

연안재해 저감을 위한 친수형 호안 블록개발에 관한 연구

김종길
청운대학교 토목환경공학과

A Study on Hydrophilic Protection Block Development for Reduction of coastal disaster

Jong-Gil Kim
Dept. of Civil Engineering

요약 연안재해 저감을 위한 정부 사업 중 연안침식 및 퇴적을 저감시키기 위한 연안정비 사업 1단계(2000년~2009년)와 2단계(2010년~2019년)가 현재까지 진행중이다. 이와 같은 연안정비 사업을 수행함에 있어 연안 보호를 위한 인공 콘크리트 피복재의 설치가 필요하다. 현재 국내에서는 일본에서 개발된 제품을 현장에 적용하고 있거나, 호안보호공 설치를 시행하는 건설사에서 자체 개발한 블록을 설치하고 있는 추세이다. 그렇지만 이에 대한 수리특성 검증 및 안정성확보 여부, 설계기법과 같은 기술적인 검토는 부족한 상황이다. 본 연구에서는 이런 점들을 보완하여 사람들의 접근성이 좋으면서 연안재해 저감 및 보호 능력이 우수한 친수형 호안 블록을 개발하고자 한다. 본 연구를 통하여 호안블록의 수리특성 및 안정계수를 도출할 수 있었다.

주제어 : 연안재해, 침식방지, 호안공, 수리모형실험, 블록

Abstract Among government projects for reduction of coastal disaster, coastal maintenance project stage 1(2000~2009) and stage 2(2010~2019) to reduce coastal erosion and sedimentation are currently under process. In performing the coastal maintenance projects, it is necessary to install artificial concrete armor units for coastal protection. Presently in Korea, products manufactured in Japan are applied to the site, or blocks self-developed by the construction firms are installed. However, there is a lack of technical reviews such as verification of hydraulic characteristics, securing the stability and design techniques. This study is intended to develop waterfront shore protection blocks with good accessibility of people and excellent coastal disaster reduction and protection capability. Through this study, hydraulic characteristics and stability coefficients of shore protection blocks could be drawn.

Key Words : Coastal disaster, Prevention of erosion, Shore protection, Hydraulic model experiment, Block

* 본 논문은 2016년 청운대학교 학술연구비에 의하여 지원되었음

Received 2 February 2017, Revised 2 March 2017

Accepted 20 March 2017, Published 28 March 2017

Corresponding Author: Jong-Gil Kim(Chungwoon Univ.)

Email: kman1@chungwoon.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

1. 서론

언제부터인가 매년 휴가철을 전·후로 언론에서는 연안의 침식으로 인해 소멸되는 백사장에 관한 내용이 보도되고 있다. 과거 우리나라 연안은 높은 회복탄력성을 가지고 있어 연안침식이 심각한 해외에 비해서 연안의 관리에 대해 큰 관심을 두지 않았던 면이 있었다. 그러나 1980년대 이후에는 기후변화의 가속으로 인한 자연적 요인과 무분별한 연안 구조물 설치와 같은 인위적 요인으로 인해 침식이 급증하여 연안침식에 관한 대책이 시급하다는 의견이 꾸준히 제기되는 실정이다. 최근의 연안 침식에 대응하기 위하여 우리나라는 1999년 「연안관리법」을 제정하고, 법률에 기반한 각종 계획과 연안정비 사업을 펼치고 있다. 특히 제18대 국회에서는 보다 합리적인 연안관리를 위하여 2009년 3월 「연안관리법」을 전부 개정하였고[8], 정부는 2010년부터 2019년까지 제2차 연안정비사업을 시행하는 등 연안의 가치를 보전하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다[9].

연구동향을 살펴보면 국내의 해안침식 방지에 관한 연구는 한재명 등(2006)은 소파성능이 우수한 자연친화형 호안구조물을 개발하여 항내 정은 유지와 해안호안용으로 적용할 때 기존 직립옹벽에 의한 반사파 발생으로 연안침식이 발생되었던 것을 방지할 수 있는 연구를 하였다[1]. 김남형과 문지원(2007)은 수중에 인공리프를 설치하여 해변의 침식거동을 수치 해석하였고[2], 허동수와 이우동(2008)은 투수층 매설에 의한 해안안정화에 관한 연구로 사빈내부에 투수층을 매설하여 해변의 침식제어 및 퇴적촉진 등의 효과를 기대할 수 있는 공법을 제안하였다[3]. 한재명(2006)은 자연 친화형 침식방지 구조물의 안정성에 관한 연구를 수행하여 양빈으로 해결할 수 없는 지형 등에도 시공이 가능하고 반사파 기능이 우수한 친수호안 블록을 연구하였으며[4]. 김규한과 유형석(2003)은 현장관측에 의한 침식해안의 표사이동분석에 관한 연구를 하였다[5]. 한재명(2008)은 환경친화형 친수호안블록의 수리특성에 관한 연구를 하였다[6]. 일반적으로 국내에 적용되고 있는 친수호안 블록들은 접근성은 우수하나 상대적으로 파랑에 대한 소파능력이 미흡한 특징을 보이고 있다. 상대적으로 파랑이 우세한 해역에서는 소파효과가 미흡하여 안정성이 떨어질 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 구조물에 필요한 소요중량을

초과하는 대형 블록이 현장에 설치되고 있으며 그로 인하여 경제성이 떨어질 수 있다. 다양한 입사파랑 조건을 대상으로 수리실험을 수행하여 호안블록의 소요 중량을 산정할 수 있는 산정식의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 소요중량 산정식의 개발과 더불어 수리특성의 검토하고, 특히 반사계수는 블록의 성능을 검증할 수 있는 주요 설계인자로서 반사계수를 검토하여 수리특성을 제공 하고자 한다. 그러므로 이 분야의 연구에 유용한 정보를 제공할 것으로 판단되며, 앞으로 더욱더 기술적으로 진보된 연구의 활성화에도 기여할 수 있을 것이다.

2. 친수호안 블록의 활용과 성능

2.1 친수호안 블록의 활용

제2차 연안정비 사업에서는 해역별로 다양한 공법을 적용하여 연안보호를 위한 사업을 진행중이다[7]. 해역별 공법현황을 <Table 1>과 같이 정리할 수 있다. 아래 표에서 볼 수 있듯이 호안시설 및 호안보수에 많은 예산 및 공법이 적용되는 것을 알 수 있다.

<Table 1> Comparison of Coastal Improvement Methods Per Each Sea Area

(unit : m, m²)

Method \ Area	East Coast	South Coast	West Coast	Total
Submerged Breakwater	9,340	1,360	290	10,990
Groin	2,360	80	1,900	4,340
Offshore Breakwater	400	300	0	700
Revetment Installation	1,650	16,236	19,281	67,167
Revetment Repair	2,980	20,148	16,524	39,652
Beach Nourishment	1,707,000	1,121,785	485,000	3,313,785
Etc.	headland, training dike, groyne			

2.2 성능검증 및 개선

국내 활용중인 호안블록은 국외 특히, 일본에서 개발된 블록과 국내에서 자체 개발된 블록으로 구분할 수 있다. 일본에서 개발된 호안블록의 경우 설계파고에 대한 안정중량을 산정할 수 있는 기준 중의 한가지인 K_d 을 제시하고 있다[10]. 그렇지만 국내에서 개발된 블록의 경우 특별한 설계기준이 제시되어 있지 않다. Table 2은 국

내 및 국외에서 개발된 블록의 비교이다.

일반적으로 항만구조물을 설계함에 있어 방파제 및 호안에 설치되는 피복제의 소요 중량을 계산하기 위한 안정중량 산정식인 Hudson식이 있다[11]. Hudson식의 적용을 위해 안정계수인 K_d 값이 제시되어야 한다[12]. 앞서 언급하였듯이 일본에서 개발된 블록은 안정계수를 제시하고 있으나, 국내에서 개발된 블록은 설계안정 한계과고 및 경사에 대한 중량을 제시하고 있을 뿐 안정계수를 제시하지 않고 있다. 소파블록의 설계적용을 위해서는 안정계수가 필요하며, 수리특성에 대한 검토가 필요하다. 일반적으로 항만구조물을 설계함에 있어 방파제 및 호안에 설치되는 피복제의 소요 중량을 계산하기 위한 안정중량 산정식인 Hudson식이 있다. Hudson식의 적용을 위해 안정계수인 K_d 값이 제시되어야 한다. 앞서 언급하였듯이 일본에서 개발된 블록은 안정계수를 제시하고 있으나, 국내에서 개발된 블록은 설계안정 한계과고 및 경사에 대한 중량을 제시하고 있을 뿐 안정계수를 제시하지 않고 있다. 소파블록의 설계적용을 위해서는 안정계수가 필요하며, 수리특성에 대한 검토가 필요하다.

3. 현장조사와 설계조사

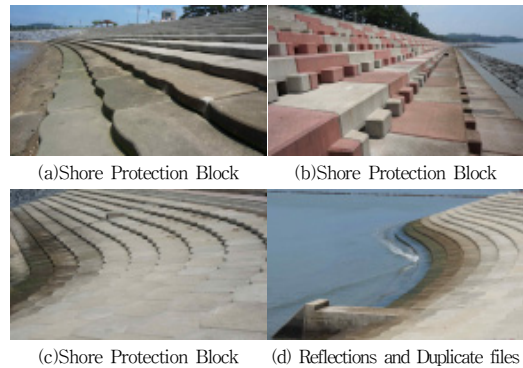
국내에 시공된 친수호안블록 적용사례에 대한 현장 조사와 설계 및 시공 자료에 대한 문헌 조사를 통하여 개발 블록의 중복성, 문제점 및 개선 사항에 대하여 확인과 수리실험을 통한 모형블록 제작, 안정성 및 수리특성의 개선 등에 대하여 실시하였다.

3.1 현장조사

충청남도 서천군 선도리 해역을 방문하여 국내 설치된 친수호안 블록의 현장거치 사례를 조사하였다.

일반적으로 거푸집 소요비용 등 공사비 절감 측면에서 하나의 현장에서는 가능한 한가지 종류의 소파블록을 시공하려고 한다.

그렇지만 선도리 해안에는 국내에서는 매우 드물게 한 현장에 여러 종류의 친수호안 블록이 설치되어 있다. [Fig. 1]는 기존 직립식 호안과 친수 소파블록의 시점 및 연결부이다. [Fig. 1(a)]~[Fig. 1(c)]3종류의 호안블록이 설치되어 있으며, 다양한 중량의 블록이 설치되어 있는 것으로 조사되었다. [Fig. 1(d)]의 경사임사파 내습시 블록 전면에서의 파랑전파 장면을 보면 블록에 공극이 없는 경우 소파(wave dissipation) 되지 않고 전면을 따라 증폭되는 현상을 볼 수 있다. 블록 개발에 있어 공극의 중요성을 확인할 수 있는 장면이다.



[Fig. 1] Hydrophilic Coastal Protection Block in Seondo-ri Seocheon-gun

<Table 2> Case-shaped Sofa Hydrophilic Block

Block	Theras C form Block (Japan)	Theras CS Form Block (Japan)	Theras T Form Block (Japan)	TH Block (Korea)	ES Block (Korea)
Design Standard and Character	$N_s^3=1.2,$ $K_d=1.2$ (slope 1:3) - 2.0ton block, $H_s < 2.0m$ - 4.0ton , $H_s < 2.3m$	$N_s^3 =2.9,$ $K_d =1.0$ (slope 1:3) - 2.5ton block, $H_s < 1.8m$	$N_s^3 =15.6,$ $K_d =5.2$ (slope 1:3) - 3.2ton block	Stable design limits proposed $H_{max}=4.2$ (slope 1:3)	design standard no - 6.89ton block (slope 1:1.5) - 8.73ton block (slope 1:2) - 10.33ton block (slope 1:2.6)
Form					

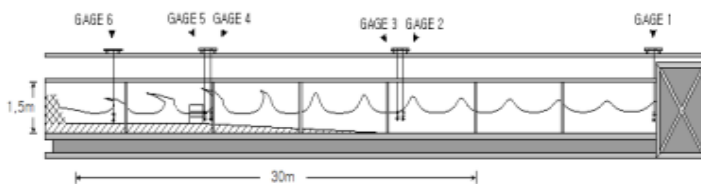
3.2 설계조사

국내 호안블록의 시공사례를 조사한 결과, 하천에 적용되는 다양한 블록에 비하여 해안에 적용하는 블록은 다양성이 매우 낮은 것으로 조사되었다. 해안에 적용되고 있는 호안블록들은 해양 여가활동의 확대 및 해안 접근성 개선을 위한 계단식 블록들이 대부분이며, 호안의 사면경사는 1:1.5~1:3.0 범위 내로 조사되었다. 조사된 블록들을 수리적 특성으로 분류해 보면, 단순한 계단형 식블록인 TH블록, SMB블록, 계단블록과 소파효과 및 해안침식 저감 기능을 높이기 위해 블록 내 공극을 준 EB블록, ES블록, 테라스형-CS블록, 다목적 BT소파계단블록, 이공식 호안블록 등이 있다. 국외의 경우, 일본이 다양한 호안블록을 개발하여 적용하고 있으며, 호안블록들은 대부분 계단식이면서 블록 내 공극을 갖는 친수형 소파블록이 가장 많이 적용되고 있다. 그러나 소파효과 및 양압력 감소를 높이기 위한 블록 내 공극이 너무 크고 사람의 접근성을 떨어뜨리는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 공극 내에 사석을 채우고 있으나, 고파랑 내습시 채움 사석이 이탈하는 등의 문제점이 보고되고 있다. 국내에서 적용되고 있는 EB블록에서도 이러한 유사한 문제점이 나타나 블록 설치 사례를 보면 블록 내 공극에 사석을 채우고 상부는 다시 콘크리트로 되메우고 있어 개발 당시 블록의 소파효과 특성이 왜곡되는 사례가 있다. 이러한 국내·외 호안블록 적용 사례로부터 호안블록의 개발 동향을 살펴보면, 최근의 호안블록들은 친수성을 기본으로 소파기능을 향상하고자 하는 다기능성 블록 개발에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 일부 블록들은 과도한 유공구조로 되어 있어 친수 및 이용성이 떨어지는 문제점이 나타나고 있어 주의가 필요한 것으로 판단된다.

4. 수리모형실험

4.1 실험시설 및 장비

단면수리실험 시설 및 계측 장비를 활용한 기술지원을 실시하였다. [Fig. 2]와 같이 단면 수리실험은 폭1.2m, 높이 1.5m, 길이 50m의 수로에서 수행되었으며, 단면수로에는 전기 서보피스톤식 조파기가 설치되어 있고, 규칙파 및 불규칙파를 조파할 수 있다. 수로내에서 구조물 설치로 인한 반사와 조파판에서 발생하는 제반사를 효과적으로 제어하기 위해 수로 폭 1.2m를 폭 0.8m와 폭 0.4m로 분할하였다. 분할된 수로에서 실험모형은 폭 0.8m의 수로에 설치하여 제반 자료의 취득 및 안정성 등을 검토하고, 폭 0.4m의 수로에서는 입사파의 설정 및 보정을 수행하였다. 단면수로는 주기와 파고를 연속적으로 변화시킬 수 있게 설치되어 있으며, 전면 30m 구간을 강화유리로 처리하여 실험장면 관찰이용이하도록 되어있다. 조파판 전면에 용량식 파고계가 부착되어 있어 파고계에서 취득된 자료를 바탕으로 반사파 흡수식 제어가 가능하고, 수로 양쪽 끝 부분에는 여러 겹의 다공성 구조로 형성된 소파 장치가 설치되어 있다. 단면 수리실험에 사용된 조파기는 스펙트럼 함수에 의한 불규칙파와 각각의 성분파에 대해 임의의 스펙트럼 값을 입력하여 조파할 수 있으며, 파고계, 파압계 및 유속계 등을 연결하여 동시에 32채널의 데이터를 얻을 수 있다. 수로내에 체체를 설치할 경우, 월파 및 투과파 등에 의해 체체 전·후 수면의 차이가 순간적으로 발생할 수 있으며, 이러한 수위차이는 수로 양 끝단으로 연결된 파이프와 폭 0.4m의 측면 수로를 통하여 체체 전·후면의 수위가 동일하게 유지된다. 본 단면 수리실험에 사용된 단면수로의 제원 및 기능을 요약하면 <Table 3>과 같다. 계측 및 분석시스템은 파고계로부터 습득된 자료를 스펙트럼 및 파고 등으로 분석하는 장치로서 실험과 제원에 따른 조파신호를 생성하고, 생성된 신호를 조파기로 송신하는 기능을 가지고 있으며, 컴퓨터, 증폭기, 제어장비 등으로 구성되



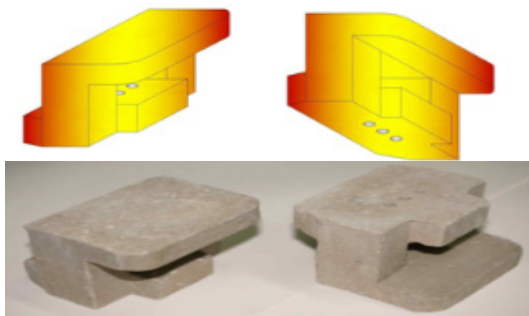
[Fig. 2] Concepts to Section Waterway

어 있다. 반사계수 측정 장치는 용량식 파고계 2대로 구성되어 있으며, 반사계수 분석시 파고계 간격을 쉽게 조절할 수 있도록 제작되어 있다. 반사계수 측정을 위한 파고계의 최대 이격간격은 1.2m이다.

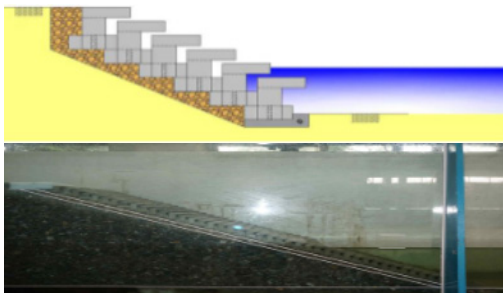
<Table 3> Section Waterway and Sowing Specificity

Division		Experimental Facilities and Equipment
Waterway Specifications		50m(L) × 1.2m(W) × 1.5m(H)
Wave Maker Performance	Wave Paddle sSize	1.195m(W) × 1.5m(H)
	Maximum Wave Neight	0.5m
	Return Period	0.5sec ~ 5.0sec
	Maximum Depth	1.2m
	How to Drive	Electric Servo Piston

4.2 실험 모형제작 및 설치



[Fig. 3] Coastal Protection Bblock Mimetic Diagram and Test Product M



[Fig. 4] Model Installation Mimetic Diagram and Installation Scene

호안블록 형상은 [Fig. 3]과 같이 제작하고 수리모형 실험에 사용된 블록은 파고에 유실되지 않는 직경 및 중량을 계산하여 결정하였다. 축척은 1/25를 적용할 경우 블록의 중량은 모형상 평균 175g이 예측되었으며, 이를 원형으로 환산시 2.74ton에 해당한다. 실험모형은 호안블록의 기본경사인 1:2를 대상으로 [Fig. 4]와 같이 피복석 위에 설치하였다. 실험모형의 설치에 있어 월파로 인한 파랑에너지 저감이 발생하지 않도록 구조물의 마루높이는 0.7 m로 설정하였다. 모형설치 수심은 0.3 m이다.

4.3 실험 조건 및 방법

단면수리실험에서는 실험축척 1/25를 가정하여 실제 해역에서 유의주기(T_s) $T_s=8\sim 15s$ 범위, 유의파고(H_s) $H_s=1.25\sim 5.00m$ 범위 조건을 가정하여 실험을 실시하였다. <Table 4>와 같이 실험에 적용된 수심은 구조물 설치위치에서 0.3m (원형상 수심 7.5 m)와 0.4m (원형상 수심 10.0m)이다. 실험파는 Bretschneider Mit -suyasu 스펙트럼을 적용한 불규칙파로 설정하였다[13,14]. 수리특성 분석 주요인자인 반사계수는 Goda와 Suzuki(1976)가 제시한 2점법을 적용하였다[15]. Goda와 Suzuki(1976)의 입·반사 분리기법은 주어진 거리 내에서 중복파의 각 성분파 위상차가 일정하다는 점에서 동시파형을 이용하여 성분파 에너지 사이의 비를 산출하는 방법이다. 이 방법은 수심과 주기에 따라 2개의 파고계([Fig. 2]의 2번과 3번 및 4번과 5번 파고계) 간격을 조정하여 각각의 위치에서 파형을 취득한 후 파형자료로부터 반사계수를 산정하는 것이다. 단, 이 기법을 적용할 경우에 주의해야할 점으로서 분리할 주파수대는 침두주파수 f_p 의 $0.6f_p \sim 3.0f_p$ 로 해야 한다는 것이며, 유효주파수 범위 내에서 반사계수 산정을 위한 자료계측에 필요한 파고계 간격(ΔL)은 다음 식을 이용하였다.

<Table 4> Condition of Experimental Waves

Depth of Water 0.3m				Depth of Water 0.4m			
Inifitive		Model		Inifitive		Model	
T_s (s)	H_s (m)	T_s (s)	H_s (cm)	T_s (s)	H_s (m)	T_s (s)	H_s (cm)
8	1.25	1.6	5.0	9.2	2.50	1.84	10.0
	1.50		6.0		2.75		11.0
	1.75		7.0		3.00		12.0

	2.00		8.0		3.25		13.0
	2.25		9.0		3.50		14.0
	2.50		10.0		3.75		15.0
	2.75		11.0		4.00		16.0
	3.00		12.0		4.25		17.0
11	1.25	2.2	5.0	11.3	2.50	2.26	10.0
	1.50		6.0		2.75		11.0
	1.75		7.0		3.00		12.0
	2.00		8.0		3.25		13.0
	2.25		9.0		3.50		14.0
	2.50		10.0		3.75		15.0
	2.75		11.0		4.00		16.0
15	1.25	3	5.0		4.50		18.0
	1.50		6.0		4.75		19.0
	1.75		7.0		5.00		20.0
	2.00		8.0				
	2.25		9.0				
	2.50		10.0				
	2.75		11.0				
	3.00		12.0				

Upper limit (f_{max}) : $\Delta l/\lambda_{min} \cong 0.45$

Lower limit (f_{min}) : $\Delta l/\lambda_{max} \cong 0.05$

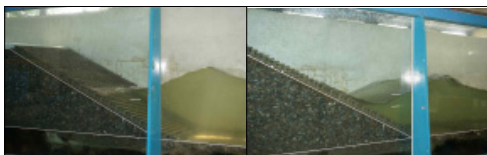
여기서, λ_{min} 과 λ_{max} 는 각각 유효주파수 범위내의 상한 값 f_{max} 와 하한 값 f_{min} 에 대응하는 파장이다.

4.4 실험장면

안정성 검토를 위하여 실험모형은 피복석 위에 설치한 조건, tripod위에 설치한 조건으로 적용하였다. 이는 블록하단의 피복재(under layer)를 달리함으로써 공극에 따른 영향을 검토하기 위함이다. [Fig. 5]과 [Fig. 6]는 수심에 따른 호안블록의 실험장면이다.



[Fig. 5] Depth of Water 0.3m Experimental



[Fig. 6] Depth of Water 0.4m Experimental

5. 실험결과 및 분석

5.1 수리특성 반사계수 결과

항만 구조물의 수리특성 검토 시 가장 많이 검토하는 항목이 반사계수이다. 반사계수는 구조물의 소파기능 즉, 입사파와 내습시 구조물에서 파랑 에너지를 감소시키는 기능으로서 반사계수가 클수록 입사파의 에너지를 저감시키는 기능이 낮음을 의미한다. 국내 항만구조물 설계시 가장 많이 적용되는 테트라포드(TTP)는 2층적 블록으로서 입사파에 따라 반사계수 값은 달라질 수 있으나 보통 반사계수(K_R)는 $K_R=0.3 \sim 0.5$ 범위에 해당한다. 일반적으로 입사파의 주기 및 파고가 증가할수록 반사계수는 증가하는 경향이 있다. [Fig. 7] 사석과 tripod 위에 호안블록 거치시 반사계수를 파형경사에 따라 도시한 것이다. 파형경사는 입사파 파장(λ)에 대한 파고(H_s)의 비 ($S=H_s/\lambda$)로서 주기와 파고에 대한 무차원수이다. 원형상 입사파고 $H_s=1.25 \sim 5.00$ m 범위, 입사파 주기 $T_s=8, 9, 11, 15$ s조건인 파랑 내습시 반사계수를 측정하였다. 실험결과에 의하면 피복석 위에 거치된 조건의 반사계수가 tripod 위에 거치된 경우에 비하여 반사계수가 작게 측정되었다. 이는 호안블록 하부 중간피복재로서 tripod를 설치할 경우 공극이 작기 때문에 반사계수가 큰 것으로 볼 수 있다. <Table 5>에서 입사파 조건에 대한 반사계수를 살펴보면, 위에서 언급하였듯이 입사파의 주기가 클수록 반사계수는 큰 것을 알 수 있으며, 파형경사가 증가할수록 반사계수는 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 중간피복재로 피복석을 적용하여 호안블록을 거칠 경우 이에 대한 반사계수는 주기15초 조건을 제외하면 약 $K_R=0.38 \sim 0.53$ 범위로 측정되었다. ES블록의 경우 $T_s=0.9 \sim 1.8$ s 범위에서 $H_s=5$ cm 및 10cm 조건에서 반사계수는 사면경사가 1:1.5인 경우 $K_R=0.34 \sim 0.51$ 범위, 사면경사가 1:2.6으로 완만한 경우 $K_R=0.23 \sim 0.47$ 범위로 제시하고 있다.

<Table 5> ES Block Reflection Coefficient

TS (sec)	Steep(1:1.5)		Mild(1:1.5)	
	HS=5.0cm	HS=10.0cm	HS=5.0cm	HS=10.0cm
0.9	0.46	-	0.47	-
1.0	0.44	-	0.43	-
1.1	0.44	0.34	0.41	0.28
1.2	0.44	0.34	0.39	0.27
1.4	0.44	0.36	0.36	0.23
1.6	0.47	0.43	0.35	0.24
1.8	0.51	0.48	0.34	0.27

<Table 6> Reflection Coefficient Measurement Results

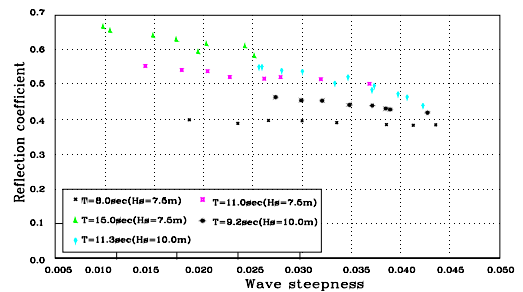
Infinitive		Model		Wave Steepness	Reflection Coefficient
Cycle (sec)	Wave Height (m)	Cycle (sec)	Wave Height (cm)		
8	1.25	1.6	5.0	0.0197	0.378
	1.50		6.0	0.0234	0.373
	1.75		7.0	0.0265	0.377
	2.00		8.0	0.0301	0.370
	2.25		9.0	0.0348	0.364
	2.50		10.0	0.0389	0.368
	2.75		11.0	0.0416	0.357
	3.00		12.0	0.0438	0.358
11	1.25	2.2	5.0	0.0141	0.531
	1.50		6.0	0.0179	0.524
	1.75		7.0	0.0208	0.512
	2.00		8.0	0.0223	0.513
	2.25		9.0	0.0263	0.495
	2.50		10.0	0.0281	0.496
	2.75		11.0	0.0319	0.489
	3.00		12.0	0.0336	0.489
15	1.25	3	5.0	0.0099	0.649
	1.50		6.0	0.0133	0.636
	1.75		7.0	0.0166	0.623
	2.00		8.0	0.0171	0.613
	2.25		9.0	0.0208	0.604
	2.50		10.0	0.0242	0.588
	2.75		11.0	0.0239	0.579
	3.00		12.0	0.0272	0.562
9.2	2.50	1.84	10.0	0.0271	0.439
	2.75		11.0	0.0298	0.435
	3.00		12.0	0.0317	0.434
	3.25		13.0	0.0346	0.426
	3.50		14.0	0.0369	0.425
	3.75		15.0	0.0377	0.417
	4.00		16.0	0.0385	0.421
	4.25		17.0	0.0417	0.419
11.3	2.50	2.26	10.0	0.0235	0.525
	2.75		11.0	0.0254	0.519
	3.00		12.0	0.0276	0.510
	3.25		13.0	0.0299	0.502
	3.50		14.0	0.0322	0.497
	3.75		15.0	0.0353	0.481
	4.00		16.0	0.0359	0.479
	4.25		17.0	0.0368	0.467
	4.50		18.0	0.0389	0.457
	4.75		19.0	0.0397	0.447
5.00	20.0	0.0437	0.438		

* caution) oastal protection block installation condition on the armor stone

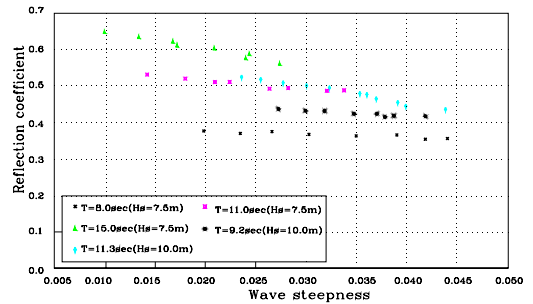
5.2 안정계수 산정 결과

안정성 실험은 총 6회에 걸쳐 반복실험이 진행되었다. 반복실험을 통하여 평균적인 피해발생 안정과고를 산출

하였다. 피복재의 안정중량 산정을 위하여 우리나라의 항만 및 어항 설계기준에서는 Hudson식을 사용하고 있다. Hudson식은 입사과고, 사면경사, 물의 특성값, 피복재 중량, 안정계수(K_d)로 구성된 식으로서 아래와 같이 정의 된다.



(a) Coastal Protection Block Installation Condition on the Armor Stone



(b) Coastal Protection Block Installation Condition on the Tripod

[Fig. 7] Reflection Coefficient Measurement Results

$$W = \frac{\gamma H_S^3}{K_d (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (1)$$

위 식에서, W:중량(ton), γ :블록단위중량(ton/m^3), K_d :안정계수, S_r :해수에 대한 콘크리트의 비중, α :사면경사(radian)이다. [Fig. 7]은 안정성 실험결과의 전형적인 결과 사진이다. 사진에서 볼 수 있듯이 수로 양측면에 거치된 블록들이 일부 이동하였으나 이는 결과에 반영하지 않았다. 수로 중앙부의 블록에 대하여 안정성을 검토하였으며, 블록의 이탈은 관찰되지 않았으나 고파랑시 일부 흔들리는 블록들이 관찰되었다. 본 호안블록의 모형상 중량은 175g에 해당하며, 블록의 안정중량 확보과고는 $H_S=3.1$ m로 관찰되었다. 이에 대한 안정계수는

$K_d=6.7$ 에 해당한다. 참고로 일본에서 개발된 테라스T형 블록의 안정계수는 $K_d=5.2$ 에 해당한다.

6. 결론

본 연구는 일반적으로 국내에 적용되고 있는 친수호안 블록들은 접근성은 우수하나 상대적으로 파랑에 대한 소파기능이 미흡한 특징을 보이고 있으며, 상대적으로 파랑이 우세한 해역에서는 소파효과가 미흡하여 안정성이 떨어질 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 구조물에 필요한 소요중량을 초과하는 대형블록이 현장에 설치되고 있으며 그로 인하여 경제성이 떨어질 수 있다. 그러므로 연안재해 저감을 위한 친수호안 블록을 개발하고 다양한 입사파랑 조건으로 수리특성 분석 및 안전성을 검증 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 실험결과에 의하면 피복석 위에 거치된 조건의 반사계수가 tripod 위에 거치된 경우에 비하여 반사계수가 작게 측정되었고 이는 호안블록 하부 중간 피복재로서 tripod를 설치할 경우 공극이 작기 때문에 반사계수가 큰 것으로 볼 수 있다.
- (2) 입사파 조건에 대한 반사계수를 살펴보면, 위에서 언급하였듯이 입사파의 주기가 클수록 반사계수는 큰 것을 알 수 있으며, 파형경사가 증가할수록 반사계수는 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다.
- (3) 중간피복재로 피복석을 적용하여 호안블록을 거칠 경우 이에 대한 반사계수는 주기15초 조건을 제외하면 약 $K_R=0.38 \sim 0.53$ 범위로 측정되었다
- (4) 호안블록의 모형상 중량은 175g에 해당하며, 블록의 안정중량 확보과고는 $H_S=3.1$ m로 관찰되었고 이에 대한 안정계수는 $K_d=6.7$ 에 해당한다.
- (5) 율파에 대한 저감 및 부재안정성 향상을 위하여 각각의 형상을 원형, 반과공 형상으로 변경할 것을 제안하였다. 또한 블록 거치시 안정중량 확보 강화를 위하여 하단부 폭을 넓혀 지지력을 향상시키고, 바닥과의 마찰을 증대시켜 안정성을 확보할 수 있도록 제안 하였다.

- (6) 항만구조물 설계 시 피복재의 규모를 산정하기 위해서는 안정계수의 제시가 필수적이다. 국내 항만 및 어항 설계기준에서도 적용하고 있는 Hudson식을 적용하기 위해서는 K_d 값을 제시해야 한다. 본 연구를 통하여 해당블록의 K_d 값을 제시할 수 있었으며, 수리특성 계수(반사계수)를 산정하여 구조물 설계시 적용할 수 있도록 하였다.
- (7) 향후 현장 시공단계부터 준공 및 이후 현장 모니터링을 실시하여 구조물의 안정성 및 연안 환경변화 등의 영향을 체계적으로 관리하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENTS

Funding information : This study was supported by Academic Research Supporting Program of Chungwoon University in 2016.

REFERENCES

- [1] Han, J.M, "Development of Wave Dissipation Block for Nature Friendly Structures." Korean Society of Civil Engineers Conference Proceedings, pp. 610-613, 2006.
- [2] Kim, N.H., Mun, J.W, "The Erosion Analysis of the Coastal Beach by the Artificial Reef" Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Korea Society of Civil Engineers, Vol. 27, No. 4B, pp. 455-460, 2007.
- [3] Hur, D.S., Lee, W.D, "On the Effects of Oblique Incident Wave on 3-D Flow around the Permeable Submerged Breakwaters." Vol. 17, pp.128-131, 2007.
- [4] Kim, K.H., Yoo, H.S, "Analysis of Sediment Transports on Eroding Beach by Field Investigation" Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Korea Society of Civil Engineers, Vol. 23, No. 2B, pp. 115-121, 2003.
- [5] Han, J.M, "Development of Water Affinity Shore Protection Block for Coastline Erosion Prevention" master's thesis , Hanbat National University, 2009.

- [6] Hur, D.S., Oh, Y.M, “Hydraulic Characteristics of water affinity sea-wall block” Korean Society of Coastal and Ocean Engineers Vol.19 No. 2, pp. 179-182, 2007.
- [7] Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (2012) East Coast coastal erosion mitigation technology development planning research
- [8] Ministry of Oceans and Fisheries (2005a). Coastal erosion protection technology Research Service Report.
- [9] Transport and Maritime Affairs (2009) Second coast 10 years maintenance planning research report
- [10] Ministry of Oceans and Fisheries (2013) 2013 Coastal maintenance business practices handbook
- [11] Mitsuyasu, H. et al, “Observation of the directional spectrum of ocean waves using a cloverleaf buoy.” J. Physical Oceanogr 5(4), pp. 750-760, 1975.
- [12] Naafs B.D.A, Hefter J, Stein R, “Millennial -scale ice rafting events and Hudson Strait Heinrich(-like) Events during the late Pliocene and Pleistocene: a review.” Quaternary Science Reviews Vol. 80 pp. 1-28, 2013.
- [13] Balas, C.E., and Ergin, A. “Reliability-Based Risk Assessment in Coastal Projets: Case Study in Turkey.” J. Wtrwy. Port Coast. and Ocn. Engrg., ASCE, Vol. 128, No. 2, pp. 52-61, 2002.
- [14] Ding, Y., Wang, S.S.Y., and Jia, Y. “Development and Validation of a Quasi-Three- Dimensional Coastal Area Morphological Model.” J. Wtrwy. Port Coast. and Ocn. Engrg., ASCE , Vol. 132, No. 6, pp. 462-476, 2006.
- [15] Goda, Y. and Suzuki, Y. “Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Wave Experiments” Proc. of 15th Coastal Eng. Conf., Chapter 48, pp.828-845, 1976.

김 종 길(Kim, Jong Gil)



- 2001년 2월 : 군산대학교 (공학석사)
- 2005년 2월 : 군산대학교 (공학박사)
- 2005년 2월 ~ 2015년 12월 : ㈜ 준 코퍼레이션 대표이사
- 2016년 1월 ~ 현재 : 청운대학교 공과대학 토목환경공학과 교수
- 관심분야 : 토목공학, 구조
- E-Mail : kman1@chungwoon.ac.kr