

준설토의 침강·자중압밀축진을 위한 모래살포공법의 적용성에 관한 연구 The Application to Sand Spreading Method for Accelerating Sedimentation and Self-Weight Consolidation of Dredged Soils

양상호¹⁾, Sang-Ho Yang, 김재권²⁾, Jae-Kwon Kim, 심성현³⁾, Sung-Hyun Shim, 김수삼⁴⁾, Soo-Sam Kim

- ¹⁾ 한양대학교 공과대학 토목환경공학과 석사과정, Master Course, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Hanyang Univ.
²⁾ (주)삼성물산 건설부문 상무, Executive Director, Samsung Engineering & Construction
³⁾ (주)삼성물산 건설부문 과장, Department Chief, Samsung Engineering & Construction
⁴⁾ 한양대학교 공과대학 토목환경공학과 교수, Professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Hanyang Univ.

SYNOPSIS: The clay which transported into a pond under the high water content condition have no effective stress which develop from the starting point of sedimentation and self-weight consolidation. Since sedimentation and self-weight consolidation dependent on self-weight of solids is made progress over a long time, to accelerating it have many advantages in the economic view. In this paper, sand spreading method which is one of sedimentation and self-weight consolidation acceleration method is studied through a series of experiments considering the mixing ratio of sand and clay. The test results show that the mixing ratio of clay and sand of 1:0.2 is the biggest rate of consolidation and the pouring at the end point of sedimentation considerably effects on consolidation rate.

Key words : Sedimentation and self-weight consolidation, Sand spreading method, Mixing ratio

1. 서론

준설토는 고함수비의 연약한 상태에서 대형펌프에 이송되어 투입된다. 준설토를 조기에 침강, 자중 압밀시켜 지반 안정화 기간을 단축할 수 있다면 공사기간을 줄일 수 있을 것이다. 침강, 자중 압밀 이후의 지반은 연약지반 개량공사를 위한 장비의 진입이 거의 불가능하기 때문에 연약지반을 개량하는데 많은 기술적인 어려움이 따르게 된다. 이에 필요한 원지반 개량 및 표층부의 장비 주행성 확보를 위한 대책공법의 적용이 요망되지만 아직까지 적절한 기술이 확보되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 준설토의 침강, 자중압밀특성을 정확히 파악하고 투기 및 방치기간에 따른 지반의 강도특성을 조사

하여 국내의 제반여건에 적합한 준설패립지반의 조기강도를 확보하기 위한 기술개발이 이루어져야 한다고 판단된다. 본 연구에서는 해성 점성토를 준설했어 매립한 투기장의 침강 및 자중압밀축진을 위해 모래를 살포함으로써 준설패립토를 조기에 안정화 시키고자 하였으며, 모래살포공법의 핵심개념인 모래혼합효과 즉, 모래가 준설했 점성토 속으로 침투하여 혼합되는 효과가 점성토의 침강 및 자중압밀에 미치는 영향을 실내실험을 통하여 분석하였다.

2. 모래살포 실험

2.1 실험개요

본 연구에서는 주로 경험적인 방법에 의존했던 국내 준설패립지반의 침강 및 자중압밀기술에 대한 문제를 해결하기 위해 준설했 토기 후 조속하게 점토입자를 침강 및 압밀시킬 수 있는 모래살포공법을 개발하고, 준설했 토기지반의 표층안정 처리공법에 대한 특성과 적용성을 정립하고자 한다. 모래살포공법에서는 모래와 준설했 토의 비율을 3가지로 변화시키면서 투기하고 이에 따라 발생하는 거동을 관찰하였다.

2.2 실험장치 및 실험 방법

2.2.1 Column 실험기기

본 연구에서 사용된 실험기는 그림 1에 제시한 바와 같이 직경 21cm, 높이 100cm의 Plexiglass로 제작하고 Column을 사용하였다. Column은 실험 종료 후 함수비 및 깊이별 모래량 측정 시 시료의 교란을 최소화하기 위하여 35cm와 30cm로 분리할 수 있도록 하였다.

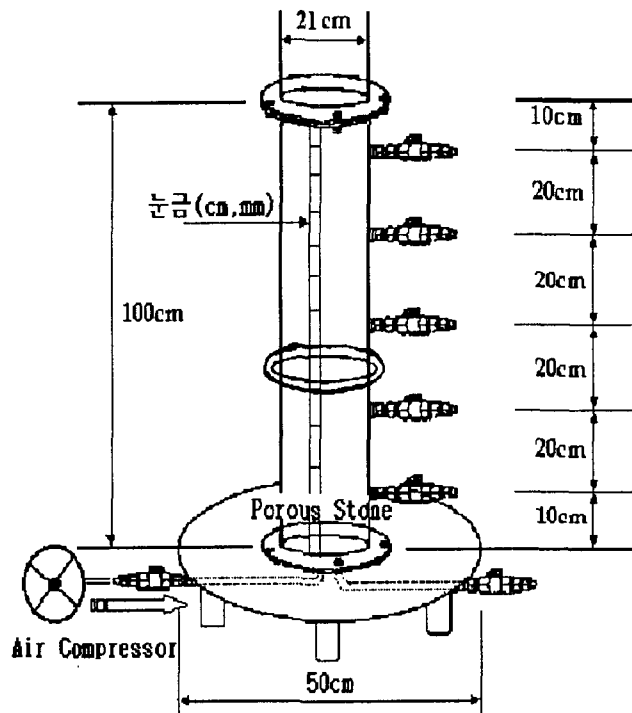


그림 1. Column 시험기 모식도

2.2.2 모래 살포 시기 결정

준설토의 침강 축진을 위해서는 적절한 투기시기 결정이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 본 실험에 앞서 적절한 투기시기를 결정하고자 실내에서 메스실린더를 이용하여 아래의 표 1과 같은 조건으로 예비실험을 실시하였다.

표 1. 모래살포 시기 결정에 관한 시험조건 및 방법

조 건	모래·점토 혼합 살포	침강 중 모래 살포	침강 후 모래 살포
투기방법	초기부터 점토와 모래를 혼합한 후 투기	침강 중(투기 후 1시간) 모래 살포	침강 완료 시점(투기 후 2시간)에 모래 살포

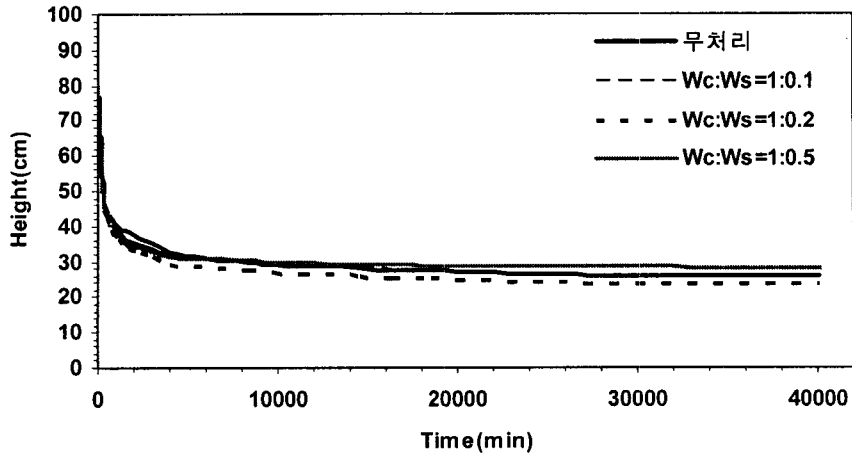
3 모래 살포량 결정

예비 실험을 통하여 준설토의 침강 및 자중압밀을 촉진시키기 위해서는 자중압밀이 진행되는 동안에 모래를 살포하는 것이 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다. 추가적으로 경제성 및 침강 자중압밀 촉진 효과의 극대화를 위하여 최적의 모래 살포량을 결정하고자 아래의 표. 2와 같이 시료의 초기 투기 높이는 80cm, 초기 함수비는 500%로 고정시키고, 점토에 대한 모래의 중량비를 변화시키면서 실험을 실시하였다. 준설토의 경우 약 6~7시간 경과시 침강이 종료되는 것으로 보고 되고 있다(유건선, 1992). 따라서 준설토 투기 후 column 시료를 compressor로 교반시킨 후, 10시간이 경과하였을 시기를 기준으로 모래량을 달리하여 투기하여 본 실험을 수행하였다

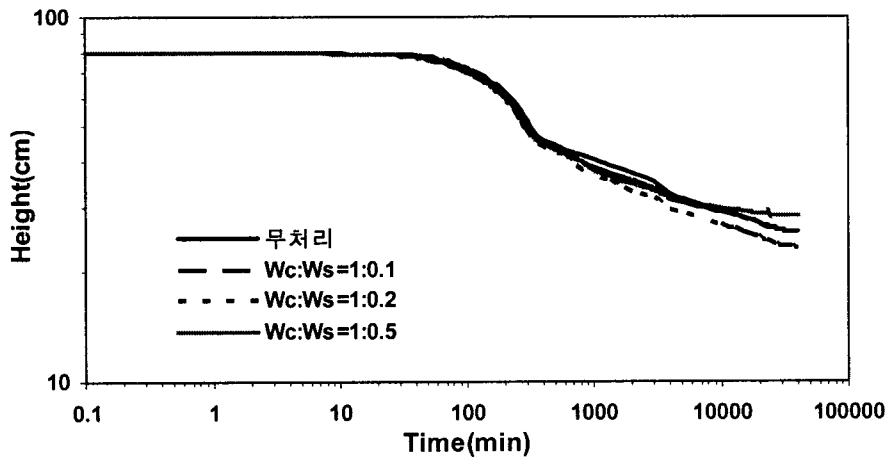
표 2. Column시험조건

모래살포량	배수조건	시료의 초기 높이	초기 함수비
$W_{clay}:W_{sand}=1:0.1$	일면배수	80cm	500%
$W_{clay}:W_{sand}=1:0.2$			
$W_{clay}:W_{sand}=1:0.5$			

아래의 그림 2의 경우 준설토에 대한 모래의 중량비에 따른 시간-계면고 관계를 나타낸 것으로 모래 살포량이 증가함에 따라 침하속도 및 최종 침하량이 모래 살포량이 적은 것에 비해 약간 크게 나타나는 것을 볼 수가 있다. 즉, 모래 살포량의 비가 1:0.1인 경우 모래를 혼합하지 않은 무처리의 결과와 거의 유사하게 나타났으며, 1:0.2의 경우 무처리 및 1:0.1에 비하여 침하량과 침하속도가 약간은 큰 것으로 나타났으며, 1:0.5의 경우 오히려 계면고가 상승하였다. 그러나 이러한 결과는 모래의 투입량이 증가함으로 인하여 Column내 토량의 체적이 전체적으로 증가한 영향 때문으로 추정되며, 이러한 체적의 증가분을 고려한 침하량 분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 본 연구결과에 근거하여 판단할 경우 준설토와 모래가 1:0.2로 혼합된 경우의 결과가 가장 적절한 것으로 판단된다.



(a) Normal Scale



(b) log-log Scale

그림 2. 모래 살포량 결정 실험(시간-계면고 관계)

4. 함수비 분포

침강/자중압밀 종료 후 깊이별 함수비 분포를 측정하기 위하여 계면에서부터 깊이별로 각 5cm씩 분리하여 함수비를 측정하였다. 함수비 측정시 시료의 교란을 최소화하기 위하여 각각의 Column을 분리하였으며 깊이별 함수비 측정결과를 그림 3에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 깊이별 함수비 분포는 거의 선형적으로 감소하며, 각각 무처리와 1:0.1, 1:0.2와 1:0.5의 경우가 서로 유사한 함수비 변화 경향을 나타내고 있다. 즉, 투입된 모래로 인하여 시료 내부의 함수비는 크게 감소되는 효과가 있음을 알 수 있는 반면 중량비가 1:0.2 이상이 될 경우라 하더라도 1:0.2 경우와 비교하여 최종 함수비 저감에는 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

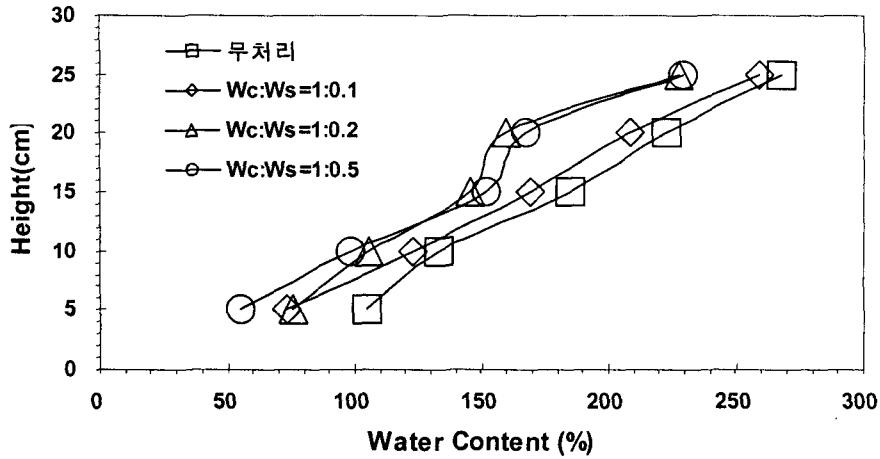


그림 3. 모래 살포량에 따른 높이별 함수비 분포

5. 깊이별 모래량

시험이 완료된 후 각 8cm씩 총 3개의 층으로 구분하여 각 층에 존재하는 모래의 양을 측정하였다. 측정은 입도분리 효과 및 자중압밀 진행 중에 살포된 모래가 어느 정도 기존 준설토층에 관입되는지를 파악하기 위하여 체분석을 이용하여 시험을 실시하였다.

체분석 시험시 살포전의 모래가 99%이상 잔류하는 체를 결정한 후 이를 이용하여 수세식으로 분석을 실시하였고 시험 결과를 아래의 표 3에 제시하였다. 시험 수행 중 약간의 모래 손실량이 존재하지만, 본 시험의 결과에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

그림 4는 전체 모래량에 대한 각 층에 잔류하는 모래의 양에 대한 비율을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 대부분 저면에 모래가 잔류하는 것으로 나타났다. 1:0.1과 1:0.2의 경우에는 Column 저면으로부터 8cm, 16cm의 모래 잔류량이 거의 유사하게 나타난 반면, 1:0.5의 경우에는 Column 저면에 가까울수록 잔류하는 모래의 비율이 보다 감소하는 것을 알 수 있다. 즉, 모래의 투입량이 1:0.2 이하에서는 거의 유사한 모래 관입이 발생하는 것으로 판단된다.

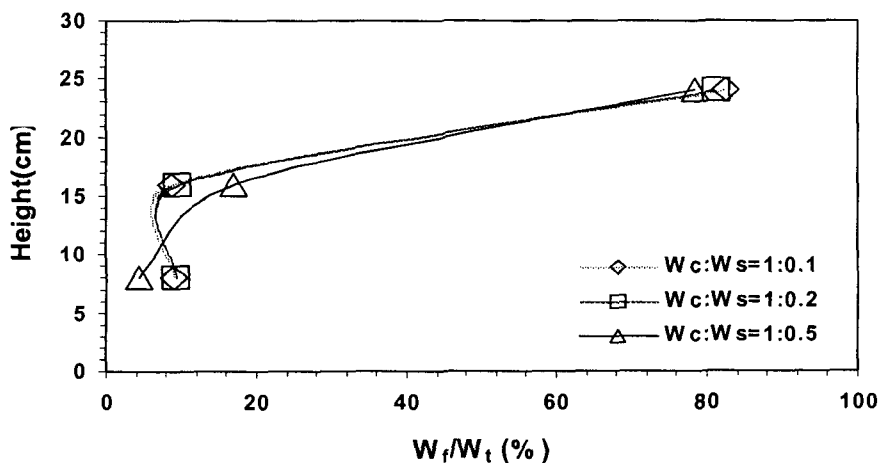


그림 4. 시험 후 층별 모래 관입비율

표 3. 시험 후 층별 모래량

Ws(g) \ 깊이(cm)	8cm	16cm	24cm	Total
Wclay:Wsand=1:0.1	42.2	40.9	392.8	475.9
Wclay:Wsand=1:0.2	93.1	96.9	820.9	1010.9
Wclay:Wsand=1:0.5	108.4	416.8	1923.1	2448.3

5. 결론

본 연구에서는 준설토의 침강·자중압밀을 촉진시킬 수 있는 모래 살포공법에 대한 실내실험을 실행하였고, 그 결과 값으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 층별 모래포설 공법을 적용하기 위한 모래의 적절한 투기시기를 결정하고자 실험을 수행한 결과 침강이 완료된 후 즉, 자중압밀이 진행되는 시점에서 모래를 포설하는 것이 압밀속도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- (2) 시료의 초기 투기높이와 초기함수비를 고정시키고 준설토에 대한 모래의 중량비를 변화시키면서 실험을 실시하고 중량비에 따른 시간-계면고 관계를 기준으로 분석한 결과 준설퇴점성과 모래의 중량비가 1:0.2 인 경우가 다른 비율의 실험결과에 비하여 침하속도가 크게 향상된 것으로 나타남을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 유건선(1992), "준설퇴점토의 지지력에 대한 모래혼합효과", 한국지반공학회, 가을학술발표회 논문집, Vol.0, No.0, pp. 47-53.
2. 유건선(2000), "침전지역에 대한 모래치환공법의 적용성", 한국지반공학회, 학술발표회 논문집, Vol.2000, No.2, pp. 51-54.
3. 심민보(2001), "준설퇴점토의 침강 및 자중압밀 특성에 관한 실험적 연구", 서울시립대학교 박사학위 논문.
4. Imai, G.,(1980), "Settling behavior of clay suspension", Soil and Foundation, Vol. 20, No. 2.