

Coastal Environments 블록의 개발을 위한

연결부 마찰 실험

An Experimental Study on Connections Friction Test of Improvement for Coastal Environment Block

김 춘 호* 김 상 훈**

Kim, Chun Ho Kim, Sang Hoon

ABSTRACT

The plain and simple shape water front structure were designed and installed for wave protection and wave resistance. But the installation of these plain and simple structure cause deficiency of environmental affinity. Also the resonance phenomena from the reflective wave and shipwave of the harbor incident wave caused high tide and wave, consequently maintaining the tranquility of inside harbor, give difficulty for mooring the ship and loading-unloading, increase the possibility of ship collision at the quay wall and landing place To solve these problems, we develop the environmentally friendly wave dissipation block. And installation efficiency, stability of the blocks through experiment of C.E Block Joint.

요 약

최근 지구 온난화 현상에 따른 해수면 상승으로 삼면이 바다에 접한 우리나라는 향후 많은 피해가 예측되므로 이에 따른 방호개념으로 기존의 단조로운 형상과 비 자연친화형 콘크리트 구조물의 설치 및 연안침식방지 기능부재로 인한 또 다른 피해가 발생된다. 국민소득의 증대와 Waterfront 개념의 빠른 확산으로 연안 어항의 낙후된 시설개선 등에 많은 사업이 추진되고 있으나 이러한 용도에 맞는 자연 친화형 구조물이 개발된 바 없어 기존의 Solid Block, Igloo Block, Tunnel Block 등이 일부 현장에 적용되고 있는 실정이다. 선박이 계류하는 안벽이나 물양장 등에서 항내 진입과와 항과 등으로 인한 반사파의 발생에 의한 공진현상으로 항내파고가 높아져 정온도유지가 어렵고 선박의 계류 및 하역에 지장을 주게 되며, 선박과의 충돌 발생으로 인한 소형선박의 손괴 발생율이 높은 실정이므로 새로운 형태의 블록(Block)개발이 필요하다. 이에 따라 개발한 C.E(Coastal Environments)블록을 현장에서 사용하기 위해서는 전단기 부분의 내하력 평가가 요구 된다. 따라서, 본 연구는 C.E 블록의 연결부 시험편을 제작하여 C.E블록 경계면의 마찰실험을 실시하였으며, C.E블록 연결부의 마찰계수를 측정하여 분석한 다음 C.E블록의 연결부 마찰계수를 평가하고자 한다.

* 정회원, 중부대학교, 토목공학과, 교수

** 정회원, 중부대학교, 구조연구실, 박사과정

1. 서론

삼면이 바다에 접한 우리나라는 해수면 상승과 태풍 등에 의하여 향후 많은 피해가 예측되므로 이에 따른 방호개념으로의 호안 구조물이 필요하다. 기존의 호안은 단조로운 형상 및 연안침식에 의한 유실 등 많은 피해가 발생되고 항내 진입파와 항파 등으로 인한 반사파의 발생에 의한 공진현상으로 항내파고가 높아져 정온도유지가 어렵고 선박의 계류 및 하역에 지장을 주게 되며, 선박과의 충돌 발생으로 인한 소형선박의 손괴 발생율이 높은 실정이므로 새로운 형태의 블록(Block)개발이 필요하다. 이에 따라 개발한 C.E(Coastal Environments)블록을 현장에서 사용하기 위해서는 진단키 부분의 내하력 평가가 요구 된다. 따라서, 본 연구는 C.E 블록의 연결부 시험편을 제작하여 C.E블록 경계면의 마찰실험을 실시하였으며, C.E블록 연결부의 마찰계수를 측정하여 분석한 다음 C.E블록의 연결부 마찰계수를 평가하고자 한다.

2. 재료 및 연구방법

2.1. C.E 블록

현재 항만 및 어항의 물양장과 안벽, 호안 등에 사용되는 구조의 블록으로는 일반적으로 경제성과 시공성을 고려하여 Solid Block이 적용된다. 하지만 Solid Block은 항내로 내습되는 파 에너지의 대부분을 반사 시킴으로써 물양장 전면 해역의 파고가 증대되어 구조물의 피해가 발생하거나 선박의 안전한 계류에 많은 문제가 발생되며 시공성과 적용성에서 문제가 발생된다. 이에 따라 개발된 C.E블록은 시공성과 적용성도 개선하였고 해수면과 인접된 지역을 활용할 수 있어 친수성 환경공간을 조성하게 되므로 공간 확보에 효과적이며 저단부에 설치되는 블록의 내부 유공부에 의해 해안저서 생물과 치어 등의 효과적인 서식공간이 제공 된다. C.E블록의 형상은 다음 그림 1과 같고, 시공 예는 다음 그림 2와 같으며 단면 형상은 다음 그림 3과 같다.



그림 1 C.E 블록 형상



그림 2 부두에 적용

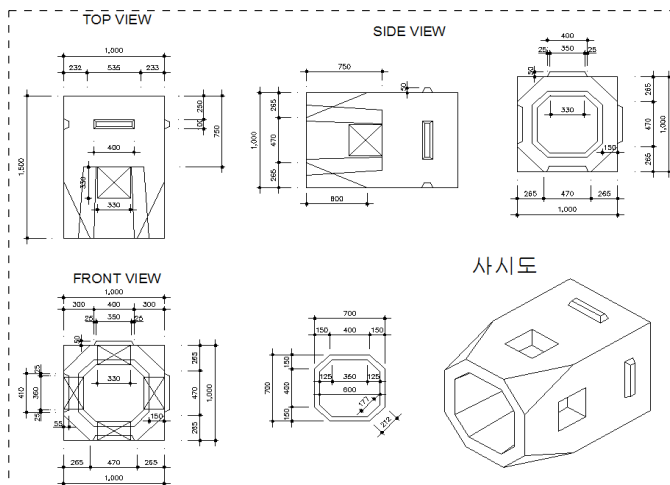


그림 3 C.E블록 단면 형상

2.2. C.E블록 연결부 실험

선박과의 충돌이나 C.E블록 후면의 토압이 작용할 경우, C.E블록의 전단저항을 하는 전단키의 내하력 평가가 요구되므로 C.E블록의 연결부 시험편을 제작하여 실험을 실시하였으며, C.E블록 연결부의 마찰계수와 전단키의 전단강도를 측정하는 것이 목적이다. C.E블록의 주재료는 콘크리트와 철근이며, 콘크리트는 설계강도 $f_{ck}=33\text{Mpa}$ 이고, 콘크리트의 탄성계수(E_c)는 $25,851\text{Mpa}$ 이고 온도 팽창계수(α)는 $1.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 이며, Poisson 비는 0.17이다. 본 연구에서 사용된 시험편은 그림 4, 그림 5와 같이 C.E블록의 전단키 부분을 모사하여 제작하였다.



그림 4 전단키 시험편1



그림 5 전단키 시험편2

전단키의 사이즈는 실물과 같이 제작하였으며, 실험의 편의성을 위하여 중공 부분은 제외하여 제작하였다. 실험에 사용한 장비 중 로드셀은 최대 980kN의 용량을 가진 CAS사의 제품이며 마찰계수를 측정하기 위해 시편 수직 방향으로 작용하는 도입축력은 4Point에 프리스트레스 로드셀을 부착하여 축력을 계측하였다. 계측은 그림 6과 같이 시간의 변화에 따른 동적 계측이 가능한 Kyowa사의 PCD-30A과 PC를 사용하여 계측하였다. 스트레인 게이지와 변위계를 시험편의 양쪽에 부착한 이유는 하중의 편심 작용 여부와 두 곳 중 한곳의 DATA 오류 발생 방지를 위해서 부착하였다. 그림 7은 스트레인 게이지와 변위계, 도입축력기의 설치 모습이며, 도입축력과 하중의 재하위치는 그림 8와 같다.



그림 6 PCD-30A and PC.

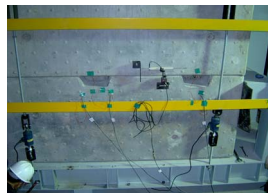


그림 7 계측장비

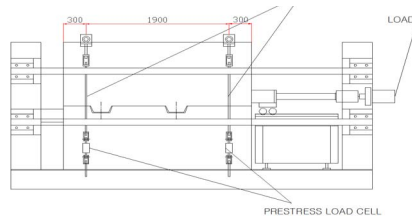


그림 8 도입축력 및 하중 재하위치

2.3. 실험 방법

C.E블록 연결부 실험은 설계강도 $f_{ck} = 33\text{Mpa}$ 로 제작된 시험편에 수직방향으로 가하는 프리스트레스(Prestress)를 $9.8\text{kN} \times 4$ 인 경우, $19\text{kN} \times 4$ 인 경우, $29\text{kN} \times 4$ 인 경우 각각에 대하여 980kN 용량의 로드셀에 거치시킨 후 하중제어방법으로 하중을 0kN에서부터 980kN 까지 서서히 증가하여 실험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 마찰실험 결과

C.E블록 연결부의 미끄러짐 내하력을 측정하기 위하여 C.E블록 연결부 실험을 한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다. 먼저, 도입축력 $9.8\text{kN} \times 4$ 를 작용한 시험편 1의 경우 하중 58kN에서 미끄러짐이 발생하였고 도입축력 $19\text{kN} \times 4$ 를 작용한 시험편 2의 경우 하중 107kN에서 미끄러짐이 발생하였다. 도입축력 $29\text{kN} \times 4$ 를 작용한 시험편 3의 경우 하중 117kN에서 미끄러짐이 발생하였다.

3.2 전단키 강도실험 결과

도입축력 $9.8\text{kN} \times 4$ 를 작용한 시험편 4의 경우 하중 78kN에서 미끄러짐이 발생하고, 전단키와 접촉한 후에 다시 탄성거동을 하였다. 전단키는 로드셀의 최대 하중인 980kN에서도 파괴되지 않았다.

3.3 실험 결과 고찰

C.E블록 연결부의 전단강도를 측정하기 위하여 C.E블록 연결부 마찰 및 전단 실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 고찰하였다. 먼저, 마찰실험 결과 표 1 에서 도입 축력이 증가 할수록 미끄러짐 하중이 커지며, 마찰계수는 0.6이상이다.

표 1. 실험결과

		도입축력	미끄러짐 하중	마찰계수
마찰실험	시험편 1	9.8kN × 4 = 39kN	58kN	0.666
	시험편 2	19kN × 4 = 78kN	107kN	0.727
	시험편 3	29kN × 4 = 118kN	117kN	1
전단키 강도실험	시험편 4	9.8kN × 4 = 39kN	78kN	0.8

또한, 전단실험 결과 그림 12에서 알 수 있듯이 미끄러짐은 하중 78kN에서 발생하지만 하중을 로드셀의 제한 용량인 980kN까지 증가하여도 전단키는 파괴되지 않았다. 따라서 1차적으로 상재하중에 대한 마찰력으로 일부 전단력에 저항하다가 전단키가 접촉하게 되면 전단키의 전단강도로 저항함을 확인하였다. 또한 콘크리트 구조설계기준⁶⁾의 식 1에 따라 계산된 전단강도(632kN)보다 큰 하중에서도 파괴되지 않으므로 전단키는 전단강도를 만족하는 것을 확인하였다.

콘크리트 구조설계기준에서 제시하는 전단강도는 다음 식 1과 같다.

$$v_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{33} \times 1100 \times 300 = 316\text{kN} \quad (\text{식 1})$$

전단키가 2개 이므로, 316kN × 2 = 632kN

4. 결론

주변 시설 및 경관과 조화를 이루고 생태계를 보호하며 선박 등의 안전한 계류를 위한 자연 친화적인 C.E블록의 개발을 위하여 C.E블록 연결부 마찰 및 전단 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 마찰실험 결과 도입 축력이 39kN일 경우 미끄러짐 하중은 58kN이고 마찰계수는 0.666이다. 도입 축력 78kN일 경우 미끄러짐 하중은 107kN이고 마찰계수는 0.727이다. 도입 축력 118kN일 경우 미끄러짐 하중은 117kN이고 마찰계수는 1.000이다. 이를 통하여 도입 축력이 증가 할수록 미끄러짐 하중이 커지며, 마찰계수는 콘크리트 구조설계기준⁶⁾에서 제시하는 0.6이상을 사용하여야 함을 확인하였다.
- 2) 전단실험 결과 미끄러짐은 하중 78kN에서 발생하지만 하중을 로드셀 제한 용량인 980kN까지 증가하여도 연결부 전단키는 파괴되지 않았다. 따라서 전단력이 작용하면 1차적으로 접촉부의 마찰력으로 저항하다가 미끄러지면 전단키가 2차적으로 저항함을 확인하였고, 콘크리트 구조설계기준⁶⁾에서 제시하는 균열강도(632kN)보다 큰 하중에서도 파괴되지 않으므로 전단키는 전단강도를 만족하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 김선우(2000), “해안구조물의 소파블록 특성에 관한 연구”, 연세대학교 산업대학원 석사학위논문
2. 대한토목학회 (1996), “도로교 표준시방서”
3. 대한토목학회 (1996), “콘크리트 표준 시방서”
4. 손일수 (2001), “직립소파블록에 개발에 관한 기초적 연구”, 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문
5. 이진오 (1994), “경사 방파제의 구조적인 피해원인에 대한 연구”, 한양대학교 산업대학원 석사학위논문
6. 한국콘크리트학회 (2003), “콘크리트구조설계기준 해설”
7. 해양수산부(2005), 어항 및 항만설계기준(상,하권).
8. Burcharth, H.F. (1994), "The Design of Breakwaters", Coastal, Estuarial and
9. James G. Macgregor (1999), "Reinforced Concrete Mechanics and Design", Prentice Hall.