

기존 다목적댐의 발전가능량 재산정에 관한 연구

이진권, 최홍열, 황진열, 임지연, 이종석
한국수자원공사

The Re-termination of Hydro-electric Power Potential on Existing Multipurpose Dam

Jin-Kwon Lee, Hong-Yeol Choi, Jin-Yeol Hwang, Ji-Yeon Im, Jong-Seuk Yi
K-water

Abstract - 이 논문에서는 40년이상 사용으로 내용연수가 도래한 다목적댐의 수차발전기 개·대체 시기에 맞추어 건설당시와 많이 달라진 전력시장 환경 및 수문조건에 맞게 기존 다목적댐의 발전 가능량을 재산정하고자 한다. 현재 운영중인 다목적댐의 축적된 운영자료의 검토 및 분석을 기반으로 발전 에너지량 조사 및 가능량 재산정, 재무 타당성 분석을 통한 최적의 개발규모를 제시하였다.

1. 서 론

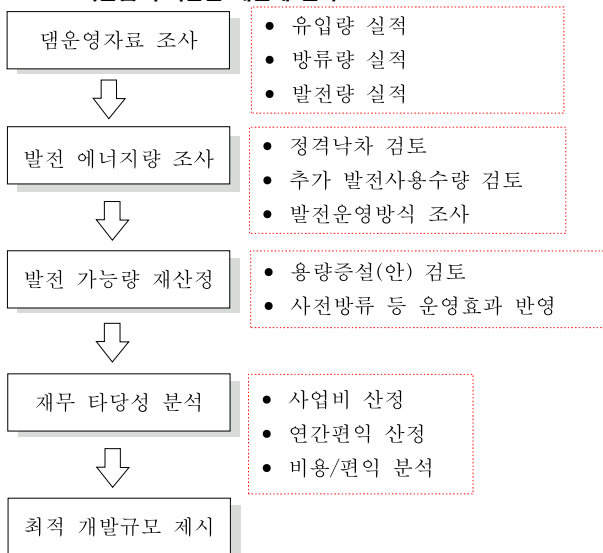
1970~80년대 우리나라도 산업화로 접어들면서 물의 이·치수는 물론 발전까지 할 수 있는 다목적댐의 건설이 본격화 되었다. 이때 만들어진 다목적댐의 발전설비는 이제 40년 이상 사용에 따른 노후화로 안정성 저하 및 고장 가능성이 증가하는 현실을 맞이하게 되었다. 이와 더불어 장기간 사용에 따른 수차효율 저하는 발전량 감소로 이어져 전기사업자에게 손실을 입히고 있다. 그리고 설계당시의 전력시장 환경 및 수문 조건은 현재와 차이가 갈수록 심화되고 있다. 이에 다목적댐의 수차발전기에 대한 개·대체에 대한 인식이 확산되고 있으며, K-water에서도 안동댐을 시작으로 수차발전기 현대화가 본격적으로 시행되고 있으며 계속해서 노후 다목적댐의 수차발전기의 현대화가 계획을 수립 중에 있다. 이 논문에서는 K-water가 운영중인 대형댐을 샘플로 하여 향후 수차발전기 현대화 시 논의 검토되어야 할 부분에 대해 댐운영 자료조사부터 재무 타당성 분석까지 검토하여 향후 기존 다목적댐의 수차발전기 개·대체 시 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 기존댐 수력발전 재설계 절차

기존 다목적댐을 이용한 수력발전 설계는 신규댐 설계와 크게 다르지 않으나 가장 큰 두가지 차이점은 운영하면서 축적한 신뢰할 수 있는 실제 데이터 값을 활용할 수 있다는 점과 기존 토목 구조물을 재설계 시 어떻게 반영할 것인가가 가장 큰 차이점이라고 할 수 있으며 절차는 아래 표와 같다.

〈표 1〉 기존댐 수력발전 재설계 절차



2.2 기존댐 발전가능량 재산정

이번 재설계에 활용한 대형댐은 금강수계에 위치하고 있으며 1980년 건설되었으며 유역면적은 금강유역의 총 42%를 차지하고 있다. 발전시설용량은 90MW(45MW 2기)로 홍수조절용량은 250백만m³을 가지고 있으며 댐 및 발전설비 제원으로 아래 표와 같다.

〈표 2〉 댐 시설 제원

구 분	상시만수위	홍수기제한수위	저수위	총저수용량	유효저수용량	홍수조절용량	계획 용수공급량			
							계	생·관개	유지	
단 위	EL.m	EL.m	EL.m	백만 m ³	백만 m ³	백만 m ³	백만 m ³ /년			
대형댐	76.5	80.2	60.0	1,490	790	250	1,649	1,300	349	-

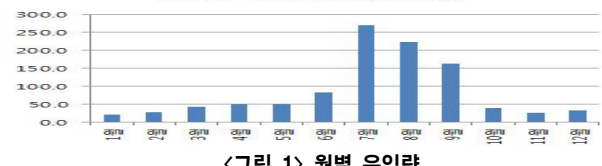
〈표 3〉 대형댐 발전설비 제원

구 분	단 위	내 용	구 분	단 위	내 용
발전 용량	kW	90,000	정격 낙 차	m	38.7
연간 발전량	GWh	196	설계 최대사용수량	CMS	264.0
			발전기 형식	-	FRANCIS

2.2.1 기존댐 운영자료 조사

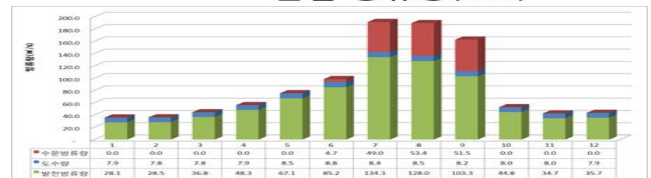
댐 운영자료는 댐 준공이후 33년간(1981~2013)의 자료를 활용하였으며 유입량 및 방류량(발전방류량 + 무효방류량 + 용수공급량)은 우리나라 강우특성상 7~9월에 집중되는 것을 아래 그림을 통해 볼 수 있으며 이에 따라 홍수기 6~9월 발전량이 연간 발전량의 49%를 차지하고 있다. 그리고 이 기간동안의 일평균 발전시간은 2대기준 6시간이며 이 값은 최초 설계시 90MW 첨두 5시간 + 홍수기 추가 발전시간과 거의 일치하는 것으로 파악되었다.

월별 유입량(cms)



〈그림 1〉 월별 유입량

월별 방류량(cms)

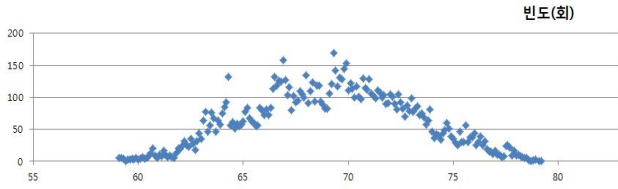


〈그림 2〉 월별방류량(발전방류량 + 무효(수문)방류량+ 용수공급량)

2.2.2 발전가능량 재산정

낙차산정을 위해 저수위(EL. 60.0m, 상시만수위(EL. 76.5m), 홍수위(EL. 80.2m)는 기존댐 값을 활용하였으며 정격수위는 기존 설계값, 무게중심법, 다중빈도 수위법, 운영평균저수위 중 평균 저수위를 산정하였다.

기존 설계 : 저수위와 상시만수위의 중간값
무게중심법: 저수위 +(상시만수위-저수위) ×2/3
평균저수위: 33년간 운영 평균 저수위



〈그림 3〉 저수위 다중빈도

연평균(33년) 대청댐 수위



〈그림 4〉 월평균 대청댐 저수위

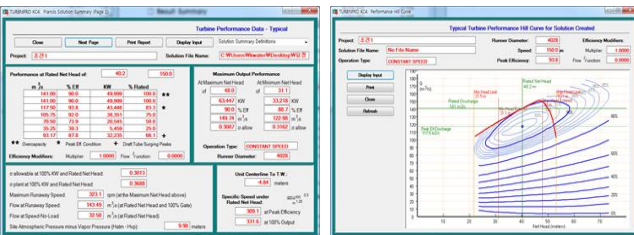
〈표 4〉 재산정시 정격저수위 검토

구 분	기 준	무게중심법	다중빈도 수위법	평균저수위
정격저수위(EL. m)	68.25	71.0	69.3	69.2

개체제시 용량증대 검토를 위해 기존 발전소의 설비용량과 단계적으로 용량을 증가시켜 용량별 정격낙차(평균저수위-방수로 평균수위 - 유량별 손실수두)를 산정하였다. 이때 손실수두는 대청댐 실시설계 시 검토되었던 값을 활용하였다. 방수위의 값은 신뢰도가 높은 1986년 이후의 평균 값을 적용하였으며 발전사용수량은 33년 평균 발전용량(65.3cms)과 무효방류량(12.49cms)을 고려 설비용량으로 산정하였으며 이를 용량별 발전기 제원검토(TURBINPRO 활용)에 활용 하였다.

〈표 5〉 용량별 사용수량 산정

구 분	낙차(m)	사용수량 (cms)	손실수두 (m)	정격낙차 (m)	비고
90MW(45x2)	39.3	264	0.6	38.7	당초
100MW(50x2)	40.86	282	0.68	40.18	↑ 1.48m
110MW(55x2)	40.86	310	0.83	40.03	↑ 1.33m
120MW(60x2)	40.86	338	0.98	39.88	↑ 1.18m



〈그림 5〉 50MW시 발전설비 제원 검토(Turbinpro 활용)

용량별 연간발전량은 33년 간 데이터를 이용하여 발전용량별 무효방류량 감소에 따른 증가분을 고려하여 산정하였다.

〈표 6〉 용량별 연간발전량 산정

구 분	정격낙차 (m)	사용수량 (cms)	연간발전량 (GWh)	무효방류량 (백만 m³)
90MW(45x2)	38.7	264	197.9	394
100MW(50x2)	40.18	282	201.8	↓ 30
110MW(55x2)	40.03	310	204.6	↓ 58
120MW(60x2)	39.88	338	207.4	↓ 85

2.2.3 재무 타당성 분석

각 안에 대한 대략공사비 산정은 기존 문헌과 안동댐 타당성 검토서상의 간접공사비 및 기타비용 비율을 적용하여 계산하였다.

〈표 7〉 대략 공사비 산정

구 분	90MW (45x2)	100MW (50x2)	110MW (55x2)	120MW (60x2)
직접공사비 합계(①)	58,151	80,775	86,481	92,083
간접비 등 기타비용(②)	5,815	8,077	8,648	9,208
총 공사비(①+②)	63,966	88,852	95,129	101,292

재무 타당성 분석조건 및 공사비는 각종 문헌을 참고로 발전설비 분석 기간 30년, 유지관리비는 K-water 점검정비비 실적('06~'13)을 근거로 1.49%, 법인세는 매출원가 초과분의 22%으로 적용하였다. 발전수익에 직접적인 영향을 미치는 송전량에 적용되는 소내소비율 및 사고보수율은 K-water의 실적('06~'13)만영 각각 1.66%, 1.98%등을 적용하였다.

$$\text{송전량} = \text{발전량} \times (1 - \text{소내소비율}) \times (1 - \text{사고보수율})$$

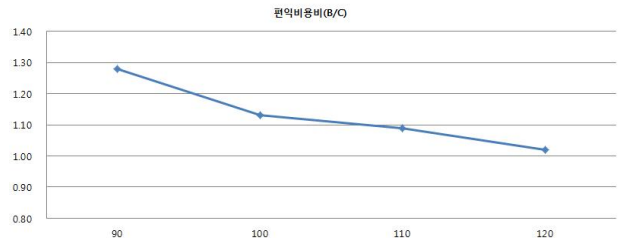
SMP가격은 각종 보고서의 값 중 보수적인 값인 110.06원을 적용하였다.

〈표 8〉용량별 재무타당성 분석

[백만원]

구 분	90MW	100MW	110MW	120MW
□ 비용(C)의 현재가치	238,559	274,852	288,489	313,211
□ 편익(B)의 현재가치	305,130	311,158	315,457	319,729
□ 연간균등 비용	16,414	18,911	19,850	21,551
□ 연간균등 편익	20,995	21,409	21,705	21,999
□ 연간균등 순편익	4,580	2,498	1,856	449
□ 순편익(NPV, B-C)	66,571	36,307	26,968	6,519
□ 내부수익률(IRR)	13.75 %	8.95 %	8.1 %	6.08 %
□ 사업비 회수기간	7.1 년	10.3 년	11.1 년	13.7 년

설비용량이 증가함에 따라 B/C는 낮아짐을 볼 수 있으며 이의 가장 큰 원인은 공사비 증가에 있는 것으로 사료된다.



〈그림 5〉 편익비용비 (B/C)

3. 결 론

기존 다목적댐의 발전 가능량 재산정 결과 대청댐의 경우 홍수기시 많은 무효방류량이 발생하여 수차발전기 용량증대 시 발전량은 증가하나 평균수기에는 수차발전기 용량증대 효과를 거의 볼 수 없음을 알 수 있었다. 그리고 용량증대 시 토목공사비의 증가가 발전량 증가의 상당부분을 상쇄시키는 것으로 나타났다. 그러므로 향후 수차발전기 개·대체 시에는 토목 공사비를 최소화 할 수 있는 방안, 즉 기존 토목 구조물은 최대한 그대로 활용하고 개·대체 시 효율이 향상된 수차 및 발전기의 도입을 통해 설비용량을 증대시키는 것이 최고의 방안이 될 수 있다고 하겠다. 이와 더불어 최근 급변하는 기후변화에 따라 실측유입량의 반영 기간에 따라라도 발전 가능량이 달라질 수 있고 향후 용수공급 계획등 많은 변수가 있기 때문에 보다 다각적이고 장기적인 검토가 필요하다고 여겨진다.

[참 고 문 헌]

- [1] K-water, "소수력 발전 및 송전선로 설계 매뉴얼", 2011.10.
- [2] 건설부, "대청다목적댐 실시설계 보고서", 1974. 8.
- [3] 건설부, "댐시설기준", 1993.
- [4] KDI, "수자원부문의 예비타당성조사 표준지침 수정보완연구", 2008.
- [5] "Hydropower Resource Assessment at Existing Reclamation Facilities", 2011.
- [6] K-water, "안동댐 노후설비 개대체 타당성 조사", 2012.
- [7] 한국산업조직학회 "전력산업구조연구보고서", 13.10.