

# 방수로 분류부 분류각 변화에 따른 유량계수 변화 검토

## Investigation on the Variation of Discharge Coefficients Following Bifurcation Angle Changes

이동섭\*, 김창완\*\*  
Dong Sop Rhee, Chang Wan Kim

### 요    지

방수로는 홍수 피해 경감을 사용되는 구조적 대책으로 최근 국내에서 널리 계획되고 있다. 이러한 방수로는 보통 횡월류위어 등으로 대표되는 유입부 구조물을 통하여 하천 본류와 연결되지만, 평상시에도 본류의 유량을 일부 분담하는 형태로 설계되는 젖은 하도(wet channel) 형태의 방수로는 별도의 유입부 구조물을 설치하지 않고 바로 본류에 연결되는 것이 일반적이다. 유입부 구조물을 통해 연결되는 방수로의 특성은 유입부 구조물의 수리학적인 특성에 의해서 많이 좌우된다. 이에 반해 젖은 하도 형태로 본류에서 바로 분기되는 방수로는 그 특성이 방수로의 폭( $W$ ), 방수로 분류각( $\theta$ )등에 의해서 많이 좌우되며, 만약 설계된 방수로의 횡단면 형상이 사다리꼴 또는 직사각형 단면을 따른다면 이러한 흐름은 “제한 영마루고 횡월류위어 흐름(restricted zero-height side weir flow)”으로 분류할 수 있다. 이러한 조건에서의 흐름은 일반적인 횡월류위어 흐름과 많이 다른 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 이러한 방수로 폭 및 분류각을 변화시켜 방수로 분류 조건을 다양하게 구현하여 실험을 수행하였으며, 특히 분류각 변화에 따른 유량계수의 변화를 분석, 검토하였다. 또한 측정된 방류량을 기준으로 산정된 유량계수를 기준 연구자들이 제시한 영마루고(zero-height) 횡월류위어 유량계수 산정식에 의해 산정된 결과와 비교하여 분석하였다. 분석결과 분류각이 90도인 경우 본류 프루드수의 증가에 따라 유량계수가 점차 감소하였으나, 분류각이 90도 보다 작은 경우에는 본류 프루드수가 증가함에 따라 유량계수가 점차 증가하는 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 방수로, 분류각, 유량계수

### 1. 서 론

방수로는 홍수 피해 경감을 사용되는 구조적 대책으로 최근 국내에서 널리 계획되고 있다. 이러한 방수로는 보통 횡월류위어 등으로 대표되는 유입부 구조물을 통하여 하천 본류와 연결되지만, 평상시에도 본류의 유량을 일부 분담하는 형태로 설계되는 젖은 하도(wet channel) 형태의 방수로는 별도의 유입부 구조물을 설치하지 않고 바로 본류에 연결되는 것이 일반적이다. 유입부 구조물을 통해 연결되는 방수로의 특성은 유입부 구조물의 수리학적인 특성에 의해서 많이 좌우된다. 이에 반해 젖은 하도 형태로 본류에서 바로 분기되는 방수로는 그 특성이 방수로의 폭( $W$ ), 방수로 분류각( $\theta$ )등에 의해서 많이 좌우되며, 만약 설계된 방수로의 횡단면 형상이 사다리꼴 또는 직사각형 단면을 따른다면 이러한 흐름은 “제한 영마루고 횡월류위어 흐름(restricted zero-height side weir flow)”으로 분류할 수 있다. 이러한 조건에서의 흐름은 일반적인 횡월류위어 흐름과 많이 다른 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 이러한 방수로 형태를 모형화하여 방수로 폭 및 분류각을 변화시켜 분류 조건을 다양하게 실험 수행하며, 이러한 조건 변화에 따른 유량계수의 변화를 분석, 검토하고자 한다.

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 E-mail : dsrhee@kict.re.kr  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원 E-mail : cwkim@kict.re.kr

## 2. 실험 시설 및 실험 조건

본 연구에서 이용된 실험장지의 실험장지의 제원은 그림 1과 같으며, 분수로 분류량은 본류 하류에 KS규격을 따라 제작된 월류량 측정위어를 제작하여 측정한 유량과 유입유량을 이용하여 산정하였으며, 수위는 4개의 초음파 수위계(독일 Pil)를 본수로에 횡방향으로 20 cm 간격으로 설치하여 측정하였다. 실험조건에 따라 3~5 m 길이의 측정 구간에 대하여 수위 변화를 측정하였다. 본 연구에서 수행된 실험의 조건은 표 1과 같으며, 각 실험 조건별 유량계수는 이두한(2006)이 사용한 방법을 이용하여 산정하였다.

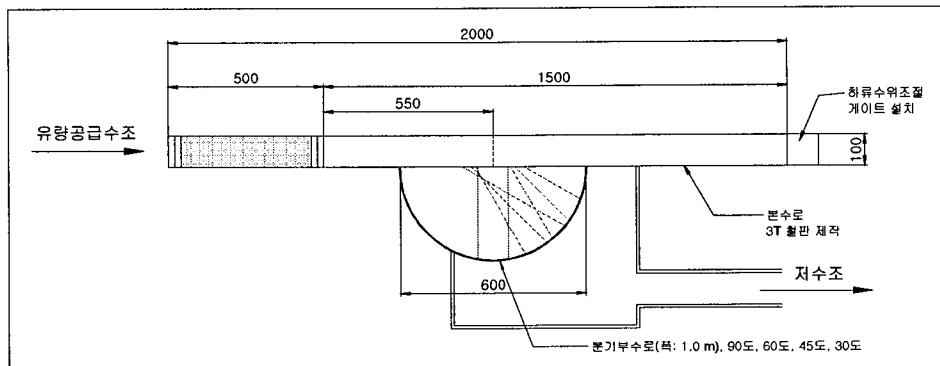


그림 1. 실험 수로 제원

표 1. 실험 조건

실험 변수	실험 조건
본류 유량( $Q$ , $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.025 ~ 0.200
분기각( $\theta$ , degree)	30, 45, 60, 90
상류 프루드수( $Fr_1$ )	0.20 ~ 0.95
분수로 폭( $L$ , m)	0.25, 0.50, 0.75, 1.00
본수로 폭( $B$ , m)	1.0

## 3. 실험 결과 및 분석

분류부 유량계수는 기존 횡월류위어 유량계수의 연장선상에서 분석이 가능한데, 특히 분기각  $\theta$ 이 90도인 경우에는 제한 영마루고 횡월류위어(restricted zero-height side weir)의 한 형태로 분류 가능하다. 따라서 본 실험에서 이루어진 실험 조건에 대한 유량계수는 이두한(2006)이 횡월류예연위어 유량계수 산정 시 이용한 방법과 동일한 방법으로 분류구간에서 측정한 수위를 기준으로 유량계수를 산정하였다. 기존 예연횡월류위어 유량계수 산정식 중 Hager(1987)는 영마루고위어에 대한 실험 결과를 기초로 산정식을 개발하였는데, 그림 2에 본 연구에서 분기각 90도에 대하여 산정된 유량계수와 Hager(1987)의 유량계수 산정식을 비교하였다(식 1).

$$C_M = 0.485 \sqrt{\frac{2 + Fr_1^2}{2 + 3Fr_1^3}} \quad (1)$$

그림에서 볼 수 있듯이 분기각이 90도인 경우 유량계수는 실험 범위가 한계류 부근까지 확장됨에 따라 상류프루드수  $Fr_1$ 이 증가함에 따라 감소하는 경향이 뚜렷이 보이며, 그 전체적인 경향이 식 1과 매우 유사한 것을 알 수 있으나, 대체로 식 1에 비하여 과소 산정되는 것을 알 수 있다. Hager(1987)의 경우 실험에 사용된 횡월류위어 제원이 "unrestricted" 형태이므로 그 특성에 의한 차이가 나타난 것으로 판단된다.

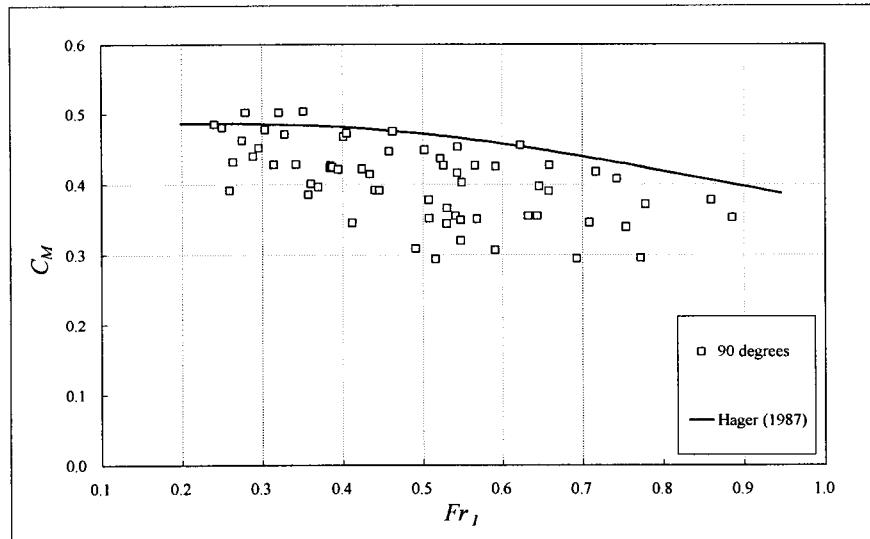


그림 2. 분기각 90도에 대한 유량계수 산정 결과

그림 3에서 볼 수 있는 것처럼 산정된 모든 유량계수를 같이 나타내었을 경우 그림 2에서와 같은 상류프루드수에 대한 상관성이 잘 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 각 분기각 별 유량계수의 상류 프루드수에 대한 상관성이 달라지기 때문인 것으로 나타났는데, 실험 결과를 각 분기각 별로 분리하여 나타낸 결과를 보면 상류 프루드 수와의 상관관계 특성이 명확히 달라지는 것을 확인할 수 있다.

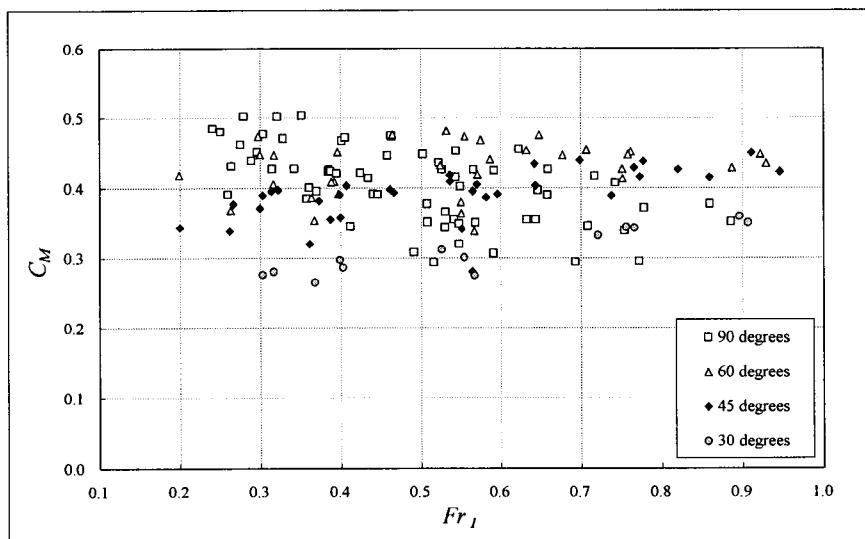


그림 3. 전체 실험 결과

그림 4에 분기각 90도를 제외한 60도, 45도, 30도에 대한 유량계수 산정결과를 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 분기각별 결과를 분리하면 산정된 유량계수가 상류 프루드수의 영향을 강하게 받는 것을 확인할 수 있다. 그림 2와 비교하면, 전체적으로 산정된 유량계수가 분기각 90도와 분기각 60도, 45도, 30도의 두 개의 그룹으로 나뉘는 것을 볼 수 있다. 전자를 A그룹, 후자를 B그룹이라 하면, Hager(1987)의 결과와 유사하게 상류 프루드수가 증가함에 따라 유량계수가 감소하나, B 그룹의 경우 상류 프루드수가 증가할수록 유량계수의 크기 도 같이 증가하는 확인할 수 있다. 또한 각 분기각 별 유량계수의 산포도가 다소 크기는 하나, 유량계수의 증가

율이 분기각이 증가할수록(30도, 45도, 60도) 감소하며, 각 분기각별로 산정된 유량계수 산정치도 분기각이 증가하면 그 전체적인 크기가 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 A 그룹의 경우는 그 거동이 횡월류위어의 특성을 따른다고 한다면, B 그룹의 경우 상류 프루드수가 증가할수록 초과유량이 보다 원활히 배제되는 특성을 나타내는 결과로 판단된다. 따라서 산정된 유량계수와 상류프루드수와의 상관관계에 대한 그 경향은 60도와 90도 사이에서 역전될 것으로 예측되며, 이에 대해서는 보다 면밀한 실험 연구 및 실험 조건 보완을 통하여 확인될 수 있을 것으로 기대된다.

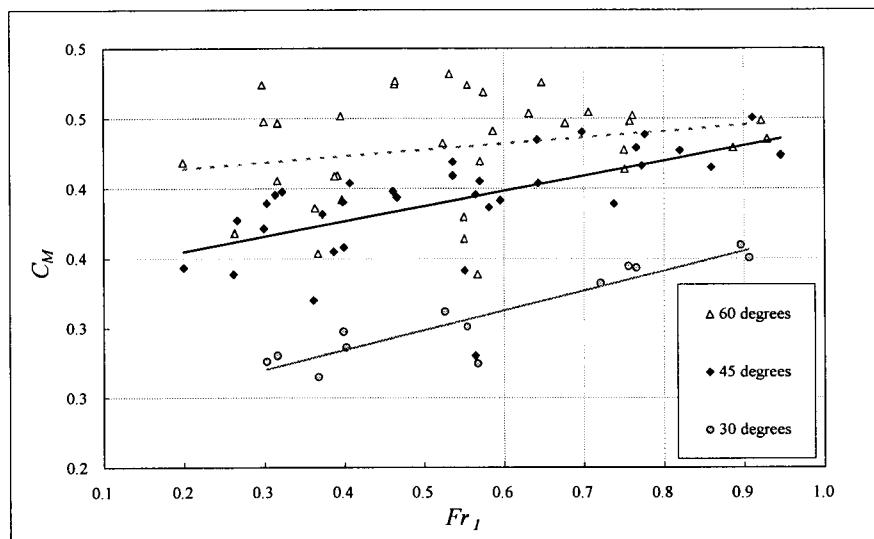


그림 4. 분기각 별 유량계수 산정 결과(90도 제외)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 방수로 분류부에서의 유량계수 변화를 수리 실험을 통하여 검토하였다. 분기각이 90도인 경우 Hager(1987)와 같이 영마루고(zero-height) 횡월류위어에 대한 실험 결과를 이용한 산정식과 비교하였을 경우 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났으나, 이러한 공식의 적용성은 분기각이 90도 이하로 줄어드는 경우 매우 떨어지는 것으로 보인다. 본 연구의 실험 결과에 나타난 것처럼 분류부 유량계수 특성은 분수로 폭의 변화에 비하여 상류프루드수와 분기각의 영향이 지배적인 것으로 나타나기 때문에, 유량계수 산정 시 분기각 특성 변화에 대한 영향을 고려한 유량계수 산정식의 개발이 필요한 것으로 생각된다. 또한 유량계수의 증가경향은 분기각 60도와 90도 사이에서 바뀔 것으로 예측되므로 분류부 유량계수에 대한 산정식 개발은 이에 대한 보완 연구를 진행한 후 그 결과를 바탕으로 개발하여야 할 것으로 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

#### 참 고 문 헌

1. 이두한 (2006). 횡월류예연위어 유량 산정기법(안), 도시홍수재해관리기술연구사업단/한국건설기술연구원.
2. Hager, W.H. (1987). "Lateral outflow over side weirs." *Journal of hydraulic engineering*, ASCE, Vol 113, No. 4, pp. 491-688.