

콘크리트 대체 고강도 블록 실규모 수리 안정성 실험

여홍구, 김성중, 강준구
한국건설기술연구원 수자원하천연구본부
e-mail:yeo917@kict.re.kr

Real Scale Hydraulic Stability Test of High-Strength Blocks Replacing Concrete

Hong-Koo Yeo, Sung-Jung Kim, Jun-Gu Kang
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약

호안은 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물이다. 호안은 강우와 홍수로부터 수리 안정성이 확보되어야 하는 것이 첫 번째 주요원칙이며, 이를 해결하기 위한 방법 중 가장 확실한 것은 실규모 실험을 통한 실제적인 검토가 이루어져야 한다는 것이다. 본 연구는 바이오 플라스틱을 이용한 시멘트 대체재로 기존 탄소 배출량을 낮춘 탄소 저감 제품으로 콘크리트를 대체할 수 있을 정도의 강도를 지닌 고강도 블록을 대상으로 ASTM에서 제시된 시험법을 기반으로 실험을 수행하였다. 실험체 모형은 실규모의 특성을 고려하여 현장에서 제작 설치되었으며, 1/70의 경사를 갖는 경사수로에서 다양한 유량조건에 대한 수행하고 수리특성인자 계측을 통해 수리안정성을 검토하였다.

1. 서론

하천 내 콘크리트 수공시설물은 노후화가 급속히 진행 중이며, 탄소배출의 원인이 되고 있어 이에 대체하는 재료 및 기술개발 요구되고 있다. 2000년대 들어서 하천환경을 고려하여 친자연적 하천을 조성하고 있지만 수류력에 의한 안정성 및 안전성 확보를 위해 여전히 콘크리트 재료기반의 구조물로 조성되고 있는 것이 현실이다.

호안은 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물로 강우와 홍수로부터의 수리 안정성이 확보되어야 한다.

호안공법과 관련하여 국토교통부(2016)는 하천공사설계실무요령에서 하도상황에 따른 적절한 공법들을 제시하고 있으며, 공법 적용에 따른 수리학적 인자(허용유속 및 소류력)의 적정 범위 등을 제시하고 있다[1]. 실제로 적정한 호안공법 또는 제품의 선정을 위해서는 유속, 소류력 등이 반영된 수리안정성 검토가 필요하다. 그러나 현재 국내에는 이와 관련한 객관적인 평가나 시험 기준이 마련되어있지 않다. 이로 인해 국내에서는 실제 수리실험 결과를 사용하여 호안제품의 수리안정성을 제공하는 경우는 찾아보기 어려운 것이 현실이나 근래 들어 실규모 테스트가 가능한 시설의 확보가 이루어지면서 점차적으로 제품에 대한 성능테스트가 활성화 되고 있

다. 주요 성능평가는 식생기반의 매트류가 그 대상이며, 사석 및 콘크리트를 이용한 호안공법에 대한 테스트 사례는 찾기가 쉽지 않다. 이는 실험시설의 한계와 현재까지 정착되지 못한 성능평가에 대한 필요성이 부족이 주요 원인이기도 하다. 다행히 안동 하천실험센터 실험시설의 확충으로 인해 고유속 흐름이 가능한 수로를 갖추게 되면서 실규모 테스트가 가능하게 되었다.

호안관련 연구동향으로 국내에서는 배상수 등(2002)에 의해 돌망태 매트리스 호안공법에 대한 수리학적 안정성 검토를 통해 기존 사석 호안공과의 차이점 비교하여 우수성을 입증하였다[2]. 김동희(2012)는 호안공 인증제도 개발을 위해 국내의 인증제도 고찰을 통해 유공블록 및 식생매트의 수리특성 실험을 수행하여 표준시험방법을 제시하였다[3]. 김봉균 등(2016)이 다공성콘크리트 호안블록의 실규모 실험을 통한 수리안정성 평가를 위해 실험을 수행하고 준완류부에 적합한 소류력 값을 확인하였다[4]. 미국재료시험학회(ASTM, American Society for Testing and Materials)에서는 연결형 콘크리트 블록(ACB)을 대상으로 데이터분석과 성능시험법에 대하여 ASTM D7276, ASTM D7277 소개하고 있다[5,6].

기존의 실험연구는 식생기반의 매트류와 같은 재료에 대한 자연형 호안공법에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 식생 매트기반의 호안공법은 식생활착전 갑작스런 홍수에 취약하

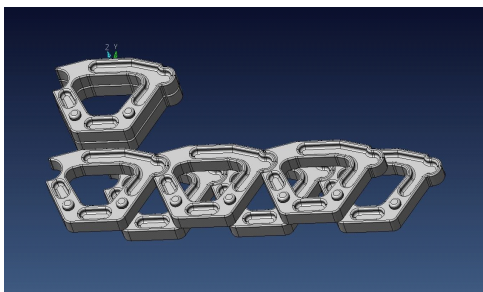
여 완류하천에 적합한 공법이다. 이에 반해 강성재료를 대상으로 한 실험들은 간혹 있으나 이는 대부분 콘크리트로 제작된 블록형태의 호안블록 연구들이 주로 이루어지고 있다. 근래 들어 자연형 호안공법의 일환으로 자연석을 사용하여 환경성을 증대시키고 수리적 안정성 확보에 탁월한 사석기반 재료에 대한 기술들이 개발되고 있다. 이에 본 연구에서는 자연석 기반으로 개발된 호안공법을 대상으로 실규모 실험을 계획하고 수리특성 검토를 통해서 수리안정성 평가를 수행하였다.

2. 실험의 준비

2.1 콘크리트 대체 고강도 블록

기상이변으로 인해 재해의 증가 등의 기후 위기가 현실화되고 있으며 국제사회는 기후변화 대응을 위해 2050 탄소중립 지향하고 있는 상황에서, 하천내 수공구조물의 콘크리트를 대체할 강성 재료 및 하천구조물 기술의 개발이 시급하다. 재해예방 건축에서 사용되는 교각과 제방 호안은 콘크리트 재질로 시멘트가 사용되는데 시멘트의 주요 요소는 칼슘으로 이루어져 있어 환경적인 영향을 고려하지 않을 수 없다. 본 연구에서 개발된 기술은 친환경 제품 제조 기술을 바탕으로 향상된 기능의 바이오 플라스틱을 이용한 시멘트 대체재로 기존 탄소 배출량을 낮춘 탄소 저감 제품이다.

고강도 블록은 생분해성 폴리머와 산화철을 혼합하여 제작이 이루어지므로 친환경적이며 고강도성을 갖도록 제작되었으며 재료 자체 압축강도 시험결과값은 57.3 MPa 으로 확인되었다. 기존 콘크리트 기반 제품에 비해 생분해성 폴리머 특성에 따른 제품 성형에 자유성이 보장되는 장점이 있어 본 연구에서는 굴요성 및 강성공법이 요구되는 하천(도시하천포함)에 적용 가능할 수 있는 블록형태로 설계, 제작 하였다(그림 1).



[그림 1] 고강도 블록

2.2. 수리안정성 실험

고강도 블록의 수리안정성 실험은 경북 안동에 위치한 하천

실험센터 A1경사수로에서 실험을 진행하였다(그림 2). 실험 수로는 길이 35 m 직사각형 형태로 이루어져 있으며, 바닥 폭 1.8 m, 높이 1.2 m로 이루어져 있다. 수로의 하상경사는 1/70이며, 최대 8 m³/s 의 유량공급이 가능하다.

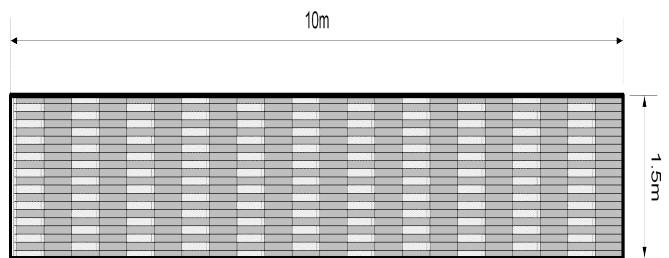


[그림 2] 하천실험센터 및 실험수로 전경

실험은 총 3가지 유량조건을 선정하였으며, 전체적으로 유량을 서서히 증가시키며 ASTM에서 규정한 4시간 통수시간을 준수하여 실험을 수행하였다(표 1). 본 연구에서 사용된 고강도 블록은 일반적으로 제방 사면에 설치하여야 하나 본 연구에서는 제품을 수로 하상에 설치하여 실험을 수행하였다. 이렇게 실험을 수행하는 것은 사면 설치 시 제품에 작용하는 작용력이 위치별로 다른 수리 조건에 의해 상이하게 발생하게 되어 블록의 대표 성능을 정확히 분석할 수 없기 때문이다. 실험수로 내부에 설치되는 고강도 블록은 실제 유수에 의한 흐름방향을 고려하여 실제 흐름의 형상을 재현할 수 있도록 직립시켜 거치하였다(그림 3).

[표 1] 고강도 블록 실규모 실험조건

| 구 분 | 실험번호 | | |
|---------------------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 안정화시간(min) | 5 | 5 | 5 |
| 안정화 유량(m ³ /s) | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 시험유량(m ³ /s) | 1.35 | 2.68 | 4.34 |
| 지속시간(min) | 240 | 240 | 240 |



[그림 3] 고강도 블록 설치 개요도

3. 수리안정성 평가 실험

3.1 유속에 의한 안정성 평가

호안공법의 안정성을 평가하는데 있어 유속은 매우 중요한 수리학적 요소이다. 실험조건에 따른 시험 구간에서의 유속

은 유속계를 사용하여 계측하였다. 실험결과 실험구간내 단면평균유속으로 환산하여 검토한 결과 유량증가에 따른 유속 증가가 발생하며 실험조건내에서 실험체의 파괴가 발생하지 않는 것으로 확인되었다.

3.2 변형에 의한 안정성 분석

하도의 변형은 전단응력이 하상재료의 거동조건에 한계치를 초과하면서 변형이 발생하고 추가적인 응력증가로 재료의 움직임이 점차 증가할 것이다, 변형분석은 ASTM에서 제시하는 육안을 통한 방법을 통해 수행하였으며 실험결과 시험체의 변형 및 파손은 발생하지 않는 것으로 확인되었다.

3.3 소류력 분석

실험체에 작용하는 바닥 소류력은 측정 자료의 선형회귀분석을 통해 결정한다. 실험의 수리 자료 분석 결과 고속흐름이 발생하는 경우 실험체가 위치하는 하상재료의 변화로 인해 등류흐름은 형성되지 않고 부등류 흐름을 보인다. 따라서 소류력계산에 필요한 경사는 속도수두가 반영된 에너지경사로 계산되어야 한다.

4. 결론 및 고찰

본 연구는 수류력에 대한 하천의 안정성 향상을 위해 하천에 조성된 하천옹벽, 구조물 접합부 등에 사용된 콘크리트 기반 블록을 대체하기 위해 개발된 기술에 대한 실규모 검증실험에 대한 연구이다. 이를 위해 하천사석기반 호안공법을 대상 시험법인 ASTM D 7277의 방법을 준용하여 수리 안정성 실험을 수행하였다.

콘크리트를 대체할 수 있는 고강도 블록에 대한 총 3회의 실험을 진행하였으며 실험에서의 최대 유속조건에서 안정한 것으로 확인되었다. 육안을 통한 변형 검토에서는 제품의 손상이나 이탈 등 시험체의 변위는 발생하지 않는 것으로 확인되었다. 시험체의 파괴 검토는 수로의 한계상 어려웠으나 제품의 허용소류력 조건내에서 호안공을 계획한다면 고강도 블록을 적용하기에 충분하다 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비 지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20230331-001, 탄소배출 저감형 하천구조물 개발(1/2))

참고문헌

[1] 국토교통부, “하천공사실무요령”, 2016년.

- [2] 배상수, 이경욱, 허창환, 지흥기, “호안용 돌망태 매트리스의 수리학적 특성 연구”, 한국농공학회지 제 44권 2호, pp.81-98, 2002년
- [3] 김동희, “수자원분야 인증제 도입을 위한 제도 및 기준에 관한 연구 : 호안공을 중심으로”, 영남대학교 박사학위논문, 2012년
- [4] 김봉균, 서대석, 박준석, 김윤용, “다공성콘크리트 호안블록의 실규모 실험을 통한 수리안정성 평가”, 한국 구조물진단 유지관리 공학회, 제 20권 2호, pp.125-134. 2016년
- [5] American Society for Testing and Materials, ASTM D 7276-08 Standard Guide for Analysis and Interpretation of Test Data for Articulating Concrete Block (ACB) Revetment Systems in Open Channel Flow, ASTM, USA, 2008.
- [6] American Society for Testing and Materials, ASTM D 7277-08 Standard Guide for Performance Testing of Articulating Concrete Block (ACB) Revetment Systems for Hydraulic Stability in Open Channel Flow, ASTM, USA, 2008.