

삼각형 횡월류위어의 유량계수

Discharge Coefficient of Triangular Side Weir

박성식*, 서근순**, 김영호***, 송재우****

Sung Sik Park, Geun Soon Seo, Young Ho Kim, Jai Woo Song

요 지

횡월류위어(side weir 또는 lateral weir)는 인공수로 또는 자연하천에서 흐름방향에 평행하게 수로측면에 설치되어 에너지 소산, 수위의 안정, 일정 유량의 취수 및 분배, 초과 홍수량 전환 등의 목적으로 이용되는 수공구조물로서 댐의 여수로, off-line 저류지, 관개배수를 위한 수로, 하수도 설비 등에서 폭넓게 사용되고 있다. 지금까지의 국내외 연구는 대부분 직사각형 횡월류위어에 제한되어 수행되었으며, 삼각형 횡월류위어의 흐름특성 및 유량계수 산정에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 수리실험을 통하여 본류의 흐름조건과 삼각형 횡월류위어각 등을 변화시켜 유량계수를 산정·분석하였다. 수리실험은 길이 20m, 폭 0.8m, 높이 0.9m이고 벽면이 아크릴로 된 직사각형 가변 경사 개수로 실험장치를 이용하였다. 삼각형 횡월류위어는 예연이고 위어각은 90, 120, 150°였으며, 본류 Froude 수는 0.45-0.56였다. 삼각형 횡월류위어의 월류량에 큰 영향을 미치는 변수인 Froude 수와 위어각 등을 고려한 유량계수 산정식을 제시하였으며, Kumar와 Pathak(1987)의 공식과 비교 분석하였다.

핵심용어 : 삼각형 횡월류위어, 유량계수, 위어각

1. 서 론

횡월류위어(side weir 또는 lateral weir)는 인공수로 또는 자연하천에서 흐름방향에 평행하게 수로측면에 설치되어 에너지 소산, 수위의 안정, 일정 유량의 취수 및 분배, 초과 홍수량 전환 등의 목적으로 이용되는 수공구조물로서 댐의 여수로, off-line 저류지, 관개배수를 위한 수로, 하수도 설비 등에서 폭넓게 사용되고 있다. 횡월류위어부에서 흐름의 비에너지가 일정하다는 가정 하에 횡월류량과 유량계수식을 제시한 De Marchi(1934)의 이론적 연구를 바탕으로 지금까지 횡월류위어의 다양한 폭과 높이 등 기하학적 특성과 본류 수로의 유량 및 Froude 수 등 흐름조건을 고려하여 횡월류위어의 수리학적 거동과 유량계수 산정에 관한 연구가 이루어져왔다. 지금까지의 국내외 연구는 대부분 직사각형 횡월류위어에 제한되어 수행되었으며, 삼각형 횡월류위어의 흐름특성 및 유량계수 산정에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. Kumar와 Pathak(1987)은 삼각형 예연 및 광정 횡월류위어의 유량계수 산정식을 제시하였으며, Cosar와 Agaccioglu(2004)는 만곡부에 설치된 삼각형 횡월류위어의 유량계수 산정식을 제시한 바 있다. 본 연구에서는 수리실험을 통하여 예연 삼각형 횡월류위어에 대하여 본류의 흐름조건과 횡월류위어각의 변화에 따른 흐름특성을 분석하고 유량계수 산정식을 제시하였다.

* 정회원·홍익대학교 토목공학과 박사과정·E-mail : sspark72@empal.com
** 정회원·홍익대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : gsseo1220@empal.com
*** 정회원·홍익대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : yhkim1115@empal.com
**** 정회원·홍익대학교 토목공학과 교수·E-mail : jwsong@wow.hongik.ac.kr

2. 삼각형 횡월류위어의 기본이론

그림 1은 삼각형 횡월류위어 흐름의 정의도를 나타내고 있다.

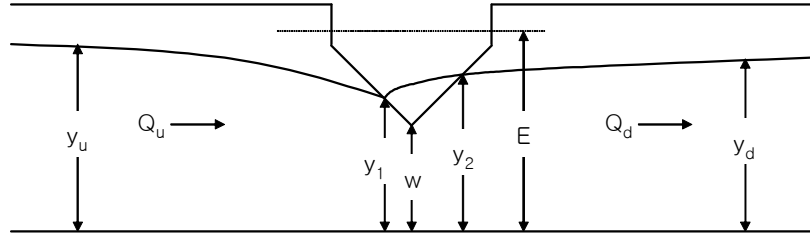


그림 1. 삼각형 횡월류위어 흐름의 정의도

여기서, w 는 위어높이, Q_u 와 Q_d 는 각각 위어 상하류 본류유량, y_u 와 y_d 는 각각 위어 상하류 수심, y_1 과 y_2 는 각각 위어 상하류 끝단의 수심, E 는 비에너지이다.

삼각형 횡월류위어의 단위폭당 월류량은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Kumar와 Pathak, 1987).

$$q = -\left(\frac{dQ}{dx}\right) = \left(\frac{dQ_{TRI}}{dx}\right) = \frac{4}{15} C_{TRI} \sqrt{2g} (y-w)^{3/2} \quad (1)$$

여기서, $Q_{TRI}(= Q_u - Q_d)$ 와 C_{TRI} 는 각각 삼각형 횡월류위어의 월류량과 유량계수이다.

삼각형 횡월류위어의 월류폭 L 은 삼각형 횡월류위어의 각 θ 에 따라 달라지며 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며, 삼각형 횡월류위어의 총월류량은 식 (3)과 같다.

$$L = 2(y-w) \tan \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

$$Q_{TRI} = \frac{8}{15} C_{TRI} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} (y-w)^{5/2} \quad (3)$$

Kumar와 Pathak(1987)은 삼각형 횡월류위어의 무차원 변수를 식 (4)와 같이 나타내었으며, 표 1은 위어 각이 60, 90, 120°인 예연 삼각형 횡월류위어에 대한 유량계수식과 실험조건을 나타내고 있다.

$$C_{TRI} = f \{ Fr_w, \theta, w/Y \} \quad (4)$$

여기서, Fr_w 는 위어 상류부 Froude 수, Y 는 본류의 평균수심 $(y_1 + y_2)/2$ 이다.

표 1. 삼각형 횡월류위어의 유량계수 제안식 및 실험조건

제안자	연도	유량계수식	B (m)	θ (°)	w (m)	Q (ℓ/sec)	S_o (%)	Fr_u
Kumar와 Pathak	1987	$C_{TRI} = 0.668 - 0.381 Fr_u$; $\theta = 60^\circ$	0.5	60	0.0608	19.5	0.3	0.090
		$C_{TRI} = 0.619 - 0.203 Fr_u$; $\theta = 90^\circ$		90	~	~		~
		$C_{TRI} = 0.642 - 0.042 Fr_u$; $\theta = 120^\circ$		120	0.2422	118.1		0.694

3. 수리실험

3.1 수리실험장치

수리실험은 그림 2와 같은 길이 20m, 폭 0.8m, 높이 0.9m이고 벽면이 아크릴로 된 직사각형 가변 경사 개수로 실험장치를 이용하였다. 횡월류위어를 설치하기 위해 본류 수로폭이 0.6m, 횡월류량을 차집하기 위한 차집수로폭이 0.2m가 되도록 아크릴로 수로를 분리하였다. 횡월류위어는 흐름의 안정을 위하여 정류조로부터 4.8m 하류에 설치하였으며, 횡월류위어의 횡월류량을 측정하기 위하여 차집수로로 횡월류되는 유량이 유도수로를 통해 유입되는 저수조에 삼각위어를 설치하였다.

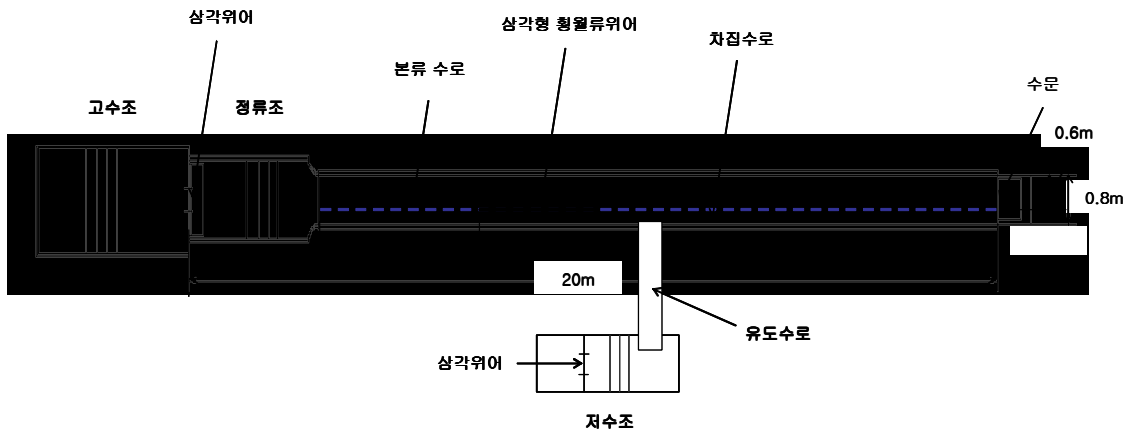


그림 2. 수리실험장치

3.2 실험 방법 및 조건

표 2는 삼각형 횡월류위어의 흐름특성을 분석하고 유량계수를 산정하기 위한 형상 및 유량조건을 나타내고 있다. 횡월류위어의 월류량에 큰 영향을 미치는 상류부 Fr_u 는 횡월류위어 시작점에서 본류폭의 4배인 2.4m 상류지점에서 수심과 유속을 측정하여 계산하였다. 본류 흐름조건에 따른 횡월류위어부와 상하류부 수면형의 변화를 분석하기 위해 본류폭의 0.5배와 1.0배인 0.3m와 0.6m 상하류 본류 지점 및 횡월류 시작점과 종료점 그리고 위어 정점부에서 수심을 측정하였다.

표 2. 삼각형 횡월류위어 형상 및 본류 흐름 조건

위어형태	w (m)	θ (°)	S_o (%)	Q (l/sec)	Fr_u
예연	0.075	90, 120, 150	0.3	33.6-64.1	0.45-0.56

4. 실험결과 및 분석

4.1 Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 유량계수 변화

삼각형 횡월류위어의 유량계수는 본류의 흐름조건과 위어의 기하학적 인자에 따라 변화한다. 그림 3과 4는 각각 Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 유량계수의 변화를 나타내고 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 모든 횡월류 위어각에 대해 Fr_u 가 증가함에 따라 유량계수는 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 위어각이 증가할수록 동

일한 Fr_u 에 대해 유량계수가 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 그림 4에서 보는 바와 같이 모든 횡월류위 어각에 대해 w/y_u 가 증가함에 따라 유량계수가 증가하였으며, 위어각이 증가할수록 동일한 w/y_u 에 대해 유량계수가 증가하는 것으로 나타났다.

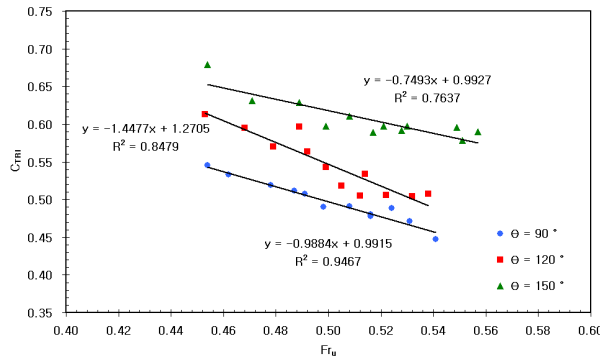


그림 3. Fr_u 변화에 따른 유량계수 변화

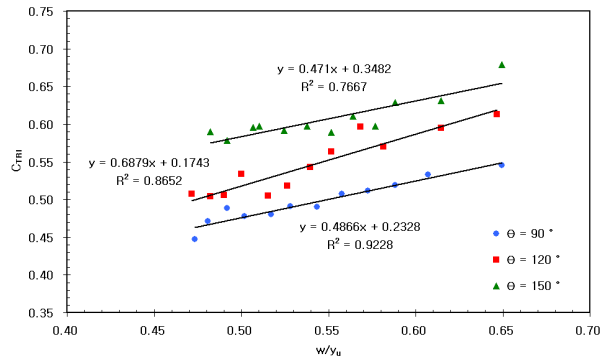
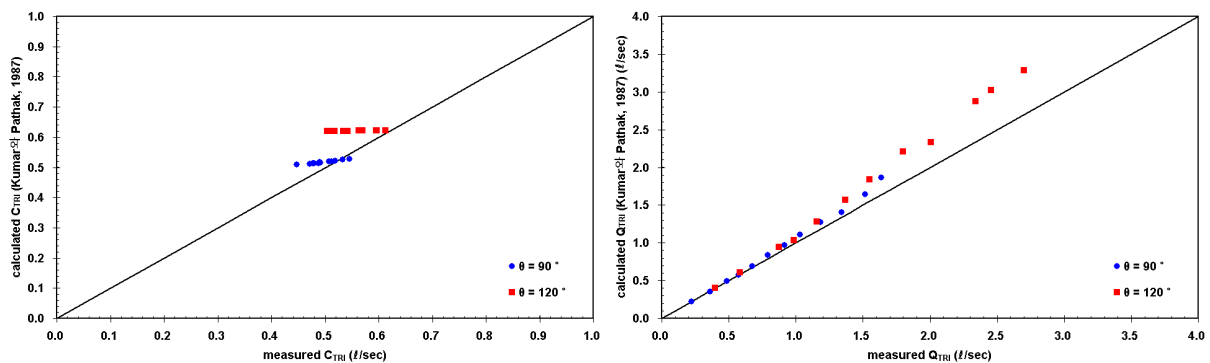


그림 4. w/y_u 변화에 따른 유량계수 변화

4.2 기존 횡월류위의 유량계수 산정식 검토

그림 5는 본 실험결과에서 측정된 유량계수 및 횡월류량을 Kumar와 Pathak(1987)의 제안식과 비교하여 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 유량계수가 클 때에는 비교적 비슷하게 나타났으나 유량계수가 감소할수록 측정치가 계산치보다 점차 작게 나타났다. 횡월류량이 작을 때에는 비슷하게 나타났지만, 횡월류량이 증가할수록 측정횡월류량도 유량계수식에 의한 계산횡월류량보다 점차 작게 나타났다. θ 가 90° 일 때 유량계수와 횡월류량의 오차는 각각 5.2%와 5.1%였으며, θ 가 120° 일 때 유량계수와 횡월류량의 오차는 각각 14.2%와 14.1%로 θ 가 90° 일 때에 비해 편차가 더 크게 나타났다. 이러한 편차는 실험조건의 차이 때문으로 판단된다.



(a) 유량계수

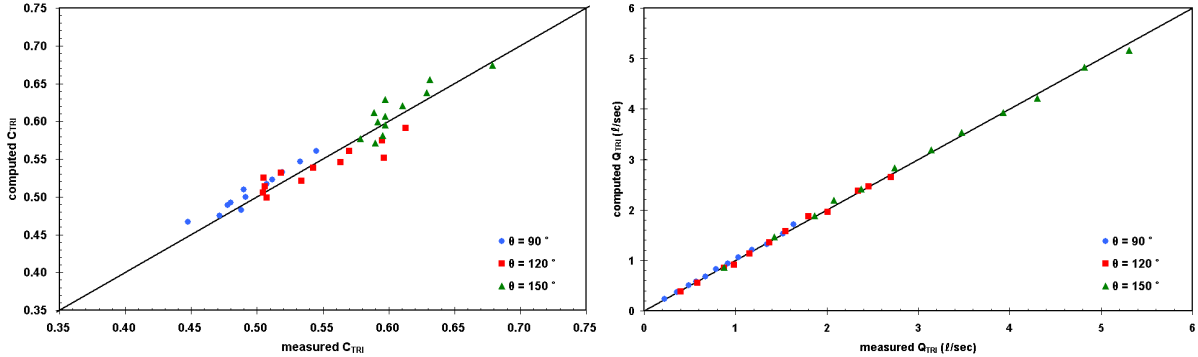
(b) 횡월류량

그림 5. 측정 유량계수 및 횡월류량과 기존 연구와의 비교

4.3 삼각형 횡월류위의 유량계수 산정식 제시

유량계수에 영향을 미치는 인자인 Fr_u , w/y_u 와 θ 를 고려한 중회귀분석을 통하여 삼각형 횡월류위 유량계수식을 식 (5)에 제시하였다. 그림 6은 식 (5)를 이용하여 계산된 유량계수 및 횡월류량과 측정된 유량계수 및 횡월류량과 비교하여 나타내고 있으며, 평균오차는 각각 2.4%와 2.4%였다.

$$C_{TRA} = 0.696 - 0.674Fr_u + 0.199\left(\frac{w}{y_u}\right) + 0.041\left(\tan\frac{\theta}{2}\right) \quad (R = 0.958) \quad (5)$$



(a) 유량계수 (b) 횡월류량
 그림 6. 계산 유량계수 및 횡월류량과 측정 유량계수 및 횡월류량 비교

5. 결 론

본 연구에서 수리실험을 수행하여 삼각형 횡월류위에 대하여 본류의 흐름조건, 위어각 등의 변화에 따른 유량계수를 산정하고 분석한 결과는 다음과 같다.

1 유량계수의 영향을 미치는 인자인 Fr_u , w/y_u , θ 를 고려한 중회귀분석을 통하여 삼각형 횡월류위의 유량계수식을 제시하였다. 제시된 유량계수식을 이용하여 계산된 유량계수 및 횡월류량과 측정된 유량계수 및 횡월류량을 비교 분석한 결과, 평균오차는 각각 2.4%와 2.4%였다.

2 Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 유량계수의 변화를 분석한 결과 모든 횡월류위어각에 대해 Fr_u 가 증가함에 따라 유량계수는 감소하였으며, w/y_u 가 증가함에 따라 유량계수는 증가하였다. 위어각이 증가할수록 동일한 Fr_u 와 w/y_u 에 대해 유량계수가 증가하는 것으로 나타났다.

3. 측정된 유량계수 및 횡월류량을 Kumar와 Pathak(1987)의 제안식과 비교 분석한 결과, θ 가 90°일 때 유량계수와 횡월류량의 오차는 각각 5.2%와 5.1%였으며, θ 가 120°일 때 유량계수와 횡월류량의 오차는 각각 14.2%와 14.1%였으며, 이러한 편차는 실험조건에 차이 때문으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Cosar, A., and Agaccioglu, H.(2004). "Discharge coefficient of a triangular side-weir located on a curved channel." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, Vol. 130, No. 5, pp. 410-423.
2. De March, G.(1934). "Essay on the performance of lateral weirs." *L' Energia Elettrica*, Vol. 11, No. 11, pp. 849-860.
3. Kumar, C.A., and Pathak, S.H.(1987). "Triangular side weirs." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, Vol. 113, No. 1, pp. 98-105.