

무독성 호안 블록의 수리적 안정성

Hydraulic Stability of a Non-Toxic Revetment Block

오준오¹ · 전상미² · 박재현^{1*}

¹인제대학교 건설환경공학부, ²인제대학교 건설기술연구소

Jun Oh Oh¹, Sang Mi Jun² and Jae Hyeon Park^{1*}

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

²Construction Technology and Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

Received 21 April 2015, revised 13 June 2015, accepted 23 June 2015, published online 30 June 2015

ABSTRACT: The inappropriate hydraulic design criteria on the new revetment technique for the ecological river restoration project happens to lead to economic loss during the flood season. In this study, the hydraulic stability of the developed non-toxic revetment was evaluated at a maximum discharge of 3.0 m³/s and a maximum velocity of 3.0 m/s in a real scale experimental channel. The vertical movement of the non-toxic revetment block was in the range of ±3 mm in the experimental conditions. The results show that the non-toxic revetment block was sufficiently hydraulically secured.

KEYWORDS: Channel experiment, High-velocity, Hydraulic stability, Revetment block

요약: 최근 생태하천 복원 사업용으로 개발된 호안 공법에 대한 수리학적 설계기준이 부적절하여 이 공법이 적용된 하천에서 홍수기에 큰 경제적 손실을 유발하고 있다. 본 연구에서는 생태복원용으로 개발된 무독성 호안 블록을 실험용 수로에 설치하여 최고 유량 3.0 m³/s, 최고 유속 3.0 m/s에서 수리적 안정성을 평가하였다. 설치된 무독성 호안 블록은 실험 조건에서 상하 ±3 mm 정도로 미미하게 이동하였다. 그러므로 실험에 적용한 무독성 호안 블록은 고유속에서 대규모 이동, 블록 파괴, 침상·침하 등이 나타나지 않는 것으로 보아 충분한 안정성을 확보한 것으로 판단되었다.

핵심어: 수로실험, 고유속, 수리적 안정성, 호안 블록

1. 서론

최근 들어 치수 기능만을 위한 공학적 효율 위주의 하천관리 정책에서 벗어나, 이수, 환경, 친수 기능 개선을 포함한 생태하천으로의 복원사업이 이루어지고 있다 (Kim et al. 2013). 특히 하천 환경을 중요시하면서 친환경적인 둔치 조성과 저수로 복원이 진행되고 있으나, 하천의 제방을 포함한 하천 경사면과 주요 구조물 주변에 여전히 콘크리트 제품을 주로 사용

하고 있다. 콘크리트 제품에 의한 호안공법은 획일화된 형태로 인해 생태 및 친수 공간으로서의 하천 고유 특성을 잘 반영하지 못하고 있다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 사석, 목재, 식생 등의 다양한 재료를 이용한 생태호안공법을 개발하여 시공하고 있으나, 수리적 안정성에 대해 정량적인 평가가 이루어지지 못하고 있다 (Choi 2001).

호안공법의 적용에 대한 객관적이고 구체적인 설계기준이 없어 설계자의 주관적인 판단이나 소류력

*Corresponding author: jh-park@inje.ac.kr

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

검토를 통해 공법을 결정하고 있으나, 수충부, 비수충부 등의 환경 특성을 반영한 구체적인 설계기법의 개발이 미흡한 실정이다 (Hwang and Lee 2008). 또한 최근에 개발된 다양한 생태복원공법은 주로 중소기업에서 충분한 기술적인 검토를 거치지 않고 양산하고 있는 실정이어서, 각 공법에 대한 구조적, 수리적인 안정성 검토와 식생 활착성 등이 제대로 평가되고 있지 않은 실정이다 (Kim 2006).

하천복원이 하천의 기능 중 환경 기능만을 반영하는 방향으로 이루어져서는 안되며, 반드시 전통적인 치수적 안정성을 확보하는 것을 토대로 하여야 한다 (Park 2009). 국내에서 개발된 호안 블록은 치수적 및 생태적으로 하천 환경에 매우 중요함에도 불구하고, 대부분 이론이나 기초적 실험에 근거하지 않고 경험과 모방에 의하여 개발되어서 수리 실험에 의해 특성이 제시된 경우가 부족하다. 따라서 최근 국내에서 다양한 친환경 호안 블록 제품이 개발되어 하천 현장에 적용되고 있으나 수리적 안정성을 충분히 검증하지 않고 특성을 명확하게 제시 되지 않은 상태로 시공되는 실정이다 (Lee and Tac 2011).

본 연구는 기 개발된 무·저독성 호안블록에 대하여 홍수시 발생하는 고유속에서의 수리적 안정성을 평가하기 위하여, 실험용 수로에서 실제 블록을 설치하고 설계 유량과 유속을 각각 $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 와 1.5 m/s 로 설정하여 이 블록의 침하 또는 침상의 정도를 측정하였다.

2. 연구방법

본 연구에서 사용한 무·저독성 호안블록은 일정 크기의 골재와 폴리에틸렌과 이소시아네이트를 혼합한 폴리우레탄 용액을 교반하여 제작하는 투수성 블록의 제조 방법 (특허등록번호 1010847080000)을 기초로 하여 제작하였다. 미국위생협회 (National Sanitation Foundation) 독성 실험 결과에 따르면 냄새, 탁도, 중금속용출 등의 검사 항목에서 모두 적합하였다. 본 연구는 기 개발된 무·저독성 호안블록 (Kim et al. 2013)의 수리적 안정성 검토를 위하여 한국건설기술연구원 하천실험센터 급경사 수로인 A1 수로에서 실시하였다 (Table 1).

실험에 사용된 무·저독성 호안블록은 거푸집 제작,

Table 1. Specification of the experimental channel for this study.

Property	Value
Supply capacity of discharge (m^3/s)	10
Size (channel length x bottom width) (m x m)	594 x 3
Gradient	1 : 70 - 1 : 800

양생, 거푸집 탈형의 과정을 거쳐 제작하였다 (Fig. 1). 블록이 설치된 포트의 크기는 $1.5 \text{ m} \times 10.0 \text{ m}$ 로 본 연구에서는 블록형 호안공은 6.0 m , 현장타설 호안공은 4.0 m 로 설정하였다 (Fig. 2). 설치된 호안블록은 평균입경 (d_{50}) 15 mm 골재를 사용하여 가로 $1.0 \text{ m} \times$ 세로 $1.0 \text{ m} \times$ 두께 0.15 m 의 블록 2개, 가로 $1.0 \text{ m} \times$ 세로 $1.0 \text{ m} \times$ 두께 0.20 m 의 블록 2개, 가로 $1.0 \text{ m} \times$ 세로 $1.0 \text{ m} \times$ 두께 0.25 m 의 블록 2개를 제작하여 설치하였다.

본 연구에서 수리적 안정성 검토 방법은 미국 ASTM D7277-08 (ASTM 2014)을 참조하여 목표 유량을 4시간 이상 지속하여 공급했을 경우에 블록의 안정성 여부를 평가 하였다. 설계 유량과 유속은 각각 $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 과 1.5 m/s 로 설정하여 실험을 진행하였다.

본 연구에서 호안 블록의 수리적 안정성 평가를 위하여 유량, 유속, 수심 및 블록의 침하 침상 여부의 총 4가지 항목을 측정하였다. 유량 측정은 상류부 웨어를 통하여 1차 측정된 뒤 유속과 수심을 측정하여 연속방정식의 유량공식 ($Q=AV$)을 이용하여 2차 검토하였다. 유속 측정을 위하여 총 2가지 유속계를 이용하였는데, flow tracker 유속계로 2회, 전자파 표면 유속계로 5회에 걸쳐 측정하고 평균값을 산정하였다. 수심은 호안 블록 설치 지점 좌·우안에 설치되어 있는 수위표를 측정하였다, 블록의 침상 침하 여부는 제작블록 구간 6.0 m 에 대하여 실험 전후 사면 측정기 및 스타프를 이용하여 측정하였으며, 블록 내 측정지점은 Fig. 3과 같다.

3. 결과 및 고찰

유속 측정은 실험 블록이 설치된 포트 후방에서 실시하였으며, 유속 측정 결과 flow tracker의 평균 유속은 3.09 m/s , 전자파 표면 유속계의 평균 유속은

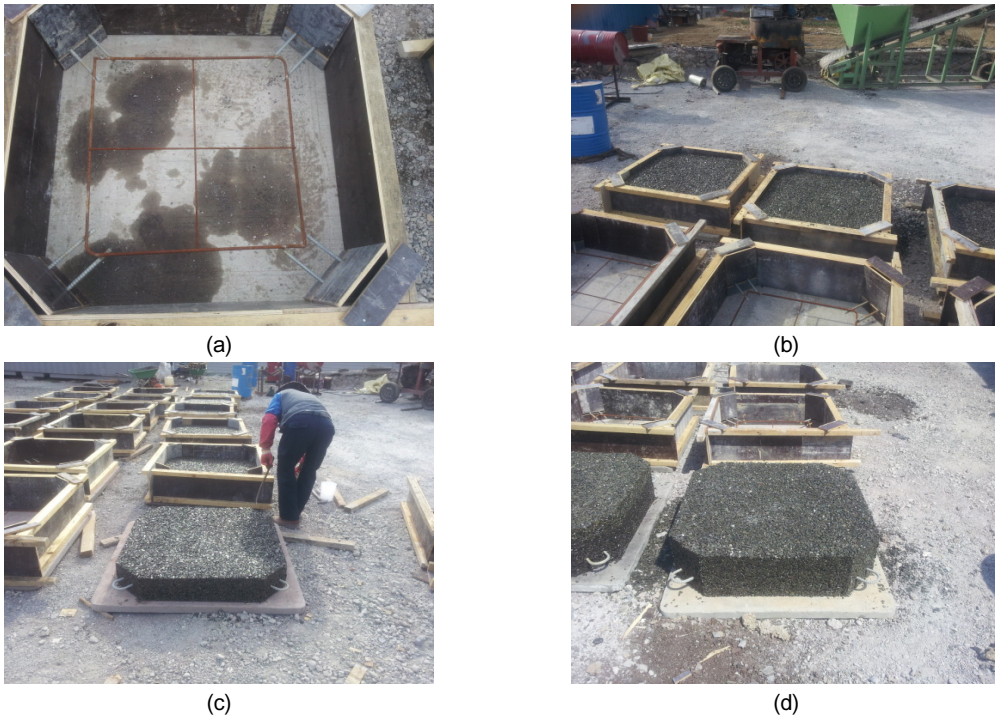


Fig. 1. Photographs showing the revetment block making process. Making forms (a), curing (b), removal of forms (c) and the finished block (d).

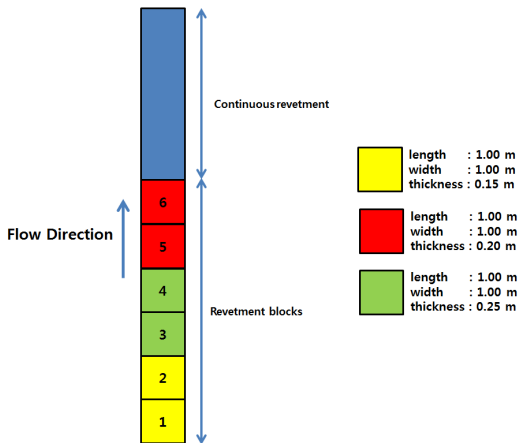


Fig. 2. Conceptual diagram of setting revetment blocks in the channel.

2.99 m/s이었다. (Table 2). 유속과 수심 측정 결과를 바탕으로 유량을 재산정하였다. Flow tracker의 평균 유속 (1점법)으로 유량 산정시 평균 유량은 3.09 m³/s 이었고 전자파 표면 유속계의 표면 유속으로 유량 산정시 평균 유량은 2.84 m³/s로서, 상류부 웨어 측정값인 3.01 m³/s와 -5%~+3%의 오차를 나타내었다.

블록의 안정성 평가를 위하여 실험 전·후의 블록의 침상·침하 여부를 측정하였다 (Appendix 1). 이 결과를 도식화한 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 실험 후 각 블록의 상하 이동은 약 ±3 mm로서 미미하였다. 6개 실험 블록 중에서 1, 2, 3 실험 블록의 경우 블록 내 측정 지점의 높이가 평균 1.41~2.58 mm 하강한 것으로 보아 블록 하부 기초 쇄석의 세굴로 블록 침하가 발생한 것으로 판단되었다. 한편 4, 5, 6 실험 블록의 경우 블록 내 측정 지점의 높이가 평균 0.50~0.95 mm 상승한 것으로 보아 1, 2, 3 실험 블록 하부에서 세굴된 기초 쇄석의 유입으로 인한 침상이 발생한 것으로 판단되었다.

4. 결론

본 연구에서 실시한 무·저독성 호안블록의 수리적 안정성 검토 실험의 결과에 따르면 최고 유량 3.0 m³/s, 최고 유속 3.0 m/s에서 수리적 안정성을 확보하는 것으로 평가되었다. 설치된 호안 블록의 3가지 모두에서 호안 블록이 상하 ±3 mm 정도로 미미하게

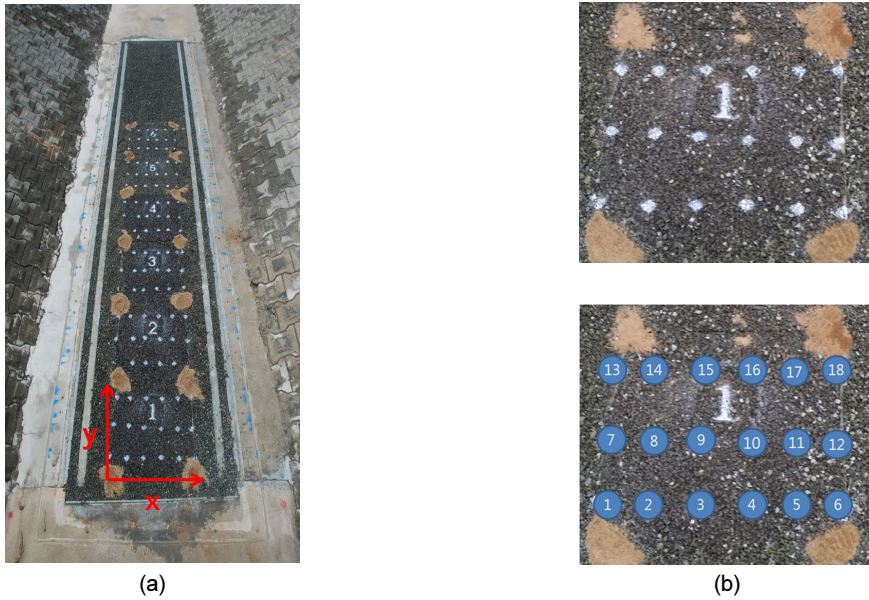


Fig. 3. Photographs showing measurement points in the revetment blocks. Top view (a) and detailed view (b).

Table 2. Velocity and discharge measured using different equipments in the experimental channel.

Measurement equipment	Velocity (m/s)						Discharge (m ³ /s)	Measurement point
	Measurement number					Average		
	1	2	3	4	5			
Flow tracker	3.17	3.02	-	-	-	3.09	3.09	0.25 m above bottom
Electronic wave surface current meter	2.98	3.00	2.96	2.95	3.05	2.99	2.84	Surface

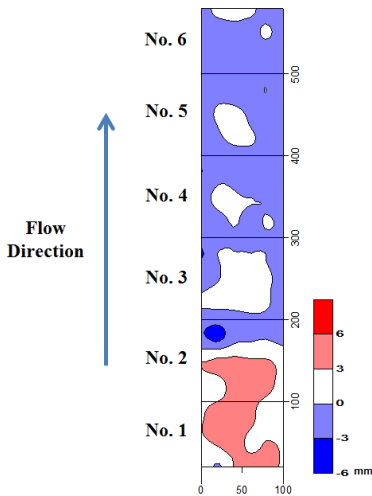


Fig. 4. Vertical movement of bottom surface after the experiment (a positive value denotes a sinking downward movement and a negative value denotes a floating upward movement of the revetment block).

이동하여 대규모 이동, 블록 파괴 및 침상·침하는 나타나지 않았다. 이에 본 연구에서 평가한 무·저독성 호안 블록이 본 연구에서 실시한 흐름 (유속, 소류력 등)에 대한 안정성이 충분히 확보되는 것으로 판단된다. 또한 향후 블록 연결부의 안정성에 대한 추가적인 연구와 실험이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원 (12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

References

ASTM. 2014. Standard Test Method for Performance Testing of Articulating Concrete Block Revetment

- Systems for Hydraulic Stability in Open Channel Flow. American Society for Testing and Materials International Designation, D7277-08, Pennsylvania, USA.
- Choi, H.S. 2001. Hydraulic stability analyses of embankment block. *Journal of Production Technology* 10: 57-74. (in Korean)
- Hwang, K.W. and Lee, M.H. 2008. Comparative analysis on hydraulic stability formulae of riprap. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 8: 449-459. (in Korean)
- Kim, J.H. 2006. Hydraulic stability and vegetation rooting of revetment works. *Journal of Korean Water Resources Association* 18: 1102-1106. (in Korean)
- Kim, S.W., Koo, Y.M., Kim, Y.D. and Park, J.H. 2013. An Experimental study on hydraulic Stability of non-toxic revetment block. *Journal of the Korean Society of Civil Engineering* 33: 987-995. (in Korean)
- Lee, D.H. and Tae, D.H. 2011. Revetment blocks repair characteristics of the test method from Abroad. *Journal of Korean Water Resources Association* 44: 66-74. (in Korean)
- Park, G.H. 2009. Experimental Formulae Development about Hydraulic Stability for Riprap. MS Thesis, Sangji University, Weonju, Korea. (in Korean)

Appendix 1. The vertical movement of the bottom surface of the revetment block at the measurement points after the experiment.

Point no.*	Movement** (mm)	Point no.*	Movement** (mm)	Point no.*	Movement** (mm)
1-1	+3.00	3-1	-1.67	5-1	-0.67
1-2	-1.33	3-2	+0.67	5-2	-1.67
1-3	+3.33	3-3	+1.00	5-3	-0.33
1-4	+3.33	3-4	+0.67	5-4	+0.00
1-5	+4.67	3-5	+0.67	5-5	+0.67
1-6	+2.33	3-6	+0.67	5-6	-1.00
1-7	+2.67	3-7	-2.33	5-7	-0.33
1-8	+3.33	3-8	-1.33	5-8	-1.00
1-9	+5.00	3-9	-0.33	5-9	0.33
1-10	+1.67	3-10	+1.67	5-10	+0.67
1-11	+3.33	3-11	+0.00	5-11	-0.33
1-12	+2.67	3-12	+1.00	5-12	-2.67
1-13	+2.67	3-13	-2.00	5-13	-0.33
1-14	+4.67	3-14	-3.67	5-14	-0.33
1-15	+3.33	3-15	+0.33	5-15	-0.33
1-16	+4.00	3-16	+0.00	5-16	-1.00
1-17	+0.67	3-17	+0.00	5-17	-1.00
1-18	+2.00	3-18	+0.00	5-18	+0.33
2-1	+2.33	4-1	-1.33	6-1	-2.00
2-2	+1.33	4-2	-1.67	6-2	-1.00
2-3	+4.33	4-3	-1.00	6-3	-0.33
2-4	+3.67	4-4	+0.33	6-4	-1.00
2-5	+4.00	4-5	-1.00	6-5	+0.00
2-6	+1.67	4-6	+0.33	6-6	-1.00
2-7	+3.00	4-7	-0.33	6-7	-1.67
2-8	+4.00	4-8	-1.67	6-8	+0.00
2-9	+4.00	4-9	+1.33	6-9	-1.67
2-10	+3.33	4-10	+0.33	6-10	-0.33
2-11	+3.33	4-11	+0.00	6-11	-1.00
2-12	+2.33	4-12	+0.00	6-12	+0.67
2-13	-2.67	4-13	-2.67	6-13	-1.33
2-14	-5.33	4-14	-3.33	6-14	-1.33
2-15	-1.00	4-15	-0.33	6-15	+1.00
2-16	-1.00	4-16	-1.33	6-16	+0.67
2-17	-0.33	4-17	-2.67	6-17	+0.33
2-18	-1.67	4-18	-2.00	6-18	-0.67

* Measurement point number refers to Fig. 3.

** "+" denotes the sinking of the revetment block, and "-" denotes the floating of the revetment block.