

해성 점토지반의 저회다짐말뚝 보강 효과에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Effects of Bottom Ash Compaction Pile in the Sea Clay Layer

박세현¹⁾, Sehyun Park, 한윤수¹⁾, Yunsu Han, 도종남²⁾, Jongnam Do, 천병식³⁾, Byungsik Chun

¹⁾ 한양대학교 대학원 건설환경공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Hanyang Univ.

²⁾ 한양대학교 대학원 건설환경공학과 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Hanyang Univ.

³⁾ 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 교수, Professor, Dept. of Civil & Environmental Engineering, Hanyang Univ.

SYNOPSIS : Many economical and efficient methods such as sand drain method(SD), plastic board drain(PBD), sand compaction pile, vacuum consolidation method, etc., have been used for soft grounds. The case of sand compaction pile has an effect on accelerating consolidation and increasing bearing capacity by penetration at regular intervals under soft grounds for reducing the drainage path. But, this method has caused not only the nature damage by extracting the sands indiscreetly but also the economical problem for importing the sands because it needs so much sand to make the sand compaction pile

Thus, this study choosed the bottom ash which has similar engineering characteristics with sand. It was performed that clogging test and large direct shear test changing the bottom ash replacement ratio in soft ground for studying strength characteristics of soft ground using bottom ash compaction pile.

As a result of the test, the internal friction angle was largely increased and the cohesion was decreased as the replacement ratio increased.

Keywords : Bottom ash, Large direct shear test, Sand compaction pile

1. 서론

최근 산업화의 영향으로 우리나라는 급격한 경제성장이 이루지고 있는 가운데 대단위 주거단지, 산업단지, 도로, 항만, 철도 및 공항 등에 대한 투자가 지속적으로 이루어지고 있는 추세이다. 따라서 국토의 70%를 산이 차지하고 있는 우리나라의 여건으로 볼 때 효율적이고 경제적인 연약지반 개량의 필요성이 점차 높아지고 있다(이민희 등, 2003).

이에 국내에서는 대단위의 연약지반 개량공법으로써 연직 배수 공법을 현장에 많이 적용시켜 왔다. 이 중에서도 가장 기초적인 공법인 샌드 드레인(SD)공법, 경제적인 장점으로 많은 현장에서 적용되는 플라스틱 보드 드레인(PBD)공법, 진공압밀공법, 모래다짐말뚝(SCP)공법 등 지반의 여건과 환경에 따라 다양한 공법을 적용시켜 왔다. 특히 모래다짐말뚝(SCP)공법은 연약지반에 소정의 간격을 두고 지중에 모래다짐말뚝을 형성하는 공법이다. 하지만 최근 국내에서 모래의 수급이 어려워져 수입하는 등의 경제적인 문제점과 모래채취로 인한 자연 훼손의 문제점을 야기하므로 이에 대한 대책공법이 시급한 실정인

다(천병식 등, 2002).

따라서, 본 연구에서는 모래다짐말뚝공법에 사용되는 모래의 대체 재료로 공학적 성질이 유사한 저회(Bottom Ash)를 선정하여 대형직접전단시험을 실시하여 저회다짐말뚝의 강도 특성을 규명하였다.

2. 실내시험

2.1 시험대상 저회

본 연구에 사용된 재료는 영흥화력본부에서 생산된 2009년 1월 16일에 채취한 저회이다. 시험 전 시험대상 저회의 특성을 파악하기 위하여 입도분석시험(KS F 2302), 저회의 연경도를 측정하기 위한 Atterberg한계시험(KS F 2303, 2304), 비중시험(KS F 2308)을 실시하였다. 기본 물리적 특성은 표 1과 같이 나타났다. 일반적으로 전국 화력발전소에서 생산되는 저회는 흙의 통일분류법에 의하면 대부분 SW, SP 또는 SP-SM의 sand로 분류되며, AASHTO분류법으로는 A-1-b군에 해당한다는 연구결과가 있다(천병식 등, 1995). 본 연구에서 사용된 저회는 영흥화력본부에서 생산된 것으로 입도분석 결과 통일분류법상으로는 SW로 나타났다. Atterberg 한계시험 결과는 비소성(N.P.)으로 나타났다.

표 1. 시험대상 저회 물성치

물리적 성질	저회의 물성치
USCS, 통일분류법	SW
비중, ρ_s	2.27
WL(%)	N.P
IP(%)	N.P
No.4 통과량(%)	99.37
No.200 통과량(%)	2.86
균등계수, c_u	8.0
Cc	2.0

2.2 대형직접전단시험 개요

대형직접전단시험에 관한 명확한 시험법이 정립되어 있지는 않으나 보통 직접전단시험을 기준으로 하여 시험되고 있다(Head. K. H.(1986), 신동훈(2000), KS F 2343, ASTM D 3080-98, 한국수자원공사(1999)). 본 연구에서는 연약지반에 시공되어지는 모래다짐말뚝의 모래 대체재료로 공학적 성질이 유사한 저회를 활용한 다짐말뚝의 강도특성을 규명하기 위하여 대형직접전단시험을 실시하였다. 따라서, 점토지반에 저회의 치환율을 변화시켜가며 대형직접전단시험을 실시하여 치환율에 따른 복합지반의 전단 강도 특성을 고찰하였다. 본 시험에서는 수직하중 100, 200, 300kPa로 변화시켜 가면서 저회의 치환율을 0, 10, 30, 60, 100에 대하여 1mm/min의 전단속도를 주며 시험을 수행하였다. 대형직접전단시험기에 대한 제원은 표 2와 같다.

표 2. 대형직접전단시험기의 제원

장비 크기	2100mm(L)×1700mm(W)×1850mm(H)	
최대 재하하중	수평	50ton
	연직	20ton
유압밸브 및 제어장치	1~100mm/min	
유압펌프장치	250kg/cm ²	
변위계	수평	200mm
	연직	100mm
전단상자 크기	d=300mm	h=350mm

2.3 대형직접전단시험 결과

조립재료의 다짐말뚝의 지지력에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 내부마찰각이다(천병식 등, 2002). 대형직접전단시험을 통하여 도출된 저회의 치환율에 따른 수직응력-전단응력의 그래프는 그림 1~6과 같고 저회 치환율에 따른 내부마찰각 변화는 그림 7과 같다. 시험결과 저회의 치환율이 증가할수록 내부마찰각이 증가하는 것으로 나타났으며 점착력은 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

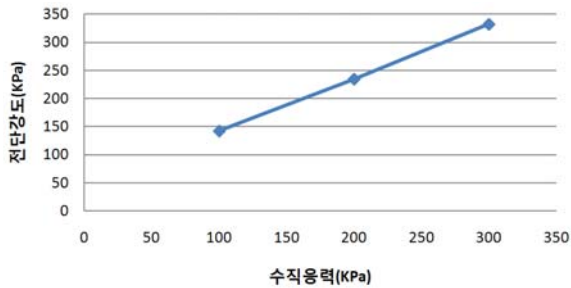


그림 1. 저회 치환율 100%

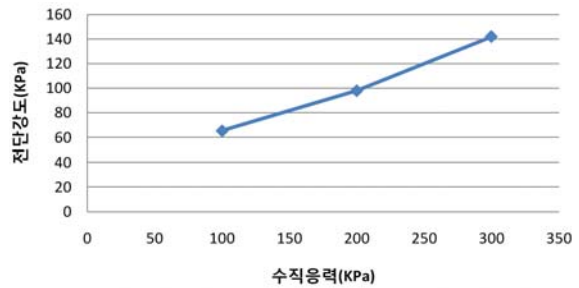


그림 2. 저회 치환율 10%

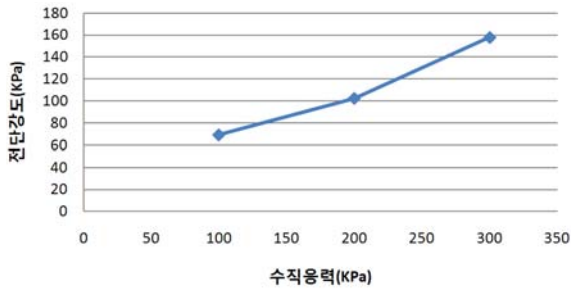


그림 3. 저회 치환율 20%

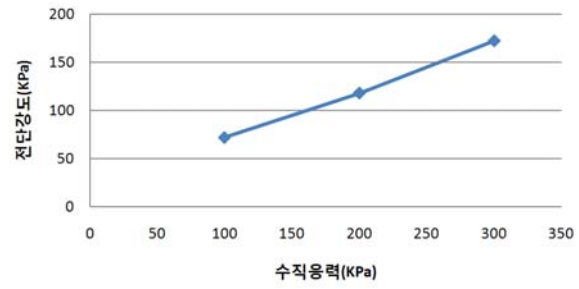


그림 4. 저회 치환율 30%

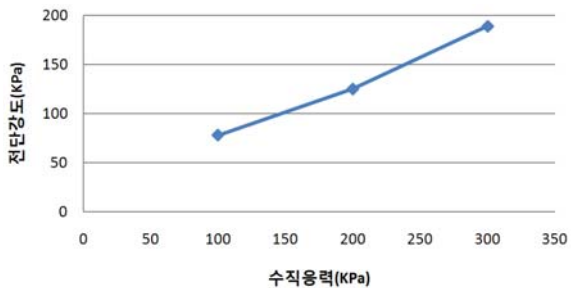


그림 5. 저회 치환율 40%

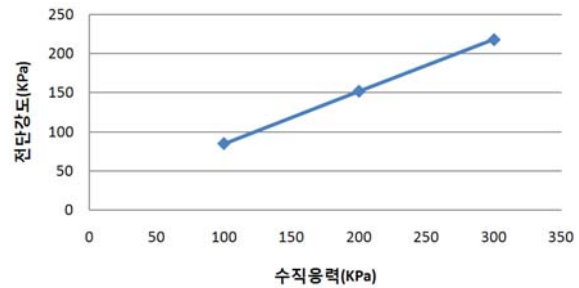
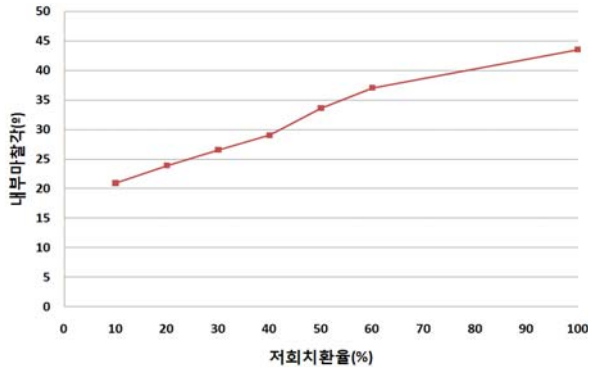
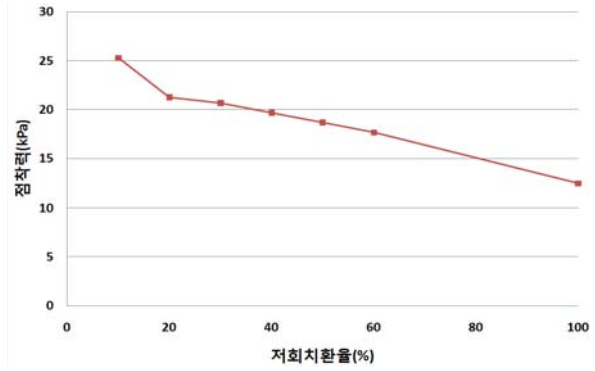


그림 6. 저회 치환율 50%



(a) 저회 치환율에 따른 내부마찰각



(b) 저회 치환율에 따른 점착력

그림 7. 저회 치환율에 따른 내부마찰각 및 점착력 변화

3. 결론

본 연구에서는 모래다짐말뚝공법에 사용되는 모래의 대체 재료로 공학적 성질이 유사한 저회를 선정하여 대형직접전단시험을 실시하여 저회다짐말뚝의 강도 특성을 규명하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 영흥화력본부에서 2009년 1월 16일에 채취한 저회의 특성을 파악하기 위하여 입도분석시험, 저회의 연경도를 측정하기 위한 Atterberg한계시험, 비중시험을 실시한 결과 통일분류법상으로는 SW로 나타났다, Atterberg 한계시험 결과 비소성으로 나타났다.
- (2) 대형직접전단시험 결과 저회의 치환율이 증가할수록 내부마찰각이 증가하는 것으로 나타났으며 점착력은 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.
- (3) 향후, 대형토조를 활용한 저회다짐말뚝의 치환율별 재하시험을 통하여 연약지반에 시공된 저회다짐말뚝의 응력분담비 등의 정수를 측정하는 추가 시험을 실시할 예정이다.

참고문헌

1. 고용일, 김홍택, 박영호, 김대영(2004), 연약지반 개량용 배수재의 Clogging현상에 관한 실험적 연구, **한국지반공학회 2004 봄 학술발표회논문집**, pp. 19~19.
2. 신동훈(2000), 필댐축조용 암석재료의 대형직접전단시험, **대한토목학회 학술발표회 논문집**, 2000권 2호, pp. 375~378
3. 이창호, 임형덕, 이우진(2005), 치환율에 따른 쇄석다짐말뚝(GCP) 지반의 유한요소해석, **대한토목학회 2005년도 정기학술대회논문집**, p. 5423.
4. 천병식, 정현철(2002), 모래다짐말뚝의 모래대체재로서 동슬래그의 활용, **한국지반공학회논문집**, 18권 5호 pp. 195~207.
5. 한국수자원공사(1999), **댐축조용 조립재료의 대형전단시험 표준화 방안 연구**, 한국수자원연구소, pp. 34~42.
6. 한국산업규격, KS F 2343, 압밀 배수 조건에서 흙의 직접전단 시험방법
7. ASTM D 3080-98, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
8. Barksdale, R. D. & Bachus, R. C.(1989), *Design and construction of stone column*, Volumn I, FHWA/RD-83/026.
9. Head, K. H.(1986), *Manual of Soil Laboratory Testing*, Volumn 2, pp. 240~243.