

방파제 내부 사석분포에 따른 샌드매스틱 공법 유동성 평가

정효준*, 김동현*, 유형주*, 이승오*

*홍익대학교 건설환경공학과

e-mail: seungoh.lee@hongik.ac.kr

Fludity evaluation of sand mastic method with core stone distribution in breakwater

Hyo Jun Jung*, Dong Hyun Kim*, Hyung Joo Yoo*, Seung Oh Lee*

*Dept. of Civil Engineering, Hongik University

요약

방파제의 노후화 및 매년 발생하고 있는 태풍피해 등으로 방파제는 매년 손상되고 있어 지속적인 보수·강화를 통한 장수명화가 주목받고 있다. 하지만 몰탈을 통한 그라우팅 공법을 적용에는 제한적이므로 아스팔트, 잔골재가 주재료로 사용되는 샌드매스틱을 활용하여 방파제를 보수하는 방법이 주목받고 있다. 샌드매스틱은 저온에서 급격한 경화가 발생하기 때문에 해수유출을 최소화 할 수 있지만, 유동성이 제한적이다. 특히 사석이 위치한 방파제 내부에 투입시킬 경우 유동성이 제한적일 수 있기 때문에 이에 대한 검토가 필요함에 따라 본 연구에서는 샌드매스틱을 사석분포에 따라서 유동성의 차이를 검토하였으며, 샌드매스틱의 효율적인 사용을 위한 사석의 분포에 따른 유동성 지표를 제시하였다.

정식을 기반으로 수치해석을 수행하며, 주요한 지배방정식인 에너지 보존방정식은 식(1)과 같이 나타난다.

1. Introduction

방파제를 보수하는 공법을 결정할 때 샌드매스틱 공법이 몰탈 그라우팅 공법의 대체재료로 주목받고 있다(Jung et al., 2021). 기존 샌드매스틱은 방수를 주 목적으로 해안에서 자주 사용되는 재료로 그라우팅 공법에 적용하기에도 방수기능 및 신속한 경화 등의 특징은 해안 환경에 적용하기 적합하다(Anonymus, 1985). 하지만, 샌드매스틱은 몰탈에 비해 상대적으로 적은 유동성을 갖고 있기 때문에 유동성이 국내 방파제에 적용가능한지 검토가 필요하다. 건설재료는 장기간 사용되는 만큼 사전에 재료의 특성파악이 중요하다. 특히, 방파제 내부는 사석이 기본적으로 채워지기 사석의 분포에 따른 유동성의 차이를 검토하여 방파제에 따른 유동성의 차이를 검토하여 샌드매스틱 공법의 효율증가를 목적으로 한다.

$$\frac{\rho \partial v}{\partial t} + \nabla \rho \vec{v} \cdot \vec{v} + \nabla p + \nabla \tau - \rho \vec{g} = 0 \quad \text{식(1)}$$

여기서, \vec{g} 는 중력가속도, τ 는 점성응력, \vec{v} 는 유속 벡터, p 는 압력이다.

실험을 통해 샌드매스틱의 특성을 파악한다면 상대적으로 많은 비용이 발생하여 비경제적이지만 수치해석을 통해 근사적인 해를 도출한다면 경제적인 방법이라 생각되어진다. 수치해석을 통해 재현되는 과정은 샌드매스틱 재료를 그라우팅 공법과 같이 일정한 관에서 유출시켜 방파제 피복재 혹은 해안 구조물 내부에 채움재를 충전시키는 과정을 말한다.

2. Numerical Model

본 연구에서는 수치해석을 통해 사석분포에 따른 유동성을 검토하였으며 수치해석에는 CFD 모형 중 하나인 COMSOL Multiphysics를 사용하였다. COMSOL은 Navier-Stokes 방

3. Topography

본 연구는 수치해석을 통해 사석이 있는 방파제 내부에서의 유동성을 검토하였으며, 사석의 크기와 분포가 방파제 내부에서 퍼져가는 형상과 범위를 검토하였다. 방파제 내부에 위치한 사석은 일반적으로 주변에 위치한 자갈이나 쇄석을

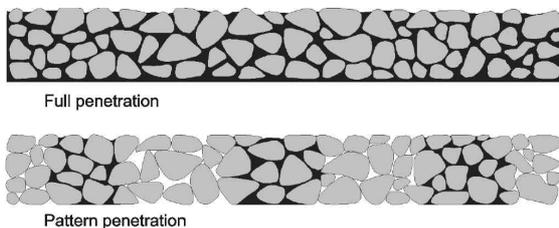
사용하는 것이 일반적이므로 방과제를 설치한 위치와 주변 암반의 특성에 따라 달라진다. 별도의 정해진 기준은 없고 현장의 재량에 따라 다른 사석의 분포를 나타내므로 Rock manual(CIRIA, 2007)에서 제시한 방과제 내부의 암석의 분포를 차용하였다. 이때 LAL 기준에 포함되는 10% 이내의 작은 골재는 해수로 인해 유출되었다고 가정하였다. 샌드매스틱 공법에 시공자가 결정할 수 있는 조건에 따라 각 사석의 case 별 나타나는 유동양상을 파악하였다. Rock manual(CIRIA, 2007)에서는 사석의 배치를 다음과 같이 구분하고 있다.

- Random placement
- Standard placement
- dense placement
- specific placement

여기서, Random placement는 수중에 암석 또는 주변의 암반을 시공자의 임의로 공간을 채우는 행위를 통해 나타난 사석의 분포를 나타내며, Standard placement는 사석의 방향을 조정하여 최소 3점 이상 겹쳐지도록 쌓는 방법을 의미한다. Dense placement는 단위 부피당 최대 밀도에 도달하도록 회전을 통해 각 사석이 접하는 점을 최대 높인 배치를 말한다. Specific placement는 특정 모양으로 가공된 사석을 배치하는 과정의 의미한다.

4. Results & Analysis

현장에서 양생 또는 고형화 과정을 수행하는 일반 시멘트, 자가다짐 시멘트 등 다양한 고분자 혼합물에 대해 유동성의 해석이 중요하다. 유동성 평가를 위해서 샌드매스틱이 확산되는 2차원 형상 및 3차원 형상을 기준을 통해 비교하였다. [그림 1]와 같이 방과제 내부 사석으로 가득차있는 경우에는 방과제 내부의 사석의 분포에 따라 내부의 흐름의 상태가 바뀌게 된다.



[그림 2] Pattern of grouting in core stone(CIRIA, 2007)

내부 사석의 분포에 따라 방과제 내부 심층까지 내려가는 시간이 길어지게되고 온도의 영향과 점성의 영향으로 확산이

저지되었다. 내부사석이 작은 골재로 채워지는 경우에는 공극률이 작아지게되어 바닥면으로 내려가는 속도에 표면장력이 영향을 미치게된다. 밀도가 물보다 높은 샌드매스틱은 적절히 유하하게 되지만 사석이 큰 경우에는 하강하는 유속에 표면장력이 미치는 영향이 작아지므로 확산이 잘 일어난다고 볼 수 있다. 확산의 범위는 공극률과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

5. Conclusion

1960년대 산업화와 함께 시작된 방과제 구축은 해안지형의 세굴방지 및 인근지역의 재해로부터 보호를 위해 필수적이다. 하지만 시간이 경과함에 따라 방과제에 세굴이 지속적으로 발생하게 되고 내부의 사석이 유출되면서 발생하는 공동 현상은 방과제의 내구성에 치명적으로 작용하여 구조물의 생애주기가 짧아지게 만든다. 최근 구조물의 장수명화가 주목 받고 있는 만큼 보수에 대한 적절한 공법의 선정은 중요하다. 기존 몰탈 그라우팅 공법을 통한 방과제의 보수는 악조건에 대해서 해수에 몰탈이 유출되어 석회화를 유발할 수 있다. 방과제 내부에 사석의 분포에 따라 다른 양상으로 나타나는 흐름양상을 나타내므로 사석분포를 사전에 확인하고 샌드매스틱의 예상 시공범위를 예측하여 그라우팅 공법을 위한 천공을 설계해야한다. 본 연구가 샌드매스틱 공법이 효율적이며 경제적으로 사용될 수 있기를 기대한다.

감사의글

이 논문은 2021년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A2C2013158).

참고문헌

- [1] 정효준, 유형주, 양성린, 이승오, “방과제 내부 공동현상 적용을 위한 샌드매스틱 아스팔트 혼합물 시공성에 대한 수치해석”, 한국연안방재학회지, Vol 8, No. 2, pp. 89-97, 4월, 2021년
- [2] Anonymus, N. N., “The use of asphalt in hydraulic engineering”, RWS communication., 1985년
- [3] CIRIA, CUR, CETMEF, “The Rock Manual: The Use of Rock in Hydraulic Engineering”, CIRIA Special Publications, Vol 83, 1268 page, 2007년