

# 항만용 Precast Concrete 구조물의 마찰계수 측정 실험

## Measurement Tests of Friction Coefficient of Precast Concrete Used in Harbor Construction

김 명 식  
Kim, Myung Sik

백 동 일<sup>\*)</sup>  
Baek, Dong Il

김 강 민<sup>\*\*)</sup>  
Kim, Kang Min

---

### ABSTRACT

The shape and dimension of precast concrete structure used in harbor construction(caisson, block, etc.) are considered productive facility abilities, demanded minimum dimension in work of each member, the relation between the depth of water and a location of leaving, work conditions of towing and leaving, after leaving, differential settlement, etc.

As this study examined friction resistance effect of financially designed precast concrete structure formed convex in bottom and stone mound.

---

### 1. 서론

항만공사용 Precast Concrete 구조물(케이슨, 블록 등)의 형상과 치수는 제작하는 시설능력, 작업상 요구되는 각 부재의 최소치수, 흘수와 거치장소의 수심과의 관계, 예항 및 거치시의 작업조건, 거치 후의 작업조건, 부등침하 등을 고려하여 결정하게 된다.

따라서 본 연구에서는 가장 경제적으로 설계된 바닥에 요철이 형성되어 있는 Precast Concrete 구조물과 사석 마운드와의 마찰저항 효과를 검토하고자 한다.

본 연구는 항만공사용 Precast Concrete 구조물 바닥면과 사석층과의 마찰저항효과를 검토하기 위하여 요철이 없는 모의시험체와 3가지 형태의 요철형 모의시험체를 제작하여 모형실험을 실시하고 요철 유·무 및 요철 형태에 따른 마찰저항을 비교·검토해 보고자 하는 것이 본 연구의 범위이다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 실험의 구성요소

항만공사용 Precast Concrete 구조물의 마찰저항을 실험하기 위한 구성요소로는 콘크리트 모의시험체(평면형, 요철형)와 사석 마운드 역할을 하는 지그(jig), 하중 재하에 사용되는 액츄에이터(Actuator)가 있다.

#### 2.2 모의시험체

종래의 항만공사용 Precast Concrete 구조물용으로 제작된 모의시험체는 바닥면에 요철을 두지 않은 평면형 콘크리트 모의

---

\* 정회원, 부경대학교 건설공학부 교수

\*\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 박사수료

\*\*\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

시험체로서 크기는 1.0×1.0×0.3m이며 형상은 그림 1~그림 3과 같다.

요철형 모의시험체는 크게 3가지 타입으로 제작하여 실험을 실시하였다. 첫 번째 요철 A형 모의시험체는 요철의 간격이 10cm이며 요철의 높이는 2cm, 요철의 형상은 그림 4~그림 5와 같다. 두 번째 요철 B형 모의시험체는 요철의 간격이 20cm이며 요철의 높이는 3.6cm, 요철의 형상은 그림 6~그림 7과 같다. 세 번째 요철 C형 모의시험체는 요철의 간격이 10cm이며 요철의 높이는 3.6cm, 요철의 형상은 그림 8~그림 9와 같다.

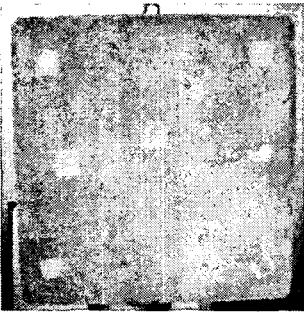


그림 1 평면형 모의시험체 바닥

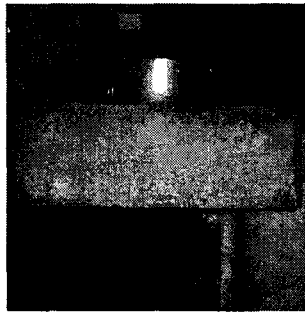


그림 2 평면형 모의시험체 측면

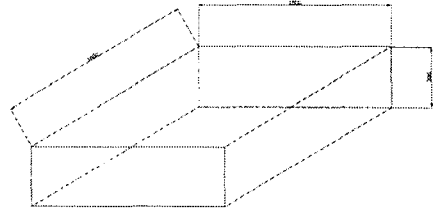


그림 3 평면형 모의시험체 일반도

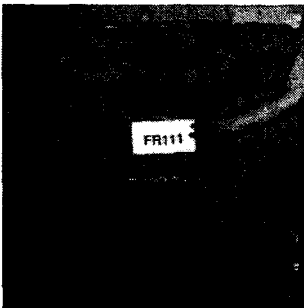


그림 4 요철 A형 모의시험체 바닥

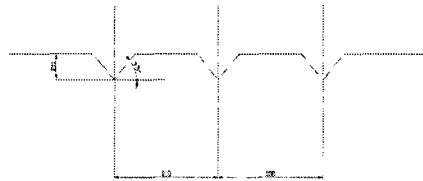


그림 5 요철 A형 모의시험체 요철 상세도

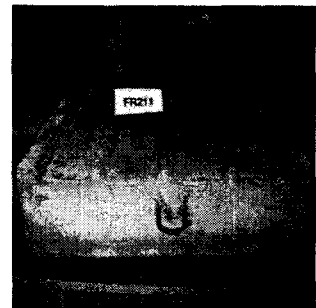


그림 6 요철 B형 모의시험체 측면

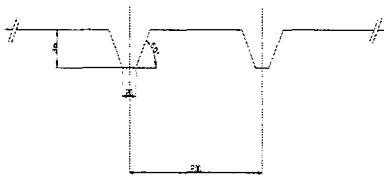


그림 7 요철 B형 모의시험체 요철 상세도

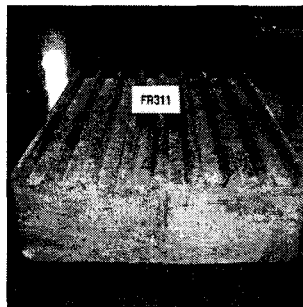


그림 8 요철 C형 모의시험체 측면

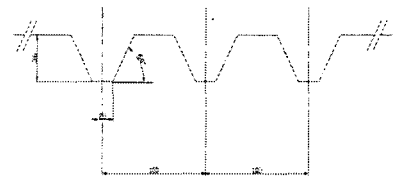


그림 9 요철 C형 모의시험체 요철 상세도

### 2.3 실험조건 및 방법

그림 10은 실험의 개요를 나타내고 있다. Precast Concrete 구조물의 거대한 자중을 모형실험으로 재현하기가 어려워 용량 25ton의 수직 액츄에이터를 이용하여 20ton의 하중을 자중으로 가력한 뒤 용량 50ton의 수평 액츄에이터를 이용하여

3mm/min 변위 제어로 실험을 실시하여 시간에 따른 마찰저항을 측정하였다. 여기서 최종변위는 50mm, 최대 수평력은 19ton으로 실험의 안전을 위해 제한을 두었다. 이렇게 측정된 수평력을 수직력 20ton과 가압판과 시험체의 무게를 합한 20.868ton으로 나누어 얻은 값을 본 실험에서는 실험마찰계수( $\mu^c$ )라 칭하였다.

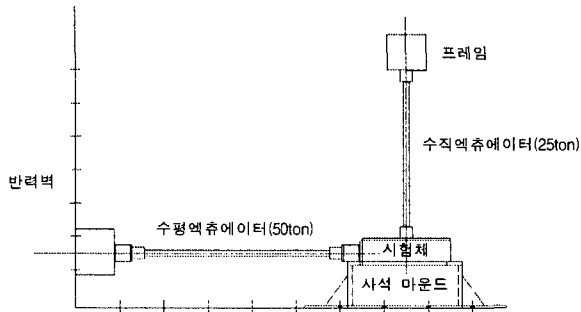


그림 10 실험 개요도

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 평면형 모의시험체

기존 항만공사용 Precast Concrete 구조물과 사석 마운드의 마찰저항을 알아보고자 저면의 넓이가 1m<sup>2</sup>이며 두께가 30cm인 평면형 콘크리트 모의시험체와 모형 사석 마운드를 제작하여 실험을 실시하였다. 실험은 모의시험체를 사석 마운드에 올려놓고 실제 구조물의 자중 대신 수직 액추에이터를 이용하여 모의시험체에 20ton을 가력하고 수평 액추에이터를 이용하여 3mm/min 변위 제어를 하여 얻은 수평력으로 그림 11과 같이 평면형 모의시험체의 시간에 따른 실험마찰계수를 얻을 수 있었다. 수평 액추에이터 가력 후 530초에 최대 수평력 13.4ton을 나타내어 최대 실험마찰계수 0.64를 얻을 수 있었으며 그 이후 0.62~0.64의 범위를 계속해서 유지하는 것을 볼 수가 있다.

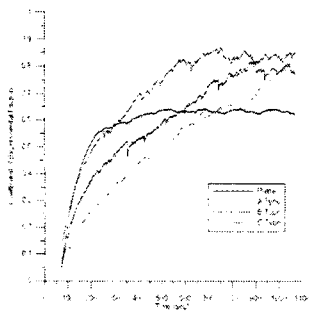


그림 11 각 모의시험체별 시간에 따른 실험마찰계수( $\mu^c$ )

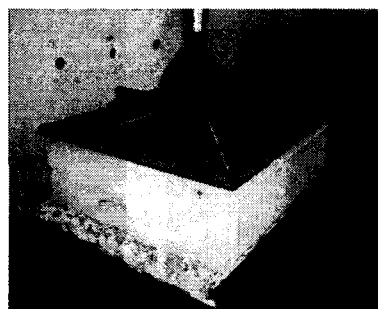


그림 12 요철 A형 모의시험체의 실험마찰계수 측정

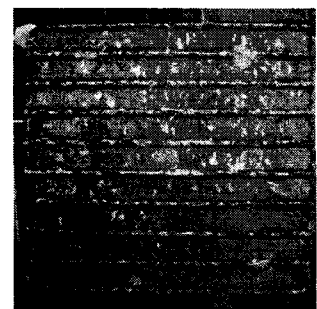


그림 13 요철 A형 모의시험체의 실험완료 후의 바닥

#### 3.2 요철형 모의시험체

항만공사용 Precast Concrete 구조물과 사석 마운드의 마찰저항을 증대시켜 경제적인 단면 설계를 위해 바닥에 요철을 형성한 경우의 마찰력을 알아보고자 하였다. 각각 요철 A, B, C형 모의시험체를 사석 마운드 위에 올려놓고 평면형 모의시험체

와 같은 실험조건으로 실험마찰계수를 얻은 결과 역시 그림 11과 같다. 첫째 요철형 모의시험체 최대 실험마찰계수가 0.81, 0.82, 0.87로서 평면형 모의시험체의 최대 실험마찰계수 0.64보다 훨씬 높게 나타나는 것을 알 수가 있으며 요철형 모의시험체의 경우 최대변위 50mm 이후에도 계속해서 실험마찰계수가 상승할 것으로 보여 진다. 둘째 요철의 크기는 2cm 보다 3.6cm 가 그리고 간격은 20cm보다 10cm가 케이스 저면과 사석 마운드간의 마찰력을 더 증가 시킨다는 것을 알 수가 있다. 셋째 최대 수평력에 도달한 시간은 그림 11에서와 같이 평면형 시험체가 530초로 가장 빨랐으며 요철형 모의시험체는 1000초, 900초, 750초로 평면형보다 다소 지난 시간에 나타났는데 이는 요철을 가진 모의시험체의 경우 최초 요철부분과 사석 마운드간의 맞물림이 형성하던 것이 시간이 지남에 따라 서로 맞물림이 점점 더 견고해 지면서 마찰력 또한 증가한 것으로 볼 수가 있다.

그림 12는 요철 A형 모의시험체의 실험마찰계수를 측정하는 사진이며 그림 13은 실험완료 후 바닥의 파손 정도를 촬영한 사진으로 국부적으로 미소한 요철 감소는 있으나 전체적으로 요철의 파손이 크지 않은 것을 알 수가 있었다.

#### 4. 결론

- 1) 현재 해양수산부에서 2005년 12월에 개정된 “항만 및 어항 설계기준”의 마찰계수에 대한 값은 다음 표 2와 같다.

표 2 정지마찰계수

구 분	정지마찰계수( $\mu$ )
콘크리트와 콘크리트	0.5
콘크리트와 알반	0.5
수중콘크리트와 알반	0.7 ~ 0.8
콘크리트와 사석	0.6
사석과 사석	0.8
목재와 목재	0.2(습) ~ 0.5(건)
마찰증대용 매트와 사석	0.7 ~ 0.8

- 2) 구조물 활동에 대한 마찰저항력의 계산에 사용되는 재료의 마찰계수는 정지마찰계수로 하는 것을 표준으로 하고 있고 표 2에서 제시된 것과 같이 항만공사용 Precast Concrete 구조물의 안정계산에 사용되는 정지마찰계수 중 콘크리트와 사석의 경우는 0.6을 일반적으로 사용하고 있다.
- 3) 본 실험은 표 2를 검정할 수 있을 정도의 정확한 실험결과는 아니지만 본 연구용역 실험결과 요철을 달지 않은 평면형 모의시험체의 경우는 최대 실험마찰계수가 0.64로 나타났다.
- 4) 마찰저항을 증가시키기 위해 요철을 설치한 경우는 3가지 요철형태 A, B, C형 모두 최대 실험마찰계수가 0.8이상을 상회함을 알 수 있었다.
- 5) 따라서 일반적으로 여태까지 사용되어온 요철을 붙이지 않은 항만공사용 Precast Concrete 구조물의 바닥에 어떤 형태로든 요철을 형성할 경우 마찰저항에 탁월한 효과가 있음을 알 수 있었다.
- 6) 결론적으로 본 실험의 범위 내에서는 간격 10cm, 높이 3.6cm인 요철 C형을 붙인 경우가 그 중 가장 큰 마찰저항을 발생시켰고, 요철부의 형태의 파손은 그리 크지 않음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 해양수산부, “항만 및 어항 설계기준”, 해양수산부, 2005. 12.