

국내 댐 여수로 유량계수의 적정성 검토

Comparison and evaluation in Discharge coefficient of spillway within the Country

최병규*, 강태호**, 정요한***

Byung Kyu Choi, Tae Ho Kang, Yo Han Jung

요 지

실제유량에 대한 이론유량의 비로 정의되는 유량계수는 수공구조물의 설계에 있어서 중요한 요소 중 하나이다. 댐 여수로 또한 이러한 유량계수를 통하여 산정되는 방류량에 따라 여수로 월류부의 규모가 결정되며 이러한 수위별 방류량 산정에 있어서 유량계수는 「댐 설계기준」에 제시되어 있는 미국 개척국(USBR)의 여러 경험을 통하여 산정한 유량계수 그래프에서 독치하여 결정한다. 본 연구에서는 국내 댐 여수로의 설계 유량계수를 수리모형실험 및 수치해석을 통하여 비교·검토하였으며, 이에 대한 적정 유량계수의 범위를 산정하였다. 이러한 유량계수의 범위를 기 건설 운영 중인 댐의 관측자료를 통하여 그 적정성을 검토하였고, 그 결과 상당수의 자료가 금회 산정한 유량계수 적정 범위 이내에 드는 것으로 나타나 국내 댐 여수로 유량계수는 적정한 것으로 검토되었다.

핵심용어 : 댐, 여수로, 방류량, 유량계수, 설계수두, 수리모형실험, 수치해석, 적정성

1. 서 론

유량계수는 실제유량에 대한 설계유량의 비로 정의되며 댐 여수로, 보 등의 수공구조물 설계에 있어서 중요한 요소 중 하나이다. 댐 여수로의 규모결정은 이러한 유량계수를 통하여 산정되는 방류량에 의거하여 최적규모를 결정하게 된다. 국내 댐 설계에 있어서 여수로 월류부의 방류능력인 저수지 수위별 방류량은 다음과 같은 식으로 산정된다.

$$Q = C \times L_e \times H_e^{3/2}$$

여기서 C 는 유량계수, L_e 는 월류부 마루의 유효길이(m), H_e 는 접근속도수두를 포함한 총수두(m)이다.

이와 같이 방류량 산정에 유량계수가 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 이러한 유량계수는 「댐 설계기준」에 제시되어 있는 다음과 같은 3단계를 거쳐 산정하게 되고, 미 개척국(USBR)의 여러 경험을 통하여 제시한 유량계수 그래프에서 독치하게 된다.

· 접근수심의 영향(1단계) : 저수지 바닥에서부터 웨어마루의 높이 P 가 설계수두 H_d 의 1.33배 보다 크면 접근유속의 영향은 무시된다. 주어진 P/H_d 에 대한 기본유량계수 C_0 를 그래프에서 독치한다.

· 상류면 경사의 영향(2단계) : 상이한 상류경사면을 갖는 여수로의 유량계수의 보정은 P/H_d 에 대한 $C_{경사} / C_{수직}$ 의 비 값으로 그래프에서 독치하여 보정한다.

* 정회원 · (주)삼안 수력부 전무이사 · E-mail : bkchoi@samaneng.com

** 정회원 · (주)삼안 수력부 이사 · E-mail : thkang@samaneng.com

*** 정회원 · (주)삼안 수력부 대리 · E-mail : yhjung@samaneng.com

·설계수두(H_d)와 상이한 수두의 영향(3단계) : 각 수위별로 설계수두와의 차이를 H_e/H_d 와 유량계수의 비인 C/C_0 의 관계 그래프에서 C/C_0 의 값을 독치한 후 최종 유량계수 C 값을 산정한다.

또한 위와 같이 산정된 유량계수는 최근 국내 댐 설계기술의 발달 및 합리화 등에 따라 수리모형실험 및 수치해석과 비교·검정을 실시하고 이에 따른 댐 여수로의 최적규모를 결정하게 된다. 본 연구에서는 국내 댐 여수로의 설계 유량계수를 수리모형실험 및 수치해석을 통하여 비교·검토하고, 적정 유량계수 범위를 산정하여 기 건설되어 운영중인 댐의 관측자료를 이용하여 유량계수의 적정성을 검토하는 것을 목적으로 한다.

2. 적정 유량계수 범위 산정

2.1 분석 대상의 결정

본 연구에서 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석의 유량계수와 비교·분석을 위하여 댐 설계시 수리모형실험 및 수치해석을 동시에 수행한 최근에 기 수행된 설계를 대상으로 선정하였으며 그 대상은 다음 표 1과 같다.

표 1. 유량계수 비교·검토시 적용된 댐

구분	댐 명	수리모형실험		수치해석	
		적용	수리모형축척	적용	수치해석기법
Case 1	한탄강댐	○	1/30	×	-
Case 2	소양강댐 보조여수로	○	1/60	○	Flow 3D
Case 3	화북댐	○	1/50	○	Flow 3D
Case 4	대청댐 비상여수로	○	1/80	○	Flow 3D
Case 5	입하댐 비상여수로	○	1/80	○	Flow 3D

2.2 유량계수의 비교·분석

각 Case 별로 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석을 통하여 산정한 유량계수를 무차원 비교하여 그림 1에 나타내었으며, 그림 2는 H_e/H_d 와 설계 및 수리모형실험, 수치해석의 유량계수 관계를 나타내었다.

각 Case 별로 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석 유량계수를 비교·분석한 결과 상관계수가 0.532~0.966의 분포로 나타났으며, Case 2의 상관도가 떨어지는 것으로 나타났고 그림 1(f)에서 보듯이 전체적으로는 상관계수가 0.723으로 나타나 비교적 적절한 것으로 분석되었다.

H_e/H_d 에 대한 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석 유량계수의 관계를 비교한 결과 수리모형실험에서 유추한 유량계수는 설계 유량계수보다 다소 작게 산정되었으며, 수치해석의 경우는 비교적 골고루 분포되어 있는 것으로 나타났다. 전체적으로 수리모형실험과 수치해석의 경향성은 설계치의 경향과 유사하게 분포되는 것으로 나타나 설계 유량계수의 분포는 적절한 것으로 판단된다.

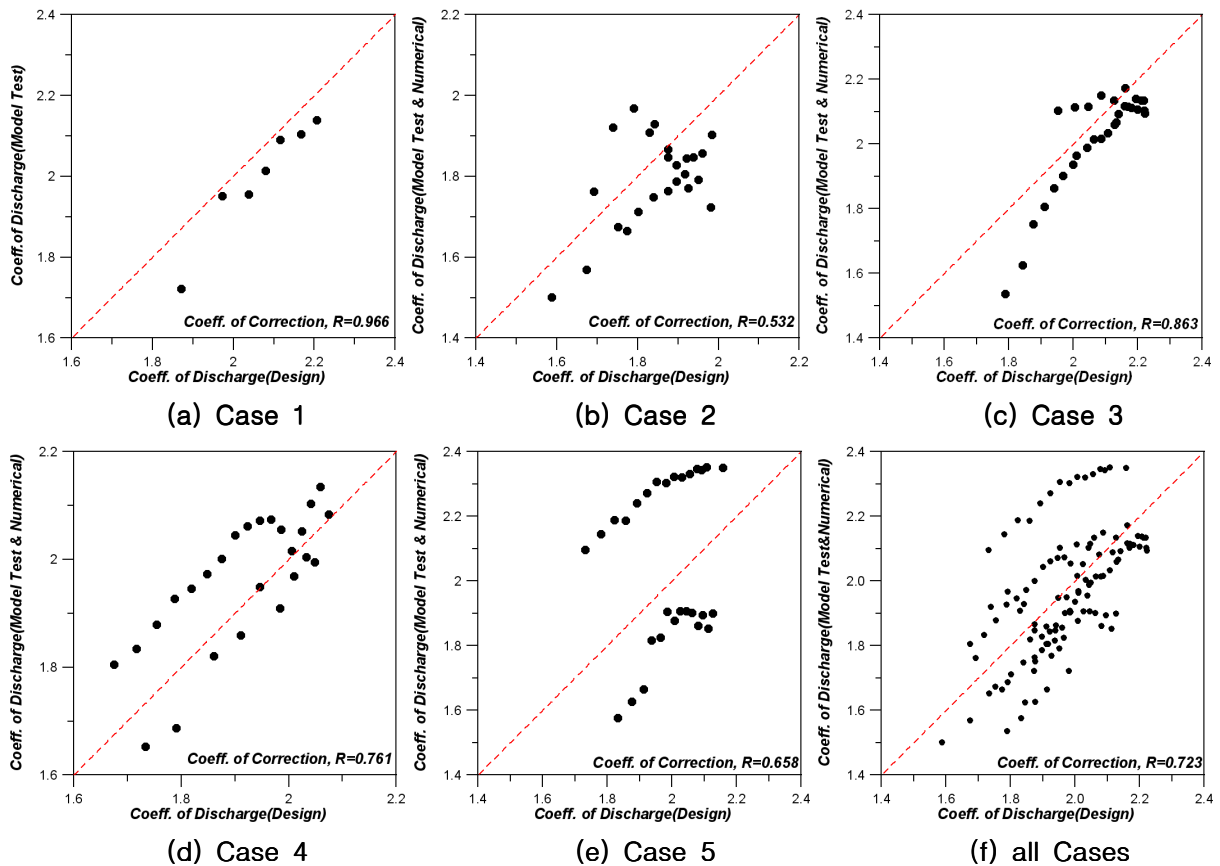


그림 1. 각 Case별 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석 유량계수의 비교

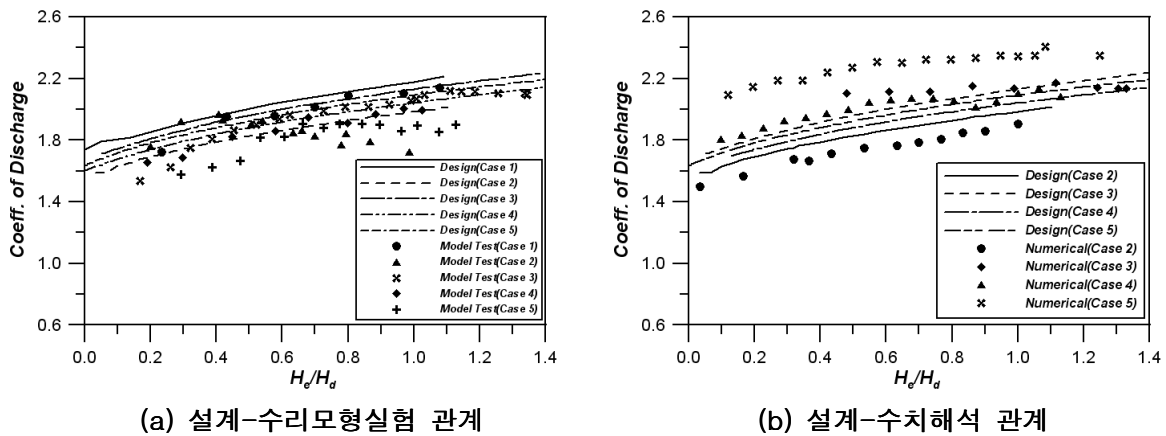


그림 2. H_e/H_d 에 대한 설계 유량계수와 수리모형실험 및 수치해석 유량계수 비교

2.3 적정 유량계수 범위 산정

설계 유량계수 및 수리모형실험, 수치해석 결과를 포함하여 적정 유량계수 범위를 산정하였으며, 그 범위는 최대치계열을 적용한 상위(Upper line)와 최소치계열을 적용한 하위(Lower line)로 구분하여 산정하여 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

$$\text{상위범위} : C = 0.1139 \times \ln(H_e/H_d) + 2.1698$$

$$\text{하위범위} : C = 0.1684 \times \ln(H_e/H_d) + 1.8952$$

3. 산정된 유량계수 범위의 검정

위에서 산정한 유량계수의 범위를 검정하기 위하여 「다목적댐 운영실무편람(한국수자원공사, 2005)」에 수록되어 있는 여수로 방류량 조건표가 기록된 다목적댐들을 대상으로 검정을 실시하였다. 선정된 다목적댐은 총 11개이며 표 2와 같이 설계수두 및 여수로 규모를 정리하였다.

검정결과 그림 4에서 볼 수 있듯이 대부분의 유량계수 값이 상위 및 하위범위에 포함되므로 금회 산정한 유량계수의 적정범위는 타당한 것으로 분석되었다.

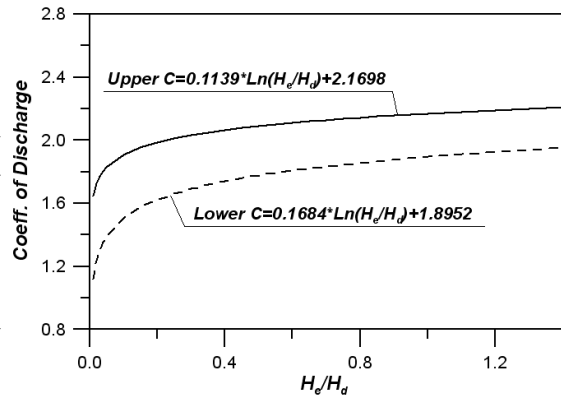


그림 3. 유량계수 범위

표 2. 검정에 채택된 댐 및 자원

댐 명	설계수두(m)	월류부족(m)
소양강댐	12.5	65.0
형성댐	14.5	22.0
안동댐	11.5	56.0
임하댐	13.3	48.0
함천댐	13.0	65.0
밀양댐	10.7	22.0
대청댐	15.5	78.0
용담댐	12.7	70.0
섬진강댐	7.0	136.35
주암댐	12.5	65.0
장흥댐(탐진댐)	11.0	24.0

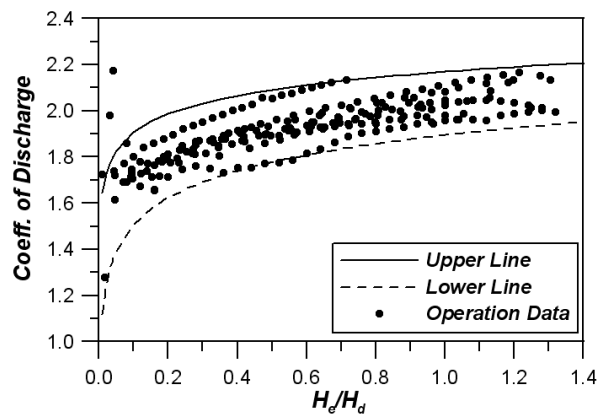


그림 4. 유량계수 적정범위 검정결과

4. 산정된 유량계수 범위의 적용

금회 산정한 유량계수의 범위를 기 건설되어 운영중인 다목적댐의 수위별 방류량 자료를 이용하여 적용한 결과, 그 내용은 다음과 같다.

4.1 적용대상의 선정 및 자료추출

유량계수 범위의 적용에 사용된 수위별 방류량 자료는 건설교통부의 “국가 수자원관리종합정보 시스템(www.wamis.or.kr)”에서 자료를 수집하였으며, 2000년 1월부터 2005년 12월까지의 시계열자료를 대상으로 분석하였다. 대상 다목적댐은 유량계수 범위의 검정에서 채택된 11개 댐을 그 대상으로 하였으나, 장흥댐(탐진댐)에 대한 자료가 존재하지 않아 최종적으로는 10개 댐의 시계열자료를 적용대상으로 하였다.

10개 댐의 시계열자료를 대상으로 자유월류유량으로 추정되는 자료를 추출하였으며, 그 결과 총 10개 댐 자료 중 5개 댐 총 362개 시계열자료를 추출하였다.

표 3. 추출자료의 현황

구분	형성댐	임하댐	밀양댐	용담댐	섬진강댐
추출자료수	1	3	188	7	163

4.2 유량계수 적정 범위 적용

유량계수의 적정 범위를 추출된 자료를 이용하여 적용하였으며 그 결과는 다음 그림 5와 같다. 그림 5에서 보듯이 H_e/H_d 에 대하여 비정상적으로 크게 산정된 유량계수의 값이 존재하여, 이에 대하여 재검토를 실시하였다. 재검토 결과 크게 유추된 유량계수 자료의 방류량값이 유사한 저수지 수위에서의 방류량에 비하여 크게 나타난 것으로 분석되었다. 이는 원시자료의 오기로 추정되어 이 값들을 제외하고 재적용한 결과를 그림 6과 같이 대부분의 자료가 적정범위 안에 포함되는 것을 알 수 있다.

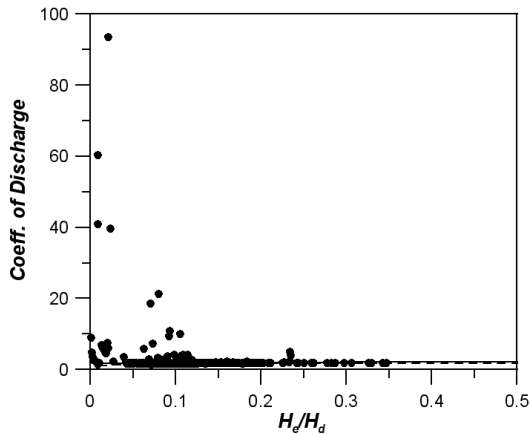


그림 5. 유량계수 적정범위 적용결과(1)

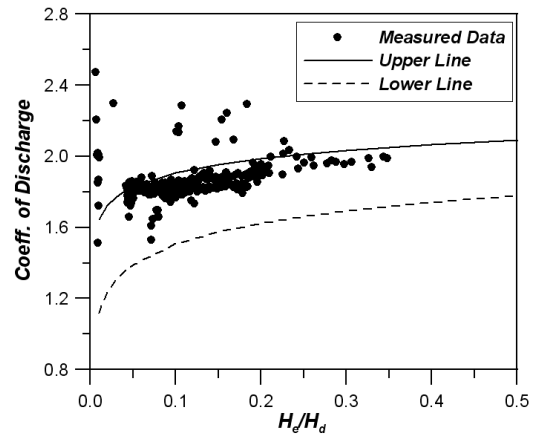


그림 6. 유량계수 적정범위 적용결과(2)

5. 결 론

국내 댐 여수로의 유량계수 적정성 검토를 위하여 유량계수 적정범위를 산정하여 비교·검토하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 한탄강댐, 소양강댐 보조여수로, 화북댐, 대청댐 비상여수로, 임하댐 비상여수로의 설계에서 산정한 설계 유량계수와 각 여수로에 대한 수리모형실험 및 수치해석을 통한 유량계수와의 관계를 비교한 결과 전체적으로 유사한 경향을 나타내어 설계 유량계수는 적정한 것으로 분석되었다.
2. 설계 유량계수 및 수리모형실험, 수치해석 유량계수를 통하여 적정범위를 산정하였으며, 이 범위를 현재 운영되고 있는 관측자료 중 「다목적댐 운영실무 편람」에 수록된 11개 다목적댐의 수위별 방류량 조건표에서 유추한 유량계수 자료를 적용하여 검토한 결과, 금회 산정된 유량계수의 적정범위는 타당한 것으로 검토되었다.
3. 국내 댐 여수로의 유량계수 적정성을 검토하기 위하여 건설교통부의 “국가 수자원관리종합정보시스템(WAMIS)”에서 국내 다목적댐의 2000년~2005년간의 시계열자료를 검토하여 적용자료를 추출하였으며, 이 자료에서 유량계수를 추정하여 금회 산정된 유량계수 적정범위와 비교한 결과, 과대 유량계수가 산정되었으며, 이를 재선별하여 적용한 결과, 상당수의 자료가 이 범위를 만족하여 국내 댐 여수로의 유량계수는 적정한 것으로 나타났다.

추후 더 많은 수리모형실험 및 수치해석자료, 설계자료를 추가하여 더욱 최적화된 유량계수의 적정범위를 산정하고, 이를 소규모 댐 등을 포함한 더 많은 자료를 수집·적용하여 검토하는 것이 좋을 것이다. 향후 수문의 개도에 따른 방류량 변화시 유량계수에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원학회(2005). 댐설계기준
2. 한국수자원공사(2005), 다목적댐 운영실무편람
3. USBR(1987), Design of Small Dams
4. 한국수자원공사(2002), 한탄강댐 본댐 및 부대시설공사 수리계산서
5. 한국수자원공사(2003), 소양강댐 보조여수로 설치공사 수리계산서(I), (II)
6. 한국수자원공사, 대우건설(2004), 화북 다목적댐 건설공사 수리계산서
7. 한국수자원공사, 대우건설(2004), 화북 다목적댐 건설공사 부록
8. 한국수자원공사, 삼성물산건설부문(2005), 대청댐 비상여수로 건설공사 수리계산서(I), (II)