

제2편
한국의 댐

한국의 댐 설계사



최병규
(주)삼안 수력사업본부장

1. 서 언

물은 모든 생명의 원천으로 인류문명은 수자원의 적절하고도 효율적인 개발과 이용에 직접적인 연관을 갖고 개발되고 발전되어 왔다. 수자원은 대체가 불가능한 유일한 자원으로 양과 질에서 시간적 또는 공간적 분포에 한정을 받고 있으므로 자연 상태에서 시기적 또는 위치에 따라 필요로 하는 수량을 항상 확보할 수는 없다.

우리나라는 다행히 타 부존자원에 비해 수자원이 비교적 풍부하여 예로부터 물은 필요에 따라 언제든지 손쉽게 얻을 수 있는 자연재로 여겨왔으나 근래에 와서 경제성장과 산업구조의 변천에 따라 각종 용수수요가 급증함에 따라 물이 경제자원으로서의 중요한 부분을 차지하게 되었다. 우리가 이용하는 물은 대부분이 지표수인 하천수로서 지나치게 많으면 홍수가 나고, 적을 경우에

는 가뭄을 겪게 되며, 하천에 물이 항상 풍부하고 일정하게 흐른다면 홍수가 날 염려도 없고 취수용 보나 수로만으로도 필요한 물을 얻을 수 있지만 우리나라에서는 이러한 수자원의 시간·공간적인 불균형이 특히 심하여 예로부터 홍수와 가뭄이 연중행사처럼 되풀이 되고 있다.

우리나라에서 수자원개발을 전제로 하여 본격적으로 하천조사가 시작된 것은 1910년대 초반 일제 강점기로 지금까지 약 100여 년간 수자원에 대한 조사 및 개발 사업은 끊임없이 계속되어 왔으며, 수자원개발사업 변천의 특징을 살펴보면 1940년까지는 하천에 대한 조사를 실시하면서 이 성과를 토대로 하천개수 계획을 수립하였으며 이를 기초로 치수 위주의 하천개수사업이 수행되었다.

이후 1965년까지는 생·공용수, 관개용수 공급 및 수력발전 등 이수측면의 수요가 증대되어 하천을 부분적으로 산업개발에 활용하게 되었으며 치수 위주에다 이수 목적을 혼입한 단일목적으로 수자원개발 사업이 수행되었다.

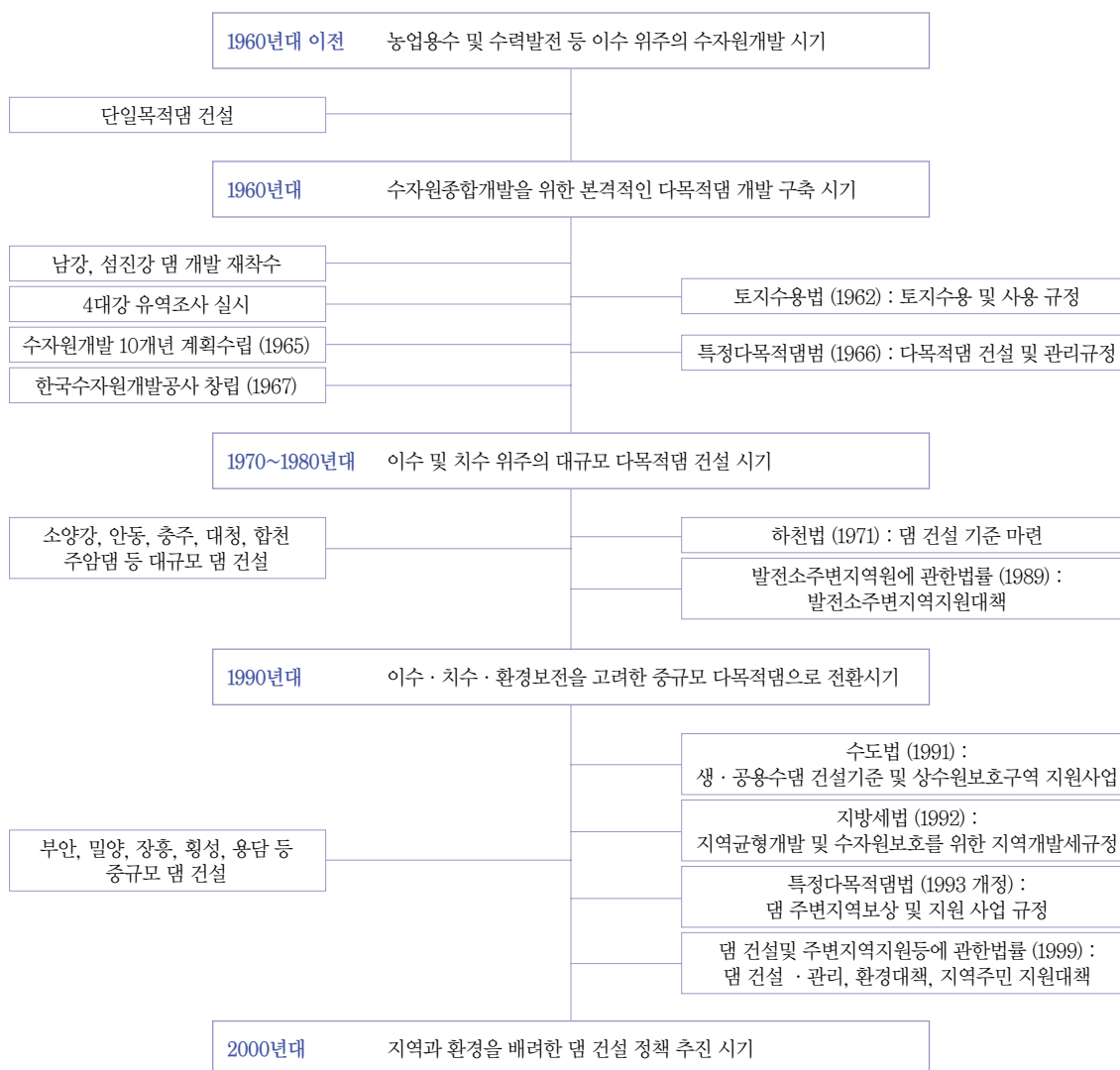
1980년까지는 치·이수의 균형개발을 도모코자 유역개발의 기법이 도입된 시기로 유역 수자원종합개발의 핵심인 다목적댐 건설에 의해 치수와 이수를 동시에 해결하는 방향으로 한강, 낙동강, 금강, 영산강(섬진강) 등 4대강에 대하여 유역단

위의 유역종합개발계획을 수립하고 종합적, 다목적적인 안목에서 수자원개발 정책을 수행하여 대규모의 다목적댐 건설을 위시한 치수와 이수사업에 큰 성과를 거두었다.

그러나 1981년부터는 유역단위의 유역종합개발 개념이 희석되면서 다시 개별사업 계획에 따라

수자원개발을 추진해 왔으나 투자정도가 이수 및 치수 수요의 성장속도에 미치지 못해 물 문제가 점차 누적되었으며, 이 기간에는 80년대 이전 계획에서 추진한 다목적댐의 완공과 다목적댐을 수원으로 한 광역 상수도사업의 추진이 주요 성과라 할 수 있다.

댐 관련 정책 변천 과정



한편 1990년대 들어와서는 용수수요의 대량화로 시간적, 공간적으로 물의 수요와 공급의 불균형을 가중시키고 도시지역에서의 생활하수, 공장에서의 공장폐수, 농촌지역에서의 축산폐수가 제대로 처리되지 못하고 하천 및 호소로 배출됨에 따라 우리나라의 하천 및 호소는 점점 더 오염이 심해지는 추세로 이러한 하천수질의 악화는 하천의 이용을 제한시키는 결과를 초래하여 근본적으로 물이용량의 증가를 가속화 시켰다. 또한 1995년부터 지방자치제의 실시에 따라 지역 간 수량과 수질에 대한 분쟁이 여러 곳에서 발생하였으며, 기상이변으로 극심한 홍수와 이상 가뭄현상이 발생하고 있으며 이러한 이상 자연현상은 앞으로도 지속적으로 발생할 것으로 예상되었다.

2000년대의 수자원개발 방향은 지역과 환경을 배려하여 댐 정책 결정과정에서의 지역의견 수렴과 댐 건설 및 주변지역의 지원 확대는 물론 환경적으로 건전하고 지속 가능한 댐 건설 정착시기로서 수요관리 등 물 이용의 효율성과 연계된 댐 건설 정책으로 전환하고 기술적, 경제적 타당성 측면에서의 의사결정체계에서 사회·환경적 타

당성의 의사결정체계로의 전환을 도모하였다.

2. 댐 개발현황

우리나라는 1960년대 이전에는 이수 위주의 수자원개발로서 농업용수의 확보와 수력발전을 위주로 하는 단일 목적댐을 건설하여 왔으나, 1962년에 시작된 제1차 경제개발 5개년 계획의 추진과 더불어 다목적댐 개발이 시작되었으며 1967년 다목적댐 건설 사업을 집행하고 관리할 『한국수자원개발공사』를 창립하게 된 때부터 본격적으로 추진되었다.

1960년대는 수자원종합개발을 위한 유역조사 활발기였으며, 이 조사가 다목적댐 건설을 선도하였다. 1960년대 초에는 건설중 중단된 「섬진강다목적댐」과 「남강다목적댐」을 재 착공하여 정부가 우선 개발하고, 1960년대 후반부터 다목적댐 개발계획은 유역의 종합개발 수단으로 인식하여 유역조사 결과를 토대로 개발 댐을 선정 건설하여 왔다. 북한강 수계의 이수 및 치수사업을 위한 최초의 다목적댐인 「소양강다목적댐」 건설에 착수

목적별 대담 건설 현황

구 분	다목적댐	생·공용수댐	발전용댐	관개용댐	홍수용댐	계
계	19	63	21	1,114	1	1,216
1910~1940	—	4	1	31	—	36
1941~1945	—	3	2	94	—	99
1946~1955	—	—	—	52	—	52
1956~1965	1	5	2	222	—	230
1966~1975	1	13	2	181	—	197
1976~1985	2	13	4	247	—	266
1986~1995	5	20	4	187	1	217
1996 이후	10	5	6	100	—	111

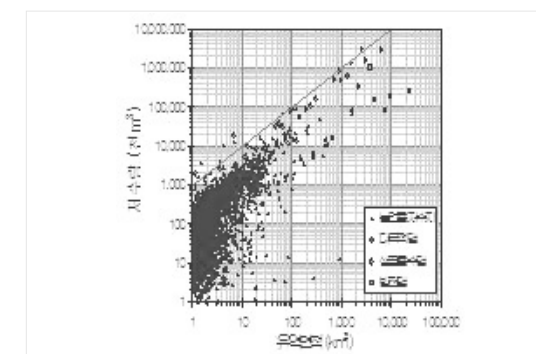
하였으며, 1973년 준공함으로써 한강의 기적을 가져오는 원동력이 되었다.

1970~1980년대의 수자원개발은 주로 이수 및 치수위주의 대규모 다목적댐을 건설한다는 정부의 계획에 의해 생활·공업·농업용수의 공급 및 홍수조절과 수력발전을 목적으로 낙동강 유역에 「안동다목적댐」, 금강유역에 「대청다목적댐」, 남한강 유역에 「충주다목적댐」을 건설하였다. 이어서 낙동강유역의 황강상류에 「합천다목적댐」을 건설함과 동시에 낙동강 하류에 염해방지 및 용수공급을 위한 「낙동강하구둑」을 건설하였으며, 섬진강지류 보성강에 「주암다목적댐」등을 지속적으로 건설해 왔다.

1990년대에는 이수·치수·환경보전 및 중규모 댐으로 전환 개발한다는 계획에 따라 직소천 유역에 「부안다목적댐」, 낙동강의 밀양강 지류 단장천에 「밀양다목적댐」, 금강 본류에 「용담다목적댐」, 낙동강 중·상류 및 형산강 유역의 생·공용수 공급과 금호강 수질개선을 위한 하천 유

지용수공급의 수자원관리 차원에서 「영천댐도수로」건설사업, 남한강지류인 섬강에 「횡성다목적댐」, 용천천에 「보령다목적댐」, 탐진강에 「장흥다목적댐」, 낙동강 수계에 「군위다목적댐」등이 건설되었다.

현재 건설중인 다목적댐은 낙동강수계의 「부항다목적댐」, 「영주다목적댐」, 「보현산다목적댐」등이 있으며, 홍수조절 전용댐으로는 「평화의 댐」과 「군남홍수조절댐」이 준공되었고 한탄강에 「한탄강댐」, 영산강에 「화순홍수조절지」, 「담양홍수조절지」등을 건설중에 있다.



댐 및 저수지 현황

우리나라의 수자원개발 추진 경위

구 분	계획기간	수립년도	계획기조
수자원개발 10개년계획(1차)	1970~1980	1965	다목적댐 개발
수자원장기종합개발계획(2차)	1981~2001	1980	댐 개발 및 치수사업
수자원장기종합계획(3차)	1991~2011	1990	수자원개발 및 관리
수자원장기종합계획(3차 - 1차수정)	1997~2011	1996	환경 친화적 수자원개발 및 관리
수자원장기종합계획(4차)	2001~2020	2001	건전한 물 활용과 안전하고 친근한 물 환경 조성
수자원장기종합계획(4차 - 1차 수정)	2006~2020	2006	사람과 자연이 바라는 지속가능한 물 관리

다목적댐 개발현황

구분	수계명	댐명	제원		총저수량 (백만㎥)	유효저수량 (백만㎥)	발전시설용량 (천kW)	사업효과		공사기간
			높이 (m)	길이 (m)				홍수조절용량 (백만㎥)	년간용수공급 (백만㎥)	
기존 다목적 댐	한강	소양강	123	530	2,900	1,900	200	500	1,213	'67~'73
	한강	충주	97.5	447	2,750	1,789	412	616	3,380	'78~'86
	한강	횡성	48.5	205	86.9	73.4	1.4	9.5	119.5	'90~'02
	낙동강	안동	83	612	1,248	1,000	91.5	110	926	'71~'77
	낙동강	임하	73	515	595	424	51.06	80	591.6	'84~'93
	낙동강	합천	96	472	700	560	101.2	80	599	'82~'89
	낙동강	남강	34	1,126	309.2	299.7	14	269.8	573.3	'87~'03
	낙동강	밀양	89	535	73.6	69.8	1.3	6	73	'90~'02
	낙동강	화북	45	330	48.7	40.1	0.4	3.1	38.3	'00~'10
	금강	대청	72	495	1,490	790	90	250	1,649	'75~'81
	금강	용담	70	498	815	672	24.4	137	650.4	'90~'05
	섬진강	섬진강	64	344.2	466	370	34.8	32	350	'61~'65
	섬진강	주암(보)	58	330	457	352	1.44	60	270.1	'84~'92
		주암(조)	99.9	562.6	250	210	22.5	20	218.7	'84~'96
	직소천	부안	50	282	41.5	35.6	0.2	9.3	35.1	'90~'06
	웅천천	보령	50	291	116.9	108.7	0.7	10	106.6	'90~'00
	탐진강	장흥	53	403	191	171	0.8	8	127.8	'96~'07
건설 중 댐	낙동강	하구둑	18.7	2,230	-	-	-	-	750	'83~'90
	낙동강	성덕	58.5	274	27.9	21.9	0.2	4.2	20.6	'02~'10
	낙동강	부항	64	472	54.3	42.6	0.6	12.3	36.3	'02~'11
	낙동강	영주	55.5	400	180.1	160.4	5	75	203.3	'09~'14
	낙동강	보현산	58.5	250	22.1	17.8	0.17	3.5	14.8	'10~'14

3. 댐 설계사

우리나라의 댐 설계는 대부분 일제 강점기를 거쳐 우리가 댐을 직접 건설하기 시작한 1960년대 초반까지는 대부분 선진 외국 기술자들에 의해서 이루어 졌으며, 1960년대 후반부터 정부에서 선진 기술력이라고 여겨졌던 댐 설계기술에 대하여 설계 및 시공기술의 기술자 양성에 뜻을 두어 국내 기술진이 전수받을 수 있도록 방침을 수립함으로써 외국 용역사의 협력업체로 국내 기술 인

력이 참여하게 되었으며, 점차 국내 기술력이 향상됨으로써 지금은 대부분의 설계를 국내 용역사가 주도적으로 실시하게 되었다.

최근에는 신기술·신공법에 관한 기술자문을 위한 외국 기술자의 참여가 부분적으로 수행되고 있는 실정이다.

다목적댐 사업은 국토해양부(건설교통부)에서 기획하였으며 조사, 설계는 건설부에서 주관하다가 수공으로 업무가 이관된 유역조사단 또는

수공이 직접 수행한 사업도 있으나 주로 외주 용역으로 수행하였고 수공은 그 감독업무를 맡았으나, 국내 기술력이 향상되면서 점차 국내용역사가 주도적으로 설계를 수행하였다. 시공감리는 주요 시공도면을 세부설계를 담당했던 용역사가 제공하는 체제로 운영하되 시공감독은 수공 자체적으로 시행한 것이 대부분이었으며 최근에는 전면책임감리를 수공의 인력으로 담당하고 있다.

농업용댐 사업은 도상검토와 현지답사를 통해 대상지점을 선정하고 기본조사는 개발 대상지의 적정한 개발순위를 합리적으로 판단할 수 있게 하여 효율적인 실시설계에 대비하는 정도로 사업비의 적정한 판단과 경제성 등을 고려한다. 세부설계는 기본조사의 결과를 검토하여 합리적인 사업계획을 수립하고 현행여건에 부합되는 적정한 기술수준, 공법개선, 유지관리 등을 고려한 경제적이고 합리적인 설계로서 농어촌공사의 자체 인력으로 조사, 설계 및 감리업무를 수행하였으나 최근에 일부 사업의 설계에 대하여 국내 용역사가 수행하고 있는 실정이다.

발전용댐 사업은 전원개발 사업자에 의해서 지점 예비/세부조사, 타당성조사를 거쳐 건설기본계획이 확정되면 세부추진계획을 수립하여 설계·시공을 병행하는 Fast-Track으로 설계기술용역을 시행하며 설계와 시공감리를 국내용역사가 수행하며 필요시 외국기술자의 기술업무 지원을 받으며, 감리와 감독업무는 발전사업자가 자체 인력으로 수행한다.

댐건설 사업은 대부분 예비타당성조사, 타당성조사, 기본계획, 기본설계, 실시설계를 거쳐 건설의 단계로 추진되었으며, 댐 지점과 개략적인 개발계획이 수립되어 댐이 준공될 때까지는 최소한 10년 이상이 소요되는 장기사업으로 국가의 중요 기간시설이다.

대표적 댐 건설 사업을 중심으로 각 사업별로 조사, 설계 및 시공감리를 통하여 사업의 배경 또는 추진과정, 규모, 기술적·공학적 의의와 특징 등을 중심으로 하여 간략히 기술코자 한다.

3.1 섬진강다목적댐

전라북도 임실군 강진면 옥정리에 높이 40m의 댐을 건설하고 임실군 운암면 운정리에 취수구를 설치함과 아울러 2,716.54m의 도수로를 건설한 이 사업은 1925년 11월에 착공하여 1929년에 완공하였으며 이로 인하여 동진강 유역의 농지중 22,100정보의 농지가 관개용수를 이용하게 되었고 유로 변경의 낙차를 이용하여 5,000kW의 발전도 하게 되었으므로 국내 최초로 시도된 다목적 댐 개발 사업이라고 할 수 있다.

그 후 1940년 4월 남선전력회사는 전력자원이 빈약한 남한지방에 있어서 수력자원을 개발하여 산업 및 중요 지하자원 개발을 위한 동력원으로 이용하고 발전방류수를 동진강 및 만경강 평야에 공급하여 관개를 개선할 목적으로 기존 댐 하류 2km지점에 새로운 댐 건설공사를 착수하였으며 1940년, 1948, 1961년 등 3차례에 걸쳐 착공과 중단을 되풀이하여 1965년 12월에 준공하였다. 섬진강댐은 10여 년간이나 방치되었던 기설 콘크

리트 위에 새로 콘크리트를 덮어 씌워서 완성시키는 것으로, 신규 콘크리트의 일체화를 도모하는 노력이 경주되었다. 신규 콘크리트의 탄성계수 차이를 극복하기 위하여 응력해석법 검토, 접합면의 열응력에 대한 대책검토, 접합면 일체화를 위한 콘택트그라우트 시공 및 각종 계기의 매설 등이다.

3.2 남강다목적댐 및 보강

남강의 홍수를 사천만으로 방류하여 낙동강 본류와 남강의 합류점인 남지에서의 홍수위를 0.7m 저하시키기 위하여 계획되었으며, 남강 방수로의 미완성으로 개수공사가 완료된 직후인 1934년과 1936년의 홍수로 인하여 기성제방이 파괴되어 인명과 재산에 막대한 피해를 입게 되었다.

남강 방수로계획은 이와 같은 홍수피해에 따라 적극 추진케 되어 1939년 공사를 착수하여 1944년 중단되었으며 1949년 국제연합민사처(ECA)의 지원 사업으로 재 착공하여 댐의 콘크리트 기초심벽 200m를 준공하였으나 6.25동란으로 인하여 중단되었다. 이후, 치수와 이수 목적에 다 같이 기여할 수 있는 다목적댐 사업으로의 개발이 보다 효율적이라는 판단 아래 남강 다목적댐 기본계획을 확정하고 댐 공사를 재착공하여 1970년에 사업을 완료하였다.

남강댐 건설로 대부분의 홍수는 방수로를 통하여 직접 사천만으로 방류함으로써 남강 연안의 상습적인 홍수피해를 경감하게 되었고, 진주시, 삼천포시 및 충무시 등 경남 서부일원에 충분한 생공

용수와 관개용수를 적기에 공급할 수 있게 되었으며, 무공해 수력에너지를 생산하는 등 경남 서부권 경제발전의 원동력이 되어왔다.

그 후 20여년이 지나 토지이용의 증가와 인구의 도시집중화 등에 따라 각종 용수수요가 증가하였고 홍수는 빈발하여 기존 댐의 안전면에서도 기능 증대의 필요성이 대두되었다.

기존 댐의 홍수조절용량은 남강본류로 2,000m³/s, 사천만으로 5,460m³/s를 방류하며 저수지에 총 190백만m³를 저류하도록 계획되어 있으나, 남강본류 진주시 지역의 홍수피해를 막기 위해서는 800m³/s 방류를 초과할 수 없으며, 사천만 지역 또한 방류수로 인한 사천만내의 수위상승으로 연안 농경지의 침수 피해발생이 잦아 방류량의 축소가 요구되었다.

한편 홍수조절용량은 유입농경지에 비해 아주 적어 댐의 안전을 위하여 수위를 만수위 이하로 유지하지 않을 수 없어 진주시와 삼천포시의 생공용수로 계획된 210천m³/일 용수공급능력이 부족하게 되고, 신규용수 수요의 증가로 공급능력의 한계에 도달하여 하천유지용수는 전혀 고려하지 못하고 있는 실정이어서 1987년부터 기존댐 하류에 남강댐 보강공사를 착수하여 1999년에 저수용량 309백만m³의 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐을 건설하였으며, 차수공법으로 하상부 8~9m심도의 사력층에 우물통 공법에 의한 콘크리트 심벽을 설치한 점이 특이하다.

3.3 소양강다목적댐

정부의 시책에 따라 경제개발 5개년 계획의 수립과 함께 국토건설종합계획이 수립되었고 1966년 한강유역 합동조사반을 구성하여 당시까지 고려되어온 발전 단일 목적 개발을 치수와 이수를 겸한 다목적 개발방식으로 전환하였다. 1967년 4월 준비공사를 착공해 1968년 3월 제1호 가배수 터널공사를 기공함으로써 본격적인 공사에 착수한 이래 만 5년 반 만인, 1973년 10월 준공하였다.

소양강댐은 당초에는 콘크리트중력식으로 설계하였으나 당시 우리나라의 철근, 시멘트 등 건설자재의 생산 능력으로서는 그와 같은 대규모의 토목공사를 감당하기에는 역부족이었으며, 시공지점이 산간벽지인 관계로 막대한 수송비가 소요되어 댐 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 이용한 Rock Fill Dam으로 설계변경 하였다. 굴착장비, 운반 장비의 대형 기계화 시공에 의한 우리나라 근대 필댐의 상징이라고 할 수 있으며 설계, 시공, 현장시험 및 계기매설 등 댐기술 발전에 이바지 하였다.

3.4 충주다목적댐

한강 수계가 보유하고 있는 수자원을 고도로 개발하여 수도권을 비롯한 댐 하류 지역에 관개, 생활 및 공업용수를 공급하는 동시에 발전 및 홍수조절을 목적으로 하는 다목적댐 개발 사업으로 1966년 4월~1971년 12월까지 미개척국(USBR)과 건설부/산공이 공동으로 수행한 한강 유역조사결과 동 유역 개발사업의 일환으로 충주다목적댐 건설이 제안되었다.

1968년~1971년까지의 기본계획조사와 예비타당

성조사는 미국의 Bechtel, 1975년에 착수한 타당성조사는 미국의 Engineering Consultant Inc.(ECI), 1977년~1985년의 실시설계 및 시공감리 과업은 일본의 일본공영(NIPPON KOEI Co.)이 수행하였으며 국내 용역사와 각각 제휴하여 외국 업체 주도의 협력체제로 과업을 수행하였다.

특히 실시설계와 시공감리 업무는 당시 발주처에서 국내 설계 및 시공기술의 양성에 뜻을 두어 총 소요 인력의 1/3정도는 국내기술자로 충원되어야 한다는 발주방침에 따라 주계약자인 NK에서는 주요 간부요원만 참여하고 나머지 기술 인력은 전원 국내 기술 인력으로 충원되었으며 댐 설계 및 시공기술의 국산화를 위한 초석이 되었다.

충주댐은 수자원개발에 있어 가장 중요한 전략적 지점으로 유역면적 6,648km²의 수자원개발 잠재력(Potentiality)이 매우 큰 지점이나 저수지 내의 도시, 산업시설, 도로, 철도 등의 수몰 등과 관련 댐 높이에 제한을 받지 않을 수 없게 됨에 따라, 한강유역 합동조사단에서 검토된 대댐(High Dam) 건의안과 타당성 조사과정에서 검토된 대댐 건의안 등이 채택되지 못하고 사업 결정과정에서는 축소된 현재의 규모에 그치게 된 것이다.

그럼에도 불구하고 충주댐은 총저수량 27.5억m³, 홍수조절용량 5억m³, 용수공급량 9.26백만m³/일, 발전시설용량 41.2만kw(본댐 40만kw, 역조정지댐 1.2만kw), 댐 높이 97.5m, 댐 체적 90.2만m³ 콘크리트댐으로서는 국내 최대 규모의 댐이다.

발전소 시설용량 규모는 타당성 조사 결과 210MW(70MW×3)로 건의되었으나 나중에 270MW(90MW×3)로 조정되었다. 그러나 세계은행(IBRD)은 차관평가단의 기술검토를 통해 한국의 경제성장 전망에 비추어 대용량의 침투 수력발전설비가 필요할 것이며 설비이용율(Plant factor)은 10%선까지 낮출 수 있다는 관점에서 270MW대신 400MW(100MW×4)가 보다 바람직한 결정이 될 것이라고 건의하여 결국 400MW로 결정되기에 이르렀다.

한편 ECI와의 타당성 조사과정에서 발견된 댐 지점 우안의 활동성(滑動性) 파쇄대에 대한 대책은 실시설계 과정에서 댐 건설후의 활동 또는 붕락(Land Slide) 가능성을 배제하기 위해 완전히 굴착 제거하는 방안으로 결정됨에 따라 시공 중에 약 300만m³의 토사를 굴착 제거한 것도 특기할 만한 사항이 아닐 수 없다.

세계은행(IBRD)과 일본 해외경제협력기금(OECF)의 공동차관자금을 포함하여 총 5,550억 원의 사업비가 투입되었고 세계은행의 요청에 따라 댐 설계 자문 외에도 댐 계획 및 설계전문가, 콘크리트 전문가, 지질전문가들이 설계, 시공감리 기간 중 수시로 내한하여 설계, 시공문제에 관해 용역사의 설계 내용을 검토하고 발주처와 차관선의 기술적 자문에 응한 것도 특기할 만한 사항이다.

콘크리트댐으로서 II종시멘트의 사용, 자동계량 장치에 의한 콘크리트 제조, 파이프 쿨링 등 선진

화된 기술로 우리나라 매스 콘크리트댐 건설기술의 신기원을 이룩하였다. 품질관리, 공사비절감, 공기단축을 위하여 II종(중용열) 시멘트를 150mm 골재에 사용하여 수화열저감과 Crack 방지에 기여함은 물론이려니와 단위 시멘트 량이 140kg/m³ 정도로서 대청댐의 1종시멘트 댐콘크리트보다 약 20%나 절약되었으니 공사비 절감과 국내의 콘크리트 공학 발전에도 크게 기여했다.

3.5 합천다목적댐

1966년 11월부터 1972년 3월까지 UNDP와 FAO 합동조사단이 실시한 낙동강 유역조사에서 합천다목적댐 건설을 낙동강 유역 개발사업의 일환으로 추진할 것을 정부에 건의함으로써 1973년 10월부터 동년 12월까지 합천다목적댐 기본계획을 수립하였으며 1974년 6월 타당성조사를 서둘렀다.

그러나 이 사업은 낙동강 하구둑 건설사업과의 병행이라는 현실적인 문제로 차관교섭과 정부의 재정형편상 개발사업의 착수는 지연되고 있었다. 이에 따라 1974년 10월부터 1977년 12월까지 실시한 하구둑 타당성 조사결과 합천댐 건설을 하구둑과 병행해서 실시함이 바람직하나. 정부재정 형편에 따라 하구둑과 별도로 1983년 12월에 본 공사를 착공하여 1989년 5월 준공되었다.

1982년 7월에 발주한 합천다목적댐 실시설계 작업은 종전까지의 외국회사 주도하의 설계를 지양하고 국내 회사가 주계약자가 되어 댐 설계를 수행토록 하는 방침의 변경에 따라 정부에서 첫 번째로 발주한 다목적댐 사업이다.

댐 설계는 국내 용역사(삼안) 주도하에 시행하되 외국 용역사의 지원이 필요한 부분에는 최소한의 지원을 받는 체제로 수행되었으며 외국 용역사로서 일본공영이 총 25인/월(man/month)의 인력 지원을 하게 되었다. 그러나 설계후에 시행된 시공감리업무는 일본의 OECF 차관에 의해 수행됨에 따라 차관공여 조건에 의해 차관제공국의 엔지니어인 일본공영(NK)을 주계약자로 하는 NK-삼안의 공동계약(Joint Venture)체제로 바뀌게 되었다.

댐 형식은 콘크리트 중력식으로 결정되었으며 콘크리트 타설 장비로는 우안부의 암반심도가 깊어 Cable Crane에 의한 콘크리트 타설은 부적절한 것으로 판명되어 Jeep Crane에 의한 타설을 검토, 결정하게 된 것도 특기할 만한 사항이었다. 댐 저수용량 7.9억m³, 10만KW의 발전시설용량은 황강연안 및 하류지역의 용수난 해결과 홍수 피해 경감에 기여하고 수력 에너지 생산에 이바지하는 우리나라 수자원개발을 위한 또 하나의 이정표적 사업이 아닐 수 없었다.

3.6 주암다목적댐

정부에서는 1977년부터 1979년까지 댐 개발예정지점조사를 실시한바 주암댐 지점을 개발적지로 선정, 1979년 9월부터 1980년 12월까지의 타당성조사를 거쳐 1984년 기본계획을 수립하였다. 주암댐 실시설계는 합천댐의 경우와 마찬가지로 국내회사가 주계약자가 되고 필요부분에 대해선 주계약자 책임 하에 외국 기술지원을 받도록 하는 체제로 발주됨에 따라 주계약자로 선정된 삼

안은 일본공영(NK) 인력 약 20M/M를 참여케 하였다. 그러나 시공감리 계약에 있어서는 합천댐의 경우와 똑같은 사유에 의해 차관공여국의 용역사인 NK의 참여를 요구함으로써 삼안 주도하의 삼안 - NK 공동계약(Joint Venture) 체제로 계약형식이 바뀌게 되었으며 이로써 다목적댐 설계와 시공기술을 국산화하는데 성공하였으며 이는 한국 건설사에 길이 남을 것이다.

주암댐은 설계초기에는 본댐에 발전소를 설치하는 안으로 계획하였으나 그렇게 될 경우 광주지역 용수수요의 점차적 증가에 따라 발전용수는 결국 고갈될 것이라는 사유로 차관 선에서 발전소의 본댐 설치안에 이의를 제기함에 따라 인근 유역인 이사천에 조절지댐을 건설하여, 발전소를 조절지 댐에 설치하고 본댐과 조절지댐은 도수터널에 의해 연결, 두 저수지를 연계 운영함으로써 광주, 광양지역의 용수문제와 발전용수 확보문제를 동시에 해결하는 계획안으로 수정되었다. 이로 인해 도수터널과 조절지댐이 추가되어 실시설계용역 2차 과업을 수주하게 됨으로써 사업규모가 방대해진 것도 특기할 만한 사항이다. 이와 같이 주암다목적댐 사업은 본댐과 조절지댐으로 구성되며 각 댐의 총저수용량은 본댐 4.57억m³, 조절지댐 2.5억m³, 합계 7.07억m³이며 연간 용수공급량은 본댐 2.69억m³, 조절지댐 2.19억m³, 합계 488억m³에 이른다.

본댐 및 조절지댐 모두 심벽형 사력댐으로서 높이는 각각 57m 및 100m이며 체적은 각각 1.6백만m³ 및 3.55백만m³이다. 두 저수지를 연결하는 도

공사착공에 따른 시공감리 용역도 충남도에서 발주하게 되었다. 그러나 의문시되었던 전문성 문제가 대두되어 댐 건설 업무는 결국 댐 건설 전문 기관인 한국수자원공사에 다시 이관되게 되었으며 그에 따라 댐 시공감리용역 3차 이후부터는 한국수자원공사 주관 하에 진행하게 되었다.

댐 건설중 한 가지 문제는 댐 좌안 여수로 상부의 지질 상태였다. 타당성 조사 기간 중에도 좌안의 지질 상태가 사암질 파쇄대가 지층에 존재하는 것으로 추정되었으나 제한된 시추조사만으로 명확한 규명이 어려워 실제의 굴착 시공 시까지 그 규명을 보류한 바 있었다. 실제 안부(Abutment)의 굴착 시공과정에서 사암파쇄대는 일종의 쐼기(Wedge)형태로 크게 분포되어 있었고, 취약지질과 함께 굴착에 따른 응력완원상(Stress Relief) 때문에 굴착사면의 안정에 심대한 문제가 생겼다.

발주처는 처음부터 불안요소를 제거하기 위해 충주댐 우안의 사면처럼 취약지층의 굴착제거를 주장하였으나 용역사는 굴착에 따른 방대한 공사비 증가를 염려하여 굴착에 대한 대안강구에 부심한 끝에 일본공영(N.K)의 자문을 받아 쐼기층의 안전, 보강방안을 건의하게 되었다. 또한 발주처에서는 세계은행의 자문역(IBRD Panel)으로 충주댐에 참여하였던 지질전문가 Mr. Dodd를 수차 초빙, 그의 건의안도 검토하였으나 결국은 처음 주장했던 대로 굴착 제거 안을 관철하게 되었다.

보령다목적댐은 총저수용량 1.16억^{m³}, 댐 높이

50m의 중앙심벽형 사력댐으로 중규모이며 용수 공급능력은 292,000^{m³}/일(=3.38^{m³}/s)에 지나지 않는다.

보령댐의 용수 수요지는 댐과의 거리가 멀고 또 댐 방류 후 하천과의 거리가 멀어, 댐 방류수를 취수하여 용수 수요지에 송수하기 위해선 취수 펌프장외에 중간 가압 펌프장 건설이 불가피하고 댐 저수지에서 직접 취수하여 송수하는 것이 보다 경제적이기 때문에 수력발전소 건설안은 채택되지 못하고 하천유지용수를 이용한 120kw의 소수력 시설을 갖추게 되었다.

3.10 부안다목적댐 및 횡성다목적댐

정부가 지금까지 추진해온 수자원개발 정책은 주로 대하천의 본류에 대규모의 다목적댐을 건설함으로써 중소규모지역에 위치하는 많은 지역사회는 혜택을 받지 못하는 실정이어서 유역면적 50~100^{km²}, 총저수량 2~110백만^{m³} 규모의 중규모 다목적댐건설을 계획하여 1985년 12월부터 1986년 9월까지 전국에 걸친 15개 중규모 다목적댐 개발 후보지점에 대한 예비타당성조사를 시행하였고 1987년 12월부터 약 1년간 부안댐 타당성조사를 실시하였다.

1990년 2월 수자원공사와 건설부는 부안다목적댐 건설을 위한 실시설계 대행역무계약을 체결하여 국내 용역사가 아닌 수자원공사에서 최초로 자체 기술진으로 현지조사 및 설계를 직접 시행하였고, 지질 및 재료원조사, 환경영향평가 등은 외주하여 1990년 12월까지 실시한 바 있으며,

1996년에 본 사업을 완료하였다.

남한강 지류 섬강에 횡성다목적댐 건설의 타당성이 인정되어 1987년 12월부터 1988년 10월까지 보다 정밀한 타당성 조사를 실시하였고 1990년 1월부터 동년 10월까지 수자원공사 설계처에서 직접 기본계획 및 실시설계를 완료하여 본 사업을 실시하였다.

3.11 용담다목적댐

정부에서는 전주권을 포함한 서해안지역의 안정적인 용수공급과 수자원 부존량 및 공급능력, 유역간의 물 분배계획 및 개발방안 등을 다각적으로 타당성이 입증됨에 따라 용담다목적댐 건설을 추진하게 되었다.

1987년 11월~1988년 12월에 건설부가 실시한 전주권 2단계 지역개발사업 예비타당성 조사에서 정부가 추진하고 있는 전주권을 포함한 서해안개발을 지원하기 위한 용수공급을 위해서는 풍부한 수자원을 보유하고 있는 금강 상류 용담 수원의 개발이 불가피하다고 건의하였다.

건설부는 이어 1988년 8월부터 1년에 걸쳐 전주권 2단계 지역개발사업 타당성 조사를 실시한 결과, 용담 수원을 개발하기 위해서는 다목적댐으로 건설되어야 하며 댐 건설에는 6년이 소요되는데 전주권의 물 문제는 그 이전에 발생할 수도 있기 때문에 본 사업의 조속한 추진이 필요한 것으로 판단되었다.

1989년 12월~1990년 8월, 전주권의 2021년도

용수공급, 홍수조절, 발전, 하천유지용수공급 사업의 타당성 조사와 1990년 11월~1991년 12월 본댐 및 발전소 및 부대시설 공사의 실시설계와 환경영향 평가를 수행하였다.

3.12 평화의 댐

평화의 댐 사업처럼 국민적 논란을 일으킨 사업은 일찍이 없었다. 댐 건설을 위해 600여억 원의 국민성금까지 투입된 사업이 1993년 2월 문민정부가 들어서면서 하루아침에 과거 군사정부가 정권안보를 위해 국민을 속여 건설한 사업으로 격하되어 오늘에 이르고 있으니 사업건설에 참여했던 사람들로서는 그 참담한 심경 가늠 길이 없을 뿐이다.

당시 정부에서는 북한이 북한강 상류지점에 대용량의 댐(속칭 금강산댐)을 건설중에 있으며 이 댐이 자연적 또는 인위적 원인에 의해 붕괴되거나 또는 군사 작전상 악용될 때에는 하류에 막대한 피해를 유발할 것이므로 그 안전장치로서 하류에 대응댐(또는 평화의 댐)을 건설하여 상류로부터의 피해를 방어해야 한다는 판단 아래 평화의 댐 건설을 추진하여 1989년 12월 마침내 그 1단계 댐의 준공을 보게 되었다.

댐은 기초지반의 취약, 댐체 침투수, 여수로 용량 부족 등 여러 가지 사유로 자연적 붕괴가 종종 발생하므로 상기 대응댐 건설의 필요성 중 인위적 원인에 의한 붕괴나 군사작전상의 악용에 의한 피해 등에 대한 필요성이 논란의 문제점이라 하겠다. 위와 같은 댐 건설에 대한 당시 정부의 방

침이 고도의 정치적 목적을 위한 것이었는지 아니면 격심한 군사적 대치 속의 지나친 군사적 피해 의식에서 결정된 것이었는지 역사의 시간이 흐르면서 그 진상이 차차 밝혀질 것이다.

댐 후보지점으로는 상류, 중류, 하류 등 3개 지점이 있었고 조사 결과 중류지점이 지형, 지질, 배수로의 위치조건, 축제재료, 진입여건, 공사비 등 종합적인 관점에서 가장 양호한 지점으로 판명되어 댐 지점으로 결정되었다.

1단계 사업이란 북한 금강산댐의 가물막이 댐의 붕괴에 대비한 댐을 말하고 2단계 사업이란 금강산댐의 본댐이 붕괴되었을 때에 대응한 댐을 말한다. 1단계의 규모는 북한의 가물막이 댐의 저수용량 4억³m³이 홍수시에 붕괴되었을 때에 대응하는 규모로서 그 규모는 저수용량 5.9억³m³, 댐 높이 80m이며 이 댐을 88올림픽 개최이전인 1988년 5월말까지 그 골격구조를 완성한다는 목표로 추진되었다. 2단계 댐 규모는 금강산댐 규모가 명확하지 않고 여러 가지 규모로 추정되기 때문에 여러 가지 경우의 추정규모별로 그에 대응하는 규모를 추정하였던 것이다.

1989년 4월~12월에 추진되었던 1단계 댐에 대한 기술용역은 건설된 1단계 댐의 사회적, 문화적 활용방안을 모색하기 위한 과업이었다. 1단계 댐에 있어서의 설계의 핵심 구상은 비록 금강산댐의 붕괴 위험 때문에 대응댐을 건설하지만 이로 인해 평상시와 홍수시에 북한 측에 수물문제를 제기치 않아야 한다는 점이었다. 그러기 위해선 대

응댐 수위를 낮출 수 있도록 배수터널을 설치하여 통상수위를 낮게 유지하는 한편 홍수시에도 DMZ 북단에 수위상승으로 인한 문제를 제기하지 않도록 하는 것이다. 그러기 위해선 내경 10m의 4련의 배수터널이 필요한 것이었다.

평화의 댐 설계에는 발주처의 조치에 따라 미국의 Bachtel의 기술자문이 있었고 특히 댐 파괴에 따른 수리분석 분야에 Bachtel의 협조가 많았음을 밝혀둔다.

댐을 건설해 놓았지만 물이 저수되지 않도록 설계된 댐, 그야말로 이상하게 느껴지는 댐이 된 것은 위와 같은 특수목적에 의해 건설된 댐이기 때문이다. 이 댐을 이수목적으로 이용하려면 배수터널에 수문을 달아 저수용댐으로 운영해야 하는데 평상시의 저수위로 인한 홍수시의 홍수위 상승이 불가피하게 되어 여러 가지 난제를 제기한다. 다만 기존 화천댐과 연계 운영함으로 화천댐의 홍수조절 능력을 높일 수 있기 때문에 하절기에 화천댐의 제한 수위를 상향시켜 그로 인한 이수효과를 거둘 수 있을 것이다.

1988년 1단계 공사를 완료한 평화의 댐은 시한성 및 단계별 건설이라는 대응성 때문에 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐(CFRD)으로 시공되었으며, 그 경제성과 시공성이 입증되어 이후 건설되는 댐의 형식 결정에 지대한 역할을 하였다.

3.13 한탄강 홍수조절댐

1995년~1997년 임진강 유역조사를 바탕으로 임

진강 유역의 항구적인 수해대책으로 1999년 수해방지기획단에서 임진강 다목적댐 건설을 결정하였으며, 수도권지역 수자원개발계획 수립 조사시 한탄강댐 지점과 영평천댐 지점을 검토하여 한탄강다목적댐을 건설하기 위한 기본계획을 수행하였다. 1999년 12월~2002년 3월까지 기본설계를 완료하였다.

실시설계를 앞두고 발주처에서는 타 SOC 사업에서는 기 시행되고 있던 설계·시공 일괄입찰(턴키) 발주에 대하여 국내 댐 설계 및 시공기술의 향상을 위하여 적극적으로 검토하였으며 국내 최초로 한탄강다목적댐 건설 사업에 도입하게 되었다. 일괄입찰(턴키) 발주 시의 장점을 살펴보면 첫째, 입찰입찰(턴키)시 기타공사(최저가) 입찰에 비해 공사기간이 단축된다. 턴키는 설계와 시공이 겹쳐지고, 입찰 및 설계변경 기간이 생략되어 전체 공사기간 절약, 특히 Fast Track(우선시공) 적용시 실시설계 완료이전에 공사착공 가능하지만 기타공사(최저가) 공사발주는 기본계획 수립 및 세부설계 완료 후 입찰로 공사착수가 턴키에 비해 늦다.

둘째, 신기술, 신공법 도입을 통한 기술력 향상으로 민간업체의 보유 기술을 활용한 최적대안 선정으로 공사 기술력을 향상시키며 선진국의 기술 및 친환경 공사기법 등의 도입으로 댐 분야 기술력 향상에 도모한다. 셋째, 설계변경 억제로 턴키는 설계·공사 일괄입찰로 설계변경이 금지되어 공사비 증가를 억제시킨다. 넷째, 대형업체의 참여로 인한 책임시공 및 품질관리가 보장되어 시공 및 품질관리가 유리하다. 다섯째, 공사 기술

인력의 탄력적 운영으로 외부 기술 인력을 활용함으로써 공사 주력사업 및 신규 사업 분야에 집중적인 인력투입이 가능하다.

한탄강다목적댐은 턴키로 실시설계 적격자를 선정하고 본 사업을 본격적으로 추진하는 과정에서 민원에 의해 2004년 1월~2004년 11월까지 대통령 자문기구인 지속가능발전위원회 주관으로 갈등조정이 추진되어 “천변저류지 및 홍수조절댐” 건설을 결정하였고, 2005년 8월~2006년 8월까지 국무총리를 위원장으로 하는 「임진강유역홍수대책특별위원회」와 분야별 중립적인 전문가들로 「검증·평가실무위원회」를 설치·운영하여 “홍수조절댐+천변저류지”로 결정함으로써 2004년 1월~2007년 3월까지 과업이 중지되었다.

국무총리실 「임진강유역홍수대책특별위원회」의 홍수조절댐 최종 결정에 따른 후속조치로 당초 한탄강 다목적댐에서 홍수조절댐으로 변경되었다.

본댐 형식은 롤러다짐콘크리트댐(RCD공법)으로 신공법을 도입하였으며, 국내에서는 처음으로 상부에 비상여수로와 중앙부에 고압 상용여수로 및 하단에 홍수조절과 배사를 겸한 생태통로를 설치하는 것이 특징이며 현재 공사중에 있다.

3.14 다목적댐 저수지 계획

다목적댐 저수지 계획 수립시 댐별로 적용한 강우-유출해석방법, 저수지 운영기법을 위한 운영 분석방법 등은 다음과 같다.

다목적댐의 저수지 계획

댐 명	이용 수문년도	강우·유출 해석 (장기유출)	저수지운영 분석	이수안전도	침투발전 시간 (hr)
소양강	1915~1939	천전수위관측소의 실측강우- 유하량관계식 적용	모의운영		5
충 주	1966~1983	실측자료를 보완하여 Tank 모형으로 산정	모의운영		2,6
안 동	1958~1969	Kajiyama 공식적용	모의운영기법	(1967~1968갈수조건) +(예비저류량25%)	4
남 강	1915~1939	Kajiyama 공식적용		6.21~7.20(30일간)까지 유입량의 20%	관개용수공급에 지장없는 범위
함 천	1969~1981	창리 수위표의 수위- 유량 관계식 적용	모의운영		
임 하	1963~1983	임하 수위표의 수위- 유량 관계식 적용	모의운영		
대 청	1958~1970	송포 수위표의 수위- 유량 관계식 적용	유가누가곡선		5
섬진강	1923~1942	강우-유출 관계식 적용	모의운영		
주 압	1953~1982	보성강댐 실측유하량에 유역면적비 적용	모의운영 (보성강댐+동북댐)		4
부 안	1963~1988	섬진강댐 유입량에 면적비와 월강우량 비율적용	모의운영	-	
낙동강 하구둑	1958~1975	수위-유량 관계식 적용	-	-	
남강보강	1976~1987	실측 유입량	모의운영 (Mass Curve)	-	24
용 담	1963~1990	수위-유량관계식과 비유량방법 적용	최적화기법(DP)	-	24
횡 성	1963~1988	Kajiyama 공식적용	모의운영	-	24
밀 양	1973~1987	예림교 수위표의 수위- 유량관계식과 비유량방법 적용	모의운영	-	24
장 홍	1966~1993	Tank모형	모의운영	-	24

3.15 다목적댐 여수로 및 수공구조물 설계

우리나라 다목적댐의 여수로 설계는 구조물의 안정성과 경제성에 바탕을 두고 계획하여 수리모형 실험을 통하여 확정하였다. 외형적인 측면에서

과거 외국 용역단에 의해 수행된 설계홍수량 선정 기준 등은 그들 자국의 자체 판단기준에 따라 결정된 것으로 명확한 기준은 없는 실정이다. 그러나 최근에 국내기술에 의해서 수행된 중규모댐

들은 경제개발에 따른 하류피해 증가와 현재 미국 등 선진국에서 권장하는 가능최대홍수량(PMF)을 선정하여 여수로의 규모 산정시 빈도에 결정된 설계홍수위 상부에 가능최대홍수량에 의한 가능최대수위를 고려하고 있다.

한편 다목적댐 여수로 구조물의 일반적인 특성은 콘크리트댐의 경우 월류형 여수로와 턱이 있는 정수지형 감세공으로 설계되어 있으며 필댐의 경우는 개거식 여수로와 공사비면에서 경제적이거나 감세효과가 비교적 적은 플립바켓(flip bucket)

감세공으로 설계되어 있다. 주암댐조절지(이사천댐)는 대규모 댐으로서는 유일하게 유역면적이 작아 문비가 없는 측구식 여수로이다.

최근의 여수로 시공시 가장 고려되고 있는 것은 공기흡입장치(air entrainment device)의 설치이다. 우리나라에서도 1985년 준공된 충주댐을 시발로 합천댐 등 대규모 댐여수로에 이러한 시설을 설치하고 있으며 모양에 따라 홈형(groove), 벽단형(offset) 및 전향장치형(deflector)으로 나눈어진다.

다목적댐 여수로 설계현황

(단위 : m³/sec)

댐 명	여수로 설계 및 홍수조절계획			댐의 수문학적 안정성	여수로 형식	감세공 형식	홍수유출 분석	비고
	빈도(년)	유입량	방류량					
소양강	200	10,500	5,500	1,000년	개거식	F/P	단위도법	
충 주	500	18,000	16,200	PMF	월류형	S/B	합성단위 유량도법	
안 동	100*1.2	6,480	4,500	PMF	개거식	F/P	단위유량도법	
남 강	200	10,570	7,460	800년	개거식	S/B	Nakayasu 단위유량도법	방류량은 사천만으로의 5,460m³/s 포함
함 천	200	8,900	6,500	PMF	월류형	S/B	Clark법	
임 하	200*1.2	4,600	2,500	PMF	개거식	F/P	단위도법	
대 청	500	9,500	6,000	PMF	월류형	S/B	TANK모형 N.K.Report	
섬진강	100	3,268	1,860	PMF	월류형	-	가지야마 공식	
주 압	200*1.2	5,969	4,154	PMF	개거식	F/P	Clark법	
주암조절	200	1,910	685	PMF	측구식	F/P	Clark법	
부 안	-	1,674	664	PMF	개거식	F/P	SCS법	
남강보강				PMF			Clark법	
용 담	200*1.2	6,600		PMF	월류형	F/P	대표단위도법	
횡 성	PMP조 절방류량	3,658	2,505	PMF	월류형	F/P	SCS법	
밀 양	200*1.2	1,616	1,615	PMF	개거식	S/B	단위도법	
장 홍	200	3,660	2,380	PMF	월류형	S/B	Clark법	

주) S/B : Stilling Basin, F/P : Flip bucket

3.16 강릉 수력발전소(도암댐)

강릉 수력발전사업은 대관령 서쪽 송천에 위치한 도암댐 저수지에서 취수하여 동해안으로 유역 변경하여 방류함으로써 고낙차를 이용한 수력발전 사업이다.

1981년에 수행한 수력지점 예비조사 사업은 남한강 상류의 8개 수력지점(도암, 화의, 대화, 평창, 판운, 수주, 도곡, 하동)에 대한 예비조사로서 각 지점이 지닌 수력개발 가능성을 검토하기 위한 조사이며 각 지점을 독자적으로 개발할 경우의 출력규모와 경제성을 개괄적으로 검토한 것이다. 1981년말~1982년에 수행한 수력지점 타당성 조사는 위 8개댐 조사를 기초로 하여 선정된 3개 지점(도암, 화의, 평창)을 대상으로 지점간 단독개발과 상호연계개발 가능성에 대한 대안을 검토하고 이를 다시 강릉 단독개발 대안과 그 장단점을 비교 검토하여 강릉수력 단독 개발안을 확정하기까지의 일련의 기술적, 경제적 타당성을 검토하는 과업이었다.

이 타당성 조사를 통하여 강릉 단독개발안이 확정되어 실시설계 과업을 1984년 중반부터 착수하게 되었으며 발주처에서는 사업의 중요성을 감안, 타당성 조사와 실시설계 과업에서는 국내 용역사 책임하에 해외 선진 엔지니어링 회사와의 제한적인 기술제휴를 요망, 미국의 Harza와 제휴하여 과업을 수행하였다.

본 사업은 주요 시설 제원 또는 형식 등에서 우리나라에서는 최고, 최대, 최초의 기록을 가지고 있다. 발전 총낙차 640m, 도수로 연장 15.65km,

수직수압터널 연장 504m 등 국내 수력발전소에서는 일찍이 없었던 기록이며, 수차형식도 국내 최초로 충동식인 Pelton 수차이다.

또 남한강 상류의 물을 동해안으로 유역 변경하여 방류하는 동해안 최초의 수력발전소인 점도 특색이라 할 수 있으며, 총저수용량 51백만^{m³}, 댐 높이 72m, 댐길이 300m, 댐체적 1.49백만^{m³}인 국내최초의 경사중심코아형 록필댐인 것도 특징이라 할 수 있다.

그러나 발전소 운영과정에서 도암댐 상류에서 유입되는 축산폐수 등 수질 오염이 심각하여 강릉 남대천으로의 발전방류가 민원으로 인하여 운영이 중지되었으며 지금도 이를 해결하기 위한 다각적인 방안이 발전회사와 관계기관, 지자체 및 지역주민간에 지속적으로 협의가 이루어지고 있다.

3.17 양수발전소 상·하부댐

물을 끌어올려 위치에너지(Potential Energy)화 하는 것은 저장수단이 없는 전기에 대한 일종의 저장법이라 할 수 있다.

특히, 급격히 증가하는 전력수요를 충족하기 위해서는 대용량 화력발전소 또는 원자력 발전소건설이 불가피하고 이러한 대용량 기저부하용 발전소의 건설은 필연적으로 대용량 침두 발전설비를 필요로 하며 대용량 양수발전은 기동, 운영의 신속성과 편리성 및 수요량 충족이란 측면에서 계통운영상에 꼭 필요한 시설인 것이다. 이런 점에서 한국수력원자력은 전력시설의 확충과 함께 양수발전설비의 건설을 병행해 오고 있다.

국내 양수발전소 현황

구 분	운전 운영 중						
	청평	삼랑진	무주	산청	양양	청송	예천
설비용량	400MW (200×2)	600MW (300×2)	600MW (300×2)	700MW (350×2)	1000MW (250×4)	600MW (300×2)	800MW (400×2)
양수방식	일조정식	일조정식	일조정식	일조정식	일조정식	일조정식	일조정식
계획	양수	8시간/일	8시간/일	8시간/일	10시간/일	8시간/일	10시간/일
	발전	6시간/일	6시간/일	6시간/일	8시간/일	6시간/일	8시간/일

산청 양수지점은 1978~1979에 수행된 양수지점 예비조사에서 진주지점으로 선정되었으나 1991년 타당성조사시부터 산청지점으로 사업명이 바뀌게 되었다.

상부저수지는 총저수량 6.32백만^{m³}, 댐 높이 72m, 하부저수지는 총저수량 7.13백만^{m³}, 댐 높이 69m이다. 상부지와 하부지를 연결하는 수로 계통은 총 연장 1.68km이며 총낙차는 429m, 발전시설용량 700MW로 수차설비는 가역식, 단단 Francis Pump 수차인 것이 특색이다. 산청양수 상·하부댐은 지금까지의 사력댐 형식이 아닌 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐(CFRD)을 선정하므로써 최근의 댐 기술이 적용되었다.

발주처의 선진 외국 용역사와의 기술제휴에 의한 과업수행 방침에 따라 국내 용역사는 타당성 조사시부터 미국의 Harza와의 기술제휴에 의해 시공감리를 포함한 실시설계에 관한 엔지니어링 과업을 수행하였다.

양양 양수지점은 지금까지의 국내의 양수지점 중에서는 낙차가 가장 큰 지점(총낙차 819m)으로서 발주처에서는 양수방식을 일단으로 할 것

인지 다단방식으로 할 것인지에 대하여 고심하게 되었다.

총낙차 819m 범위는 1단 또는 2단 양수의 분기점이라 할 수 있고 1단 또는 2단 어느 쪽으로도 개발 가능한 낙차범위에 속한다. 발주처에서도 양양 이후 앞으로 나타날 양양 양수에 유사한 낙차의 발전소나 그보다 더 큰 낙차의 발전소에 대비하는 의미에서만뿐만 아니라 한국에서는 최초가 될 다단양수에 대한 기술을 확보, 발전시킨다는 관점 등에서 1단보다는 다단 양수방식으로 개발하는 방침을 결정하게 되었다.

발주처에서는 주계약자와 협력할 외국 용역사의 선정을 주계약자에게 일임하게 됨에 따라 외국 용역사의 선정에 부심하게 되었다. 국내 용역사는 과업에 참여키를 희망한 미국의 Harza, 프랑스의 EDF, 일본의 NK, 이태리의 ENEL사 등을 대상으로 검토한 끝에 1단양수나 기타 수력발전 사업에 경험이 풍부한 Harza와 2단양수에 발군의 경험을 쌓고 있는 EDF를 선정하게 되었고 Harza는 댐 및 수로 터널을 중심으로 하는 토목설비 부분에, EDF는 다단가역 Pump 수차를 중심으로 하는 기전설비 부분의 기술지원을 담당하

도록 하여 선진국의 신기술 도입 창구로서의 역할을 담당하게 되었다.

양양양수발전소는 지금까지의 국내양수설비로서는 규모가 가장 큰 1,000MW 이며 국내 최초의 2단 양수시설을 갖추게 되었다.

상부지와 하부지는 총연장 5.5km의 수로터널로 연결되며 수로터널의 중간지점에 지하발전소가 위치하게 된다. 지하발전소는 연장 1.9km의 진입터널과 모선터널로 지상과 연결되며 진입터널의 입구부에 발전소를 운영하는 본관 건물이 위치한다. 상부지의 총저수량은 4.93백만³, 상부지댐 높이 95.9m로의 표면차수벽형 사력댐이 건설되고 하부지는 총저수량 9.22백만³, 댐 높이 53m의 콘크리트 중력식댐이 건설되어지며 하부댐에는 양양 남대천의 회귀어종인 연어를 위하여 볼랜드식 어도(Fishway)가 설치되었다.

예천 양수발전소는 그동안 축적된 양수발전소 설계, 감리의 기술력을 바탕으로 국내 용역사가 실시설계 및 시공감리 업무를 수행하였으며 지금까지의 국내양수설비로서는 단일 호기의 시설 용량이 가장 큰 800MW로 건설되었으며 발주처에서는 주계약자와 협력할 외국 콘설탄트의 선정을 주계약자에게 일임하게 됨에 따라 단위호기 설비용량이 400MW 이상의 설계 경험이 있는 외국 콘설탄트중 과업에 참여기를 희망한 일본의 NK, 미국의 Harza 등을 대상으로 검토한 끝에 일본의 NK가 기술지원을 담당하도록 하여 선진국의 신기술 도입 창구로서의 역할을 담당하게 되었다.

3.18 농업용 댐 형식의 변천

우리나라의 농업용 댐의 형식과 각종 설계제원에 대한 변천추이를 살펴보면 다음 표와 같다.



농업용 댐형식 및 설계기준 변천

공종별	구 분	광복이전	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대
제 당	댐의 형식	균일형흙댐 (토언제)	중심점토형 흙댐	중심점토형, 경사코어형, 존형 필댐- 계측기매설	중심점토형 필댐, 콘크리트댐, 존형필댐- 계측기 매설	필댐: - 균일댐 - 존형 - 표면차수벽형 - 코어형 콘크리트댐: - 중력식 - 중공중력식 - 아치식
	높 이	20m미만	30m미만	30~50m	30~60m	30~60m
	정 폭	3~6m	4~8m	6~10m	6~10m	높이 50m이상 : 10~15m 낮은댐 : 5m 표면차수벽형 : 6~7m
	여유고	1~2m	2~3m	2~3m	2~3m	2~3m
	단위저수량	필산	필산	전산처리	전산처리	전산처리
	중심점토(폭)		1.5~3.0m 계 획만수위	2.5~3.5m 계획 만수위+	2.5~4.0m 홍수위+0.5m	
	중심점토(고)		+0.6~1.5m	1.0~1.5m		
	중심점토(경사)		저폭:수심/3 (1:0.1~0.15)	경사코아형설치 저폭/3 (1:0.12~0.15)	중심코아형 (1:0.10~0.15)	좌 동
	수직필터(폭)			1.0~1.5m	1.0~4.0m	
	수직필터(고)			계획만수위 수평, 수직 필터	계획만수위 수평, 수직 필터	좌 동
제 당	제당필터		수평필터			
	가제당		토사(점토)	브랭킷	좌 동	좌 동
	지수공법		지수공법	지수벽공법		
제 당	제당안전도	1:1.4~1:1.5 원형활동법 (절편법)	1:1.4~1.5 원형활동법 복합활동면법	1:1.3~1.5 원형활동법 복합활동법	1:1.2~1.3 원형활동법 복합활동법 Spencer법 Wedge법	원형,복합활동 법, Spencer법, Wedge법, Fellinius법, Janbu법, Bishop법, Morgenster and Price법

농업용 댐형식 및 설계제원 변천(계속)

공종별	구 분	광복이전	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대
제 당	하 중	자중, 정수압	자중, 정수압	자중, 정수압+간극수압	좌동+관성력+ 지진계수	좌동+양압력+ 동수압, 병압
	사면기울기					
	내제	1:2~3	1:2~3	1:2.5~3.0	1:2.5~3.0	1:2.5~3.5
	외제	1:2	1:2	1:1.8~2.0	1:1.8~2.0	1:1.8~2.5
	보호공					
	내제	장석 (0.3~0.6m)	사석 (0.3~0.6m)	유용사석(1.0m) 사석(0.3~0.6m)	좌 동	좌 동
	외제	줄메	줄메	줄메	좌 동	좌 동
	저수량 /홍수량	필 산	필 산	전산처리	전산처리	전산처리
	소비수량	강우기록치와	강우기록치와소	기상자료	좌 동	좌 동
	내용적결정	소비수량분석	비수량분석 (토	유역상황계수	좌 동	수로손실률 :
	수로손실량	(토공수로)	공수로) (수로손실20%)	수로손실률: (토공:15~25%)	좌 동	(토공:10~25%, 구조물:10%)
				일삼투량		일삼투량
	침전량산정	-	침전량조사	유효저수량×10%	좌 동	좌 동
	계획기준년	3년	좌 동	10년빈도 가뭄	좌 동	좌 동
	토질시험		물리적시험	물리적, 역학적 현장시험	좌 동	좌 동
	그라우팅공법		제당시초처리	제당, 여수토 복통기초처리	콘솔리테이션 그라 우팅, 커튼그라우팅	좌 동
	제당축조공법	점축식공법	좌 동	점고식공법	좌 동	좌 동
	굴착장비	인 력	D7 도저 (와이어식)	19톤 도저 (유압식) 0.7m ² 백호	19, 32톤도저 (유압식) 1~2m ² 톤백호	좌 동
	운반장비	인력, 우마차 토운차	토운차, 리어카, 경운기, 4톤덤프트럭	경운기, 8톤덤프트럭	10.5톤덤프트럭, 15톤덤프트럭	좌 동
	다짐장비	인 력	견인식롤러 (12톤)	견인식롤러(12톤)	19톤 자주식롤러, 19톤 양족식롤러	좌동+텐덤롤러, 탬핑롤러, 타이어롤러
	적재장비	인 력	무한궤도로더 (0.5톤)	백호(0.7m ² 톤) 무한궤도로더 (0.5~1.34)	백호(0.7,1.0,2.0m ² 톤) 무한궤도 타이어로더 (1.7~2.3)	좌 동

농업용 댐형식 및 설계제원 변천(계속)

공종별	구 분	광복이전	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대
물넘이	여수토형	슈트식, 측구식, 월류식	슈트식, 측구식, 자유낙하식	좌 동 오리피스식	좌 동	좌 동
	홍수량계산 · 설계빈도계산 · 방법	100년 가지야마식	100년×1.2, 좌동+단위도법, 합성단위도법	200년 좌 동	200×1.2 좌동+합리식, P/G : SCS. HEC1	좌 동
	방수로형	슈트식	좌 동	좌동+터널식, 제체유하식	좌 동	좌 동
	정수지형	도수식	좌 동	좌동+플립식, 자유낙하식	좌 동	좌 동
	하류접속수로 보호공	막돌쌓기	돌쌓기, 매붙임	돌망태 매붙임, 찰붙임 콘크리트구조	좌 동 철근콘크리트 보호공	좌 동
	형 식	기설하천이용 점축식공법 복통, 콘크리트관	복통	복통 가배수터널	좌 동	좌 동
	홍수량 적용 최종체절	비관개기	비관개기(10년빈도) 입구체절	10년빈도 복통 : 입구체절 바이패스 : 입구 및 제당중심체절	10~20년 빈도	20~50년
	취수부(형식)	사통	좌 동	사통 및 취수탑	좌 동	좌 동
	도수부(형식)	복통	좌 동	복통, 터널, 감세공	좌 동	좌 동
	조절부(형식)	판재	목비	철비	밸브, 게이트, 유량계 설치	좌 동
취수 시설	거푸집재료	육송(판재)	좌 동	합판	합판 및 철재 (sliding form)	좌 동
	동바리, 비계	육송	좌 동	육송 및 각재	각재 및 철재	좌 동
	노면형식	비포장(사력)	좌 동	비포장 및 포장	포장(아스콘, 콘크리트)	좌 동
	굴착장비	인력	인력, 도저 (12~15톤)	19톤도저 백호(0.7~1.0m ²)	19, 32톤도저 0.7~2.0m ² 백호	좌 동
이설 도로	운반장비	인력,우마차, 토운차	토운반, 리어카 덤프(4톤)	경운기 덤프(4~8톤)	덤프(8~15톤)	좌 동
	다짐장비	인력	견인식롤러 (12톤)	견인식, 자주식롤러 (11~12톤)	19톤 자주식, 양족식 롤러, 슈프트타이어 롤러	좌 동

3.19 댐 재개발

선진 외국의 경우에도 수자원개발이 대부분 완료되어 더 이상 적절한 댐 지점을 확보하기 어려운 상황과 댐이 타 구조물에 비해 장기간 수명이 기대되는 사회 자산으로서 댐의 기능을 장기적으로 유지, 향상시킬 경우 효과적으로 이용할 수 있어 기존 시설의 재개발 사업을 통한 수자원 환경변화에 적응해하고 있다.

기 개발된 수자원의 활용도를 높이고 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(Environmentally Soundable and Sustainable Development)을

위해 새로운 댐건설 정책방향의 일환으로 기존댐의 저수용량 증대, 저수지 운영시스템 변경, 댐과 저수지의 기능 개선 등의 방법으로 기존댐 재개발 방안을 「댐건설장기계획」(2001.12, 건설교통부)에 포함하였다. 국내의 댐 재개발 사업은 목적과 방법에 따라서 다음과 같이 분류하여 시행하고 있다.

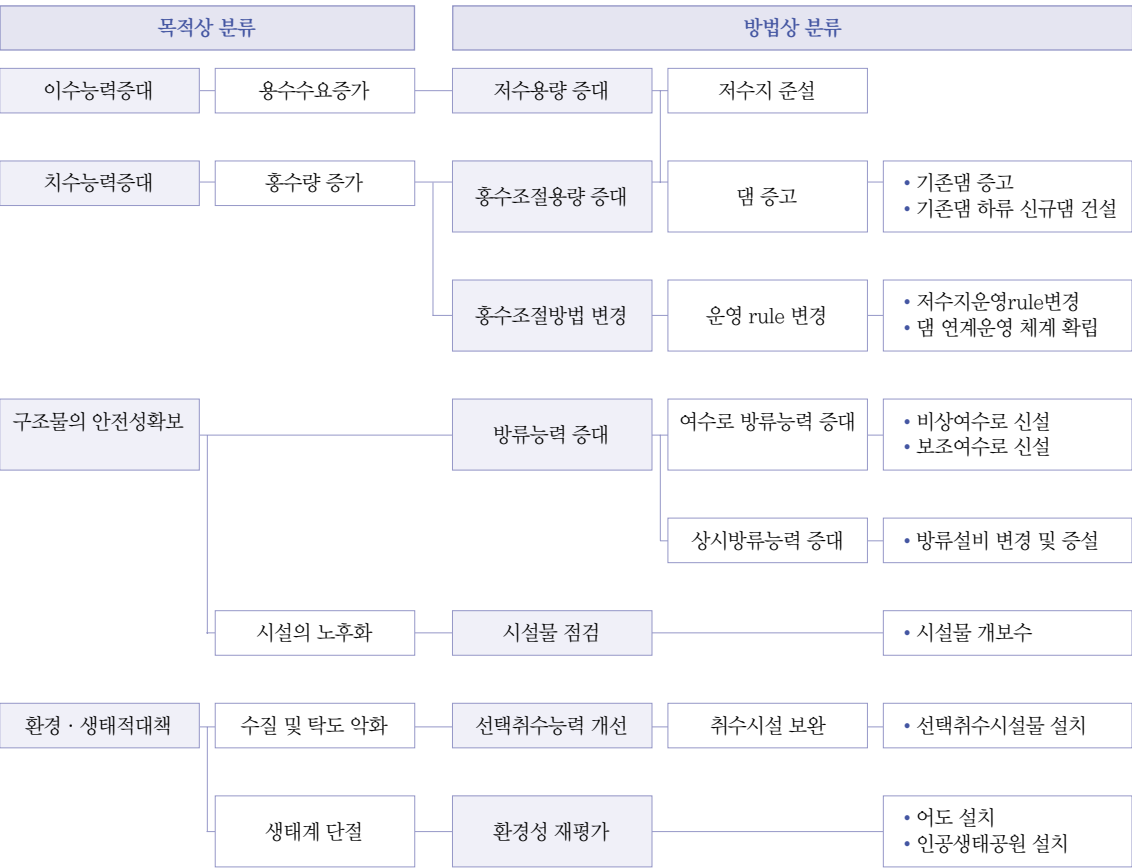
우리나라는 댐 개발역사가 짧아 선진외국에 비하여 사례가 많지 않으나 다목적댐인 섬진강댐과 남강댐, 생공용수댐인 동북댐과 가창댐, 그리고

국내 댐 재개발 주요사례

구 분	재개발시기	댐 용도	재개발방안	저수용량(백만㎥)	
				당초	재개발
섬진강댐	1965년	다목적	기존댐 하류 신규 건설	66	466
동북댐	1985년	생공용수	기존댐 하류 신규 건설	2.6	99.5
가창댐	1986년	생공용수	기존댐 증고 (16m)	2.0	9.1
대아댐	1989년	농업용수	기존댐 하류 신규 건설	20	51
남강댐	1999년	다목적	기존댐 하류 신규 건설	136	309
성덕댐	2006년 공사착공	다목적	기존댐 하류 신규 건설	0.8	19.6

농업용 저수지 뚝 높이기 사례

저수지명	당초				증고				비고
	준공 년도	제원		저수량 (만m³)	준공 년도	제원		저수량 (만m³) 1,700	
		제당 길이 (m)	제당 높이 (m)			제당 길이 (m)	제당 높이 (m)		
오봉저수지	1983	268	50.6	1,440	공사중	268	55.6	2,175	재해대비 개보수
백곡저수지	1949	182	16.5	-	1984	410	27.2	115.4	재해대비 개보수
충도저수지	1944	120	19	655	2007	135	25.2	1.9	지표수보강
갈망골저수지	1945	115	5	0.8	2004	137	9	132	지표수보강
낭산저수지	1947	207	10.4	51	2000	207	13.65	28	지표수보강
학동저수지	1944	273	9.85	11	2002	272	12.6	41	지표수보강
옥금저수지	1944	175	9.5	35	2003	184	9.8	69	지표수보강
유곡저수지	1952	310	21	45	2001	310	24	85	지표수보강
일대저수지	1949	242	14	80	2004	318	14.5	39	지표수보강
신전저수지	1957	176	14.8	33	2002	176	15.5	64	지표수보강
월성저수지	1961	175	14.5	43	2007	194	16.6	5,100	지표수보강
대아저수지	1923	254.1	32.62	2,000	1989	255	55	4,749	재해대비 개보수
성주댐	1997	430	60	3,824	2005	430	62.6	90	재해복구 개보수
오래지	1970	100	30	70	1992	110	32	23.6	농업생산종합정비
보림지	1975	59	19.6	16.2	2006	69	22.1	359.6	지표수보강
조성지	1959	258.5	16.8	307.8	1985	258.5	18.0	102	지표수보강
삼정지	1986	138	22.2	76	2010	152	24.2	104	지표수보강
강사지	1986	144	24.0	77	2010	180	26.4	179.2	지표수보강
용곡지	2002	103.5	29.1	50.9	2008	153.0	39.0	160.4	지표수보강
화곡지	2004	178.0	14.0	112.0	2006	200.0	16.6	75	지표수보강
연죽	1978	156	22	51	2008	180	26	25	지표수보강
운암	1949	167	9.1	18	1993	187	16.2		재해대비 개보수



치수능력 증대사업 현황

구 분	댐 명	PMF(m/s) 금 회	치수능력 증대방안	규 모			
				수문(m) (수문식 : B×H×EA 무문식 : B×EA)	수로(m) (터널식 : D×L×EA 개거식 : B×H×L)	첨두방류량 (m³/s)	형 식
준공 (12개댐)	광동댐	2,190	여수로 구조개선	8.5×9.5×4	여수로 바닥굴착 : 5.3m	2,140 (기존여수로 확장)	개거식
	영천댐	3,700	보조여수로 신설	10.0×9.75×3	B30×L504	3,263 (기존 1,684, 보조 1,579)	개거식
	구천댐	520	기존여수로 확장 + 파라페트월	웨어부 50→60m, 여수로 바닥굴착 5.0m 파라페트월 H=1.0m 설치		510 (기존여수로 확장)	개거식
	달방댐	1,140	여수로 구조개선	3.5×3.5×2	웨어를 7m 낮게 설치	1,084.8 (기존여수로 확장)	개거식
	수어댐	1,652	보조여수로 신설	3.0×3.0×1	D12~8×L703	1,525 (기존 653, 보조 872)	터널식
	연초댐	520	기존여수로 확장	웨어부 25→52m, 여수로 바닥굴착 5.9m		482 (기존여수로 확장)	개거식
	합천댐	10,610	비구조적 대책	홍수조절방식 변경 (SRC → 수정 Rigid Rom)		7,335	
	소양강	20,715	보조여수로 신설	14.7×14.0×4	D14×2련 (L1=1,280.2, L2=1,200.4)	14,200 (기존 7,500, 보조 6,700)	터널식
	대암댐	2,269	보조여수로 신설	Shaft(반원통) D70×H14.4	D10×2련 (L1=427, L2=428)	2,195 (기존 562, 보조 1,633)	터널식
	보령댐	3,424	파라펫월	파라펫월 H=0.5m		2,478	파라펫월
	밀양댐	2,509	파라펫월	파라펫월 H=2.5m		2,188	파라펫월
	부안댐	1,388	파라펫월	파라펫월 H=2.0m		808	파라펫월

농업용수댐으로 비교적 규모가 큰 대아댐, 성덕
댐 등의 재개발 사례를 볼 수 있다.

■ 치수능력 증대사업

최근 기상이변 등에 따라 빈번히 발생하는 이상
홍수에 대한 댐의 안전도를 높이기 위하여 「댐의
수문학적 안정성검토 및 치수능력증대 기본계획
(2004.9, 건교부/수공)」을 수립하여 보조여수로,

댐체 보강 등을 통해 가능최대강수량(PMP :
Probable Maximum Precipitation)에 대비한
댐 안정성 확보를 위하여 추진했다.

사업기간은 2003~2015까지 총사업비 약
22,446억 원으로 국토부 소관 전체 32개댐(다목
적댐 16, 용수댐 14, 홍수조절댐 2)중 보강이 필
요한 24개 댐을 대상으로 수행하였으며, 2012년
현재 영천댐('03)을 시작으로 소양강댐 등 12댐

치수능력 증대사업 현황 (계속)

구 분	댐 명	PMF(m/s) 금 회	치수능력 증대방안	규 모			
				수문(m) (수문식 : B×H×EA 무문식 : B×EA)	수로(m) (터널식 : D×L×EA 개거식 : B×H×L)	첨두방류량 (m³/s)	형 식
공사 (6개댐)	임하댐	14,800	보조여수로 신설	11.8×14.65×6	D15×3련 (L1=379, L2=421, L3=462)	13,350 (기존 5,135, 비상 8,215)	터널식
	대청댐	21,742	보조여수로 신설	12.0×17.18×5	B60.0×L1,145	18,036 (기존 10,452, 비상 7,584)	개거식
	섬진강	8,601	보조여수로 신설	11.5×12.13×4	D13.5×2련 (L1=674, L2=624)	7,758 (기존 3,742, 보조 4,016)	터널식
	안동댐	15,094	보조여수로 신설	16.8×12.5×4	B67.2~40×L385	11,155 (기존 5,024, 보조 6,131)	개거식
	주암 (본, 조)	12,292	보조여수로 신설안	17.2×13.5×2	12.0×537×2	10,191 (기존 6,928, 비상 3,263)	터널식
		2,711	측수로 개선 및 파라펫월	파라펫월 H=0.65m		2,052	파라펫월
설계중 (1개댐)	운문댐	7,427	보조여수로 신설안	13.1×12.5×4	14.4×573×2	6,910 (기존 2,410, 보조 4,500)	터널식
	평화의댐	20,503	미정			미정	미정
	남강댐	24,650	상류댐건설 + 보조여수로신설안	7.4×12.5×10	13.9×990×5	18,000 (기존 9,920, 보조 8,080)	터널식
	미착수	충주댐	35,950	상류댐건설 + 보조여수로신설안	16.4×19.5×4	29,250 (기존 17,660, 보조 11,590)	터널식
		선암댐	39	보조여수로 신설안	1.6×2.7×1	13 (보조 13)	개거식
	(5개댐)	안계댐	160	보조여수로 신설안	3.5×6.5×1	80 (기존 10, 보조 70)	개거식
	사연댐	2,290	기존 보조여수로 확장안	9.0×8.7×2	21.0×8×220	2,120 (기존1,130, 보조 990)	개거식

은 완료, 대청댐 등 6개 댐은 공사중이며 평화의
댐이 설계중이고 충주댐 등 5개댐은 향후 시행할
계획이다.

■ 기존 농업용저수지 독 높이기

4대강 살리기 사업의 일환으로 기존 농업용저수
지 17,600여개 중 추가 용수확보가 가능하고 환

경영향·수몰면적이 적은 곳을 증고하여 갈수기
하천유지유량을 공급하므로 서 수자원 확보, 재
해예방과 비영농기 하천유지유량 증대를 목적으
로 시행하였다. 기존 농업용 저수지에 대한 용수
확보 방안은 상/하류 유역의 지형적인 여건, 환경
적인 여건, 주민호응도, 추가 개발가능성 등을 고
려하여 검토하였다.

저수지 뚝 높이기 사업내용

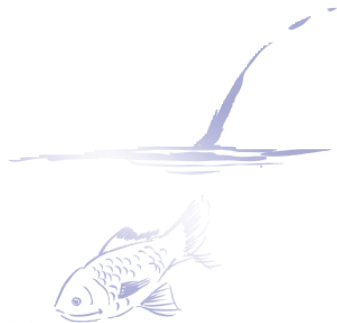
구 분	사업량 (개소)	사업기간	추가저수량 (억㎥)		
계	110		6.1	8.5	2.4
4대강 내	93	'09 ~ 13(5개년)	5.3	7.4	2.1
4대강 밖	17	'10 ~ '15(6개년)	0.8	1.1	0.3

※ 4대강 유역내 93개소 : 한강 12개소, 낙동강 30, 금강 28, 영산강 14, 섬진강 9

※ 마스터플랜 수립이후 사업추진과정에서 주민반대 등의 사유로 3지구 사업취소(한강1, 낙동강1, 금강1)

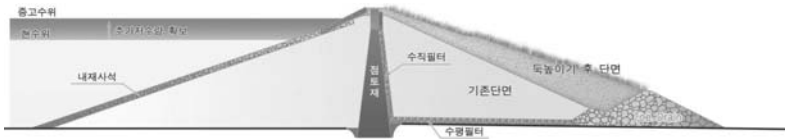
추가용수 확보를 위한 제체쌓기(보강) 유형

구 분	적 용 조 건	비고
기존 제체 이용	- 기존 제체가 안전하고 제체 덧쌓기 높이가 5.0m 이내 - 유역 상류부 수물부분에 대한 제약 조건(중고 5.0m이 채) - 만수면적이 넓어 중고 높이(5.0m)에 따른 추가용수확보가 용이 - 취수탑 또는 방수로(복통) 개수가 용이한 지구 - 여수로 수문설치와 병행으로 추가용수 확보용이 지구 - 기존 제체 후면 사면 층파기	
기존 제체 후면 덧쌓기	- 기존 제체가 안전하고 제체 덧쌓기 높이가 5.0m 이상 - 유역 상류부 수물지 내의 조건이 양호 - 중고에 제약 조건 없이 추가용수 확보 가능지역 - 용수확보를 위한 제체 이동에 제약 조건이 있을 경우 - 기존 제체 후면 사면 층파기	수문병행가능
하류부 제체쌓기	- 제체 쌓기 높이가 5.0m 이상 - 제체 설치지점 하류부 이동으로 저수용량이 2배 이상 증가 - 기존 지점 하류부 지점의 지형 및 지질조건이 양호 - 항구적 가뭄 및 홍수재난 방지를 위한 추가용수량 및 여수로 규모 확보 가능지역	수문병행가능

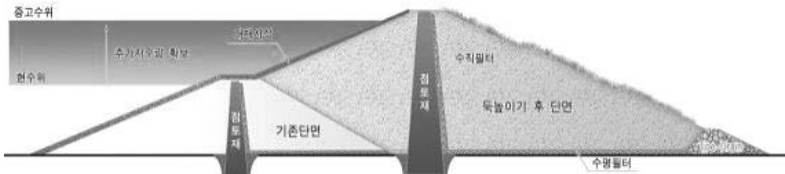


추가용수 확보를 위한 제체쌓기(보강) 유형

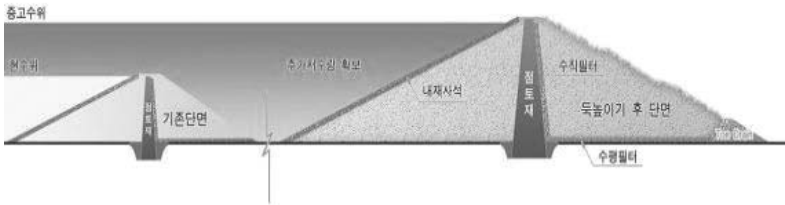
제체 덧쌓기
표준단면도
(56개소유역내 /
9개소유역밖)
〈중고:5.0m 미만〉



후면 덧쌓기 표준단면도
(27개소/4개소)
〈중고:5.0m ~ 15.0m 미만〉



이설 쌓기 표준단면도
(13개소/4개소)
〈중고:15.0m 이상〉



참 고 문 헌

1. 한국대담회 20년사, 한국대담회 (1994)
2. 한국의 수자원개발 30년, 한국수자원학회, 한국수자원공사 (1997)
3. 한국수리사, 한국관계배수위원회, (1996)
4. 농업생산기반정비사업 총람, 농어촌진흥공사 (1999)
5. 농업생산기반정비사업계획설계기준 콘크리트댐편, 농림수산부 (1989)
6. 농업생산기반정비사업계획설계기준 필댐편, 농림부 (2002)
7. 한국의 댐, 한국수자원공사, (2000)
8. 4대강살리기 마스터플랜, 국토해양부 4대강추진본부 (2009)
9. 댐설계기준, 국토해양부 (2011)
10. 댐설계기준·해설, 한국수자원학회 (2011)