

초연약 준설토의 증발 및 건조특성 분석

Evaporation and Desiccation of Soft Dredged Clay

정하익¹⁾ Ha-Ik Chung, 오인규²⁾ In-Kyu Oh, 지성현³⁾ Sung-Hyun Jee, 이승원⁴⁾ Seung-Won Lee, 이영남⁵⁾ Young-Nam Lee, 김수삼⁶⁾ Soo-Sam Kim

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, Vice-President, Hyundai Institute of Construction Technology

⁶⁾ 중앙대학교 건설환경공학과 교수, Professor, Chung Ang University

SYNOPSIS : An understanding of the behaviour of soft clay soils is important in a large number of civil engineering applications, including dredging operations, land reclamation and slurry management such as disposal and storage. Although the details of the behaviour depend on parameters such as the soil mineralogy, the pore water chemistry, the organic content and the microbiology, there are general features that are typical in many cases. The purpose of this paper is to present and discuss some of evaporation and desiccation observed in laboratory experiments under controlled conditions. Desiccation of dredged material is basically removal of water by evaporation which is controlled by weather and material type, etc. This study shows that (1) solar radiation, (2) wind velocity, (3) material depth, (4) trench depth are important factors in desiccation of dredged ultra soft clay.

Key words : desiccation, evaporation, dredged material, trench, soft clay

1. 서 론

준설택성토를 이용한 해안매립공사에는 주위 환경보전 및 공사비절감 등의 목적으로 해저준설편공사를 수행하는 경우가 많으며, 이러한 준설택성토의 경우 고함수비이고 압축성이 크며 자중압밀 동안에 지반의 지내력이 거의 없는 상태이므로 시공기계의 투입은 물론 사람의 보행조차도 곤란하다. 이에 필요한 연약한 원지반의 개량 및 표층부의 중기 주행성 확보를 위한 대책공법의 적용이 요망되지만 이에 대한 적절한 기술이 확보되지 못하고 있는 실정이다.

준설편, 매립, 슬러리의 방출과 저장과 같은 많은 지반공학 응용분야에서 연약점성토 거동의 이해는 중요하다. 연약점성토의 거동은 흙의 종류, 간극수의 화학적 성질, 유기물 함량, 미세구조 등에 달려있지만, 많은 경우에 일반적인 거동 현상이 있다. 이 논문의 목적은 제한된 조건으로 실험실에서 관찰된 건조특성을 논의 하고자 한다. 준설편매립토의 건조과정은 주로 기상조건과 재료의 종류에 영향을 받으며 증발에 의해 간극수를 제거하는 과정이다. 본 연구에서는 (1) 복사량, (2) 풍속, (3) 시료높이, (4) 트렌치 깊이가 증발건조에 중요한 요소임을 나타내고 있다.

2. 증발시험방법

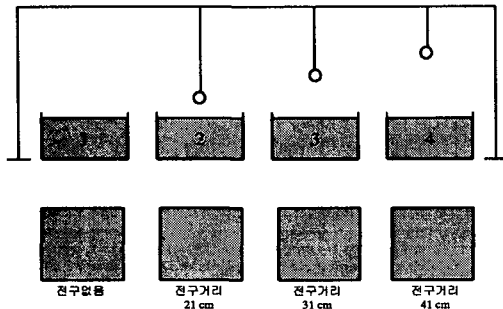
준설패립토의 건조특성을 규명하기 위하여 35×35×21cm의 아크릴 증발팬에 준설패립토를 채워넣고 인공전구로 시료를 건조하며 건조특성을 연구하였다. 본 시험에서는 복사량, 시료높이, 트렌치 깊이를 변화시키며 준설토의 건조특성을 관찰하였다. 본 연구에서 사용된 준설토 시료의 기본물성은 다음과 같다.

표 1 사용준설토의 기본물성

| 비중 | 액성한계 | 소성한계 | 소성지수 |
|-------|------|------|------|
| 2.745 | 47.2 | 31 | 16.2 |

3. 시험결과 및 분석

3.1 전구거리 변화에 따른 특성



시료와 전구까지의 거리를 변화시키며 증발시험을 수행하였다. 전구거리에 따라 큰 증발량의 차이를 보임으로 전구거리가 시료표면에 가까워질수록 증발효과가 증가하는 것으로 나타났다. 전구거리 41cm 이상의 시험에서는 인공전구가 없는 1번 시험과 큰 차이가 없었다. 각 전구거리에 해당하는 복사량은 21cm일 때 $0.79 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \text{ min})$, 31cm일 때 $0.40 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \text{ min})$, 41cm일 때 $0.24 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \text{ min})$ 이다. 참고적으로 지구 대기권 밖의 복사량은 $1.99 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \text{ min})$ 이다.

그림 1 전구거리별 시험 개략도

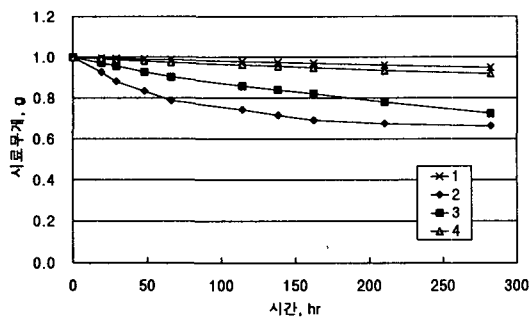


그림 2 전구거리 변화 조건의 시료무게

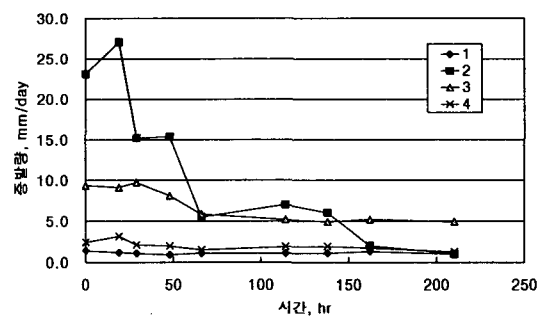


그림 3 전구거리 변화 조건의 일일증발량

3.2 풍속변화에 따른 특성

바람의 조건에 따른 증발형태를 보기 위하여 실내에서 인위적으로 바람이 없을 때, 바람이 약할 때, 바람이 강할 때 등으로 조건을 달리하여 시험하였다. 시험결과를 보면 바람이 있을 때와 없을 때의 증발량 차이가 현저히 크게 나타나고 있다. 바람이 강할 때와 약할 때는 크게 차이를 보이지 않고 있다.

따라서 바람이 부는 일기조건이 준설풍의 건조효과에 좋은 것으로 나타났다. 그림 6에서 150시간을 전후로 하여 바람이 없을 때와 바람이 있을 때의 증발량은 교차하는 현상을 관찰할 수 있다.

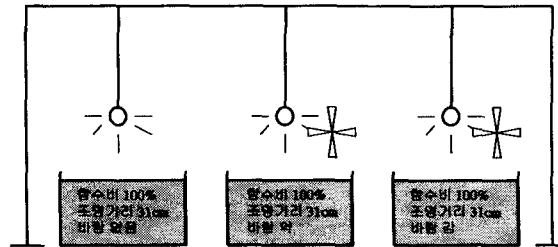


그림 4 조명조건별 시험 개략도

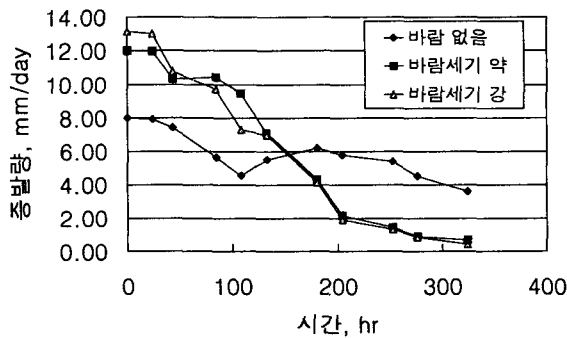


그림 5 풍속변화 조건의 시료무게

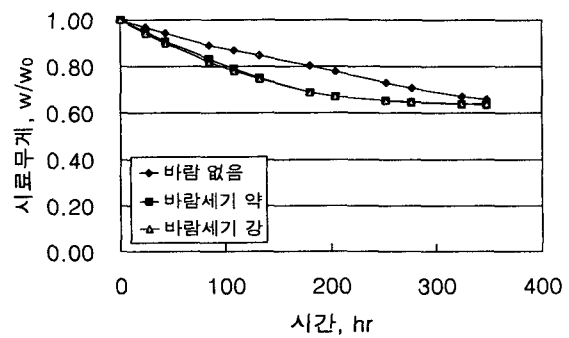


그림 6 풍속변화 조건의 일일 증발량

3.3 시료높이 변화에 따른 특성

시료높이를 변화시키며 증발시험을 수행하였다. 초기 시료높이가 커짐에 따라 증발효과가 작아지는 것으로 나타났다. 이는 시료높이가 작을수록 간극수가 유출되는 거리가 작기 때문이다. 준설풍의 건조시 간극수의 유출거리를 가능하면 작게 하여 건조효과를 높일 수 있다.

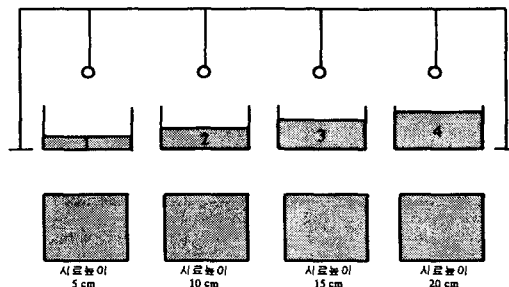


그림 7 시료높이별 시험 개략도

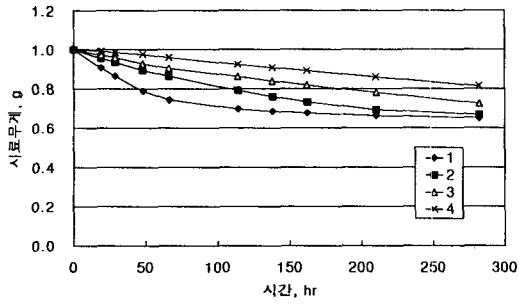


그림 8 시료높이 변화 조건의 시료무게

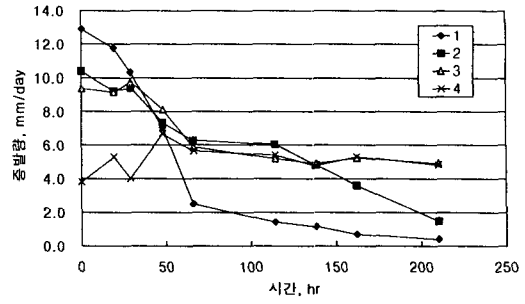


그림 9 시료높이 변화 조건의 일일증발량

3.4 트렌치깊이 변화에 따른 특성

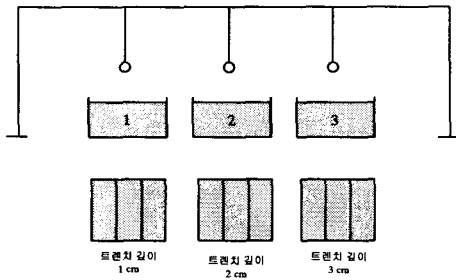


그림 10 트렌치깊이별 시험 개략도

건조효과를 촉진하기 위하여 지반내에 인위적인 트렌치를 두어 건조효과에 미치는 영향을 연구하였다. 일반적으로 트렌치는 전체 시료높이 15cm 중에서 트렌치 깊이를 1, 2, 3cm로 변화시키며 건조효과를 관찰하였다. 트렌치 깊이가 깊어질수록 증발효과가 좋게 나타났다.

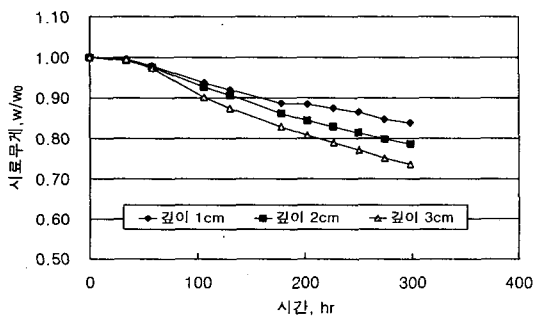


그림 11 트렌치깊이 변화 조건의 시료무게

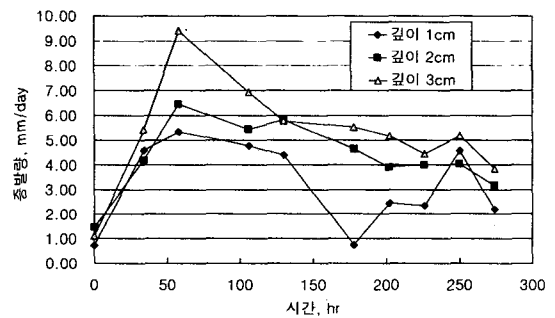


그림 12 트렌치깊이 변화 조건의 일일증발량

3.5 준설토 건조시의 균열특성

준설토 건조시 균열특성을 건조시간 단계별로 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 증발기간이 진행됨에 따라 균열폭 및 균열크기가 커짐을 알 수 있다.

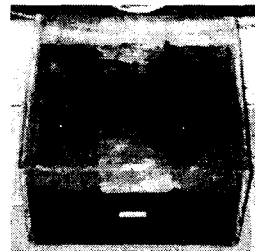
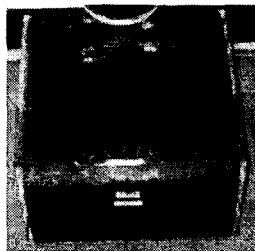


그림 13 증발초기

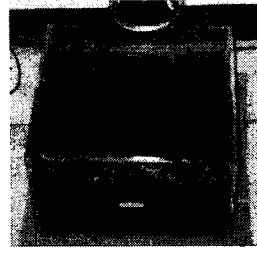
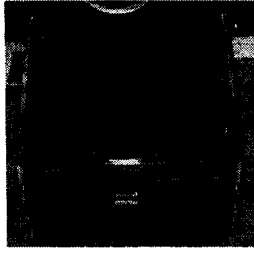


그림 14 증발 1일 경과후의 균열특성

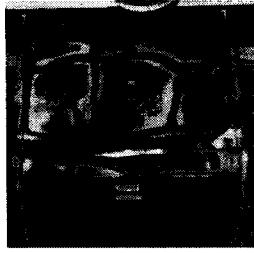


그림 15 증발 3일 경과후의 균열특성

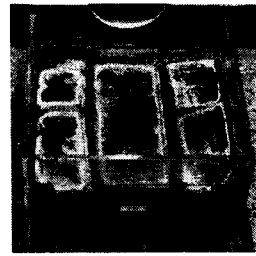
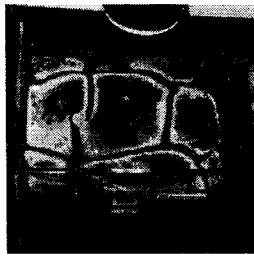


그림 16 증발 7일 경과후의 균열특성

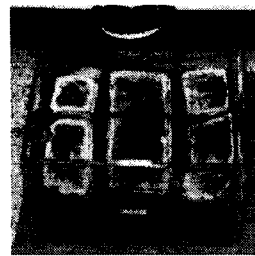
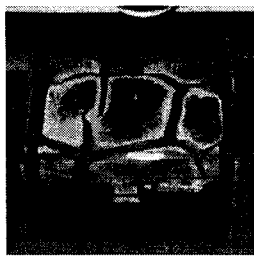


그림 17 증발 12일 경과후의 균열특성

4. 결론

본 연구에서는 준설매립지반에 대하여 표층건조효과를 살펴보기 위하여 일기조건, 지반조건, 트랜치조건 등을 변화시키면서 실내시험을 실시하였다. 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 시료표면에서 인공전구까지의 거리변화에 따른 시험결과 전구거리가 시료표면에 가까워질수록 증발효과가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 수행한 증발팬 시험조건에서는 전구거리가 41cm 이상의 경우에는 전구가 없는 경우와 큰 차이가 없었다.
- 2) 바람의 조건에 따른 시험결과 바람이 있을 때와 없을 때의 증발량 차이가 현저히 크게 나타나고 있다. 그러나 바람이 강할 때와 약할 때는 크게 차이를 보이지 않고 있다. 따라서 바람이 부는 일기조건이 준설향토의 건조효과에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 시료의 건조효과는 일정시간(본 연구는 150시간)을 전후로 하여 바람이 없을 때와 바람이 있을 때의 증발량은 교차하는 현상을 관찰할 수 있다.
- 3) 준설향토 시료의 높이변화에 따른 시험결과 초기 시료높이가 커짐에 따라 증발효과가 작아지는 것으로 나타났다. 이는 시료높이가 높을수록 간극수가 유출되는 거리가 크기 때문으로 판단된다.
- 4) 준설향토에 설치되는 트렌치의 깊이가 커짐에 따라 건조효과가 증가하는 것으로 나타났다. 그 증가정도는 지중에 지하수가 공급되지 않는 경우보다는 공급되는 경우가 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 지성현, 이승원, 이영남(1996), “울촌지역 준설향토의 침강/압밀특성에 관한 연구”, 한국지반공학회 '96 추계학술발표회 논문집, pp.277-284,
2. 홍병만, 김상규, 김석열, 김승욱, 김홍택, 강인규(1999), “준설향토지반의 건조수축특성에 관한연구”, 한국지반공학회논문집, 제15권 제6호, pp.219-238,
3. 현대건설(2000), “초연약 준설향토지반의 특성 및 지반개량기술”, 특별세미나논문집
4. Abu-Hejleh, A. Naser, and Znidarcic, Dobroslov.(1995), “Desiccation Theory for Soft Cohesive Soils”, J. of Geotech. Eng., ASCE, Vol.121, N0.6, pp.493-502,
5. Cargill, Kenneth W.(1984), “Prediction of Consolidation of Very Soft Soil”, J. of Geotech. Eng., ASCE, Vol.110, N0.6, pp.775-795,