

고파랑 대응 신형 소파블록 개발

박영현¹, 윤대옥^{2*}

¹한국해양과학기술원 연안공학연구본부, ²충북대학교 지구과학교육과

Development of a new armor unit against high waves

Young Hyun Park¹, Daeok Youn^{2*}

¹Coastal Development Research Dept., Korea Institute of Ocean Science and Technology

²Department of Earth Science Education, Chungbuk National University

요약 기후변화로 인해 파랑에 의한 해안의 피해는 전세계적으로 점차 증가하고 있으며, 이에 대응하기 위한 새로운 방재구조물의 연구도 활발히 진행되고 있다. 최근에는 고파랑에 대응하기 위해 한국에서는 방파제에 콘크리트 케이슨을 사용하는 경우가 많아지고 있으나, 고비용과 많은 요구조건으로 인해 소파블록의 필요성도 증가하고 있다. 1950년 Tetrapod 개발 이후 해외뿐만 아니라 국내에서도 많은 형태의 소파블록들이 개발되었으나, 체계적으로 개발되지 못해 소수의 소파블록만이 사용되고 있다. 그러나 기존의 소파블록은 많은 장점에도 불구하고, 8 m 이상의 고파랑에 적용하기 어려운 문제점을 가지고 있다. 새로운 소파블록은 최근의 개발방향에 맞추어진 설계지침에 따라 개발되었으며, 많은 형상의 후보들이 만들어졌다. 본 논문에서는 이중 한 개 형상을 선택하여 수리모형실험을 실시하였다. 신형 소파블록은 경제성을 고려하여 1층적으로 개발되었으나, 영문자 A와 V가 겹쳐진 구조로 적층 두께는 1.5층적에 가깝다. 신형소파블록은 이런 적층 두께와 높은 설치 밀도로 인해 2층적 소파블록에 비해 조금 높은 월파량을 보여주었다. 신형소파블록은 위아래는 높은 인타킹을 가지고 있으나, 좌우로는 약한 지지력을 가지고 있다. 수리모형실험 결과 파고 9 m에서도 안정성이 검증되었다.

Abstract Coastal hazards such as high waves are expected to increase due to global climate change. Therefore, we investigated new armor unit structures for disaster prevention. Recently, a concrete caisson has been used in many breakwaters against high waves in South Korea, but the demand for concrete armor unit has increased due to the high cost and many installation requirements. Though many new armor units have been developed over the world since Tetrapod in 1950, few have been used due to lack of systematical development. The representative armor units in current use have many advantages, but they cannot be applied to waves higher than 8 m. One of the new armor units developed by the design guide based on recent trend and hydraulic model experiments were conducted. The new armor unit was developed as a single layer due to cost effectiveness. However, the thickness is close to 1.5 times by overlapping the alphabet A and V. It showed higher overtopping compared to a double layer because of the thickness and the high packing density. It has a high interlocking vertically but low horizontally. It shows good stability at 9 m in model testing.

Keywords : Armor unit, Climate change, High waves, Hydraulic model experiment, Single layer

1. 서론

선진국의 사례와 같이 경제가 발전하고 생활이 풍요

로워지면 해양레저 활동을 비롯한 연안활동은 점차 증가하게 되고, 이에 따른 연안공간도 점차 바다로 확대된다. 하지만 최근 들어 큰 이슈가 되고 있는 기후변화는 태풍

본 논문은 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(고파랑 대응 소파블록 및 상치구조물 기술 개발). 윤대옥 교수는 2013학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원으로 연구를 수행함.

*Corresponding Author : Daeok Youn(Chungbuk National Univ.)

Tel: +82-43-261-2738 email: dyoun@chungbuk.ac.kr

Received May 17, 2016

Revised June 1, 2016

Accepted June 2, 2016

Published June 30, 2016

및 고파랑의 발생 빈도를 증가시킬 것으로 예상되며, 실제 전지구 기후모델을 사용한 미래 파랑 기후 전망에서도 북서태평양 지역에서 여름철 극한 파랑의 발생빈도가 증가하는 것으로 전망하고 있다[1]. 이러한 태풍 및 고파랑의 증가 전망에 따라 새로운 연안 방재 구조물의 개발이 시급한 실정이다.

연안공간의 개발과 활용을 위한 연안 방재 구조물 중 방파제는 해양공간의 가장 전면에서 침병과 같은 역할을 하고 있다. 방파제의 외해 측 표면에 설치된 소파블록은 외해에서 입사하는 파랑 에너지를 효과적으로 감쇄시켜 방파제 내부의 시설을 입사파로부터 보호하기 위해 사용된다(Fig. 1). 초기에는 자연에서 쉽게 구할 수 있는 크고 무게가 무거운 바위를 사용하였으나, 이후 공급 부족으로 콘크리트 사용하여 인공적인 소파블록을 개발하기 시작하였다. 소파블록의 공식 영어명칭은 Armor unit 또는 콘크리트로 제작하는 이유로 Concrete Armor Unit (CAU)이라고 한다.

최근 한국과 일본에서는 기존 소파블록의 성능한계를 넘어서 고파랑에 대응하기 위해 고비용과 높은 기술 수준을 요구하는 콘크리트 케이슨을 사용한 방파제 건설이 증가하고 있다. 콘크리트 케이슨이 가진 많은 장점에도 불구하고, 넓은 면적을 차지하는 제작장의 설치가 어려운 도서지역이나 연약지반 처리에 어려움이 있는 지역에서는 여전히 소파블록의 장점을 고려하여 활용도가 높은 편이다. 하지만 2012년 8월 태풍 볼라벤(Bolaven)에 의해 제주도 서귀포항에서 2000개가 넘는 Tetrapod 소파블록이 파손 또는 유실되는 대규모 피해가 발생하였다. 당시의 방파제 상단의 피해 상황은 Fig. 2에서 확인할 수 있다.

Tetrapod 소파블록은 그동안 국내에서 가장 많이 사용되어왔지만 고파랑에 대한 한계를 가지고 있음을 여실히 보여주고 있다. 이후 복구공사는 Fig. 3와 같이 해외에서 개발된 100톤 규모의 Dolos가 기존의 Tetrapod를 대체하여 최근에 완공되었다.

1980년대 이후 시작된 1층적(single layer) 소파블록은 수리 역학적 안정도, 강도, 안정성 등의 특성을 분석하는 Core-Loc 개발과정을 통해 1층적 소파블록을 대표하는 소파블록이 되었다[2]. Cubipod는 가장 최근에 개발된 소파블록의 한 종류로 신형 소파블록 개발과정에 대한 많은 부분들을 참고할 수 있었다[3]. Core-Loc과 같은 1층적의 소파블록은 체제 진부가 슬라이딩 위험성

을 가지고 있어 toe 부분에 대한 특별한 보강이 필요하다[4]. Medina 등[5]은 다양한 소파블록의 많은 실험 결과를 통해 소파블록의 수리적 안정성을 보여주는 stability number (N_s)가 방파제 소파블록의 촘촘히 설치된 정도를 나타내는 packing density의 1.2승에 비례하는 것을 발견하였다.



Fig. 1. Armor unit (Tetrapod) in a breakwater

국내에서는 그동안의 현장경험을 바탕으로 중소규모의 설계사와 시공사에서 신형 소파블록의 형상 개발을 시도하였다. 그러나 체계적인 개발과정의 부족으로 일부 방파제에서 시험적으로만 사용되었다. 본 연구에서는 새로운 소파블록을 제안하고, 수리모형 실험을 통하여 안정성을 입증하였다.



Fig. 2. Damage of breakwater in Seogwipo port, Jeju



Fig. 3. Dolos2 of 100 tons for repair in Seogwipo port

2. 연구방법

2.1 소파블록 형상개발

본격적인 소파블록의 개발의 역사는 1950년 Tetrapod의 개발로부터 시작하여 현재까지 수백여종의 소파블록이 개발되었다. Bakker et al. [6]은 개발된 각 소파블록의 특성을 분석하여 분류하였다. 소파블록은 적층방법에 따라 1층적 (single layer)와 2층적 (double layer)로 구분되며, 또한 정적 (uniform)과 난적 (random)으로도 구분된다. 안정성을 형성하는 방법에 따라 자중형, 마찰형, 결속형(interlocking)으로 나누어진다.

일반적인 1층적 소파블록의 특징은 2층적에 비해 적은 숫자의 블록들이 필요하고, 조금 높은 경사로 설치하는 이유로 경제성이 우수하나, 인터락킹으로 연결된 소수의 소파블록 이탈로도 전면 파괴가 발생할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 2층적 소파블록은 1층적에 비해 파랑에너지 소산 능력이 우수하여 반사파와 월파량이 작은 장점을 가지고 있으나, 소파블록의 가장 큰 고려 요소인 경제성이 부족하다. 최근에는 구조해석 프로그램의 발전과 현장 콘크리트 품질 관리기술의 향상으로 기존의 1층적이 가지고 있는 문제점을 해결하고 있다. 국내에서 가장 많이 사용되는 Tetrapod를 대체하기 위해선 경제성이 가장 중요한 요소임을 고려하여 1층적을 기반으로 개발을 시작하게 되었다.

Muttray et al. [7]은 1층적으로 개발된 기존의 소파블록과 Xbloc의 특성을 비교하여 보여줌으로써 신형 소파블록의 개발에 많은 기여를 하였다.

소파블록의 형상은 소파블록의 수리적인 특성을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 소파블록의 가장 중요한 기

능은 입사파의 에너지를 감쇠시키고, 반사파를 줄이는 것이다. 이를 위해 고려하여야 할 기본 형상 특성들은 다음과 같다.

- (1) 원형보다 각진 형태가 파력 감쇠에 효과적이다.
- (2) 표면 돌기 설치로 인한 결속력의 증가는 미비하나 거푸집과 소파블록 제작을 어렵게 한다.
- (3) 높은 공극률이 반드시 높은 소파효과를 보장하는 것은 아니다.
- (4) 공극률은 경제성을 판단하기 위한 지표이다.
- (5) 기존 상식과 달리 2층적이 1층적 보다 반드시 안정성이 높은 것은 아니다.
- (6) 소파블록의 결속력을 증가하기 위해서는 다리의 개수, 형상 등등을 활용하여야 한다.

일반적으로 소파블록은 철근 등의 보강재를 사용하지 않고 콘크리트 자체만으로 외력에 버티야 하는 이유로 인장응력에 취약점을 가지고 있다. 수리적 성능이 매우 우수한 Dolosse의 경우 몸체에 비해 가느다란 부재로 연결되어 있어 구조적으로 약한 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 Dolosse에 가해지는 정적 및 동적외력을 분석한 후 최대 인장응력을 추정할 수 있는 방법을 연구하였다[8].

신형 소파블록의 최종형상은 Fig. 4에 제시하였다. 오랜 기간의 제작 노하우를 가진 Tetrapod와 경쟁하기 위해서는 경제성이 가장 중요한 요소였으며, 이런 이유로 신형 소파블록은 1층적으로 개발되었다. 구조적으로 안정적인 8각 형태의 다리를 가지고 있으며, 인터락킹을 고려하여 4개 이상의 다리를 갖도록 하였다. 일반적으로 다리 길이가 길수록 모멘트에 의해 쉽게 부러지는 이유로, 각 다리의 중간부가 위아래로 접합이 되도록 하여 외력이 가해지는 다리 길이가 줄어들도록 하였다. 초기 형상은 영문자 A와 V가 겹쳐지고 중앙 부분은 구조적인 안정성을 고려하여 막혀진 형태였으나, 이후 파랑에너지 소산과 파에 의한 양력 (lift force) 감소를 목적으로 최종형상에는 Fig. 4와 같이 구멍이 있는 형태로 결정되었다.

새롭게 개발된 소파블록은 영문자 A와 V가 겹쳐진 형태로, AV 블록이라 명명하였다. 1층적 소파블록으로 개발되었으나, 두 개의 부재가 위아래로 겹쳐진 형태로 실제 방파제에 설치하였을 경우 1층적과 2층적의 중간 두께를 보여주는 이유로 공식적인 명칭은 아니지만 1.5층적이라 하여도 무방할 것이다. 방파제에서 소파블록

층의 두께는 packing density와 함께 소파블록의 수리적 안정성을 결정하는 중요 요소이다.

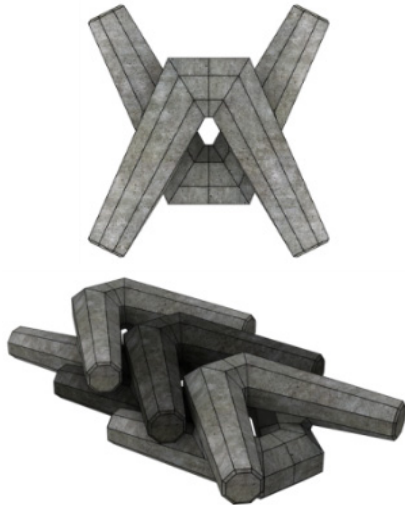


Fig. 4. The newly developed AV block

개발된 소파블록은 Fig. 6에서 보이는 것과 같이 정적으로 설치하기에는 매우 유리하나, 난적으로 설치하기는 매우 어려운 형상으로 판단된다. 방파제의 사석 코어 위에 편평하게 설치할 수 있어 중간 블록으로 사용될 수도 있다고 판단된다. AV 블록이 끼워지는 방향으로는 맞물림이 매우 높은 반면 횡방향으로는 주변 블록과 결합력이 없어 이에 대한 보완이 필요할 것으로 보인다. 이를 위해 Fig. 6(C)와 같이 AV 블록을 번갈아 설치하여 횡방향으로 결속력이 증가되는 적층방법을 시도하였다.

이후 Fig. 4의 형상을 가지고 3D 프린터를 사용하여 모형 제작한 후, 각 부분들의 최적 크기와 길이를 결정하였다. 제작된 모형들을 가지고 방파제에 설치된 후 안정성이 높도록 인터락킹 방법을 다양하게 시도한 후, Fig. 6과 같은 3가지 최적의 적층 방법을 사용하여 수리모형 실험을 실시하였다.

2.2 신형 소파블록 수리모형 실험

수리모형 실험은 길이 36 m, 폭 1 m의 2차원 수조에서 실시하였다(Fig. 5). 30톤 무게의 소파블록을 대상으로 실험 축척은 1:50이며, 실험에 사용된 모형 방파제의 체원은 높이 0.7 m, 전면 경사 1:1.5, 수심 0.4 m 이다. 실험에 사용된 모형 소파블록의 부피는 100 cm³이며 무게는 230 g 이다. 입사파랑은 Bretschneider-

Mitsuyasu spectrum의 불규칙파를 조파하였으며, 입사파 분리를 위해 3개의 파고계를 사용하였다. 소파블록의 최대 성능 평가를 위한 실험이어서 월파 발생으로 인한 파력 에너지가 손실되지 않도록, 월파 방지를 위한 높이로 방파제가 설치되었다.

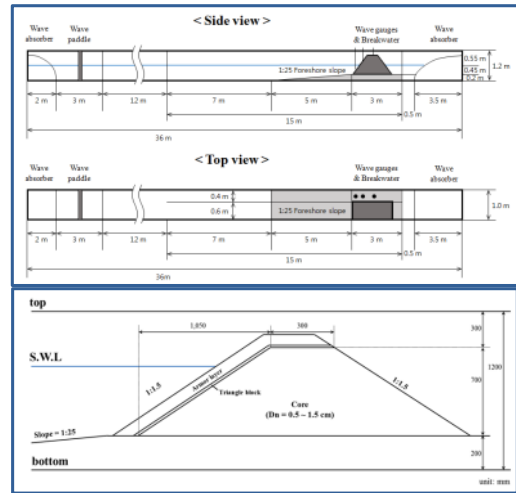


Fig. 5. 2D wave tank and shape of a breakwater for a laboratory experiment

수리모형 실험은 새롭게 개발된 AV 블록의 수리적 안정성을 확인하기 위한 것으로, 입사 파고를 점점 증가시켜 최대 파고를 확인하는 것이다. 소파블록에 대한 수리적 안정성은 일명 K_D 라고 불리는 Hudson stability coefficient를 사용하였다(식 1).

$$K_D = \frac{\gamma H_s^3}{W(S-1)^3 \cot \alpha} \quad (1)$$

Hudson 안정식 식 (1)에서 γ 는 사용 콘크리트의 단위중량, H_s 는 유의파고, W 는 소파블록의 무게, S 는 유체의 비중, α 는 방파제의 사면 기울기이다. 일반적으로 높은 파고에 저항할 수 있을수록 Hudson 안정값도 높아지며, 급한 경사에도 소파블록이 안정할 경우 높은 안정값을 가지게 된다. 동일한 입사 파고에 대해 사용된 소파블록의 무게가 가벼운 경우 높은 안정값인 K_D 를 갖게 된다.

실험에 사용된 입사 파고는 파고 6 m부터 시작하여 500개의 파를 발생한 후, 소파블록의 피해가 없을 경우 0.5 m씩 증가하여 다시 500개의 파를 방파제에 작용한

다. 입사파의 주기는 13초를 목표로 하였다. 이런 작업을 비쇄파 한계인 9 m까지 반복하여 실시하며, 중간에 소파블록의 피해가 발생한 경우 실험을 중단하고 사용된 최대파를 Hudson 공식에 적용하여 최종 K_D 값을 산출하게 된다.

Meer [8]는 적층 방법에 따른 구조적인 안정성의 변화를 연구하였다. 그는 1층적, 2층적에 따른 변화뿐만 아니라 packing density에 의한 변화에도 주목하였다. 앞선 연구결과에 따라, 새롭게 개발된 AV 블록도 다양한 적층 방법에 따른 수리 성능 및 구조 안정성 변화를 분석하게 되었다.

수많은 적층 방법 중 높은 인타락킹을 고려하여 Fig. 6과 같이 3가지 방식이 결정되었다. 동일한 소파블록을 가지고 배치를 달리하여, 전면에서 보았을 경우 A 방식은 영문자 A 형태가 되도록, B 방식은 영문자 V 형태로, C 방식은 영문자 A와 V를 번갈아 가며 배치하였다. 각각의 방식이 선택된 이유는, 입사 파랑의 run-up 현상을 고려하면 영문자 V 형상의 꺾기는 부분이 쇠기처럼 작용하여 소파능력이 증가될 것으로 예상하여 결정되었다.

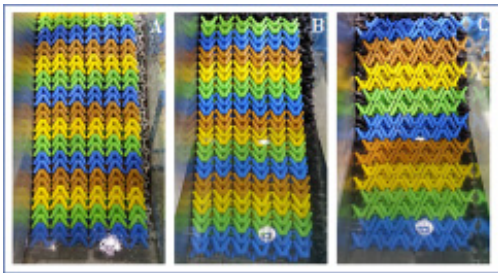


Fig. 6. Hydraulic model tests with three different placement for AV block

실험은 Table 1에서 보이는 것과 같이 조파기가 만들어 낼 수 있는 최대 비쇄파 한계인 약 9 m까지 반복되었다. 구조물을 포함한 불규칙파 실험인 경우 반사파를 포함한 다른 요인들이 포함되어, 실험자가 원하는 정확한 파고와 주기를 만들기는 매우 어렵다. 본 실험은 실험축척이 1:50으로 실제 실험실에서는 목표 파랑과 파고에서는 0.004 m, 주기에서는 0.09초 차이가 있다. 이런 실험의 한계로 인해 Table 1은 각각의 거치방법이 안정할 수 있는 최대값을 의미하는 것이 아닌, 조파기에서 만들 수 있는 가장 근접한 파랑조건에서의 소파블록의 안정성을 보여준다. AV블록의 최대 안정 파고는 10 m 이상으로

예상되므로, 표에서 나타난 파고의 높고 낮음은 보다 안정하다는 것을 의미하지는 않는다.

방파제 파괴를 결정하는 기준은 3가지로 소파블록의 부피 $V^{1/3}$ 이상 사면에서 빠져나올 경우, 소파블록의 떨림(rocking)이 크게 발생한 경우, 슬라이딩이 발생하여 소파블록이 크게 이동한 경우를 파괴 상황으로 간주하여 실험을 중단한다. 실제 바다에서는 물속에서 위와 같이 소파블록의 운동을 모니터링을 할 수 없기에, 큰 파랑이 발생한 전후를 기준으로 5%이상의 소파블록이 이동한 경우 파괴가 시작된 것으로 간주한다.

Table 1. Results of hydraulic model tests

Placement	H_s (m)	T_s (sec)	K_D	Damage
A	8.8	13.1	18.3	No
B	9.1	13.4	19.8	No
C	8.9	13.3	18.7	No

실험 결과 세 가지 거치 방법(Fig. 6) 모두에서 파고 한계인 9 m까지 피해가 발생하지 않았다. 월파랑을 비교하였을 경우 거치 방법 A와 B가 비슷하며, 거치 방법 C가 다소 작은 값을 보여주었다. 이것은 수리모형 실험의 소파블록이 작은 이유로 조도 또는 마찰력에 의해 차이를 보이기 쉽다고 생각된다. 거치 방법 C의 경우는 영문자 A와 V가 교대로 거치되어, 공극률이 커지고 packing density가 작아진 이유로 입사 파랑의 에너지가 공극을 통해 좀 더 소산되었다고 생각된다.

실험 결과를 토대로 기존 소파블록의 성능과 비교하면, 그동안 국내에서 가장 많이 사용된 Tetrapod의 경우 안정성을 유지하기 위해 최고 파고 8 m에서 소파블록 한 개의 무게가 60톤이 필요하지만, 새롭게 개발된 AV 블록은 최대 파고 9 m에서 30톤 정도만 필요하여 매우 경제적이라고 할 수 있다. 참고로 제주 서귀포항에 복구용으로 사용되는 Dolos2의 경우 파고 9 m에서 50톤의 무게가 요구된다.

수리모형 실험에서 분석된 신형 소파블록의 수리적인 성능을 바탕으로 Fig. 7과 같은 방파제 표준 단면을 구성해 보았다. 이미 개발단계에서 예상했던 것과 같이 소파블록이 적층된 측면의 모습을 보았을 경우 중간블록과 같이 평평한 모습을 가지고 있어 많은 월파랑이 예상된다. AV 블록은 1층적으로 개발되어 방파제 사면을 따라 슬라이딩이 발생할 위험이 큰 이유로 toe 부분에 소단을

설치하여 이에 대한 보강을 하였다. 새롭게 개발된 AV 블록의 경우, 다수의 중간 블록을 대상으로 적합성을 조사한 결과 Tri-beam 이 가장 적합한 것으로 결정되었다 (Fig. 8).

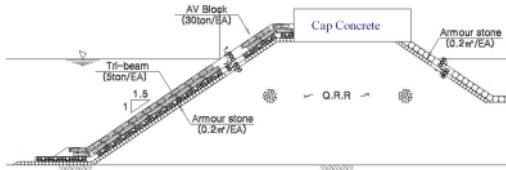


Fig. 7. Drawing of a breakwater with AV block

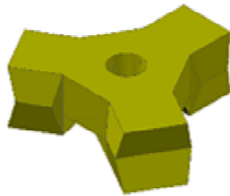


Fig. 8. Shape of Tri-beam for underlayer

3. 결론

최근 급격하게 진행되는 기후변화에 의한 고파랑에 대응하고자 새로운 소파블록 개발의 필요성이 높아지고 있다. 신형 소파블록의 개발은 기존의 연구결과를 바탕으로 파랑에너지 소산에 유리한 형상의 특성을 분석하여 개발에 적용하였다. 신형 소파블록은 경제성을 고려하여 1층적으로 개발되었으며, 명문자 AV형태로 뺀 나온 다리를 이웃 소파블록에 끼워 넣는 형태의 인터락킹을 사용하여 결속력을 최대 높였다. 1층적의 최대 단점인 슬라이딩에 의한 전면 파괴를 방지하기 위해, 다른 1층적 소파블록의 사례를 참고하여 방파제의 하단부위에 소단을 설치하는 것으로 보강하였다.

개발된 신형 소파블록은 기존 소파블록의 한계를 넘어선 파고 9 m에서도 높은 안정성을 보여주었다. 기존 소파블록과 비교시 작은 무게로 높은 파랑에 안정성을 가질수 있어 높은 경제성을 보여줄 것으로 생각된다. 높은 인터락킹을 갖도록 설계되어, 방파제 위에 설치되었을 경우 packing density가 매우 높다. 새롭게 개발된 AV 블록은 1층적에 packing density가 높은 구조로, 입사파의 에너지가 AV 블록에 의해 충분히 소산되지 못하여 월파 또는 run-up이 큰 결과를 볼 수 있어서 상치구

조물과 같은 월파 저감 구조물을 사용하는 방법을 적극적으로 고려해야 할 필요가 있다.

그동안 일본으로부터 소파블록 개발의 영향을 받은 이유로 국내에서는 2층적 소파블록만이 고려 대상이었다. 하지만 본 연구에서 보이는 바와 같이 기존 소파블록의 성능을 뛰어넘는 1층적 소파블록 개발이 성공적으로 진행되었으며 이를 바탕으로 방파제의 표준 단면을 제안하였다. 이러한 연구 결과를 토대로 국내에서도 전 세계 개발 추세를 따라 1층적 소파블록 개발을 촉구하는 계기가 되기를 기대한다.

References

- [1] J. S. Park, K. Kang, H.-S. Kang, Y.-H. Kim, Projection of the Future Wave Climate Changes over the Western North Pacific, *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, Vol.25, No.5, pp. 267-275, Oct. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.9765/KSCOE.2013.25.5.267>
- [2] J. A. Melby. *Core-Loc concrete armor units-Technical Report CHL-97-4*, p.33, US Army Corps of Engineers, 1997.
- [3] L. Vanhoutte. *Hydraulic stability of Cubipod armour units in breaking conditions*, p.135, Polytechnic University of Valencia, 2008.
- [4] M. Young, J. Hayman-Joyce, S.H. Kim. Use of single layer concrete armour units as toe reinforcement, *Proceeding of International Conference on Coastal Engineering*, p.48-59, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.9753/icce.v33.structures.48>
- [5] J.R. Medina, J. Molines, M. Gomez-Martin. Influence of armour porosity on the hydraulic stability of cube armour layers, *Ocean Engineering*, 88, p.289-297, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2014.06.012>
- [6] P. Bakker, A. Berge, R. Hakenberg, M. Klabbers, M. Muttray. Development of concrete breakwater armour units, *Proc of 1st Coastal Estuary and Offshore Engineering Specialty Conference*, 2003.
- [7] M. Muttray, B. Reedkjk, M. Kabbers. Development of an innovative breakwater armour unit, *Proceedings of the 16th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference*, 2003.
- [8] H.F. Burcharth, G.L. Howell, Z. Liu. On the determination of concrete armor unit stresses including specific results related to Dolosse, *Coastal Engineering*, 15, p.107-165, 1991. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0378-3839\(91\)90044-H](http://dx.doi.org/10.1016/0378-3839(91)90044-H)
- [9] J.W. Meer. Design of concrete armour layers, *Proceedings of the Coastal Structures*, p. 213-221, 1999.

박 영 현(Young Hyun Park)

[종신회원]



- 2000년 2월 : 서울대학교 토목공학
학과 (공학석사)
- 2006년 12월 : Texas A&M
Univ. (공학박사)
- 2010년 7월 ~ 2012년 1월 : 삼성
물산 건설부분 과장
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국해양과
학기술원 책임연구원

<관심분야>

해안침식, 해양에너지, 해양구조물, 유체역학

윤 대 옥(Daeok Youn)

[정회원]



- 1997년 2월 : 서울대학교 대기과
학과 (이학석사)
- 2006년 2월 : 서울대학교 지구환
경과학부 (이학박사)
- 2005년 5월 ~ 2008년 5월 :
Univ. of Illinois at U-C 연구원
- 2010년 10월 ~ 2012년 8월 : 한
국환경정책·평가연구원 책임연구원

/부연구위원

- 2012년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 지구과학교육과 조교수

<관심분야>

유체역학, 지구물리유체역학, 대기화학