

off-line 저류지 횡월류위어의 적정폭 및 유량계수

Suitable Width and Discharge Coefficient of Side Weir in Off-line Detention Basin

박성식*, 김지호**, 박영진***, 송재우****

Sung Sik Park, Gi Ho Kim, Young Jin Park, Jai Woo Song

요 지

최근 도시개발이나 주택단지개발사업의 경우 토지이용의 극대화 및 경제적인 측면에서 저류지의 면적을 충분히 확보하기 어려우므로 침투홍수량 조절방식인 하도외(off-line) 저류지가 검토되고 일부 설치되고 있으며, 증가된 홍수량을 저류지로 전환하는 방법에는 일반적으로 횡월류위어가 이용되고 있다. 현재 off-line 저류지 횡월류량 산정시 사용되고 있는 De Marchi공식의 유량계수를 0.623이라는 고정된 값을 사용하고 있으나, 횡월류위어의 유량계수는 본류 흐름 조건 및 위어의 기하학적 조건에 따라 달라지기 때문에 이에 대한 문제점을 갖고 있다. 또한 횡월류부의 적정폭이 제시되어 있지 않으므로 계획빈도 이상의 수위가 전량 저류지로 유입되는지 이에 대한 실험 및 검증이 요구된다.

본 연구에서는 수리실험을 통하여 설계빈도 이상의 초과홍수량을 전량 월류시킬 목적으로 사용되는 off-line 저류지 횡월류위어의 적정폭을 산정하고, 본류 흐름 조건 및 위어의 기하학적 조건 등을 고려한 횡월류위어의 유량계수를 산정하였다. 적정폭 산정 결과 본 실험조건에서는 횡월류 위어폭이 본류폭의 6배인 $3.6m(L/B=6.0)$ 이상일 때 모든 조건에서 위어정점부 이상의 수위에 대한 유량을 전량 월류시킬 수 있는 것으로 나타났다. $L/B=6.0$ 일 때 Fr_u , w/y_u 와 S_o 를 고려한 중회귀분석을 통해 off-line 저류지에 적합한 횡월류 위어의 유량계수식을 제안하였으며, off-line 저류지의 횡월류위어 설계시 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : off-line 저류지, 횡월류위어, 위어폭, 유량계수

1. 서 론

최근 도시개발이나 주택단지개발사업의 경우 토지이용의 극대화 및 경제적인 측면에서 저류지의 면적을 충분히 확보하기 어려우므로 침투홍수량 조절방식인 하도외(off-line) 저류지가 검토되고 일부 설치되고 있으며, 증가된 홍수량을 저류지로 전환하는 방법에는 일반적으로 횡월류위어(side weir 또는 lateral weir)가 이용되고 있다. 현재 off-line 저류지 횡월류량 산정시 사용되고 있는 De Marchi공식의 유량계수를 0.623이라는 고정된 값을 사용하고 있으나, 횡월류위어의 유량계수는 본류 흐름 조건 및 위어의 기하학적 조건에 따라 달라지기 때문에 이에 대한 문제점을 갖고 있다. 또한 횡월류부의 적정폭이 제시되어 있지 않으므로 계획빈도 이상의 수위가 전량 저류지로 유입되는지 이에 대한 실험 및 검증이 요구된다.

본 연구의 목적은 수리실험을 통하여 설계빈도 이상의 초과홍수량을 전량 월류시킬 목적으로 사용되는 off-line 저류지 횡월류위어의 적정폭을 산정하고, 본류 흐름 조건 및 위어의 기하학적 조건 등을 고려한 횡

* 정회원.홍익대학교 토목공학과 박사과정-E-mail : sspark72@empal.com
** 정회원.서일대학 토 목 과 겸임교수-E-mail : autocadplus@chol.com
*** 정회원.서일대학 토 목 과 교 수-E-mail : profpark@seoil.ac.kr
**** 정회원.홍익대학교 토목공학과 교 수-E-mail : jwsong@hongik.ac.kr

월류위어의 흐름특성을 분석하고 유량계수를 산정하는데 있다. 또한 중회귀분석을 통하여 국내 off-line 저류지 특성에 적합한 횡월류위어의 유량계수 공식을 제안하고자 한다.

2. 횡월류위어의 기본개념 및 유량계수

그림 1은 횡월류위어 흐름의 정의도이다.

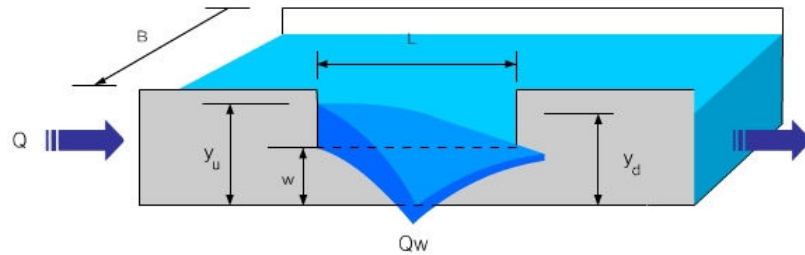


그림 1. 횡월류위어 흐름의 정의도

여기서, B 는 본류하폭, L 는 위어폭, Q 는 본류유량, q 는 단위폭당 월류량, y_u 는 위어 상류수심, y_d 는 위어 하류 수심이고 w 는 위어 높이이다.

본류의 하상경사와 단면이 일정한 직사각형수로이며, 직사각형 예연위어인 1차원 흐름에 대하여 본류로부터 유출이 발생하는 경우 점변류의 수면곡선식으로부터 횡월류위어부에서 비에너지가 일정하다고 가정하면 단위폭당 월류량 q 는 본류에서의 유량 감소량과 같으므로 식 (1)과 같다.

$$q = - \left(\frac{dQ}{dx} \right) = \left(\frac{dQ_w}{dx} \right) = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (y - w)^{2/3} \quad (1)$$

여기서, x 는 흐름방향, y 는 본류의 수심, g 는 중력가속도, Q_w 는 월류량, C_M 은 De Marchi의 유량계수이다.

De Marchi(1934)에 의하여 이론적으로 제안되었던 유량계수는 여러 연구자들이 실험을 통하여 산정공식을 제시하였다. 대부분의 연구자들이 C_M 을 Fr_u 만의 함수로 나타내고 있으며, Singh 등(1994)과 Jalili와 Borghei(1996)는 w/y_u , Borghei 등(1999)은 w/y_u 와 L/B 항을 고려한 유량계수식을 제안하였다.

3. 수리실험

3.1 수리실험장치

수리실험은 그림 2와 같은 길이 20m, 폭 0.8m, 높이 0.9m이고 벽면이 아크릴로 된 직사각형 가변 경사개수로 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.

3.2 실험 방법 및 조건

3.2.1 횡월류위어 적정폭 산정 실험

일반적으로 off-line 저류지의 횡월류위어는 Froude 수가 크고 설계빈도 이상의 유량을 전량 월류시킬 목

적으로 설계되기 때문에 주수로의 폭에 비해 횡월류위어의 폭이 현재까지 연구되어온 횡월류위어보다 상대

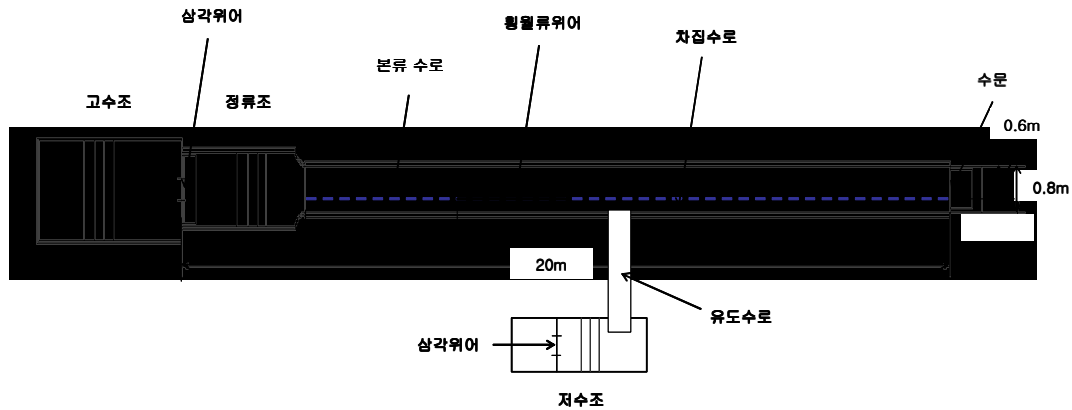


그림 2. 수리실험장치

적으로 훨씬 커야 한다. 이러한 횡월류위어의 적정 폭 산정을 위하여 기존 off-line 저류지 횡월류위어의 특성을 조사한 결과를 바탕으로 표 1에 나타난 실험조건에서 실험을 수행하였으며, 위어부에서 월류흐름이 끊어지는 지점의 길이를 측정하여 이를 횡월류위어의 적정폭으로 산정하였다.

3.2.2 횡월류위어 유량계수 산정 실험

적정폭 산정 실험 결과를 바탕으로 횡월류위어의 폭을 결정하였으며, 횡월류위어의 월류량에 큰 영향을 미치는 상류부 Fr_u 는 횡월류위어 시점부에서 수심과 유속을 측정하여 계산하였다. 횡월류위어부의 수면형의 변화를 고려한 유량계수 및 횡월류량을 산정하기 위해 위어시점부로부터 0.6m 간격으로 분류중심과 위어정점부에서 수심을 측정하였다. 횡월류위어의 유량계수를 산정하기 위한 실험조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. 적정폭 및 유량계수 산정 실험조건

실험 내용	위어 형태	위어 형상	w (m)	L (m)	S_o (%)	Q (ℓ/sec)	L/B	w/y_u	Fr_u
적정폭 산정	예연	직사각형	0.081	0.6-5.4	0.533-1.440	51.1-58.8	1.0-9.0	0.755-0.915	0.726-0.988
유량계수 산정			0.043-0.081						

4. 실험결과 및 분석

4.1 off-line 저류지 횡월류위어 적정폭 산정

그림 3은 위어폭을 분류폭의 9배까지 변화시키면서 두 가지 유량조건에서 분류의 하상경사를 변화시켜 가며 실험한 결과이다. 그림에서 x축의 L/B 는 각각의 Fr_u 와 w/y_u 에 대한 흐름조건일 때 횡월류위어를 통해 완전히 월류되어 흐름이 단절되는 위어폭과 분류폭의 비를 나타내고 있다. 분석결과 본 실험조건에서는 횡월류폭이 3.6m($L/B=6.0$)일 때 모든 조건에서 위어정점부 이상의 수위에 대한 유량을 전량 월류시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 off-line 저류지에 횡월류위어를 설치할 경우 최소한 $L/B > 6.0$ 이어야 하는 것으로 나타났다.

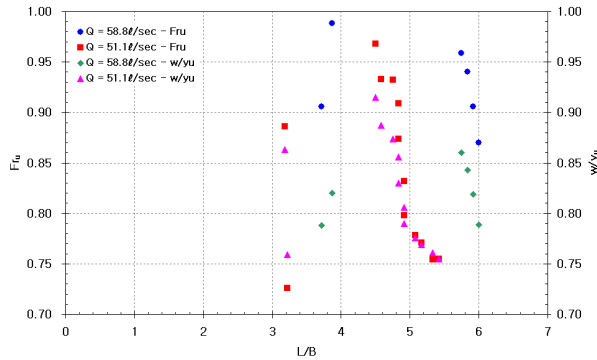


그림 3. Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 횡월류위어 완전 율류폭

4.2 Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 유량계수 변화

그림 4와 5는 각각 Fr_u 와 w/y_u 변화에 따른 유량계수의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 횡월류위어의 유량계수는 고정된 값이 아니라 Fr_u 와 w/y_u 가 증가함에 따라 유량계수는 감소하는 것으로 나타났다.

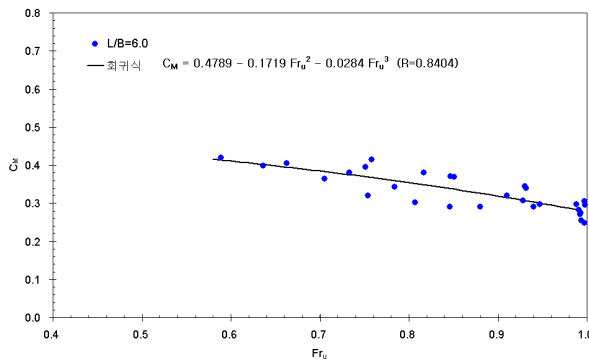


그림 4. Fr_u 변화에 따른 C_M 변화

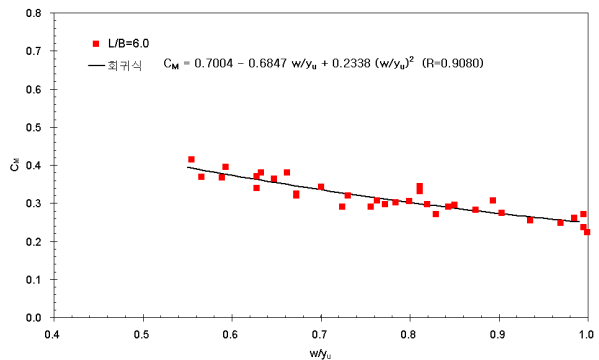


그림 5. Fr_u 변화에 따른 C_M 변화

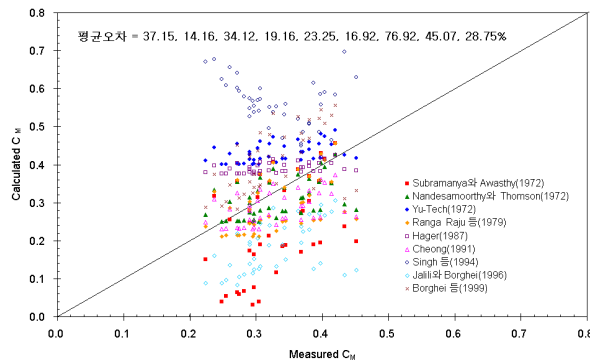
4.3 기존 횡월류위어의 유량계수 산정식 검토

그림 6은 본 실험결과에서 측정된 유량계수 및 횡월류량을 기존 연구자의 제안식과 비교하여 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 유량계수는 연구자에 따라 평균오차가 14.16 ~ 76.92%, 횡월류량은 평균오차가 14.12 ~ 76.93%로 큰 편차를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 편차는 기존 연구의 경우 횡월류위어의 폭이 작기 때문에 off-line 저류지의 횡월류위어에는 적용하기에 어려움이 있을 것으로 판단된다.

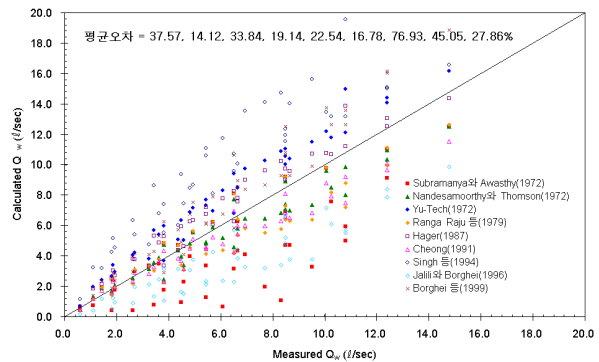
4.4 중 회귀분석에 의한 유량계수식 제안

유량계수에 영향을 미치는 인자인 Fr_u , w/y_u 와 S_o 를 고려한 중회귀분석을 통하여 식 (2)와 같이 횡월류위어 유량계수식을 제시하였다. 그림 7은 식 (2)를 이용하여 계산된 유량계수 및 횡월류량과 측정된 유량계수 및 횡월류량과 비교하여 나타내고 있으며, 평균오차는 각각 3.81%와 4.01%였다.

$$L/B=6.0; \quad C_M = 0.4070 + 0.2280Fr_u - 0.1630w/y_u - 0.1750S_o \quad (R=0.9454) \quad (2)$$

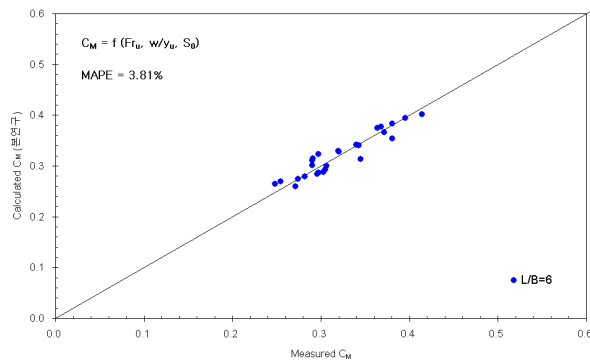


(a) 유량계수

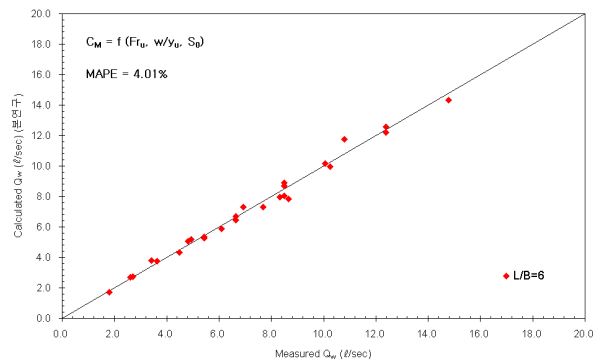


(b) 횡월류량

그림 6. 측정 유량계수 및 횡월류량과 기존 연구와의 비교



(a) 유량계수



(b) 횡월류량

그림 7. 계산 유량계수 및 횡월류량과 측정 유량계수 및 횡월류량 비교

5. 결 론

1. off-line 저류지와 같이 위어정점부 이상의 수위에 대한 유량을 전량 월류시키기 위한 목적으로 횡월류 위어를 설치할 경우 L/B 는 6.0이상 되어야 하는 것으로 나타났다.

2. 측정된 유량계수 및 횡월류량을 기존 연구자의 제안식과 비교분석한 결과, 큰 편차를 보이는 것으로 나타났으며, 이러한 편차는 기존 연구의 경우 횡월류위어의 폭이 작기 때문에 off-line 저류지의 횡월류위어에는 적용하기에 어려움이 있을 것으로 판단된다.

3. $L/B=6.0$ 일 때 Fr_u , w/y_u 와 S_0 인자들을 고려한 중회귀분석을 통하여 유량계수식을 제시하였으며, 계산된 유량계수 및 횡월류량과 측정값과 비교 분석한 결과, 평균오차는 각각 3.81%와 4.01%였다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. De March, G.(1934). "Essay on the performance of lateral weirs." *L' Energia Elettrica*, Vol. 11, No. 11, pp. 849-860.
3. Singh, R., Manivannan, D., and Satyanarayana, T. (1994). "Discharge coefficient of rectangular side weirs." *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, Vol. 120, No. 4, pp. 814-819.