

# 정하중 및 동하중이 작용하는 연약지반의 거동특성(비교모형실험)

## Characteristic of a Soft Ground Behavior Subjected to Static and Dynamic Loads (A Study on the Model Test)

김 종 렬<sup>1</sup> Kim, Jong-Ryeol

강 진 태<sup>2</sup> Kang, Jin-Tae

이 치 열<sup>3</sup> Lee, Chi-Yeal

박 용 면<sup>4</sup> Park, Yong-Myun

정 재 훈<sup>5</sup> Jeong, Jea-Hoon

### Abstract

In the study a 2 dimensional model test was executed to grasp the effect of the taking load of equipments on the ground when improving a soft ground like dredging reclaimed ground. The static load and the dynamic load in the consolidated model ground was 0.02 kg/cm<sup>2</sup>, 0.03 kg/cm<sup>2</sup> and 0.04 kg/cm<sup>2</sup> respectively. After consolidating for two months by consolidation load of 0.02 kg/cm<sup>2</sup>, 0.03 kg/cm<sup>2</sup> and 0.04 kg/cm<sup>2</sup> respectively, the ultimate bearing capacity was 0.16 kg/cm<sup>2</sup>, 0.19 kg/cm<sup>2</sup>, 0.24 kg/cm<sup>2</sup> respectively. And the energy price of dynamic load test at the same point as the settlement of static load test indicated E=336~945kg·cm, E=252~780kg·cm and E=323~727kg·cm for each consolidation load. When the static load and the dynamic load operated at the same ground condition, the heaving quantity was bigger in the case of the dynamic load than in the case of the static load, and the horizontal displacement quantity the in the case of dynamic load was exhibited very deficiently compared to the quantity in the case of static load test.

### 요 지

본 연구에서 준설탁립지반과 같은 연약지반의 개량 시 장비의 연행하중이 지반에 미치는 영향을 파악하고자 2차원 모형재하시험을 실시하였다. 정하중 및 동하중은 각각 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup> 및 0.04kg/cm<sup>2</sup>으로 압밀된 모형지반에 재하하였다. 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup> 및 0.04kg/cm<sup>2</sup>으로 2달간 압밀시킨 후 각각의 압밀하중으로 인한 극한지지력은 0.16kg/cm<sup>2</sup>, 0.19kg/cm<sup>2</sup>, 0.24kg/cm<sup>2</sup>인 것을 얻을 수 있었다. 그리고 정하중시험의 침하량과 같아지는 지점의 동하중시험 시 에너지 값은 각각의 압밀하중에 대하여 E=336~945kg·cm, E=252~780kg·cm 및 E=323~727kg·cm의 범위를 나타냈다. 같은 지반조건에서 정하중과 동하중이 각각 작용할 경우, Heaving량은 정하중보다 동하중 작용 시 더 컸으며, 수평변위량은 정하중 시험에 비해 극히 미비하게 나타났다.

**Keywords :** Dynamic load, Heaving quantity, Horizontal displacement quantity, Soft ground, Static load

### 1. 서 론

최근 도시 산업화의 급속한 발전과 균형 있는 국토개

발을 위하여 택지, 공공용지, 산업용지 등의 토지수요가 급증하고 있으나, 가용부지의 감소, 용지보상, 환경문제 등으로 개발사업이 어려운 실정이다. 이러한 내륙

1 정회원, 전남대학교 토목공학과 부교수 (Member, Associate Prof, Dept. of Civil Engr, Chonnam National Univ., jrkim@jnu.ac.kr, 교신저자)

2 정회원, 전남대학교 토목공학과 박사과정 (Member, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engr, Chonnam National Univ.)

3 새길엔지니어링 대리 (Sea Gil Engineering)

4 전남대학교 토목공학과 박사과정 (Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engr, Chonnam National Univ.)

5 전남대학교 토목공학과 박사과정 (Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engr, Chonnam National Univ.)

\* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2008년 7월 31일까지 그 내용을 학회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

지의 개발한계에 따른 국토자원개발의 효율성을 위하여 간척 및 준설매립을 통한 해안 및 호안의 연약지반에 대규모 건설공사가 추진되고 있다.

이렇듯 준설매립지와 같은 연약지반 위에 구조물을 건설하기 위해서는 먼저 지반개량이 선행되어야 한다. 만약 아무런 대책을 실시하지 않은 무처리 상태에서 연약지반 위에 통상의 공법으로 성토나 구조물을 재하하거나, 지반을 굴착했을 때는 지반이 파괴된다거나 장기간 침하나 변형이 계속될 수가 있다. 또한 연약지반을 개량하기 위해서는 장비가 투입되어야 하고 장비가 진행할 수 있는 주행성이 확보되어야 한다.

이처럼 준설매립현장에서 Trafficability를 확보하기 위해서 제방을 축조하지만, 연행하중으로 인해 차량이 이동하면서 제방이 파괴되는 일이 허다하다. 그러므로 제방에서 일어나는 일을 현장에서 시험해야 하나 불가능하고, 많은 시간과 인력, 경비가 소요되고, 지반의 구성 및 기초 형태 등에 변화를 주는 다양한 실험 또한 실제지반에서는 실현이 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 모형재하 실험장치를 이용하여 동일한 압밀조건 하에서의 정하중 및 동하중에 작용했을 때 파괴 양상 및 지반의 변형거동을 일관성 있게 파악하고자 한다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서 충격하중을 환산하기 위하여 먼저 정하중 실험에서 나오는 결과 값인 변위 양상, 파괴형태 및 침하량을 구한다. 그리고 에너지 보존법칙을 이용하여 정하중 실험을 통하여 구한 침하량과 충격거리를 이용하여 충격계수를 구하고, 이를 정하중에 곱해줌으로써 충격하중으로 환산하였다.

### 2.1 모형토조실험 개요

시료는 전라남도에는 있는 광양·울촌 현장에서 채취한 해성점토를 아크릴 통에서 교반기를 사용하여 점토 덩어리(Clay Balls)없이 균질하게 파쇄 분산시킨 후 함수비 200%정도를 혼합하여 현탁한 상태를 만들었다.

모형 토조의 아래 부분은 표준사로 포설하고, 배수구를 만들고, 배수지를 토조 아크릴부분만 제외하고 압밀을 자연스럽게 유도하도록 하였다. 압밀하중은  $0.02\text{kg/cm}^2$ ,  $0.03\text{kg/cm}^2$ ,  $0.04\text{kg/cm}^2$ 로 재하판을 두고 추를 이용하여

약 두 달간 압밀을 시킨 후 1차 압밀이 종료된 것을 확인한 후 실험을 실시하였다.

### 2.2 실험장치

#### 2.2.1 모형 토조

실내 모형 토조는 높이 60cm, 길이 60cm, 120cm 내폭 18.5cm의 강재로 구성되어 있고, 전면은 10mm 두께의 투명 아크릴판과 횡방향과 종방향 변형을 막기 위한 보조강재로 보강되어 있다. 전면의 아크릴판과 보조강재는 분해할 수 있도록 볼트로 체결되어 있으며, 하부에 Drain cock을 두어 배수가 가능토록 되어 있다(그림 1).

모형지반에 하중을 가하기 위해서 지름 5.4mm, 길이 180mm 크기의 아크릴 봉을 이용하여 연성기초를 재연하였다. 재하 시 성토구조물 자체의 파괴를 방지하고 성토재의 유연성을 갖고 횡방향으로 무너져 하중이 편심 또는 분산되는 것을 방지하기 위해 아크릴봉에 아크릴 실로 엮어서 사용하였다. 그림 2와 같이 7단으로 쌓아 위에 재하판을 놓고 가압하여 연성기초의 기능이 발휘되도록 하였다.

#### 2.2.2 하중재하장치

동하중과 정하중을 줄 수 있는 실험장치로써 그림 3과 같이 폭 50mm, 길이 190mm로 되어 있고 편심재하를

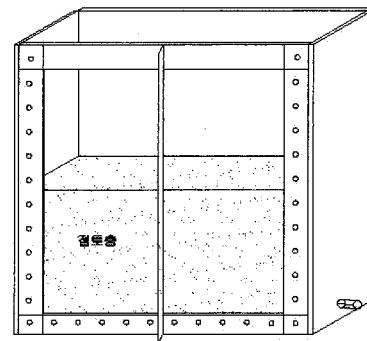


그림 1. 실내 모형 토조

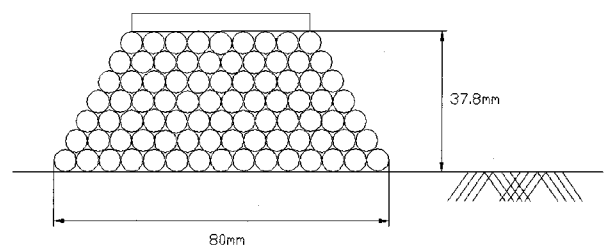


그림 2. 모형 성토재 연성기초

방지하기 위하여 강봉에 추를 장착할 수 있도록 하였다. 추의 두께는 1mm, 2mm, 3mm로 되어 있어 원하는 하중을 줄 수 있게 되어 있다.

## 2.3 하중 재하

### 2.3.1 정하중의 재하

하중 재하는 같은 하중으로 총 6개의 모형토조시험을 실시하였다.

연약지반 상에 아크릴 봉으로 엮은 연성기초를 압밀 하중이 각각  $0.02\text{kg/cm}^2$ ,  $0.03\text{kg/cm}^2$ ,  $0.04\text{kg/cm}^2$ 로 과압 밀된 시료를 사용하였다. 모형지반은 높이 30cm, 폭 60cm인 실험지반을 완성하고, 모형지반의 표면부 아크릴판을 떼어내고 국수가닥을 이용하여 정사각형  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 로 mesh(그림 4)를 일정하게 형성한 후 조립하였다. 그리고 하중재하는 Terzaghi 지지력공식에 의해서 재하 하중 값을 구하여 하중재하는 5단계로 단계성토하였다.

하중증가에 따라 지반의 연직 및 수평변위를 관측하기 위하여 국수가닥을 이용하여 격자망을 설치하여 상대변위, 파괴양상, 침하량을 측정하였다.

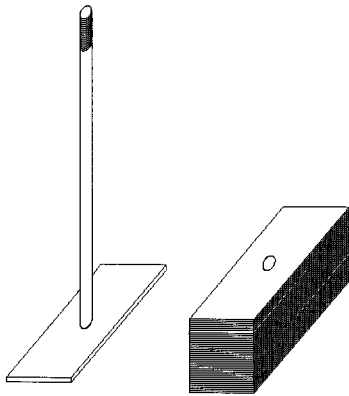


그림 3. 추 및 하중재하장치

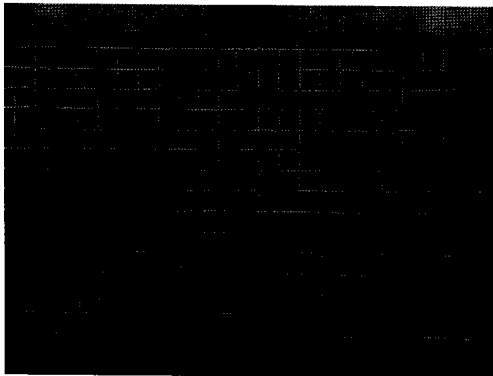


그림 4. 국수가닥을 이용한 mesh 형성

### 2.3.2 동하중의 재하

같은 지반응력 조건으로 만들어진 연약지반 상에 정하중이 작용할 때 구한 침하량 값과  $2.54\text{cm}$ 침하 시 허용지지력값을 이용하여 정하중을 충격하중으로 환산하고, 단위높이 10cm에 하중을 자유 낙하시켜 정하중에서 구한 침하량과 같은 침하량일 때 낙하횟수와 에너지를 측정하여 그때의 지반변위양상을 관찰하였다.

## 3. 모형 재하 실험 결과 및 고찰

### 3.1 지지력-침하 관계

그림 5는 각각의 압밀하중  $0.02\text{kg/cm}^2$ ,  $0.03\text{kg/cm}^2$ ,  $0.04\text{kg/cm}^2$ 으로 두 달간 압밀시켜 압밀하중에 따른 단계하중 작용 시 침하량을 산정하였다. 꺾이는 부분을 기준으로 하여 각각  $0.16\text{kg/cm}^2$ ,  $0.19\text{kg/cm}^2$ ,  $0.24\text{kg/cm}^2$ 의 극한지지력을 구할 수 있었다.

### 3.2 연직변위와 측방변위와의 관계

#### 3.2.1 압밀하중이 $0.02\text{kg/cm}^2$ 인 경우

그림 6은 압밀하중이  $0.02\text{kg/cm}^2$  일 때 하중  $0.08\text{kg/cm}^2$ ,  $0.10\text{kg/cm}^2$ ,  $0.12\text{kg/cm}^2$ ,  $0.14\text{kg/cm}^2$ ,  $0.16\text{kg/cm}^2$ ,  $0.18\text{kg/cm}^2$ 을 단계적으로 재하 시 연직변위를 나타낸 그래프이다. 최대 침하량은  $4.83\text{cm}$ 로 이때의 재하하중  $0.18\text{kg/cm}^2$ 이었다.

이를 기준으로 하중  $0.08\text{kg/cm}^2$ 을 가한 경우 침하량은  $0.637\text{cm}$  정도로 나타났다. 이는 통상적인 하중-침하 곡선에서 단계 하중을 적용시켰을 경우 침하량이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 하중을 일정하게 증가시킨다고 그 침하량도 일정한 비율로 증가하지 않는

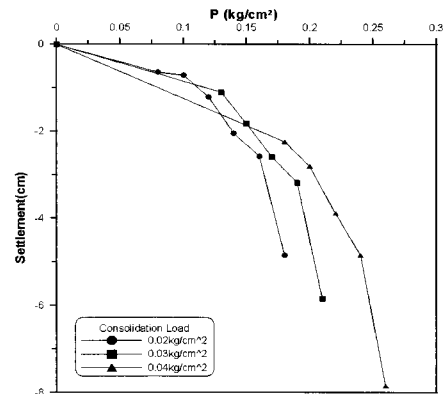


그림 5. 하중-침하곡선

다는 것을 알 수 있다.

한편, 하중 재하판 양 끝단에서의 최종하중  $0.18\text{kg/cm}^2$  일 때 heaving량이 약  $0.5\sim 0.6\text{cm}$  정도 발생하였다.

그림 7과 그림 8은 하중재하판의 중심으로부터 각각 6cm, 10cm 떨어진 곳에서의 측방변위를 나타낸 그래프이다.

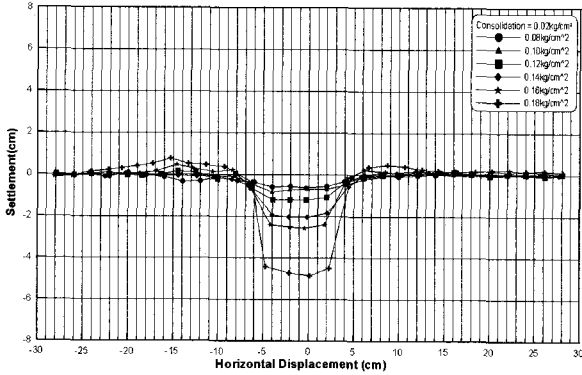


그림 6. 압밀하중  $0.02\text{kg/cm}^2$ 로 재성형된 연약지반의 단계하중 작용 시 연직침하변위

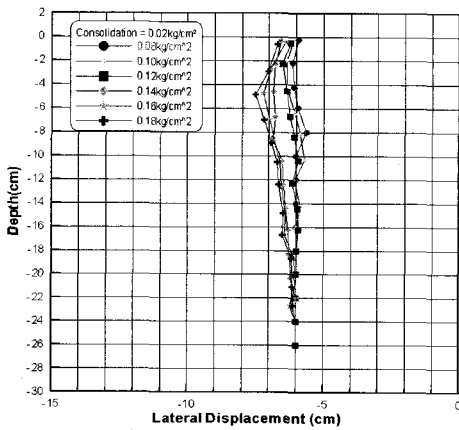


그림 7. 압밀하중  $0.02\text{kg/cm}^2$ 로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

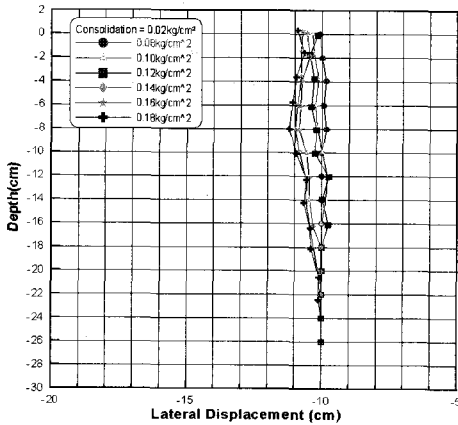


그림 8. 압밀하중  $0.02\text{kg/cm}^2$ 로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

### 3.2.2 압밀하중이 $0.03\text{kg/cm}^2$ 인 경우

그림 9는 압밀하중이  $0.03\text{kg/cm}^2$ 으로 하고 단계하중을 각각  $0.13\text{kg/cm}^2$ ,  $0.15\text{kg/cm}^2$ ,  $0.17\text{kg/cm}^2$ ,  $0.19\text{kg/cm}^2$ ,  $0.21\text{kg/cm}^2$ 으로 가하였다. 이때 최대 침하량은  $0.21\text{kg/cm}^2$  일 때  $5.81\text{cm}$ , 하중 재하판의 양 끝단의 heaving량은  $0.36\text{cm}$ 로 나타났다. 이로부터 전체적인 거동양상은 앞의  $0.02\text{kg/cm}^2$ 에서 나타난 경향과 유사 하였으나 침하량은 약간의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 서로 다른 하중으로 지반을 압밀시킴으로써 모형지반의 지지력 차이로 나타나는 현상이다. 압밀하중이  $0.02\text{kg/cm}^2$  일 때 하중을  $0.18\text{kg/cm}^2$ 를 재하 한 경우 침하량은  $4.83\text{cm}$ 이었으나, 압밀하중이  $0.03\text{kg/cm}^2$ 일 때 하중을  $0.19\text{kg/cm}^2$  재하 하였을 때 침하량은  $3.17\text{cm}$  정도로 침하량이 감소한 것을 알 수 있다.

그림 10과 그림 11은 하중재하판의 중심으로부터 각각 6cm, 10cm 떨어진 곳에서의 측방변위를 나타낸 그래프이다.

### 3.2.3 압밀하중이 $0.04\text{kg/cm}^2$ 인 경우

그림 12 또한 압밀하중이  $0.04\text{kg/cm}^2$  일 때 하중을 단계적으로 각각  $0.18\text{kg/cm}^2$ ,  $0.20\text{kg/cm}^2$ ,  $0.22\text{kg/cm}^2$ ,  $0.24\text{kg/cm}^2$ ,  $0.26\text{kg/cm}^2$ 씩 재하 시킨 경우를 나타낸다. 이때 최대 침하량은  $7.85\text{cm}$  이고 재하판 양 끝단의 최대 heaving량은  $1.05\text{cm}$ 로 나타났다.

그림 13과 그림 14는 하중재하판의 중심으로부터 각각 6cm, 10cm 떨어진 곳에서의 측방변위를 나타낸 그래프이다.

각각의 압밀하중 그래프에서 볼 수 있듯이 압밀하중이 클수록 동일하중을 재하 할 경우 측방변위가 억제되어 가고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 압밀하중이  $0.02\text{kg/cm}^2$ ,  $0.03\text{kg/cm}^2$ ,  $0.04\text{kg/cm}^2$  일 때 하중을  $0.18$

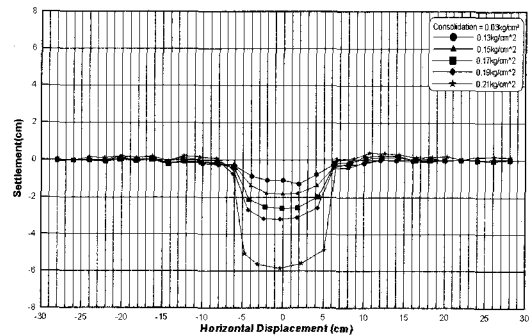


그림 9. 압밀하중  $0.03\text{kg/cm}^2$ 로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 연직침하변위

kg/cm<sup>2</sup> 재하 했을 때 측방변위량을 살펴보면 알 수 있다. 이와 같은 현상은 연약지반이 큰 하중에 의해 압밀될 경우 지반의 지지력이 증가 한다는 것을 의미한다.

또한, 각 측방변위의 최대치는 표층부에서 발생하지 않고 표층부로부터 어느 정도 깊이에서 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 하중재하에 의해 침하가 발생하고 이

때 표층부는 재하판에 눌러서 수직 하향으로 이동하기 때문이다.

위의 그림에서는 모든 측방변위량이 대부분 1cm 이하에서 나타난다. 이는 하중재하에 의한 파괴양상이 관입전단파괴 형태를 띠기 때문으로 사려 된다.

### 3.3 충격하중 작용 시 연직변위와 측방변위와의 관계

위의 정하중 실험과 동일한 응력조건, 즉 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup>, 0.04kg/cm<sup>2</sup>으로 압밀도 모형으로 재성형되었다.

표 1은 정하중을 충격하중(동하중)으로 환산한 결과 값을 정리한 것이다.

그림 15, 그림 16, 그림 17은 정하중실험에서 각각 다른 압밀조건에서 침하량과 하중-침하곡선에서 구한 극한지지력 값을 기준으로 해서 충격하중(동하중)으로 환

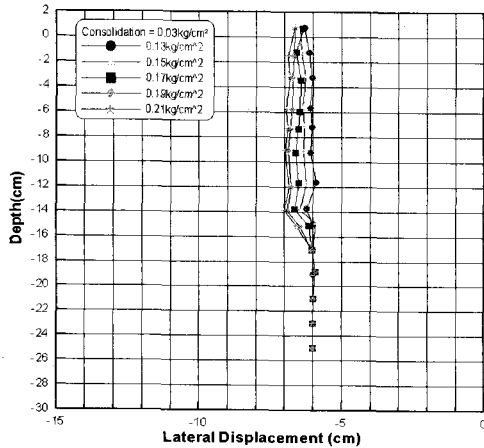


그림 10. 압밀하중 0.03kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

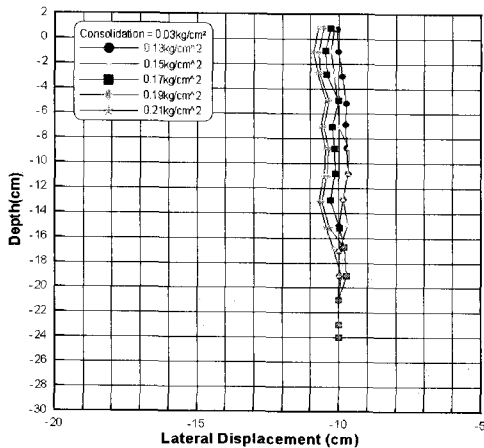


그림 11. 압밀하중 0.03kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

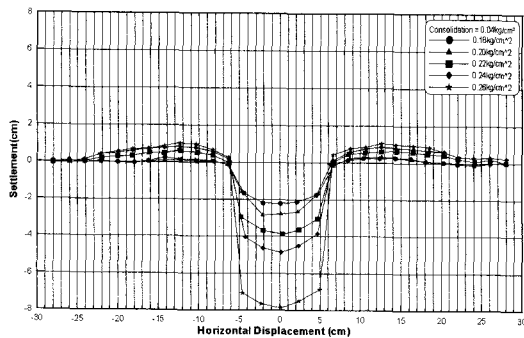


그림 12. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 단계하중작용 시 연직침하변위

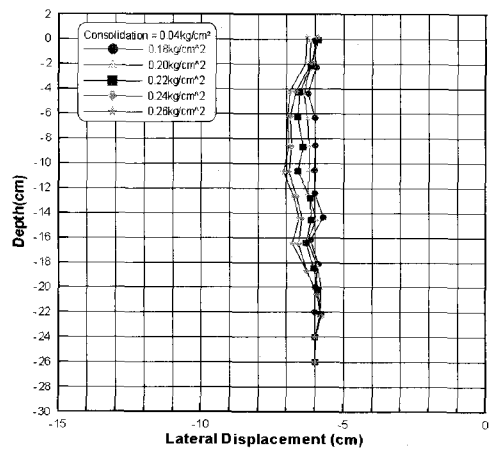


그림 13. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재 성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

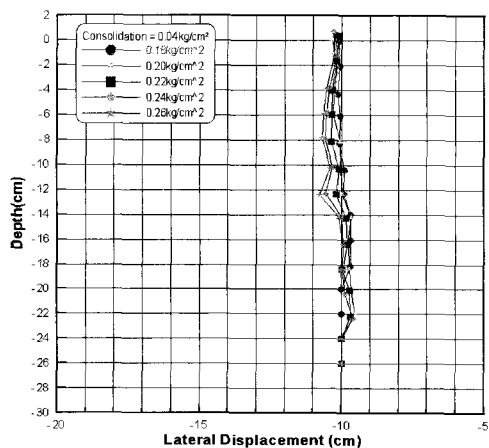


그림 14. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재 성형된 연약지반의 단계하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

표 1. 정하중을 충격하중(동하중)으로 환산한 값

압밀하중 (kg/cm <sup>2</sup> )	높이 (cm)	응력 (kg/cm <sup>2</sup> )	하중으로 환산 (kg)	처짐량 (cm)	보정처짐량 (cm)	충격하중 (kg)
0.02	10	0.08	7.6	0.609	0.609	7.608
	10	0.10	9.5	0.858	0.250	9.514
	10	0.12	11.4	1.218	0.360	11.419
	10	0.14	13.3	2.049	0.831	13.338
	10	0.16	15.2	2.575	0.526	15.218
0.03	10	0.13	12.35	1.098	1.098	16.098
	10	0.15	14.25	1.830	0.732	12.645
	10	0.17	16.15	2.592	0.762	16.169
	10	0.19	18.05	3.171	0.579	18.096
0.04	10	0.18	17.1	2.266	2.266	17.160
	10	0.20	19.0	2.834	0.568	19.017
	10	0.22	20.9	3.882	1.048	20.092
	10	0.24	22.8	4.846	0.963	22.885

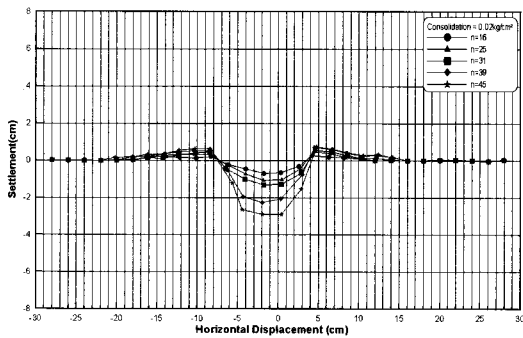


그림 15. 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 연직침하변위

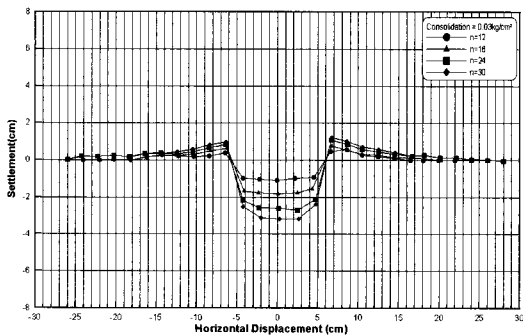


그림 16. 압밀하중 0.03kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 연직침하변위

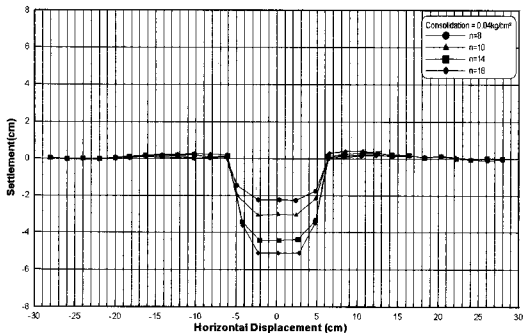


그림 17. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 연직침하변위

산해 단위 높이 10cm에서 자유 낙하시켰을 경우 정하중 시험에서의 침하량이 같아지는 지점에서 낙하횟수를 기록하였다. 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup>, 0.04 kg/cm<sup>2</sup>에서 총 소요되는 충격횟수는 45회, 30회, 18회로, 과압 밀하중으로 생성된 지반에서는 극한지지력에 비해 작은 중량 낙하횟수로도 큰 침하가 발생한다는 것을 알 수 있었고, 극한지지력에 비해 지반이 연약할수록 소성 거동하여 동하중 작용 시 안정되는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

정하중에 비해서 충격하중이 작용할 경우, 압밀되는 속도보다 침하되는 속도가 더 빠르기 때문에 관입전단파괴가 발생하고, heaving량이 정하중실험 때보다 증가하였다.

그림 18, 그림 19, 그림 20은 충격하중 실험에 의한 제체중양부에서 6cm 떨어진 부분의 측방변위를 나타낸 것이며, 그림 21, 그림 22, 그림 23은 같은 충격하중 실험에서 제체중양부로부터 10cm 떨어진 부분의 측방변

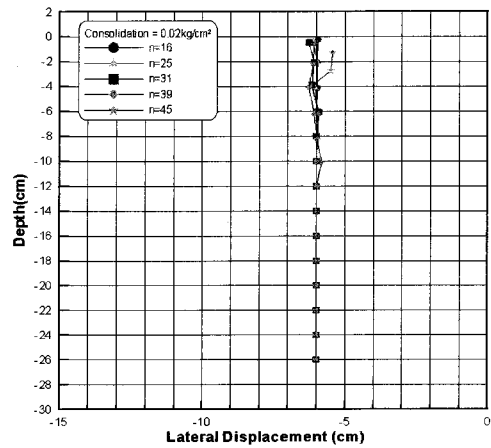


그림 18. 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

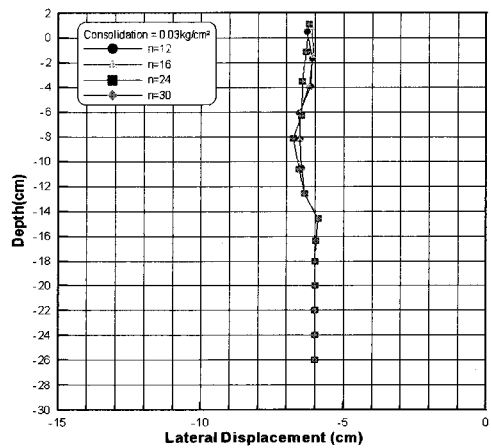


그림 19. 압밀하중 0.03kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

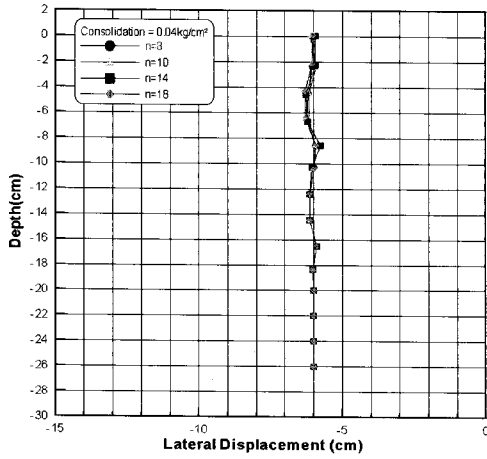


그림 20. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재 성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 6cm떨어진 수평변위

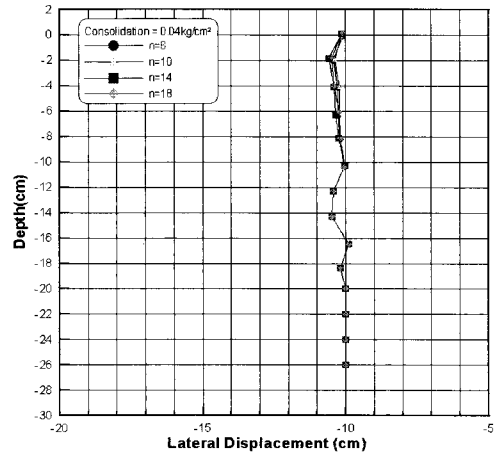


그림 23. 압밀하중 0.04kg/cm<sup>2</sup>로 재 성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

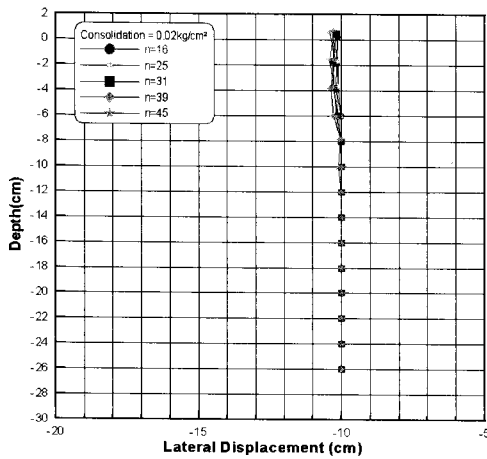


그림 21. 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>로 재 성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

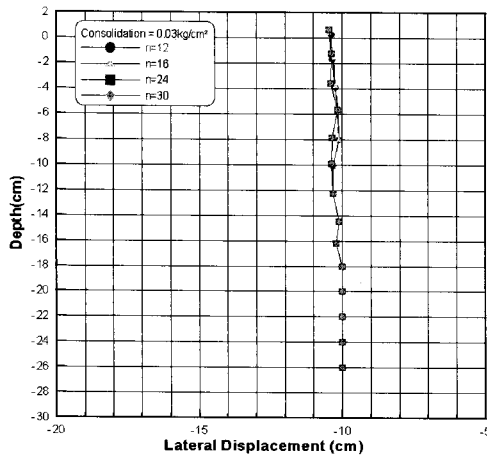


그림 22. 압밀하중 0.03kg/cm<sup>2</sup>로 재성형된 연약지반의 충격하중작용 시 중심부 10cm떨어진 수평변위

위를 나타내었다.

충격하중 실험에 의한 측방변위 그래프로부터 압밀이 진행되더라도 측방변위에 큰 영향을 미치지 않는다

는 것을 알 수 있다. 이는 모든 그림의 측방변위가 거의 비슷하며 어느 정도 차이가 있다고는 하나 그 차이가 매우 미소하게 나타났기 때문이다. 이러한 현상은 충격하중을 연약지반 상에 가하면 재하판에 의해 밀려난 점토들이 주위의 지반에 영향을 미치지 못하고 즉시 침하하기 때문으로 판단되어 진다. 그러므로 측방변위는 거의 발생하지 않고, 대신 바로 관입이 일어나므로 인해 밀려난 점토는 위쪽으로 밀려나 heaving량이 정하중에 비해 더 많이 발생하였다.

#### 4. 결 과

각기 다른 하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup>, 0.04kg/cm<sup>2</sup>으로 압밀된 지반에 정하중과 충격하중이 작용하는 경우를 비교모형실험을 행하였다. 실험결과 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

- (1) 압밀하중 0.02kg/cm<sup>2</sup>, 0.03kg/cm<sup>2</sup>, 0.04kg/cm<sup>2</sup>으로 2달간 압밀시켜 압밀하중에 따른 단계하중 작용 시 침하량을 구하고 극한지지력으로 0.16kg/cm<sup>2</sup>, 0.19kg/cm<sup>2</sup>, 0.24kg/cm<sup>2</sup> 값을 구할 수 있었다.
- (2) 정하중시험 시 구한 침하량과 2.54cm 침하 시 허용지지력값을 이용하여 정하중을 충격하중으로 환산하고, 10cm에서 하중을 자유낙하시켜 정하중에서 구한 침하량과 같은 침하량일 때의 낙하횟수를 기록하였고 에너지를 계산할 수 있었다. 정하중시험에서 구한 허용지지력값과 높이 10cm에서 n회 만큼 자유낙하시켜 충격하중으로 환산하여 구한 에너지 값을 비교·분석하였다. 정하중시험의

침하량과 같아지는 지점의 에너지를 구한 값이  $0.02 \text{ kg/cm}^2$ 에서  $E=336 \sim 945 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ ,  $0.03 \text{ kg/cm}^2$ 에서  $E=252 \sim 780 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ ,  $0.04 \text{ kg/cm}^2$ 에서  $E=323 \sim 727 \text{ kg}\cdot\text{cm}$  상태를 보였다. 에너지는 그렇게 큰 차이는 보이지 않았다.

- (3) 연직침하 양상에서 볼 수 있듯이 정하중시험 때 보다는 동하중시험을 실시한 경우 heaving량이 더 많아졌고, 수평변위양상은 정하중시험에 비해 극히 미비하게 나타났다.
- (4) 압밀하중  $0.02 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0.03 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0.04 \text{ kg/cm}^2$ 에서 총 소요되는 충격횟수는 45회, 30회, 18회로 정규압밀로 생성된 지반에서는 허용지지력에 비해 작은 중량 낙하횟수로도 큰 침하가 발생한다는 것을 알 수 있었고, 허용지지력에 비해 지반이 연약할수록 소성거동하기 때문에 연약지반일수록 동하중 작용시 안정되는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 김우진 (2004), 대나무매트가 포설된 초연약지반의 거동특성 연구, 석사학위 논문, 전남대학교.
2. 김윤하 (2002), 연약지반상 청죽매트부설지반의 즉시침하량 추정, 석사학위 논문, 전남대학교.
3. 김종열 외 3인 (2003), 준설매립지의 지반특성에 따른 표층처리 기술개발, 전남대학교 공업기술연구소.
4. 박병기, 이문수 (1994), 연약지반의 변형해석, 개량공법 및 시공 관리에 관한 연구, 한국과학재단.
5. 박병기, 김종열 (2003), 준설 매립지반의 보강효과 연구, 현대건설기술연구소.
6. 배성웅 (2003), 대나무매트로 보강된 연약점토지반의 모형 실험 및 변형 해석, 석사학위 논문, 전남대학교.
7. Wood, D.M. (1990), *Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics*, Cambridge University Press, USA.
8. Atkinson, J.H. and Bransby, P.L. (1978), *The Mechanics of Soils. An Introduction to Critical States Soil Mechanics*, The McGraw-Hill Companies, Inc.
9. Lambe, T. W. and Whitman, R. V. (1967), *Soil Mechanics*, John Wiley and Sons Inc.
10. Terzaghi, K. and Peck, H. W. (1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc.

(접수일자 2007. 11. 2, 심사완료일 2008. 1. 9)