모형토조시험을 통한 준설매립토의 건조특성에 관한 연구
Desiccation Characteristics of Dredged Soft Clay by Large Model Test

정하익[1] Ha-Ik Chung, 오인규[2] In-Kyu Oh, 지성현[3] Sung-Hyun Jee, 이승원[4] Seung-Won Lee, 이영남[5] Young-Nam Lee,

[1] 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow, Dept. of Civil Eng., KICT
[2] 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Dept. of Civil Eng., KICT
[3] 현대건설 기술연구소 주임연구원, Assistant Senior Researcher, Dept. of Civil Eng., HICT
[4] 현대건설 기술연구소 선임연구원, Senior Researcher, Dept. of Civil Eng., HICT
[5] 현대건설 기술연구소 소장, President, Hyundai Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : The purpose of this paper is to present and discuss some of evaporation and desiccation observed in laboratory experiments under controlled conditions, and is to improve PTM(Progressive Trenching Method) operating technique. PTM is the technically feasible and economically justifiable dewatering and desiccation technique for dredged material containment areas. A series of laboratory experiments with large model test were carried out to get evaporation rate and strength increase.

Surface desiccation of dredged material is basically changed by evaporation characteristics which is controlled by weather and trench type, etc. This study shows that trench depth and rain fall are important factors in desiccation of dredged soft clay.

Key words : desiccation, evaporation, trench, rain fall

1. 서 론

초연약 준설토에 대한 안정화 처리공법이 발달된 미국, 캐나다, 일본, 이탈리아 등은 연약지반의 심도가 깊고, 연약토의 대부분이 고함수비 상태에서 유기질 및 다공성 물질을 많이 함유하는 등 비압축성 불량토질이 많은 것이 특징이다. 이와 같은 국가에서는 자국의 특성에 맞는 준설매립지반의 표층안정처리공법을 개발하여 적용하고 있다. 특히 PTM(Progressive Trenching Method)공법은 1980년대 후반부터 미공병단, 캐나다 연구진에 의해 표층건조 메카니즘에 대한 연구가 진행되어왔다. 이들 국가에서는 PTM공법의 실제 현장 적용성 및 효율성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

우리나라에서는 1997년도부터 율촌공단 조성공사에서 PTM공법이 최초로 적용되었다. 본 지역에서는 PTM공법이 준설매립지반의 표층을 안정화하는데 가시적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

PTM공법은 배수효율을 극대화시켜 해성점토의 표층증발을 효율적으로 유도하는 공법이다. 본 연구의 목적은 트렌치의 깊이 및 강우주기에 의한 표층지반의 건조효율을 분석하고자하며 이를 현장시험시공을 위한 기초자료로 활용하는데 있다.

2 시험방법

트렌치가 형성된 준설매립토의 건조특성 및 강도특성을 규명하기 위하여 120cm×120cm×120cm의 토조에 준설매립토를 채워넣고 인공전구로 태양의 복사량을 모사하여 시료의 건조특성을 연구하였다. 본 시험에서는 트렌치 깊이 및 강우를 변화시키며 준설매립토의 증발량, 침하량, 간극수압분포, 지중온도, 콘관입치 등을 조사하였다.

강우, 바람 등 기상조건의 영향을 최소로 하기 위해 실내에서 시험을 수행하였으며 현장조건에 맞는 복사량은 250W 열전구 16 개를 이용하여 준설토 표면에서 전구까지의 거리를 조정하여 여수 율촌 지역의 년 평균 복사량인 15 MJ/m^2에 맞게 조정하였다. 복사량 측정은 Campbell사의 LI200X Pyranometer 센서를 이용하였다. 증발량은 소형도르래를 이용하여 준설토가 채워진 토조의 무게를 측정하여 대기중으로 증발된 간극수의 양을 계산하였으며, 침하량은 자체제작한 침하계를 지중에 묻어 측정하였다. 그리고 간극수압분포는 마노메타, 지중온도는 Campbell사의 센서, 콘관입치는 소형 콘관입장비를 이용하여 측정하였다.

본 연구에 사용된 준설매립토의 기본물성과 시험장치는 다음과 같다.

표 1 기본물성시험

비중	액성한계	소성한계	소성지수	자연함수비	#200통과량
2.68	47.2	31	16.2	105~110	91

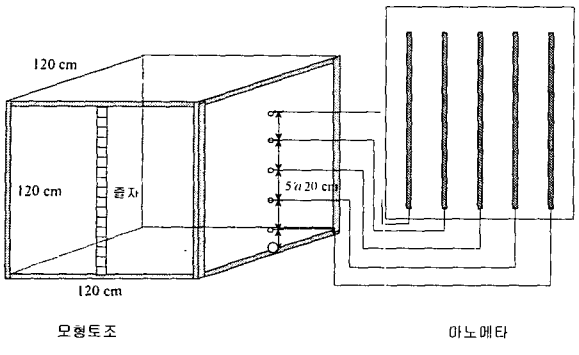

그림 1 시험장치 개요도

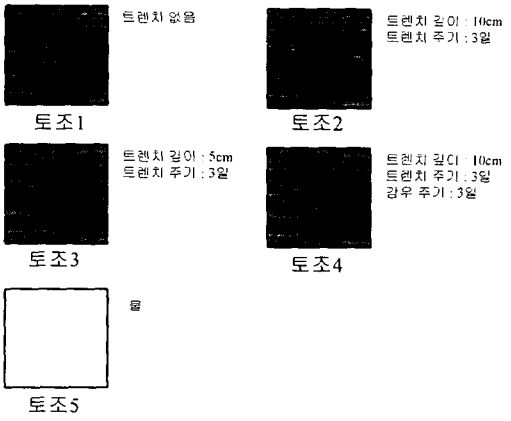

그림 2 시험조건 개요도

3 시험결과 및 분석

3.1 준설매립토의 증발량

그림 3은 토조무게비를 나타내었고 그림 4는 각 토조의 일일증발량을 나타내고 있다. 그림 3에서 나타났듯이 트렌치가 없는 토조1의 증발량이 트렌치가 있는 토조 2, 3, 4보다 작게 나타났고, 트렌치 깊이 10cm인 토조 2가 5cm인 토조 3 보다 크게 나타나 트렌치 유무와 트렌치 깊이에 따라 증발량에 차이가 나타나고 있다. 즉, 트렌치가 없는 경우보다는 있는 경우가 그리고 트렌치 깊이가 작은 경우보다는 큰 경우가 증발량이 크게 나타나 트렌치 유무와 트렌치 깊이에 따라 증발량에 차이가 나타나고 있다.

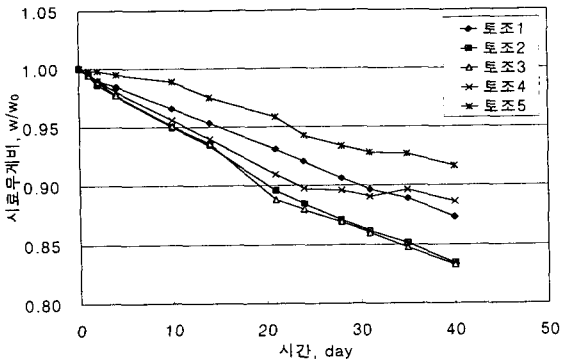

그림 3 각 토조 무게비

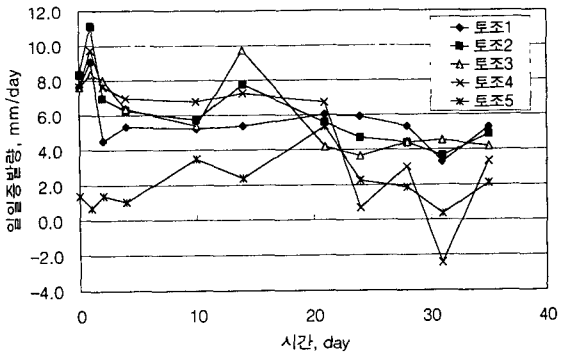

그림 4 각 토조의 일일증발량

3.2 준설매립토의 콘관입치

그림 5 ~ 그림 8은 각 토조의 깊이에 따른 콘관입치를 시간별로 나타내었다. 증발시간이 지속됨에 따라 표층 5cm(0.067H) 부근에서는 콘관입치가 급격하게 증가하고 있다. 증발이 시작된 후 약 2일에서 표층의 콘관입치가 조금씩 증가하기 시작해 35일 경과시까지 계속되고 있다. 증발 35일 경과 후 트렌치가 없는 토조 1보다 트렌치가 있는 토조 2, 3의 콘관입치가 크게 나타나고 있고, 트렌치 깊이가 다른 토조 2와 토조 3에서도 트렌치 깊이가 깊은 토조 2의 콘관입치가 크게 나타나고 있다.

각 그래프에서 심도에 따른 강도특성을 살펴보면 표층부에서 중층부로 갈수록 콘관입치가 감소하다가 중층부에서 저부로 갈수록 조금씩 증가하고 있다.

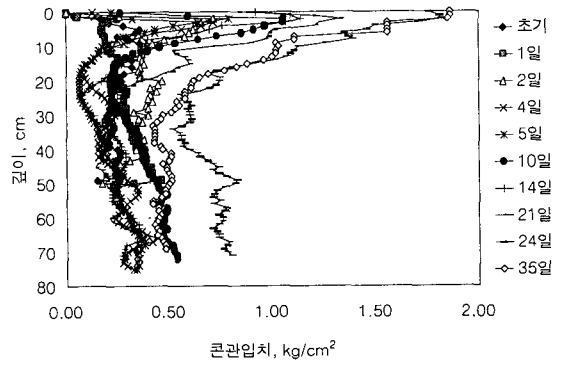

그림 5 토조 1의 시간별 콘관입치

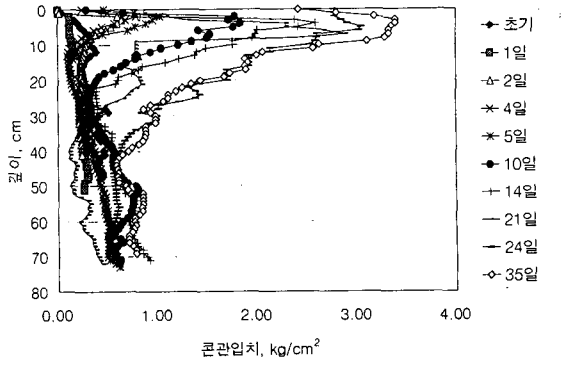

그림 6 토조 2의 시간별 콘관입치

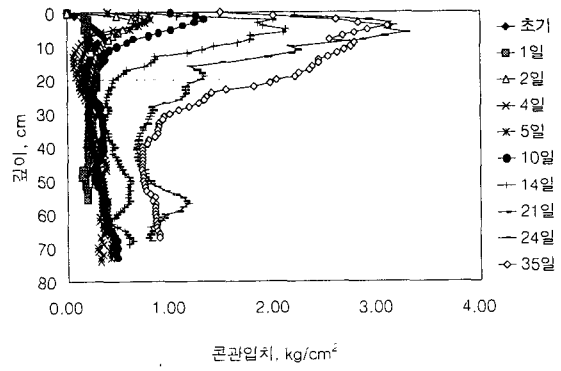

그림 7 토조 3의 시간별 콘관입치

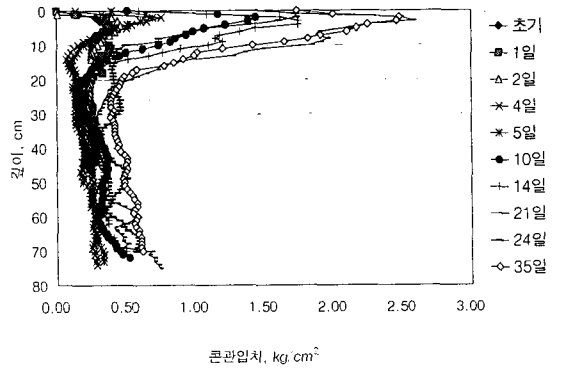

그림 8 토조 4의 시간별 콘관입치

3.3 준설매립토의 지중온도분포

그림 9, 10은 각각 토조 1과 토조 2의 지중온도를 심도 15, 30, 45, 60cm 깊이에서 측정한 값을 나타내고 있다. 각 토조에서 증발 시작 후 약 6일 까지는 온도가 점차적으로 증가하고 있고 6일 후부터 지중의 온도가 안정화 되고 있다. 깊이별 지중온도는 심도 15cm(0.2H) 지점에서 약 35℃를 나타냈고, 심도 60cm(0.8H) 지점에서 약 28℃를 나타냈다. 표층에서 하부로 갈수록 온도가 낮아졌으나 대기온도 보다는 전반적으로 높았다.

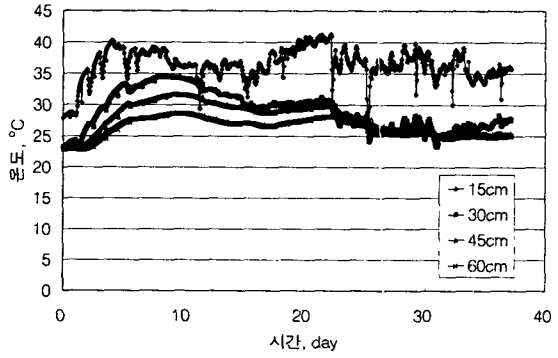

그림 9 토조 1의 지중온도

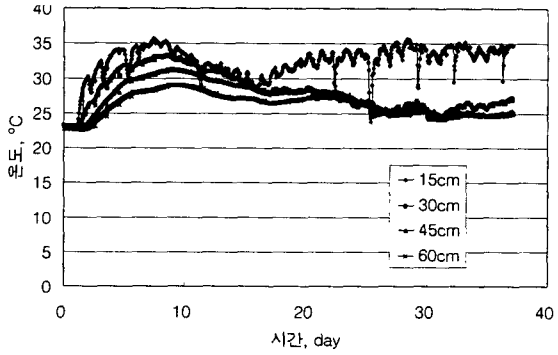

그림 10 토조 2의 지중온도

3.4 준설매립토의 침하량

그림 11 ~ 그림 14는 각 토조의 층별침하를 나타내고 있다. 층별침하는 표층, 심도 25cm(0.33H), 심도 50cm(0.66H) 지점에서 측정되었다. 40일 경과후 지표침하는 약 8~12cm 정도의 침하량을 보였고, 층별침하는 심도 25cm지점에서 1~2cm 정도였으며, 심도 50cm 지점에서 4~7cm 정도였다.

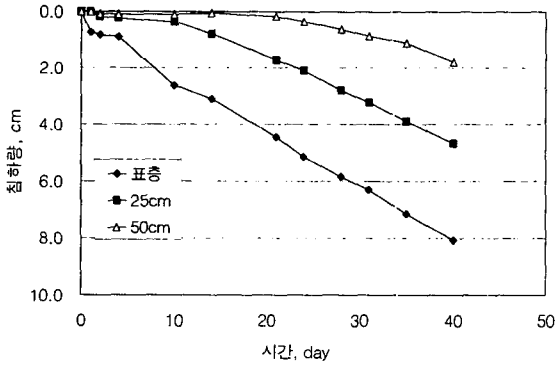

그림 11 토조 1의 층별침하

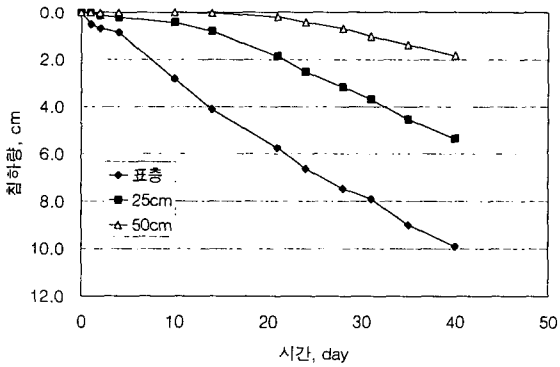

그림 12 토조 2의 층별침하

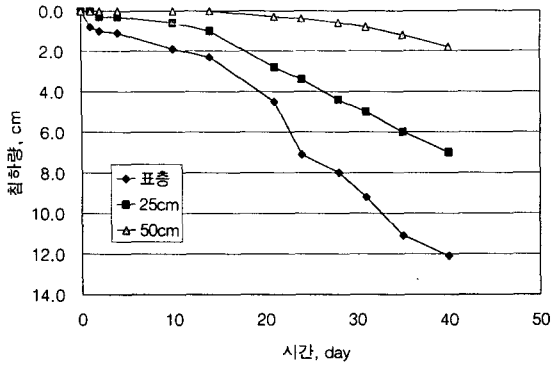

그림 13 토조 3의 층별침하

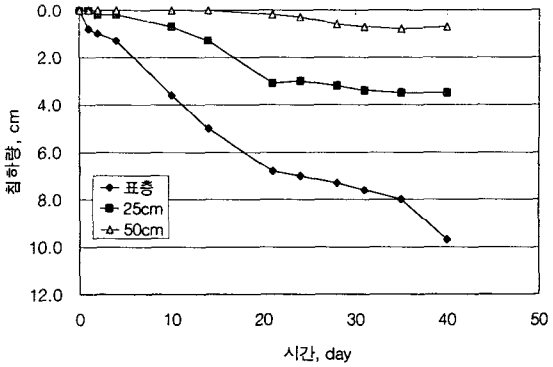

그림 14 토조 4의 층별침하

3.5 준설매립토의 간극수압분포

그림 15 ~ 그림 18은 각 토조의 깊이별 간극수압분포를 나타내고 있다. 간극수압은 표층에서 5, 25, 45, 65cm 깊이의 토조 측벽에서 마노메타와 연결되어 측정되었다. 시간경과에 따라서 간극수압이 점점 작아지고 있으며 증발 5일 후부터 시료 상부에 부의 간극수압이 발생하기 시작했고 증발 10일 후부터는 대략 30cm(0.4H) 정도까지 부의 간극수압이 발생했다.

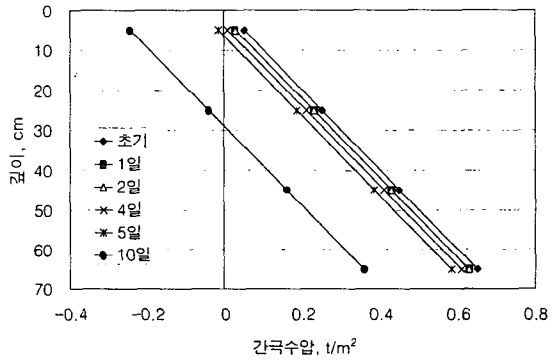

그림 15 토조 1의 간극수압

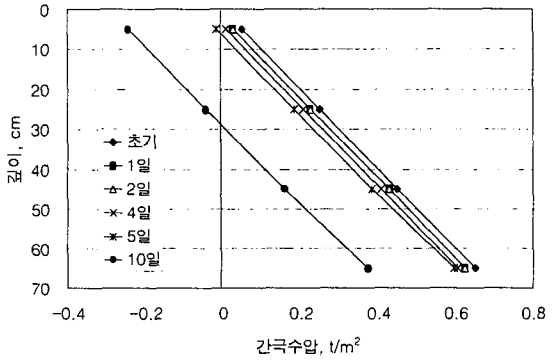

그림 16 토조 2의 간극수압

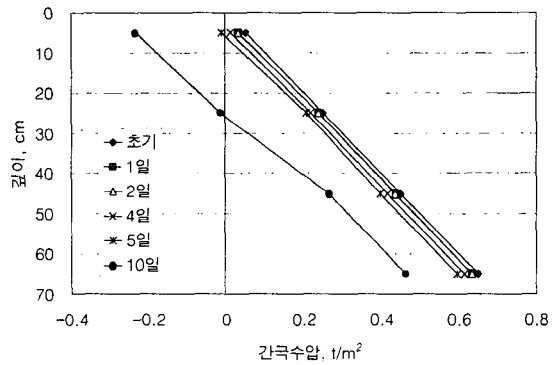

그림 17 토조 3의 간극수압

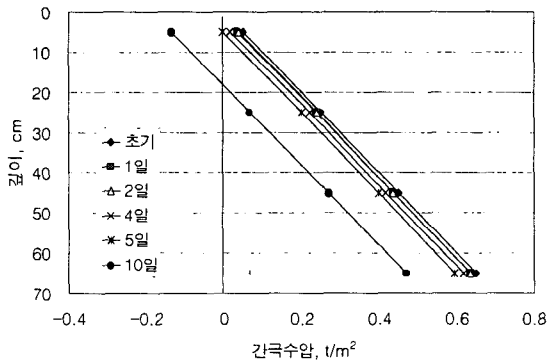

그림 18 토조 4의 간극수압

4. 결론

본 연구에서는 준설매립지반에 트렌치 형성에 따라 증발량 및 강도증진효과를 살펴보기 위하여 트렌치 간격, 강우 등을 변화시키면서 실내시험을 실시하였다. 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 모형토조 시험의 경우 트렌치가 없는 경우보다는 있는 경우가 그리고 트렌치 깊이가 작은 경우보다는 큰 경우가 증발량이 크게 나타나 트렌치 유무와 트렌치 깊이에 따라 증발량에 차이가 나타나고 있다.
2. 증발시간이 지속됨에 따라 모형토조의 표층 5cm(0.067H) 부근에서는 콘관입치가 급격하게 증가하고 있다. 트렌치가 없는 토조 1보다는 트렌치가 있는 토조 2의 콘관입치가 크게 나타나고, 트렌치 깊이가 작은 토조 3 보다는 트렌치 깊이가 깊은 토조 2의 콘관입치가 크게 나타나고 있다.
3. 모형토조시험에서 깊이별 지중온도는 심도 15cm(0.2H) 지점에서 약 35℃를 나타냈고, 심도 60cm (0.8H) 지점에서 약 28℃를 나타냈다. 표층에서 하부로 갈수록 온도가 낮아졌다.
4. 40일 경과후 지표침하는 약 8~12cm 정도의 침하량을 보였고, 층별침하는 심도 25cm지점에서 1~2cm 정도였으며, 심도 50cm 지점에서 4~7cm 정도였다.
5. 모형토조시험에서 간극수압은 증발시간이 길어짐에 따라 점점 감소했다. 5일 경과후부터 지중내에서 부압이 형성되었고 10일 정도 경과후에는 표층에서 약 30cm(0.4H) 지점까지 부압이 형성되었다.

참고문헌

1. 지성현, 이승원, 이영남(1996), "율촌지역 준설매립토의 침강/압밀특성에 관한 연구", 한국지반공학회 '96 추계학술발표회 논문집, pp.277-284
2. 현대건설(2000), "초연약 준설매립지반의 특성 및 지반개량기술", 특별세미나논문집
3. 건설교통부, 한국건설기술연구원(2000), 해양공간 개발을 위한 표층안정처리기술개발, '99 산·학·연 연구개발사업 1차년도연구보고서, R&D/99 토목Ⅱ-03
4. Cargill, Kenneth W.(1984), "Prediction of Consolidation of Very Soft Soil", J. of Geotech. Eng., ASCE, Vol.110, N0.6, pp.775-795