

잠제의 효율적인 파랑제어효과에 관한 실험적 연구 An Experimental Study on the Effective Wave Control by Artificial Reef

심교성¹, 김상율², 신범식³, 김규한⁴
 Kyo Sung Shim¹, Sang Yool Kim², Bum Shick Shin³, Kyu Han Kim⁴

1. 서 론

잠제는 자연적인 산호초군이 잠수형 구조임에도 불구하고 넓게 분포하기 때문에 파랑감쇠 효과를 발생시키는 기능을 모방한 구조물로서, 천단상에서의 강제쇄파에 의한 파랑감쇠 효과를 이용하여 연안역에 설치되는 소파구조물로서, 고파랑 내습시의 초오름높이와 월파랑의 저감, 또는 해안선의 장기적인 안정을 도모하는 것을 목적으로 하여 설치되는 해안보전시설로서, 최근 채택되어 시공되는 경우가 증가하고 있다.

연안시설물 가운데 잠제는 파랑제어기능 뿐만 아니라 잠제 배후에서 정온역 확보 및 침식제어를 위해 이용되고 있다. 최근에는 이러한 잠제의 고유한 기능 외에 연안의 수산자원 조성 및 관리를 위한 어초, 어장으로서의 기능에 대한 관심이 대두되고 있다. 아울러, 잠제는 자연 그대로의 해역 경관유지, 천단상이 유수역을 통한 해수교환을 개선 및 향상시켜 항만 및 어항내 오염방지, 어초로서의 기능을 하는 해양생태의 환경개선 등 다양한 장점을 가지고 있다.(김용우 등, 2003)

본 연구에서는 잠제의 피복블록으로 널리 이용되는 T.T.P 대신에 복합적인 기능을 유지할 수 있는 EB블록 또는 사석으로 구성된 잠제의 안정성과 파고감쇠효과를 2차원 수리모형실험을 통하여 검토하였다. 실험결과, 잠제의 최적 형상을 도출하고 최적형상에 대한 수리특성을 파악하였으며, 경제적인 단면형상의 구조물을 적용할 수 있

는 기초자료를 제시하고자 한다.

잠제의 파랑제어효과에 대해서는 주기(T), 즉 파장(L)에 의한 전달률(K_t)의 차이는 현저하지는 않고, 오히려, 천단폭(B), 천단수심(R), 설치수심(h), 입사파고(H)에 의하여 변화한다는 것. 즉, 천단폭(B)이 작을수록 R, h가 커질수록, 전달률(K_t)이 커지는 경향이 있다는 것을 밝혔다. 또한 입사파고(H)에 대한 전달률(K_t)의 변화는 경향이 약간 다르고, R, h가 어느 정도 큰 경우, 전달률(K_t)은 입사파고(H)가 커질수록 작아지는 경향이 있지만, R, h가 작아지면 극소치를 취하게 되어, R이 0이 되면 전달률(K_t)은 H에 대하여 함께 증가한다는 결과를 나타내고 있다(Fig. 1).

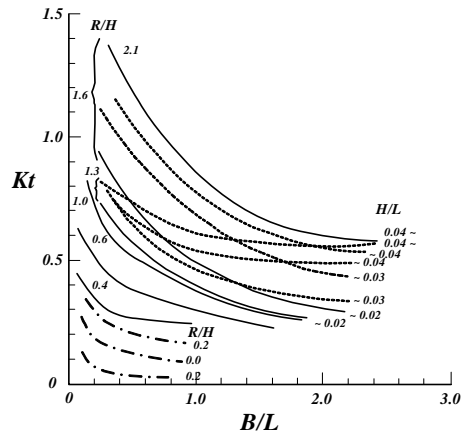


Fig. 1. Relationship K_t and B/L

1 승원산업(주) 대표이사
 2 울진군청 재난관리과
 3 관동대학교 첨단해양공간개발연구센터 연구원
 4 관동대학교 토목공학과 교수

2. 수리모형 실험

2.1 실험시설

본 실험에서는 폭(B) 0.7m, 높이(H) 1.5m, 길이(L) 40m로 조파부 3m를 제외한 37m구역의 양면이 강화유리로 되어있는 2차원 단면 조파 수조를 사용하였다. 수조는 수심변화에 따른 파랑의 변형을 재현하고 친수효과를 이용하여 고 파랑까지 재현시키기 위하여 1/30 경사로 제작하였으며 파고는 용량식 파고계를 이용하여 측정하였다.

2.2 기본 수리량의 특성과 차원해석

잠제는 외해로부터 접근하는 파랑에 대해 천단수심(h_c), 천단폭(B), 사면경사(S) 등의 영향으로 파랑에너지의 감쇄가 발생한다. 또한, 잠제의 천단폭과 천단수심에 따라 전달율(입사파고에 대한 전달파고의 비)의 변화도 확인할 수 있으며, 입사파고(H), 주기(T), 설치수심(h), 천단폭(B), 천단높이(h_c)에 따라 파랑저감효과를 검토할 수 있다.

따라서, 잠제의 파랑제어 효과를 검토하기 위한 주요 영향인자는 Fig 2와 같이 정의될 수 있다.

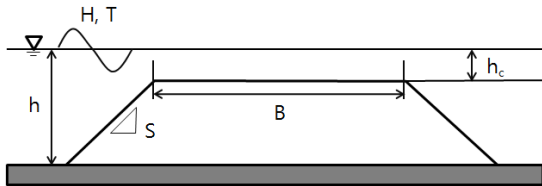


Fig. 2. Definition Sketch of Cross Section

본 연구에서는 유체의 점성보다는 관성력의 영향이 지배적인 중력식 수중방파제에 대한 수리실험이므로, Froude 상사법칙을 적용하였다.

본 검토에서는 파랑과 관련된 문제에 대해서는 중력에 비해 점성의 영향은 무시할 만하고, 형상과 공극율은 동일한 블록 및 사석을 이용하면, 전달율의 특성은 상대수심(h/L), 상대천단수심(h_c/H), 상대천단폭(B/L), 파형경사(H/L)와 밀접한 관계를 가진다고 할 수 있다. 따라서, 차원해석을 통해 얻어진 무차원함수를 이용하여 잠제의 안정성 및 파랑제어의 평가를 위한 평가지표로 결정하였다.

2.3 실험안

잠제의 단면형식은 사석 경사제식으로 피복 블

록에 따라 T.T.P, EB-블록 등 3개안(Fig. 3)을 구상하였으며, 반사파고 및 전달파고를 이용하여 잠제의 기능을 비교·검토 하였다.

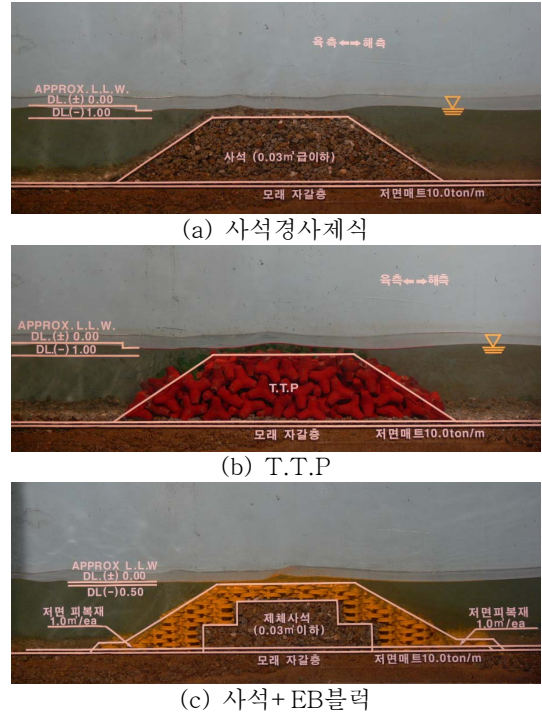


Fig. 3. Experimental Cases

EB-블록으로 피복하는 경우에 대한 상세그림은 Fig 4와 같으며, 원형으로서 중앙에 공간이 형성되어 수조의 생육과 물고기의 서식처의 기능과 블록의 밀립방지 및 수중풍기현상을 발생시키는 돌기를 가지고 있다. 블록의 적층시는 블록의 접촉면에 어도가 형성되어 상류와 하류의 수생생물 이동이 자유로운 특성이 있다.

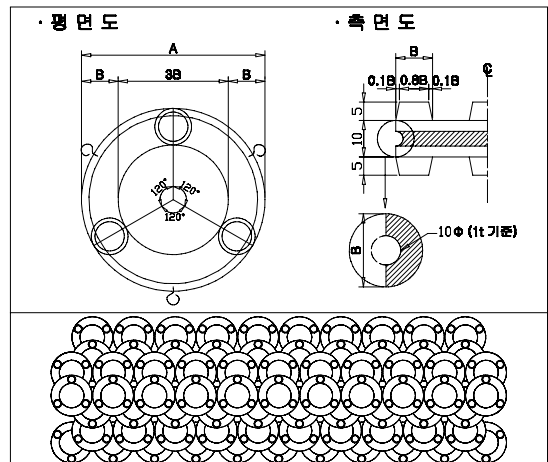


Fig. 4. Image of EB-Block

2.4 실험 조건

수리모형실험은 Table. 1에 나타난 바와 같이 입사파고(H), 주기(T), 설치수심(h), 천단폭(B), 천단높이(hc)에 따른 전달율(K_t)와 반사율(K_r)을 측정하여 체제형식에 따라 각각 그 특성을 비교분석하였다.

Table 1. Experiment Condition

Scale(1:49)	Parameters	Value
파고	H(m)	1~3
주기	T(sec)	5~9
천단폭	B(m)	20~40
천단수심	hc(m)	0.5~1.0
Bottom Condition	Slope	Fixed 1:30

3. 실험결과

3.1 안정성 검토결과

본 검토에서는 평상시 내습과랑에 대한 구조물의 안정성을 검토한 결과, 세가지 형태의 각각의 잠제는 파 작용 초기에 사석 또는 블록들이 자리 잡는 과정에서 미세하게 움직인 것을 제외하고는 이동이나 이탈이 없이 안정하였다.

3.2 수리특성 검토결과

잠제란 입사파고가 클수록 배후면에서 더 감소시킴을 목적으로 설치되므로 파고가 증가할수록 전달파고비가 감소되는 특성은 잠제가 갖추어야 할 중요한 기본 요건이다. 실험결과, 세가지 형식의 잠제는 모두 파고증가에 따라 전달파고를 감소시키고 있음을 확인할 수 있다. 각각의 구조형식에 따른 전달율을 정리하면 Table 2.와 같다.

Table 2. Transmission coefficient(K_t)

	Pebble	T.T.P	EB + Pebble
5sec	0.16~0.49	0.34~0.71	0.22~0.56
7sec	0.15~0.51	0.45~0.74	0.26~0.53
9sec	0.29~0.49	0.40~0.83	0.30~0.58
TOTAL	0.15~0.51	0.34~0.83	0.22~0.58

따라서, 새롭게 고안된 EB Block과 사석으로 구성된 형식의 전달율(K_t)은 사석경사식으로 구성된 잠제와 거의 동일하게 나타나고 있으며,

T.T.P로 이루어진 잠제의 전달율이 가장 크게 나타나고 있다.

또한, 기존의 연구결과에서 나타난 바와 같이 천단수심이 감소할수록 입사파고에 대한 전달파고의 비는 감소하여 소파 성능이 향상되었으며, 입사파고가 증가할수록 입사파고에 대한 전달파고의 비는 감소하였다.

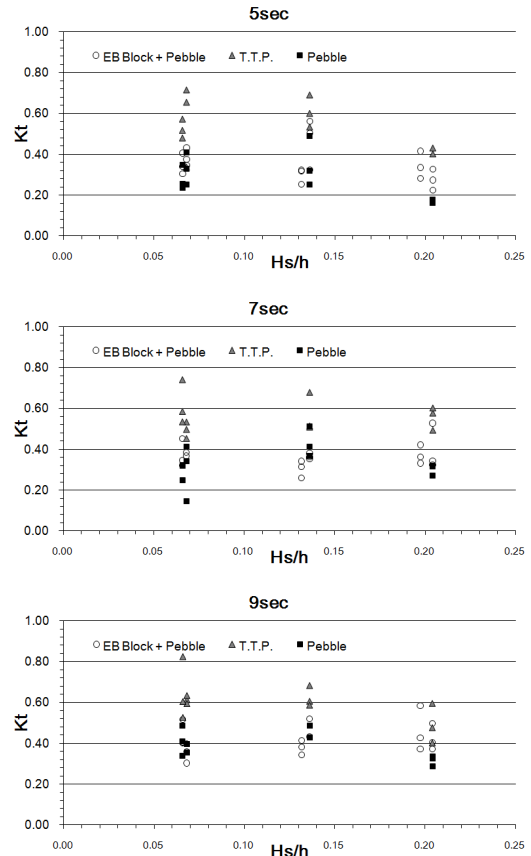


Fig. 5. Transmission coefficient by wave period

Fig 6에는 잠제형식에 따른 체제 전면에서의 반사율을 주기별로 도시하였다. 수평축은 잠제에 도달한 입사파고를 수심으로 나눈 값이며 연직축은 잠제 외해측에서 분석된 반사율(K_r)이다 여기서 반사율은 잠제 배후수역으로부터의 반사파 영향을 포함하고 있으므로 잠제만의 반사율로 볼 수는 없지만 잠제 배후수역의 소파시설은 실험중에 변화시키지 않았으므로 잠제 단면을 변화시키거나 실험수심 또는 파고조건 등을 변화시킬 경우에 이들에 의한 반사율 변화를 상대적으로 비교할 수는 이용될 수 있다. 실험결과, 잠제의 반사율은 파의

주기가 증가함에 따라 증가하고 있다. 구조형식에 따른 반사율은 T.T.P와 사석구조형식이 거의 유사하게 나타나고 있으며, EB블럭의 경우 다소 큰 반사율을 보이고 있다.

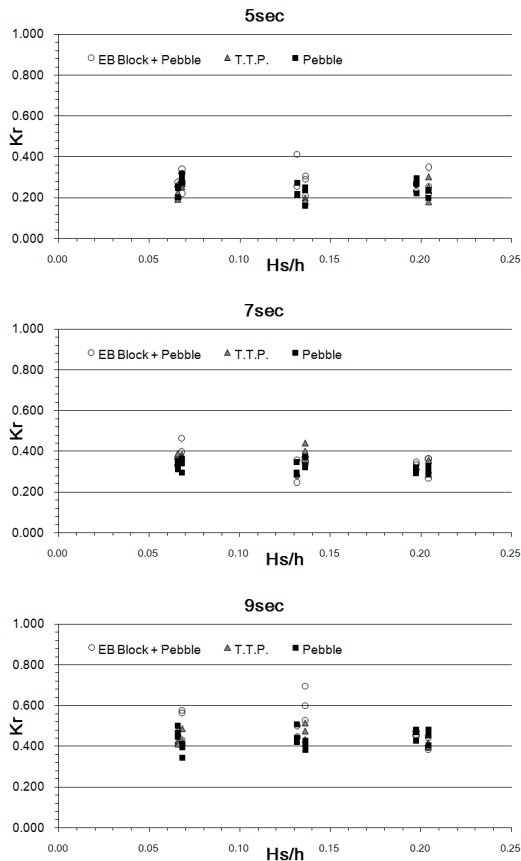


Fig. 6. Transmission coefficient by wave period

Table 3. Reflection coefficient(Kr)

	Pebble	T.T.P	EB + Pebble
5sec	0.16~0.32	0.18~0.30	0.20~0.35
7sec	0.29~0.37	0.31~0.44	0.25~0.47
9sec	0.34~0.51	0.40~0.51	0.38~0.70
TOTAL	0.16~0.51	0.18~0.51	0.20~0.70

4. 결 론

단면수리모형실험을 이용하여 기존에 사용되고 있는 사석경사제, T.T.P의 잠제와 더불어, 사석경사제를 EB Block으로 피복한 새로운 잠제에

대한 파랑저감효과를 입사파고(H), 주기(T), 설치수심(h), 천단폭(B), 천단높이(hc) 조건에 대해 각각 검토하였다. 실험결과, 예 비교검토한 결과, 본 검토에서 제시된 사석경사제를 EB Block으로 피복하여, 경제적인 단면을 제시하는 경우, 전달율(K_t)을 통한 파랑의 파랑제어효과를 비교한 결과, 사석경사제와 유사한 것으로 나타났다.

최근에 들어, 파랑제어 및 인공어초의 기능을 동시에 갖는 다양한 형태의 잠제가 선보이고 있으나, 그 구조가 복잡함은 물론이고 부피가 커 시공성이 상대적으로 저하됨은 물론이고 설치장소에 대한 제약이 많이 따른다는 단점이 있다. 아울러, 근본적인 기능인 파랑제어기능에 소홀하기 쉽다.

따라서, 새롭게 고안되는 다양한 형태의 잠제의 단면형식에 대해 수리실험과 동시에 실험역에 적용하기 위해서는 경제성에 대한 비교를 통해 효과적인 단면선정에 대한 추가검토가 필요하다.

감사의 글

본 연구의 일부는 관동대학교 지역혁신센터(RIC)의 지원으로 수행된 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Kobayashi, N. and Wurjanto, A.(1989). Wave Transmission Over Submerged Breakwaters, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, 115(5), 662-680
- 浜口達男·宇多高明·井上力五·嵐晃·中山修(1988), 人工リーフの波浪制御効果に関する現地実験, 第35回海岸工学講演会論文集, 128-132
- 中山 哲巖(1993). 水工学研究技報, 人工リーフに関する実験的研究, 51-63
- 井田康夫·矢野嘉章·榎本明子(2002). 天端上水深の大きい人工リーフ型構造物の透過特性, 海洋開発論文集, 第18巻, 335-340
- 谷野賢二·水野雄三·渡邊麗玄·平澤充成(1989) 人工リーフによる波の變形について, 海岸工学論文集第36巻, 928-632