

# 유공벽 벽두께에 따른 에너지 손실계수의 변화 수리실험

## Hydraulic Experiment for Variation of Energy Loss Coefficient due to Thickness of Perforated Wall

김갑근\*, 서종선\*\*, 이재황\*\*\*, 윤성범\*\*\*\*

Kab Keun Kwon, Jong Seon Seo, Jae Hwang Lee, Sung Bum Yoon

### 요 지

공극률, 슬릿 수 및 두께가 다양한 오리피스 구조물을 대상으로 개수로 수리실험을 진행하여 유공벽의 벽두께에 따른 에너지 손실계수의 변화 및 메커니즘을 연구하였다. 오리피스의 개수로 수리실험을 수행하였으며 다양한 유속조건에서 오리피스의 벽두께에 대한 에너지 손실계수를 측정 한 뒤 결과를 권 등(2010)의 관수로 실험결과와 비교하였다. 실험결과 전체적으로 유속에 따라 에너지 손실은 변화하였으며 유속이 감소할수록 에너지 손실은 크게 증가함을 보였다. 유속이 작은 층류구간에서 유속이 감소할수록 에너지 손실은 증가하는 반비례 관계를 보였고 에너지 손실량은 관수로 실험결과와 서로 비슷하였다. 그러나 유속이 강한 난류 구간에서는 에너지 손실이 유속과 무관하게 일정한 관수로 결과와는 달리 유속에 따라 변화하였다. 또한 유속이 약한 흐름에서는 오리피스의 두께 및 슬릿 수에 따라 에너지 손실은 각각 다르게 측정되었지만 유속이 강한 흐름에서는 벽두께 변화와 상관없이 에너지 손실은 거의 비슷하였다. 이 결과로부터 개수로 오리피스의 경우 유속이 강한 구간에서는 오리피스의 벽두께 효과 보다 상·하류 수위차로 발생하는 개수로 효과가 더 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다.

**핵심용어 : 유공벽, 오리피스, 에너지 손실계수, 개수로 수리실험, 벽두께**

## 1. 서 론

유공방파제는 입사하는 파의 에너지 일부를 전면부의 슬릿 또는 구멍을 통해 소모시켜 반사파를 저감시키는 역할을 한다. 반사율과 투과율의 정확한 산정은 유공벽 해석에서 중요한 문제이다. 기존의 연구결과들을 살펴보면 유공방파제의 반사율에 영향을 주는 요소로서 공극률, 유공벽 두께, 유수싹 폭, 공극의 크기, 입사파의 파장 및 파고 등을 들 수 있다. 그 중 반사율 산정에서 에너지 손실계수는 중요한 요소임을 선행 연구결과로부터 알 수 있다.(남두현, 2005;윤 등, 2007) 그리고 Idelchik and Fried(1989)는 난류구간에 대한 실험을 통해 공극률과 벽두께에 의한 에너지 손실계수를 산정 하였고 실험식을 제안하였다. 또한 권 등(2010)은 오리피스의 관수로 수리실험을 수행하여 오리피스의 상대 벽두께에 따른 에너지 손실계수를 측정하였으며 유속이 약한 층류구간에서의 에너지 손실계수는 Reynolds 수에 반비례함을 확인하였다. 본 논문에서는 권 등(2010)의 오리피스의 관수

\* 정회원.한양대학교 건설환경공학과 박사과정-E-mail : kkkwon@hanyang.ac.kr

\*\* 정회원.한양대학교 건설환경공학과 석사과정-E-mail : ken03@hanyang.ac.kr

\*\*\* 정회원.한양대학교 건설환경공학과 석사과정-E-mail : ska1112@naver.com

\*\*\*\* 정회원.교신저자.한양대학교 건설환경공학과 교수-E-mail : sbyoon@hanyang.ac.kr

로 수리실험을 확장하여 같은 실험장치 및 조건에서의 오리피스 개수로 수리실험을 수행하였으며 개수로의 에너지 손실계수를 측정하였다. 또한 개수로에서의 실험결과를 관수로 실험결과 및 전 등(2007)의 유공관의 통수성 수리실험 결과와 비교하였다.

## 2. 수리실험

### 2.1 실험장비

수리실험은 그림 1과 같은 유량조절이 가능한 개수로에서 수행되었다. 개수로 실험장치는 상류부, 오리피스, 하류부로 구성되어 있으며, 상류부는 오리피스로부터 3m, 하류부는 4.5m이다. 수로의 단면은  $0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$  아크릴 정사각형 단면을 사용하였다. 상류와 하류의 수심을 측정하여 에너지 손실계수를 산정하였다.

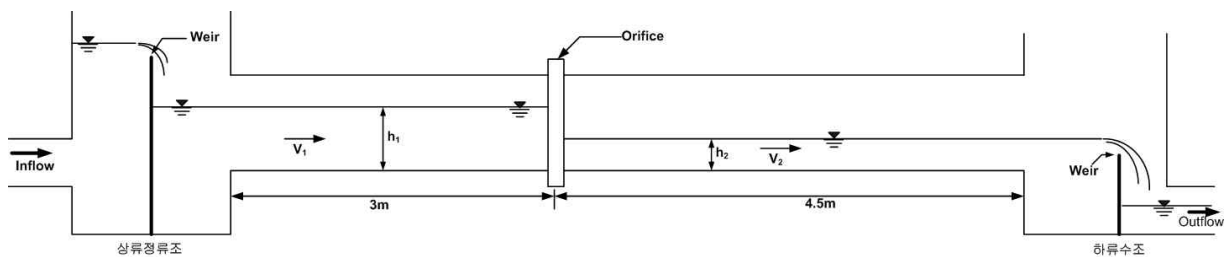
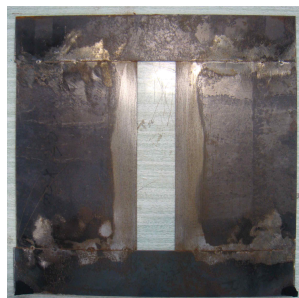


그림 1. 개수로 실험장치

오리피스 판은 공극률과 벽두께에 따라 슬릿형태로 제작하였으며 그림 2와 같이 알루미늄으로 정교하게 제작하였다. 공극률은 0.1~0.4까지 적용하였으며 오리피스의 두께  $b$ 는 0~3cm, 슬릿 (slit)의 수는 1~8까지 다양하게 적용하여 수리실험을 수행하였다.



(a) 예인 오리피스



(b) 두께가 있는 오리피스

그림 2. 실험에 쓰인 오리피스

### 2.1 적용공식

오리피스로 인한 개수로의 에너지 손실을 측정하기 위하여 다음의 공식을 적용하였다. 우선 개수로의 에너지 손실계수를  $\delta$  라고 명명하였으며 에너지방정식으로부터 에너지손실항을 식(1)로 나타내어 에너지 방정식에 대입하면 식(2)로 정리할 수 있다.  $\Delta$  는 에너지손실이다.

$$\Delta E = \delta \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 -P_2 &= \frac{V_2^2}{2g} + \delta \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \\
 &= \left[ 1 + \delta - \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^2 \right] \frac{V_2^2}{2g}
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서  $\left[ 1 + \delta - \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^2 \right] \frac{V_2^2}{2g}$  를 에너지 손실계수  $\alpha$  라고 하면 개수로의 에너지 손실계수를  $\delta$  는 식(3)로 나타낼 수 있다.

$$\delta = \alpha - 1 + \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^2 \tag{3}$$

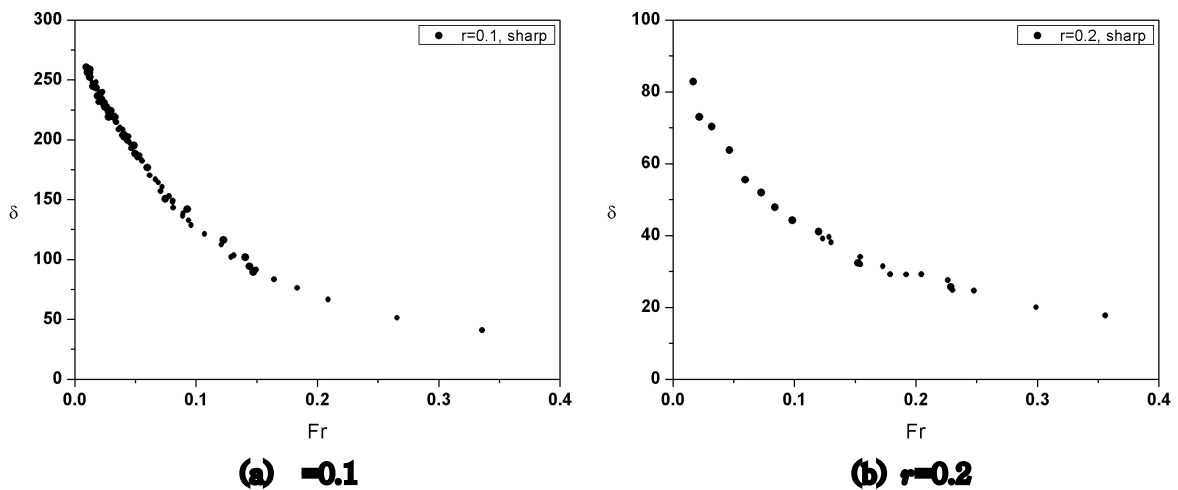
여기서  $\alpha$  는 다음의 식(4)를 이용하여 산정하였다.  $H$  은 수두손실이다.

$$H_L = \alpha \frac{V_2^2}{2g} \tag{4}$$

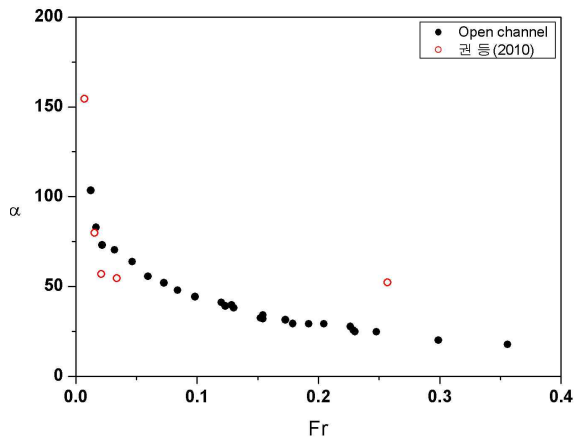
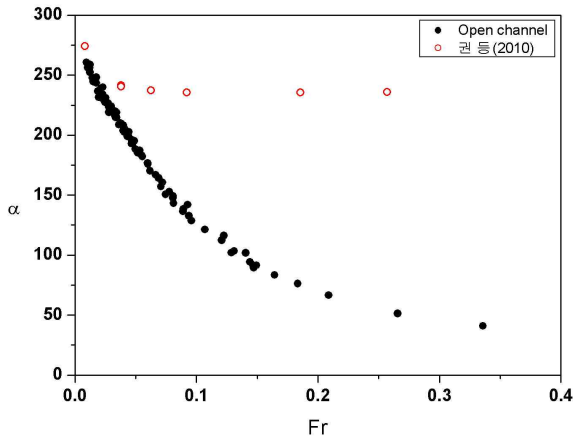
### 3. 실험결과

#### 3.1 공극률에 따른 결과

그림 3은 예연 오리피스스의 개수로 실험결과이다. 그래프 X축의  $Fr$  수가 감소할수록, 즉 유속이 감소할수록 에너지 손실계수는 점점 증가함을 나타내었다. 특히 유속이 약한 흐름에서의 에너지 손실은 유속에 반비례하였는데 이 결과는 권 등(2010)의 관수로 실험의 결과와 일치한다. 그림 4에 권 등(2010)의 관수로 실험결과와 본 실험의 결과를 비교하였다. 유속이 약한 흐름에서의 에너지 손실은 관수로와 개수로 실험값 모두 비슷하게 측정되었다. 이는 개수로의 경우 유속이 약해지면 상류와 하류의 수위차가 감소하여 흐름이 관수로 흐름과 비슷하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 유속이 강해지면 개수로의 경우 관수로와는 달리 상·하류 수위차가 발생하기 때문에 에너지 손실이 일정한 관수로 결과와는 유속이 증가할수록 계속 감소하는 양상을 보인다.

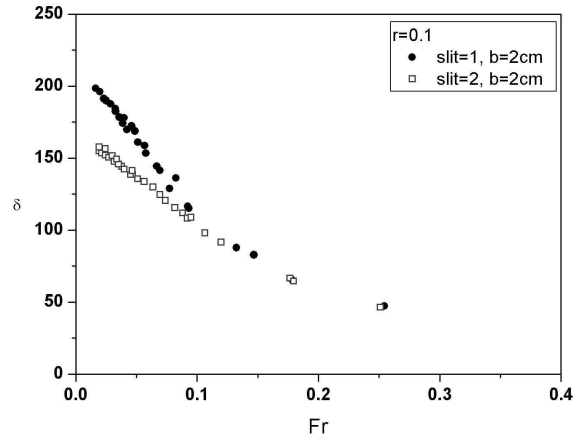
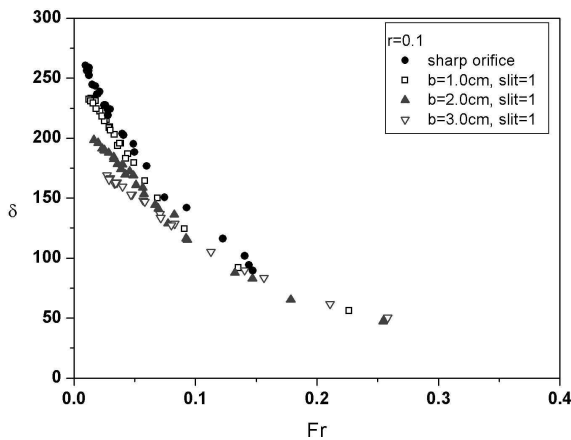


(a)  $r=0.1$  (b)  $r=0.2$   
**그림 3. 예연 오리피스스의 공극률에 따른 실험결과**



(a)  $r=0.1$  (b)  $r=0.2$   
**그림 4. 예인 오리피스의 개수로와 관수로 수리실험값 비교**

### 3.2 벽두께에 따른 결과



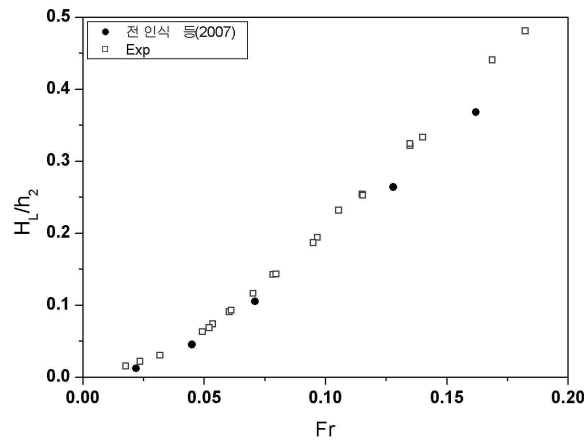
(a) 오리피스 두께에 따른 실험결과 (b) 오리피스의 slit수에 따른 실험결과  
**그림 5. 오리피스 벽두께에 따른 실험결과**

그림 5는 오리피스의 벽두께에 따른 실험결과이다. 그림 5(a)는 오리피스의 두께가 다른 경우의 실험결과이고 그림 5(b)는 오리피스의 slit이 다른 경우의 실험결과이다. 유속이 약한 구간에서 오리피스의 두께가 증가할수록, slit의 수가 증가할수록 에너지 손실은 작게 측정되었다. 그러나 유속이 강한 구간에서는 오리피스의 두께, slit수에 상관없이 유속이 증가할수록 감소하는 에너지 손실량은 거의 비슷하였다. 이는 개수로에서 유속이 강할수록 개수로의 상·하류의 수위차도 증가하므로 상·하류의 낙차로 인한 에너지 손실량이 오리피스의 벽두께로 인한 에너지 손실보다 더 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다.

### 4. 다른 실험결과와의 비교

본 실험결과를 전 등(2007)의 수리실험결과와 비교하였다. 전 등(2007)은 길이 52m, 폭 1m, 높이 1.25m의 수조에서 연직 유공판의 통수성 수리실험을 수행하였다. 그림 6은 공극률 0.2, 오리피스의 두께 0.005m, 오리피스의 slit간의 폭이 0.02m일 때의 본 실험결과와 전 등(2007)의 실험결과를 비교한 그림이다.  $h$  은 상·하류 수심차,  $h$  는 하류수심이다. 두 실험결과는 비교적 잘 일치함을

확인하였다.



**그림 6. 다른 실험결과와 비교**

## 5. 결 론

유공벽에서의 연직 슬릿판의 두께와 공극률에 따른 에너지 소모를 측정하기 위하여 오리피스 개수로 수리실험을 수행하였다. 예연오리피스의 실험결과 유속이 증가할수록 에너지 손실은 감소하였다. 층류부의 에너지 손실의 변화량은 관수로 실험결과와 비슷하였지만 난류부에서 에너지 손실이 유속에 일정한 관수로 실험결과와는 달리 유속이 증가할수록 감소하였다. 벽두께가 있는 오리피스의 실험결과 유속이 약한 흐름에서, 오리피스의 두께가 증가할수록, slit의 수가 증가할수록 에너지 손실은 작게 측정되었지만 유속이 강한 흐름에서는 오리피스의 벽두께에 상관없이 에너지 손실의 변화량은 서로 일치하게 나타났다. 이 결과로부터 개수로의 경우, 상·하류 수심차로 인한 에너지 손실이 벽두께의 에너지 손실보다 더 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 권갑근, 조영준, 서종선, 윤성범 (2010). 유공벽 두께에 따른 에너지 소모계수 측정 실험. 한국해양안·해양공학회 학술발표논문집, pp.19-22.
2. 남두현 (2005). 유공벽에 의한 파 반사 산정을 위한 에너지 소모계수의 개선. 석사학위논문. 한양대학교.
3. 윤성범, 이종인, 남두현, 김선형 (2006). 유공벽의 두께를 고려한 파의 에너지 손실계수. 한국해양안·해양공학회, 한국해양안·해양공학회지, 18(4), pp.321-328.
4. 전인식, 이성엽, 박경수, 안동근 (2007). 연직 유공벽의 수두손실 결정을 위한 수치해석, 한국해양안·해양공학회지, 제19권 제3호, pp.194-204.