

중공블럭 하상의 흐름저항 특성

Flow Resistance Characteristics of Hollowness-Block Channel Bed

채국석*, 박상덕**, 신승숙***, 조재웅****
Kuk Sheok Chae, Sang Deok Park, Seung Sook Shin, Jae Woong Cho

요 지

하천의 수공 구조물은 홍수 시 작용하는 유수력에 대한 안정성을 확보해야 한다. 본 연구에서는 최근 개발된 친환경 식생호안블록인 중공블록을 하상에 설치할 경우 흐름에 미치는 영향을 연구하였다. 중공블록을 설치한 개수로에 대한 수리모형 실험을 실시하여 흐름저항과 경계층 특성에 대한 중공블록의 영향을 평가하였다.

흐름저항 특성 인자인 Manning의 조도계수와 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수는 일정한 유량과 하상경사의 경우 수심에 큰 영향을 받고 이들은 서로 비례관계에 있음을 확인하였다. 그러나 마찰손실계수가 증가하더라도 어느 한계점 이상이 되면 조도계수는 일정한 값으로 수렴한다. 개수로의 경계층의 높이는 하천의 흐름특성과 구조특성을 반영하는 것으로 수심, 유속, 에너지경사, 경계면의 상대조도, Reynolds수, Froude수 등의 함수로 나타낼 수 있다. 중공블록이 설치된 개수로의 조도계수는 일반하천의 경우와 비교하여 큰 값을 나타내고 있어 중공블록이 흐름저항을 크게 증가시키는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 흐름저항, 조도계수, 마찰손실계수, 경계층 높이, 경계층 발달거리, 중공블록

1. 서 론

하천에 설치되는 구조물은 하천의 유수력에 대해서 안정성을 확보해야만 한다. 기 설치된 구조물에 대하여 안정성 확보를 위하여 수제를 설치하여 유속을 감소시키거나, 흐름방향을 변경함으로써 유로를 제어하고, 하상의 세굴을 방지하기도 한다. 이와 더불어 자연친화적인 공법을 시행하고자 사석, 돌망태 등과 같은 자연재료를 이용하여 수제로서의 역할을 하도록 하고 있다. 특히 자연친화적이면서 콘크리트를 이용한 하상보호와 호안보호용으로 개발된 식생 콘크리트 호안 블럭 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 이러한 환경친화적인 호안재료를 대상으로 수리특성을 연구한 사례가 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 환경친화적이면서 인공재료로 이루어진 중공블록을 이용하여 중공블럭 하상의 흐름저항 특성을 파악하고 분석하는데 목적이 있다.

* 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 석사 · E-mail : ddong79th@naver.com
** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@kangnung.ac.kr
*** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : cewsook@hanmail.net
**** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : kani1005@nate.com

2. 흐름저항

흐름저항은 유수의 흐름특성과 경계의 재료 및 기하학적 특성을 잘 반영하는 특성인자이다. 따라서 유속과 같은 흐름특성과 수로의 조도높이 또는 단면형상과 같은 경계특성의 상호 관계는 흐름저항의 관계식으로 나타낼 수 있다. 흐름저항 관계식은 수로의 형상과 조도가 흐름의 평균유속과 수심 및 하폭을 제어하는 과정을 나타내므로, 흐름저항계수는 대부분의 하천 계획 시 사용되는 수위 및 전단유속을 결정하는데 필수적이다. 일반적으로 물리적, 경험적으로 유도되는 마찰계수 또는 Manning의 조도계수와 같은 흐름저항계수를 고려한다. 특히 개수로의 조도는 상대 수심 값에 따라 소규모, 중규모, 대규모 조도로 분류된다. 대규모조도는 등류수심이 하상재료의 조도높이와 거의 같은 정도를 나타내며, 주로 경사가 급한 산지에서의 조도가 여기에 속한다. 흐름저항의 정량적인 표현은 Manning의 조도계수 n , Chézy의 평균유속계수 C 그리고 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수 f 가 널리 이용되고 있다.

3. 수리실험

중공블록의 수리모형 실험을 하기 위해 사용되는 개수로 실험장치는 투명한 수로를 통하여 자연유수상태로 흐르게 하며, 여러 수리장치를 설치하여 유체흐름의 변화 상태를 관찰하고, 모델을 설치하여 유량, 등류와 부등류의 실험, 수력도약 등의 실험이 가능하다. 그림 1은 본 연구에서 사용한 순환식 개수로 실험장치를 나타낸 것으로 고수조, 개수로, 저수조, 펌프로 구성되어 있다. 실험유량은 상류부 고수조에 설치된 삼각형 웨어에서 수위계측을 통해 측정한다. 실험장치의 개수로의 폭은 0.6m이며, 중공블록은 개수로의 상류단에서 1.8~9m구간에 걸쳐 약 7.2m의 길이에 설치되었다. 중공블록은 내부공간을 형성하고 있어 내부 복토로 원지반과 연결하여 수초, 초화류 식재가 가능한 환경친화적인 재료이다. 또한 다양한 배열의 조합이 가능하여 시공이 용이하고, 다양한 이미지를 창출하고, 세굴에 강한 결합형블록이다. 블록의 밀림 방지 및 이탈 방지가 확실하며 유실이나 파손을 방지하여 내구성이 우수하므로 하천 내 수리구조물에서 세굴방지, 호안 및 절개사면에서는 생태블록 및 토사유실 방지 등을 위한 목적으로 사용가능한 독창적인 블록이다. 수리모형 실험을 위해 본 연구에서 사용된 중공블록 모형은 실제 블록의 돌기와 형상을 고려하여 수평축적 $X_r = 1/15$, 연직축적 $Y_r = 1/15$ 의 동일 축적으로 제작하였다. 또한 개수로 모형의 상사를 적용하기 위하여 Froude상사법칙에 의한 수리량의 원형과 모형의 비는 표 1과 같다. 강성 플라스틱 재질로 제작된 모형 중공블록의 설치는 그림 3과 같다. 폭 0.6m, 길이 7.2m로 총 500여개의 블록을 사용하여 설치하였다. 유입되는 유량을 측정하기 위해 수로 상류부에 삼각웨어를 설치하고 월류하는 고수조의 수위 값을 읽음으로서 유량을 측정하였다. 실험구간내의 하상경사는 블록의 배열과 설치에 의해 수로경사와는 달라질 것이다. 따라서 실험구간 내에서 블록상부를 수준측량을 실시하여 평균 하상경사를 구하였으며, 평균하상경사는 0.005이다. 각 유량에 대한 고수조의 월류수위의 조건은 임의의 수위에 대한 실험의 위해 최소 0.1m에서 최대 0.5m로 하였다.

표 1. Froude 상사법칙에 따른 원형과 모형의 수리량비

구분	상사율	수리량비
유속비, V_r	$X_r^{1/2}$	0.25820
유량비, Q_r	$X_r^{5/2}$	0.00115
에너지 경사비, I_r	$Y_r X_r^{-1}$	1.00000
Manning's 조도계수비, n_r	$h_r^{1/6} \left(\frac{Y_r}{X_r} \right)^{1/2} = \frac{Y_r^{2/3}}{X_r^{1/2}}$	0.63677

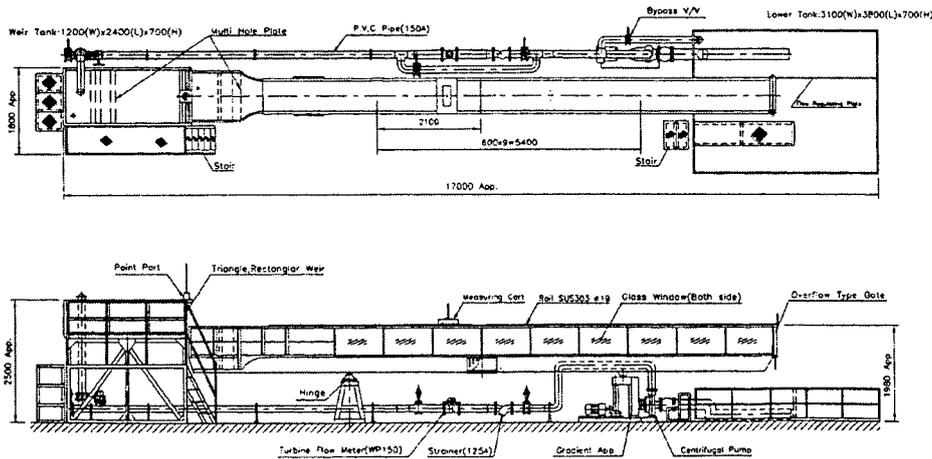


그림 1. 개수로 실험장치

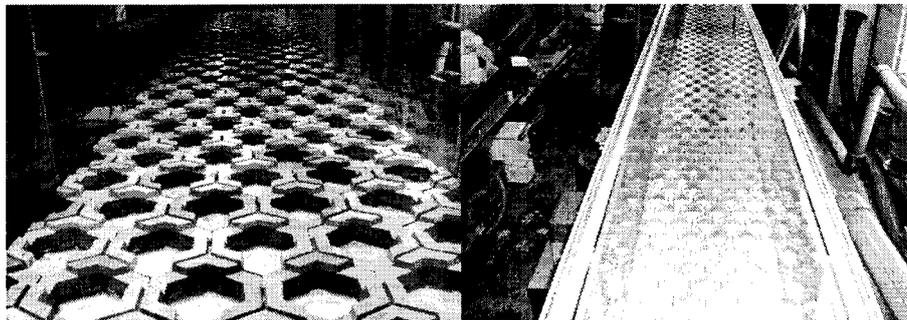


그림 2. 중공블록 모형 설치

4. 결 과

조도계수와 마찰손실계수가 유속과 상관성이 높게 나타나므로 속도를 무차원화 하기 위해 비에너지를 이용하여 속도수두를 경계층 높이 δ 로 나누어 준 후 그 관계를 조사하였다. 그림 3과 4에서도 알 수 있듯이 조도계수나 마찰손실계수가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 두 계수가 서로 비슷한 관계를 보이고 있다. 무차원 속도수두 값이 약 0.1이하에서 기울기가 급격하게 변화하는 것을 알 수 있다.

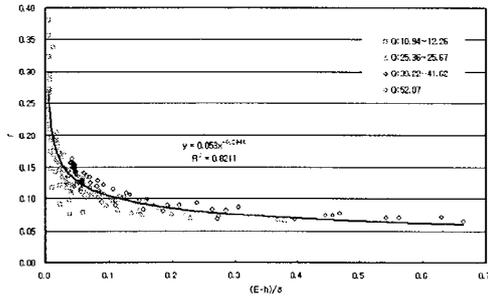


그림 3. 무차원 속도수두와 조도계수

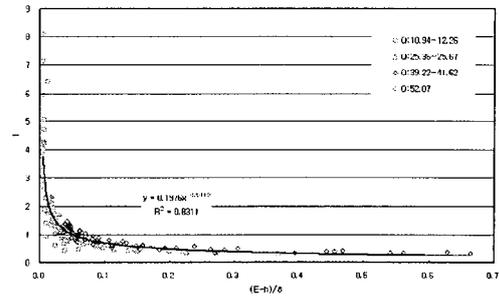


그림 4. 무차원 속도수두와 마찰손실계수

Manning의 조도계수는 약 0.06~0.38정도의 값으로 나타난다. Chow(1959)가 제시한 수로의 표면 조건에 따른 Manning의 조도계수가 가장 크게 나타나는 자연하천인 경우 ‘흐름이 느리고, 풀이 나고, 깊은 소가 있는 하천’, 중대하천인 경우 ‘불규칙하고 거친 하도’에 대하여 평균적으로 0.05~0.1을 제시하고 있다. 또한 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수는 약 0.31~2.3의 값이 나타났다. 본 연구에서 Reynolds 수의 결과는 200,000~1,000,000으로 강한 난류영역으로 구분된다. 따라서 흐름저항계수를 이용하여 본 연구의 흐름특성과 하상특성을 분석하면 ‘강한 난류영역의 거친 하도’로 구분할 수 있으며, 일반 하천의 경우 흐름저항 계수인 Manning의 조도계수는 0.1 이상을 넘기 힘들다. 따라서 본 연구에서 호안블록이 설치되었을 때 흐름저항 계수인 조도계수가 0.06~0.38정도의 값이 나타나므로 흐름으로 인한 하상보호의 안정성이 확보될 수 있다고 사료된다. 그러나 본 연구에서는 수심에 대한 블록요철의 높이 비를 0.1이하로서 어느 정도의 수심을 확보하여 연구를 수행하였으나 수심이 확보가 되지 않았을 경우, 블록요철이 통수단면에 축소를 가져오기 때문에 유속이 빨라질 가능성이 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 배상수, 허창환, 지흥기, 이순탁, “하상보호용 매트리스의 수리학적 특성연구”, 한국수자원학회 논문집, 제 35권 제1호, 2002.
2. 백중철, 최성욱, 조원철, “균일한 조도높이를 갖는 하상보호용 콘크리트 블록의 수리학적 특성”, 대한토목학회 논문집, 제 19권 제II-6호, pp. 677~686, 1999.
3. 최성욱, “식생을 고려한 개수로 흐름에서의 경계층이론”, 한국수자원학회지, 1738-9488, 제30권 6호, pp.62-65, 1997.
4. Li, R.M. and Shen, H.W. “Effect of tall vegetations on flow and sediment.” Journal of Hydraulics Division, ASCE, 99(5), 793-728, 1973
5. Morris, H. M., “Design Methods for Flow in Rough Conduits”, Journ. Hydraulic Division, Am. Soc. C.E., p. 43 and foll, 1959.