

호안블록의 수리적 안정성 실험

Experiments for Hydraulic Stability of Levee Revetment Block

이민호*, 최홍식**

Min Ho Lee, Hung Sik Choi

요 지

본 연구는 친수공간 확보에 따른 경관호안 블록의 개발과 홍수시 수리적 안정성을 가져올 수 있는 블록의 규격은 물론 블록의 형상에 따른 상호 맞물림과 블록간의 고정 등 수리적으로 안정성을 제공해 주는지를 수리모형실험을 통해서 분석하였다. 바닥 사석공에서는 아무런 맞물림이 없는 상태에서보다는 맞물림을 주었을 경우가 안정성이 크게 나왔고 그 맞물림의 량이 많은 조건으로 실험한 육각형 다이아몬드블록의 결과가 안정성이 더 크게 나왔다. 사석의 경사시공에서는 횡적구속만 주었을 경우보다는 종·횡적구속을 주었을 경우가 안정성이 크게 나와 두방향의 구속이 필요함을 보여주었다. 이러한 실험결과는 블록의 크기, 형상 및 맞물림에 따른 유속, 수심, Froude수, Shields수, 바닥전단응력, 입자 Reynolds수의 분석을 통해 얻었다.

핵심용어 : 호안블록, 자연형하천, 수리적안정성, 수리모형실험

1. 서 론

하천의 기능은 치수와 이수, 환경기능 중에서 어느 한 기능만을 달성하기 위한 구조보다는 종합적인 기능을 만족할 수 있는 자연형하천에 대한 관심이 증가되고 있다. 그에 따른 환경적인 측면이 중요시 되면서 호안블록의 종류도 다양해지고 있지만, 이 블록제품이 수리적 안정성에 대한 분석을 하지 않은 제품이 많아 큰 재산피해를 초래하고 있다. 기존의 콘크리트제품은 치수 안전성을 증진시키기 위하여 개발되었으나 홍수시 유실에 따른 피해 및 구조적 획일화된 형태로 친수공간으로서의 하천경관 특성을 잘 반영하지 못했고, 겨울철에 동결용해로 인하여 제품의 파손을 야기시켰다. 최근 하천환경의 중요성이 대두되면서 이수적 측면에서의 수자원확보 및 생태성이 강조된 자연형 공간 확보가 진행되고 있다. 콘크리트 블록(최성우 등. 2001) 혹은 괴복석(문수남, 1995)에 대한 안정성 분석에 대한 식은 평균유속 또는 하상면에서 전단유속에 의한 경험식이 개발(Pilarczyk. 1984)되었으나 사용에는 한계점을 가지고 있다. 따라서 친수공간 확보에 따른 생태호안 블록의 개발과 홍수시 수리적 안정성을 가져올 수 있는 블록의 규격은 물론 블록의 형상에 따른 상호 맞물림(interlocking)과 블록간의 고정 등이 수리적으로 안정성을 제공해 주는지를 수리모형실험을 통해서 분석하고자 한다.

2. 실험내용 및 방법

2.1 실험장치 및 계측기기

2.1.1 개수로 실험장치

수로는 가변 경사식으로 고수조는 수로상부에 위치하고 있으며 저수용량 $2m^3$ 이고, 저수조는 저수용량 $6.75m^3$ 이다. 유량공급은 60Hz, 11Kw의 원심력 펌프로 최대유량 $2800L/min$ 을 양수할 있고, 수로의 길이는 12m 폭 및 높이는 0.4m의 직사각형 수로로 10mm의 투명유리로 되어 실험양상을 관찰할 수 있다

* 정회원. 삼지대학교 토목공학과 석사과정. E-mail : alsgh81@naver.com

** 정회원. 삼지대학교 건설시스템공학과 교수 E-mail : hsikchoi@sangji.ac.kr

표 2.1 실험수로의 개요

실험수로	제원	최대경사	유량공급장치	저수조	고수조
가변경사식수로	길이 12m 폭 0.4m 높이 0.4m	1/30	원심력펌프 11kw 최대유량 280l/min	길이: 4.5m 폭 : 2.0m 높이: 0.75m	길이: 2.44m 폭 : 1.22m 높이: 0.7m

2.1.2 수위 및 유속측정 장비

수위는 개수로 레일위의 이동장치에 후크게이지를 이용하여 실험구간 전후 5구간에서 측정하였다. 실험 시 유입되어 수로를 흐르는 유량이 정상류상태를 유지해야 하므로 모형설치 전 수위의 변화를 충분히 검증하였다.

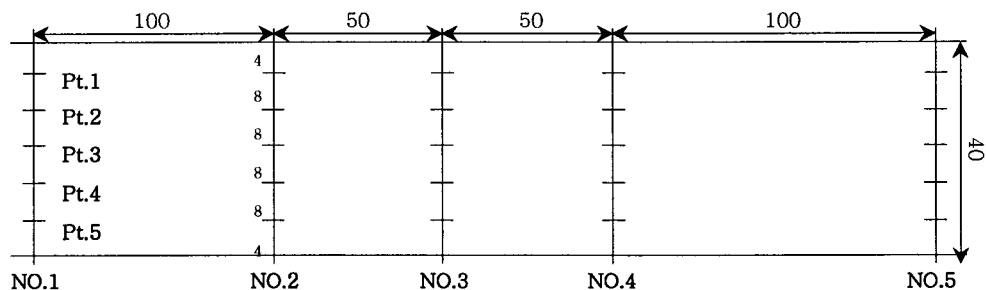


그림 2.1 바닥 사석배치시 계측단면

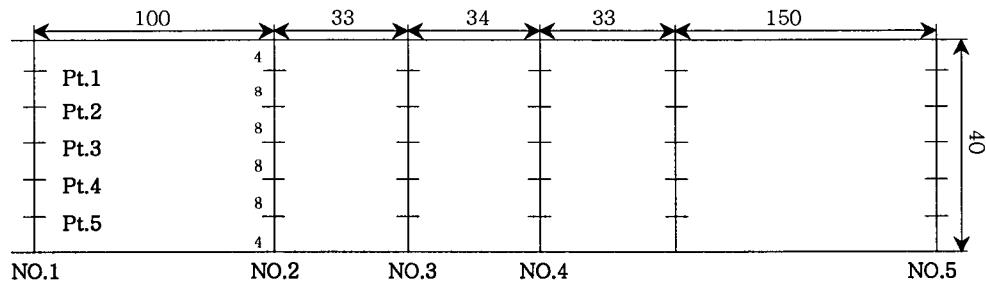


그림 2.2 경사식 사석배치시 계측단면

0.4m×0.412m의 가변 경사형 직선수로에 0.15m두께로 바닥거치대를 설치하고 중간지점에 길이 1m구간에 저지대를 만들어 바닥에 모형사를 부설하고 그 위에 사석을 깔았다. 수로 상류에는 여파막을 설치하여 웨어탱크내에서 생긴 와류가 하류로 전파되지 않도록 하여 정상류 상태를 유지하도록 하였다.

표 2.2 모형사석의 비중

번호	치수 (cm×cm×cm)	부피(cm ³)	무게(g)	비중 (g/cm ³)	형상계수	구로 환산한적경(cm)
1	1.03×3×5.2	16.07	25	1.56	-	-
2	1.1×3×5.2	17.16	25.9	1.51	-	-
3	1.05×3.1×5.17	16.83	26	1.54	-	-
4	1.1×3.03×5.2	17.33	25.4	1.47	-	-
5	1.05×3.03×5.17	16.44	25.5	1.55	-	-
평균		16.77	25.6	1.53	2.89	3.71

2.2 실험내용 및 방법

사석이 놓인 지점의 유속을 서서히 증가시켜 움직이기 시작할 때를 한계유속이라 설정하여 각 지점에서 유속분포 및 수위를 측정하였다. 첫째로, 바닥에 놓인 경우는 불규칙 배열, 바닥직사각형 규칙 배열, 맞물림이 있는 다이아몬드형 모형사석에 의한 바닥격자형배열의 3가지 형태에 대해 일정유량 $0.0194\text{m}^3/\text{s}$ 에 대해 수로의 경사를 조절하여 유속을 서서히 증가시켜 사석이 움직이기 시작할 때 유속 및 수위를 측정하였다. 둘째로, 사석이 경사면에 놓인 경우는 다이아몬드형 모형사석을 총층이 1:1.5의 경사로 쌓아올린 경우 경사 불구속배열과 모형사석의 구속편에 의한 경사구속배열의 두 가지 형태에 대해서 실험하였다. 유량을 $0.0167\text{m}^3/\text{s}$ 에 대해 수로의 경사를 조절하여 유속을 서서히 증가시켜 사석이 움직이기 시작할 때 유속 및 수위를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 바닥 사석공

본 실험은 No.2 지점의 유속을 비교해야 하지만 육각형 모형사석의 경우에 와류에 의한 수심저하로 수심에 따른 유속분포를 측정할 수 없어서 No.3 지점에서 측정하였다. 이 때 유량은 $0.0194\text{m}^3/\text{s}$ 를 흘려보냈으며, 3가지 조건별 모형사석의 이동을 유도하기 위해서 경사를 서서히 조절하면서 유속을 조정하여 실험하였다.

3.1.1 랜덤 배열

폭과 수심에 대한 유속의 변화가 나타나고 있지 않다는 점에서 아주 완만한 곡선의 유속분포가 나타나고 있다.

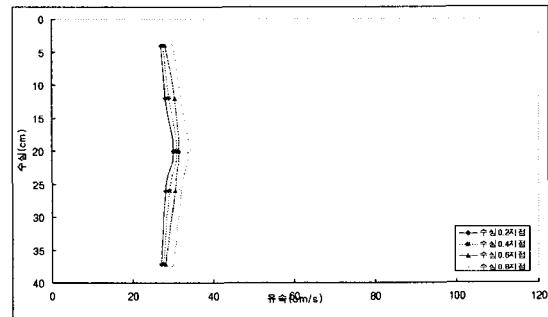
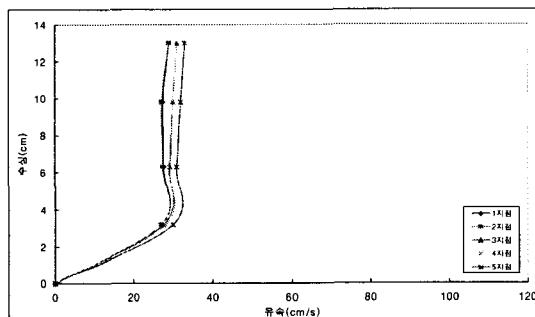


그림 3.1 수심에 따른 유속분포(Random No.3) 그림 3.2 폭에 따른 유속분포(Random No.3)

3.1.2 직사각형 배열

전반적으로 경사가 증가하면서 유속은 빨라지고 단면이 줄어든 것을 보이고 있다. 수심에 대한 유속분포에서 3지점의 유속이 빨라진 것 이외에는 정상적인 유속분포를 보이고 있다.

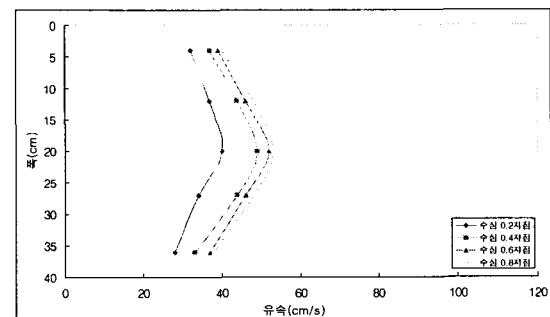
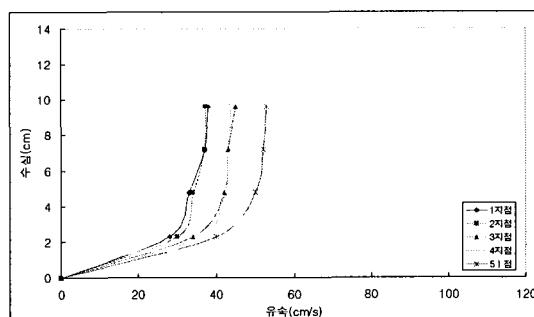


그림 3.3 수심에 따른 유속분포(직사각형 No.3) 그림 3.4 폭에 따른 유속분포(직사각형 No.3)

3.1.3 육각형 격자배열

No.2지점에서 와류가 생기면서 파괴가 일어났는데 주목할 만한 것은 폭에 의한 유속분포에서 한쪽지점으로 유속이 커진 것을 볼 수 있다. 이는 와류와 눈으로는 확인할 수 없는 미소한 하상의 고저차 때문에 일어난 것으로 보인다.

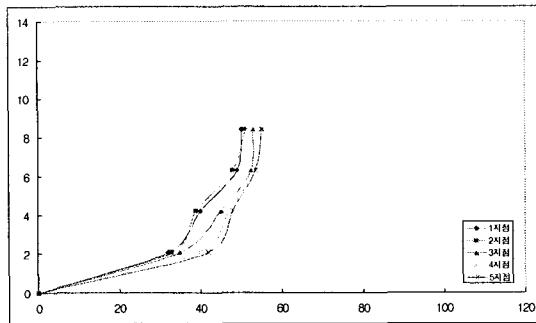


그림 3.5 수심에 따른 유속분포(육각형 NO.3)

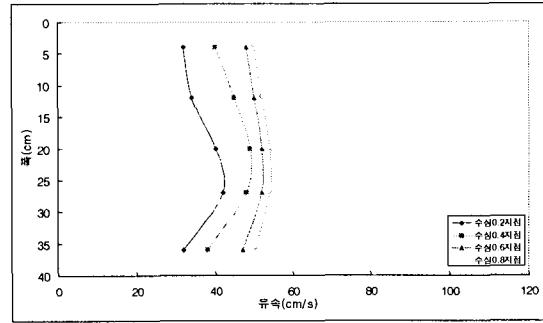


그림 3.6 폭에 따른 유속분포(육각형 NO.3)

3.2 경사 사석공

본 결과는 2가지의 조건, 즉 경사, 경사고정으로 실험한 결과치 중에서, 처음으로 유황과 단면이 바뀌는 NO.2지점의 유속을 비교한 것이다.

3.2.1 경사 불규속 배열

수심에 대한 유속분포는 일반적인 형상을 보이는 반면에 폭에 대해서는 경사면이 맞닿는 부분에서의 유속과 반대편의 유속의 차이가 현저하게 나타나고 있으며 이 폭에 대한 유속 분포형상은 유황이 끝나는 지점 까지 거의 같은 형상으로 나타났다.

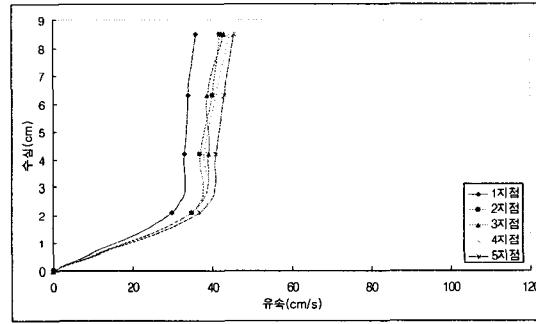


그림 3.7 수심에 따른 유속분포(경사 NO.2)

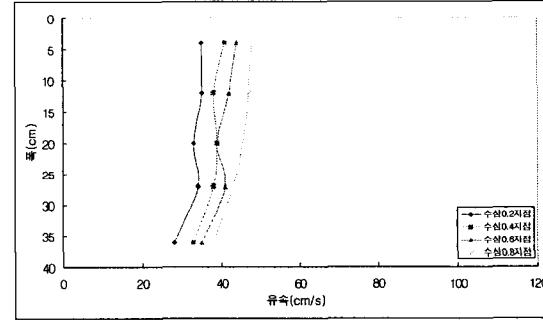


그림 3.8 폭에 따른 유속분포(경사 NO.2)

3.2.2 경사구속 배열

핀으로 고정된 만큼 경사가 커지면서 파괴가 일어났는데, 이 역시 와류에 인한 파괴로서 수심에 대한 유속분포는 폭에 대해서는 규칙적인 유속형태를 가지나 수심에 대해서는 불규칙적인 유속분포를 보이고 있다.

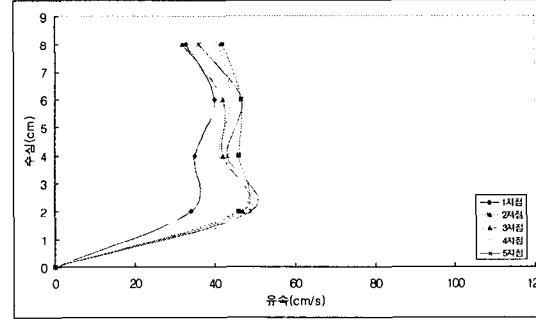


그림 3.9 수심에 따른 유속분포(경사구속 NO.2)

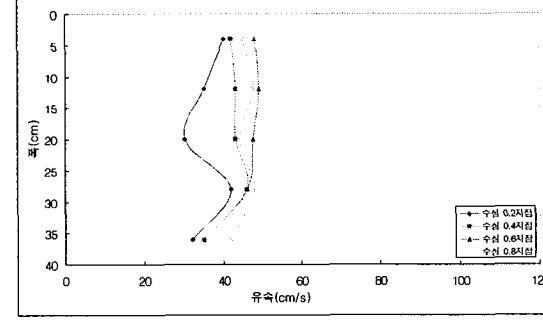


그림 3.10 폭에 따른 유속분포(경사구속 NO.2)

3.3 결과 분석

사석의 바닥 배열과 경사면에 놓은 경우 불규칙 배열과 맞물림 배열에 대한 안정성 분석을 위한 수리 실험을 실시한 결과 불규칙보다는 직사각형이, 직사각형보다는 다이아몬드형의 육각형 배열이 수리학적으로 안정한 것으로 나타났다. Shields 계수, 바닥전단응력 및 입자 Reynolds수 역시 이에 대한 현상을 잘 설명해 준다.

표 3.1 사석이동 환경조건

구 분	경사	유속 (Froude수) m/s	수심 m	Shields 계수	grain Reynolds 수	바닥 전단력 N/m^2	비 고
바닥 배열 시	불규칙 배열	0.00946 (1/106)	0.30(0.24)	0.16	0.030	4,500	8.30
	직사각형 배열	0.02027 (1/49)	0.41(0.38)	0.12	0.057	6,100	14.90
	맞물림 (다이아몬드)	0.02838 (1/35)	0.45(0.43)	0.11	0.076	7,000	19.74
경사 시공 시	불구속배열	0.01486 (1/67)	0.39(0.38)	0.11	0.040	5,100	10.34
	구속배열	0.02297 (1/44)	0.41(0.41)	0.10	0.058	6,100	15.01

실험결과에 맞물림과 구속을 통한 사석 또는 콘크리트 블록의 시공이 수리적으로 안정성이 있음을 보여준다.

4. 결 론

수리실험은 호안 블록의 형태와 구속요건을 다르게 함으로써 안정성 여부를 측정하는 것이 주목적이라 할 수 있다. 바닥사석공에서는 아무런 맞물림이 없는 상태에서보다는 맞물림을 주었을 경우가 안정성이 크게 나왔고 그 맞물림의 량이 많은 조건으로 실험한 육각형 다이아몬드블록의 결과가 안정성이 더 크게 나왔다.

경사사석공에서는 횡적구속만 주었을 경우보다는 종·횡적구속을 주었을 경우가 안정성이 크게 나왔다. 실험결과는 블록의 크기, 형상에 따른 유속, 수심 및 Froude수, Shields계수, 바닥전단응력, 입자 Reynolds수의 분석을 통해 수행하였고 지속적인 분석 및 추가실험이 요구된다. 바닥사석공이나 경사사석공의 안정성에 크게 영향을 미치는 것은 유속, 수위 및 Froude수와의 관계이지만, 본 실험에서 유수가 와류되는 지점에서 안정성이 크게 무너지는 결과를 볼 수 있었던 것을 미루어 와류에 대한 대책도 많이 검토되어야 한다고 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 농업진흥공사, 농업토목시험연구소(1986). 방조제 수리모형 시험연구, 86-05-04.
- 문수남(1995). “수리모형 실험에 의한 사행하도의 사석크기에 관한 연구”, 한국수자원학회 논문집, 제28권, 제4호, pp.205-213.
- 최성우, 임동균(2001). “균일한 조도높이의 콘크리트블록이 포설된 개수로흐름에서의 난류측정”, 대한토목학회논문집, 제 21권, 제 1-B호, pp.11-21.
- Pilarczyk, K. W.(1984). "Interaction Water Motion and Closing Elements", The Closure of Tidal Basin, Ed. by W. van Aalst et. al, Delft University Press.