

식생수로의 유속분포에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Velocity Profile in a Vegetated Channel

권도현*, 박성식**, 백경원***, 송재우****

Kwon Do Hyun, Park Sung Sik, Baek Kyung Won, Song Jai Woo

Abstract

From a water-environmental point of view, with a change of understanding and concern about vegetation, it changes that vegetation acts as stability of channel and bed, providing habitats and feed for fauna, and means improving those with appreciation of the beautiful but resistant factor to the flow. So, it becomes important concern and study subjects that turbulent structure by vegetation, shear stress and transport as well as roughness and average velocity by vegetation. But from a hydraulic point of view, vegetation causes resistance to the flow and can increase the risk of flooding. Therefore, this thesis concern the flow characteristics in vegetated open channels.

According to the experimental results, z_0 was on an average $0.4h_p$ in a vegetated open channel. So, the elevation corresponding to zero velocity in a vegetated channel was the middle of roughness element. The limit for logarithmically distributed profile over the roughness element was from z_0 to $0.80h_{over}$ for a vegetated channel.

Among the existing theory, the method of Kouwen et al.(1969), Haber(1982), and El-Hakim and Salama(1992) except Stephan(2001) gave a very good value compared to the measured velocity profile.

Key words: vegetation, vegetated channel, velocity profile, roughness element

1. 서 론

하천식생의 대부분은 복단면 수로의 홍수터에 서식하는 식생과 하천변에 서식하는 하안 식생으로 홍수터에서는 식생으로 인한 흐름저항의 증가로 유속이 감소하는 반면, 주수로의 유속과 유량은 증가한다. 많은 하천은 다소의 식생하상을 보유하고 있으며 이는 흐름에 저항을 증가시키거나 수위를 상승시키는 역할을 한다. 따라서 수로와 홍수터에서 식생에 의한 수리학적 특성을 이해하는 것은 복원 설계에서 중요한 부분이다.

근래에 들어 식물에 관한 인식과 관심의 변화로 식생이 단순한 흐름에 저항인자로 작용하는 것이 아니라, 수로와 하안의 안정, 서식지와 동물의 먹이의 제공, 심미의 제공과 더불어 이들의 가치를 향상시키는 수단으로 변화되면서 흐름에 서식하는 식생의 수리학적인 영향의 기본적 이해의 요구가 증가되었다. 따라서 본 연구에서는 수리모형실험을 통하여 수물된 모의식생에서 유량과 수심변화에 따른 유속분포의 특성을 알아보고 기존의 제시된 식들

* 정회원 · 한국종합기술개발공사 항만부 · E-mail : dhkwon@kecc.co.kr

** 정회원 · 홍익대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : sspark72@empal.com

*** 정회원 · 한림정보산업대학 토목과 조교수 · E-mail : kwbaek@hallym-c.ac.kr

**** 정회원 · 홍익대학교 토목공학과 교수 · E-mail : jwsong@wow.hongik.ac.kr

과 비교 분석하여 적용성을 검토하였다.

2. 수리모형실험 장치 및 방법

본 연구에서는 폭 0.8m, 높이 0.9m, 길이 20m이며 벽면이 유리로 된 가변 경사 개수로 실험장치를 이용하였다. 실험은 직경 25mm인 쇠석을 수로바닥에 깊이 9cm, 길이 10m로 포설한 후, 중간지점에 길이 3m로 모의식생을 87.5주/m²로 설치하여 수행하였다. 수로경사는 0.2%, 유량조건은 45와 60 l/s였으며, 모의식생을 수몰시킨 상태에서 30, 40 그리고 50cm로 수위를 변화시키면서 유속을 측정하여 유속분포와 수위, 식생이 흐름에 의하여 편향된 상태에서의 식생의 높이를 관찰하였다. 모의식생은 길이가 30cm이고 줄기가 8개이며, 보통 하천 주변에서 흔히 볼 수 있는 형태의 것으로 선정하였다. 유속은 3차원 ADV(Acoustic Doppler Velocimeter) 유속계를 이용하여 식생구간의 중앙에서 측정하였으며, 그림 1은 식생이 설치된 수로의 모습을 나타내고 있다.

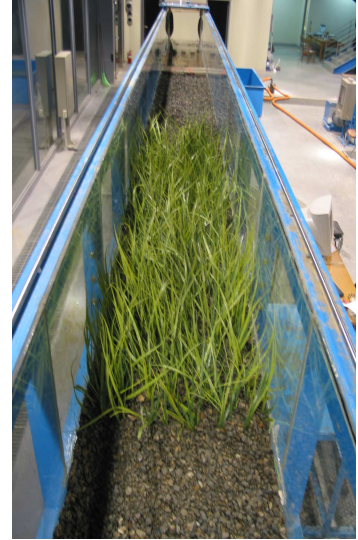


그림 1 식생 설치 모습

3. 실험결과 및 분석

3.1 유속분포

그림 2는 본 연구에서 수심과 유량조건에 따라 측정된 유속분포를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 측정된 유속이 대수분포를 이루고 있는 것을 확인할 수 있으며, 수심이 증가할수록 동일한 유량에서 유속경사는 급해지며, 동일한 수심일 경우 유량이 증가할수록 유속경사는 완만하게 나타났다.

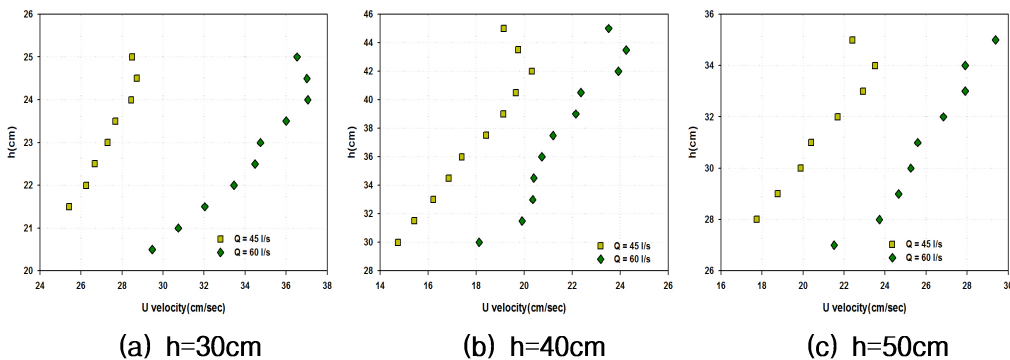


그림 2 수심과 유량별 유속분포

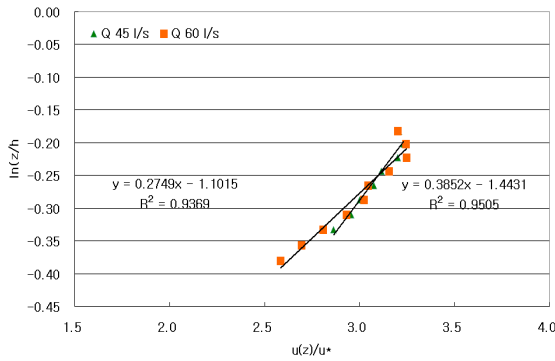
식생 위 유속분포는 일반적으로 자연대수 분포로 가정된다. 이러한 가정, 적용성의 한계를 알아보려고 실험결과를 그림 3에 나타내었다.

연직 유속분포는 조도요소(식생) 위에서 수면근처까지 대수적으로 분포하는 것을 나타내

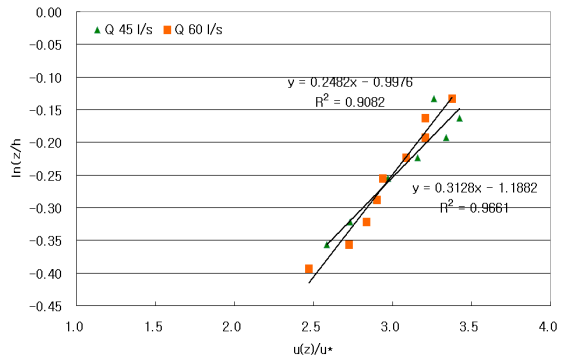
며 유효 영역은 측정된 자료에서 상관관계를 알아보고자 구한 결정계수 R^2 이 모두 0.9이상으로 좋은 선형관계를 나타내었다. 이는 연직 유속분포는 대수적 형태를 나타냄을 의미한다. $u(z)/u_*$ 를 $\ln(z/h)$ 에 대해 도시한 그래프로부터 유속이 0인 수심 z_0 를 결정할 수 있다.

식생의 편향된 높이 h_p 는 $h=30\text{cm}$ 일 경우 $Q=45\text{ l/s}$ 일 때 21.2cm, $Q=65\text{ l/s}$ 일 때 20.4cm, $h=40\text{cm}$ 일 경우 $Q=45\text{ l/s}$ 일 때 27.6cm, $Q=65\text{ l/s}$ 일 때 26.7cm 그리고 $h=50\text{cm}$ 일 경우 $Q=45\text{ l/s}$ 일 때 28.7cm, $Q=65\text{ l/s}$ 일 때 28.5cm 이었다.

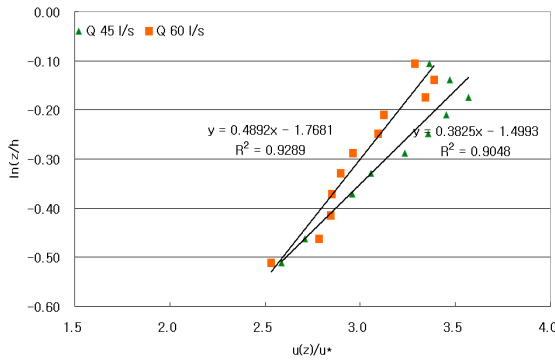
모든 수심-유량 관계에 대해 z_0 는 식생의 편향된 높이 h_p 에 비해 더 작다. h_p 와 z_0 사이의 편차와 유속 또는 식생의 상대 편향 높이 사이에는 어떠한 관계가 있는 것 같지 않다. 유속분포 이론은 유속이 0이 수심은 보통 편향된 높이보다 작다고 설명하였다. 유속이 대수적 분포를 이루고 있는 한계를 구한 결과 식생 위 수심(h_p)의 0.8 지점까지임을 알 수 있다.



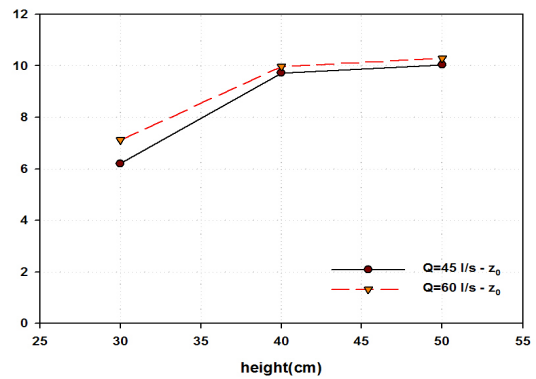
(a) $h=30\text{cm}$



(b) $h=40\text{cm}$



(c) $h=50\text{cm}$



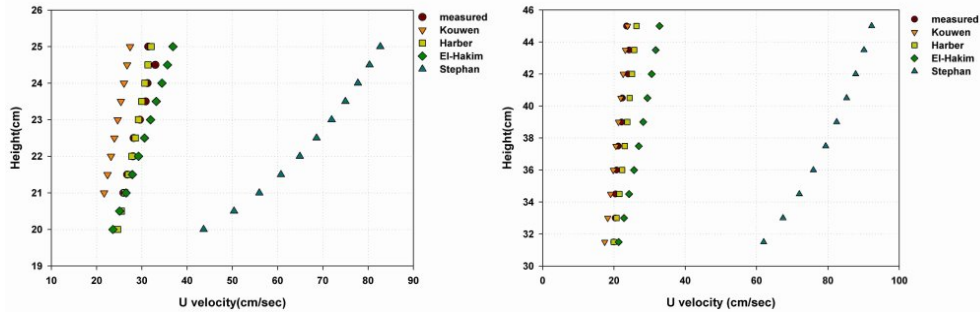
(b) 수심과 유량별 z_0

그림 3 수심과 유량별 $u(z)/u_*$ 에 대한 $\ln(z/h)$ 와 z_0

3.2 기존 실험결과의 적용성 검토

식생 위 유속분포에 대한 몇 가지 이론이 제안되어 왔으며, 본 연구에서는 Kouwen(1969), Haber(1982), El-Hakim과 Salama(1992), 그리고 Stephan(2001)의 연구 결과와 비교 분석하였다. 그림 4에 나타난 바와 같이 본 실험결과는 유량 및 수심조건에 따

라 Stephan 등(2002)이 제안한 공식을 제외하고 Kouwen 등(1969), Haber(1982), El-Hakim 등(1992)의 공식과 유속분포의 경사와 형태가 매우 유사하게 나타났다. 따라서, Stephan 등(2002)이 제안한 공식을 제외하고 나머지 공식들에 대해서는 적용성이 있다고 할 수 있다.



(a) $h=30\text{cm}$, $Q=45\text{ l/sec}$

(b) $h=50\text{cm}$, $Q=60\text{ l/sec}$

그림 4 실험결과와 기존 공식과의 비교

4. 결론

본 연구에서는 수리모형실험을 통하여 인공 식생을 이용한 식생수로에서 유속분포 특성을 분석하였다. 측정된 연직유속분포가 대수분포를 이루고 있는 한계는 $0.8h_{over}$ 였으며, 유속이 0인 수심은 $0.4h_p$ 로 나타났다. 식생위 유속분포에 대한 공식들과 실험결과를 비교 분석한 결과, Stephan 공식은 약 2배에서 4배까지 과다하게 산정되는 것으로 나타났으며 다른 공식들은 적정한 것으로 판단되었다. 향후 하천 식생에 대한 유속분포 특성을 파악하기 위하여 식생내의 흐름특성과 보다 다양한 식생형태와 식생밀도에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- 1) El-Hakim, O. & Salama, M.M. (1992) Velocity Distribution Inside and Above Branched Flexible Roughness, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 118, No. 6, pp. 914-927.
- 2) Kouwen, N., Unny, T. E., and Hill, A. M. (1969) Flow retardance in vegetated channels. Journal of Irrigation and Drainage Division, Vol. 95, No. 2, pp. 329-342.
- 3) Stephan, U. and Gutknecht, D. (2002) Hydraulic resistance of submerged flexible vegetation, Journal of Hydrology, Vol. 269, No. 1, pp. 27-43.