

# 친환경 바이오 투수 블록의 개발

송현우\* · † 이종우 · 권성민\*\* · 이태형\*\*\* · 오영탁\*\*\*\*

\*,\*\*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 건설공학과 교수, \*\*\*,\*\*\*\*(주)에스비비 대표, 진무

## Development of Eco-friendly Bio-permeable Block

Hyun-Woo Song\* · † Joong-Woo Lee · Seong-Min Kwon\*\* · Yeong-Tak Oh\*\*\* · Tae-Hyeong Lee\*\*\*\*

\*\*Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

† Department of Civil Engineering, National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

\*\*\*,\*\*\*\*SBB Co., Ltd, Kimhae 51004, Korea

**요 약** : 지구온난화에 따른 연안의 해수면 상승은 해안에 가해지는 파랑에너지의 상승을 유발한다. 이러한 해수면의 상승은 상대적으로 수심이 깊어지는 효과를 초래하고 이는 과거 발생하지 않았던 해안지역의 침식 및 해변에서의 모래를 유실시킨다. 특히, 국내 연안 225개소의 연안 모니터링 결과 142개소인 62%가 침식우려 이상의 등급으로 나타났다. 일반적으로 연안침식에 대응하는 방법은 호안을 쌓아 보호하게 되는 경성공법으로 외력의 변화에 따라 현장여건에 맞는 호안의 경사, 단면형상 및 재료를 선택하게 된다. 하지만 현상에 대한 불충분한 이해에 근거한 공법 적용으로 제반국가에서 다양한 피해가 발생하고 있으며, 이는 공법신뢰도 향상을 위한 기술개발 및 융합기술 도입의 필요성을 보여준다. 본 연구는 파랑저감에 효과적인 다공성 구조물Biocoast를 활용하여 해안침식피해억제를 위한 친환경 투수 바이오 콘크리트 블록을 개발하였다. 특히, 자연해변 및 호안시설에 대해 자연 및 인위적 외력에 의한 침식과 세굴로부터 연안을 보호하고, 블록의 유닛화를 통해 품질관리 및 공정관리의 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 파랑에너지, 연안침식, 파랑저감, Bio-Coast, 해안침식피해억제, 호안시설

## 1. 서 론

지구온난화의 영향으로 연안의 해수면이 상승함에 따라 해안에 가해지는 파랑에너지가 상승하고 있다. 이러한 해수면의 상승은 상대적으로 수심이 깊어지는 효과를 초래하고 이는 과거 발생하지 않았던 해안지역의 침식 및 해변에서의 모래를 유실시킨다.

국내의 경우 국내 연안 225개소의 연안 모니터링 결과 142개소인 62%가 침식우려 이상의 등급으로 나타났다. 호안제가 제대로 호안의 역할을 못하여 해수면이 상승하거나 폭풍해일 시 호안이 파괴되어 해안이 유실되고 시설물이 파손되고 있다. 이는 사람의 안전과 직결되는 문제이기 때문에 더욱 효율적이고 내구성이 강한 호안제의 필요성이 대두되고 있다.

기존 호안제가 사용되고 있는 현장에서 이러한 문제가 지속되고 있기 때문에 새로운 개념의 호안제를 도입하기 위하여

본 연구를 시작하였다. 피마자 오일에서 추출한 바인더로 제작되어 친환경적이고 파랑저감에 효과적인 다공성 구조물 Biocoast (Lee et al.,2018)를 활용하여 해안침식피해억제를 위한 친환경 투수 바이오 콘크리트 블록을 개발하였다.

## 2. 친환경 바이오 투수 블록

### 2.1 투수블록 속채움 골재

친환경 바이오 투수 블록의 골재로 쓰이는 Biocoast는 현재 자체적으로 연안침식을 방지하는 호안제로 쓰이고 있다. 피마자오일에서 추출한 천연물질을 주원료로 하여 만든 폴리우레탄으로 골재를 상호 점 접촉하여 호안에 40%의 공극을 생성한다. 기존의 호안제는 파도 충격을 받을 시 골재끼리 반발을 일으켜 골재 탈락의 위험이 있지만 Biocoast의 골재는 공극사이로 파도 충격을 분산 및 흡수하여 연안침식방지 효과와 더불어 투수

† 교신저자 : 종신회원, jwlee@kmou.ac.kr

\* 정회원, ysy881@naver.com

\*\* 정회원, sobors998@kmou.ac.kr

\*\*\* 정회원, satumi68@naver.com

\*\*\*\* 정회원, terry.oh.8157@gmail.com

성을 갖고 있다.

진도군 관매도 해수욕장의 경우 곰솔 군락이 발달한 사구가 지속적으로 포락하여 Biocoast를 이용한 호안시공이 이루어졌고, 시공 이후 사구의 포락이 멈추고 식생이 활착하여 천연 사구와 비슷한 외형을 갖추어 친환경적인 호안의 장점이 부각되었다(Lee et al.,2018).

## 2.2 블록 디자인

Biocoast의 시공과정에서 교반, 포설, 평탄화 시행 시 재료와 특수 장비의 이동, 열처리, 작업공간 점유 등 애로점을 개선하기 위해 소량규모의 규격화와 체결이 양호한 블록디자인을 수행하였다. 블록끼리의 체결 시에도 중금속 함유 첨가제 사용을 배제하고 피마자에서 추출한 식물성 용액적용으로 유해물질 용출을 제거하였다.

블록 디자인은 자연에서 안정적인 형태를 갖추고 있는 주상절리와 벌집에서 착안하여 정육각형 모양을 하고 속채움 골재는 클로버잎 모양으로 월파랑과 처오름의 최소화를 꾀하였다. 여기서는 벌집과 클로버잎 모양을 결합한 5개의 콘크리트 프레임 HC-Block(Hive-Clover Block)을 디자인하고 내부에 Biocoast 골재의 비율을 조절하여 채우는 형태로 변형하였다. 블록의 외곽 프레임을 콘크리트로 블록의 내구성을 향상시킨 반면, 콘크리트 프레임 내부에 골재를 채운 경우 투수성 향상을 위해 외곽 콘크리트 프레임 하단부에 'V'자형 Slit을 한 변 당 3개씩 삽입하였다. Fig.1은 5가지 HC-Block 디자인을 나타낸 것이다.

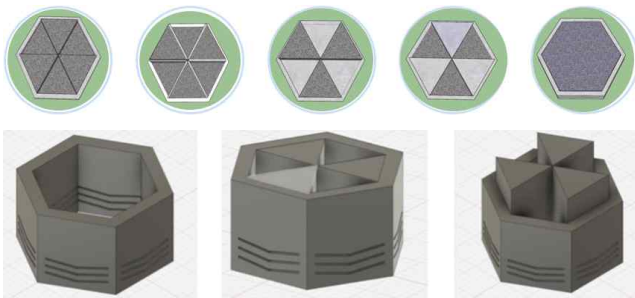


Fig. 1 HC-block design (2D & 3D)

블록끼리의 결합은 2가지로 분류하여 배치에 용이하도록 하였다. 블록이 하나의 단일체가 되어 배치하는 경우와 7개의 블록이 하나의 유닛이 되어 배치하는 경우로 나뉜다. 유닛 별 배치의 경우 중간의 빈틈을 제거하기 위하여 3개로 되어있는 유닛도 사이에 배치하도록 하였다.

HC-Block의 실물제작에 앞서, 'Fusion 360' 프로그램을 활용하여 3D Print 모형으로 제작하였다. 블록의 높이를 5cm와 7cm로 두 케이스를 제작하여 서로 엇갈려 배치함으로써 더욱 효과적인 월파방지를 기대하였다. 3D Print 모형 안에 Biocoast를 직접 제작하였고 골재 대비 바인더를 5%를 사용하였다.

Fig. 3은 실물의 콘크리트 프레임 부분을 3D Print로 대체하여 제작한 HC-Block을 유닛별로 배치한 모습이다.



Fig. 2 HC-Block 모형

## 3. 블록 중량 산정

### 3.1 연구대상 해역

본 연구과제인 친환경 바이오 투수 블록이 실제 연안침식방지의 목적으로 해안가에 배치될 경우를 가정하였을 때 블록의 중량 산정을 위해 현재 연안정비사업 중인 포항 도구해수욕장 전면 해역을 선정하였다.

포항시 도구해변의 경우 연안해류 변화와 고파랑의 영향이 지속됨에 따라 모래이동이 활발하여 고파랑에 의한 침식피해가 발생하고 최근 환경변화에 의한 조위 상승으로 월파가 발생하여 배후지의 피해가 발생하고 있어 새로운 호안체의 시범 배치 장소로 적합하다고 판단되었다(해양수산부, 2018a, 2018b).

### 3.2 투수블록의 중량 산정

블록의 중량을 산정하기 위해선 대표적으로 Iribarren식, Hudson식, Van der meer식이 있지만(Yu et al., 2001), 블록의 중량 산정을 위해 파력을 받는 경사면의 표면에 피복하는 사석 또는 인공블록의 기본 산정식인 허드슨(Hudson)공식을 사용하였다.

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

여기서, M : 사석 또는 블록의 안정에 필요한 최소질량(t)

$\rho_r$  : 사석 또는 블록의 밀도(= 2.25t/m<sup>3</sup>)

$S_r$  : 사석 또는 블록의 해수에 대한 비중

H : 안정계산에 사용하는 파고(m) (설계적용파고 : 2.10m)

$N_s$ 는 피복재의 형상, 경사 또는 피해율 등에 의해 결정되는 계수로 다음 식을 적용하였다.

$$N_s^3 = K_D \cdot \cot \alpha \quad (2)$$

여기서,  $K_D$ 는 사석 또는 블록의 형상 피해율 등에 의해서 결정되는 정수,  $\alpha$ 는 사면이 수평면과 이루는 각을 나타낸다.

Hudson식의 경우, 파주기나 파형경사, 파장과 지속시간에 대한 영향이 포함되어 있지 않아서 콘크리트에 의한 피복층이나 안정성이 서로 다른 개체인 경우  $K_D$ 값을 수리모형 실험에서

구하도록 권장하고 있다. 따라서 소파블록에 대한 기존의 수리모형 실험에서 쇠파대 내에서 TTP는 7.0, ECO TTP는 11.8를 적용하고 있어서 본 연구에서 HC-BLOCK과 디자인 특성상 가까운 투수공간이 있는 ECO TTP의 값을 적용하여 개략적 블록의 중량을 시산해보았다.

비탈면의 경사( $\cos\alpha$ )는 일반적으로 중량산정이나 블록거치를 예상할 때에 1.50을 사용하지만 도구해수욕장의 경우 해안침식과 더불어 불규칙한 경사면이 있기 때문에 보다 정확한 계산을 위해 세 가지 경사면으로 나누어 계산하였다. 경사면에 따른 안정수의 값을 Table 1에 나타내었다.

Table 1  $N_s$  according to slope

Class.	$\cos\alpha$		
	1.25	1.50	1.75
$N_s^3$	14.75	17.7	20.65

TTP의 밀도는  $2.30t/m^3$ 이고 Oh et al.(2008)은 TTP보다 콘크리트 함유량이 적은 ECO TTP의 경우  $2.25t/m^3$ 으로 산정하였다. 따라서 비교적 콘크리트 함유량이 적은 HC-Block의 경우도  $2.25t/m^3$ 로 하였다.

세 가지 경사면을 지정하여 안정수를 계산하였고  $K_D$ 과 밀도의 경우 HC-Block과 비슷한 형태인 ECO TTP의 자료를 참고하여 계산하였다. 최종적으로 허드슨 식을 이용해서 각 안정수에 따른 중량을 산정하여 Table 2의 값을 얻었다. 블록의 중량은 약 0.85ton에서 0.6ton정도로 계산되었고 블록을 기성화 하여 대표적인 규격을 정할 때는 일반적인 경사 1.50을 적용하여 계산된 약 0.7ton이 가장 적합할 것이라고 사료된다.

Table 2 Weight of HC-Block

Class.	$N_s^3$		
	14.75	17.7	20.65
M(ton)	0.85	0.708	0.607

#### 4. 결론 및 제언

3D Print를 이용하여 모형 제작을 하여 HC-Block의 효과적인 배치를 구상하였다. Biocoast로만 이루어진 호안제 보다 블록형태로 유닛별 배치 시, 블록간의 결속력으로 인해 호안제 전체적인 내구성이 강화될 것을 기대하고 있다. 또한 최적화된 모양으로 블록을 상품화 시킨다면 시공의 편리함과 더불어 경제적인 측면에서도 잇점을 가져올 수 있을 것으로 본다.

Biocoast와 콘크리트 프레임이 결합된 형태인 HC-Block을 포항 도구해수욕장에 거치하였을 때의 중량은 약 0.7t정도로 계산되었다. 이는 유사한 ECO TTP를 적용한 것으로 장래 상업화를 위한 상세설계에서는 수리모형실험으로  $K_D$  값을 산정하여 재 계산할 필요가 있다. 시산된 규격으로 투수블록을 시

험제작하여 시공현장에 거치예정에 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 이태형,오영탁,강무석,이중우 (2018), 투수 바이오 콘크리트를 사용한 해안침식 저감 방안, 2018년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회논문집, pp. 217-219.
- [2] 해양수산부(2018a), 포항 도구해변 연안정비사업 기본 및 실시설계 제3장 시설별 단면안정검토 pp. 76-77.
- [3] 해양수산부(2018b), 포항 도구해변 연안정비사업 기본 및 실시설계 해양조사 p. 142.
- [4] 오상호, 오영민, 안창섭, 박성훈(2008), 소파블록 Eco-TTP의 성능평가를 위한 수리모형실험 제 17권, pp. 252-255.
- [5] 유동훈, 이대석, 구석근(2001). 방파제 사석 중량 산정 제 13권 제 4호, pp. 319-326.