

- 01. 기후변화 및 노후화에 대비한 기존댐 안전성 강화
- 02. 재해환경 변화에 따른 노후 저수지(Fill Dam) 안전관리
- 03. 노후 댐의 내진 성능평가
- 04. 용수댐 안정성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안

4. 우리나라의 대처방안

(주)한국수력원자력의 경우 댐 본체와 부대시설들에 대한 종합적인 내진성능평가를 실시 중에 있으며 한국시설안전공단과 관련 업체 등이 수행중이다. 현재는 종합적인 내진성능평가에 대한 기준이 없는 상태이나 (주)한국수력원자력의 내진성능평가 사업을 통해 기준이 수립될 전망이다. 따라서 향후 한국수자원공사나 한국농어촌공사도 수립된 기준에 의해 관리하는 댐에 대해 순차적으로 종합 내진성능평가를 수행할 필요가 있다.

5. 결론

(본고를 통해 댐설계기준(2011년)에서 요구하는 댐의 종합적인 내진성능확보 여부를 평가하기 위한 전반적인 내용을 살펴보았다. 댐의 내진 성능평가의 정의, 외국의 동향 등을 살펴본 후 우리나라의 대처방안에 대해 살펴보았으며 이를 통해 종합적인 내진성능 평가기준의 조속한 수립 및 국내 주요 댐들에 대한 순차적인 종합 내진성능평가가 필요함을 알 수 있었다.



용수댐 안정성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안

김경욱 부사장 : ㈜이산 수력부

04

최근 전 세계적으로 기후변화, 지진 등으로 인한 자연재해 발생빈도가 점차 증가하고 있는 추세이며, 우리나라 또한 예외는 아니다. 과거에 비해 홍수발생 규모가 커지고 있으며, 2016 경주지진(5.8), 2017년 포항지진(5.4) 등 지진 발생 빈도와 규모가 점차 늘고 있다.

이러한 가운데 K-water가 관리중인 용수 전용 댐의 경우 담수 후 30년 이상 경과한 댐이 50%를 차지하여 각종 시설 및 설비의 노후화가 진행 중에 있다. 이러한 기후변화, 지진, 댐 노후화 등 외적요인은 댐 안전을 위협하고 있으며 시설물 관리에 중요성이 대두되고 있다.

방류시설(Outlet works)은 운영 또는 유지관리시 저수지를 비워야 할 경우 등 저수지의 안전측면에서 반드시 설치되어야 하는 시설물이며, 용도에 맞는 기능이 발휘될 수 있도록 충분한 방류능력을 갖춰야 하나 기 설치된 대부분의 비상방류관은 능력이 부족한 실정이다.

따라서 댐은 문제 발생시 사회, 경제적으로 미치는 파급효과가 막대한 시설로서 철저한 안전관리가 필요하므로 용수댐을 안전하게 관리하기 위해서는 사고발생 개연성에 대한 대처가 가능하도록 적정 비상방류시설 확보가 요구된다.

1. 댐 비상방류시설 규모산정 기준

방류시설(Outlet works)은 여수로와는 별도로 여수로 웨어마루 이하의 저수용량을 배제시키는 시설물로서 저수지 초기 담수시 담수속도조절, 운영 또는 유지관리시 저수지를 비워야 할 경우 등 저수지의 안전측면에서 반드시 설치되어야 하는 시설물이며, 용도에 맞는 기능이 발휘될 수 있도록 충분한 방류능력을 가지고 있어야 한다.

미국, 영국, 일본 등 해외에서는 방류시설 규모에 대해 적정 기준을 만족하도록 댐별 방류시설을 설치하여 용수공급, 수위저하 등의 목적으로 활용하고 있다.

국내의 경우 2011년 댐 설계기준 개정시 『비상방류설비(low-level outlet, bottom outlet)』로 명명하고, 규모산정 기준은 비상 방류시 저수지 수위를 가능한 한 단기간에 배제하는 것이 바람직하므로 “최대한 크게” 계획하도록 하였다. 이는 배제기간 동안의 유입량 및 배제목표 시간 등의 지배적 인자에 대해 일관된 적용이 어려울 수 있다.

또한, 댐 시설을 영구적으로 안전하게 관리하기 위해서는 댐의 수명 및 상태를 고려한 사고발생의 개연성에 관한 대처능력의 확보가 중요하므로 이러한 관점에서 비상방류시설을 계획하거나 운영하는데 기준이 되어야 할 규모산정 가이드라인이 필요하다.

- 01. 기후변화 및 노후화에 대비한 기존댐 안전성 강화
- 02. 재해환경 변화에 따른 노후 저수지(Fill Dam) 안전관리
- 03. 노후 댐의 내진 성능평가
- 04. 용수댐 안정성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안

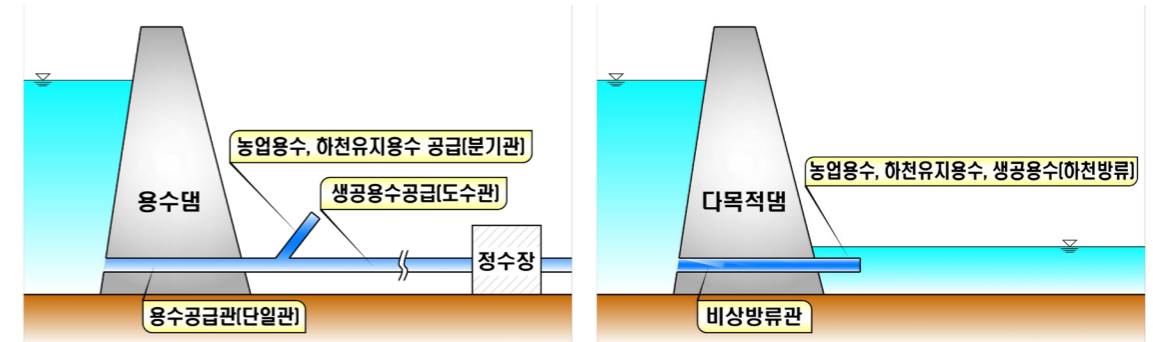
따라서 기존댐 방류시설 현황분석, 수위배제용 시설의 적정규모, 국내외 비상방류시설 설계기준 등의 검토를 통해 현재 『댐 설계기준(2011, 수자원학회)』에 따른 설계수행 인자와 유의사항을 연구하고 댐 설계시 방류시설의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 시설을 계획할 수 있도록 적정 규모산정 기준을 제시하고자 시행한 『댐 비상방류시설 규모산정기준 수립연구(2013, 한국수자원공사)』에서 도출된 주요내용을 정리하면 다음과 같다.

〈표 1〉 비상방류시설 규모산정 기준

구 분	댐 설계기준(2011)	비상방류시설 규모산정기준 수립용역(2013.11)
저수지 수위배제기간	· 가능한 한 저수지를 단기간에 배제, 최대한 크게 계획	· 배제수심 : 40~50일 이내 · 배제수심 상위 75% : 7~10일 이내
배 제 기 간 산 정 기 준	수위배제 대상범위	· 여수로 웨어 마루고 이하
	저수지 유입량	· 여수로 웨어 마루표고 ~ 저수위
	시설계획	· 비상방류 필요시기와 댐 안전에 관한 시급성 등 불확실성이 있으므로 홍수기(6~9월) 평균 유입량에 기초한다.
기 타	· 유입구는 사수위보다 높게 설치하여 퇴사에 의해 유입구 막히지 않도록 계획	· 수도용수 공급관로를 방류관에서 직접 분기하게 되면 농업용수와 생공용수를 분리하여 취수할 수 없거나, 방류설비 운영으로 인한 불안정한 흐름과 관압저하 등의 영향이 미치게 되므로 수도용 관로와 방류관은 별도로 구축하여야 한다.
기 타	· 수위 급저하, 하류하천 피해, 저수지 주변사면 슬라이딩 방지	· 비상방류시 저수지 수위저하로 댐 및 저수지 주변사면에 슬라이딩이 발생되지 않도록 수위저하속도를 측정하여 필요시 방류밸브 개도조정을 실시한다.

2. 용수댐 방류설비 현황

수자원공사에서 관리중인 용수댐 14개소 중 최근 준공된 3개댐(대곡, 감포, 평림)만 비상방류시설을 구비하고 있을 뿐 대부분의 용수댐은 도수관로를 통해 정수장 등의 수도시설에 직접 용수를 공급하는 기능만을 목적으로 설계, 건설되어 사실상 방류기능을 확보하지 못한 것으로 조사되었다. 또한 하천유지용수 및 소규모 하천공급이 필요한 경우, 대부분의 용수댐은 도수관로에서 분기된 이토밸브를 개방하는 개념으로 방류하고 있으며 전용밸브의 미설치로 인하여 진동 및 도수관로 내 압력저하 등으로 그 배제 가능량 자체도 미미할 것으로 판단된다. 따라서 안전한 댐 운영 및 유지관리를 위한 방류기능을 확보하기 위한 대책 마련이 필요하다.



〈그림 1〉 용수댐과 다목적댐의 비상방류설비 비교

〈표 2〉 기존 용수댐 비상방류시설 방류체계 현황

구 분	기존 방류시설		유출고 (E.L.m)	비고
	방류체계	방류관 현황		
광동댐	취수탑→도수관로(1,500)→비상방류관 방류	○	643.50	D1,500mm
달방댐	취수탑→도수관로(1,200)→이토관 방류	×	64.63	
영천댐	취수탑→도수관로(1,500)→이토관 방류	×	125.28	
안계댐	취수탑→도수관로(1,000)→이토관 방류	×	7.60	
감포댐	취수탑→도수관로(700) →비상방류관 방류	△	8.10	D700mm
대곡댐	취수탑→도수관로(1,200)→비상방류관 방류	○	78.00	D1,200mm
사연댐	취수탑→도수관로(1,200)→이토관 방류	×	24.39	
대암댐	취수탑→도수관로(1,800)→이토관 방류	×	34.25	
선암댐	취수탑→도수관로(1,200)→이토관 방류	×	9.60	
연초댐	취수탑→도수관로(500) →이토관 방류	×	28.90	
구천댐	취수탑→도수관로(900) →이토관 방류	×	46.00	
수어댐	취수탑→도수관로(800) →농업관 방류	○	37.00	D800mm
평림댐	취수탑→도수관로(1,500)→비상방류관 방류	△	80.00	D800mm
운문댐	취수탑→도수관로(1,200)→비상방류관 방류	○	105.70	D1,200mm

- 01. 기후변화 및 노후화에 대비한 기존댐 안전성 강화
- 02. 재해환경 변화에 따른 노후 저수지(Fill Dam) 안전관리
- 03. 노후 댐의 내진 성능평가
- 04. 용수댐 안정성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안

3. 용수댐 비상방류설비시설 규모 검토

수자원공사에서 관리중인 용수댐 14개소에 대한 기존 비상방류시설의 규모를 "댐 비상방류시설 규모산정기준(2013. 11)"을 적용하여 검토한 결과, 비상방류능력이 확보된 댐은 5개소, 확보가 필요한 댐은 9개소로 나타났다.

〈표 3〉 기존 비상방류시설 규모검토 결과

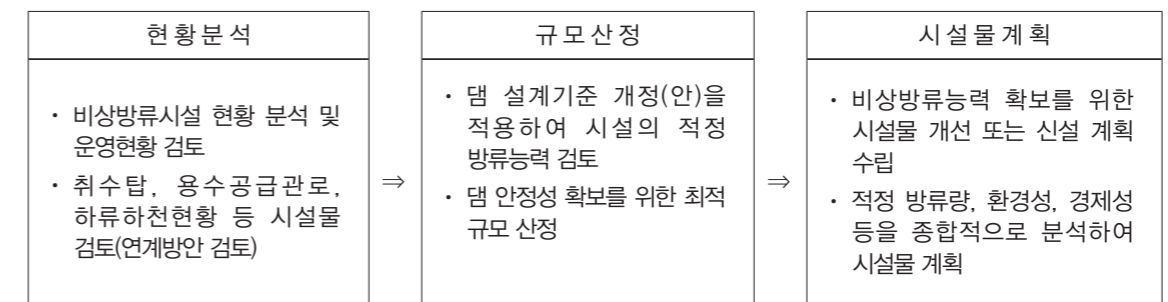
구분	배제용량(백만 ³)		홍수기(6~9월) 평균유입량 (m ³ /s)	용수공급 계획량 (m ³ /s)	방류관 현황 (mm)	소요 방류관 (mm)	검토 결과	비고
	전량	상위 75%						
광동댐	2.7	0.8	6.432	0.836	○ (1,500)	1,200	기준규모 충분	
달방댐	7.5	3.3	2,185	0.463	×	900	전용관 신설 필요	
영천댐	43.5	14	10,727	8,113	×	1,800	전용관 신설 필요	외부 유역 유입 차단
안계댐	12.9	4.2	0.301	3.108	×	800	전용관 신설 필요	외부 유역 유입 차단
감포댐	2.2	0.9	0.242	0.052	△ (700)	500	기존관 활용 상세 검토필요	
대곡댐	23.1	11.6	2,525	-	○ (1,200)	1,400	추가 방류시설 필요	
사연댐	19.5	6.6	6,649	2,086	×	1,300	전용관 신설 필요	
대암댐	3.8	1.1	5,130	5,787	×	450	전용관 신설 필요	외부 유역 유입 차단
선암댐	1.5	0.5	0.078	1,113	×	-	영천댐 도수로 유입수차단필요	외부 유역 유입 차단
연초댐	4.0	1.5	0.958	0.198	×	800	전용관 신설 필요	
구천댐	8.9	3.5	0.974	0.240	×	900	전용관 신설 또는 관로개선 검토	
수어댐	22.2	7.5	5,163	6,323	○ (800)	800	농업관 개선 검토	
평림댐	8.3	3.4	1,177	0.442	△ (800)	800	기존관 활용 상세 검토 필요	
운문댐	74.2	26.0	15,897	5,151	○ (1,200)	1,700	추가 방류시설 필요	

주) 방류관 현황의 ○ (전용관로 확보), △ (분기관이나 방류기능 있음), × (방류기능 없음)

4. 비상방류능력 확보방안

비상방류시설은 예측 불가능한 비상 상황에서 저수지 수위저하를 목적으로 하는 시설물로 방류능력은 저수지 유입량을 감안하여 그 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 하여야 한다. 방류기능을 충분히 발휘하기 위해서는 우선 비상방류 전용관을 확보하여 수리적으로 방류량을 안전하게 소통시켜야 하며, 용수댐의 특성상 비상시에 댐 하류의 기존 용수공급량을 어떠한 경우든 충족시켜 줘야 한다. 비상방류능력 확보방안은 댐별 특성을 고려하여 최적의 비상방류능력 확보방안을 수립하였으며, 다음과 같은 절차로 검토하였다.

〈표 4〉 비상방류능력 확보방안 수립절차



〈표 5〉 비상방류능력 확보방안 선정시 고려사항

기존 관로 활용	소규모 시설 확충	터널신설
<ul style="list-style-type: none"> 전용관의 방류능력이 충분한 경우 분기관이지만, 용수공급 및 방류능력을 충족하는 경우 용수공급+자체유입량 조건시 배제 가능시 	<ul style="list-style-type: none"> 방류능력이 일부 부족한 경우 배제량이 작고, 배제수심 낮은 경우 도수관경≥소요관경인 경우 ※ 사이펀, 펌프, 관로개선 	<ul style="list-style-type: none"> 방류시설 없고, 취수탑 불안정한 경우 배제량이 많고, 배제수심이 깊어, 소규모 시설로는 방류능력 확보가 안되는 경우 ※ 취수탑(Intake) + 터널

- 01. 기후변화 및 노후화에 대비한 기존댐 안전성 강화
- 02. 재해환경 변화에 따른 노후 저수지(Fill Dam) 안전관리
- 03. 노후 댐의 내진 성능평가
- 04. 용수댐 안전성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안

〈표 6〉 댐별 비상방류능력 확보 기본구상

구 분	계 획				주요 고려사항	
	방 안	방류관 (mm)	배제일수		취수탑 안전성	대책요구 배제수심
			H ₇₅	전체		
광동댐	기존관로 활용(감세공설치)	-	1.3	4.5	없음	-
달방댐	터널신설(intake+터널)	900	2.6	28.3	확 보	H ₇₅ ~저수위
영천댐	터널신설(취수탑+터널)	1,800	9.0	31.1	미확보	웨어고~저수위
안계댐	터널신설(intake+터널)	800	9.2	30.8	미확보	웨어고~저수위
감포댐	기존관로 활용(옹벽보강)	-	3.5	9.9	확 보	웨어고~저수위
대곡댐	소규모 시설확충(펌프시설)	-	9.9	26.2	확 보	웨어고~H ₇₅
사연댐	터널신설(취수탑+터널)	1,300	9.0	31.5	미확보	웨어고~저수위
대암댐	소규모 시설확충(사이편)	450	9.7	35.7	미확보	웨어고~저수위
선암댐	기존관로 활용(-)	-	5.2	16.9	-	-
연초댐	터널신설(취수탑+터널)	800	8.6	27.0	미확보	웨어고~저수위
구천댐	소규모 시설확충(관로개선)	900	7.4	22.8	확 보	웨어고~저수위
수어댐	기존관로 활용(방류밸브설치)	-	1.3	35.6	확 보	-
평림댐	기존관로 활용(방류밸브설치)	-	9.4	25.7	확 보	웨어고~저수위
운문댐	터널신설(intake+터널)	1,700	8.1	46.9	미확보	H ₇₅ ~저수위

주) 취수탑 안전성은 「용수댐 시설중심의 성능개선 기본계획(한국수자원공사, 수립중)」 자료임.

5. 댐별 주요시설물 계획

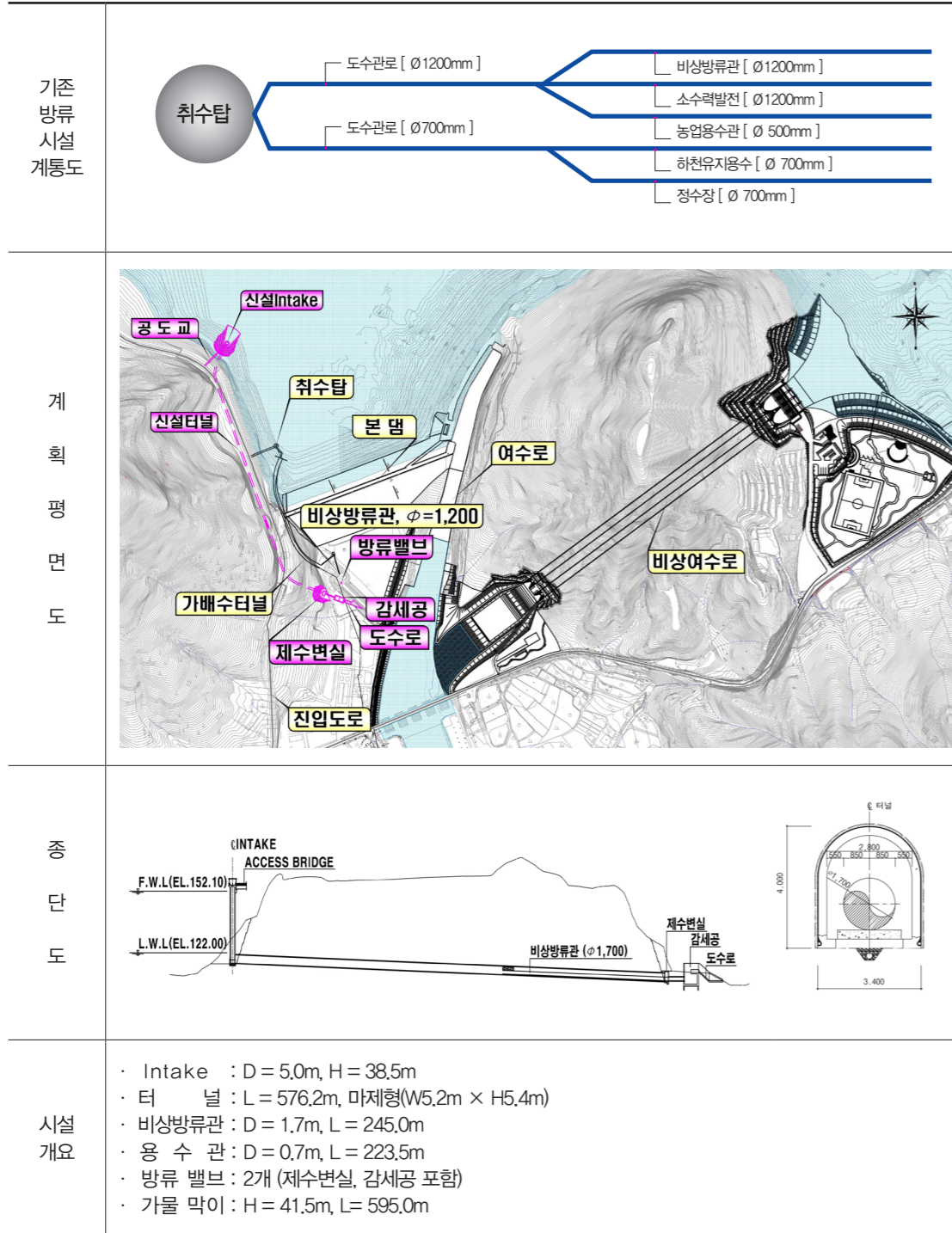
비상방류능력 확보 기본구상을 요약하면 용수댐 14개소 중 터널신설 6개소, 소규모 시설확충 3개소, 기존관로 활용 5개소로 계획되었다.

각 댐별 주요시설물 계획은 다음 〈표 7〉과 같으며, 가장 시설물 규모가 큰 운문댐에 대한 시설개요 및 계획도는 〈그림 2〉와 같다.

〈표 7〉 댐별 주요시설물 계획

구 분	기본구상	주요시설물
광동댐	기존관로 활용(감세공설치)	감세공 1식
달방댐	터널신설(intake+터널)	터널 : W3.4×H4.0, L=450m 비상방류관 : D0.8m, L=642m 가물막이 : L=364m
영천댐	터널신설(취수탑+터널)	터널 : W5.2×H5.4, L=593m 비상방류관 : D1.8m, L=330m 가물막이 : L=420m
안계댐	터널신설(intake+터널)	터널 : W3.4×H4.0, L=417m 비상방류관 : D0.8m, L=423m 가물막이 : L=264m
감포댐	기존관로 활용(옹벽보강)	옹벽보강 : L=30m
대곡댐	소규모 시설확충(펌프시설)	펌프시설 : 8.5m ³ /min × 17.5mH × 45kW × 23대 부지조성 : 1식
사연댐	터널신설(취수탑+터널)	터널 : W7.2×H5.5, L=255m 비상방류관 : D1.3m, L=261m 가물막이 : L=327m
대암댐	소규모 시설확충(사이편)	사이편 : D0.45m, L=239m
선암댐	기존관로 활용(-)	-
연초댐	터널신설(취수탑+터널)	터널 : W4.1×4.4H, L=311m 비상방류관 : D0.8m, L=339m 가물막이 : L=162m
구천댐	소규모 시설확충(관로개선)	가압펌프 : 1식 취수 보 : 1식 관로개선 : D0.9m, L=11m
수어댐	기존관로 활용(방류밸브설치)	방류밸브 1식
평림댐	기존관로 활용(-)	-
운문댐	터널신설(intake+터널)	터널 : W5.2×H5.4, L=576m 비상방류관 : D1.7m, L=245m 가물막이 : L=595m

- 01. 기후변화 및 노후화에 대비한 기존댐 안전성 강화
- 02. 재해환경 변화에 따른 노후 저수지(Fill Dam) 안전관리
- 03. 노후 댐의 내진 성능평가
- 04. 용수댐 안전성 강화를 위한 비상방류능력 확보방안



〈그림 2〉 운문댐 비상방류설비 시설계획도



참고문헌

- 용수댐 비상방류능력 확보방안 수립용역(2014, K-water)
- 비상방류시설 규모산정기준 수립용역(2013. 11 한국수자원공사)
- 댐설계기준(2011, 한국수자원학회)

Korea National Committee on Large Dams



II. 국내·외 댐 이슈

- ① 오로빌댐 여수로 붕괴위기와 복구현황
- ② 푸에르토 리코 과타하카 댐 여수로 구조적 손상 사례
- ③ 울산 약사동 제방
- ④ 한국 고대의 수리시설
- ⑤ 댐 주변의 친환경 보전과 활용을 준비할 때

