.5	0.02	2.01			0.02	0.02	10	3795	1.99	4.46
	1.60	1.55	0.05	1.76	1.86	-0.10	-	2.5	-2.5	0.79	-0.10	-2.60			-1123	2672	3.39	4.36
	3.50	1.55	1.95	3.85	1.86	1.99	1.95	2.5	-0.55	1.73		-0.55			-238	2434	2.28	4.40
	1.70	1.55	0.15	1.87	1.86	0.01	0.01	2.5	-2.49	0.84		-2.49			-1076	1358	3.33	4.36
	1.38	1.55	-0.17	1.52	1.86	-0.34	-	2.5	-2.5	0.68	-0.51	-3.10			-1300	58	3.69	4.53
	14.26	1.10	13.16	15.68	1.10	14.58	13.16	2.5	10.66	7.06			7.06	6.76	2920	2978	0.3	8.92
10월	20.44	1.10	19.34	22.48	1.10	21.38	19.34	2.5	16.84	10.12			10.12	9.8	4242	7220	0.3	12.66
	3.78	1.10	2.68	4.16	1.10	3.06	2.68	2.5	0.18	1.87			0.18	0.18	78	7298	1.69	3.98
	4.00	1.10	2.90	4.40	1.10	3.30	2.90	2.5	0.40	1.98			0.40	0.40	173	7471	1.58	4.00
	22.08	1.10	20.98	24.29	1.10	23.19	20.98	2.5	18.49	10.93			10.93	10.63	4592	12063	0.3	13.66

<참고표-2.2.2> 댐의 수지계산 요령

항 목	설 명	계 산 예	
		9월 4반순(20일경 보급시)	9월 5반순경 (25일 저류시)
(1) B지점 자연유량	기준지점 B에 유입되는 댐개발전의 유량	1.38	14.26
(2) 불 특정확보유량	B지점에서 C지점까지의 기득용수량	1.55	1.10
(3) 불 특정과부족유량 (3) = (1) - (2)	B지점에서 (2) 확보 후의 물 수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	$1.38 - 1.55 = -0.17$	$14.26 - 1.10 = 13.16$
(4) C지점 자연유량	기준지점 C에 유입되는 댐 개발 전의 유량	1.52	15.68
(5) 불 특정확보유량	C지점에서 하류의 기득용수량	1.86	1.10
(6) 불 특정과부족유량 (6) = (4) - (5)	C지점에서 확보 후의 물 수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	$1.52 - 1.86 = -0.34$	$15.68 - 1.10 = 14.58$
(7) 불 특정보급후 잉여량 (7) = (3), (6) min	(3)과 (6) 중에서 작은 값 다만, (-)값인 때에는 0으로 한다.	$(-0.17, -0.34)_{\min}$ $= -0.34$ $-0.34 < 0$	$(13.16, 14.58)_{\min} = 13.16$
(8) 신규개발수량	C지점에서 개발할 신규 개발량	2.50	2.50
(9) 신규개발과 부족유량 (9) = (7) - (8)	C지점에서 (5)와 (8)확보 후의 물 수지 (-)값은 댐에서 보급하는 양	$0 - 2.50 = -2.50$	$13.16 - 2.50 = 10.66$
(10) 댐 지점 유량	댐 지점에 유입되는 댐 개발 전의 유량	0.68	7.06
(11) 불 특정보급량 (11) = (3) + (6)	댐에서 불 특정((2)와 (5))에 대해 보급한 합 계량. (3)과 (6)의 (-)값만을 계산한다.	$-0.17 + (-0.34) = -0.51$	-
(12) 합계 보급량 (12) = (9) + (11)	댐에서 불 특정보급 및 신규 개발량(8)에 대 해 보급한 합계량. (11)에 (9)의 (-)값만을 계산한다.	$-2.50 + (-0.51) = -3.01$	-
(13) 저류가능량 (13) = (3), (9), (10) min	댐에 저류하더라도 하류에 지장을 주지 않 는 유량. 각 기준지점((3), (9), (10)) 중에서 가 장 작은 값. 다만, (-)값인 때에는 보급시에 저류하지 않는다.	$(-0.17, -2.50, 0.68)_{\min}$ $= -2.50 < 0 \rightarrow 0$	$(13.16, 10.66, 7.06)_{\min} = 7.06$
(14) 저류량	댐에 저류하는 유량. 저수지가 만수 또는 댐 하류 의무방류량에 의해 (13)을 조정한다.	0	7.06 조정후 $7.06 - 0.3 = 6.76$
(15) 5일간 보급저류용량 보급시 : (15) = (12)×5일수×86400 저류시 : (15) = (14)×5일수×86400	반순(10일)의 보급용량 또는 저류용량. (-)값이 보급시.	$-3.1 \times 5 \times 86,400$ $= -1,300,000 \text{ m}^3$	$7.06 \times 5 \times 86,400 = 3,050,000 \text{ m}^3$ 조정후 $6.76 \times 5 \times 86,400 = 2,920,000 \text{ m}^3$
(16) 댐 누가저류용량 (16)=(16) ₋₁ + (15)	이수용량으로 계산을 개시할 때에는 만수되 어 있는 것으로 한다.	$1,358,000 - 1,300,000$ $= 58,000 \text{ m}^3$	$58,000 + 3,050,000 = 3,108,000 \text{ m}^3$ 조정후 $58,000 + 2,920,000 = 2,978,000 \text{ m}^3$
(17) 댐 지점 방류량 보급시 : (17) = (10) - (12) 저류시 : (17) = (10) - (14) 다만, (17)≥0.3	댐 조작 후의 댐 지점 방류량. 조작 후의 유량이 0.3m³/s를 만족하지 않을 때에는 0.3m³/s를 확보한다.	$0.68 - (-0.31) = 3.69$ (>0.3)	$7.06 - 7.06 = 0 < 0.3$ 부족저류량 을 조정 (14)에 조정 후 $7.06 - 6.76 = 0.3$
(18) 댐 조작후 기준점유량 보급시 : (18) = (4) - (12) 저류시 : (18) = (4) - (14)	댐 조작 후의 기준지점 C의 유량	$1.52 - (-3.01) = 4.53$	$15.68 - 6.76 = 8.92$



<참고도-2.2.2> 댐 이수계획도



<참고도-2.2.3> 물 수지계산 일반 흐름도

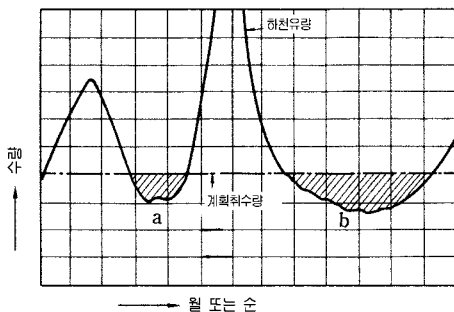
[참고-2] 간편법에 의한 유효저수량의 산정

1. 유량도표에 의한 방법

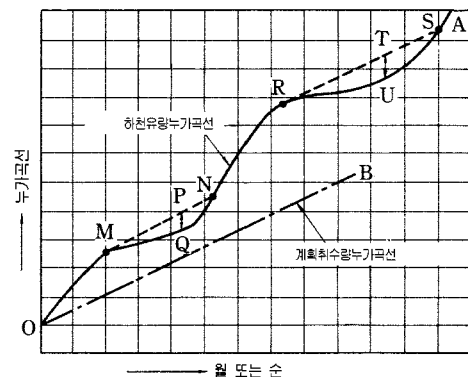
이 방법은 매월 또는 매분기마다 하천유량 변화를 그려 놓고 이것에 매월 또는 매분기마다의 계획취수량을 기입하여 이들에 둘러싸인 면적 중 최대(b)를 구하는 것이다. 이것이 그 기간에 있어서의 총공급량, 즉 필요저수량이다(<참고도-2.2.4> 참조).

2. 유량누가곡선도표에 의한 방법(Ripple법)

이 방법은 매월 또는 매분기마다 하천유량 및 계획취수량을 누가하고 각각의 유량누가곡선도표를 작성하여 비교해서 하천 유량누가곡선이 계획취수량 곡선보다 완만한 부분(MQ 또는 RU)의 기점(M 또는 R)에서 계획취수량누가곡선(OB)에 평행한 선(MN 또는 RS)을 긋고 하천 유량누가곡선과의 종축의 거리(PQ 또는 TU) 중 최대를 구하는 것으로 이것이 그 기간의 필요저수량이다. 여기에 계획취수량누가곡선이 매월 변화하는 경우에는 곡선으로 된다(<참고도-2.2.5> 참조).



<참고도-2.2.4> 유량도표에 의한 방법



<참고도-2.2.5> 유량누가곡선도표에 의한 방법

2.2.7 구조상의 조건

1. 댐의 형식은 댐 지점의 지형, 지질, 수리적 조건과 축조재료에 관해서 검토한 뒤에 선정한다.
2. 댐의 기초지반에 관해서는 댐 지점의 지질특성, 댐 제방을 지지하는 지층의 두께, 경사, 투수성단층, 균열 등의 지질조건을 검토한다.
3. 댐의 여수로(spillway)는 설계홍수유량을 처리할 수 있는 규모, 형식, 배치로 하여 시설을 안전하게 할 것.
4. 수도용수나 하천유지용수 등의 방류에 필요한 방류설비는 고수압에서도 조작되기 위해 댐 제방과의 적합성이 양호하고 댐 하류부에 나쁜 영향을 미치지 않는 구조로 한다.
5. 댐 제방 구조는 댐의 형식, 기초지반, 여수로 등의 특성을 고려하여 필요한 수밀성과 내구성을 가져야 하며 예상되는 하중에 대하여 안전해야 한다.

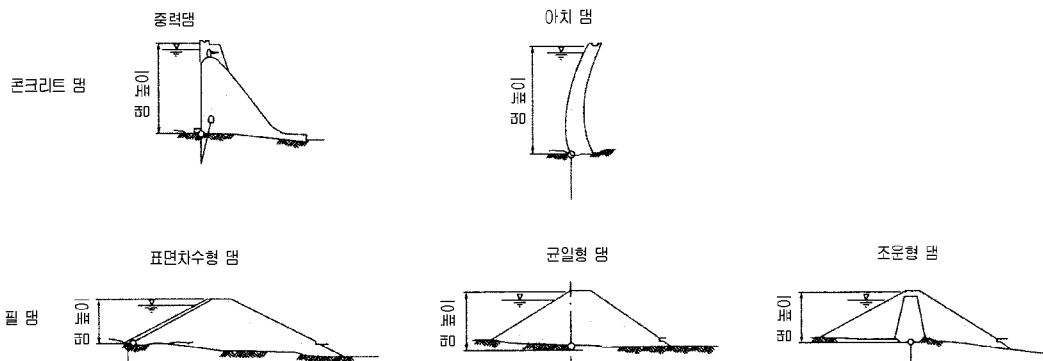
【해설】

저수시설은 댐 등의 공작물과 저수지로 구성되며 저류수 확보와 시설의 안전성을 충분히 검토해야 한다. 저수지는 지형이나 지질적 요인에서 다른 유역에 누수되는 경우가 있으므로 충분

한 조사와 검토가 필요하다. 저수지로의 유입수가 다른 곳으로 유출되는 것은 저수지 수위 회복이 늦어지고 계획대로 저수지를 운용할 수 없게 될 우려가 있기 때문에 미리 제방 보강이나 그라우팅 등에 의해 지수시키는 것이 필요하다.

댐 등의 공작물은 그 규모가 크고 또한 중요한 구조물이며 만일 파괴되었을 때에는 다른 곳에 미치는 영향이 크다. 따라서 여기서는 댐을 중심으로 한 구조상의 조건을 대상으로서 해설한다.

1.에 대하여 ; 댐의 형식은 축조재료에 따라서 콘크리트댐과 필(fill type)댐으로 분류되며 콘크리트 댐은 그 역학적 특성에 의해 중력댐(gravity dam), 아치댐으로, 필댐에는 차수기능을 하는 부분의 구조에 따라 표면차수형, 균일형, 존(zone)형으로 분류된다. 또 필댐은 축조재료에 따라 록필(rock-fill)댐과 흙댐 등으로 분류된다(<그림-2.2.4> 참조). 이들 형식의 선정에는 댐 지점의 지형, 지질, 여수로(spillway)의 규모, 축조재료의 유무에 관해서 충분히 검토하여 주변 환경이나 경제성 등의 여러 가지 조건도 종합적으로 고려하여 최적의 것으로 한다(<표-2.2.3> 참조).



<그림-2.2.4> 댐의 형식

<표-2.2.3> 각 댐의 형식에 따른 설계방법의 차이

댐의 형식	기본적 가정	댐의 표준 설계 조건	설계수치
중력식 콘크리트댐	2차원 탄성체	1) 외력의 합력이 제방수평단면의 2/3에 들어갈 것. 2) Henny의 식에서 안전율이 4이상일 것 3) 제방 중에 생기는 응력이 허용응력도를 초과하지 않을 것	원위치시험에 의한 암반의 전단강도 τ_0 암반의 내부마찰계수 f
아치식 콘크리트댐	3차원 탄성체	1) 제방 중에 생기는 응력이 허용응력도를 초과하지 않을 것 2) Henny의 식에서 안전율이 4이상일 것	배합시험에 의한 콘크리트 물성치 콘크리트 강도
필댐	2차원 비탄성체	1) 원형미끄러짐면에 대하여 슬라이스(slice)법에 의해 안전율이 1.2이상일 것	실내 3축시험 등에 의한 피일 재료·기초의 점착력 C 내부마찰각 ϕ

2.에 대하여 ; 댐 형식에 따라 요구되는 댐 기초의 조건은 다음과 같다.

1) 콘크리트 댐

(1) 중력댐 ; 댐의 높이에 따라 암반에 전해지는 힘이 커지기 때문에 최대단면부근의 기초암

반은 충분한 전단강도를 갖는 견고한 암반이 필요하다. 수평 또는 이에 가까운 단층, 약층이 존재하는 댐 지점에서는 국소적인 전단력 저하 등에 신중한 대응이 필요하다.

(2) 아치댐 ; 하상부에 대해서는 중력식 댐의 경우보다 전단강도에 대한 제약은 적지만, 상부까지 암반이 견고하고 아치추력에 충분히 저항할 수 있는 강도가 필요하다. 또 댐의 두께가 얇기 때문에 기반의 투수성에 대한 조건은 상당히 엄하게 된다. 또 암반 내에 아치추력을 받을 때에 미끄러지기 쉬운 방향의 단층 규모에 관해서 조사검토가 필요하다.

2) 필댐 ; 일반적으로 필댐은 콘크리트댐에 비하여 댐에서 받는 하중을 보다 넓은 지반에 전하기 때문에 기초가 강해야 하는 제약조건은 적다. 기초의 필요조건으로서 차수존(zone)의 기초로서는 소요의 지수성과 전단강도가 요구되며 차수존 이외의 기초로서는 전단강도와 파이핑에 대한 저항성이 요구된다.

3.에 대하여 ; 통상 저수지운전의 최고수위는 상시 최고수위이다. 그러나 댐의 안전을 확보하거나 댐에 기인하는 하천관리상 지장을 없앨 필요성으로부터 댐의 조작에 대응하는 최고수위로서 설계홍수위가 설정된다. 따라서 상시최고수위로부터 설계홍수위에 이르기까지의 유입량을 하류에 안전하게 유하시키기 위해서 여수로 등을 설치해야 한다.

자유월류형 여수로로는 고속류를 처리하기 때문에 콘크리트조로 하며 월류형 콘크리트조로 하는 것이 경제적이다. 필댐의 경우에는 홍수월류에 의한 안전상 문제가 콘크리트댐의 경우에 비하여 훨씬 크므로 원칙으로 댐제방과는 별개로 여수로를 설치한다.

댐의 하류부는 댐에서의 방류수에 의해 강바닥이 세굴되는 것이 많으며 댐의 안전 및 하천관리상 문제가 생기기 때문에 감세공(感勢工) 등을 설치하여 하상을 보호한다.

4.에 대하여 ; 댐의 물은 수도용수로서 직접 도수하는 경우를 제외하고는 일반적으로 이수, 하천유수의 정상적인 기능유지, 저수지 및 댐의 관리보전을 위해 저수지수위를 저하시키는 등의 목적을 위하여 방류관 등에 의해 댐 하류부에 방류된다.

이 방류수는 저수지수위에 따른 압력을 갖고 있기 때문에 방류설비는 구조가 견고하고 필요한 수밀성을 가지며 개폐가 확실해야 함과 동시에 댐 제방과의 적합성을 고려하여 배치해야 한다.

방류설비는 진동에 의한 영향, 하천 세굴, 충격 등에 대하여 안전하도록 수량 제어나 감세게이트 등을 설치하고 시설 및 그 주변에 나쁜 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

댐 관리의 합리화 및 댐의 수력에너지를 유효하게 이용하기 위해서 감세게이트 등의 계획시에 수력발전시설 도입을 검토하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 댐은 댐 종류와 기초지반에 따라 저수지 수위나 필요한 외력을 고려하여 안전성이 확보될 수 있는 구조이어야 한다.

1) 댐의 기초지반은 소요강도를 가짐과 동시에 담수 후의 지하수 거동이 댐의 안정성에 영향을 미치지 않도록 할 필요가 있다. 따라서 지질조사에 의해 암반의 강도, 균열의 상황, 투수성 등을 파악하고, 이것을 기초로 누수방지나 침투류를 억제한다. 예를 들면, 제방상류부 등에 커튼그라우팅을 하여 필요한 수밀성을 확보한다. 또한 암반강도나 균열상황에 따라 컨솔리데이션그라우팅(통합그라우팅)에 의한 개량을 하여 미끄러짐에 의한 파괴나 침투파괴를 방지하는 조치를 강구한다.

2) 중력식 콘크리트댐은 댐 축에 수직한 연직단면을 이용하여 2차원 해석이 이루어지고 아치식 콘크리트 댐 설계는 3차원 해석으로 이루어진다.

콘크리트 댐은 지진이나 강풍시의 파랑을 고려한 수위 및 기타 예상되는 외력에 의해 활동(滑動) 또는 전도되지 않도록 충분한 여유를 갖는 구조이어야 한다. 하천관리시설 등 구조령에서는 활동에 대한 안전도(stability)로서 콘크리트제방과 기초지반이 일체가 된 강체로서 취급, 2차원단면에 대한 작용력과 저항력의 비(Henny의 식으로 요구된 전단마찰저항력의 안전율)는 4이상, 전도에 대해서는 제방의 상류단에서 연직방향으로 인장하여 응력을 생기게 하지 않도록 외력의 합력(작용점)이 제방수평단면의 2/3(middle third)에 들어갈 것. 또한 제방 중에 생기는 응력이 허용응력도를 넘지 않을 것 등의 조건을 만족하도록 하고 있다.

3) 필댐의 최대 특징은 제방이 암석, 모래자갈, 토질재료 등의 소성적 또는 점탄성적 성질을 갖는 재료로 만들어진다는 것이다. 필댐은 기초지반 또는 제방자체의 침하에 대해서도 또한 충분히 안정된 상태를 유지하고 있을 수 있다고 하는 콘크리트 댐에는 없는 특징이 있다.

이 때문에 기초지반과 같이 제방에 관해서도 미끄러짐과파괴나 침투과파괴 생기지 않도록 하는 구조로 할 필요가 있다. 하천관리시설 등 구조령에서는 미끄러짐에 대한 안정성에 관해서 이차원의 원형 미끄러짐면에 관해서 슬라이스(slice)법에 의해 검토하고 작용력과 저항력의 비에 대해 안전율이 1.2 이상되는 단면형상을 결정하도록 정하고 있다.

2.2.8 수질보전대책

저수지 내의 수질오염에 의해 장애발생이 예측될 때에는 수질보전 대책을 강구해야 한다.

【해설】

저수지의 수질은 기상, 집수구역의 환경, 저수지의 용량, 수심, 저수지의 운용 등과 밀접한 관계가 있으며 일반 하천 수질과는 양상이 다르다. 즉 저수지는 하천수를 저류하며 체류시간이 길고 수심도 깊다. 이와 같은 특성 때문에 부영양화가 진행되는 저수지도 볼 수 있다. 부영양화에 의해 조류가 번식함에 따라 맛과 냄새가 발생하고 정수처리 부하가 증가하며 정수처리비용이 증대된다.

저수지의 수질보전대책은 집수구역 내에서의 보전대책과 저수지에서의 보전대책으로 나누어지며 이 두 대책을 계획적이고 종합적으로 진행시키는 것이 수질보전의 실효성을 높일 수 있다.

일반적으로 수질보전대책을 추진하는 데는 저수지 및 그 집수구역에 관계되는 기관이 다방면에 걸쳐고 있으므로 우선 그 근간이 되는 계획은 환경보전을 담당하는 부서를 중심으로 하는 관계기관 등에서 종합 조정된 다음에 수립된다. 더욱이 실시대책으로서는 저수지주변의 자연환경 보전 및 오염원에 대한 각종 규제나 하수도정비사업 등이 실시되도록 하는 것이다. 이 때문에 상수도사업으로서는 이들 대책의 전체적인 내용을 충분히 이해한 다음에 관계기관 등에 협조를 요청할 필요가 있다.

상수원수 수질보전을 위해서는 4대 강(「한강, 낙동강, 영산강·섬진강, 금강수계물관리및주민지원에관한법률」에 의한 수변구역의 지정, 오염총량관리제, 환경기초시설의 설치 등과 함께 재원확보를 위한 「물이용부담금제도」, 그리고 「상수원관리규칙」, 「수질환경보전법」에 명시된 수질보전사업에 수도사업자가 직·간접적으로 관여할 수 있기 때문에 수원의 수질보전을 위한 적절한 수단으로 활용을 할 수 있다.

또한 수원보전대책의 일환으로서 댐 주변 산림의 수원함양기능을 높이고 난개발(濫開發)에 의한 수질오염을 방지할 목적으로 집수구역의 산림이나 들판을 수도사업자가 스스로 취득하는 것도 유효하며 상·하류지역의 교류 등에 의해 상수원지역에 대한 인식이나 수원림이 귀중함을 인식하는 사업 등을 적극적으로 추진하여 수돗물을 장래에 걸쳐 양질인 상태로 안정적으로 확보하는 연구가 중요하다.

더욱이 저수지 내의 수질보전대책으로서는 부영양화의 한 가지 원인으로 되는 담수(湛水) 구역의 수목을 벌채하는 외에 약제 살포, 저수순환, 바닥퇴적물 준설 등의 방법이 있으며 이들은 수도사업자가 스스로 실시할 수 있는 것으로 저수지 내의 수질 추이, 집수구역 내에서 보전대책의 진행상황 등을 보면서 적극적으로 실시하는 것이 필요하다.

저수시설 및 부대시설 등에 사용되는 재료로서는 수질에 영향을 미칠 우려가 있는 것은 사용하지 않는 것이 좋다.

[참고] 저수지에서 수질보전대책의 주요방법

1. 상류유역의 오염원관리

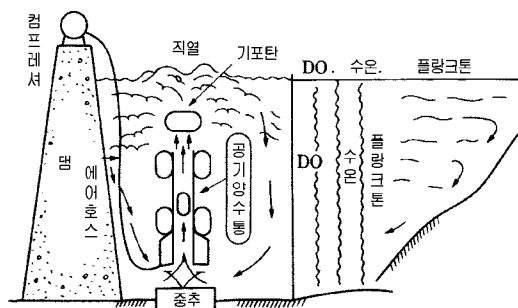
저수지의 수질보전을 위하여 상류유역에 환경기초시설을 확충하여 질소나 인 등의 오염물질 유입을 차단하고 논과 밭 등의 비점오염원도 관리해야 한다. 비점오염원관리를 위해서는 비료사용의 축소와 사용방법 개선, 완충지대 설치, 녹색댐 조성, 환경농업의 확대 등 다양한 방법이 있다.

2. 약제 살포

여과장애나 맛과 냄새발생을 예방하기 위해서 약제를 저수지에 살포하여 생물증식을 억제하는 방법이 있다. 약제로서는 가격이 싸면서도 소량으로 효과가 있는 것이 좋지만, 사람에게 무해하고 어류나 농작물에 피해를 주지 않는 것도 필요하다. 황산구리, 염소제(차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘) 등이 있다.

3. 저수순환

저수순환은 에어리프트(air lift)나 펌프 등을 사용하여 공기를 불어넣어 저류수를 인공적으로 순환시킴으로써 저류수 수질을 개선하고자 하는 것(<참고도-2.2.6> 참조)으로 그 목적과 기능에 따라 전층폭기순환법, 심층폭기순환법, 2층분리폭기순환법의 세 가지로 대별된다.



<참고도-2.2.6> 간헐식 공기양수통의 원리

4. 바닥퇴적물의 준설

인 등 영양염류의 유력한 공급원인 바닥퇴적물을 준설 제거하는 것으로 펌프에 의한 바닥퇴적물의

흡인이나 저수지 수위가 내려갔을 때의 준설 등이 있다. 준설시에는 저수를 오염시키지 않는 것이 필요하며 준설한 토사의 처분장 확보도 필요하다.

5. 조류 등의 방류

증식된 조류를 포함한 상층수 또는 영양염류나 오염물을 포함한 저층수를 적당하게 방류함으로써 일시적으로 수질을 개선하는 것이지만, 하류에의 영향을 고려해야 한다.

6. 기타

식물을 식재하여 영양염류를 제거하는 식생정화에 의한 방법, 조류펜스(water-bloom fence)에 의해 유입구에서 조류유입을 방지하는 방법, 바닥퇴적물을 고화하여 인 등 영양염류가 바닥퇴적물로부터 용출되는 것을 방지하는 방법 등이 있다.

2.2.9 다목적저수시설

다목적저수시설(다목적 댐 등)계획에 참여하여 수원을 확보하는 경우에는 다음 각 항에 대해 고려해야 한다.

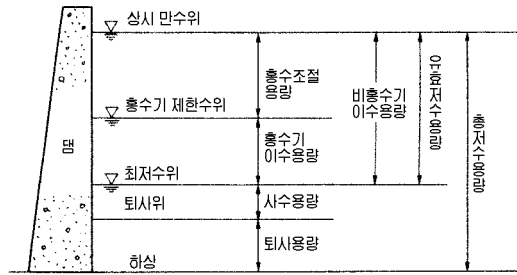
1. 조사, 건설, 완성에 이르는 각 단계마다 사업내용을 파악하여 상수도사업의 목적이 충분히 달성되도록 사업주체나 다른 부문과 조정함과 동시에 상수도로서의 필요한 조치를 강구한다.
2. 2개 사업자이상의 이수사업자가 참여하는 경우에는 취수시설 공동화 등에 관해서 검토해야 한다.
3. 용량배분은 각 목적의 효과가 종합적으로 발휘되도록 각각의 계획이 통합 조정되어야 한다.
4. 관리에 대해서는 수도사업자로서 소기의 목적이 달성되며 원활하게 관리할 수 있도록 구체적인 항목에 대해서 사업주체나 다른 부문과 조정해야 한다.

【해설】

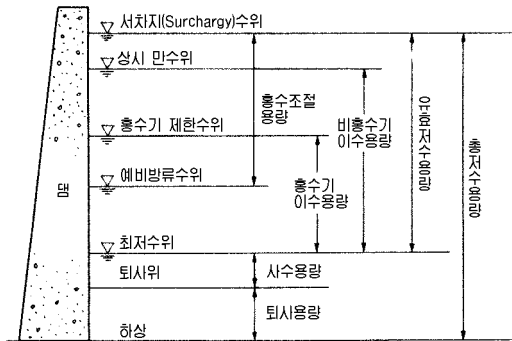
1.에 대하여 ; 다목적 저수시설은 상수도를 비롯하여 홍수조절, 발전, 관개, 공업용수도 등의 두 가지 이상의 목적을 가진다. 다목적 저수시설에 의해 수원을 개발하는 경우의 사업실시 주체는 건설교통부장관(한국수자원공사)이 되고 관계법령은 「댐건설및주변지역지원등에관한법률」에 의한다.

보통 다목적 저수시설은 예비조사, 실시계획조사를 거쳐서 착공된다. 수도사업자는 기본계획, 기본협정 등의 작성단계까지 해당 댐에 의존하는 이수(利水)량을 결정해야 한다. 이 때문에 사전에 상수도의 장래 물 수급계획을 수립하고 해당 댐에 관계되는 상수도계획을 수립하는 것이 필요하다. 또 댐 계획내용의 상세한 자료를 입수하여 물 수지나 비용부담비율 등에 대하여 미리 검토해 보는 것도 중요하다.

일반적으로 실시계획조사 최종년도에는 기본계획, 기본협정 등 건설계획의 기본사항이 결정되지만, 이 중에서 용수이용자와 개발용량, 저수지의 용량배분, 비용부담비율(cost allocation), 총사업비 및 공사기간 등이 정해지게 된다. 기본계획 등을 정할 때에는 관계자의 의견이 청취되므로 비용분담비율, 취수계획 등에 대해서 미리 조사하여 검토한 결과를 기초로 수도사업자의 의견을 반영시킬 필요가 있다.



(1) 비교적 저차의 조절을 하는 저수지



(2) 고차의 조절을 하는 저수지

- 주) 1. 이수용량은 필요한 용수에만 사용하고, 다른 목적에 사용하면 안된다.
그러나 용수를 하류에서 취수할 경우 발전소를 통해 방류한다면 용수목적에 지장을 주지 않을 만큼 발전에 사용한다.
2. 사수용량은 유사상황에 따라서 생략이 가능하다.
3. 서차지(Surcharge)수위라는 것은 홍수시에 상시 만수위를 넘어서 인위적, 계획적이던간에 일시적으로 저류되는 유수의 수위이다.

<그림-2.2.7> 다목적 댐의 용량 배분 예

댐건설에 요하는 자금에 대해서는 기본계획, 기본협정 등의 비용부담 비율에 따라 각 사업자가 각각 부담하는 것으로 된다.

2.에 대하여 ; 다목적저수시설계획에 2인 이상의 이수사업자가 참여하는 경우에는 해당 저수시설에 의해서 개발되는 물을 이용할 때에 취수, 도수 등의 시설 공동이용 등에 대해서 가능한 범위에서 검토할 필요가 있다. 공동으로 이용할 시설에 대해서는 비용부담방법, 관리방법 등에 대해서 조정해야 한다.

3.에 대하여 ; 다목적저수시설을 계획할 때에는 두 가지 이상의 목적을 하나로 정리해서 계획하기 위해서 각각의 목적을 정확하게 파악하고 필요충분한 조건을 계획에 포함시키는 것이 기본이다. 다목적저수시설에서의 저수용량은 이수용량(상수도, 관개, 공업용수 및 하천유지용수에 필요한 용량을 보급하기 위한 용량), 홍수조절용량(홍수의 조절에 필요한 용량), 발전용량(발전을 하는 것에 필요한 용량) 및 퇴사용량(저수지에 유입되는 토사퇴적을 위해 필요한 용량)으로 분류되지만, 이들 용량은 목적에 따라 이용방법이 다르므로 경합관계가 생기는 것도 있다.

특히, 치수·이수 상호간에는 치수사업이 홍수기에는 홍수조절을 위한 용량을 비워두어야 하

는 반면, 이수사업에서는 용수공급을 위한 용량을 확보해야 할 필요가 있어서 근본적으로 상반된다. 또한 이수사업 상호 간에도 목적에 따라 이용시기 및 유효저수량이 다르기 때문에 경합이 생긴다. 이들의 경합을 피하기 위해서는 각각의 유효저수량을 단독으로 산출한 후 종합적으로 조정하여 용량배분을 결정하게 된다. 따라서 수도사업자는 유효저수량에 관해서 **2.2.6 유효저수량의 결정(P)**을 참조한 후에 적절하게 대처하는 것이 필요하다. 다목적댐의 용량배분 예를 <그림-2.2.7>에 보이고 있다.

4.에 대하여 ; 댐의 완성이 가까워지면 수도사업자는 사업주체나 다른 부문과 조정하여 관리에 대한 구체적인 사항을 규정한 관리협정 등을 체결해 둘 필요가 있다. 협정에 규정해야 할 사항으로서는 관리주체, 공동시설에 관한 것, 댐 조작규칙 등의 제정 또는 변경에 관한 협의, 매년도의 실시계획에 관한 협의, 관리비용의 부담비율 및 부담방법, 댐에 기인되는 손해배상에 관한 것 등이 있다.

[참고-1] 다목적 댐의 비용부담에 관해서

1. 개요

다목적 댐의 비용부담비율(cost allocation)은 건설비를 댐 사용권설정예정자에게 공평하게 할당하기 위한 행위이고, 「댐건설및 주변지역지원등에관한법률」 및 그 시행령 등에 의해서 정해지고 있으며, 어느 것이나 “분리비용잔여편익지출법(分離費用殘餘便益支出法)”을 기준으로 하고 있다.

2. 비용부담의 원칙

1) 비용의 부담

공동사업비에 대해서는 참가사업자가 정해진 부담비율에 따라 부담하며 전용시설에 대해서는 그 참가 각 사업자가 전액 부담한다.

2) 부담비율

분리비용잔여편익지출법에 의해 산정한다.

다만, 분리비용잔여편익지출법에 의하여 산출하는 것이 현저히 불리하다고 인정되는 경우에는 대체타당지출법(代替妥當支出法), 우선지출법(優先支出法) 또는 우선대체타당지출법(優先代替妥當支出法) 등에 의해 산정할 수 있다.

<참고표-2.2.3> 다목적댐건설비용의 부담률 산출방법

구 분	내 용
1. 분리비용 잔여편익 지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 당해 용도의 분리비용을 공제하여 산출한 금액의 각 용도별 비율에 따라 잔여공동비용을 배분하는 방법
2. 대체타당 지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 전용시설비를 공제하여 산출한 금액의 각 용도별 비율에 따라 공동시설비를 배분하는 방법
3. 우선지출법	다목적댐의 용도별 대체건설비 및 용도별 타당투자액 중 적은 금액에서 전용시설비를 공제하여 산출한 금액을 한도로 각 용도의 우선순위에 따라 공동시설비를 해당 용도에 배분하는 방법. 이 경우 각 용도의 우선순위는 긴요도 등을 참작하여 건설교통부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 이를 정한다.
4. 우선대체 타당지출법	다목적댐의 용도 중 긴요도가 특히 높은 용도에 대하여는 우선지출법을 적용하여 공동시설비를 우선 배분하고, 기타의 용도에 대하여는 대체타당지출법을 적용하여 잔여 공동시설비를 배분하는 방법. 이 경우 우선지출법이 적용되는 용도는 건설교통부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 이를 정한다.

3. 용어의 설명

1) 대체건설비

다목적댐의 용도별로 다목적댐과 당해 용도에 전용되는 부대시설이 가지는 효용과 동등한 효용을 가지는 대체시설을 설치하는 데 필요한 추정비용으로 한다.

2) 타당투자액

다목적댐의 용도별로 다목적댐과 당해 용도에 전용되는 부대시설이 가지는 효용을 얻기 위하여 필요한 투자비용을 말하며, 연간 등가편익에서 운영관리에 필요한 추정비용을 공제한 금액을 자본환원계수로 나누어 산출한다.

3) 분리비용

다목적댐의 용도 중 특정 용도를 제외하여 다목적댐을 건설할 경우 추정되는 다목적댐건설비용의 절감액으로 하며, 다목적댐의 총 저수용량에서 특정 용도를 제외할 경우에 나타나는 저수량의 감소 등을 감안하여 산출한다.

4) 잔여공동비용

다목적댐건설비용에서 각 용도의 분리비용을 전액 공제한 비용으로 한다.

5) 전용시설비

다목적댐의 용도 중 당해 용도에 전용되는 다목적댐 시설의 설치비용으로 한다.

6) 공동시설비

다목적댐의 각 용도에 공용되는 다목적댐의 설치비용으로 한다.

4. 대체건설비 및 타당투자액의 세부산출방법

1) 대체건설비의 산출방법

- 대체시설 또는 공작물은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치장소와 동일한 장소나 설치비용이 적은 장소에 설치하는 것으로 한다.
- 다목적댐의 용도 중 발전용도의 대체건설비를 산출함에 있어 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물이 가지는 효용과 동등한 효용은 당해 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발생하는 유효출력(kW) 및 유효전력량(kWh)을 기준으로 한다.
- 대체건설비의 범위는 대체시설 또는 공작물을 직접 설치하는데 필요한 공사비, 보상비, 조사설계비 및 부대비와 건설기간 중의 이자로 한다.

2) 타당투자액의 산출방법

(1) 다목적댐의 용도별 타당투자액의 산출방법

홍수조절용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발생하는 다음의 효용을 시가로 환산한 가액의 합계액이다.

- 제방·호안(護岸)·수제(水制) 기타 하천에서 발생하는 피해 복구에 소요되는 비용의 감소
- 도로, 교량, 철도 기타 교통시설에서 발생하는 재해의 복구에 소요되는 비용의 감소
- 홍수의 범람으로 인한 농작물의 감산, 농지의 유실, 가옥의 손괴, 기타 자산(가계자산, 사무소, 광공업 및 농·어업의 상각자산, 재고자산 및 영업손실을 포함한다)의 피해방지 또는 감소
- 토사퇴적으로 인한 준설유지비의 감소
- 홍수범람의 방지로 인한 지가 상승

관개용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 발생하는 다

음의 금액의 합계액이다.

- 증가된 작물생산량에 표준단가와 순이익률을 각각 곱한 연간 작물수입 증가액
- 댐건설 전의 영농시설 유지관리비에서 댐건설 후의 영농시설 유지관리비를 뺀 연간 시설유지관리비의 감소액
- 댐건설 전의 영농에 투입된 노동량에서 댐건설 후의 영농에 투입되는 노동량을 뺀 노동량에 노무비 단가를 곱한 노무비 절감액

공업·생활용수 용도의 타당투자액 : 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물에 의하여 공급되는 용수량에 단위당 용수요금을 곱한 금액

발전용도의 타당투자액은 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물에 의하여 공급되는 전력량에 당해 시설과 유사한 시설에 의하여 공급되는 전기요금을 곱한 금액이다. 다만, 전기요금이 결정되지 아니하였거나 이를 기준으로 하는 것이 불합리한 것으로 인정되는 경우에는 '라' 목의 규정에 의하여 유효출력의 효용으로부터 산출된 금액과 유효전력량의 효용으로부터 산출된 금액을 합산한 금액으로 한다.

하천유지용수용도의 타당투자액 : 다목적댐 및 그 부대시설 또는 공작물의 설치에 의하여 공급되는 용수의 효과와 동등한 수질, 하천생태 기타 환경보전에 필요한 대체시설 또는 공작물의 설치 및 운영관리에 소요되는 비용의 합계액이다.

기타 용도의 타당투자액 : 건설교통부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 산정한 금액이다.

- (2) 자본환원계수는 다음의 산식에 의하여 산정한다. 이 경우 이자율은 건설교통부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 정한다.

$$\text{자본환원계수} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

(i : 이자율, n : 댐 사용권 내용연수)

- (3) 다목적댐의 용도 중 특정용도의 효용이 다목적댐의 건설이 완료된 후 상당한 기간이 경과된 때부터 발생하는 경우에는 당해 용도의 타당투자액은 건설교통부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 감액할 수 있다.
- (4) 유효출력(kW)과 유효전력량(kWh)에 의한 발전용도의 타당투자액 산출방법

kW편익 = kW당 가치 × 유효출력량(kW)

- kW당 가치 = kW당 대체화력 건설비 × 화력의 연간 고정비용 × 수력대 화력의 계수
- 화력의 연간 고정비용은 자본비용비율(화력발전소건설에 투입된 차입금의 이자와 배당액의 합계액을 화력발전소에 투입된 총건설비로 나눈 비율을 말한다), 감가상각비용, 보험료 및 제세공과금비용, 운전유지비용(연료비는 운전유지비에 산입하지 아니한다)의 합계액으로 한다.
- 수력대 화력의 계수

$$= \frac{\text{수력}(1-1\text{차발전단기준손실률}) \times (1-\text{발전소내소비용율}) \times (1-\text{보수율})}{\text{화력}(1-1\text{차발전단기준손실률}) \times (1-\text{사고율}) \times (1-\text{발전소내소비용율}) \times (1-\text{보수율})}$$

kWh편익 = kWh당 가치 × 유효전력량(kWh)

- kWh당 가치 = kWh당 화력의 연료비 × 수화력조정계수

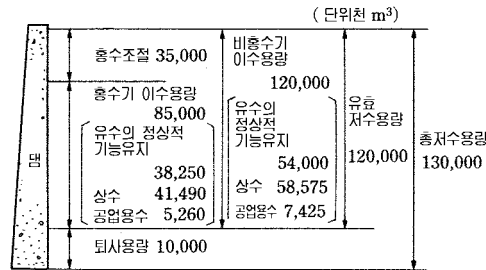
$$\bullet \text{ 수화력조정계수} = \frac{\text{수력}(1 - \text{발전소내소비율}) \times (1 - \text{송전손실률})}{\text{화력}(1 - \text{발전소내소비율}) \times (1 - \text{송전손실률})}$$

5. 계산 예와 그 해설

하천, 상수도용수, 공업용수 및 발전의 4자의 비용분담의 계산 예를 다음에 설명한다.

하천, 상수도용수, 공업용수 및 발전의 4자 비용분담

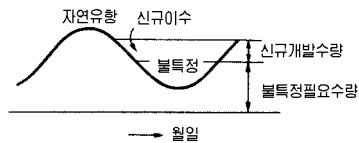
1) 저수지용량배분(<참고도-2.2.7>)



<참고도-2.2.7> 하천·상수·공업용수 및 발전4종의 저수용량 배분도

【해설】

댐의 비용을 분담함에 있어서 우선 각 부문마다의 용량이 결정되어야 저수지규모가 결정된다. 그 예로서는 저수지규모는 홍수기, 비홍수기 모두 120,000천 m³의 크기로 되어 있지만, 계산으로서는 홍수기에 최대용량이 결정된 것으로 한다. 즉, 대체건설비 산출에 있어서는 비홍수기의 용량이 분리비용의 산출에서는 홍수기의 용량이 쓰이는 것으로 된다. 또 하천의 정상적인 기능유지를 목적으로 하는 경우에는 우선 하천유지용수를 먼저 취하고 나머지를 신규용수이용에 배분하는 것으로 된다(<참고도-2.2.8>).



<참고도-2.2.8> 자연유황에 부족한 불특정 필요수량 및 신규개발수량의 개념도

2) 대체건설비

(1) 하천

필요용량 35,000(홍수조절) + 38,250(하천유지용수) + 10,000(퇴사) = 83,250천 m³

건설비 12,600 백만원

(2) 상수도

필요용량 58,575(상수도) + 10,000(퇴사) = 68,575천m³

건설비 11,300백만원

(3) 공업용수도

필요용량건설비 7,425(공업용수) + 5,000(퇴사50년) = 12,425 천m³

건설비 2,500백만원

【해설】

퇴사에 대해서는 저류 댐에서는 100년분을 원칙으로 하지만, 극히 소규모인 것에 대해서는 댐 형식을 고려하여 이를 줄일 수 있는 것으로 하고 있다. 이 경우 100년 퇴사 10,000천 m³을 쓰면 공업용수의 필요용량보다 큰 것으로 되기 때문에 댐의 구조 등을 감안하여 절반인 50년 퇴사로서 계산하고 있다.

3) 타당투자액

(1) 하천

홍수조절

연평균재해경감액 75600만원

연경비 1600만원

$$\text{타당투자액} = \frac{756 - 16}{0.0464} = 15,991 \text{백만원}$$

하천의 정상적인 기능유지

타당투자액 4,023백만 원(대체건설비)

하천타당투자액 15,991 + 4,023 = 20,014백만 원

【해설】

하천의 정상적인 기능유지에 대해서 연간효용을 전부 수치적으로 산정하는 것은 대단히 어렵다. 그러나 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위해서는 필요한 용량을 확보하지 않으면, 그 밖에 대체시설도 없기 때문에 대체건설비를 가지고 타당투자액으로 한다.

(2) 도시용수

대체시설로서 상수도용수와 공업용수를 합한 댐을 고려한다.

필요용량 58,575(상수도용수) + 7,425(공업용수) + 10,000(퇴사) = 76,000천 m³

건설비 12,000백만 원

상수도타당투자액

$$12,000 \times \frac{1}{3} + \left\{ \frac{14.2}{16} (\text{수량비}) + \frac{58.575}{66,000} (\text{저류량비}) + \frac{11.300}{13,800} (\text{시설물건설비의 비율}) \right\} = 10,380 \text{백만원}$$

공업용수타당투자액

$$12,000 \times \frac{1}{3} + \left\{ \frac{1.8}{16} (\text{수량비}) + \frac{7.425}{66,000} (\text{저류량비}) + \frac{2.500}{13,800} (\text{시설물건설비의 비율}) \right\} = 1,620 \text{백만원}$$

【해설】

상수도용수와 공업용수를 동시에 개발하는 경우에는 양자를 하나의 대체시설을 갖는 타당투자액 산출의 기초로 할 수 있다. 이 경우에 상수도용수와 공업용수간의 배분은 사용수량비, 저류량비 및 대체건설비의 비율의 평균비율로 한다.

(3) 발전

연효용 5,000kW(유효출력)×32.864원/kW + 22,500MWh(유효전력량)×12.20원/kWh=438,820천 원

연경비 48,700천원

$$\text{타당투자액} = \frac{438,820 - 48,700}{0.0838(1 + 0.4 \times 0.07 \times 3)} = 4,295 \text{만 원}$$

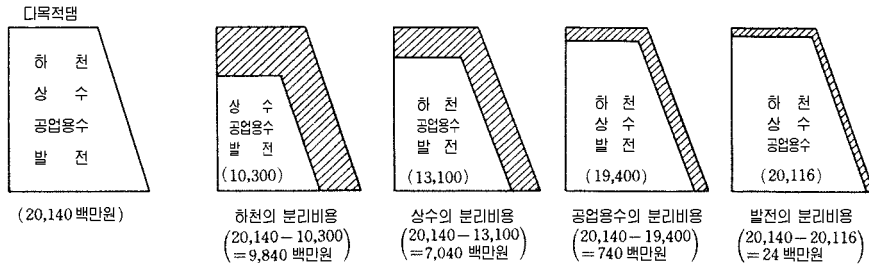
【해설】

발전의 가치로서는 법령에 정해지고 있는 바와 같이 유효출력과 유효전력량을 계산하여 kW 및 kWh가치를 곱한 것을 가한 것이 연간효용으로 된다.

연간경비는 인건비, 수선비, 수리사용료, 사업세 등을 계상하여 계산한 것이다. 또한 이 발전소의

경우에는 자본환원계수 및 이자율은 공영의 것(보조 없음)을 쓰고 있다. 분모의 0.4는 정수(定數)이고 건설기간에 있어서 투자자금의 중심을 보이며 3을 곱한 것은 발전시설을 건설하는 데 소요되는 기간을 나타내고 있다. 또 실제 계산에서 발전의 kW단가 및 kWh단가는 항상 그 시점에서의 「협정사항」으로 규정되어 있는 수치를 사용하는 것에 주의해야 한다.

4) 분리비용(<참고도-2.2.9>)



<참고도-2.2.9> 다목적 댐의 분리비용 산정도

(1) 하천(홍수조절 + 하천유지용수)

다목적용량 130,000(공동 댐) - 35,000(홍수조절분리) - 38,250(하천유지용수) = 56,750천 m³
 건설비 10,300백만 원
 분리비용 20,140 - 10,300 = 9,840백만 원

(2) 상수도

다목적용량 130,000 - 41,490(상수도분리) = 88,510천m³
 건설비 13,100백만 원
 분리비용 20,140 - 13,100 = 7,040백만 원

(3) 공업용수도

다목적용량 130,000 - 5,260(공업용수분리) = 124,740천m³
 건설비 19,400백만 원
 분리비용 20,140 - 19,400 = 740백만 원

【해설】

하천, 상수도용수 공업용수의 분리용량은 이 경우 홍수기에 있어서 최대규모가 결정됨으로써 각 부문마다 그 분리용량을 산정하고 있다.

(4) 발전

최대사용수량 10.0 m³/s
 상시사용수량 2.35 m³/s
 발전필요용량 (10.0 - 2.35) × 6 hr × 60 × 60 = 170천m³
 분리비용 24백만 원

【해설】

발전은 단독 조정용량을 갖지 않는 경우에는 일 조정용량으로서 6시간분의 최대와 상시의 사용수량차를 분리용량으로 한다.

5) 비용분담(<참고표-2.2.4>)

<참고표-2.2.4> 비용분담표(단위 백만원)

	구 분	하 천	상 수 도	공업 용수	발 전	계
a	대체건설비	12,600	11,300	2,500	-	
b	타당투자액	20,014	10,380	1,620	4,295	
c	a,b 중에서 작은 것	12,600	10,380	1,620	4,295	
d	전담비용	0	0	0	3,911	
e	c-d	12,600	10,380	1,620	384	24,984
f	분리비용	9,840	7,040	740	24	17,644
g	잔여편익	2,760	3,340	880	360	7,340
h	동상(%)	37.6	45.5	12.0	4.9	100.0
I	잔여공동비 배분	938	1,136	300	122	2,496
j	부담액(f+i)	10,778	8,176	1,040	146	20,140
k	건설비부담률	53.5	40.6	5.2	0.7	100.0

6. 참가하는 사업자 간의 긴급도에 현저한 차이가 있는 경우의 비용부담에 관해서

상수도사업 또는 공업용 수도사업 등이 다른 사업과의 관련으로 상당히 먼저 장래의 수원을 확보하고 싶은 등의 이유로부터 해당 다목적 댐에 참가하는 경우, 댐의 준공과 수도사업자 등의 급수개시와의 사이에 분명한 시점의 차이가 있으므로 긴급도의 차가 특히 현저하다고 인정되는 경우와 다른 것과 분리비용잔여편익지출법(分離費用殘餘便益支出法)을 기준으로 하는 것이 현저하게 부적당하다고 인정되는 경우에는 는 우선지출법 기타 관계행정 기관의 장과 협의하여 정하는 방법을 기준으로 그 부담비율을 산정할 수 있다.

[참고-2] 하구둑, 호소수위조정시설, 공공수로 등의 비용부담에 관해서

다목적댐 이외의 비용부담비율(cost allocation)에 대해서는 일반적으로 다음과 같다.

1. 하구둑, 호소수위조정시설에 대해서는 댐의 경우에 준하며 분리비용잔여편익지출법에 의한다.
2. 공동수로에 대해서는 분리비용잔여편익지출법, 대체건설비비율, 최대통수량비율, 연간통수량비율 또는 최대통수량비와 연간통수량비의 2자평균 등 여러 가지 방식이 채용되고 있다.
3. 유황조정하천에 대해서는 원칙으로 대체건설비의 비율에 의하는 것으로 되고 있다.

