

## 조석 영향에 의한 해성준설토의 강도변화 특성에 관한 연구 Characteristics of the Strength Change of Dredged Soil by Tide Influence

천병식<sup>1)</sup>, Byung-Sik Chun, 김봉수<sup>2)</sup>, Bong-Su Kim, 이원택<sup>3)</sup>, Lee-Won Taek, 도종남<sup>4)</sup>, Jong-Nam Do

<sup>1)</sup> 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

<sup>2)</sup> (주)알지오 이엔씨 차장, Deputy General Manager, R.G.O. ENC Ltd.,

<sup>3)</sup> 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정, Graduate Student. Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

<sup>4)</sup> 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

**SYNOPSIS :** In this study, the behavior of dredged soil was measured by repeated tide and analyzed the change of settlements and cone penetration resistance by centrifuge model about dredged soil of Kunsan-Janghang site that maximum tidal range is 7.4m.

Consequently the settlements of dredged soil by repeated tide in the 2nd month was 0.489 m. After 12th month, the total settlements was 0.524 m in the model. It meant the settlements of dredged soil by repeated tide in the 2th month was 80% of the settlements. Also, with the lapse of time, cone penetration resistance increased centrifuge model test for catching the strength change of dredged soil by repeated tide. After 10th month, there were not almost changes. cone penetration resistance in 10th month was measured more 3.5~5.6 times than that in its early stages. Also, with the lapse of time, cone penetration resistance increased almost linearly. And, when we surveyed the relation between cone penetration resistance and time, as depth increased, cone penetration resistance rose.

**Keywords :** Tide, Centrifuge model test , Dredged soil , Chage of the strength

### 1. 서론

최근 우리나라는 급속한 산업발전과 경제성장을 바탕으로 도시화 및 산업사회화가 광범위하게 진행됨에 따라 산업구조, 사회구조, 생활형태 등에서 매우 다양하고 커다란 변화가 일어나고 있다. 또한, 시대의 변화는 선진 공업국과 끊임없이 경쟁하여야 할 입장에 놓이게 되었다. 이러한 세계 무역국가와의 경쟁력을 도모하고, 사회간접자본 확충을 통한 국가 경쟁력 확보를 위해 여러 분야에서 국책사업이 추진되고 있다. 이러한 국가적 사업 중에서 제한적인 국토로 인하여 효율적인 이용을 위하여 매립을 통한 대규모 단지의 조성이 요구되고 있으며, 이에 따라 준설투기장의 수요가 꾸준히 증가되고 있는 추세이다.(이승원 등 2000).

일반적인 준설텁재료로는 양질의 토사가 바람직하지만 국내의 여건상 양질토사의 부족과 고함수비 준설토의 해상투기 제한성으로 인해 고함수비의 소성 또는 비소성 토사가 널리 이용되고 있는 현실이다. 또한, 펌프 준설헌에 의해 준설텁 토사를 매립하는 경우 다량의 해수와 함께 준설텁되어 슬러리 상태로 투기되므로 일정시간 투기장 내에 잔류한 후 매립지 외곽으로 유출되는 과정을 거치게 된다. 준설텁 시 유출되는 유출수는 투기된 준설토의 부유토립자를 포함하게 되며, 이러한 부유토립자의 농도는 준설토의 거동에 영향을 미치게 된다. 또한, 이러한 거동은 고소성의 준설큜토나 비소성의 준설토가 서로 다른 특성을 나타내고 있으며, 특히, 우리나라 서해안의 가장 큰 특징은 조수간만의 차이가 크다는 것이다. 세계에서 조차가 가장 큰 곳은 캐나다의 편디만으로, 위치에 따라 14.0m~15.5m에 이르며, 태풍이 남서측에서 불어와 편디만의 내측으로 해수를 밀어 올리면 약 2m가 더 올라간 기록도 있다(현대건설기술연구소, 2000).

우리나라의 서해안은 5~9 m의 높은 조차를 가지고 있다. 따라서 창조와 낙조시에 상당한 유속이 발생하

고, 이 해수의 흐름은 해안선에 표사의 이동을 유발시킨다. 또한 해수면의 변화는 지하수위에 영향을 주므로, 오랜 기간 동안 반복되는 조석현상이 지반의 상대밀도나 강도에 영향을 미쳤을 것이다(이처근 등, 2000).

따라서, 본 연구에서는 반복되는 조수의 영향으로 인한 해설준설토의 거동을 측정하였고, 최대조차 7.4m인 군산-장항의 해설준설토에 대한 원심모형실험을 실시하여 콘관입저항치와 침하량변화 관계를 조사하였다.

## 2. 원심모형실험 모형의 모델링

원심모형실험의 목적은 4가지를 들 수 있다. 이론식이나 수치해석 결과의 검증, 이론식으로 규명하기 어려운 원형 실물구조물의 반응예측, 원형조건의 파괴나 변형상태 재현, 구조물의 반응을 좌우하는 영향 인자들에 대한 상사 관계 예측 등이다(Atkinson, 1993).

원심모형실험에서 축척을  $1/n$ 로 축소시키는 것은 흙입자도 같은 크기로 축소시켜야 됨을 의미하지만, 흙입자의 크기를 축소하는 경우에는 원형과 모형의 거동이 크게 변할 수 있다. 또한, 흙입자의 입경은 흙의 기본적 물성으로 물론 역학적 거동을 결정하여 주기 때문에 결국 응력-변형률 구성관계의 상사성에 차이를 주게 된다. 따라서, 모형의 흙입자 크기와 관계없이, 즉, 가한 중력수준 크기와는 무관하게 정당성과 일관성 있는 실험결과를 얻을 수 있는지 여부를 확인하기 위하여 모형의 모델링 과정이 수행되어야 한다. 이 과정에서는 동일한 원형 구조물의 거동을 연구함에 있어서 모형의 축척 크기와 함께 가속도의 크기를 변화시키면서 실험을 수행하여 적정의 중력수준을 결정한다. 이와 같은 모형의 모델링 과정에서 축척의 영향과 경계영향이 각각 적정의 중력 가속도 수준을 결정함에 있어서 상한선과 하한선을 규정하고 있는 것으로 알려져 있다(Tani.&Craig, 1995 ; Taylor, R. N., 1995).

## 3. 실내시험 개요

원심모형실험을 위하여 현장의 원지반 상부 모래층( $N=4$ )과 준설토를 채취, 실내로 옮긴 후 슬러리 상태로 교반하여 모형토조에 적재하고 현장의 강도와 맞는 토층을 재현하기 위하여 자중에 의한 예압밀을 실시하였다. 예압밀이 진행된 후 휴대용 콘 관입시험을 수행하여 현장조건의 비배수 전단강도를 맞추어 실험을 실시하였다.

조석 간만의 영향에 따른 매립구간의 변위 및 강도특성을 평가하기 위하여 물을 공급하기 위한 솔레노이드밸브와 수조를 설치하였으며, 간극수압계 및 potentiometer를 설치하고 외부에 설치된 UPC Board 및 YDS 601 Data Logger에 연결하여 계측하였다(그림 1 참조). 모든 실험 후에는 콘관입시험을 수행하였다.

시료는 원지반 상부모래층을 6.7 cm (현장조건으로 3m)로 조성하고 준설토층은 13.3 cm(현장조건으로 6m)로 투기하였으며, 함수비는 30%로 배합하고, 배수조건은 단면배수로 실시하였으며, 중력장은 45g-level로 실험하였다.

계측기는 potentiometer는 2개, 간극수압계 2개를 설치하였다. 간극수압계는 간극수압을 측정하여 만조 및 간조시의 수위를 조절하기 위하여 설치하였으며, potentiometer는 슬러리 상태의 준설토 위에 설치하였고 준설토 상부의 침하량을 측정하기 위해 설치하였다. 준설토지반에 해수유입의 재현은 상부수조와 연결된 솔레노이드밸브에 전원을 공급하여 만조시의 수두를 재현하였으며, 간조시 수두조절은 모형토조 측면에 부착된 솔레노이드밸브에 전원을 공급하여 준설토지반 내의 다공판과 토조측면의 배수구를 통하여 토조 후면의 탱크에 저장되도록 하였다.

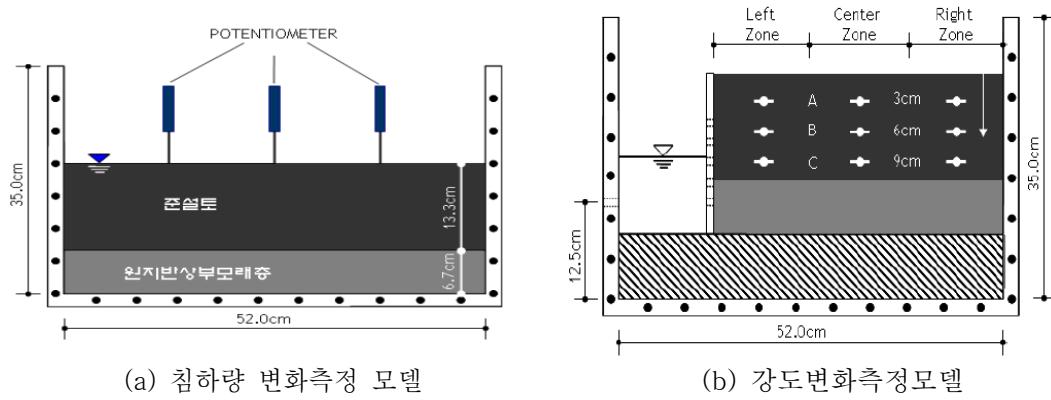


그림1. 강도와 침하량 변화실험

## 4. 실험 결과

### 4.1 변형 특성

표 1과 그림 2는 45g-level에 도달된 직후 및 시간경과에 따라 발생된 침하량을 정리한 것이다. 이로부터 12개월 후의 시점에 대한 최종 침하량은 평균 0.524cm로 나타났으며, 이를 현장조건으로 환산하면 23.58cm에 해당된다.

표 1. 기간 경과에 따른 해설준설토의 침하량

Lapsed time	Settlements(cm)			
	Potentiometer1		Potentiometer2	
	Model	Site	Model	Site
Initial settlements	0.770	-	0.770	-
At 45g level	0.321	14.445	0.300	13.500
1 month	0.460	20.700	0.431	19.395
2 month	0.489	22.005	0.460	20.700
4 month	0.497	22.365	0.476	21.420
6 month	0.510	22.950	0.493	22.185
8 month	0.520	23.400	0.503	22.635
10 month	0.525	23.625	0.512	23.040
12 month	0.528	23.805	0.519	23.355

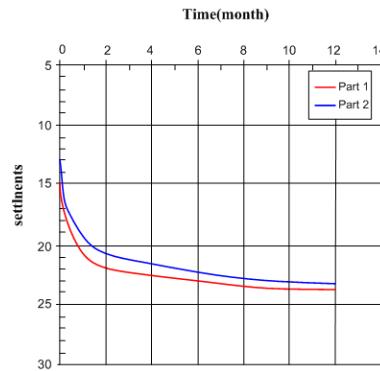


그림 2. 시간 경과에 따른 해설준설토의 침하량

### 4.2 강도 변화 특성

조석의 반복을 받는 준설토 지반에 대한 시간경과에 따라 콘관입시험을 실시한 결과는 표 2 및 그림 3과 같이 현장조건으로 시간에 따라 완만한 증가 경향을 나타내고 있다. 그림 3과 같이 조석의 반복에 의해 시간 경과에 따른 콘관입저항치는 10개월까지 증가하는 경향을 나타냈으나 10개월 이후부터는 강도증가가 미미하였다.

표 2. 모형에서 콘관입 저항치

TIME(Month)	Cone penetration resistance, $q_c(\text{kgf/cm}^2)$		
	D=3(cm)	D=6(cm)	D=9(cm)
0.025	2.117	3.192	3.140
3.0	3.766	6.377	8.047
6.0	5.854	9.613	13.998
8.0	6.481	10.652	16.295
10.0	7.318	12.649	17.624
12.0	7.318	13.030	17.772

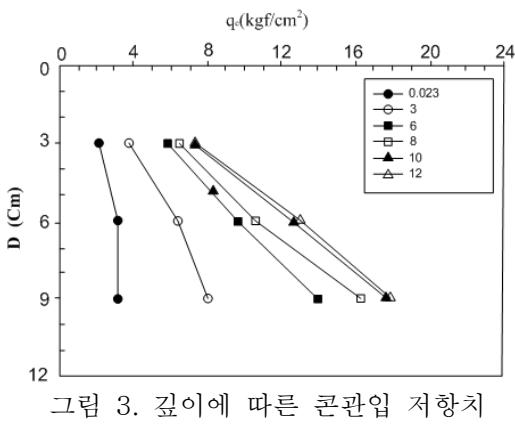


그림 3. 깊이에 따른 콘관입 저항치

## 5. 결 론

본 연구에서는 반복되는 조수의 영향으로 인한 해설준설토의 거동을 측정하였고, 최대조차 7.4m인 군산-장항의 해설준설토에 대한 원심모형실험을 실시하여 콘관입저항치와 침하량변화 관계를 조사하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 조석의 반복에 따른 준설토 지반의 침하량 측정결과 2개월 이내에 전체 침하량의 80%가 발생하였으며, 12개월 후의 최종침하량은 모형토조에서 0.524cm로 나타났고, 이를 현장조건으로 환산하면 23.58cm로 산정되었다.
- (2) 조석의 영향에 따른 강도변화의 특성을 파악하기 위하여 원심모형실험을 실시한 결과 시간경과에 따라 10개월까지 준설토층의 콘관입저항치는 증가하는 경향을 나타냈으나 10개월 이후에는 강도증가가 미미한 것으로 나타났다. 10개월 경과시점에서의 콘관입저항치는 초기상태에 비해 3.5배~5.6배 정도 크게 측정되었다.
- (3) 원심모형실험결과 침하량 및 콘관입저항치의 관계는 침하량이 작게 발생되는 10개월 이후 콘관입저항치 증가량 또한 미미하게 나타나나 상관관계가 어느정도 있음을 알 수 있었다. 콘관입저항치는 심도가 깊을수록 증가하는 경향을 나타냈다.

## 참고문헌

1. 이승원, 심민보(2001), “비소성 준설토의 침강 및 퇴적특성”, *한국지반공학회논문집*, 제17권, 제2호, pp.113~122.
2. 이처근, 안광국, 허열(2000), Diaphragm wall에서 굴착 깊이-시간-변위에 관한 원심모형실험, *한국지반공학회 논문집*, 제 16권, 제 5호, pp. 179~191.
3. 현대건설기술연구소(2000), 준설투기장의 규모설계 및 준설큐레이션의 자중압밀침하에 관한 연구, *현대건설기술연구소*, 연구보고서 098GEOS04, pp. 24~121.
4. Atkinson, J.(1993), An Introduction to the Mechanics of Soils and Foundations Through Critical State Soil Mechanics, *McGraw-Hill*, pp. 316~323.
5. Tani, k. and Craig,W.H.(1995), Developement of Centrifuge cone Penetration Test to Evaluate the Undrained Shear Strength Profile of Model Clay Bed, *Soil and Foundation* Vol 35, No 2, pp. 37~47.
6. Taylor, R. N. (1995), Geotechnical Centrifuge Technology , *Chapman & Hall, London*, pp. 1~115.