韓國海岸·海洋工學發表論文集 (2002)
第13券, pp. 118-121

피복석 대체블록의 성능평가를 위한 수리실험
Experimental Study on the Hydraulic Performance of Concrete Block Substitutes for Rock Armor

홍군희[1] · 이성현[1] · 전인식[1]
Goon Hee Hong[1], Sung Hyun Lee[1], and In Sik Chun[1]

1. 서 론

항만시설의 기본재료로서 가장 널리 사용되고 있는 피복석 (Rock armor)의 경우 저렴하며, 구입이 용이하다는 장점 때문에 여러 시설물에 적용되어 왔다. 그러나 계속되는 개발로 인해 석재원도 그 한계에 도달했기 때문에 더 이상 저렴한 재료라고 할 수도 없으며, 무엇보다 난 개발로 인한 국토의 훼손과 이에 따른 비난의 여론으로 인해 피복석의 사용이 제한을 받고 있다. 이러한 시점에서 피복석을 대체할 수 있는 블록의 개발이 요청되는 바 안정적이고, 경제적이며 친수성을 함께 고려한 새로운 형태의 피복석 대체블록을 개발하게 되었다. 본 연구에서는 대체블록의 성능을 파악하기 위하여 피복석과 비교실험 (월파량, 반사율)을 수행하였으며, 그 결과들을 비교, 분석하였다.

2. 실험조건의 설정

2.1 상사율과 모형축척

호안용일 경우 원형 (Prototype)에서의 수심 4.6 m를 23 cm로 하여 축척비가 1/20로 결정되었으며, 설계파는 파고를 1.8 m (모형 : 9 cm)로 주기는 7 초 (모형 : 1.6 초)로 하였다. 방파호안용일 경우 현장에서의 수심 14 m를 35 cm로 하여 축척비가 1/40로 결정되었으며, 설계파는 파고를 6 m (모형 : 15 cm)로 주기는 10 초 (모형 : 1.6 초)로 하였다.

본 실험을 위해 사용된 수조는 건국대학교 토목공학과에 설치되어 있는 이차원 조파수조로 규칙파랑을 발생시킬 수 있으며 길이 15.0 m, 높이 0.6 m, 폭 0.4 m로 되어 있다.

2.2 실험파

본 실험에서 사용된 실험파는 호안용 블록의 경우는 통상 호안에서 쓰이는 파고 2 m를 기준으로 하여 파고는 4 개, 주기는 5 개의 규칙파를 선택하였으며, 방파호안용 블록인 경우는 방파제에 쓰이는 파고 6 m를 기준으로 하여 파고는 5 개, 주기는 7 개의 규칙파를 선택하여 실험하였다.

2.3 피복재의 결정

피복석 대체블록은 피복석 대체용으로서 흡수 기능을 강화하기 위한 유수실 확보, 기존 피복석과의 일체화를 위한 부벽 설치로 이탈이나 변위 예방, 미적 개념의 적용, 현장 조건에 따라 크기 조절 가능, 시공성의 개선 등 여러 가지 장점들을 가지고 있다.

실험단면에 사용된 피복재는 피복석과 피복석 대체블록 (호안용 : 돌기형, 기와형, 격자형블록, 방파호안용 : 가지형, 격자형, 파형, 아치형, 반달형블록)이다 (Fig. 1 참조). 피복석의 경우에는 공히 최대의 중량인 2.6 ton (1 m^3)으로 결정하였으며, 각각의 피복석 대체블록은 실해역에 적용 가능한 적정 규격 (6-50 ton)으로 제작하였다.

2.4 실험단면의 결정

호안용 블록 (축척 1/20)의 경우 Table 1 에서와 같은 단면 값을 가지며, 경사도는 1 : 1.5 로 동일하게 하였다.

방파호안용 블록 (축척 1/40)의 단면 값 또한 Table 1 에 제시되어 있으며, 경사도는 1 : 1.5, 1 : 1.0 과 1 : 0.5 로 바꾸어 가며 실험을 실시하였다.

[1] 건국대학교 토목공학과 (Department of Civil Engineering, Konkuk University)

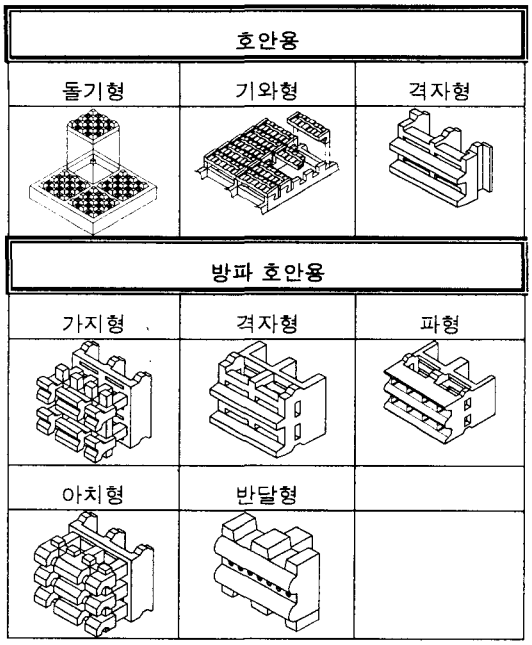

Fig. 1. Shape of blocks.

Table 1. Values of model section

축척 \ 구분		수심 (m)	천단고 (m)	근고블록(m)	상치 (m)
1/20	반사율	0.23	0.15	0.07	0.07
	월파량	0.23	0.105	0.07	0.07
1/40	반사율	0.35	0.15	0.07	0.07
	월파량	0.35	0.08	0.07	0.07

수조에 설치된 모형방파제의 선단부에서 조파기까지의 이격 거리는 9.175 m 이다. 모든 실험에서 공히 상부는 두께 7 cm 인 상치 콘크리트를 설치하였고 평균입경 1.26 cm, 공극률이 0.5 인 쇄석을 사용하였다.

3. 실험방법의 결정

모형방파제의 반사율은 반사파의 영향이 검출되는 구간을 선택하여 삼점법 (박 등, 1992)을 적용하여 결정하였다. 험파가 방파제 전면에서 진행하는 유효거리 는 9.175 m로 하고, 방파제로부터 세 번째 파고계까지의 거리는 2.83 m 로 하였다

월파량을 측정하기 위하여 Cap 콘크리트 뒤에 폭 33.6 cm 의 직사각형 플라스틱 용기를 놓았으며, 용기에 유입된 물은 펌프를 이용, 집수하여 전자저울로 측정하고 Froude 상사율에 의하여 실측양으로 환산하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 반사율

호안용의 경우 기존에 비교적 많이 연구되어 있는 피복석에 대한 Seelig and Ahrens (1981)의 경험식과 비교해본 결과 반사율 값이 0.35 ~ 0.55 로 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.

호안용 대체블록의 반사율 측정 결과를 Fig. 2 에서 보면 전체적으로 돌기형의 반사율이 비교적 가장 크고, 다음으로 피복석과 기와형, 격자형의 순으로 작게 나타났다. 피복석과 반사율을 비교해 보았을 때 격자형과 기와형은 8 %, 1 % 이상의 절감 효과가 있었으며 돌기형은 1 % 증가하였다.

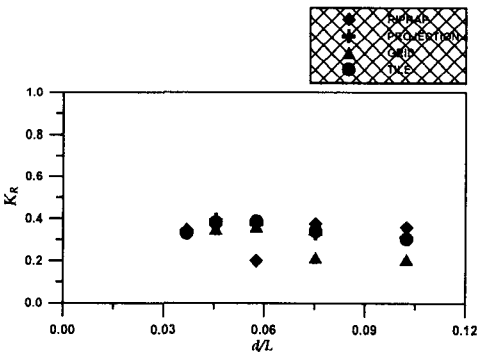

Fig. 2. Comparison of reflection coefficients (Expected blocks to use in revetment, S=1 : 1.5, *H/d*=0.47).

방파호안용 블록의 반사율을 측정한 결과를 Fig. 3 ~ 5 를 통해 보면 모든 경사에서 반달형블록의 반사율이 가장 크고, 파형, 아치형과 격자형, 피복석, 가지형의 순으로 작게 나타났다. 경사도가 1 : 1.5 일 때 피복석과 비교해 보면 (Fig. 3 참조) 반달형은 7 %, 파형은 2 % 정도의 큰 값을 나타냈고, 아치형과 격자형은 별차이가 없었으며 가지형은 2 % 이상 효과적인 것으로 나타났다.

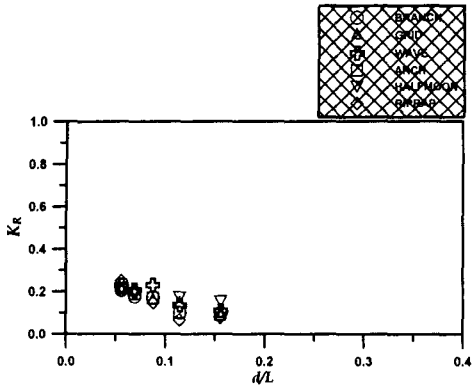

Fig. 3. Comparison of reflection coefficients (Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 1.5, H/d=0.40).

경사도가 1 : 1.0 일 때 반사율을 측정한 결과를 피복석과 비교하면 (Fig. 4 참조) 반달형은 20 % 증가로 가장 크게 나타났으며 파형은 11 %, 아치형은 10 % 증가하였고 격자형은 9 %, 가지형은 6 %의 순으로 증가하였다.

경사도가 1 : 0.5 일 때 반사율을 측정한 결과를 피복석과 비교하면 (Fig. 5 참조) 반달형은 약 32 %, 파형은 22 % 정도 큰 값을 나타냈고 아치형과 가지형은 모두 21 % 증가하였다. 가지형은 약 19 % 증가하였다.

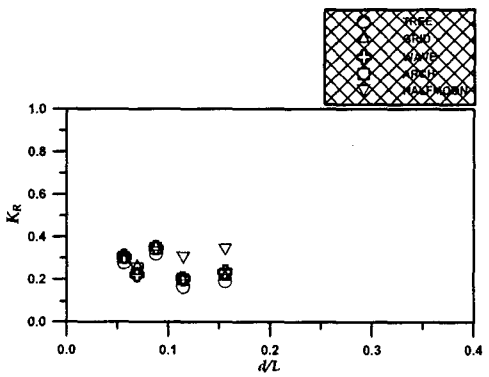

Fig. 4. Comparison of reflection coefficients (Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 1.0, H/d=0.40).

4.2 월파량

기존에 비교적 많이 연구되어 있는 피복석에 대한 경험식 (Weggel, 1976)을 실험치와 비교하 여 본 결과 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다.

호안용 대체블록의 월파량 측정결과를 Fig. 6 에서 보면 피복석과의 비교에서 기와형이 약 87 % 증가로 가장 많고, 다음은 돌기형으로 약 69 % 증가했으며 격자형은 약 30 % 감소의 효과가 있었다.

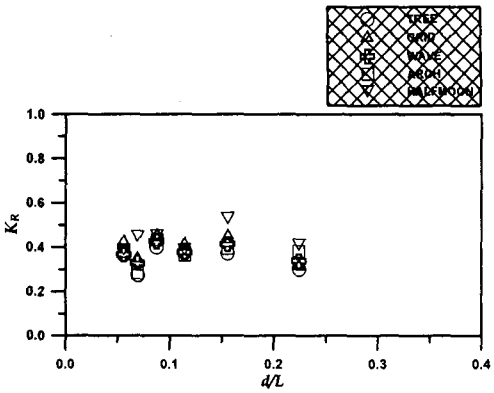

Fig. 5. Comparison of reflection coefficients (Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 0.5, H/d=0.34).

Fig. 7 ~ 9 를 보면 방파호안용 대체블록의 월파량을 측정한 결과 경사도가 1 : 1.5 일 경우 월파량 (Fig. 7 참조)은 반달형이 피복석 대비 약 80 % 증가로 가장 많고, 아치형은 약 8 %, 다음으로 피복석의 순이었으며, 격자형은 피복석 대비 약 20 % 감소했으며 가지형과 파형은 피복석 대비 약 30 % 감소하는 것으로 나타났다.

경사도가 1 : 1.0 일 경우 피복석과 비교를 해 보면 (Fig. 8 참조) 반달형이 약 5 % 증가하였고, 격자형은 약 27 % 감소, 아치형은 약 39 % 감소, 파형과 가지형은 각각 42 %, 47 % 감소하였다.

경사도가 1 : 0.5 일 경우 피복석과 비교를 하면 (Fig. 9 참조) 반달형이 약 44 % 감소하였고, 격자형은 약 54 % 감소, 가지형은 약 58 % 감소, 아치형과 파형은 각각 61 %, 69 % 감소하였다.

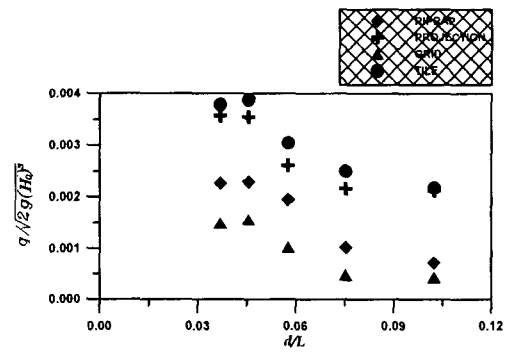

Fig. 6. Comparison of overtopping rates (Expected blocks to use in revetment, S=1 : 1.5, H/d=0.34).

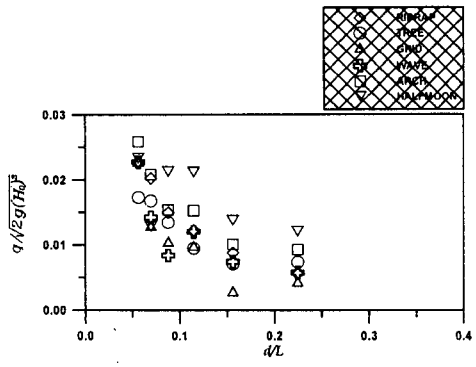

Fig. 7. Comparison of overtopping rates ((Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 1.5, *H/d*=0.34).

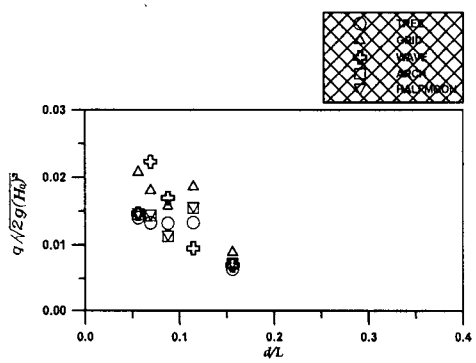

Fig. 8. Comparison of overtopping rates ((Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 1.0, *H/d*=0.40).

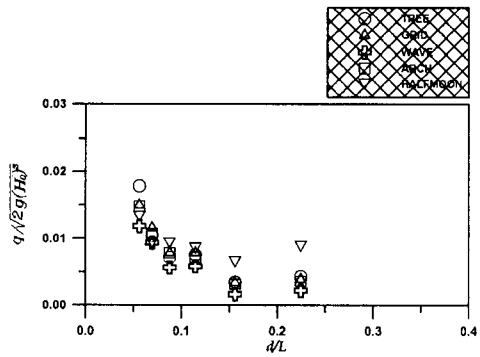

Fig. 9. Comparison of overtopping rates ((Expected blocks to use in sea wall, S=1 : 0.5, *H/d*=0.34).

5. 결론 및 제안

본 실험에서는 이차원 모형 수조를 이용하여 피복재간 블록의 수리학적 특성을 실험적으로 비교하여 보았다. 피복석 대체블록의 중량이 피복석에 비해 현저히 큰 중량을 가지고 있으므로 안정도 실험은 무의미한 것으로 판단해 실시하지 않았으며, 반사율과 월파량에 대해서만 각각의 단면에 대해 실험하였다.

블록은 비교적 작은 파랑에서 사용이 예상되는 호안용과 큰 파랑에서도 사용할 수 있도록 고안된 방파호안용으로 크게 구분하였다.

실험단면의 경사는 표준안으로 1 : 1.5 의 경사 (피복석, 호안용 대체블록)를 선택하였으며, 호안 방파용의 경우 1 : 1.5 와 함께 경제성을 고려한 1 : 0.5, 1 : 1 에 대해서도 선택하여 실험하였다.

- 반사율 실험결과 같은 경사인 1 : 1.5 의 경우에는 피복석과 비교해 전체적으로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 경사가 급해지는 방파호안의 경우 피복석 대비 반사율 값은 크게 증가하는 것으로 나타났다.
- 월파량 실험결과 호안용의 경우에는 격자형 블록이 가장 적었으며, 방파 호안용의 경우에는 전체적으로 피복석 대비 월파량이 감소하는 것으로 나타났으나, 파형과 가지형 블록이 여타 블록에 비해 감소율이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 경사가 급해질수록 월파량은 오히려 감소하는 것으로 나타났다.
- 월파량이 적게 되면 천단고를 낮게 할 수 있다는 경제적인 이득과, 배후지를 폭넓게 이용 할 수 있다는 강점이 있다.

이상의 실험결과 호안용의 경우에는 격자형 블록이, 방파호안용의 경우에서는 가지형 블록이 가장 우수한 것으로 나타났는데, 이는 블록 전면의 돌기에서 일차적으로 감쇄된 파가 유수실을 거치며 월파가 크게 감소되기 때문인 것으로 판단된다. 또한 중량이 크고, 부벽이 제체 피복석과 맞물려 제체 변위시 이탈에 대한 저항이 커 안정성이 우수 할 것으로 사료된다. 블록들은 그 본래의 기능 이외에 모양이 수려하며, 어초로서의 역할까지도 수행 할 수 있다고 본다면 여러 가지 면에서 효용가치가 많을 것으로 사료된다.

참고문헌

박우선, 오영민, 전인식, 1992. 최소자승법에 의한 입반사파의 분리기법, 한국해안해양공학회지, 4(3) : 139-145.

CERC, 1984. Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center, US Army Engineer, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.