

자연 친화형 해안 침식방지 구조물의 안정성

Stability on Preventive Structures of Shore Erosion with Natural Affinity

이종석*, 한재명**

한밭대학교 토목공학과*, 한밭대학교 토목공학과 산업대학원**

Jong-Seok Lee(ljs96@hanbat.ac.kr)*, Jae-Myung Han(hjm6550@hanmail.net)**

요약

본 연구에서는 자연 친화형의 해안을 보호하고 침식을 방지할 수 있는 해수유통 호안블록을 개발하였다. 개발한 호안블록 구조물은 반사율과 안정성 및 월과량에 대한 기존 구조물과 수리모형 비교실험을 통해 안정성과 우수성을 입증하였다. 또한 이를 현장에 시공하여 구조물서의 현장 적용성과 기능을 검토하기 위해 침식해안의 일부 구간에 본 구조물을 설치하고 해안 표사의 변화를 조사관찰한 결과, 많은 양의 모래가 퇴적되는 것을 확인함으로써 해안침식 방지방용 호안 구조물로서의 기능과 적용성을 확보하였다.

■ 중심어 : | 해안침식 | 방지 구조물 | 해수유통 | 수리모형실험 | 안정성 |

Abstract

This study were developed with the preventive structures of shore erosion using the seawater circulation system in wave dissipation block of the natural affinity. The shore protection structures were established to excellent by the hydraulic model experiment on reflectivity and stability and wave overtopping in comparison with existing other structures. These structures, in order to analyzes also as the shore protection and the erosion preventive, were examined with the field applications of performance and the capacity of prevention, respectively, from field construction of the pending positions. As the result, the structures were ensured with the applications and the efficiency as the shore protection structure of erosion preventive by certifying accumulated sediment deposits in the field measurement and monitoring.

■ keyword : | Shore Erosion | Preventive Structures | Seawater Circulation | Hydraulic Model Experiment | Stability |

1. 서론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라 해안은 지구의 온난화와 이상강우 현상 및 해사채취, 치산치수의 선행 개발에 의한 공급토사의 수지불균형, 난개발 등으로 연안침식 문제가 전 해안에 걸쳐 확대 진행되고 있다[1]. 이에 대한 대책공법으로 양빈이나 직립 호안제, 사석제

및 테트라포드(tetrapod) 등의 구조물을 시공하고 있으나 특별한 효과가 입증되지 않고, 또 다른 피해를 유발시키고 있는 상황이며, 국내는 물론 세계의 여러 해안이 이러한 침식현상으로 많은 피해가 발생되고 있다 [2-5]. 이는 단순 국토의 손실 개념이 아닌 연안침식으로 인한 생태계 파괴 및 해일이나 태풍의 발생시 연안

* 본 논문은 2006년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았습니다.

으로 진입하는 파의 완충지대인 백사장 등이 사라짐으로써 파의 내습속도가 빨라져 연안피해는 보다 심각하게 발생 될 수 있다[6][7].

현재 국내의적으로 일반적으로 시행되고 있는 해안 침식대책 기술은 연안방호 기술로 육지쪽 비탈면에 직립호안이나 일정량 이상의 월파 및 반사파 기능이 내재된 삼각블록, 테트라포드 등을 축조하여 파랑이나 흐름에 의한 배후지 토사 유출을 방지하고자 하는 것으로 고조 대책의 목적을 겸해서 건설되고 있는 경우가 많다. 돌제군중 돌제는 해안의 표사이동[8]을 방지하기 위해 해안에 직각방향으로 돌출시킨 해안구조물로서 표사의 이동방향인 해안선과 평행한 모래의 흐름을 억제하여 표사가 흘러오는 쪽으로 퇴적을 유도하기 위하여 설치한다. 이는 연안표사의 제어효과는 탁월하지만 표사 이동방향의 하류 쪽에 침식이 발생할 수 있으므로 설계시 상세한 검토가 필요하다. 인공곶(headland)은 표사이동 한계수심 이상의 깊은 수심까지 설치하여 그 사이에서 표사의 순환이 이루어 질 수 있도록 인공 포켓비치(pocket beach)를 형성시켜 해안침식을 방지하는 기술이다. 인공곶 사이의 중앙 해안을 현재보다 해안선이 후퇴할 수 있으므로 양빈 등을 병행하는 것을 검토하여야 한다.

이러한 현실을 감안할 때 해안의 침식을 방지하고 그 피해를 최소화 할 수 있는 구조물의 개발이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 반사율 저감효과와 구조적 안정성을 확보할 수 있는 해수유통 침식방지 호안 구조물을 개발하고 이를 수리모형실험을 통해 입증하였다. 또한 개발된 침식방지용 해수유통 구조물을 침식으로부터 노출된 현장에 시공하고 표사의 이동과 해빈의 변형과정을 관찰·조사하여 자연 친화형 침식방지 구조물로서의 기능을 검토함으로써 침식방지 효과 및 현장 적용성을 확보하였다.

II. 이론적 배경

해안에서 실제 파랑은 수심과 주기 및 해석 방법 등에 분류하고, 이에 따라 해석하는 방법 또한 여러 가지

가 있다. 본 연구에서는 연안침식방지용 호안블록의 개발을 위한 수리모형 실험에 필요한 이론을 검토하고자 한다. 이를 위해 항만 및 어항설계기준[9]을 적용하여 [그림 1]과 같이 개발된 해안침식 방지용 호안블록의 안정성을 검토하기 위해 2차원 파랑흐름 복합수조에 파랑조건과 상사율 등을 적용하여 수리실험을 실시하였다[10][11]. 실험항목은 개발블록의 성능파악을 위하여 에너지의 흡수정도를 판단할 수 있는 입사파고에 대한 반사파고의 비인 반사율을 측정하고, 배후지의 안정성 확보를 위한 월파랑과 월파고 측정을 위하여 주어진 실험조건에서 최대 파랑을 재현하여 실험용 모형 호안블록에 작용시켰다.

모형과 원형사이의 상사율은 Froude법칙[12]을 사용하였으며, 축척은 적용현장과 실험실의 규모를 고려하여 1/10로 하였다. 미소진폭파 이론[13]과 미소진동파 이론[14]에 근거하여 모형의 축척[15][16]은 연직 및 수평방향 공히 1/10로 하였다. 따라서 기하학적 상사를 만족시키는 축척 1/10의 모형에 대하여 시간과 속도의 상사율 및 모형과 원형에서의 동일유체 밀도 및 단위중량의 가정에 의한 중량의 상사율은 각각 다음과 같다.

$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{3.16} \quad (1)$$

$$\frac{W_m}{W_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^3 = \frac{1}{1000} \quad (2)$$

여기서 L은 길이이고, T는 시간이며, V는 속도, W는 중량, 첨자 m과 p는 모형과 원형에서의 물리량을 나타낸다.

또한, 실험과는 불규칙파로서 반사파 흡수필터를 가동하여 호안블록 구조물 전면 해저면이 평탄한 구간에서 다음식과 같이 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼에 맞도록 보정한다[17-20].

$$S(f) = 0.205H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} f^{-5} \exp[-0.75(T_{1/3} f)^{-4}] \quad (3)$$

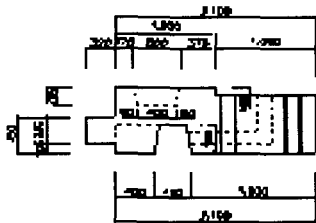
여기서 S(f)는 파랑에너지 밀도이고, f는 주파수이며,

$H_{1/3}$ 과 $T_{1/3}$ 은 각각 유의파의 파고와 주기이다.

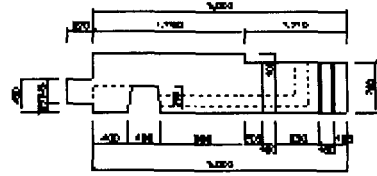
III. 모형블록 제작 및 실험

1. 모형블록 제작

해안침식 방지용 호안블록의 모형은 [그림 1]과 같이 침식방지용과 일반계단형으로 개발하고, [그림 2]와 같이 급경사(1:1.5)형과 완경사(1:2.6)형에 유공, 무공 형상으로 4종으로 구성, 제작·실험하였다. 실험용 블록은 시멘트와 모래의 무게비를 1:2로 하고, 적당량의 물과 배합하여 거푸집에 넣은 후 진동시켜 기포를 제거하며, 약 24시간 정도 공기 중에 놓았다가 거푸집을 제거한 후 수중에서 양생 하였다[21]. 본 실험에 사용한 호안블록의 단면과 형상은 [그림 1]과 같고, 블록 크기는 급경사인 경우 가로 2.45m, 세로 2.0m, 높이 0.8m이며, 완경사인 경우 세로와 높이는 급경사와 동일하며 가로는 3.35m이다. 두 경우 모두 블록 정면에 사다리꼴 모양의 1차 쇄파대가 3개소 형성되어 있고, 쇄파대 사이에는 2개소의 유입구가 형성되어 블록의 내부에 형성된 T형 분쇄구와 연결되어 1차 쇄파대를 통과한 잔여 파에너지를 흡수·분산시키는 구조이다. 최종적으로 블록의 상하로 연결되는 $\varnothing 25\text{cm}$ 의 통수구가 2개소 설치되어 블록의 내부로 유입된 파에너지를 최대한 분산·흡수시키도록 구성하였다.



(a) 급경사(1:1.5)

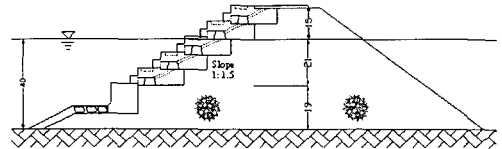


(b) 완경사(1:2.6)

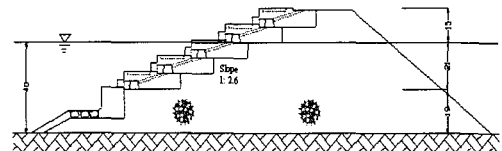
그림 1. 침식방지 호안블록의 모형

2. 수리모형실험

반사율 실험은 다목적 수리실험장치의 수조 및 조파기를 사용하였는데, 이는 길이 53m, 높이 1.25m, 폭 1m의 크기로서 수조의 상류쪽 13m와 하류쪽 7m 구간은 양측벽이 철제로 되어 있으며 나머지 중앙부분 33m의 양측은 강화유리로 되어 있어 거의 모든 실험구간의 관찰이 가능하다. 또한 수조폭 1.0m를 6:4로 분할하고 넓은 쪽에 [그림 2]와 같이 구조물을 설치하여 반사율을 측정하였다.



(a) 급경사 (1: 1.5)



(b) 완경사 (1: 2.6)

그림 2. 침식방지 호안블록의 수리모형실험

입사파랑 스펙트럼은 구조물에서 조파기 방향으로 8.2m의 위치에서 계측한 파고자료로부터 계산 하였다. 관측기는 용량식의 길이 100cm 파고계, A/D 및 D/A 컨버터, 16채널의 ADC와 4 채널의 DAC 파고계 및 기타 계측기로부터의 아날로그 출력을 디지털로 변환하여 기록하고, 컴퓨터에서의 디지털 조파 시그널을 아날로그 형태로 변환하여 조파기에 보내기 위해 사용하였다. 수심측정은 현장의 설치조건을 고려해 40cm(현장은 4m)로 하였고, 해저경사는 구조물에서 조파관 방향으로 7.8m는 2/100 경사와 입사파고 및 반사를 측정구간으로 7.2m의 수평구간을 가지며, 이후의 5.3m는 4/100로 구축하였다. 수리모형 실험에 사용한 파랑조건은 [표 1]과 같이 완경사, 급경사인 경우와 통수구의 개방과 폐쇄인 경우 총 4가지 조건의 실험파랑을 각각 재현하였다.

표 1. 수리모형실험의 입사파 조건

Ts (s)	통수구 개방				통수구 폐쇄			
	급경사 (1:1.5)		완경사 (1:2.6)		급경사 (1:1.5)		완경사 (1:2.6)	
	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)
0.9	o	-	o	-	o	-	o	-
1.0	o	-	o	-	o	-	o	-
1.1	o	o	o	o	o	o	o	o
1.2	o	o	o	o	o	o	o	o
1.4	o	o	o	o	o	o	o	o
1.6	o	o	o	o	o	o	o	o
1.8	o	o	o	o	o	o	o	o

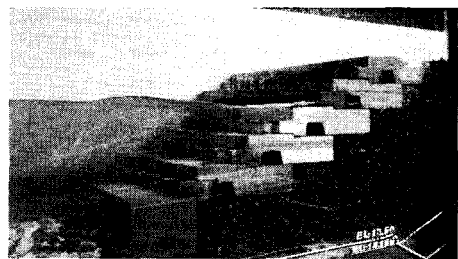
실험결과는 [표 2]와 같이 각 조건에서 유의 파고가 10cm이고, 유의파 주기가 0.9s, 1.0s인 경우의 모형실험에서는 모형 전면에서 쇠퇴되어 입사파가 재현되지 않았다. 수로에 모형은 수로 폭 0.6m인 광수로의 조파기로부터 32.4m에 설치하였고, 모형 전면에서 조파기 방향으로 7.2m 구간의 평탄한 구간에서 파고계 3개를 설치하였으며, 계측한 자료를 사용하여 입사파를 재현, 반사율도 동시에 측정하였다. 모형 설치경사가 완경사, 급경사인 2가지 경우와 친수호안블록 내부 통수구의 개방 및 폐쇄일 때 총 4가지 경우에 대하여 실험하였다. [그림 2]는 경사에 따른 설치 개념도로서 친수호안블록

은 수중으로 3단, 수면위로 2단 총 5단으로 설치하여 입사파에 대해 월파를 허용하지 않았으며, 파가 닿지 않는 아래 부분에는 일반 콘크리트 블록을 설치하였다.

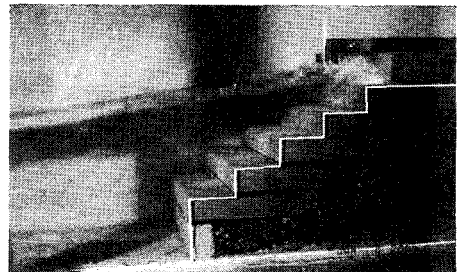
표 2. 조건별 반사를 실험 결과

Ts (s)	통수구 개방				통수구 폐쇄			
	급경사 (1:1.5)		완경사 (1:2.6)		급경사 (1:1.5)		완경사 (1:2.6)	
	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)	Hs =5.0 (cm)	Hs =10.0 (cm)
0.9	0.44	-	0.47	-	0.46	-	0.47	-
1.0	0.41	-	0.43	-	0.44	-	0.43	-
1.1	0.39	0.30	0.37	0.27	0.44	0.34	0.41	0.28
1.2	0.38	0.30	0.38	0.25	0.44	0.34	0.39	0.27
1.4	0.37	0.31	0.33	0.22	0.44	0.36	0.36	0.23
1.6	0.41	0.38	0.32	0.22	0.47	0.43	0.35	0.24
1.8	0.45	0.43	0.31	0.24	0.51	0.48	0.34	0.27

또한, 이들 실험조건에 추가하여 [그림 3]과 같이 침식방지용 구조물의 배후지 안정성 확보를 위해 본 연구에서 개발된 침식방지용 호안블록과 일반블록(가로 24.5cm, 세로 20.0cm, 높이 7.0cm)의 월파량 및 월파고에 대한 비교실험을 실시하였다.



(a) 침식방지용 호안블록



(b) 일반블록

그림 3. 블록간의 월파고 및 월파량 비교실험

IV. 분석 및 고찰

본 연구에서는 개발한 해안침식 방지용 해수유통 호안블록의 성능 및 적용성 검증을 위해 수리모형실험을 실시하였다. 이는 파랑작용에 대한 반사율과 안정성을 블록내부의 통수구를 개방한 경우와 폐쇄한 경우, 이들의 급경사와 완경사 사면에 대해 실시한 결과 [표 2]와 같이 나타났다. 그 결과 반사율은 모든 경우에서 0.5미만으로 작게 나와서 해안침식 방지용 호안블록으로 사용하기에 무리가 없을 것으로 판단되며, 전반적으로 급경사 호안보다는 완경사 호안이, 블록 내부의 통수구가 막힌 무공보다는 열린 유공의 반사율이 낮았다. 완경사와 급경사 간의 반사율 차이는 주기가 길어질수록 많이 커지는 것으로 나타났고, 반사율 면에서 유공과 무공과의 차이는 상대적으로 미미하게 나타났다.

또한, 침식방지용 호안블록의 월파량 및 월파고를 실험 분석하여 배후지의 안정성과 일반계단형블록과의 성능 차이를 위한 실험분석을 하였다. 실험에 사용된 수리실험 장치의 조파기는 유압펌프에 의해 작동되는 피스톤형으로 최대 이격 거리가 ±50cm이며 조파기의 후면과 수조의 하류 쪽 끝에는 경사식 소파장치가 설치되어 있다. 이 수조는 파랑과 흐름을 동시에 발생시킬 수 있는 복합수조로서, 수조 저면에 흐름상자(current box)들이 설치되었고 이 흐름상자들은 수조의 하부에서 내경 30cm의 회류파이프를 통하여 서로 연결되어 있다.

실험조건으로 수위는 호안블록 전면 수심 42.5cm이고, 실험과는 Bretschneider-Mitsuyatsu Spectrum을 따르는 불규칙파의 파고 및 주기 조건에 대하여 실험을 수행하였으며, 불규칙파는 5분간 조파되었다. 실험파의 유의파고는 호안블록 모형의 높이와 유사한 7.5cm와 그 1.5배가 되는 값 11.0cm로 하였고, 유의주기는 현장파의 축척을 1/10로 가정하여 현장에서 주기 5s 및 8s에 해당하는 값을 실험실 조건으로 환산하여 결정하였다.

호안블록 모형은 [그림 2]와 같이 1:1.5 경사로 하였으며, 월파 특성을 파악하기 위해 모든 실험 조건에 대해서 침식방지블록 및 일반계단블록에 대하여 실험을 수행하였다. 호안블록 모형은 수심 42.5cm에 5단으로 설

치되었으며 모형 뒤쪽에는 뒷채움 사석을 쌓았다. 호안블록의 4단까지는 정수면 아래에 위치하며 가장 윗블록은 정수면 위에 위치한다. 호안블록의 수리특성을 효율적으로 평가하기 위하여 수조의 종방향으로 연직분할판을 설치하여 수조를 폭 0.4m의 협수로와 0.6m의 광수로로 분리하고 호안블록 모형은 폭 0.6m의 광수로에 설치하였다. 월파량은 최상부 호안블록 위에 월류수로를 배치하고 월류 수로의 끝에는 플라스틱 용기를 설치한 후에, 조파 시간 동안 용기에 모인 유량을 측정하여 평가하였다. 그 결과는 [표 3]과 같으며, 이때 월파량은 월파 지속기간동안 측정된 유량을 방파제의 단위 길이 · 시간당 체적(cm³/cm · s)로 환산한 값이다.

표 3. 단위길이당 단위시간당 월파량

H _s (cm)	T _s (s)	블록 용도q(cm ³ /cm · s)	
		침식방지용	일반계단용
7.5	1.6	1.12	3.43
7.5	2.6	2.72	5.93
11.0	1.6	11.22	15.74
11.0	2.6	19.23	22.53

[표 3]에서와 같이 유의파 주기가 같을 때는 유의파고가 커짐에 따라서 모든 경우에 있어서 월파량이 증가한다. 마찬가지로 유의파고가 같을 때에도 유의주기가 커짐에 따라서 모든 경우에 있어서 월파량이 증가한다. 이것은 유의파고가 같다고 하더라도 유의주기가 크면 월파량에 영향을 미치는 큰 파의 발생 빈도가 더 높아지기 때문이다. 또한, 침식방지용 블록보다 일반계단블록인 경우에 월파량이 더 증가한다. 이것은 침식방지용 블록의 경우 블록 내 구멍을 통해 파 에너지가 소산되어 월파량이 감소하기 때문이다. 한편, 유의파고 및 유의주기가 작을수록 침식방지블록의 월파량에 대한 일반계단형블록의 월파량 비가 더 커진다. 월파량을 분석하는 경우에는 무차원 월파량($q/\sqrt{2g(H'_0)^3}$)을 계산하여 d/H₀'의 함수로 나타내는 경우가 많다.

[표 4]는 이와 같은 방법으로 계산된 무차원 월파량의 값을 제시하였다. 여기서 d는 호안블록이 위치한 곳에서의 수심이며, H₀'은 환산심해파고이다.

표 4. 단위길이사시간당 무차원 월파량 비교

H _s (cm)	T _s (s)	d/H _s '	블록 용도 (q : cm/cm · s)	
			침식방지용	일반계단용
7.5	1.6	5.27	0.0011	0.0034
7.5	2.6	4.17	0.0019	0.0041
11.0	1.6	5.27	0.0111	0.0155
11.0	2.6	4.17	0.0134	0.0157

[표 5]에서는 침식방지용 호안블록 및 일반계단형 블록의 월파고를 비교하였다. 모든 실험 조건에서 침식방지용 블록에 비해서 일반계단 블록의 월파고가 크게 나타났다. 평균적으로 일반계단블록의 월파고가 침식방지용 블록에 비해 75% 증가하였다.

표 5. 블록 용도별 월파고 비교

H _s (cm)	T _s (s)	블록 용도 (q : cm/cm · s)							
		침식 방지용				일반 계단형			
		η_{near}	$\eta_{1/3}$	$\eta_{1/10}$	η_{max}	η_{near}	$\eta_{1/3}$	$\eta_{1/10}$	η_{max}
7.5	1.6	2.35	3.77	4.27	5.10	3.43	5.85	7.74	10.62
7.5	2.6	2.57	4.38	5.65	8.60	4.68	8.51	10.59	15.04
11.0	1.6	3.12	5.12	6.49	8.03	5.35	8.95	11.70	16.02
11.0	2.6	3.73	6.79	8.90	11.47	6.55	11.12	13.74	16.58

V. 현장시공 및 기능검토

현장시공 사례지는 전남 진도 가계해수욕장에 2006년 7월 26일부터 2006년 7월 31일까지 연안침식 방지블록 4단(50m)을 매년 침식현상이 발생하여 침식방지를 위해 [그림 4]와 같이 시공을 하였다.

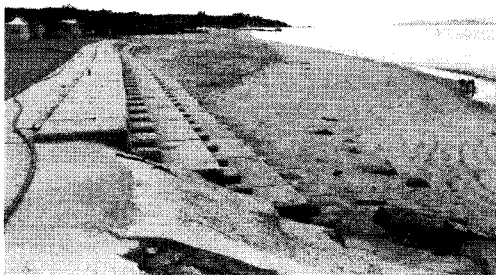
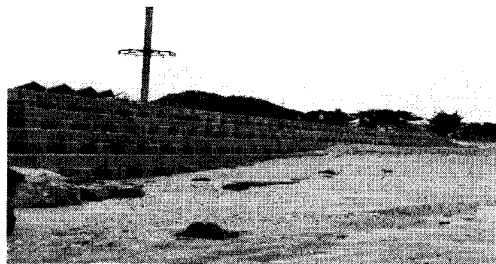
[그림 4(a)]의 최초 시공후 약 3, 7, 12개월 동안 [그림 4(b)][그림 4(c)][그림 4(d)]와 같이 블록의 최저면 한계단이 모래로 뒤덮여 있는 것을 알 수 있다. 본 블록의 높이는 80cm이나 하단블록과 상부블록의 중첩높이가 10cm로 최소 약 70cm가량 모래가 퇴적된 것을 알 수 있다. 본 침식방지 호안블록의 시공위치는 가계 해수욕장 끝단부로 이 지점부터 침식이 발생되어 백사장 전체가 유실될 소지가 있었으나 현재 본 지점부터 다시 퇴적이 진행 되어 백사장의 사빈이 안정성을 회복하는 것으로

분석되었다.

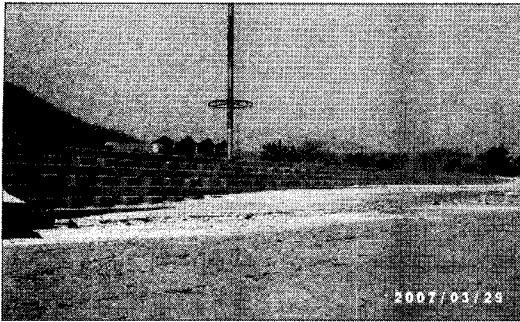
따라서, 지속적으로 해빈변화 양상을 현장관찰·조사하여 본 연구에서 개발한 호안블록이 침식방지용 구조물의 현장 적용성과 기능을 확보함으로써 다른 유사지역에도 확대 적용할 수 있도록 하는 것이 필요하다.



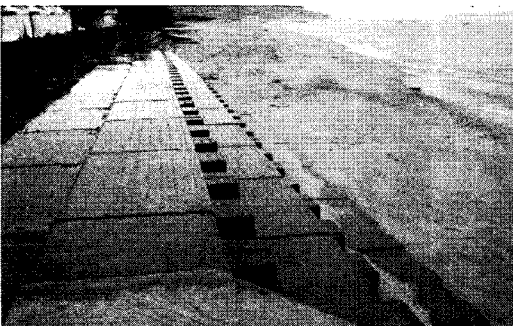
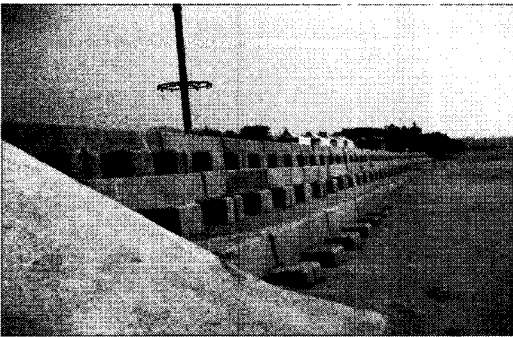
(a) 시공전 전경



(b) 시공 3개월 후 전경



(c) 시공 7개월 후 전경



(d) 시공 12개월 후 전경
그림 4. 현장 시공사례

VI. 결론

본 연구에서 개발한 자연 친화형 해안침식 방지 해수 유통 호안블록은 수리모형실험 및 현장시공 실시결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 반사율은 모든 실험 조건하에서 0.5미만으로 나타났으며, 급경사 호안보다 완경사 호안이, 블록내부의 해수유통용 배수공이 있는 경우가 없는 경우보다 반사율이 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.
- (2) 월파랑 실험은 침식방지용 호안블록 보다 일반계단 블록의 월파랑이 크게 나타났고, 월파고 실험은 침식방지용 블록보다 일반계단 블록의 월파고가 75% 정도 증가하는 것으로 나타나 개발제품의 우수성을 확인할 수 있었다.
- (3) 본 연구로 개발된 호안블록은 반사율과 월파랑 및 월파고가 일반계단 형블록과의 비교에서 우수한 결과를 나타내 구조물서의 안정성을 입증하였다. 또한 이를 현장시공한 결과 비교적 짧은 시간동안에 많은 양의 모래가 퇴적되어 해수욕장의 사빈이 안정을 회복하는 것을 확인함으로써 개발한 구조물의 침식방지 기능과 현장 적용성을 확보할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 한재명, 김영민, 최용근, 박만교, 김치곤, 이종석, "자연친화형 소파 호안블록에 관한 연구", 한국콘크리트학회 2007 춘계종합학술대회 논문집, Vol.5, No.1, 2007.
- [2] J. P. Chesley, "Protection of Dffshore Structures against Underscour," J. Hydra. Div. ASCE, Vol.97, No.7, pp.1011-1016, 1971.
- [3] U. S. Army Corps of Engineers, *Shore Protection Manual*, Vol.1 · 2, 1984.
- [4] G. D. Hahn, "Effects of Sea-Surface Fluctuation on Response of Offshore Structures," J. Struct. Engrg., ASCE, Vol.121, No.1, pp.63-74, 1995.

[5] M. B. Abbott and W. A. Price, *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers' Reference Book*, E and FN Spon, 1994.

[6] 한재명, 이종석, 김희수, 신재욱, "환경친화형 해안보호 호안블록의 개발", 2005 대한토목학회 정기 학술대회 논문집, pp.703-706, 2005.

[7] 한재명, 이종석, 오영민, 김춘호, 김광진, "자연친화형 소파블록의 개발", 2006 대한토목학회 정기 학술대회 논문집, pp.610-613, 2006.

[8] J. Fredsoe and R. Deigaard, *Mechanics of Coastal Sediment Transport*, World Scientific, Singapore, 1992.

[9] 해양수산부, *항만 및 어항 설계기준(상·하권)*, 2005.

[10] (주)한길, *환경친화형 친수호안블록 수리모형실험 결과보고서*, 해양연구원, 2005.

[11] (주)한길, *계단형 유공 호안블록의 유효측정 평가 보고서*, 해양연구원, 2006.

[12] E. M. Michale, *Ocean Engineering Wave Mechanics*, John Wiley & Sons, 1972.

[13] G. B. Airy, "On the Tides and Waves," in *Encyclopedia Metropolitan*, London, pp.241-396, 1845.

[14] G. G. Stokes, "On the Theory of Oscillatory Waves," *Transaction, Cambridge Philosophical Society*, Vol.8, pp.441-455, 1847.

[15] K. Horikawa, *Coastal Engineering, An Introduction to Ocean Engineering*, Univ. of Tokyo Press, 1978.

[16] B. H. John, *Handbook of Coastal Engineering*, McGraw-Hill, 2000.

[17] C. L. Bretschneider, "Significant Wave and Wave Spectrum," *Ocean Industry*, pp.40-46, Feb. 1968.

[18] C. O. Chin and Y. M. Chiew, "Effect of Bed Surface Structure on Spherical Particle Stability," *J. Wtrwy., Port, Coast., and Oc. Engrg.*, ASCE, Vol.119, No.3, pp.231-242, 1993.

[19] 차영기, 이종석, 이대철, 김진규, 맹봉재, 김이현, *항만공학*, 도서출판 새론, 2003.

[20] 유동훈, 서승원, 강주환, 김인호, *연안·항만공학*, 도서출판 새론, 2005.

[21] (주)한길, *조강시멘트의 내염특성 검토결과 보고서*, (주)쌍용양회 기술연구소, 2005.

저 자 소 개

이 종 석(Jong-Seok Lee)

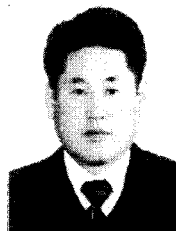
정회원



- 1987년 2월 : 단국대학교 토목공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 단국대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 단국대학교 토목공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 토목공학과 교수 <관심분야> : 수문·수자원, 해안·항만, 수리·하천

한 재 명(Jae-Myung Han)

정회원



- 2005년 2월 : 한밭대학교 토목공학과 (공학사)
- 2007년 7월 : 한밭대학교 토목공학과 산업대학원 (재학)
- 1996년 3월 ~ 현재 : (주)한길 기술고문
- <관심분야> : 해안·항만, 수문·수리·하천