

수중구조물 월류공식의 유량계수 산정

Estimation of Discharge Coefficients of Overflow Formula for Submerged Structures

윤성범*·이상민**·권갑근***·배재석****

Sung Bum Yoon·Sang Min Lee·Kab Keun Kwon·Jae Seok Bae

요 지

단면평균 1차원 수치모형의 수중구조물 표현방식으로 흔히 사용되는 월류공식의 유량계수를 범용 난류유동 수치모형인 FLUENT를 사용하여 완전월류와 불완전월류의 전구간에 걸쳐 구하고 공식화한 결과를 제시한다. 수중구조물은 고무댐과 Ogee형 월류보의 2가지를 대상으로 하였다.

핵심용어 : 수중구조물, 월류공식, 유량계수, 범용 난류유동 수치모형

1. 서 론

최신 범용 난류유동 수치모형의 일반화로 수중구조물의 수중구조물의 월류공식과 같은 고전적인 경험공식은 효용성이 없어 보인다. 그러나 계산영역이 매우 관범위한 실제적인 문제를 다루는데 있어서는 아직도 연구가치가 높은 topic이다. 본 연구에서는 단면평균 1차원 수치모형의 수중구조물 표현방식으로 흔히 사용되는 월류공식의 유량계수를 범용 난류유동 수치모형인 FLUENT를 사용하여 구하고 공식화한다. 수중구조물은 고무댐과 Ogee형 월류보의 2가지를 대상으로 하였다.

위어를 통한 유량은 그림 1에 보인 바와 같이 상하류 수위차 h 및 위어 상류부 수심 H 에 따라 불완전월류와 완전월류로 구분하여 주어진다.

$$\text{불완전 월류시 (} h < H/3 \text{ 일 때) } \quad q = C(H-h)\sqrt{2gh}1 \quad (1)$$

$$\text{완전 월류시 (} h > H/3 \text{ 일 때) } \quad q = \frac{2}{3} H C \sqrt{2g(H/3)} \quad (2)$$

* 정회원·한양대학교 토목환경공학과 교수E-mail: sbyoon@hanyang.ac.kr
** 정회원·한양대학교 토목공학과석사과정E-mail: miz1801@hanmail.net
*** 정회원·한양대학교 토목공학과석사과정E-mail: buttyfly@hanmail.net
**** 정회원·한양대학교 토목공학과석사과정E-mail: bjjae@hanmail.net

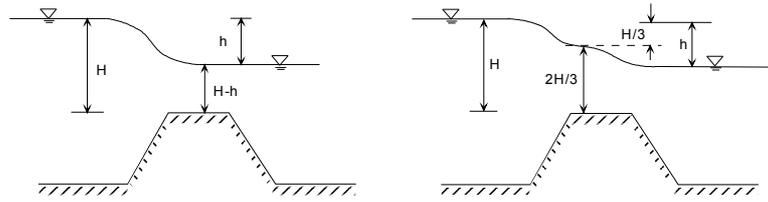


그림 1. 위어에서의 월류 (a) 불완전 월류, (b) 완전 월류

여기서 q 는 단위폭당 월류유량($m^3/s/m$), g 는 중력가속도($9.81 m/s^2$), C 는 유량계수이다. 유량계수 C 는 가동보 즉 위어의 형상과 월류유량 및 하류부 수위 특성에 따라 변화한다.

2. 고무댐

고무댐(Rubber Dam)은 연속적인 수위조절이 용이한 가동보로서 개수로의 수위를 일정하게 유지해야 하는 경우에 사용된다. 이러한 가동보가 중간에 설치된 개수로 영역을 수치모의하기 위해서는 고무댐의 유량계수 산정이 필수적이다. 본 연구의 가동보는 콘크리트 기초부 위에 최대높이 2.5m의 곡면형 고무댐을 설치하는 것으로 하고, 일정한 유입유량에 대하여 하류에서의 해수위 변동에 따른 유량계수를 범용 난류유동 해석 수치모형인 FLUENT를 사용하여 수치실험을 수행하고 그 결과를 이용하여 유량계수를 구하였다. 그림 2는 고무댐 주위의 흐름장을 해석하기 위한 격자망을 FLUENT의 격자망 생성 프로그램인 Gambit을 이용하여 구성한 것이다. 완전월류와 불완전월류가 모두 포함되도록 하류부 수위를 조절하였으며, 이를 위해 하류 유출구에 필터층을 설치하고, 그 두께 m 을 조절하여 흐름에 마찰저항을 줌으로써 동일한 유량에 대해서도 하류부 수위가 자유롭게 조절된다. 수면부에는 VOF기법을 적용하여 수면이 자유롭게 변화하도록 하였다. 그림 3과 그림 4는 여러 가지 흐름조건에 따른 고무댐 주위의 흐름 형상을 수치모의한 결과의 몇가지 예를 보여준다. 그림 5는 수치실험 결과로부터 구한 유량계수 C 를 무차원수위차 h/H 에 대해 도시한 것이며, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$C = 1.425 - 0.375e^{-10(h/H)^2} \quad (3)$$

여기서 H 는 그림 1에 보인 바와 같이 상류부 접근수두로서 고무댐 상단으로부터 상류부 수면까지의 연직거리이며, h 는 상하류간의 수위차이다. h/H 가 큰 경우 완전월류에 해당하며 C 값은 1.425로 일정하다. 상하류 수위차가 작아지면 불완전월류이며 C 값은 감소하게 된다.

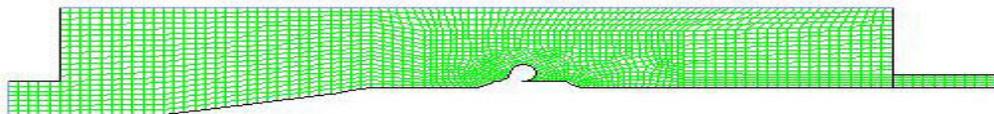


그림 2. 고무댐 주위 유동장 계산 격자망



그림 3. 완전월류시 고무댐 주위의 흐름 형상



그림 4. 불완전월류시 고무댐 주위의 흐름 형상

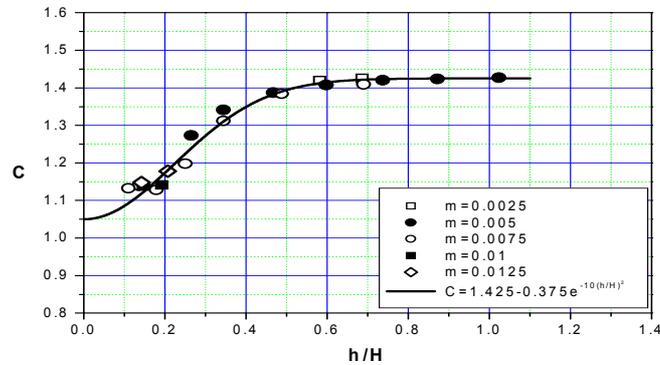


그림 5. 무차원 수위차에 따른 고무댐의 유량계수

3. Ogee형 월류보

발전소의 폐정 내부에는 외부 해수위 변동의 영향을 최소화 시켜 냉각수량을 일정하게 유지시키고, 복수기의 사이폰이 계속적으로 작동하게 하기 위해 소규모 댐 즉 위어(weir)가 설치된다. 폐정 위어의 유량계수를 산정하기 위해 고무댐의 경우와 같이 범용 난류유동해석 수치모형인 FLUENT를 사용하여 수치실험을 수행하고 그 결과를 이용하여 유량계수를 구하였다. 그림 6은 월류보 주위의 흐름장을 해석하기 위한 격자망을 보여준다. 그림 7과 그림 8은 여러 가지 흐름조건에 따른 월류보 주위의 흐름 형상을 수치모의한 몇가지 예를 보여준다. 그림 9는 수치실험 결과로부터 구한 유량계수 C 를 무차원수위차 h/H 에 대해 도시한 것이며, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$C = 1.425 - 0.375e^{-10(h/H)^2} \quad (4)$$

h/H 가 큰 경우 완전월류에 해당하며 C 값은 1.28로 일정하며, 이 값이 작아지면 불완전월류로 변하며 C 값은 감소하게 된다.

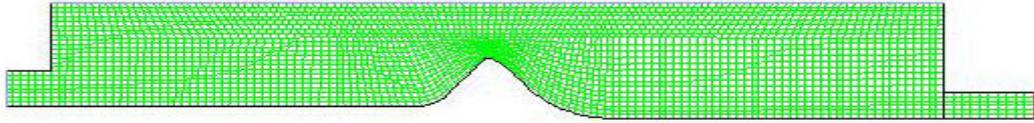


그림 6. Ogee형 월류보 주위 유동장 계산 격자망



그림 7. 완전월류시 월류보 주위의 흐름형상



그림 8. 완전월류시 월류보 주위의 흐름형상

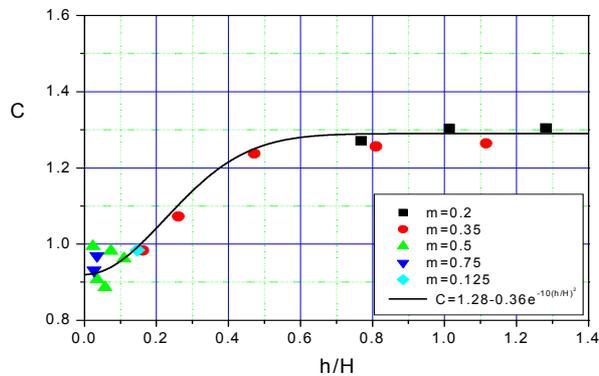


그림 9. 무차원 수위차에 따른 월류보의 유량계수

4. 결론

본 연구에서는 범용 난류유동해석 수치모형인 FLUENT를 사용하여 고무댐과 Ogee형 월류보의 흐름을 수치모의하고 그 결과를 이용하여 유량계수를 구하였다. 완전월류시에는 상하류 수위차에 무관하게 유량계수가 일정하게 나타나고, 불완전 월류시에는 하류 수체에 의한 저항이 작용하여 유량계수가 감소하여 물리적으로 타당한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 수리실험 결과와 비교를 통하여 검증이 이루어져야 하겠으나 일단 난류유동해석 수치모형으로 월류계수가 알려지지 않은 수중구조물의 유량계수를 구할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 건설핵심기술연구개발사업의 해저시설물차폐기술개발을 위한 한국건설기술연구소의 위탁과제중 일부로서 연구비 지원에 감사를 포함합니다.

참고문헌

Crowe, C.T., Elger, D.F. and Roberson, J.A. (2001) *Engineering Fluid Mechanics*, pp. 531-538.
Fluent Inc. (2001) *FLUENT 6 User's Guide*, Vol. 1-4