

# 성덕댐 여수로 수리모형실험 연구

## Hydraulic Model Test for Seongduk Dam Spillway

장석환\*, 최병규\*\*, 구본웅\*\*\*, 김성택\*\*\*  
Suk Hwan Jang, Byung Kyu Choi, Bon Woong Goo

### Abstract

In this study, various hydraulic phenomena were analyzed from the dam model experiments and the analyzed results were compared with existing computation results. Sungduk dam model structures were constructed using Froude similarity law by 1:50 scale. From the measurements of hydraulic phenomena at spillway channel, an improvement method was trying to be suggested over shortcoming of existing design plan. The result of model experiment showed no big difference with that of each part's numerical interpretation. Sidewall overflows were observed, as water conveyance occurred due to the linear characteristics of spillways, which raised the necessity for improving the linear forms of spillways. Also, it was judged to be necessary improving load pressure and establishing protective structures at the riverbed grounds of downstream channels.

*Key words : spillway, hydraulic model test, improvement method*

### 1. 연구목적 및 범위

본 연구는 수리모형실험을 통하여 성덕댐 기본설계에 대한 수리현상을 검토하여 문제발생소지를 예측하고 적절한 기본설계가 이루어질 수 있도록 필요한 자료 제공 및 설계검토에 있다. 성덕댐의 여수로의 설계홍수량은 PMF인 1,004.0m<sup>3</sup>/s 유입량에 대하여 방류량 852.8m<sup>3</sup>/s로 설계되어 있고 100년 빈도 및 200년 빈도 홍수에 대한 방류량은 49.0m<sup>3</sup>/s이고 감세공의 설계 홍수량은 150 m<sup>3</sup>/s로 설계되었다. 이러한 조건으로 월류 및 방류 시켰을 때 저수지의 월류 능력을 검토하고, 급경사수로에서의 압력을 계측하고, 감세지의 효율성 등을 검토하며, 아울러 설계 상에 나타나지 않는 특이한 수리학적 현상을 규명하여 실시설계에 참고가 될 수 있도록 하고 본 실험의 범위는 댐체 상류의 유입부, 방류시설, 감세공, 하류하천 등에 대한 모형실험을 통하여 수리적 안정성을 검토하고자 한다.

모형실험의 축척은 1/50으로 결정하였으며 댐 및 여수로, 하류하상은 아크릴과 콘크리트로 제작하였으며 유량공급은 사각위어를 사용하였으며 문비 개도를 통하여 비상여수로와 상용여수로의 유량계수를 검증하여 저수지내의 방류량-수위 관계를 검증하였고 설계방류량 조건에서 문비 교각 형태, 최적의 여수로 형태 및 최적 감세를 위한 감세공의 제원 등을 수정하여 수리학적 안정성을 개선할 수 있는 방안을 모색하였다.

\* 정회원 · 대전대학교 건설시스템 공학과 교수      · E-mail : drjang@daejin.ac.kr  
\*\* 정회원 · 삼안 건설기술공사 부사장 수자원기술사      · E-mail : bkchoi@samaneng.com  
\*\*\* 정회원 · 대전대학교 건설시스템공학과 석사      · E-mail : goobw1995@hotmail.com

## 2. 모형축척 및 유량공급

### 가. 모형축척

본 실험의 상사법칙인 Froude 상사가 보장되기 위해서는 실험대상 내부의 특정 구조물은 다음 표 3.1에서 제시하는 최소값 이상을 확보하여야 하며, 모형제작의 용이성과 상사법칙적용의 적정성을 고려하여 모형의 축척은 1/50으로 선정하였다. 축척에 따른 원형과 모형의 주요 제원은 표 1와 같다.

표 1. 원형과 모형의 제원

구 분	원 형	전체모형(1/50)		
		축 척	제 원	
유량	100년빈도 홍수 방류량	49.0m <sup>3</sup> /s	(1/50) <sup>5/2</sup>	0.00277m
	감세공 설계홍수량	150.0m <sup>3</sup> /s	(1/50) <sup>5/2</sup>	0.00849m
	PMF 방류시	852.8m	(1/50) <sup>5/2</sup>	0.04824m
상용여수로	웨이(수로) 폭	5.0m	1/50	0.1m
	웨이(수로) 총폭	5.0m×2런=10m	1/50	0.2m
비상여수로	웨이(수로) 폭	12.5m	1/50	0.25m
	웨이(수로) 총폭	12.5m×4런=50m	1/50	1m
도수로	길이(웨이마루고~감세공지점)	51.891m	1/50	1.03m
	수로폭	69.0m~20.0m	1/50	1.38m~0.4m
	직선부 바닥 경사	1 : 0.77	1/50	
	측벽 높이	3.0m (연직높이4.9m)	1/50	0.06(0.098)m
감세공	수로폭	20.0m	1/50	0.4m
	바닥길이	40.0m	1/50	0.8m

### 나. 모형유량검증

유량공급장치로부터 공급되는 모형유량의 검증을 위해서 유량공급장값 내에 설치되어 있는 수위 측정 장치를 사용하여 사각웨이 수위를 0.05m 씩 증가 시키며 공급되는 유량을 측정하여 관계곡선 및 관계식을 개발하였다.

$$\ln(h) = 0.7203670965 \times \ln(Q) + 0.3350397891 \quad (3.1)$$

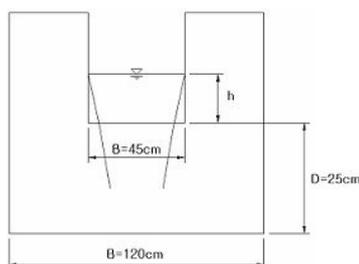


그림 1. 실험에 사용된 유량 공급장치 웨어 규격

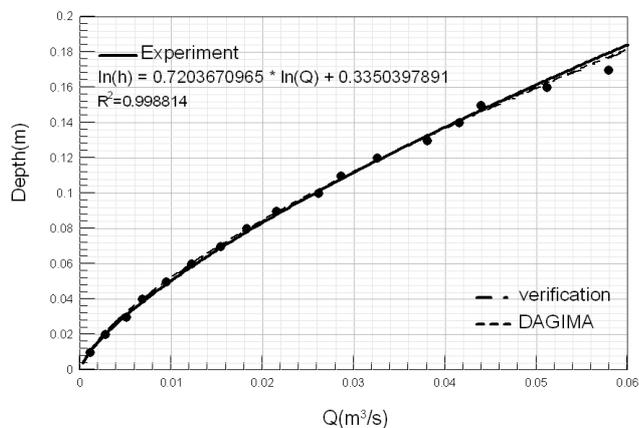


그림 2. 사각 웨어의 검정 실험 결과

### 3. 본 실험 및 결과 분석

#### 가. 저수지 수위-방류량 검토

저수지 수위-방류량 관계는 200년 빈도 이하 홍수 유입시, 상용 여수로만으로 방류하는 경우 기존의 계획 수위보다 실험값이 0.03m ~ 0.095m 낮게 나타났다. 비상여수로와 상용여수로가 동시에 방류되는 PMF 시에 최대 0.29m 정도의 수위차가 보이고 비상여수로의 유량계수도 0.27 ~ 1.12정도 실험값이 높게 측정되었음을 알 수 있었다. 그러나 상용여수로와 비상여수로의 혼용형상의 유량계수와 방류량을 정확하게 계산하기 어려운 점을 고려하면 방류능력 면에서 기존의 계산값과 실험값이 유사한 결과를 보이는 것으로 판단된다.

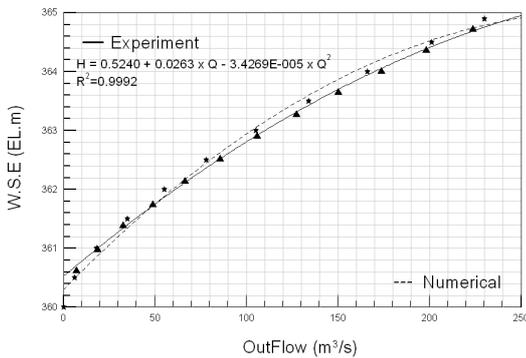


그림1. 상용여수로의 계산값과 실험값의 저수지 수위 비교

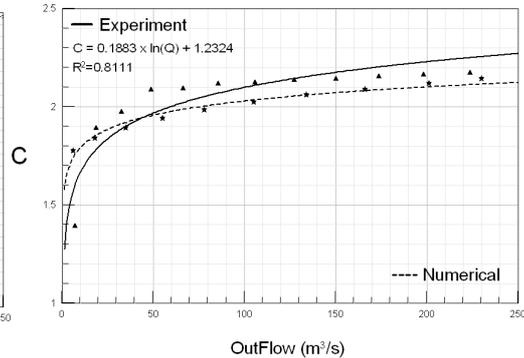


그림2. 상용 여수로의 설계 유량계수와 실험 유량계수 비교

#### 나. 월류위어 및 도수로

도수로의 측벽은 100년 및 200년 빈도 방류량에서는 상용 여수로에서만 방류되므로 측벽을 월류 하지 않았으나, PMF 방류시에는 상용여수로 교각 말단 지점에서 급격히 감세공까지 예각으로 단면이 급축소 되어서 도수로 내 고속흐름이 측벽에 충돌하여 측벽 43m지점에서 최고월류 수심 7.25m로 약 4.25m의 측벽 월류가 발생하였다. 따라서 도수로 측벽의 안전성과 측벽 월류로 인한 불리함을 개선하기 위하여 수로의 선형 변경이 필요한 것으로 판단되었다.

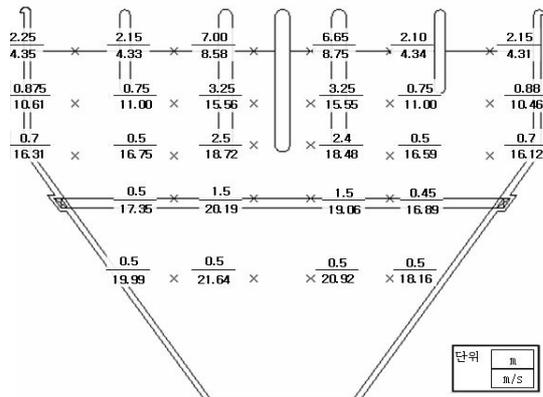


그림 3. PMF(852.8m³/s) 방류시 도수로 수심-유속 측정값

표 4. 계획된 측벽의 여유고

구분	유량 (m³/s)	계획높이 (m)	측정수심(m)	여유고 (m)
100년, 200년	49.0	3	-	-
감세공 설계 방류량	150.0	3	-	-
PMF	852.8	3	7.25	-4.25

다. 여수로 압력분포

위어와 도수로의 주요지점에서 압력수두를 측정된 결과 PMF 방류시 도수로에서 감세공으로 유입되기 직전지점에서 양 압력수두가 4.37m로 가장 크게 나타났으며, 감세공 굴절부에서 고속의 흐름이 발생하여 1.5m의 부압 수두가 관찰되었으나 콘크리트 여수로면의 허용부압 설계기준의 범위(-0.5kg/cm<sup>2</sup>)내에 있어 공동현상에 대한 구조물의 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

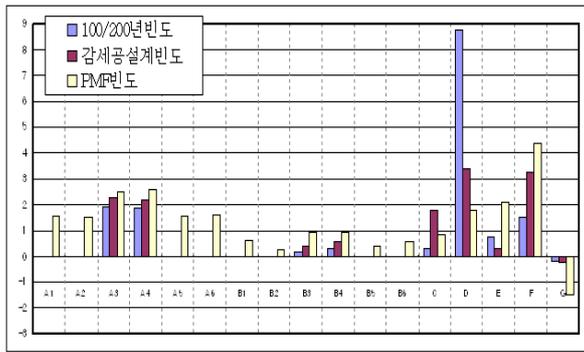


그림 4. 압력수두의 분포 그래프

표 6. No.7 지점의 제방 월류고

구 분	수위 (EL.m)	제방고 (EL.m)	여유고 (m)
100년, 200년 빈도	312.30	315.00	+2.7
감세공 설계 홍수량	312.80		+2.2
PMF	322.50		-7.5

라. 하류하도 안정성 검토

감세공 계획홍수량인 150m<sup>3</sup>/sec 방류시 감세지 직하류부터 약 50m 지점까지 Froude No. 1.0~1.1 정도의 한계류가 발생되었다. 따라서 하상바닥의 세굴 보호와 상류 흐름을 유지하기 위하여 감세지 직하류부터 약 50m 까지 하상바닥 보호공 설치가 바람직한 것으로 판단된다. 또한, 제방 여유고도 2.0m 이상 확보되는 것으로 검토되었다.

4. 수정안 및 실험

가. 도수로 측벽 및 교각 수정

설계원안은 월류폭 69.0m에서 감세공 폭 20.0m로 단면이 급축소되어 A, A'지점에서 PMF방류시 측벽과 충돌 교환되어 급격한 수위상승을 유발하여 급축소되는 측벽을 타고 감세공까지 전달되어지고 있다. 이러한 요인은 월류폭 69.0m에 대하여 1:0.77의 급경사와 33.891m의 수평길이가 짧은 원인이다. 따라서 가장 최적의 수정안은 A, A'의 측벽 경사지점을 B, B'지점으로 이동하여 가능한 한 급축소되는 단면 변화를 줄이고자 하였다. 또한 위어마루를 통과한 상용여수로의 교각의 길이가 10m를 지나 흐름이 유지되어 오는 동안에 교각의 영향으로 X자 형태의 간섭과 반원형의 교각 끝단을 만남으로서 다시 간섭과 발생하여 퍼짐 및 수위 상승효과가 발생함으로써 교각

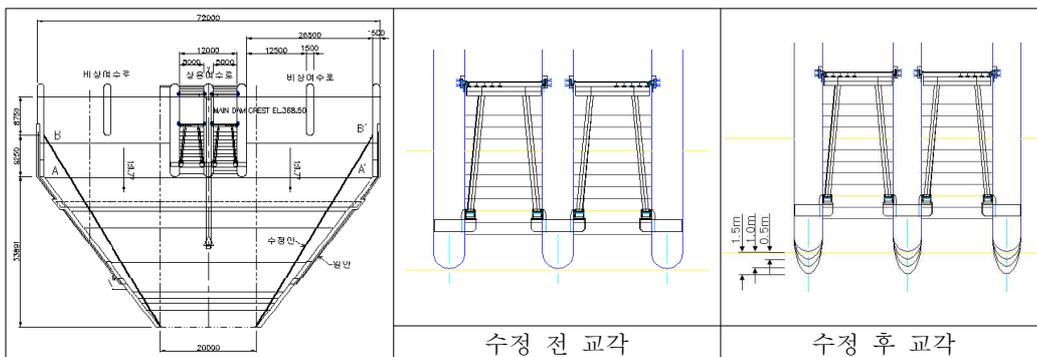


그림 5. 수정후 PMF 방류시 여수로의 유속, 수위

끝단 형상을 유선형 형상으로 수정하였다. 그리하여 0.5m, 1.0m, 1.5m의 형상을 수정하여 실험 하였으며 그 중 1.0m 유선형 형상이 수리현상이 가장 양호하였다.

#### 다. 공기혼입장치 수정

설계원안 실험에서 공기혼입장치(air entrainment device)로 100년빈도 방류량인 49.0m<sup>3</sup>/sec 방류 시 일부 물이 유입되는 것으로 관찰되어 공기혼입 기능은 보존하면서 저유량에서도 물이 유입되지 않도록 수정하였다.

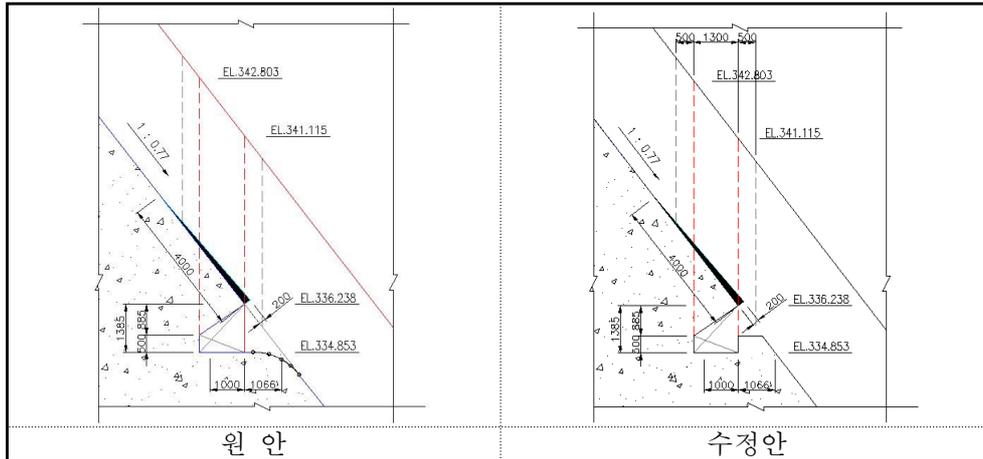


그림 6. 공기혼입장치 단면도(원안 및 수정안)

### 5. 결론

본 연구에서 수행된 여수로 수리모형실험은 여수로의 설계홍수량 조건에 따라 월류 및 방류 시켰을 때 기존 계산된 결과에 나타나지 않는 수리학적 현상을 규명 하고자 실시하였으며 다음과 같은 주요 결론을 얻었다. 저수지-수위 방류량관계에서는 계산값과 실험값이 유사한 결과를 보여 주었으며 도수로의 수리현상에서는 여수로의 특성으로 인하여 도수가 발생하였고 이로 인한 측벽 월류가 발생되어 수로의 선형 변경이 필요하다고 판단되었다. 하류하도는 일부 한계류의 발생으로 인하여 보호공이 필요할 것으로 판단되었으며 제방 여유고는 설계빈도 방류시 문제가 없었다. 그 결과로 원안 실험 후 도수로 측벽의 형상 수정과 상용여수로의 교각 형상 수정, 그리고 공기흡입 장치의 형상 수정을 통하여 원 설계안에서 불리한 현상들을 개선하고자 하였다.

### 참고문헌

1. 한국수자원공사(2003), 성덕다목적댐 건설사업 실시설계보고서
2. 대전대학교 건설기술연구소(2004). 성덕댐 수리모형실험 보고서
3. Ettema, R., R. Arndt, P.J.W. Roberts and T. Wahl. (2000), "Hydraulic Modeling: Concepts and Practice" ASCE Manual and Reports on Engineering Practice, No. 97. ASCE, Reston, Virginia.