

횡단 구조물로 인한 하도 내 흐름특성 변화 연구

Analysis of Transverse Structure's Effect in a Channel Flow

심재호*, 김민철**, 장심**, 김현정**, 손광익***
Jae Ho Shim, Min Cheol Kim, Zhang Xin, Hyun Jung Kim, Kwag Ik Son

요 지

국내 하천개발은 시대의 요구에 따라 이·치수 목적에서 친수성을 중시한 생태하천으로 꾸준히 진화해 왔으며, 시대적 목적에 의한 다양한 수공구조물이 하천에 설치되고 있다. 특히 최근에는 수제와 여울, 소와 같은 생태하천 복원 및 자연재해 저감을 위한 다목적 수공구조물에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나 이들의 연속구조물 설치에 따른 수리학적 특성 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 하도 횡단구조물의 연속 설치특성(월류비와 간격비)에 따른 흐름 지배인자의 변화특성을 분석하였다. 연속 횡단구조물의 월류비와 간격비에 따른 조도계수의 변화를 계측·분석하였다.

실험 분석 결과 세굴에 영향을 주는 전단속도는 간격비(w/k)와 월류비(H/k) 및 Re 수의 함수가 되는 흐름특성을 확인할 수 있었다. 또한 간격비(w/k)와 월류비(H/k), Re 수와 U/U_* 의 관계를 제시함으로써 하도횡단 연속구조물 설계를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

핵심용어: 수제, 연속구조물, 흐름지배인자, 월류비, 간격비, 조도영향, 전단속도, Re 수

1. 서 론

최근 하천의 친환경적 기능을 복원하려는 정비 작업과 함께 하천의 자연스러운 흐름형상 유지와 수중 생물의 서식처 제공 역할을 수행하면서도 제방 안정성 확보, 갈수기 유량확보 등 치수 기능을 담당하는 수공구조물인 수제 연구의 필요성이 증대되고 있다. 국내 수제연구는 주로 단일 수제 설치 시 월류 및 비월류 조건에 따른 흐름 특성과 군수제 설치 시 발생하는 주변 세굴 영향에 관한 연구가 이루어지고 있는 현황이다. 따라서 본 연구에서는 흐름특성에 영향을 미치는 수제 설계인자 중 간격비(w/k)와 월류비(H/k)를 달리하였을 경우, 조도관련 인자들과의 상관성을 제시하여 향후 연속구조물 설계를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험 범위 선정 및 수리실험

* 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학부 토목공학전공 석사 · E-mail : jaeho.shim1@gmail.com

** 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학부 토목공학전공 석사과정

*** 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학부 토목공학전공 교수 · E-mail : kison@ynu.ac.kr

2.1 실험 범위

연속구조물 설치에 따른 흐름은 조도의 영향에 따라 흐름특성이 변화되는 것을 확인할 수 있으며 국외 사례들에서도 조도관점에서 많은 연구가 수행되고 있다. 이러한 조도 변화는 하안 안정성 확보에 심각한 문제를 야기한다. 수제 설계인자 중 간격과 월류비 변화가 조도에 미치는 영향이 크므로 오로지 간격과 월류비에 따른 영향을 관찰하기 위하여 연속구조물이 하도 전체를 횡단하는 경우에 대한 흐름특성 변화를 검토하고자 한다.

Chow(1959)는 거친 표면의 흐름을 아래 그림 1과 같이 k-type, d-type, transition의 세가지 형상으로 분류하였다. 이때 구조물의 폭을 고려하지 않고 구조물간의 간격으로 구분할 경우에는 간격비(w/k)를 사용한다. 여기서 λ 는 구조물 간의 중심에서의 거리, k 는 구조물의 높이, w 는 구조물의 가장자리 간의 거리이다.

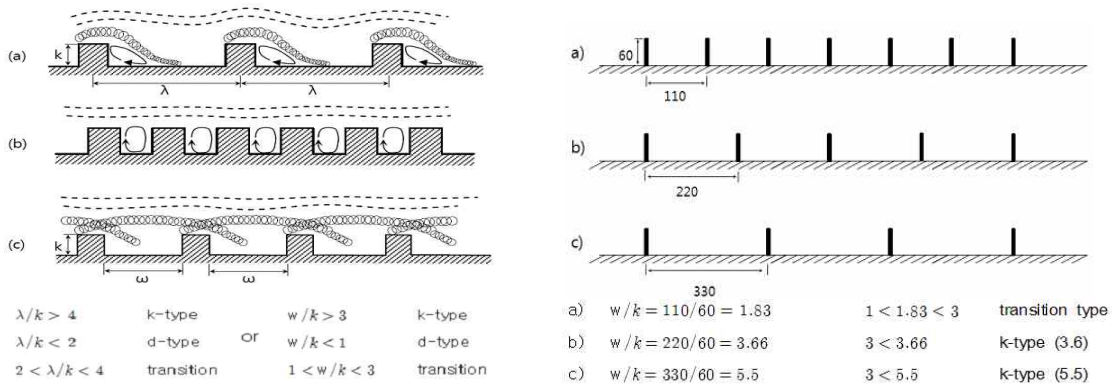


그림 1. 거칠기면의 형상에 따른 흐름특성 구분 및 제작된 구조물 간격 모식도

본 연구에서는 가상하상이 형성되어 수면이 부드럽게 나타나는 d-type을 제외한 Transition과 k-type 형태의 간격비를 채택하고, 선행 연구를 분석한 결과 1~3의 월류비(H/k), 0.1~0.6의 Fr수 범위에서 대부분의 실험이 이루어진 것을 확인하여 비슷한 조건에서 실험을 수행하였다.

2.2 연속구조물 수리 실험

연속구조물 관련 실험은 길이 11m, 폭 0.5m, 높이 0.5m의 가변 경사식 수로에서 수행하였다. 연속구조물의 간격비(w/k)와 월류비(H/k)에 따른 특성변화 검토를 위해 먼저 앞에서 선정된 3가지 간격 Transition, k-type(3.6), k-type(5.5)에 따른 월류비와 각 인자간의 특성을 검토하였으며 간격에 따라 각기 다른 세가지 모형을 제작하여 간격비 변화를 측정하였다. 제작된 구조물 간격 모식도는 위 그림 1과 같다. 또한 월류비(H/k)를 최대 3.0까지 발생시킬 수 있도록 60mm 높이로 제작되었으며, 0.003cms~0.035cms유량범위 내에서 월류비를 조절하였다. 아래 그림 2는 제작된 구조물을 수로에 포설한 장면이다.



그림 2. 연속 구조물 설치현황

3. 실험결과 및 분석

하상구조물의 간격 변화에 따른 수리특성 변화에 대해 분석하기 위하여 유량별 유속변화를 측정하여 마찰의 변화를 측정하였다. 거칠기를 나타내는 f , n , e , C , U/U_* 값을 월류비(H/k)와 Re 수의 변화에 따른 양상으로 분석하였다.

월류비(H/k)에 따른 마찰계수 f 값의 변화 분석결과 월류비가 증가할수록 f 값이 감소하며, 동일 월류비라도 간격비 변화에 따라 f 값이 달라짐을 알 수 있다. 이는 Re 수와 f 와의 관계에서도 동일한 양상을 보인다. 또한 월류비(H/k)가 증가할수록 조도계수 n 값이 감소하며, Re 수와의 관계에서도 동일양상을 보인다. 조도높이 e 값 또한 동일 양상을 나타낸다. 즉, 유량이 감소하고 구조물 간의 간격이 늘어남에 따라 구조물에 작용하는 마찰이 증가함을 의미한다. 흐름저항계수 C 값은 하상재질과 수심에 따라 변하는 무차원 변수로써 월류비(H/k)와 비례하고, 간격비(w/k)에 반비례하는 것으로 나타났다. 표면조도의 특성값인 Roughness function U/U_* 값도 이와 유사한 양상을 보이며 C , U/U_* 값은 Re 수가 증가함에 따라 함께 증가하는 것으로 나타났다.

U/U_* 값의 경우 경향성이 1에 가깝게 나오고 간격별 구분도 뚜렷했으며 연속구조물 관련 타 연구에서 비교인자로 주로 사용되어 비교의 용이성을 고려해 U/U_* 값을 대표인자로 정하고 특성 검토를 실시하였다. 월류비가 높을수록 간격에 따른 영향이 크게 발생하며, 동일 월류비에서는 간격이 늘어날수록 Re 수는 감소하고 그에 따른 무차원 변수 U/U_* 값도 줄어든다. 또한 동일 Re 수에서는 간격이 늘어날수록 월류비도 증가하고 U/U_* 값은 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 하도 내 연속구조물 설치 시 발생하는 흐름특성에 관한 실험으로써, 수계 관련 선행연구 분석을 바탕으로 연속구조물 설치 시 흐름에 영향을 미치는 주요인자를 밝히고 특성을 검토하였다. 본 연구에서 제시된 간격비(w/k)와 월류비(H/k), Re 수, U/U_* 의 관계는 연속구조물 설계 시 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업

(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 심재호(2009). 연속 횡단 구조물로 인한 하도 내 흐름특성 연구, 석사학위논문, 영남대학교.
2. 여흥구, 강준구, 노영신, 김성중 (2006). 월류 수제 주변의 국부세굴특성에 관한 실험연구. 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1561-1565.
3. 여흥구, 강준구, 김성중, 노영신(2006). 투과율과 설치각도에 대한 수제주변 세굴영역에 관한 실험 연구. 한국수자원학회논문집, 제39권 제7호, pp. 583-592.
4. 조현국, 김민철, 장심, 김현정, 손광익(2009). 수제설계 요소기술 개발을 위한 사례조사. 학술대회논문집, 한국수자원학회, pp. 2143-2147.
5. Bandyopadhyay, P.R.(1987). Rough-wall turbulent boundary layers in the transition regime. J. Fluid Meh., vol.180, 231-266.
6. Chow, V.T.(1959). Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill book co., New York, USA.