

〈技術報文〉

金剛山댐 建設 영향에 대한 技術的 檢討

鮮 于 仲 皓*

1. 序

인류의 역사가 시작되면서부터 인간은 자연을 자기 환경에 맞게끔 개조하기 시작하였고 이에 대한 끊임없는 노력은 오늘날의 대규모 댐 등 대규모의 토목구조물에 이르게 되었다. 그러나 이러한 꾸준한 노력은 반드시 사람에게 이로운 것만을 제공하지는 않는다. 고의이거나 실수이거나 간에 많은 사람의 목숨과 재산을 앗아가기도 하며 이러한 과학 기술의 발달로 보다 더 편리하고 발전된 생활을 할 수 있게 되었다.

근래의 고도산업 사회에서 댐은 우리에게 없어서는 안될 존재가 되었다. 필요한 때에, 필요한 장소에서 좋은 질의 물을 공급받는다는 것은 이미 오래전의 이야기이다. 산업이 발전함에 따라 물의 수요는 급증하게 되었고 좋은 질의 물은 깊은 산속이나 지하가 아니면 얻기 어려운 정도로 귀해지고 있는 요즈음 댐의 건설로 인하여 홍수피해로부터 인명과 재산이 보호되고 필요한 시간과 장소에 좋은 질의 물을 공급받을 수 있다. 댐의 건설은 BC 2000년에 이미 이집트의 나일강에서 시도된 것으로 믿어지고 있으며 이미 20세기에 와서는 매년 300여개의 댐이 전세계적으로 건설되고 있다. 이러한 댐의 건설은 인류에게 반드시 이익만을 주는 것은 아니다. 설계, 시공, 관리등의 잘못으로 댐이 파괴되는가 하면 설계보다 큰 홍수가 와서 댐을 넘치는 경우가 있다. 이러한 자연재해는 우리가 할 수 있는 영역의 밖이지만 만일 댐에 의한 위험이 사람의 고의성에 기인한다면 이 또한 현대의 과학·기술을 인류 파괴에 이용하는 예가 되겠다.

지금 북한에서 계획하고 착공한 금강산 댐은 이러한 인류 과학·기술 발전에 대한 악용의 예라고 할 수 있다. 비록 나라는 분단되어 있을지라도 무지한 국민을 불안에 떨게 하며 사회의 혼란을 야기시킬 목적의 댐을 건설한다는 것은 세계 댐 건설 역사상에 그 유례를 찾아볼 수 없는 것이며, 근래 특히 댐건설 기술자들간

에 강조되고 있는 댐피해로부터 인간의 생명과 재산을 보호하여야 한다는 국제적인 추세에 역행하는 결과가 아니라 할 수 없다.

댐을 건설한다는 것은 인류에게 필요하고 이로운 것을 제공하기 위한 것이지만 인류생존에 위협을 주어서는 안된다. 댐건설이 국제적인 분류를 야기시킬 염려가 있을 경우는 반드시 당사자국간에 협정에 의하여 상호간에 최대의 이익을 주고 피해를 최소한으로 줄일 수 있도록 계획되어지며 운영되도록 하고 또한 피해가 발생되는 경우에 보상할 수 있는 길을 만드는 것이 통례이다.

금강산댐건설은 이러한 국제적인 하천운영에 있어서 두가지 문제점을 내포하고 있다. 첫째는 下流의 水權(Water Right)의 문제이고 둘째는 下流의 피해에 대한 대책이다. 上流에 수공 구조물을 설치하는 경우에는 下流의 使用水量에 대하여 充分히 고려되어 下流의 既存 水權에 대하여 損害가 되지 않도록 計劃되어야 하며 이 水權이 침해되었을 때는 이에 대한 보상이 수반되어야 한다.

비단 물의 存在가 地域的으로 分布되어 있더라도 물은 上流에서 下流로 흐르고 물의 需要는 下流부터 發生하기 때문에 上流에 水工構造物 設置의 경우에는 반드시 이러한 水權의 問題가 先決되어야 한다. 둘째는 上流에 構造物 設置時에 따르는 下流의 피해 문제이다 下流에 대한 被害는 어떠한 最惡의 경우에도 발생되지 않도록 設計, 施工, 운영되어야 한다. 이러한 問題에 대하여는 댐의 계획당시에 충분이 協議가 되어야 할은 많은 國際慣例를 통하여 알 수 있다. 더구나 현재 남북한이 대치하고 있는 상태에서 더구나 매우민감한 지역인 休戰線에 인접하여 댐을 건설한다는 것은 下流의 水權 및 生存權을 完全 무시한 處事라 아니할 수 없다. 이러한 댐은 相互協議下에 相互國間에 最大의 利益이 될 수 있도록 건설되어야 할 것이다.

* 本學會 理事 서울大學校 工科大学 土木工學科 教授(工博)

〈표 1〉 한강유역 주요댐 제원

구분	발전소		화천	춘천	의암	청평	팔당	괴산	소양강	총주
	단위									
수홍수위	EL.M	m	183.00	104.90	73.36	52.00	29.50(천년홍수) 27.00(백년홍수)		198.00	145.00
만수위	"	"	181.00	103.00	71.50	51.00	25.00	135.65	193.50	141.00
위저수위	"	"	156.80	98.00	66.30	46.00	25.00	131.65	150.00	110.00
저총저수량	10 ⁶ M ³		1,018	150	80	186	244	15.3	2,872(홍) 2,571(만)	2,627(홍) 2,280(만)
수유효저수량	"		658	61	57	83	18	5.7	1,868	1,789
량사수량	"		360	89	23	103	226	9.6	703	491
량홍수조절량	"		213	14	16	19			501	600
최대사용수량	M ³ /S		185	228	340	373	800	11.5	251	788
계획홍수량	"		9,500	12,600	16,000	20,000	34,400	2,700	10,500	18,000
최대방유량	"		5,428	12,600	16,000	20,786	20,000	3,080	5,500	14,200
유효낙차(최대)	M		74.5	28.8	17.2	26.02	11.8	23.77	110	72.1
댐높이 × 길이	M		77.5 × 435	Tainter 40 × 453	17.5 × 273	31 × 407	Tainter 28 × 574	28 × 271	Tainter 123 × 530	97.5 × 464
유역면적	km ²		3,901	4,736	7,909	9,921	23,800	671	2,703	6,648
만수면적	"		38.15	14.32	15.0	17.6	36.5	5.79	70	97

2. 水文調査

가. 북한강 유역의 개황

한강은 두개의 지류인 북한강과 남한강으로 구성되어 있으며 이 두개의 지류는 서울에서 약 30km 떨어진 팔당에서 합류하여 서해로 흐르고 있다. 북한강은 휴전선 이북인 강원도 금강군 먹포령에서 발원하여 길이 총 317.5km로서 유역면적은 약 10,834.8km²이며 하천의 평균경사는 약 1/1,000이다. 한강유역의 평균강수량은 1,392mm/year이며 홍수의 대부분은 7월과 8월에 발생하고 있다.

한강유역은 우리 나라에서 제일 큰 유역일뿐만 아니라 서울의 중심부를 관통하고 있으므로 일천만 서울시민의 용수를 공급할뿐만 아니라 주변지역의 생공용수를 공급하는 중요한 하천이다. 또한 타유역과 달리 수력발전 지점이 많아 현재 화천, 소양강, 의암, 청평, 총주, 괴산, 팔당등 8개의 수력발전 및 다목적댐이 건설되었으며 현재 건설중인 강릉수력 발전소등 많은 수력댐들이 계획, 건설된 유역이다.

또한 한강은 필요한 용수를 공급할 뿐만 아니라 여름 홍수기에는 많은 인명과 재산의 피해를 주고 있다. 이러한 홍수로부터의 피해를 줄이기 위하여 하천개수, 저수지 보호공사등을 실시하여 이제는 더 이상 홍수피

해가 없는 하천을 만들고자 계속 노력을 하여왔다.

나. 華川 및 昭陽江댐의 水文

(i) 화천댐의 유하량

금강산댐 건설지점으로부터 직하류에 위치하고 있는

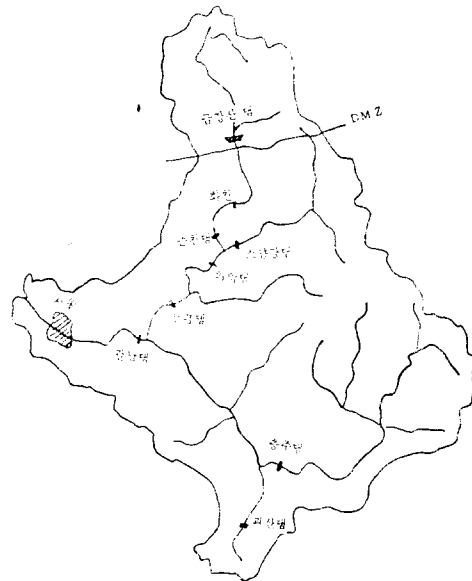


그림 1. 한강유역도

〈표 2〉 화천댐 월평균 유하량 및 사용수량($10^6 \times m^3$)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
유 하 량	13.4	15.9	46.6	110.4	57.2	73.8	331.9	302.7	171.7	43.9	32.2	20.5	3,231
사 용 수 량	50.1	49.1	45.6	60.6	74.1	68.0	92.5	118.5	103.7	61.0	54.3	57.7	2,200

〈표 3〉 소양강댐 월평균 유하량 및 사용수량($10^6 \times m^3$)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
유 하 량	7.1	8.6	28.1	92.1	52.4	54.0	175.1	160.0	103.9	21.5	24.3	11.4	1,962
사 용 수 량	59.8	54.4	43.1	41.1	60.0	68.2	65.0	62.9	57.9	64.1	57.9	58.9	1,825

화천댐은 금강산댐 건설로 인하여 직접영향을 받는 댐이다. 화천댐은 유역면적이 $3,901km^2$ 으로서 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 연간 평균으로 32억 m^3 의 물을 유역으로 부려 받고 있다. 주로 하절기의 홍수시에 물을 저장하여 11월, 12월, 1월, 2월의 4개월간을 발전하며 7월, 8월, 9월의 3개월 유량중 반이상이 홍수로 인하여 사용되지 못하고 하류로 흐르게 된다. 화천유역의 평균 강수량은 자료의 빈곤으로 정확하지는 않으나 년평균 약 1,216mm로서 이 중 68%가 유출에 기여한다고 할 수 있다.

화천댐의 증발량은 측정된 바 없으나 소양강댐의 예측치로 미루어 보아 연간 800mm에 이를 것으로 추정된다.

화천댐의 사용수량은 연간 $2,200 \times 10^6 m^3$ 으로 전유입량의 68%를 사용하고 있으므로 매우 높은 사용율을 알수있다.

(ii) 소양강댐의 流下量

소양강댐은 금강산댐과 같은 수제는 아니지만 위치와 유역면적이 비슷한 댐으로서 금강산댐의 계획과 비교하기 위하여 자료를 수집하였다. 소양강댐의 유하량은 〈표 3〉과 [그림]에 나타내어 있는 바와 같이 연간 총 $1,952 \times 10^6 m^3$ 이 유입되고 있으며 93%에 이르는

$1,825 \times 10^6 m^3$ 에 물을 사용하고 있다. 그림 3에서 나타낸 바와 같이 시설용량 200,000 kw의 발전을 하기 위하여 유입량의 93%를 사용하고 있으며, 따라서 하절기 홍수시의 유량을 거의 전량을 저류하고 있음을 보여준다. 또한 증발량은 연간 $60 \times 10^6 m^3$ 에 이를 것으로 보아 그 실제 사용율은 97%를 상회할 것으로 판단된다.

소양강의 연평균 강수량은 1,093mm로서 이중 66%가 유출에 기여하며 따라서 소양강댐 유역으로 연간 $1,952 \times 10^6 m^3$ 의 물이 흐르게 된다.

다. 金剛山 計劃 概要

(i) 입 지

금강산댐이 건설될 지점은 휴전선의 북방한계선에 근접된 지역으로서 금강천과 북한강의 합류점의 하류와 DMZ 경계와의 사이로서 강원도 昌道郡 任南面으로서 강원도 태백산맥을 중심으로 남쪽은 30° 미만의 완만한 배사경사면을 이루면서 넓은 고원분지를 형성하고 있는데 반하여 東北쪽은 60° 이상의 용곡식 급경사면을 이루고 있어 元山 쪽으로 유로를 변경할 경우 300~350m의 고낙차를 이용할 수 있다.

본 금강산댐 지점은 댐을 건설하기는 가능한 지점으로 판단되나 같은 크기의 세계 댐들과 비교하여 볼때

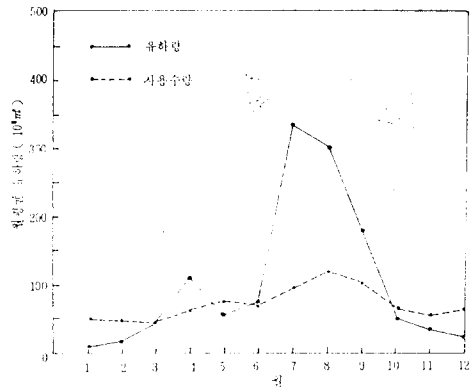


그림 2. 화천댐 월평균 유하량 및 사용량

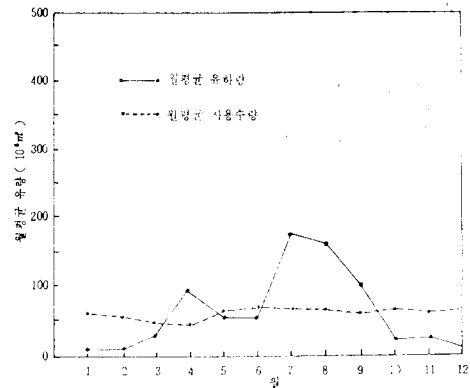


그림 3. 소양강댐 월평균 유하량 및 사용수량

〈표 4〉 세계 주요 20개댐

순위	댐 이름	높이 (m)	형 태	댐 길이 (m)	저수지용량 10 ⁶ m ³	발전소요량 10 ⁶ m ³
1	Rogun Ussr	335	흡 댐	660	13,300	3,600
2	Nurek Ussr	330	흡 댐	704	10,500	2,700
3	Grand Dixence Swiss	285	중 력 댐	695	401	1,300
4	Inguri Ussr	272	아 취 댐	680	1,100	1,300
5	Boruca Costa Rica	267	사 력 댐	700	14,960	—
6	Vaiont Italy	262	아 취 댐	190	169	—
7	Chicoasen Mexico	261	흡 · 사 력 댐	485	1,613	2,400
8	Tehri India	261	흡 · 사 력 댐	570	3,539	2,000
9	Albaro Mexico	260	중 력 댐	88	13	—
10	Kishau India	253	흡 · 사 력 댐	360	2,400	—
11	Sayano Ussr	245	중 력 댐	1,066	31,300	6,400
12	Guavio Colombia	243	흡 · 사 력 댐	390	10,020	1,600
13	Mica Canada	242	흡 · 사 력 댐	792	24,700	2,610
14	Mauvoisin Swiss	237	아 취 댐	520	181	—
15	Chivor Colombia	237	사 력 댐	280	815	1,000
16	Chirkei Ussr	233	아 취 댐	333	2,780	1,000
17	Oroville U.S.A	230	흡 댐	2,073	4,297	—
18	Bhakra India	226	중 력 댐	518	9,621	1,050
19	El Cajon Honduras	226	아 취 댐	382	5,650	700
20	Hoover U.S.A	221	아 취 댐	379	34,852	1,345

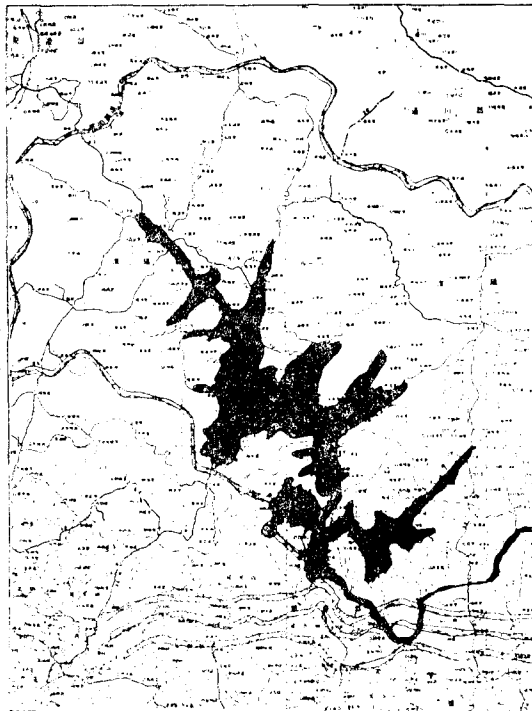


그림 4. 금강산 댐 유역도

200m 이상의 높은 댐을 건설하기는 좋은 지점은 아니라고 사료된다. 댐정상의 길이가 금강산댐의 경우 1.0 km 가 넘으며 저수용량이 200억 m³에 비하여 발전시설용량은 겨우 800,000kw 에 지나지 않기 때문이다.

(ii) 유입량

금강산댐지점에 유입되는 유량의 정확한 량은 계산되기 어려우나 직하류의 화천댐과 춘천댐에 유입되는 유량으로부터 추정할 수 있다. 화천은 〈표 2〉에 나타낸 바와 같이 연간 3,231×10⁶m³이다. 이는 유역면적 3,901km² 으로부터 집수되는 것으로서 유역면적 1km² 당 828×10³ m³에 해당한다. 이는 또한 전유역에 828 mm의 유효강우(침투 또는 기타 손실이 없음)에 해당된다.

또한 소양댐 및 춘천댐에서는 722mm, 724mm 등 다소 적은 값을 보여주기 때문에 화천 상류지역은 타지역에 비하여 다우지역인 것으로 판단된다. 따라서 면적비에 의한 금강산댐 지점의 유입량은 연간 1,868×10⁹ m³이다. 그러나 금강산 지역이 비교적 많은 강우를 보여주고 있기 때문에 오히려 이 값보다 초과할 가능성도 배제할 수 없다.

(iii) 연간 사용수량

금강산댐의 저수지는 약 310km²의 수물면적을 갖고

있기 때문에 본저수지에서 증발량은 무시할 수 없을 정도로 큰 영향을 줄 것이라 생각된다. 소양강댐 건설의 경우 증발량은 년 877.6mm (Pan Coef=0.7)로 가정하여 물 수지계산이 원만히 수행할 수 있다. 따라서 저수지 면적 310km²을 통하여 증발되는 연간 증발량은 약 2억 7천만톤이 될 것으로 판단되며 또한 여름 홍수기간 동안의 방류량을 고려하여 연간 발전 및 용수공급에 사용할 수 있는 수량은 15억m³에서 16억m³이 될 것이다.

금강산댐으로부터 얻을 수 있는 800,000kw의 전력을 유지하기 위하여서는 초당 272m³의 물이 필요하나 실제 이 유역에서 공급할 수 있는 물의 양은 48m³/sec 밖에 되지 않기 때문에 이 발전소는 전력수요의 첨두 시간에만 발전하는 첨두부하용 발전소로서 1일 평균 3~4시간 발전할 것으로 보여진다.

라. 金剛山댐 建設에 따른 影響

(i) 용수공급의 감소

화천댐의 년평균 유하량은 32.3억 m³로서 이중 57.8%에 해당하는 18.6억 m³의 물이 완전 차단될 것으로 예상된다. 이는 비단 화천댐에만 영향을 주는 것이 아니라 화천댐 지하류의 춘천댐, 의암댐, 청평댐, 팔당댐 등에 연쇄적인 영향을 줌으로써 우리나라 수력에 의한 발전량에 감소를 초래할 뿐만 아니라 북한강 상류지역의 용수공급에도 지장을 줄 것이다. 화천댐의 경우 홍수기간중(7, 8, 6월)에는 총 연간 유하량의 약 25%가 흐르며 이 기간중 사용수량은 연간 사용수량에 14.3%이므로 홍수기간에는 금강산댐 건설로 완전히 물을 차단한다 하더라도 발전용수 및 기타 용수공급에 큰 위협을 주리라 판단되지는 않으나 홍수기간을 제외한 비홍수기간에서의 용수공급은 그 절대량이 현재에도 부족되는 상태에서 금강산댐 지점에서 유하되는 비홍수기 유하량 약 13억 m³가 차단된다면 화천댐 하류의 용수공급에 차질이 발생될 것이 우려된다. 따라서 인근 소양강댐의 주기능이 용수공급으로 전환되어 하류용수공급을 위주로 하는 운영체계가 되어야 하겠다.

(ii) 생태계의 변화

<표 6> 북한강 수계 발전량 감소

지 점	설비용량 (kw)	연간발전량(백만 kw)			
		현 재	금강산댐 건설 후	감산량	감산율 (%)
화 천	10.8만	329.9	199.39	130.97	39.7
춘 천	5.8만	168.6	168.60	60.19	35.7
의 암	4.5만	153.3	120.20	33.11	21.6
청 평	8.0만	266.0	205.90	54.68	21.8
팔 당	8.0만	366.0	350.94	26.35	7.2

댐건설 계획의 수립시에는 반드시 하류의 생태계가 파괴되지 않도록 일정한 유량을 공급하는 등의 특별한 고려가 선행되어야 한다. 이는 하천의 어족보호, 철새의 서식지 제공, 급격한 방류로 인한 하천의 세굴방지 등 가능한 한 댐건설 이전의 자연상태에서 변화가 없도록 하여야 하며 이를 위하여 계획이전에 많은 조사가 실시되는 것이 통례이다.

인간의 활동이 자연의 구조를 바꾸기는 하나 자연환경 자체를 변화시켜서는 안된다. 댐의 건설로 인하여 하류의 자연환경을 변화시키지 않게 하기 위하여 일정한 하천유지 용수를 공급하여야 하며 급격한 수위의 변동을 막기 위하여 조정지댐을 건설한다든지 하는 구조물적 조치가 취해져야 한다.

금강산댐 건설로 인하여 완전히 물이 차단된다 하면 이의 환경에 대한 영향은 매우 크다. 지하수의 저하로 인한 식물의 수분공급 부족, 어족의 고갈, 농작물의 피해, 산림의 황폐로 인한 유출현상의 변화등 실로 그 영향을 일일이 열거할 수 없다.

3. 댐 破壞에 대한 技術的 檢討

가. 댐 파괴로 인한 방류

댐으로부터 급격한 방류는 댐의 붕괴로부터 발생될 수도 있으며 경우에 따라서는 인위적인 수문 조작의 결과에 기인하기도 한다. 댐의 파괴는 여러가지 원인에 의하여 발생되며 근래에 특히 많은 댐이 세계적으로 건설되기 시작하면서 거의 5년마다 1개의 댐이 파괴되어 많은 인명과 재산의 피해를 주고 있다. 이러한 댐의 파괴는 근래에 와서 무기화되고 있음을 알 수 있다. 2차대전시에도 독일군에 의하여 댐을 파괴하고자 하는 계획이 수립되기도 하였으나 결국 이루어지지 못한 예도 있으나 댐의 파괴는 그 위력이 현대 무기의 몇배, 몇백배에 해당하리 만큼 대단하다.

현재(1977년)까지 보고된 세계 댐파괴 회수는 콘크리트 23개, 사력댐 64개로서 사력댐 및 흙댐이 전체 댐파괴 회수의 75%를 차지하고 있다. 또한 이에 대한

<표 5> 북한강 수계 유하량 감소

지 점	년평균유하량(m ³)	감소유하량(m ³)	잔류유하량(m ³)	감소율 (%)
화 천 댐	32.3억	18억	14.3억	55.3
춘 천 댐	38.4억	18억	20.4억	46.2
의 암 댐	57.9억	18억	39.9억	30.5
청 평 댐	79.9억	18억	61.9억	22.1
팔 당 댐	154.8억	18억	136.8억	11.4

<표 7> 댐 파괴로 인한 피해

댐 이름	발생년도	인명피해
South Forrk U.S.A	1889	2,142
Vajort Italy	1963	1,994
Iruka Japan	1868	1,200
Malpasset France	1959	421
St. Francis U.S.A	1928	400

피해도 대단하다. <표 7>

댐이 파괴되어 주는 피해도 크거나 인위적인 수문의 조작에 의하여 하류에 주는 영향도 대단하다. 수문 조작은 쉽게 이루어질 수 있으면 댐을 구조적 손해를 끼치지 않고 많은 양의 물을 방류함으로써 하류에 큰 피해를 줄 수 있다.

이러한 원인들에 의한 댐에서의 급격한 방류는 파괴의 형태, 파괴시간, 저수지의 크기등에 의하여 크게 영향을 받는다. [그림 5]에서 보는 바와 같이 댐의 일부분이 갑자기 파괴되는 경우 정지되어 있던 물은 하류로 흐름과 동시에 상류방향으로는 부파(Negative Wave)의 형태를 이루게 된다. 부파의 진행은 매우 빠르게 상류로 전달되며 하류로 방류되는 유량은 댐의 파괴 부분과 파괴시간이 극히 중요하다.

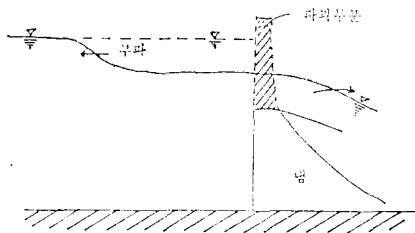


그림 5. 댐 파괴 현상

Concrete 댐등이 파괴되는 현상은 주로 균열이나 지반의 누수로 인하여 서서히 일어나는 것이 보통이며 콘크리트댐이 전도되거나 파괴되는 경우는 많지 않다.

따라서 콘크리트댐인 경우 댐으로 부터의 급작스러운 방류는 댐의 파괴시보다는 오히려 수문의 인위적인 조작에 기인한다고 가정하는 것이 타당하다. 그러나 흙댐(Earth Dam) 또는 사력댐(Rockfill Dam)의 경우는 다르다. 흙댐 또는 사력댐인 경우에 누수를 막아주는 심벽(Core)은 주로 불투성이 높은 진흙이나 진흙에 가까운 흙을 사용하는 바 이는 물이 넘치는 경우 또는 균열에 의하여 누수가 발생하는 경우에는 순식간에 파괴될 가능성이 높다. 이는 흔히 볼 수 있는 진흙이 물에 풀리는 것을 상상하면 된다. 세계의 주요댐 붕괴 사건들은 거의가 다 흙댐 또는 사력댐이라는 것을 보

아도 알 수 있다. 1976년 미국 아이다호주의 Teton 댐은 그 좋은 예라 할 수 있다.

준공과 동시에 담수를 시작하여 만수에 도달했을 때 댐은 수압을 견디지 못하고 순식간에 파괴되어 3억 5천만톤의 물이 하류로 흘렀다. 11명의 사상자와 4만 ha의 농경지를 침수시켰으며 13,000 두의 가축이 살해되었고 수천호의 집이 침수되었다. 이 예에서와 같이 흙댐 또는 사력댐은 파괴의 가능성이 콘크리트 중력식보다 높으며 또한 일시 파괴의 현상도 다른 종류의 댐보다 더욱 위험이 크다.

[그림 6]은 미국 Savage River의 댐에 대한 댐파괴시의 수문곡선을 보여주고 있다. 이 댐은 높이 45.0m의 댐이 인위적으로 폭 250m, 높이 18.5m의 개도가 발생하였다고 가정하였을 때 댐지점의 방류량 곡선이다. 저수지 길이는 약 4.0km이므로 매우 적은 농업용수댐으로서 폭은 300m, 단면적 $A_0=10,000m^2$ 이다. 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 18.5m×250.0m의 개도가 갑자기 발생하였다고 가정하여 댐지점에서의 수위를 계산하였다. 비록 크지는 않은 댐이지만도 유출수문곡선은 지의 지수함수적으로 감소됨을 알 수 있는 것이 물이 갑자기 방류되기 시작하면서부터 100초 이내에 첨두유량이 발생하였으며 그 크기도 $25,750m^3/sec$ 에 이른다. 따라서 댐파괴에 의한 첨두유량은 거의 순간적으로 발생하며 그 크기도 상상을 초월할 만큼 크다. 같은 수치실험을 불란서의 Avéne 댐에 대하여 실시하였다. Avéne 댐은 35백만 m^3 의 저수용량에 높이 57m의 적은 댐으로서 댐이 완전히 파괴되었을 경우 하류 50km까지 어느정도의 피해를 입는가에 대하여 수치해석을 실시하였다. 순간적으로 상승한 수위는 급격히 하강하면서 약 40분후에는 다시 댐붕괴 이전으로 돌아 갔다. 댐붕괴의 댐파괴파의 전파속도는 처음 10km에서는 약 11m/sec의 빠른 속도로 전파되면서 이는 하도의 마찰에 의하여 에너지가 감소되어 약 40km 지난 후에는 급격히 그 세력이 감소되어 약 3.0m/sec로 쇠퇴됨을 알 수 있었다. [그림 7]

이러한 조그만 댐의 파괴로 인하여 초속 10m/sec(또

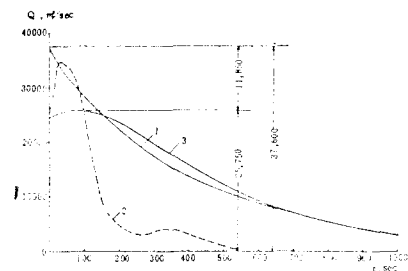


그림 6. 미국 Savage 저수지 파괴시 수문곡선

〈표 8〉

댐 파괴시 유량(파괴크기 높이 100m×넓이 200m)

PROFILE OF CRESTS AND TIMES FOR GUMKANGSAN DAM ON NORTH HAN RIVER						
DISTANCE DOWNSTREAM (km)	PEAK FLOW CMS	PEAK DEPTH m	FLOOD DEPTH m	TIME FLOOD hr	TIME PEAK hr	TIME DEFLOOD hr
0.00	336730.19	69.63	1.00	0.00	1.00	38.53
9.99	278052.31	80.56	1.00	0.31	1.31	46.97
20.00	258424.02	84.39	1.00	0.68	1.68	50.89
29.99	249652.09	82.65	1.00	1.08	2.08	53.06
40.00	243574.69	87.22	1.00	1.49	2.49	54.76

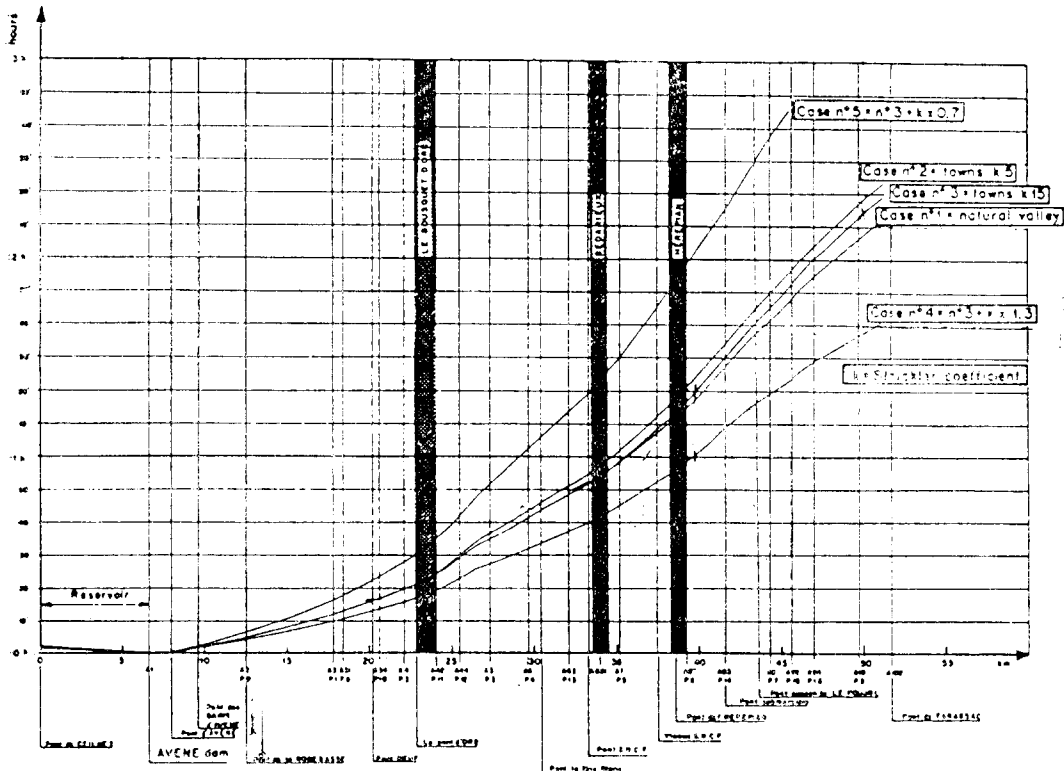


그림 7. 블란서 Avène 댐의 홍수파 전달속도

는 약 40km/hr)의 단파가 발생하며 이 홍수파로 인하여 하천에 설치되어 있는 각종 구조물은 거의 자취를 감추게 될 것이다.

다음은 미국의 National Weather Service의 Simplified Dam Break Program을 사용하여 금강산댐 모의 파괴 수치실험 결과이다. 앞서서도 기술한 바와 같이 댐의 파괴에 대한 영향은 파괴 조건에 따라 크게 변한다. 따라서 파괴 형상에 직접 영향을 받으므로 일률적으로 어떻다하는 것을 말할 수는 없으나 만일 댐의 파괴가 높이 100m×폭 200m로 이루어졌을때의 하류 40km까지의 追跡 결과이다. 댐지점에서의 순간 최대 유량

은 약 336,000m³/sec로서 40km 下流에 到達하는 시간이 1시간 30분정도 소요되며 또한 이예 40km 지점에서의 유량은 243,000m³/sec에 이른다. 이 엄청난 많은 물의 量은 결국 下流로 전파되며 各種 植生物이나 인근 주변지역에 미치는 영향이란 상상을 초월한다 하겠다.

나. 댐 破壞로 인한 第3國 被害에 대한 國際動向

세계의 주요댐에 대한 기술 협력, 안전 관리 등에 대한 민간협력기구인 국제대댐회(International Commission on Large Dams)는 1970년에 댐파괴로 인한 제삼

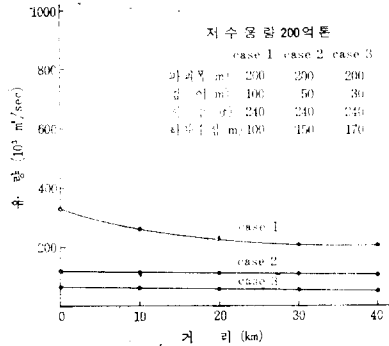


그림 8. 거리에 따른 철두유량 변화

국에 주는 피해에 대하여 국제적 공동조사를 하기 위한 기술분과위원회를 구성하였다. 이 기술분과위원회 (Committee on Risks to Third Parties From Large Dams)는 Unesco와 협조를 거쳐 1977년에 댐파괴에 따른 피해를 줄이기 위한 기술적, 법적인 규제에 대하여 제안하는 보고서를 제출하였다. 이 제안에 대한 주요 골자를 살펴보면 다음과 같다.

1. 댐관리 기구의 설립: 댐의 건설, 관리에 대한 기구를 설립하여 댐파괴로 인한 피해지역 조사, 피해예방방법의 강구 등을 취한다.
2. 댐 높이의 제한: 하류에 주는 위험도에 따라 댐의 높이에 제한을 둔다.
3. 저수지 용량의 제한: 지역에 주는 피해정도에 따라 저수지 용량의 제한을 설정한다.
4. 연쇄 댐이 있는 경우: 댐파괴에 의한 피해는 연쇄 댐이 있는 경우를 고려하여 종합적으로 검토되어야 한다.
5. 정보체계: 댐의 파괴시 주민에서 신속하게 경보하기 위하여 경보체계를 갖추어야 한다.

위와 같은 댐 피해를 줄이기 위한 조치 이외에도 설계, 시공, 관리 등에 대한 감독권한의 부여 등 많은 조치가 취어져야 함을 제시하고 있으며 특히 국제화된 경우 다음과 같이 제안하고 있다. (보고서 7.13)

“댐에 의한 파괴위험은 국가의 경계를 넘어 발생할 수 있다.…… 피해의 위험이 있는 제3국은 반드시 댐의 파괴에 의한 피해의 보상에 대하여 상호 협정을 하도록 주장하여야 한다.”

이와 같이 국제대담회에서는 댐의 파괴에 의한 제3국에의 피해를 최소화하기 위하여 하류의 중요도에 따라 댐높이의 제한, 저수지 규모의 제한 등을 제한함과 동시에 관련국가간에 협정을 갖도록 추천하고 있다.

4. 댐 建設

가. 댐 建設 過程

높이 200m의 사력댐의 일반 단면도를 [그림 8]에 나타내었다. 사력댐은 사면의 경사가 1:2~2:2.3으로 높이 200m인 경우 바닥의 단면폭이 약 830m 정도에 이르며 심벽(Core)의 단면폭도 150m 정도에 이르는 대규모 댐이다. 또한 만일 이를 콘크리트 중력식댐으로 건설한다면 [그림 10]과 같이 바닥의 폭이 150m에 이르는 육중한 댐이 될 것이다. 사력댐의 경우 전체적은 약 $50 \times 10^6 m^3$ 이 될 것으로 예상되며 이를 20t 트럭이 하루 1,000대씩 출을 실어 나르더라도 약 13년의 장구한 시일이 소요될 것으로 판단된다.

이러한 댐의 건설과정은 대강 다음과 같다. 우선 댐 지점에 진입하는 도로의 개설, 가배수로의 시공, 가물막이공사, 본댐 기초공사, 본댐 축조, 기다 발전소용 도수터널굴착, 발전소건설의 순으로 된다.

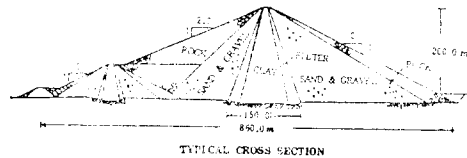


그림 9. 높이 200m의 사력댐 단면도

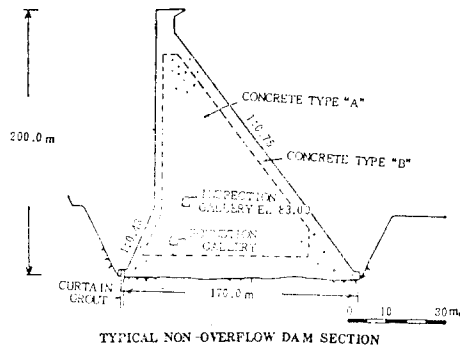


그림 10. 높이 200m 중력식댐의 단면도

가배수로라함은 하천의 물을 다른 곳으로 전환시켜 본댐공사에 하천수가 유입되지 않게 하기 위한 것이다 주로 이와같은 근강산댐 지점에서는 가배수로가 터널식으로 될 수 밖에 없다. 가물막이라 함은 홍수시 하천의 물이 본댐 공사장으로 유입되지 않게 하기 위하여 또하나의 작은 댐을 본댐 공사장 상류와 하류에 건설함으로써 본댐 근사장이 홍수와 하천수에 피해를 받지 않도록 설치되는 공작물이다. 사력댐인 경우에 가물막이는 콘크리트댐의 경우보다 크게 만들어야 한다.

본댐의 기초공사는 본댐이 안전하게 앉을 자리를 만

드는 것과 같다. 암반과 본댐사이에 누수가 발생하지 않도록 하여야 하며 지질적으로 좋은 암반을 골라야 한다. 가장 시간적으로 오래 소요되는 것은 본댐공사이다. 본댐은 매우 덩치가 크고 많은 흙의 양이 소요되므로 엄격한 공사관리가 필요한 곳이기도 하다.

사력댐은 주로 심벽재료인 진흙을 적당한 물을 살포하며 다지고 주위에 흙과 자갈, 그밖에 큰돌을 쌓음으로써 이루어 진다. 비교적 단순한 공정이지만 높은 품질관리가 필요하다. 이 밖에도 발전소에 이르는 터널의 굴착, 발전소건설 등으로 여러가지 공사가 동시에 이루어 진다. 특히 금강산댐의 경우 원산쪽으로 발전소를 설치함으로써 도수 터널의 길이가 30~60km가 된다고 하니 이 공사도 대단히 큰 공사라 할 수 있다.

나. 韓國의 댐 建設 技術

해방이후 한국의 댐 건설은 6·25 동란 말기인 1953년에 시작한 피산댐으로부터 시작된다. 그 후 춘천댐을 비롯하여 다목적댐인 소양강, 안동, 대청댐을 건설하였고 1985년에는 높이 97.5m이며 발전시설용량 400,000kw 인 충주댐을 건설하였다. 현재 합천, 주암, 낙동강 하구언, 임하, 강릉댐, 금강하구언 등 많은 댐과 하구언을 건설하고 있다.

〈表 8〉 한국의 주요댐 건설

완성년도	댐 이름	높이(m)	댐 형식
1965	춘천	40	중력식
1965	섬진	64	중력식
1973	소양강	123	사력
1976	안동	83	사력
1980	대청	72	중력및사력
1985	충주	97.5	중력

이들 댐은 순수한 한국의 기술과 기술진에 의하여 건설되었으며 현재까지 아무런 문제없이 운영되고 있다. 이러한 한국의 댐 기술은 이미 세계적으로 인정을 받아 네팔, 뉴기니아 등에 대규모 수력발전소를 건설한 경험도 갖고 있다.

5. 結 論

하천의 일부분이 어느 특정한 국가에 속하여 있다 하더라도 흐르는 물은 그 국가의 전유물이 아니다. 북한강의 일부가 북한에 속하여 있다하더라도 그 영토는 북한에 속하지만 흐르는 물까지 속하여 있는 것은 아니다. 몇 천년동안 하류의 주민은 상류로부터 흐르는 물을 사용하여 왔고 또한 현재도 사용하고 있다. 또한 이 흐르는 물을 근거로 하여 강에는 어류들이 서식하고 있으며 이 물을 근거로 하여 식물이 성장하고 있어 자연의 균형을 유지하고 있다. 이러한 자연의 법칙이 인공적으로 깨어진다고 할 때 이에 따른 피해는 우리가 예상하였던 정도를 훨씬 지나칠 수도 있다. 더구나 인명과 재산에 큰 위협을 주는 높은 댐의 건설은 당사자국간에 충분한 협의를 거쳐 계획, 시공되어야 한다.

하천은 한 나라의 전유물이 아니다. 이는 평화적으로 이용되어야 하며 인류복지를 위하여 사용되어야 한다.

북한강 뿐만 아니라 남북 공유하천의 평화적 이용을 위하여 다음과 같은 사항을 제안하는 바이다.

1. 남북 공유하천의 공동 개발을 위한 관리기구를 구성한다.
2. 보다 더 안전한 댐의 설계 및 시공·운영을 위하여 한국의 기술을 제공한다.
3. 금강산댐의 규모는 양국의 합의하에 하류의 피해가 되지 않도록 조정되어야 하며 그 운영과 관리에 있어서도 상호 협의하여야 한다.

* 學術研究發表 推進協議會(水文學會外 14개 學會로 構成) 主催 1986年 11月 28日 第1分科(水文·建設) 發表文