

제방 월류시 뒷비탈 식생 조도계수 변화 특성 검토

Characteristics of Roughness Variation in Grassed Inner Slope during Levee Overflow

윤광석*, 고정환**, 김종호***, 추헌재****

Kwang Seok Yoon, Jung Hwan Koh, Jongho Kim, Hyun Jae Chu

요 지

최근에 발생하는 이상홍수로 인하여 설계규모를 초과하는 홍수가 발생하여 월류에 의한 제방 붕괴 피해가 증가하고 있다. 초과규모의 홍수가 유하하더라도 월류에 의해서 제방이 붕괴되는 것과 붕괴되지 않고 단순히 월류하는 경우의 피해 정도는 매우 다른 양상으로 나타난다. 제방이 붕괴되는 경우, 제내지 유입량 및 유입기간의 증가로 인명 및 재산피해가 가중된다. 따라서 인구가 집중되고 재산이 밀집되어 있는 지역에 대해서는 제방붕괴에 의한 피해를 감소시키기 위한 특별한 대책이 필요하다. 본 연구에서는 기존 제방의 식생이 제방 월류 붕괴에 미치는 영향을 추정하기 위하여 수리실험을 수행하였다. 실험수로에 제작된 제방 뒷비탈에 인조식생을 부착시켜 유량에 따른 수심과 유속을 측정하였으며, 측정결과를 이용하여 조도계수를 산정하였다. 산정된 조도계수를 CIRIA(1987)의 보고서에 조도계수 산정 방법과 비교하고 분석하였다. 분석 결과, CIRIA(1987)에서 제시하고 있는 1V:2H제방의 조도계수 0.02보다 큰 값이 산정되었음을 알 수 있었다. 향후, 실제 식생에 대한 실험을 수행하여 흐름특성별 조도계수에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 제방월류, 뒷비탈, 식생, 조도계수, 수리실험

1. 서 론

하천 제방의 붕괴 및 월류로 인한 피해는 제내지에서의 많은 인명 손실과 극심한 재산피해를 줄 뿐 아니라 사회적 문제를 야기한다. 특히 최근에는 설계규모를 초과하는 이상홍수로 인하여 월류에 의한 제방붕괴 피해가 증가하고 있다. 따라서 인구가 집중되고 재산이 밀집되어 있는 지역에 대해서는 제방붕괴에 의한 피해를 감소시키기 위한 대책이 필요하다. 제방붕괴 저감 대책 중에는 고비용으로 제방을 설계하여 제방붕괴 피해를 저감시킬 수 있는 방법도 있지만 현실적으로 모든 지역을 다루기에는 어려우므로, 적은 비용으로 피해를 저감시킬 수 있는 방법을 개발하는 것도 중요하다. 따라서 본 연구에서는 제방의 식생이 제방 월류 붕괴에 미치는 영향을 추정하고 제방 뒷비탈에서의 소류력 감소 효과를 알아보기 위하여 수심 및 유속을 측정하고 조도계수를 산정하여 보았다. 실험에서 산정된 조도계수를 CIRIA(1987) 보고서에서 제안된 조도계수 산정 방법과도 비교하고 분석하였다.

* 정회원·한국건설기술연구원 하천·해안연구실 책임연구원 ·E-mail : ksyoon@kict.re.kr

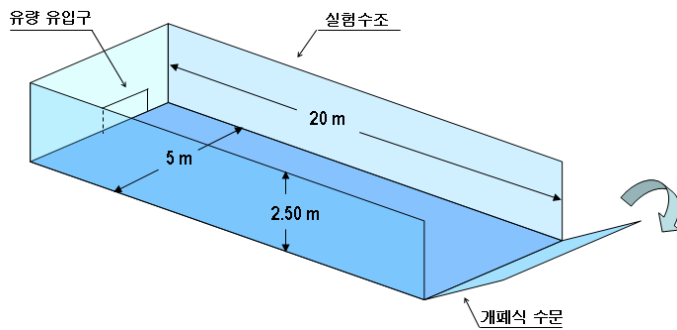
** 정회원·유량조사사업단 연구원

*** 정회원·한국건설기술연구원 하천·해안연구실 연구원

**** 정회원·한국건설기술연구원 하천·해안연구실 연구원

2. 실험장치 및 조건

뒷비탈에서의 조도계수를 산정하여 식생이 제방 월류 붕괴에 미치는 영향을 추정하기 위해, 식생이 없는 경우와 인조식생을 부착한 경우에서의 고정상 실험을 수행하였다. 실험수조는 폭 5 m, 길이 20 m, 높이 2.5 m로 제작되었고 개폐식 수문을 통해 하류수위를 조절할 수 있으며, 유량공급수조와 연결되어 있는 유량 유입구로 0.9 m³/s 까지의 유량을 공급할 수 있다. 또한 실험수조 벽면은 강화유리로 제작하여 흐름현상을 용이하게 관찰할 수 있도록 하였으며, 수조 상단에 이동대차를 설치하여 원하는 지점에서의 유속이나 수위를 측정할 수 있도록 하였다. 한편 실험에 사용된 제방의 비탈경사는 1V:2H으로, 체체 높이 및 독마루 폭은 각각 1.5 m와 1 m으로 제작하였다. 또한 제방은 월류시 체체의 붕괴를 막기 위해 표면을 모르타르로 보호하였으며, 실험수조와 모형 제방은 그림 1과 같다.



(a) 실험수조



(b) 제방모형

그림 1. 실험 수조 및 제방 모형

실험모형의 안정성 및 흐름특성을 파악하기 위하여 식생이 없는 상태, 25mm 인조식생, 50mm 인조식생에서의 실험을 수행하였으며 사용된 인조식생은 그림 2와 같다. 본 실험의 유량은 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 m³/s 5가지의 조건에 대하여 실시하였으며, 그림 3과 같이 10개 측정점에 대하여 수심 및 유속을 측정하였다. 고정상에서의 유속은 바닥 매입형 2차원유속계와 1차원 프로펠러 유속계를 사용하여 측정하였으며, 3개의 캠코더를 사용하여 제방 정면, 측면을 촬영하였다.



(a) 인조식생 25mm



(b) 인조식생 50mm

그림 2. 수리모형 실험에 사용된 인조식생

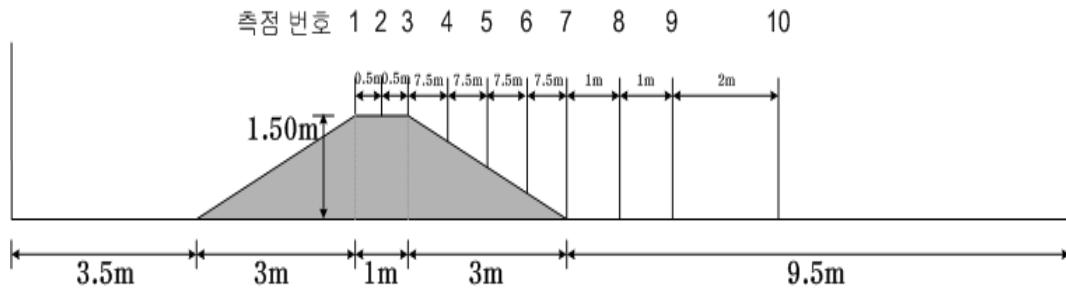


그림 3. 측면도 및 측정 위치

3. 실험결과 및 분석

3.1 뒤틀탈 식생 조건에 따른 수심 및 유속 분포

그림 4와 그림 5는 제방 뒤틀탈 조건에 따른 수심 및 수위 분포를 각각 나타낸 것이다. 공급유량별 유속 분포를 검토한 결과 월류수위가 높을수록 유속이 증가하는 것으로 나타났으며, 식생이 없는 경우에는 제방 비탈 끝에서 유속이 가장 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 비탈 끝에서의 흐름 강도가 가장 크게 작용할 것이라는 것을 예측할 수 있다. 한편 제방 뒤틀탈에 인조 식생을 부착하여 실험한 경우, 전체적으로 최대 유속의 크기가 30% 이상 감소함을 볼 수 있었으며, 최대유속이 발생하는 위치도 제방 비탈끝에서 제내지쪽으로 이동하였음을 확인할 수 있다. 이러한 결과로부터 뒤틀탈면에서의 식생으로 인한 조도 증가가 제방 월류시 발생하는 뒤틀탈에서의 소류력을 감소시킬 수 있음을 추정할 수 있다.

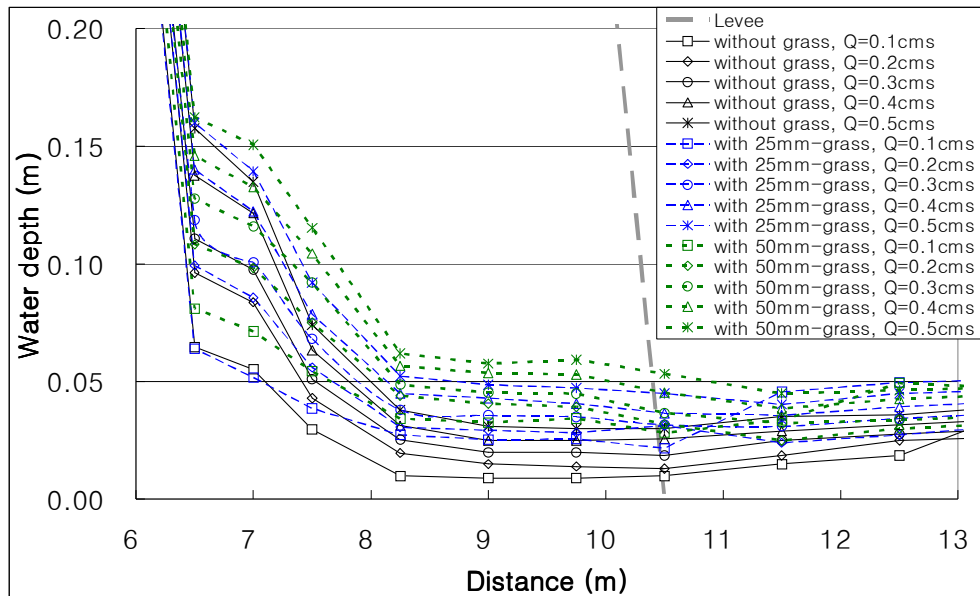


그림 4. 제방 뒤틀탈 조건에 따른 수심분포 양상

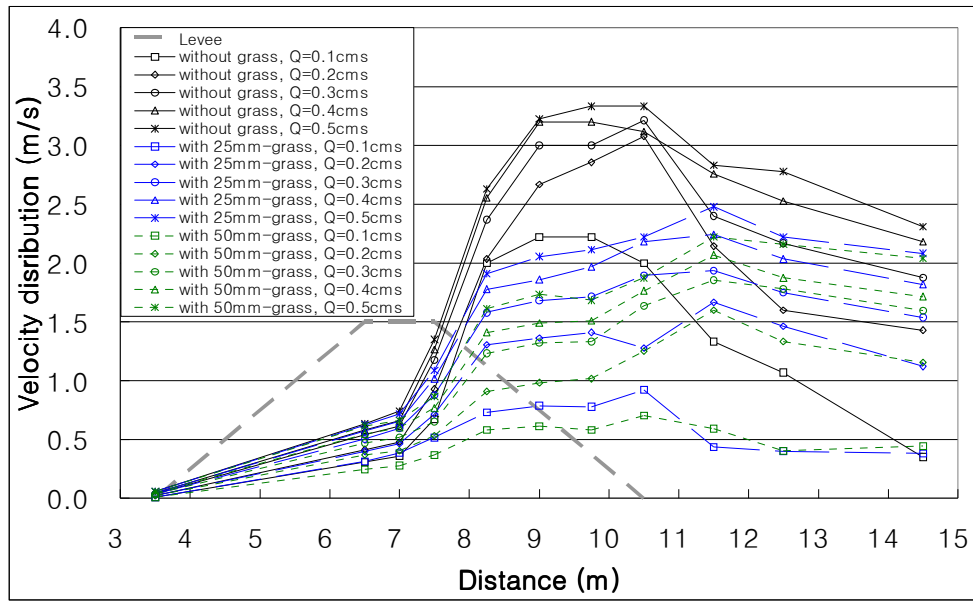


그림 5. 제방 뒷비탈 조건에 따른 유속분포 양상

3.2 뒷비탈 식생 조건에 따른 조도계수 산정

일반적으로 조도계수 산정에 영향을 주는 지배 인자로는 1) 뒷비탈 식생의 높이, 두께 및 밀도와 같은 물리적 특성, 2) 뒷비탈 흐름과 식생의 상호작용 및 3) 제방의 경사도가 중요하다. 조도계수의 산정은 수로경사가 1V:10H보다 완만한 경우(mild slope)와 급한 경우(steep slope)로 구분지어 계산할 수 있다. 수로경사가 1V:10H보다 완만한 경우에는 USDA (US Department of Agriculture, 1954)에서 제안한 V-R method를 이용하여 조도계수를 산정할 수 있음이 알려져 있으며, 수로경사가 1V:10H보다 급한 경우에는 CIRIA (1987)에서 제안한 비탈경사에 따른 조도계수 산정법이 있음이 알려져 있다.

본 연구에서는 위의 실험 결과를 토대로 급경사(1V:2H) 수로에 속하는 본 연구의 제방에서의 조도계수를 manning 공식을 이용하여 계산하여 보았다. 그 결과를 앞서 언급한 USDA와 CIRIA의 조도계수 산정법과 비교하여 그림 6과 같이 나타내었다. 그림 6을 보면 급경사(1V:2H)에서의 조도계수는 CIRIA에서의 연구결과에 따르면 조도계수가 0.02 값을 가져야 하나, 측정된 조도계수의 값은 USDA에서 제시한 조도계수의 값과 일치하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 첫째, 본 연구에서 사용한 인조식생의 물리적 특성이 실제 하천에서 자라는 식생의 물리적 특성과 다르고 둘째, 본 연구에서 사용된 유입유량은 0.02~0.1 m^3/s 의 범위에 있는 반면에 CIRIA에서 유량의 최소조건으로 제시하고 있는 0.05 m^3/s 보다 작은 범위에서만 수행되었기 때문인 것으로 사료된다.

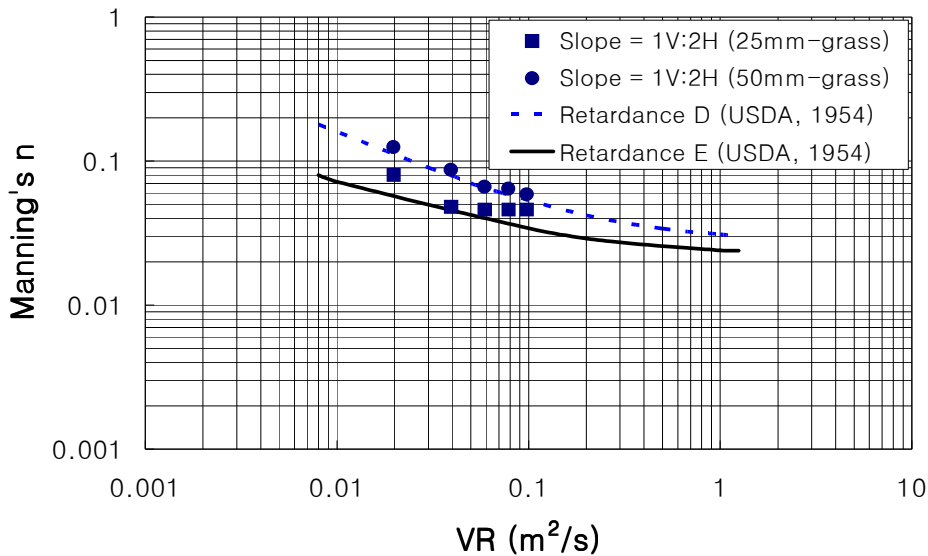


그림 6. 급경사 수로에서의 조도계수 산정결과

3. 결 론

본 연구에서는 뒷비탈에서의 조도계수를 산정하여 식생이 제방 월류 붕괴에 미치는 영향을 추정하기 위해, 식생이 없는 경우와 인조식생을 부착한 경우에서의 고정상 실험을 수행하였다. 실험 결과 월류수위가 높을수록 뒷비탈에서의 수심과 유속이 증가하는 것으로 나타났으며, 식생이 없는 경우에는 제방 비탈 끝에서의 유속이 가장 크게 나타났다. 한편 인조식생을 부착하여 실험한 경우에는 전 구간에서 최대 유속의 크기가 30% 이상 감소하였으며, 최대유속이 발생하는 위치도 제방 비탈끝에서 제내지쪽으로 이동하였음을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구의 급경사(1V:2H) 수로에서의 조도계수를 계산하여 USDA와 CIRIA의 조도계수 산정법과 비교하여 보았다. 그 결과 조도계수는 CIRIA에서의 연구결과에 따르면 0.02 값을 가져야 하나, 측정된 조도계수의 값은 USDA에서 제시한 조도계수의 값과 비슷하며 0.02보다 큰 값을 갖음을 확인할 수 있다. 이러한 결과로부터 식생으로 인한 조도 증가가 제방 월류시 발생하는 뒷비탈에서의 소류력을 감소시킬 수 있음을 추정할 수 있다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2005년도 건설기술 기반구축사업 (05-기반구축-D03-01)에 의한 이상기후대비시설기준강화 연구단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. Chow, V.T.(1959) Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York.
2. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)(1987) Design of reinforced grass waterways. Report 116, London.
3. U.S. Department of Agriculture (USDA)(1954) Handbook of channel design for soil and water conservation. Technical Paper TP-61, Washington, D.C.