

조류 흐름을 고려한 해양지반 수리저항성능 실험기 개발 Development of Apparatus for Measuring Hydraulic Resistance of Sea Ground Considering Tidal Current Flow

강경오¹⁾, Kyoung-O Kang, 정현철²⁾, Hyun-Chel Jeong, 김영상³⁾, Young-Sang Kim

¹⁾ 전남대학교 토목공학과 석사과정, Graduate student, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chonnam University

²⁾ (주)산하기술 대리, Assistant Manager, Sanha Technology & Consultants

³⁾ 전남대학교 건설환경공학과 부교수, Member, Associate professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Chonnam National University

SYNOPSIS : Along with the increasing need of sea development, the hydraulic stability of seabed structure on a soft seafloor ground is becoming an issue in the course of seaside development recently. However, the movement and hydraulic resistance or hydraulic stability of seafloor ground are mutually coupled with various phenomena, and there has been no clear proof for the issue, which makes it difficult to forecast. Furthermore, most researches are focused on hydraulic variables and the conditions of marine external force, while there have been few researches into the assessment in consideration of the type of a seafloor ground and the geotechnical characteristics. In addition, according to the periodic change of the flow direction, possible changes in hydraulic resistance performance of the seafloor deserves all the recognition. But there is no way to measure the hydraulic unstability of the sea ground due to tidal flow quantitatively. In this study, conventional hydraulic resistance measurement apparatus was improved to consider direction change of the current flow. Various artificial clayey soil specimens were made from Kaolinite and Jumunjin standard sand and hydraulic resistance tests were performed by changing the flow direction to validate the effect of the direction change on the scour of the seafloor.

Keywords : soft seafloor ground, tidal current flow, two way flow, hydraulic resistance

1. 서론

최근 해안개발이 활발히 진행되면서 다양한 해상 및 해저 구조물이 계획·시공되고 있으며 이러한 구조물의 설치에 있어서 기초구조물의 안전을 우선적으로 고려해야 할 것이다. 또한 구조물의 기초지반이 되는 연약지반 처리문제와 이와 연관된 구조물의 안정성에 대한 문제가 관심의 대상이 되고 있다.

특히 해저 지반의 기초 안전성을 저해할 수 있는 해상 세굴은 하천의 경우보다 발생 매커니즘이 상당히 복잡하다. 조석에 의한 왕복류 흐름, 파 흐름의 상호작용, 점착성 지반 등 세굴에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들이 복합적으로 작용하며 하천의 세굴과의 차이점은 크다. 일반적으로 하천에서는 항상 일정한 한 방향으로 물이 흐르지만, 해상에서는 최강유속과 더불어 조석에 의한 왕복운동으로 하루 4회 씩 주기적으로 양방향 흐름이 발생되어 해저 기초구조물의 유사이동에 불균형을 초래함으로써 일방향 흐름과 상이하거나 심각한 세굴현상이 발생할 수 있다. 현재까지 우리나라의 해상세굴 평가 및 대책에 대한 설계기준으로 조석에 의한 영향으로 수리학적 인자를 결정하고 있는 실정이며 세굴량 산정 및 평가절차는 조석이 없는 경우와 같은 것으로 수립되어 있으므로 해상세굴의 평가에 대한 접근은 신중을

기해야 할 것이다.

이에 본 연구는 기존의 지반수리저항 측정 실험기를 해류의 흐름방향이 바뀌는 것을 고려할 수 있도록 개선하고 인공 해저지반에 대한 지반의 수리저항 성능실험을 수행하였다. 연약한 해저지반의 일방향 흐름에 대한 지반 수리저항 특성과 양방향 흐름에 대한 수리저항 특성을 정량적으로 비교함으로써 개선된 수리저항성능 실험기의 유용성을 평가하였다.

2 수리저항성능 실험기 개발

2.1 수리저항성능 실험기 원리

세계적으로 지반 수리저항 성능을 평가하는 실험기는 몇 종류가 있으며 가장 일반화 된 것으로는 Braiud 교수가 제안한 Erosion Function Apparatus를 들 수 있다. 이 장치의 원리는 외경이 76.2mm인 표준 Thin Wall Tube 한 쪽 끝을 직사각형 관수로 바닥에 장착한 후 Thin Wall Tube 내의 불교란 상태의 시료를 피스톤을 이용하여 1mm씩 직사각형 관수로 속으로 돌출시켜 1mm의 흠이 관 속을 흐르는 물에 의해 침식되는 유속을 결정한다(Braiud 등, 2001).

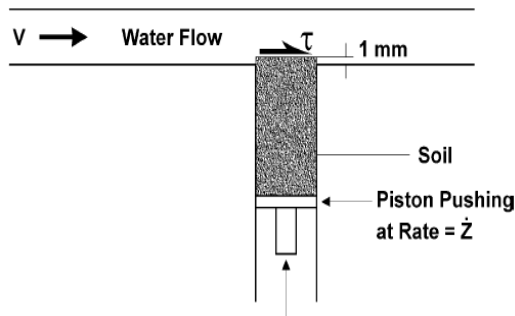


그림 1. 수리저항성능 실험 개념도

2.2 수리저항성능 실험기 구성 및 개선사항

전남대학교는 그림 2에 나타난 바와 같이 Braiud 교수가 제안한 방식을 따라서 지반의 일방향 수리저항성능을 측정할 수 있는 실험장치를 구축하고 있었으며, 이번 연구에서는 그림 3과 같이 스크류 감속모터를 장착하여 NX Size의 불교란 시료를 상·하 이동 및 회전을 통해 기존 일방향 흐름의 수리저항 시험에서 고려하지 못한 해류의 양방향 흐름에 대한 수리저항 시험을 가능 하도록 개선하였다.

3. 실험 및 평가

3.1 인공 해저지반의 조성

본 연구에서는 인공 해저지반의 조성을 위해 카올리나이트(Kaolinite)와 주문진 표준사(Sand)가 사용되었고 조성장치로는 슬러리 압축고화 장치가 이용 되었다. 중량비로 조성된 시료와 증류수를 혼합하여 슬러리 상태의 시료를 충분히 교반한 후 함수비 100% 상태로 균질한 상태에서 공기배출 및 슬러리 안정화를 위하여 1일간 방치하였다. 안정화된 슬러리를 아크릴 시료통에 넣고 압축고화 장치를 이용하여 일정한 구속압력(50kpa)을 재하하여 세립질과 조립질의 시료를 표 1과 같이 조성 하였다.



그림 2. 전남대학교 수리저항성능 실험기 전경

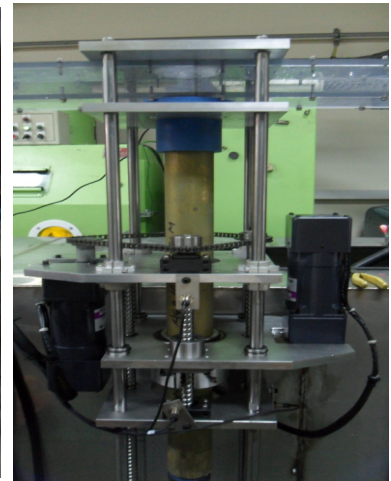


그림 3. 시료 회전부

표 1. 인공 해저지반 시료의 조성비 (Kaolinite: K, Sand : S)

구 분		성 분 비	Clay(%)	Sand(%)
		세립토	K80S20	80
K70S30	70		30	
조립토	K50S50	50	50	
	K40S60	40	60	

3.2 인공 해저지반의 물리적·역학적 특성

조성된 시료의 지반공학적 특성을 평가하기 위하여 전단강도실험(일축압축 실험)과 물성실험(액·소성 한계, 함수비, 단위중량, 간극비, 포화도)을 수행하여 물리적·역학적 특성을 파악하였으며 그 결과가 표 2에 정리되어 있다.

표 2. 인공 해저지반시료의 물리적·역학적 특성값 (Kaolinite : K, Sand : S)

조성비	ω (%)	G_s	γ_t (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	e	LL (%)	PL (%)	PI (%)	q_u (t/m ²)	C_u (t/m ²)	USCS
K80S20	56.21	2.65	1.61	1.03	1.57	66.70	36.01	30.69	2.65	1.33	MH
K70S30	52.09	2.65	1.70	1.12	1.37	62.33	35.51	26.82	2.40	1.20	MH
K50S50	38.39	2.67	1.78	1.29	1.07	56.44	30.50	25.94	1.85	0.93	SM-SC
K40S60	38.50	2.71	1.87	1.35	1.01	56.78	30.37	26.41	1.19	0.60	SM-SC

3.3 수리저항성능 시험 평가

연약한 해저지반의 일방향 흐름에 대한 지반 수리저항 특성과 양방향 흐름에 대한 수리저항 특성을 정량적으로 비교하기 위하여 인공적으로 조성된 해저지반시료들에 대하여 일방향 흐름과 조석의 왕복류

를 고려한 시간당 4회를 회전시킨 양방향 수리저항시험을 실시하여 유속에 따른 세굴률을 산정하였다. 세굴률은 주어진 유속에 대해 단위시간당 지반이 침식되는 속도(mm/hr)로 정의되며, 조성된 4가지 인공 해저지반시료에 대한 유속-세굴률 결과가 그림 4와 같이 나타났다. 그림에 나타난 바와 같이 유속과 세굴률의 관계는 통일분류상 흙분류 결과[MH(K80S20, K70S30) 및 SM-SC(K50S50, K40S60)]에 따라서 명확한 차이를 보였으며 기존의 일방향 흐름조건에 비해서 양방향 흐름조건에서 뚜렷한 세굴률의 증가가 나타났다. 추후 실험결과에 대한 더욱 면밀한 분석이 필요하지만, 이번 연구에서 검토하고자 하였던 양방향 조류흐름 조건하에서의 세굴률 증가현상을 구현하기 위하여 제안된 실험기가 성공적으로 제작되었음을 확인하였다.

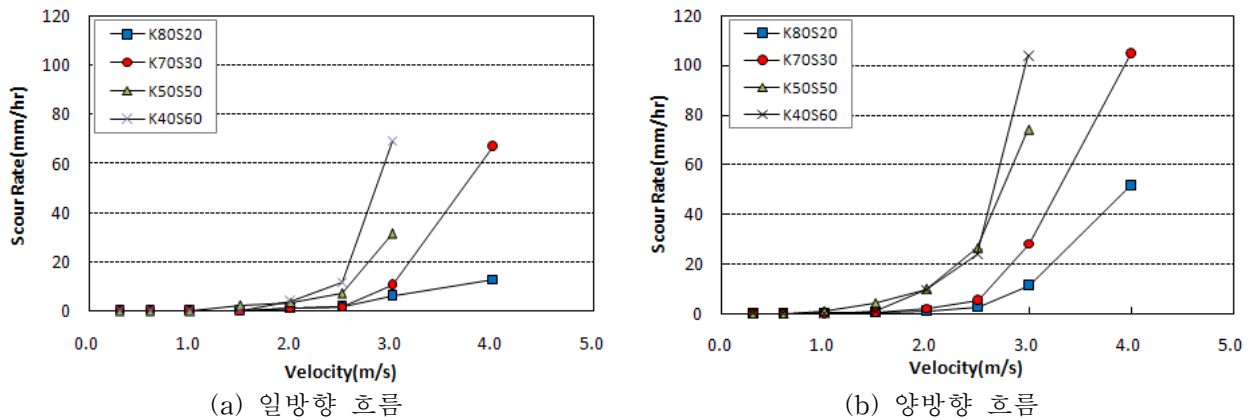


그림 4. 수리저항성능 시험 결과 (유속-세굴률)

4. 결론

이 연구에서는 기존의 일방향 지반 수리저항 특성과 조석에 의한 왕복운동 등 조류의 흐름을 고려할 수 있도록 개선된 수리저항 성능 실험기를 제안하였으며, 제안된 장비를 이용하여 인공 해저지반에 대한 일방향 흐름과 양방향 흐름에 대한 수리저항 특성을 정량적으로 비교하였다. 조성된 인공 해저지반시료는 통일분류상 MH(K80S20, K70S30)와 SM-SC(K50S50, K40S60)로 구분되며 모래질 시료가 실트질 시료에 비해 작은 유속에서 많은 세굴이 발생하는 일반적인 특성이 나타났다. 또한 일방향 흐름에 대한 지반 수리저항 특성과 양방향 흐름에 대한 수리저항 특성을 정량적으로 비교한 결과, 조류의 흐름을 고려한 양방향 흐름의 세굴률이 일방향 흐름의 세굴률 보다 1.5~2배 정도의 큰 결과 값을 나타내었다. 본 연구에서 제안된 실험장치를 이용함으로써 국내에서 해상세굴 평가 및 대책에 대한 설계를 보다 현실적으로 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

곽기석, 이주형, 박재현, 정문경, 배규진 (2004), “세립토의 침식능에 대한 토질정수의 영향”, 한국지반공학회 논문집, 제20권, 8호, pp.89-96.
 정현철 (2007), “연약한 해저지반의 세굴에 대한 지반공학적 특성”, 전남대학교 석사학위 논문.
 여운광, 이훈, 김정환, 곽문수 "인천대교의 세굴심 산정을 위한 다학제적 연구", 한국수자원학회 논문집, pp. 562~566
 Briaud, J.L., Ting, F., Chen, H.C., Cao, Y., Han, S.W., Kwak, K.S., (2001), “Erosion Function Apparatus for Scour Rate Predictions”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. ASCE. Vol. 127, No. 2, pp. 105-113.