

한탄강댐 방류수문의 통수능력 개선을 위한 실험적 연구

○ 이승한¹⁾, 박형섭²⁾, 백운일³⁾

1. 서론

현재 계획중인 한탄강댐은 총저수용량 311.3 백만 m^3 중 홍수조절용량이 305백만 m^3 을 차지하는 주목적이 홍수조절인 다목적댐으로서, 임진강 하류의 홍수피해방지를 위하여 설계빈도인 200년빈도 이하의 홍수에서는 1,970 m^3/sec 이하로 조절방류를 하도록 계획되어 있다.

이에 따라, 한탄강댐 기본계획에서는 설계빈도 이하의 홍수에서는 댐체를 관통하는 배사문과 방류관을 이용하여 조절방류를 실시하도록 계획하였으나, 주여수로인 배사문은 최대 79.1m의 높은 수두에서 Radial Gate의 조작이 이루어지므로, 개폐조작의 안정성을 확보하기 어렵고, 방류시의 빠른 유속은 감세기능을 확보하기 어려운 문제가 예상된다.

따라서, 한탄강댐 기본설계에서는 배사문에 비하여 비교적 작은 수두를 갖는 방류관을 통하여 홍수조절을 수행하는 방법을 채택하였으며, 높은 수두를 받는 Gate의 조작의 안정성을 확보하기 위하여 방류관 규모의 최적화를 도모하였다. 본 연구는 댐체내에 설치되는 방류관의 입구부 형상을 1면 벨마우스를 사용하여 입구부손실을 최소화시키고, 방류수문내 Gate 설치지점의 종단형상 개선을 통하여 통수능력을 증가시킨 효과를 수리모형실험을 통하여 증명하고자 한다.

2. 방류수문의 유량계수 및 종단형상

방류수문에서의 흐름은 입구부에서는 오리피스를 통한 흐름 특성을 가지며, Gate 이후의 흐름은 자유수면을 가진 개수로의 흐름을 나타낸다. 따라서, 방류수문에서의 통수능력은 입구부손실을 최소화시킬 수 있는 입구부의 형상과 Gate 이후의 개수로 흐름조건을 지배하는 방류수로의 종단형상이 통수능력에 영향을 미치게 된다. 한탄강댐 기본계획에서는 배사문, 방류관에 대하여 입구부 형상은 1면벨마우스 형상(그림 1)으로 설계하였으나, 통수능력 산정공식은 일반 오리피스와 같은 입구손실, 마찰손실을 적용한 일반적인 오리피스

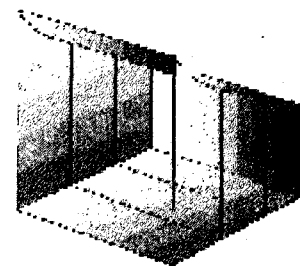


그림 1 1면 벨마우스

-
- 1) 대림산업주식회사 기술연구소 대리
 - 2) 대림산업주식회사 토목사업부 차장
 - 3) 대림산업주식회사 토목사업부 부장

공식(1)으로 통수능력을 추정하였으므로, 한탄강댐 기본설계에서는 건설성(일본) 토목연구소에서 제시한 방류관 유입부에 1면 벨마우스를 적용하는 경우에 대한 방류관거의 통수능력 실험식을 적용하여 검토하였다.

표 1 한탄강댐 방류관 통수능력 검토공식(기본계획/일토목연구소 실험식)

한탄강댐 기본계획시 적용공식	1면 벨마우스의 방류관 통수능력공식(일.토목연구소)
$Q = W \times H \times \sqrt{\frac{2gh}{1+f_e+f_d}} \dots\dots\dots(1)$ <p>여기서, W: 방류관 및 배사관 폭(m) H: 방류관 및 배사관의 개도(m) h: 방류관의 중심에서 저수지수면의 높이(m) f_e: 입구부 손실계수 f_d: 마찰손실계수(= $\frac{19.6n^2l}{R^{4/3}}$)</p>	$Q = C_o A_o \sqrt{2gH_o} \dots\dots\dots(2)$ <p>여기서, A_o: 방류관 출구부 단면적(m²) H_o: 저수지수위-입구부하면표고(m) C_o: 유량계수 $C_o = \sqrt{0.983 - 0.422(d/H_o)}$ ($H_o/d > 1.8$) $C_o = 0.385 \times (H_o/d)$ ($H_o/d < 1.8$) H_e: 저수지수위 - 입구부 하면표고 d: 방류관거의 높이</p>

토목연구소(일본)의 실험에서는 Gate 하부의 종단형상을 변경하면서 유량계수를 나타내었고, 종단경사인 tanθ가 0.225일 때 가장 유량계수가 작으며, 종단경사가 0인 경우에 가장 유량계수가 크게 나타남을 보이고 있다. 1면 벨마우스의 형태와 유량계수는 그림 2와 같이 나타난다. 이와같은 1면 벨마우스 형태의 방류관 유입부의 특성과 종단형상에 따른 통수능력은 수리모형실험을 통하여 증명하여야 하며, 본 연구에서는 한탄강댐 기본계획과 기본설계에서의 조건에 대하여 수리모형실험을 실시하여 그 결과를 증명하였다.

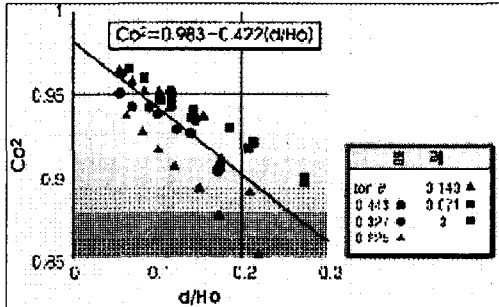


그림 2 유량계수 실험결과(일.토목연구소)

3. 여수로 수리모형실험

본 연구에서 실시한 수리모형실험은 농업기반공사 농어촌연구원의 수리실험실에서 수행하였으며, 1/35축척 기본계획안과 기본설계안에 대하여 수리모형실험을 실시하였다. 수리모형실험에서 재현한 여수로의 측면도는 기본계획안과 기본설계안은 다음과 같으며, 실험에서 적용한 제원은 다음과 같다.

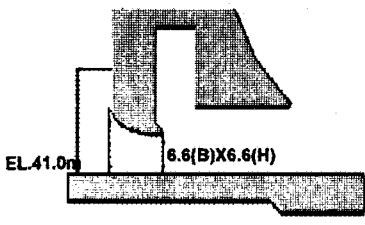


그림 3 배사문(기본계획)

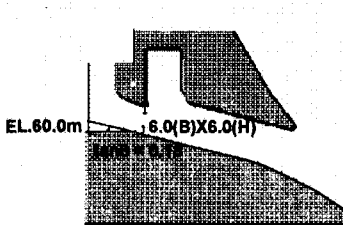


그림 4 방류관(기본계획)

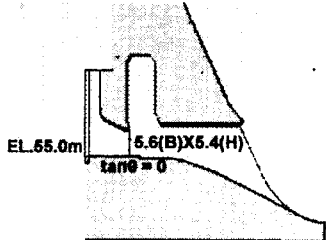


그림 5 방류관(기본설계)

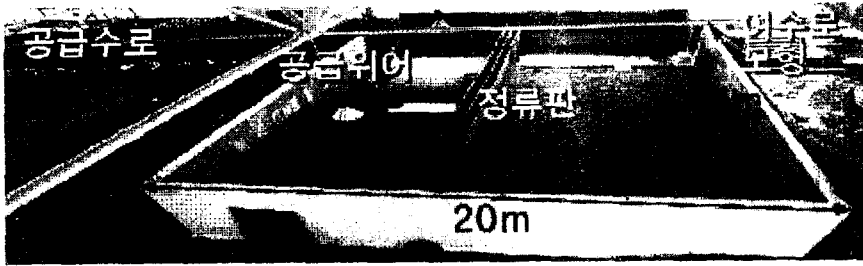


그림 6 한탄강댐 수리모형실험장 전경

표 2 한탄강댐 수리모형실험 제원 및 조건표

	항목	원형	축척	모형환산값	비고
공통	제고	85.0m	1/35	2.429m	축척 : 1:35
	제정표고	EL.121.0m	-	-	
	200년빈도 홍수위	EL.116.8m	-	-	
	PMF 홍수위	EL.119.1m	-	-	
	200년빈도 방류량	1,970 m ³ /sec	1/7,247	271.8 l/sec	
	하류하천연장	1,650m	1/35	45.7m	
기본 계획	방류관	6.0m×6.0m×2련	1/35	0.1714m×0.1714m	바닥표고 EL60.0m
	배사문	6.6m×6.6m×2련	1/35	0.1886m×0.1886m	바닥표고 EL41.0m
	월류부 여수로폭	45m	1/35	1.286m	바닥표고 EL101.5m
	PMF 방류량	9,154 m ³ /sec	1/7,247	1,261.8 l/sec	
기본 설계	방류관	5.6m×5.4m×4련	1/35	0.16m×0.154m	바닥표고 EL55.0m
	월류부 여수로폭	60m	1/35	1.714m	바닥표고 EL106.4m
	PMF 방류량	9,897 m ³ /sec	1/7,247	1,365.6 l/sec	

방류관의 통수능력실험은 방류관의 개도별로 유입유량과 저수지의 수위를 측정하여 방류관의 통수능력을 측정하였다. 실험방법은 설정된 유량을 저수지로 유입시킨후, 방류관의 개도를 일정하게 유지시킨 상태에서 일정기간 수위를 확인한후, 정류상태가 유지되는 상태에서 유량과 저수지의 수위를 측정하였다. 본 연구에서의 유량계수는 각 수문의 개방높이별 방류량을 산정한 후, 결정하기로 한다.

$$C = \frac{Q}{A\sqrt{2gH}} \dots\dots\dots (3)$$

A : 방류관의 총단면적(m²)

Q : 방류량 (m³/sec)

H : 입구부 바닥에서 수면까지의 높이(m)

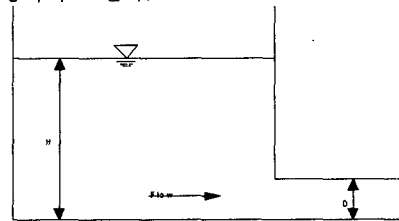


그림 7 유량계수 산정의 개념도

4. 실험결과 분석

방류관의 유량계수는 1면 벨마우스를 적용함으로써, 일반적인 오리피스공식(식(1))을 적용한 기본계획에 비하여 최대 30% 이상의 통수능력 증가가 발생함을 실험을 통하여 밝혀냈으며, 이는 높은 수두를 받는 1면 벨

표 3 한탄강댐 방류관 유량계수(실험식)

<p>한탄강댐 방류관 유량계수(실험식)</p> $C = 0.0888 \ln(H/D) + 0.7338 \dots\dots\dots (4)$ <p>H : 방류관 바닥에서 수면까지의 높이(m)</p> <p>D : 방류관내 개방구간의 높이(m)</p>
--

마우스를 적용한 방류관에서의 통수능은 실험을 통하여 증명하여야 함을 보여주고 있다. 또한, 방류관내에 Gate설치지점에서의 방류관내의 바닥경사를 0.183에서 수평으로 개선함에 따라 약 0.05정도의 유량계수의 증가가 됨을 보여주고 있다. 1면 벨마우스의 적용과 종단현상 개선을 통하여 밝혀낸 한탄강댐 방류관의 유량계수와 이를 적용하여 200년 빈도 홍수추적을 한 결과는 다음과 같다.

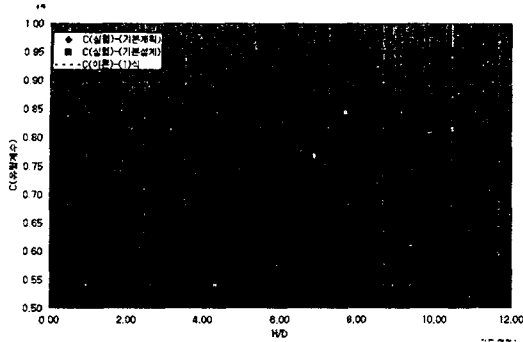


그림 8 한탄강댐 방류관 유량계수의 추정

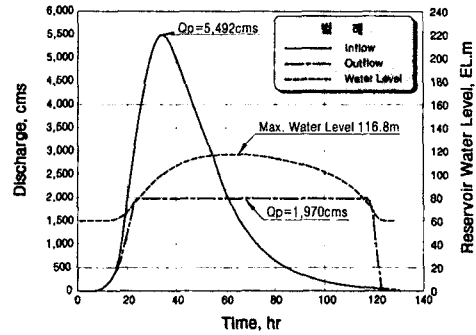


그림 9 200년 빈도 홍수추적(유량계수 실험결과 적용)

5. 결론

본 연구는 댐체내에 설치되는 방류관을 주여수로로 사용하는 한탄강댐에서, 1면벨마우스 형태의 입구부 특성과 방류관내 종단개선을 통한 통수능력 개선을 수리모형실험으로 증명하였다.

- (1) 입구부에 1면 벨마우스 형상을 가진 방류관의 통수능은 일반 오리피스 공식보다 실제로는 30%이상 큰 통수능을 갖고 있으며, 한탄강댐의 경우 계획홍수위인 EL.116.8m에서 유량계수가 0.95로서 수두손실이 거의 없는 것으로 나타난다.
- (2) 방류관내 Gate 설치지점의 종단형상을 기본계획($\tan \theta = 0.18$)과 다르게 수평면에 설치한 경우에는 유량계수가 0.05정도 증가됨을 보이고, 이는 통수능력이 5%이상 개선되었음을 보여준다.
- (3) 한탄강댐과 같이 댐체내에 높은 수압을 받는 방류관으로 홍수조절을 실시하는 댐에서 방류관의 통수능력 개선을 통한 수문규모축소는 Gate의 조작을 원활하게 하여 홍수조절의 안정성을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 통수능력 개선으로 기본계획보다 24%가 감소된 통수단면으로도 충분한 홍수조절이 가능함을 밝힐 수 있었다.

6. 참고문헌

- 1) 中西徹(1988)의 1인, "1面ベルマウス式ダム 放流管 流入部 の 水理特性", 댐수리관계발표논문집 資料-V, 建設省 土木研究所, pp.187~192
- 2) 한국수자원공사(2000), 한탄강댐 기본설계보고서, 2000.12,
- 3) 한국수자원공사(2002), 한탄강댐 본대 및 부대시설공사 기본설계요약보고서, 2002.12
- 4) 한국수자원공사(2002), 한탄강댐 본대 및 부대시설공사 기본설계보고서, 2002.12
- 5) 삼안건설기술공사(2002), 한탄강댐 수리모형실험보고서, 2002.10