

광정횡월류위어의 형상에 따른 유량계수 산정

An Estimation of Discharge Coefficient according to the Shape of Broad Crested Side Weir

조홍제*, 강호선**, 윤성규***

Hong Je Cho, Ho Seon Kang, Sung Kyu Yoon

요 지

횡월류위어를 천변저류지 등의 유입부에 설치하기 위해서는 정확한 월류량을 산정하는 것이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 실제 하천에 적용성이 높은 것으로 판단되는 사다리꼴 수로에서 수리실험을 실시하였고, 횡월류위어의 형상변화에 따른 흐름분석 및 유량계수산정을 위하여 직사각형, 1:1사다리꼴, 1:2사다리꼴 형상의 횡월류위어를 설치하여 수리실험을 하였으며, 상류 Froude수, 위어높이, 위어길이, 본류수로폭, 수로경사 등을 고려하였다. 분석결과 광정횡월류위어에서 y , y_u , Fr_u , L/B 의 순서로 중요도가 큰 것을 확인하였고, 다중회귀분석을 통해 유량계수식을 제시하였다. 또한 기존 연구자들의 실험자료와 본 실험의 연구자료를 비교하였으며, 측정된 월류량과 계산된 월류량을 비교하여 유량계수식의 적용성을 확인하였다.

핵심용어 : 광정횡월류위어, 유량계수, 다중회귀분석

1. 서론

저류지의 유입부에 설치되는 횡월류위어는 유량관리, 에너지소실, 유량전환, 수심규제, 홍수통제 등의 수단으로 많은 나라에서 사용되는 가장 전통적이고 단순한 수공구조물이다. (남기영 등, 2010) 횡월류위어는 흐름방향에 수직으로 설치된 일반적인 위어와 달리 흐름방향에 평행하게 설치되기 때문에 다양한 관점에서 연구가 수행되어야 하나, 횡월류위어에서 발생하는 복잡한 흐름특성 때문에 다른 수공구조물에 비해 연구가 미진한 상태이며, 지금까지의 주된 연구주제는 횡월류위어의 유량계수에 관한 경험식을 개발하는 것이었다.

기존 연구는 대부분 사각형 단면의 예연횡월류위어의 유량계수를 산출하는데 집중되어 있으나, 실험실이 아닌 하천에서의 본류의 흐름을 저류지로 유도하기 위한 횡월류위어는 사다리꼴의 광정횡월류위어의 형태가 일반적으로 사용될 것으로 판단된다. 사다리꼴 광정횡월류위어의 유량계수 산정(윤영배, 2010)에서 사다리꼴 단면의 수로에 대한 광정횡월류위어 실험에서 고정된 횡월류위어 형상에서의 연구결과가 나왔다. 그러나 횡월류위어의 형상에 따라서 유량계수에 영향이 있을 것으로 판단되며, 따라서 본 연구에서는 사다리꼴 수로에서 직사각형, 1:1사면, 1:2사면의 사다리꼴 형상의 횡월류위어를 설치한 후 흐름조건에 따라 상류조건에서 수리실험을 실시하였으며, 그 측정결과를 이용하여 상류의 Froude수, 위어높이, 위어길이, 본류폭, 하도경사, 하류수위조건을 고려한 유량계수식을 제안하고자 한다.

* 정회원 · 울산대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hjcho@mail.ulsan.ac.kr

** 정회원 · 울산대학교 건설환경공학부 석사과정 · E-mail : kang1h1s1@nate.com

*** 정회원 · 울산대학교 건설환경공학부 석사과정 · E-mail : ysk1028@nate.com

2. 수리실험

2.1 수리실험장치

사다리꼴 단면의 수로에 대한 횡월류위어 실험을 위해 길이 14.0m, 폭 0.6m, 높이 0.2m, 수로사면경사 1:1의 가변경사 개수로 실험장치를 이용하였다. 횡월류위어는 흐름의 안정을 위하여 수로 상류단으로부터 6.5m 하류에 설치하였으며, 횡월류위어 높이는 0.06m, 횡월류위어 마무리 이후 사면 경사는 1:2로 제작하였다.

2.2 실험조건 및 방법

광정횡월류위어의 형태에 따른 유량계수를 산정하기 위하여 횡월류위어의 위어마루높이(h)를 0.06m로 고정하였으며, 실험 조건을 요약하여 Table. 1에 나타내었다.

Table 1. Range of Test Variables

위어형태	위어형상	(l /sec)	B	S (%)	y/y_u	Fr_u	하류수위(m)
광정	직사각형,	20, 25, 30	5.0, 3.0	0.1~0.9	0.335~ 0.999	0.426~ 0.808	0, 0.02
	1:1, 1:2사면 사다리꼴		1.0				0.04, 0.06

횡월류위어에 대한 흐름개념도를 Fig. 1에 나타내었으며, 본 연구에서는 다음의 식(1)와 식(2)로 횡월류위어의 유량계수를 산정하였다.

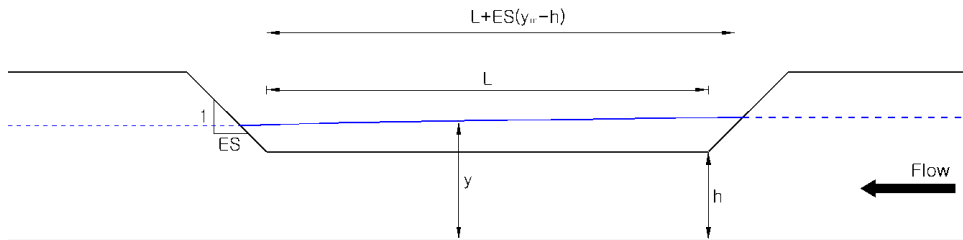


Fig 1. Definition Sketch of Flow Over Trapezoidal Side Weir

$$Q = \frac{2}{3} C \quad 2g [L + (y - h)ES] (y - h)^{3/2} \quad (1)$$

$$C_M = \frac{3}{2} \frac{Q_w}{\sqrt{2g} [L + (y - h)ES] (y - h)^{3/2}} \quad (2)$$

여기서, C_M 은 횡월류위어의 길이방향에 따라 변하지 않고 일정하다.

3. 실험결과 분석

3.1 횡월류위어 형상별 분석

본 연구에서는 횡월류위어의 형상에 따른 월류량을 분석한 결과 동일한 조건에서는 직사각형 형상보다 사다리꼴 형상을 가진 횡월류위어에서 월류량이 높을 것으로 나타났으며, 또한 사다리꼴 형상의 횡월류위어

의 상하류단의 사면경사가 낮아질수록 월류량이 증가 하였다. 직사각형 형상위어의 경우 위어 하류부에 본류 흐름과 수직된 벽면에서 와류가 발생하여 위어하류부에서 불안정한 흐름이 본류까지 영향을 주는 것으로 나타났다. 반면에 사다리꼴 형상의 위어에서는 본류의 흐름이 일정한 것으로 나타났으며, 경사가 완만할수록 본류의 흐름이 더 안정적인 것으로 나타났다.

3.2 유량계수 산정식 추정

횡월류위어의 유량계수는 본류 흐름조건과 횡월류위어의 기하학적 조건에 영향을 받으며, 각 조건의 차원 해석 결과를 이용하여 이를 독립변수로 두면 다음과 같은 다중선형회귀식으로 나타낼 수 있다.

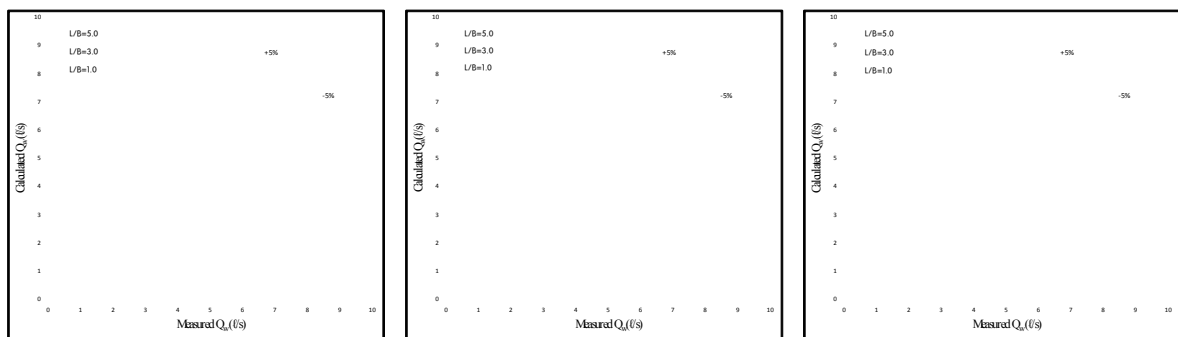
$$a + bFr_u + c \frac{h}{y_u} + d \frac{L}{y_u} + e \frac{L}{B} + fS_0 \quad (3)$$

여기서, a 는 절편의 추정치이며, b, c, d, e, f 는 회귀계수이다. 본 연구에서는 위식을 기본방정식으로 하여 각 매개변수의 중요도를 확인하기 위하여 각각의 매개변수들을 조합한 35개의 case에 대하여 다중회귀분석을 시행한 결과 중요한 변수를 순서대로 나열하면 $h/y_u, L/y_u, Fr_u, S_0, L/B$ 이다. 본 연구에서는 변수 5개를 모두 포함한 다중회귀식을 유량계수 산정식으로 채택하였으며 Table 2에 횡월류위어의 형상별로 채택된 다중회귀식을 수록하였다.

Table 2. Formulas of Multiple Regression Analysis

위 어 형 상	채택된 다중회귀식	R^2
직 사 각 형	$C_M = 0.332Fr_u - 1.089h/y_u + 0.063L/y_u - 0.083L/B + 0.301S_0 + 0.964$	0.867
1:1 사다리꼴	$C_M = 0.357Fr_u - 0.663h/y_u + 0.056L/y_u - 0.056L/B - 0.289S_0 + 0.489$	0.864
1:2 사다리꼴	$C_M = 0.341Fr_u - 0.284h/y_u + 0.034L/y_u - 0.005L/B - 0.291S_0 + 0.297$	0.879

Fig 2은 채택된 유량계수산정식을 이용하여 계산된 횡월류량과 측정된 횡월류량을 비교하여 나타내고 있으며, 평균오차는 직사각형의 경우 5.37%, 1:1 사다리꼴에서는 6.10%, 그리고 1:2 사다리꼴 형상에서는 6.08%로 나타났다.



(a) Rectangular side weir (b) 1:1 trapezoidal side weir (c) 1:2 trapezoidal side weir

Fig 2. Comparison of measured and calculated discharge

4. 결론

본 연구의 실험결과 실제저류지의 유입부에 횡월류위어를 설치할 경우 직사각형 형상의 횡월류위어를 설치하는 것 보다는 상하류부의 경사가 작은 사다리꼴 형상의 횡월류위어를 설치하였을 때 유입량을 늘릴 수 있으며, 또한 직사각형 형상 위어에서는 와류의 발생으로 인한 본류의 불안정한 흐름, 횡월류위어 구조물의 세굴 및 월류 후 하상 세굴의 문제점이 나타날 것으로 예상된다. 반면에 사다리꼴 위어를 설치할 경우 본류흐름에 불안정한 흐름 및 구조물의 세굴 발생을 방지할 수 있을 것으로 판단되며, 사다리꼴 상하류부 경사를 완만하게 할수록 그 효과는 클 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안된 횡월류위어 형상에 따른 광정횡월류위어의 유량계수식은 상류의 흐름조건에서 광정횡월류위어에 대하여 De Marchi 유량계수 C_d 의 산정식으로 적용될 수 있을 것으로 판단되며, 적용한계는 직사각형 $F = 0.335 \sim 0.999$, $h/y_u = 0.426 \sim 0.799$, $L/y_u = 1.418 \sim 13.32$, 1:1 사다리꼴 형상은 $Fr_u = 0.419 \sim 0.987$, $h/y_u = 0.438 \sim 0.808$, $L/y_u = 1.460 \sim 12.821$ 이며, 1:2 사다리꼴 형상은 $Fr_u = 0.428 \sim 0.991$, $h/y_u = 0.434 \sim 0.796$, $L/y_u = 1.447 \sim 12.937$ 이다.

참고 문헌

1. 조홍제, 윤영배(2010). 횡월류위어에 의한 에너지변화 평가를 위한 실험연구, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, Vol. 31 No.1B pp 57-62
2. 조홍제, 윤영배(2010). 광정횡월류위어의 형상에 따른 유량계수 산정, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 31 No.1B pp 63-70
3. 윤영배(2010). 사다리꼴 광정횡월류위어의 유량계수 산정, 박사학위논문, 울산대학교
4. 송재우, 박성식, 김지호 (2007). 횡월류위어의 형상에 따른 유량계수 추정, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, Vol. 40, No. 1, pp. 51-62
5. 남기영, 한건연, 박홍석, 김극수, 최승용 (2010). 3차원 수치모형에 의한 횡월류위어의 수리학적 평가, 환경영향평가, 한국환경영향평가학회, Vol. 19, No. 2, pp. 153-168
6. 대한주택공사 (2006). off-line 저류지의 설계기준과 치수효과에 관한 연구
7. 이두한, 이동섭 (2004). 횡월류위어 유량계수 검토 및 연구방향 설정, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, Vol.37 No.6, pp. 82-90
8. Borghei, S. M., Jalili, M. R., and Ghodsian, M.(1999). Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow, **Journal of Hydraulic Engineering**, ASCE, Vol.125, No.10, pp.1051-1056
9. El-Khashab, A., and Smith, K. V. H.(1976). Experimental investigation of flow over side weirs, **Journal of Hydraulic Engineering**, ASCE, Vol.102, No.9, pp.1255-1268
10. Ranga Raju, K. G., Prasad, B., and Gupta, S. K.(1979). Side weir in rectangular channel, **Journal of Hydraulics Division**, ASCE, Vol.105, No.5, pp.547-554
11. De March, G.(1934). Essay on the performance of lateral weirs, **L'Energia Elettrica**, Vol.11, No.11, pp.849-860
12. Chow, V.T. (1959). Open channel hydraulics, McGraw-Hill, New York.