

# 방조제 축조에 따른 치환 및 융기의 형태에 관한 모형실험

## A Model Tests on the Shape of Deformation caused by Sea dike Construction

장 병 옥(서울대) · 김 성 필\* (서울대) · 우 철 웅(서울대)  
Chang, Pyoung Wuck · Kim, Seong Phil · Woo, Chull Woong

### Abstract

The deduction methods for forced displacement depths caused by sea dike construction often assumed the shape of forced displacements and heaving. To investigate the shape of forced displacements and heaving, a model tests was performed. Results of the tests are as follows; 1) The shape of forced displacements can be assumed ellipse. 2) The shape of heaving can not be assumed uniform shape like a circle and Extents of heaving was varied with the loading height and width. 3) The shape of forced displacements caused by step construction, pebble embankments and soil embankments, also investigated.

### I 서론

방조제 축조시에 사석제 축조를 위한 사석을 투여하게 되면 기초지반에서는 비배수변형으로 인한 강제치환과 측방융기가 발생하게 된다. 이와 같이 방조제 축조시에 발생하는 지반의 강제치환의 심도는 투입되는 사석제의 물량과 관련하여 많은 문제점을 야기하고 있다.

일반적인 방조제의 설계는 지반의 초기유효응력과 사석제 등의 추가하중에 의해 지반 내에 추가로 발생하는 응력의 합이 지반의 극한지지력과 같아지는 지점까지 치환되는 것으로 하여 치환심도를 추정하고 있다. 또한 지금까지의 치환심도에 대한 몇 가지 연구에서도 이러한 가정은 동일하게 적용되고 있으며 여러 가지 가정들을 도입하고 있다. 이러한 가정들 중에서는 치환에 의한 지반의 변형형태에 대한 기하학적인 가정이 포함된다. Yasuhara and Tsukamoto, 화랑대 연구소 그리고 한양대 산업과학 연구소에서는 제방폭(B)의 약 3배까지 측방융기가 발생하는 것으로 보고 치환심도 추정식을 제안하였다. 화랑대 연구소에서는 보강재가 있는 경우에 융기의 형태를 원형으로 가정하였고, 한양대 산업과학 연구소에서는 보강재의 변형 형상을 포물선으로 가정하였다.

따라서 방조제 축조에 따른 강제치환에 대한 보다 정확한 연구를 위해서는 이러한 기하학적인 가정들에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 지반보강재가 없는 경우에 방조제 축조시에 발생하는 지반의 기하학적인 변형에 대한 연구를 위하여 모형시험을 실시하였다. 그리고 사석제 축조 후에 축조되는 성토제에 의한 복합적인 치환의 형태를 알아보았다.

### II 재료 및 시험방법

---

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

## 2. 1 재료

시험에 사용한 시료는 전라남도 장흥군 삼산 간척지에서 채취한 교란시료를 재성형하여 사용하였다. 시료의 물리적 특성과 입도 분포는 각각 다음의 Table 1, Fig. 1과 같다.

Table 1 Physical properties of samples used

$G_s$	2.69
$w_n(\%)$	38.0
$w_l(\%)$	41.3
$w_p(\%)$	21.1
$PI$	11.2
USCS	CL

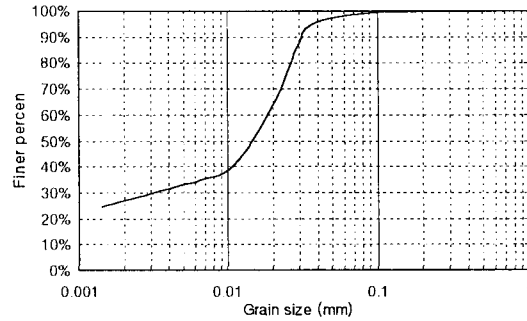


Fig. 1 Grain size distribution curve

## 2. 2 시험장치 및 방법

본 시험에서 사용한 모형토조의 규격은 200cm×52cm×70cm이고 변형을 억제할 수 있도록 제작되었다. 벽면마찰의 영향을 최소화하기 위하여 관측창 내부는 그리스를 바르고 나머지 벽면은 테프론시트를 발라서 처리하였다. 모형토조와 각 부대장치의 개략도는 Fig. 2와 같다.

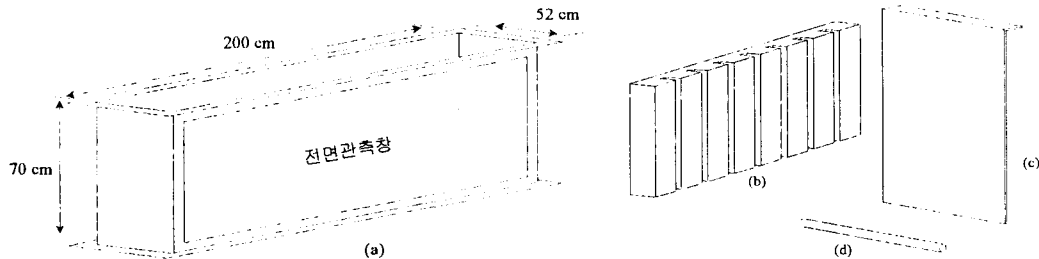


Fig. 2 Schematic view of test device

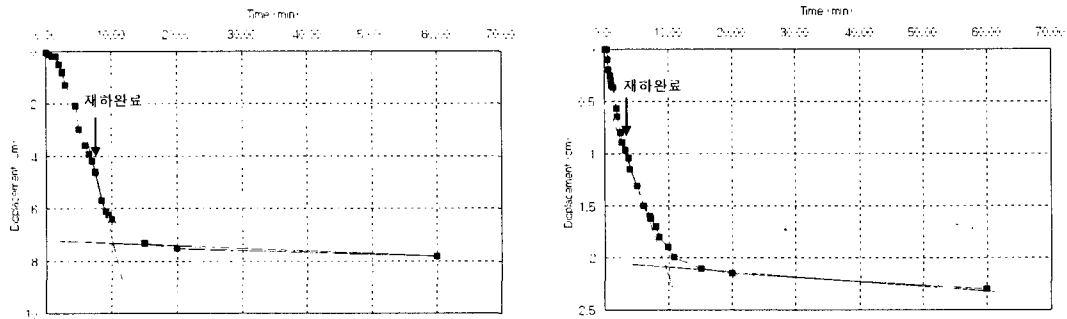
토조 상단에 가이드(b)를 설치하고 칸막이(c)를 고정한 후에 재하하였다. 재하는 사석제에 의한 강제치환의 형태를 표현하기 위하여 Box형태의 재하장치를 사용하지 않고 직경 1cm, 길이 52cm의 봉(d)을 재하하여 자연적인 치환단면을 형성하도록 하였다.

충분히 교반시킨 시료를 이용하여 토조에 심도 45cm의 지반을 형성시키고 사석제의 폭 10cm와 15cm, 그리고 사석제 제고 5cm, 7.5cm, 10cm에 대하여 시험을 실시하였다. 이때 성토제의 제고는 사석제 제고에 4cm를 더하고, 제폭은 사석제 폭의 2배로 하였다.

## III 결과 및 고찰

### 3. 1 강제치환에 소요되는 시간의 결정

강제치환에 소요되는 시간을 구하기 위하여 재하시험을 실시하여 치환심도를 측정 한 결과 Fig. 3과 같이 나타났다. (a)는 제폭 15cm, 제고 5cm이고, (b)는 제폭 10cm, 제고 10cm의 경우이다. 그림에서와 같이 직선부의 교점을 치환완료시간으로 결정하였다. 따라서 재하완료 후 10분 이후의 단면을 최종단면으로 결정하였다.



(a) Loading width = 15cm, height = 5cm

(b) Loading width = 10cm, height = 10cm

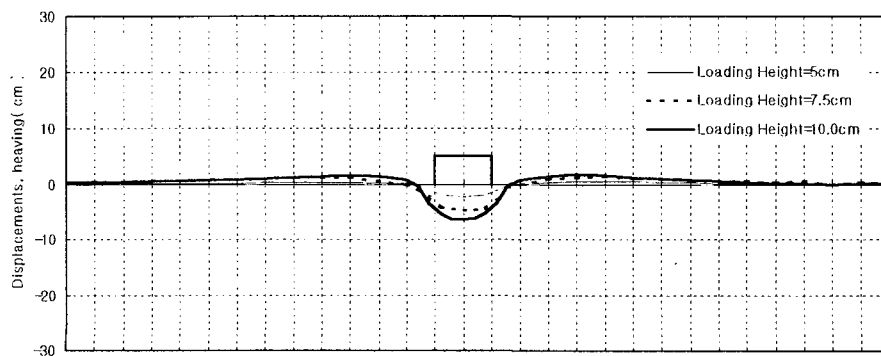
Fig. 3 Time-settlement and heaving curve for determination of displacement time

### 3. 2 사석제에 대한 시험결과

사석제에 대한 시험결과를 요약하면 Table 2와 같다.

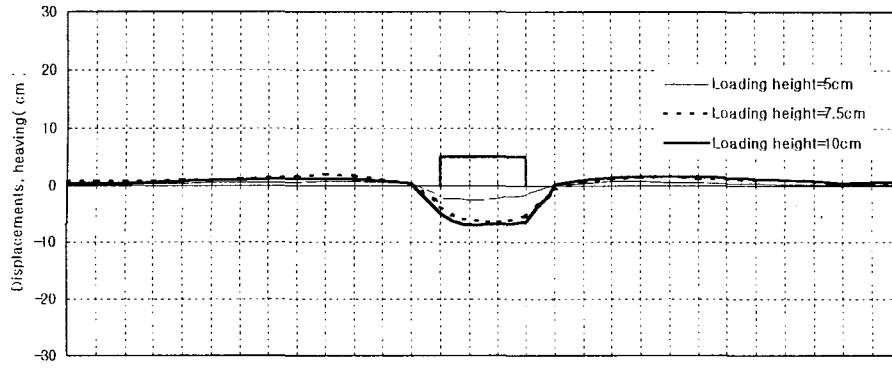
Table 2 Test results for pebble embankments construction

Loading conditions	Loading width 15cm			Loading width 10cm		
	Height 5cm	Height 7.5cm	Height 10cm	Height 5cm	Height 7.5cm	Height 10cm
Items measured	5cm	7.5cm	10cm	5cm	7.5cm	10cm
Max. displacement	2.64	6.40	7.14	2.3	4.8	6.4
Max. heaving	0.70	1.85	1.60	0.5	1.3	1.7
Extent of heaving	70.0	75.0	95.0	60	85	105



(a) Loading width = 10cm

Fig. 4는 사석제 축조에 따른 강제치환과 측방 융기의 형태를 나타낸 것이다. 최대치환심도와 융기량은 제폭과 제고가 커질수록 커짐을 알



(b) Loading width = 15cm

Fig. 4 The shape of forced displacements and heaving

수 있다. 그리고 시험결과 일반적으로 가정하듯이 사석제의 양끝에서의 강제치환 심도가 0이 아님을 알 수 있다. 그리고 사석제 축조에 따른 치환심도의 결정에 필요

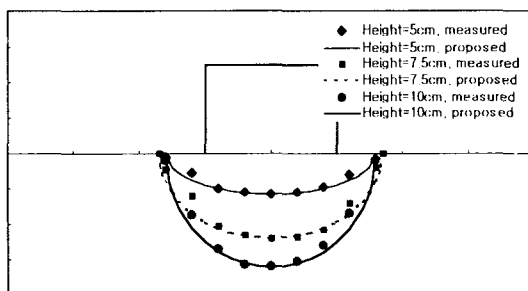
한 기하학적인 형태를 일정한 형태로 가정하는 것은 옳지 않음을 알 수 있다. 즉, 측방유기의 형태를 원으로 가정하는 것은 옳지 않다. 또한 측방유기의 영향범위를 제폭의 3배로 일률적으로 가정할 수 없으며 제고(하중)와 제폭에 영향을 받는 값으로 나타났다.

### 3. 3 사석제에 의한 강제치환형태

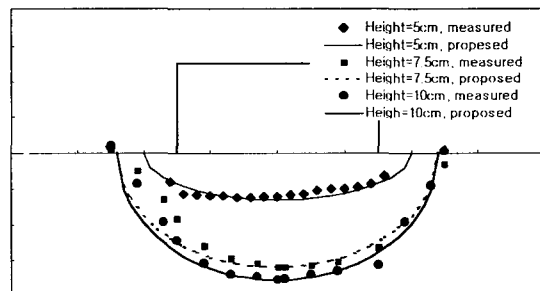
사석제에 의한 강제치환의 형태를 정형화하기 위하여 타원의 형태를 적용하여 보았다. 타원은  $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$  로 표현되며 Fig. 5는 지반고의 변화가 없는 지점과 최대치환심도를 각각 a, b로 한 타원형태를 적용한 그림이다. 각 재하조건에 대한 a, b의 값은 Table 3과 같다.

Table 3 a, b for loading conditions

Loading conditions	Loading width 15cm			Loading width 10cm		
	Height	Height	Height	Height	Height	Height
Parameter	5cm	7.5cm	10cm	5cm	7.5cm	10cm
a	10.0	12.0	12.0	8.0	8.5	8.0
b	2.64	6.40	7.14	2.3	4.8	6.4



(a) Loading width = 10cm

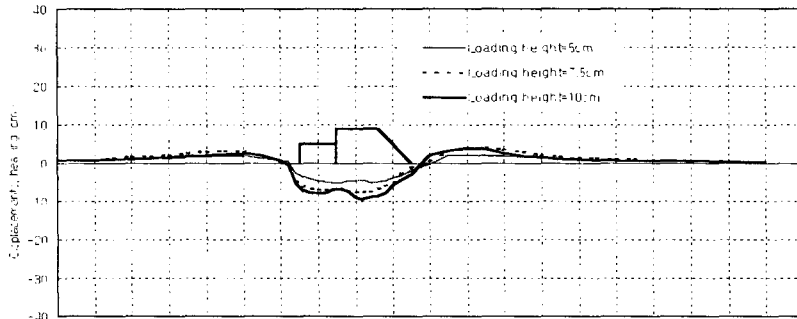


(b) Loading width = 15cm

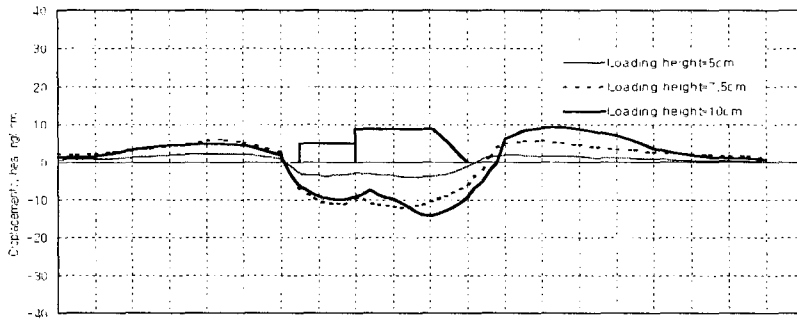
Fig. 5 Ellipse proposed to the shape of forced displacements

타원형태를 적용한 것은 강제치환의 기하학적인 형태만으로 parameter a, b를 구하기가 용이하기 때문이며 그림에서 보듯이 타원으로 표현한 형태가 강제치환을 정확하게 표현할 수는 없으나 큰 무리 없이 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 4 사석제 축조 후 성토제 축조에 대한 시험결과



(a) Loading width = 10cm



(b) Loading width = 15cm

Fig. 6 The shape of forced displacements caused by step construction

것으로 나타났다. 그리고 최대치환심도는 성토제 단면에서 나타났다.

## IV 요약 및 결론

본 연구에서는 연약지반 상에 방조제를 축조하는 경우에 발생하는 강제치환 및 축방용기의 형태를 고찰하기 위하여 모형시험을 실시하였다. 그리고 사석제와 성토제에 의해 발생하는 강제치환의 형태를 살펴보았다. 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 사석제 축조시에 발생하는 강제치환의 경우 사석제 양끝에서 치환심도가 0이 아니며 지반 고의 변화가 없는 지점과 최대치환심도를 각각  $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ 의  $a, b$ 로 하는 타원으로 표현할 수 있었다.
2. 축방용기의 형태는 원 등의 일정한 형태로 가정할 수 없으며 축방용기의 영향범위는 제고

Fig. 6은 각각 사석제 폭 15cm, 10cm에 대하여 사석제 축조 후에 성토제를 축조한 경우의 강제치환형태와 축방용기형태를 나타낸 것이다.

시험결과 일반적으로 가정하는 것과 같이 사석제와 성토제에 대한 강제치환의 형태가 연속적이 아니라 두 부분의 연결부분에서 불연속적인 형태를 나타내는 것으로 나타났다.

사석제에 의한 치환단면은 성토제 축조시에 함께 치환되며 성토제에 인접한 부분일수록 보다 더 크게 치환되는

(하중)와 제폭에 따라 변하는 값으로 나타났다.

3. 사석제 축조 후에 성토제를 축조하는 경우, 강제치환의 형태는 두 부분의 연결부에서 불연속인 형태로 나타났으며 최대치환심도는 성토제 하부에서 발생하였다.

이상의 연구 결과는 방조제 사석제 및 성토제 물량의 산정과 기타 강제치환에 관한 연구에 도움이 될 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 농림부·전라남도 장흥군, 1998, “방조제 축조에 따른 침하량(지반변형해석) 연구(I)”
2. 농어촌진흥공사 농어촌연구원, 1991, “토공구조물에 의한 연약점토 지반의 변형에 관한 연구(II)”
3. 이원택, 1985, “점토지반 매립시 치환깊이에 관한 실험연구”, 서울대학교석사학위논문
4. 권호진, 1983, “연약한 점성토 지반 재하시 치환깊이에 관한 실험적 연구”, 서울대학교석사학위논문
5. Yasuhara & Tsukamoto, 1982, “A Rapid Banking Method Using the Resinous Mesh on a Soft Reclaimed Land”, 2nd International Conference on Geotextiles, pp. 635-640