

홍수터의 교목식재에 따른 수리학적 특성 변화

An Experimental Study of Hydraulic Characteristic Variation due to
Tall Trees on Floodplain

이준호* · 송주일** · 한정석*** · 윤세의****

Joon Ho Lee · Ju Il Song · Han Chyung Such · Sei Eui Yoon

요 지

도시하천에서 환경적 기능이 중요성을 더해가면서 복단면의 홍수터에 교목이 식재 되어지는 경우가 있다. 그러나 식생은 하천의 흐름저항을 크게 하고 통수능을 감소시켜 수위상승이나 국부적인 유속 증가를 유발 할 수 있으므로 하천에 식생대를 조성하거나 향후 관리를 위해서는 식재로 인해 변화되는 수리학적 특성들을 이해하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구에서는 하천복원의 주 대상이 될 수 있는 도시하천의 홍수터에 교목의 식재 가능성을 알아보기 위해 수리실험을 실시하였다. 실험수로는 우리나라 도시하천의 대부분이 홍수터를 갖는 복단면임을 고려하여 복단면 형태로 제작하였으며, 실험은 길이 16 m, 폭 0.8 m, 높이 0.9 m이고 벽면이 아크릴로 된 직사각형 가변 경사 개수로 실험 장치를 이용하였다. 수로경사는 0.5 %, 실험 식생의 밀도는 4.4 %로 고정하고, 실험유량을 $0.03 \sim 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$, 수심(h)과 홍수터 폭(w)의 비(h/w)를 1.2, 1.7, 2.2로 변화시키면서 실험을 실시하였다. 실험결과 최대 수심변화는 유량이 $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ 이고 수심/홍수터 폭 비가 1.2일 때 약 4 %로 측정되었고, 저수로에서의 유속의 증가 범위는 단면 평균유속에 비교하여 약 50 ~ 85 %로 확인되었다. 이는 복단면에서의 저수로 유속은 홍수터에 식재가 되었을 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 더욱 빨라짐을 의미한다. 따라서 복단면의 홍수터에 교목을 식재할 경우에는 식재에 의한 수위상승 영향 보다는 저수로에서의 유속증가에 더 많은 관심을 가질 필요가 있다고 판단된다.

핵심용어 : 수리실험, 홍수터, 식생, 흐름특성

1. 서 론

하천의 기능은 크게 치수, 이수, 환경적인 측면에서 고려해 볼 수 있는데 1990년대 후반부터 하천환경의 중요성이 대두되면서 오염된 하천을 복원함과 동시에 친수공간 조성을 위해 다양한 하천환경정비 공법이 시행되고 있다. 이러한 하천환경정비의 필수적 요소로서 식생은 하천이용증진, 수질개선, 하천경관 향상 그리고 물 서식처형성 등 많은 순기능을 가지고 있는 것으로 파악되어 식생대를 조성하거나 식수를 하고 수변에 습지대를 조성하는 일들이 관심을 불러일으키고 있다. 그러나 홍수관리 측면에서 식생은 하천의 흐름저항을 크게 하여 홍수시 수위를 증가시키는 악영향을 미치기도 한다. 또한 대부분의 도시하천의 경우 홍수터를 갖는 복단면을 형성하고 있는데 복단면에서 개수로 흐름은 저수로와 홍수터의 수심 및 조도 차이에 의하여 홍수터에서의 유속이 저수로보다 작다. 이러한 유속차에 의해 저수로와 홍수터의 접합부 부근에서는 전단층이 형성되어 질량 및 운동량의 교환을 활발하게 만들고 이는 흐름의 저항으로 작용하여 통수능을 감소시키는 것으로 알려져 있다. 복단면 개수로에서 정확한 수위를 예측하기 위해서는 저수로와 홍수터 접합부에서 발생하는 흐름저항 효과가 합리적으로 계산되어야 한

* 정희원·경기대학교 토목공학과 박사과정 E-mail: sof814@paran.com

** 정희원·경기대학교 토목공학과 석사과정 E-mail: toyou012@hanmail.net

*** 정희원·부천대학 토목과 조교수·공학박사 E-mail: jshan@bc.ac.kr

**** 정희원·경기대학교 토목환경공학부 교수 E-mail: syoon@kyonggi.ac.kr

다. 따라서 수로와 홍수터에서 식생에 의한 흐름저항 등 수리학적 특성을 이해하는 것은 하천복원 설계에서 중요한 부분이다. 식생으로 인한 흐름저항을 결정하기 위해서는 식생의 조도를 평가하고 유속분포 등 흐름특성을 분석하여야 하며, 식생이 없는 비식생 수로에서의 조도특성 및 유속분포 등 흐름특성과 비교 분석 하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 홍수터를 가지는 복단면 실험수로를 제작하고 인공모형식생을 이용하여 교목의 식재 시 수리량 변화 특성을 분석하였다. 유량, 홍수터수심/홍수터폭비 등을 변화시키며 실험을 실시하였으며, 실험조건에 따른 수위변화와 유속변화를 분석하였다.

2. 수리실험

2.1 수리실험 장치

수리실험은 길이 16 m, 폭 0.8 m, 높이 0.9 m이고, 벽면이 아크릴로 된 직사각형 가변 경사 개수로 실험 장치를 이용하였다.(그림 1) 고수조에는 유량을 조절하기 위한 삼각위어가 설치되어 있으며, 하류 단에는 수위 조절을 위한 수문이 설치되어 있다. 그림 2는 실험수로 전경을 보여주고 있다.

실험수로 내에서 식생에 의한 수리학적 특성 변화량을 분석하기 위해 식생전후의 유량 및 수심변화에 따른 유속과 수위의 변화량을 측정하였다. 상류측 유입유량은 삼각예연웨어에서 월류되는 수심을 포인트게이지를 이용하여 측정하였다. 수심은 식생이 식재된 구간의 상·하류에 설치된 포인트게이지와, 수로의 측벽에 부착된 눈금자를 이용하여 실측하였다. 또 KENEK사의 2차원유속계 VM 201과 ALEC사의 2차원유속계 ACM250-A를 이용하여 유속을 측정하였다.

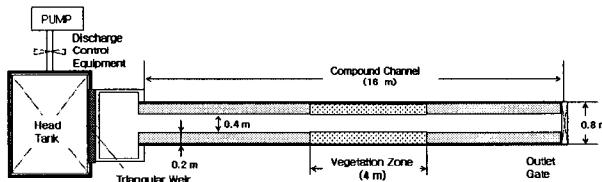


그림 1. 수리실험 장치의 제원

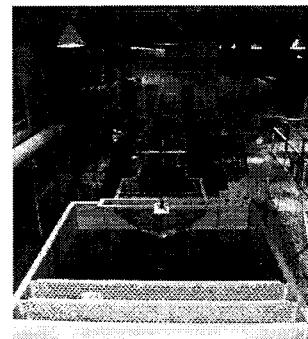


그림 2. 실험수로 전경

2.2 식생조건 및 실험방법

식생을 이용한 실내 실험의 경우 자연식생을 실험수로에 설치하기 어렵고, 실험기간동안 식생의 밀도등의 실험조건을 일정한 상태로 유지하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 모형식생을 이용하여 실험을 실시하였다. 본 연구의 실험수로는 특정 하천을 대상으로 축소모형을 제작한 것이 아니며, 모형식생은 홍수터에 식재되는 교목을 대상으로 하였다. 모형식생은 높이 약 25 cm, 직경 약 7 mm정도이고 흐름에 의해 휘어지지 않는 재질의 재료를 사용하였다. 또한 교목의 줄기부분에서만 흐름이 형성되는 것을 가정으로 모형식생판을 제작하였다.



(a) 복단면 수로에서 식재전

(b) 복단면 수로에서 식재후(교목)

그림 3. 복단면 식재 전·후

홍수터에 교목의 식생시 식재구역은 하류단에서 4.5 m ~ 8.5 m사이의 4 m 구간의 복단면의 좌우안에 설치하였으며, 식재밀도는 약 4.4 %로 하였다. 수로경사는 0.5 %로 고정시켰고, 실험유량은 0.03 m³/s, 0.04 m³/s, 수위는 복단면 홍수터의 폭과 홍수터 수심의 비를 조정하여 1.2, 1.7, 2.2로 변화시키면서 실험하여 식재 전·후의 흐름특성을 비교하였다. 그림 4는 유속측정 위치를 보여주고 있다.

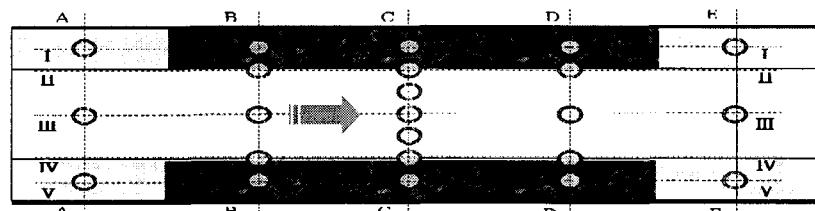


그림 4. 복단면 수로에서 유속 측정 위치

3. 실험결과

실험유량 0.03 m³/s와 0.04 m³/s의 두 조건하에서 복단면 홍수터의 폭과 홍수터 수심의 비를 1.2, 1.7, 2.2로 변화시키면서 실험을 실시하여 수위와 유속의 변화를 측정하였다. 그림 5 ~ 그림 6은 홍수터에 모형식생(교목)을 식재한 경우에 식재 전·후의 수심변화를 식재전(h)과 식재후(h_v)의 수심비로써 나타낸 것이다.

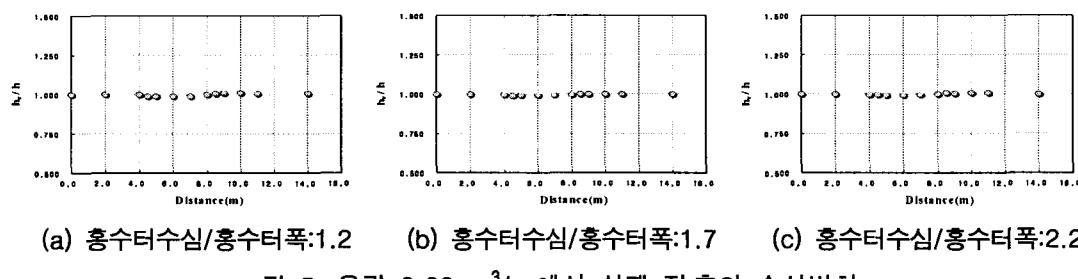


그림 5. 유량 0.03 m³/s에서 식재 전·후의 수심변화

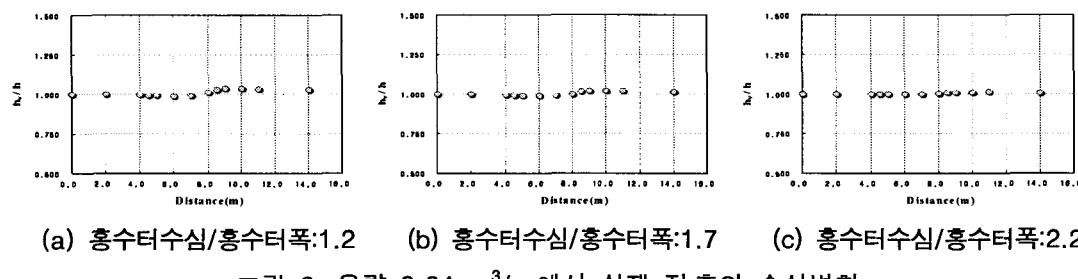


그림 6. 유량 0.04 m³/s에서 식재 전·후의 수심변화

그림 7은 교목의 식재시 유량 및 수심 변화에 따른 저수로 중앙 측점(그림 4에서 III)의 측점별(그림 4에서 A~E) 유속변화를 나타낸 것이다. 동일 유량일 경우 수심비가 높아지면서 측점에 따라 유속은 감소하였다. 또한 비식재구역(A)에서 식재구역(B)으로 이동하면서 식재에 의한 통수능의 감소와 마찰저항으로 인해 유속이 30~60 % 증가되는 경향을 나타내었다.

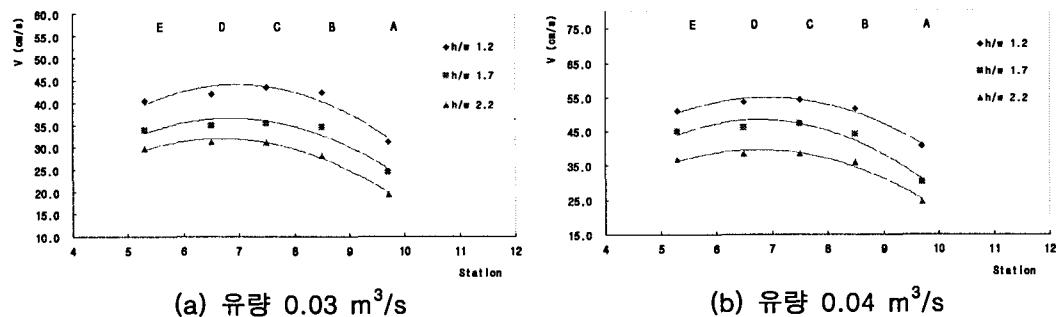


그림 7. 유량별 수심비 변화에 따른 저수로 유속 변화

4. 결과분석

유량이 $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 인 경우 유량 및 홍수터의 수심과 폭 비의 변화에 따라 식재전·후의 수심의 변화 비율이 최대 1 %정도로 실측 되었고, 유량이 $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ 경우에는 최대 4 %정도로 나타났다. 표 1은 홍수터수심과 홍수터폭에 따른 수심증가비를 나타낸 것이다.

표 1. 홍수터수심/홍수터폭, 유량변화에 따른 식재 전·후의 수심변화 비

구 분	유량 변화					
	0.03 m^3/s			0.04 m^3/s		
홍수터수심/홍수터폭	1.2	1.7	2.2	1.2	1.7	2.2
수심증가비	1.01	1.01	1.00	1.04	1.02	1.01

표 2와 그림 8은 식재 전후에 저수로 중앙부(그림 2에서 III)의 식재구간(B~D)에서 유량과 수심변화에 의한 식재전의 단면전체 평균유속과 식재 전·후의 저수로내 평균유속의 비를 나타낸 것이다. 식재 후의 저수로내 유속은 식재전과 비교해서 50~85 %정도 상승하는 것을 알수 있었다. 이는 복단면에서 식생에 의해 통수능이 감소하여 저수로의 유속이 증가한 것으로 판단된다.

표 2. 홍수터수심/홍수터폭, 유량변화에 따른 식재 전·후의 유속변화 비

구 분	유량 변화			
	0.03 m^3/s		0.04 m^3/s	
홍수터수심/홍수터폭	1.2	1.7	1.2	1.7
식재후 유속증가비	1.56 ~ 1.85	1.50 ~ 1.74	1.61 ~ 1.76	1.56 ~ 1.66

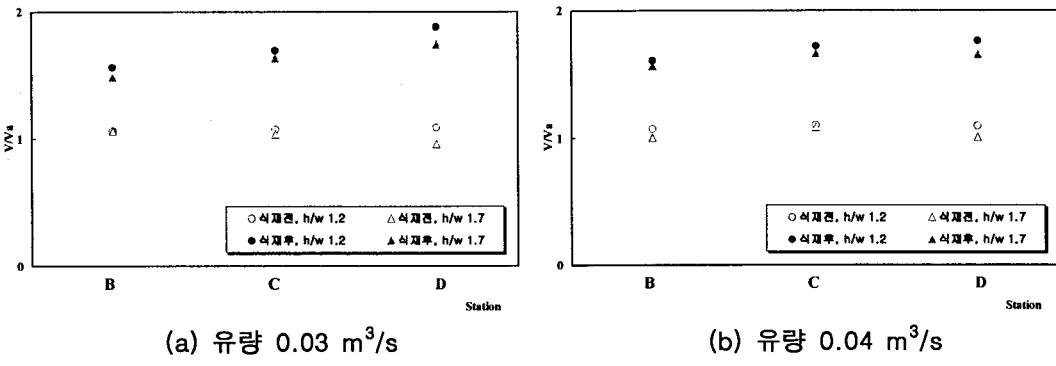


그림 8. 복단면에서 교목의 식재 전·후의 저수로 유속 변화비

5. 결 론

본 연구에서는 홍수터를 가지는 복단면에 교목의 식재시 수리량 변화 특성을 분석하였다. 인공모형 식생을 이용하였으며, 수로경사와 식재밀도는 고정하고, 유량, 홍수터수심/홍수터폭 비를 변화시키며 실험을 실시하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 본 연구의 실험조건으로 복단면 홍수터에 교목을 식재 할 경우 최대 4 %정도의 수위 상승이 나타났다.
- 2) 복단면의 홍수터에 교목을 식재한 경우 저수로 내 유속은 식재전의 단면평균유속에 비하여 50 % ~ 85 % 정도 증가하였다.
- 3) 홍수터에 교목식재의 식수를 계획 할 경우 수위 증가보다는 저수로에서의 유속증가에 대한 고려가 더 필요한 것으로 판단되며, 저수로의 유속증가로 인한 하상세굴 또한 고려대상이 되어야 할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심 기술연구개발사업(03산학연CO1-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과입니다.

참 고 문 헌

1. 송재우, 박성식 (2004). “식생수로와 비식생수로에서의 조도특성 및 유속분포.” *대한토목학회논문집*, 대한토목학회, 제24권, 제6B호, pp. 545-552.
2. 여홍구, 박문형, 강준구, 김태욱 (2004). “개수로 내 식생구간의 흐름저항 및 흐름특성에 관한 실험적 고찰.” *한국환경복원녹화기술학회논문집*, 한국환경복원녹화기술학회, 제7권, 제6호, pp. 61-74.
3. 윤세의, 최성욱, 김진홍 (2005). *도시하천의 생태 및 수리특성 분석기술*, 도시홍수재해관리기술연구단 기술보고서, 건설교통부.
4. Stone, B.M. and Shen, H.T. (2002). “Hydraulic resistance of flow in channels with cylindrical roughness.” *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 128, pp. 500-506.
5. Järvelä, J. (2002). “Flow resistance of flexible and stiff vegetation a flume study with natural plants.” *Journal of Hydrology*, Vol. 269, pp. 44-54.