

해양준설토 CLSM을 이용한 지하매설관 변형특성

Deformation Behavior of Underground Pipe with Controlled Low Strength Materials with Marine Dredged Soil

이 관 호* / 김 주 득** / 현 성 철*** / 송 용 선**** / 이 병 식*****
Lee, Kwan-Ho / Kim, Ju-Deuk / Hyun, Seong-Cheol / Song, Yong-Seon / Lee, Byung-Sik

Abstract

It is very urgent to research the proper recycling method of marine dredged soil as construction material for environmental conservation. Couple of developed countries have been lots of related researches on recycling of marine dredged soil for marine environmental conservation. This is highly imperative in our country. A small-scaled model test for underground pipe has been conducted on the use of controlled low strength materials with marine dredged soil. The flexible pipe, which is called PVC, was used. Four different testing materials, such as natural sand, insitu-soil, sand-CLSM with marine dredged soil and insitu-soil CLSM with marine dredged soil, were used. The vertical and lateral displacement of pipe with CLSM is one tenth of common granular materials. Also, the use of CSLM showed lower lateral and vertical pressure than that of common granular materials. The main reason is the effect of cement hardening of CLSM. This could increase of the stiffness of pipe with backfill materials. In this study, the data presented show that marine dredged soil and in-situ soil can be successfully used in CLSM and reduce the deformation and earth pressure on flexible pipe.

key words : CLSM, model test, earth pressure, underground pipe

요 지

건설지반재료의 부족과 환경보존의 중요성이 대두되는 현실에서 해양준설토를 건설자원으로의 재활용 방안을 연구하는 것은 매우 시급한 실정이다. 선진국에서는 해양준설토의 재활용에 대한 필요성을 절감하고 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있고, 국내에서도 연구의 필요성이 부각 되고 있다. 실내모형실험을 실시한 결과 뒤채움재로 유동성 채움재(CLSM)를 사용하는 경우에 일반모래와 현장발생토사를 사용한 경우보다 관의 수직·수평변위 및 지표면변위를 감소시키는 것으로 해석되었다. 이는 유동성 채움재(CLSM)의 특징 중 자기수평능력과 자기강도발현특성에 의해 양생이 진행됨에 따라 파형강관 주변의 유동성 채움재(CLSM)가 굳어 강성화 되고, 이것이 P.V.C관의 일체화를 통한, P.V.C관의 단면강도를 증진시켜준 효과로 해석할 수 있다. 그리고 뒤채움재의 종류에 따른 P.V.C관의 토압특성은 뒤채움재로 일반모래와 현장발생토사를 대체하여 유동성 채움재(CLSM)를 사용한 경우에 관에 작용하는 수직·수평토압이 거의 0에 가까운 값으로 현저히

* 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 부교수 (E-mail : kholee@kongju.ac.kr)
** 다산건설컨설팅 지반부 사원
*** 공주대학교 건설환경공학부 석사과정
**** 공주대학교 건설환경공학부 교수
***** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수

작아짐을 알 수 있었다. 이는 실내 모형실험로부터 뒤채움재로 유동성 채움재(CLSM)를 사용하는 것이 지하 매설관에 발생하는 각종 파손을 감소시키고, 안정성을 높이는 최선의 대안으로 판단된다.

핵심용어 : 유동성뒤채움재, 모형시험, 토압, 지하매설관

1. 서 론

현대사회의 중요 인프라구조물인 라이프라인은 인간에게 필요한 각종 생활편익을 제공하고 있지만 지중에 매설되는 각종 관들은 그 위험성이 쉽게 노출되면서 피해가 엄청나게 발생할 수 있다. 또한, 집중강우 강도, 빗물의 적절한 배수로 미확보, 관로의 파손, 연결부의 결함 등으로 인한 피해사례가 발생하고 있는 실정이다. 최근에 새로이 개발되어 이용되고 있는 PE 관, PVC등의 연성관은 부식에 강할 뿐 아니라 자재의 무게가 경량이어서 시공성이 탁월하다. 이러한 이점 때문에 콘크리트 흙관이 점령하고 있는 하수관 시장은 연성관으로 점차 이동중에 있고, 특히 오수관의 경우는 상대적으로 빠른 속도로 진행되고 있다. 반면에 연성관은 강성관에 비할 때 관의 강도가 떨어지며 따라서 관 변형이 상대적으로 크게 나타나고 있다. 이러한 결점을 보완하기 위해 관 뒤채움에 대한 다짐을 철저히 하는 방법을 주로 취하고 있으나, 국내의 여러 현장에서의 보고에 따르면 철저한 다짐을 한 경우에 있어서도 지반조건, 토질 등에 따라 과대한 변형을 일으키는 빈도가 자주 발생한다는 지적들이 있는 실정이다.

지하매설물의 설치과정은 기존의 도로 또는 지반을 굴착한 후 굴착면을 정리하고, 콘크리트 또는 모래를 이용하여 베딩재를 설치하고, 이 위에 지하매설물을 설치한다. 지하매설물 설치가 끝나면 굴착된 나머지 부분에 모래 또는 토사를 이용하여 뒤채움을 실시한다. 이러한 시공과정에서 베딩면과 뒤채움재의 적절한 다짐정도가 필요하고, 이것이 지하매설물의 안정성에 있어서 절대적인 역할을 한다. 그러나 기존에 시공법의 경우 특히 원형 지하 매설관의 경우 관의 하단부의 다짐이 매우 어렵고, 또한 다짐효율이 떨어져서 지하매설물의 안정성을 저감시키고, 이로 인해 각종 파손이 발생한다. 이러한 지하 매설관의 파손을 방지하기 위하여 현재 유동성 뒤채움재(Controlled Low Strength Materials, CLSM)에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이의 대표적인 특성은 자기수평능력(self-leveling), 자기다짐(self-compacting), 유동성(flowability), 인위적인 강도조절, 시공 후 재굴착이 용이, 시공단계를 줄여 시공비 절감이 가능하다는 것이다(김주득, 2006 ; 박재현, 2004 ; 이관호 등,

1999, 2001, 2002 ; 조재윤 등 2000). 유동성 채움재의 자기다짐과 자기 수평을 이루기 위하여 기존의 연구는 화력발전소들로부터 나오는 산업폐기물인 플라이에쉬를 사용하였다.

본 연구에서는 기존의 유동성 뒤채움재와는 달리 플라이에쉬를 대체할 수 있는 준설토 활용방안에 대하여 연구를 수행하였다. 현재 국내에서는 부산 신항만, 울산 신항만 및 군장 신항만 등, 대규모 신항만 건설이 진행되고 있으며 이에 따른 엄청난 양의 해양 준설토가 발생하고 있다. 해양수산부 통계자료에 의하면, 연간 준설토 발생량은 2000년 515만 m^3 , 2001년 1,258만 m^3 , 2002년 2,402만 m^3 , 2003년 2,201만 m^3 , 2004년 3,417만 m^3 , 2005년 4,075만 m^3 으로 매년 엄청난 양으로 증가 하고 있다. 이러한 발생 준설토를 처분하기 위해서 현재 대규모 투기장을 마련하여 단순 투기 및 매립에만 의존하고 있는 실정인데, 이는 준설토를 적절히 이용하는 관련 재활용 기술이 매우 부족하기 때문이다(해양수산부, 2006). 유동성 뒤채움재는 일반적으로 모래, 시멘트, 물, 플라이에쉬를 이용하는데, 플라이에쉬의 재활용처가 늘어나고, 또한 지역적으로 재료 구득이 용이하지 않는 관계로, 준설토를 플라이에쉬 대용으로 이용하고자 한다.

본 연구에서는 부산 신항만 건설현장에서 채취한 모래질이면서도 입자가 매우 작은 해양준설토를 사용하여 기존의 CLSM(Controlled Low Strength Material)용 플라이에쉬를 대체 가능성을 평가하는 것이다. 또한, 현재 연안 매립과 단순투기에 의존하고 있는 준설토의 재활용방안으로서 해양준설토를 이용한 유동성뒤채움재의 지하매설관용 뒤채움재 모형실험을 통해 준설토의 재활용을 위한 지하매설물관의 거동특성을 평가하는 것이다.

2. 유동성 뒤채움재

국내의 경우 기존의 토사 뒤채움재를 사용하는 경우에 매립된 관의 거동에 대한 연구는 있었으나 유동성 채움재와 관련된 기 수행된 연구는 초기단계이다. 최근 조재윤 등(2000), 이관호 등(2002), Lee et al.(2001)의 관련연구가 진행되었다. 이들의 연구결과로는 첫째, 혼합재료의 강도를 약 9.81kPa에서부터 98.1kPa정도까지 인위적으로 조

질이 가능하고, 둘째, 투수계수가 모래질 흙과 점토 질흙의 중간정도인 실트질 흙과 비슷한 10^{-5} cm/sec의 크기를 가진다. 셋째, 기존의 저장도 콘크리트 개념을 지반공학에 적용하여, 시간에 따른 강도 증진효과가 있기는 하지만, 사용되는 시멘트 양이 전체 재료의 약 5% 미만으로 재료의 특징이 콘크리트와는 상당히 다른 성질을 보여준다. 넷째, 혼합 재료의 성질이 건조 및 포화가 반복되어도 크게 차이가 나지 않는다. 다섯째, 혼합재료의 특성이 초기에는 많은 유동성을 보이고, 시간이 지나면서 강도가 증진되므로, 각종 도로/지반구조물 시공시 시공 방법을 단순화 할 수 있다.

국외의 경우, Bulson(1985)는 유한요소법을 사용하여 강성매설관 둘레의 응력분포에 대한 연구를 발표하였다. 이 연구의 결과로는 관의 측면부(springings)와 천단부(crown)는 주 응력방향으로 접선방향응력이 0임을 알 수 있으며 천단부의 압축응력이 상재하중(overburden pressure, 9.8N/m^2)보다 커서(-)의 아칭효과(arching effect)가 발생함을 알 수 있었고, 베딩재가 모래인 경우 응력의 분포가 연속적으로 나타나나 압인 경우에는 베딩재가 시작되는 부분에서 불연속적인 양상(응력이 집중)을 보임을 알 수 있었다. Peindl 등(1992-a, b)에 의해 수행된 유동성 재료(fly-ash+concrete mixture)의 매설관 뒤채움재 적용에 관한 연구는 연속적인 교통하중을 받는 환경에서 플라이애쉬와 콘크리트 혼합체(해당논문에서는 ashcrete로 명칭)의 뒤채움재로서의 편리성과 안정성을 증명하기 위해 대규모 현장시험을 실시하여 자료 및 결과를 정리하였다. Naik와 Singh(1997)는 플라이애쉬가

대부분을 차지하는 유동성 슬러리와 플라이애쉬의 85%정도를 폐주물사로 대체한 재료와 강도시험을 하여 비교하였고, 폐주물사를 이용시 유동성 및 강도에 효과가 좋은 것으로 나타났다.

3. 실험재료의 물성시험

3.1 실험재료

본 실험에 사용된 실험재료는 일반모래, 현장발생토사 및 해양준설토가 이용되었다. 일반모래의 기본특성은 최소건조단위중량(γ_{dmin}) 13.2 kN/m^3 , 최대건조단위중량(γ_{dmax}) 1.47 kN/m^3 , 조립률 2.88, 균등계수(C_u) 2.37, 곡률계수(C_g) 0.78, 비중 2.556으로 통일 분류법상 입도분포가 나쁜 모래 또는 자갈질의 모래인 SP로 판명되었다.

뒤채움재로 사용한 현장발생토사는 한국토지공사 양산-물금지구 택지개발사업 현장에 넓게 분포되어있는 시료로 기본특성은 현장 자연함수비 14.06%, 조립률 2.84, 균등계수(C_u) 7.29, 곡률계수(C_g) 1.70, 비중 2.565로 통일 분류법상 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래인 SW로 판명되었다.

해양준설토는 부산 신항만 건설이 이루어지고 있는 곳의 시료로서 준설 후 투기장에 투기 후 안정화단계에 있는 것을 사용하였으며, 자연함수비 46%, 조립률 0.27, 균등계수(C_u) 14.29, 곡률계수(C_g) 1.71, 비중 2.321로서 통일 분류법상의 모래 섞인 탄성적 실트 MH로 판명이 되었다.

Table 1은 사용된 일반모래, 양산도로현장에서 채취한 현장발생토사 및 부산 신항만 건설현장에서 채취한 해양준설토의 기본물성 시험결과를 나타내고 있다.

Table 1. Soil Properties for Test

Type	Item	Sand	In-Situ Soil	Marine Dredged Soil
Soil Type		SP	SW	MH
Specific Gravity		2.556	2.565	2.321
Water Content(%)		3.55	14.06	46.00
Sieve Analysis	Max. Diameter	75.00	4.75	4.50
	D ₁₀	0.03	0.18	-
	D ₃₀	0.27	0.67	-
	D ₆₀	3.70	2.10	-
	C _u	2.37	7.29	14.29
	C _g	0.78	1.70	1.71

Table 2. Mixing Ratio(%) by Weight

Mix	Sand or In-Situ Soil	Marine Dredged Soil	Cement	Water
Sand CLSM	32.11%	27.75%	3.67%	36.47%
In-Situ CLSM	51.04%	17.87%	3.71%	27.38%

3.2 배합설계

시료의 배합은 먼저 현장발생토사와 모래의 양은 고정시키고 준설토와 물의 양을 번갈아 늘려가면서 흐름치가 22cm를 만족하는 최소물소요량과 준설토량을 결정하였다. 흐름치는 Nantung (1993)이 제안한 시험방법을 이용하였다. $\varnothing 76\text{mm} \times 152\text{mm}$ 의 한쪽이 개방된 실린더에 시료를 그 표면이 편평하도록 완전히 채운 후, 표면이 매끄러운 유리판 위에 부어, 퍼진 재료의 지름이 200~300mm를 만족하는 배합비를 결정하였다. 여기서 부은 시료의 퍼진 정도는 시공 초기에 시료가 자기수평능력(Self-Leveling) 및 적절한 유동성을 갖게 하는 중요한 특성치이다. 흐름치가 결정된 재료의 배합비를 이용하여 양생 3일차 압축강도가 250kPa를 만족하도록 시멘트 량을 늘려가며 배합비를 결정 하였다. 기존에 이루어진 CLSM관련 연구에서는 유동성 용벽 뒤채움재를 사용할 경우 일축압축강도 500 ~ 700kPa를 가지도록 하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 KS표준규격상의 지하매설물용 뒤채움의 기본강도 특성값을 평가하여 250kPa를 목표강도로 잡았다. 흐름치와 일축압축강도를 만족시키는 최적의 배합비를 Table 2와 같이 결정하였다.

4. 지하매설관 모형시험

4.1 시험장비 및 설치

실내모형 실험에 사용된 모형토조의 크기는 가로 1,400mm, 세로 600mm, 높이 900mm의 강재로 제

작하였으며, 관의 직경을 변화시켜 실험할 수 있도록 제작되었다. 실험조건을 단순화하기 위해 벽면마찰의 영향을 최소화할 수 있도록 모형 토조 표면에 페인트를 설치하여 매끈하게 하였다. Fig. 1은 실내모형 실험장치를 나타내고 있다. 모형토조 상부에 직경 300mm의 원형관을 중앙부에 설치하고, Fig. 2에 보이는 로드셀 과 하중 재하장치를 이용하여 정하중을 재하 하였다.

관의 내공변위(수직·수평변위)측정을 위하여 Fig. 3과 같은 변위계를 사용하였다. 관의 수직·수평에 걸리는 토압을 측정하기 위하여 토압계를 사용하였다. 관의 횡단·종단방향의 변형특성을 알기 위하여 스틸용변형률 게이지를 사용하였다. 위에서 언급한 계측기를 이용한 측정을 위해 정적변형시스템(Static data logger)을 사용하였으며, 스위치박스로 각각 10개와 30개의 채널로 구성되었다. 아래에 있는 Fig. 4 및 Fig. 5는 본 연구에 사용된 계측기의 설치단면을 나타내고 있다.

실험은 Table 3에 나타난 것과 같이, 실내모형 실험에서 고려해 볼 수 있는 여러 가변 조건중 입상재료를 이용한 뒤채움재의 종류 2가지 사례, 해양준설토를 이용한 CLSM 두가지 사례를 합하여 총 4가지 사례로 이루어졌으며 기존 제작된 모형토조를 이용하여 실내모형 실험을 실시하였다.

매설관의 배당재는 일반모래를 이용하였고, 실험에 이용된 관은 대표적인 연성관인 PVC관을 이용하였다. 실험을 위한 기본 설치과정은 다음과 같다.

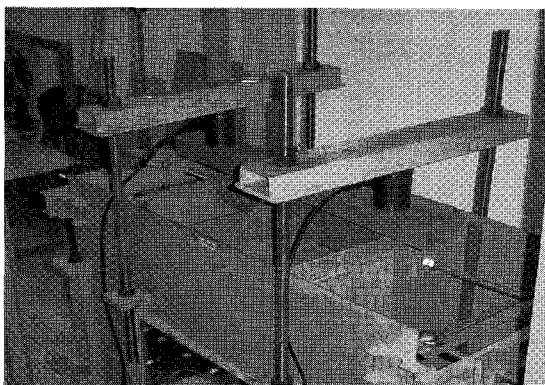


Fig. 1 Small-Scaled Chamber

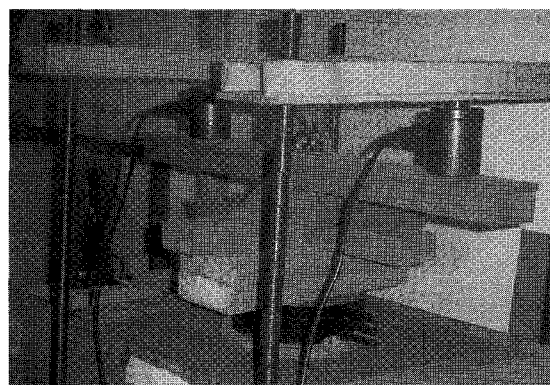
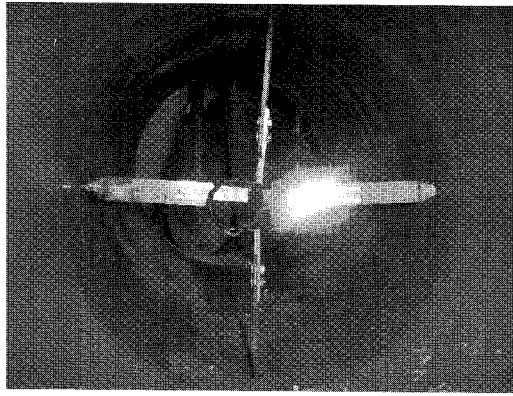
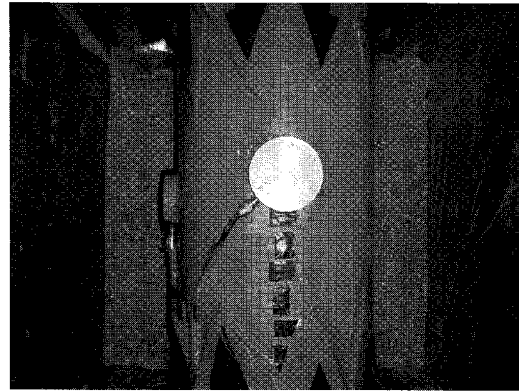


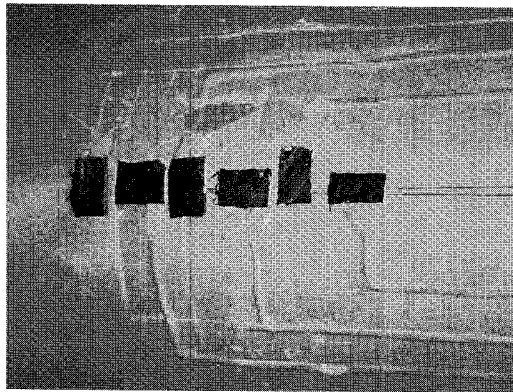
Fig. 2 Loading Frame



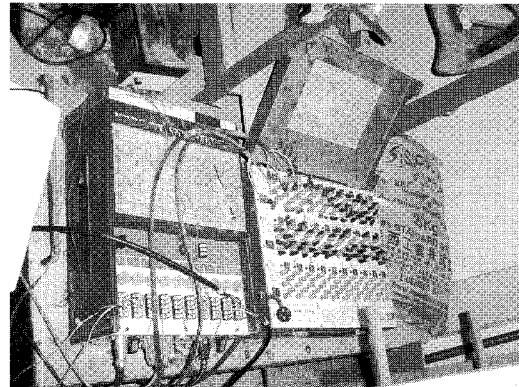
LVDT



Pressure-meter



Strain Gage



Data Acquisition System

Fig. 3 Measurement Systems

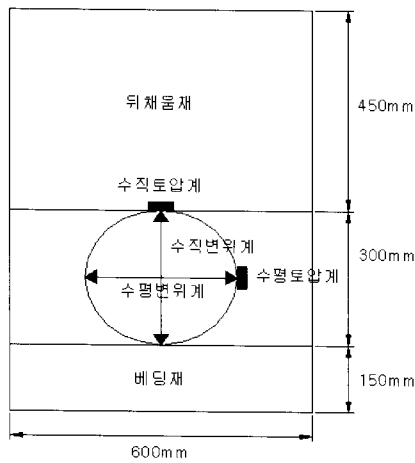


Fig. 4 Measurement Installation of PVC Pipe

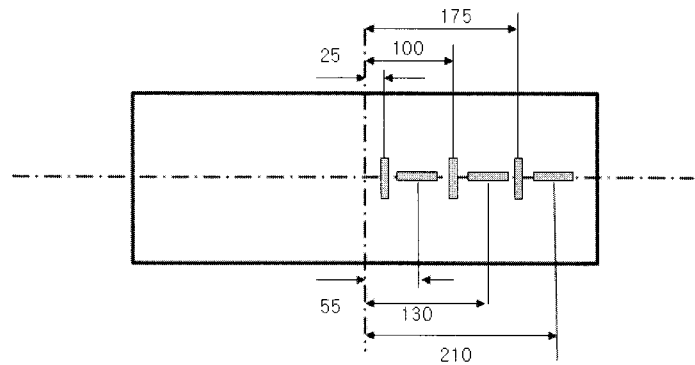


Fig. 5 Strain Gage on PVC Pipe(unit : mm)

Table 3. Test Condition with Different Back-fill Materials

Case	Beding	Pipe	Back-Fill Materials
1	Sand	P.V.C.	Sand
2	Sand	P.V.C.	In-Situ Soil (Dense)
3	Sand	P.V.C.	Sand-CLSM with Marine Dredged Soil
4	Sand	P.V.C.	In-Situ Soil CLSM with Marine Dredged Soil

- ① 초기상태 : 실험조건을 단순화하기 위해 벽면마찰의 영향을 최소화할 수 있도록 모형토조 표면에 페인트를 칠하고, 매끈하게 아스테이지를 부착하였다.
- ② 베딩재 조성 : 베딩재를 조성하기 위하여 1층에 일반모래 25kg를 채운 후 자체 제작된 다짐롤러를 이용하여 100회 다짐을 3층 실시하였다.
- ③ 관의 설치 : 베딩재위에 PVC관을 설치하고, 수직수평 변위계와 횡단·종단방향 변형률 게이지를 관의 내·외부에 부착하였다.
- ④ 중간층 조성 및 계측기 세팅 : 중간층을 조성하기 위하여 일반모래와 현장발생토사를 150mm 채운 후 몸무게 80kg인 사람을 기준으로 50회 발다짐을 2층 실시하였다. 발다짐을 1층 실시 후 변위계, 토압계 및 변형률 게이지를 데이터 로그와 스위치박스에 연결하였다.
- ⑤ 상부층 조성 : 상부층을 조성하기 위하여 1층에 일반모래 60kg를 채운 후 자체 제작된 다짐롤러를 이용하여 60회 다짐을 4층 실시하였다.
- ⑥ 하중재하 : 하중재하는 뒤채움재의 종류에 따라 다르게 적용하였다. 일반모래와 현장발생토사의 경우 타설 직후, 유동성 채움재(CLSM)는 타설 후 7일 양생기간을 거친 후에 하중재하 와 하중제하 과정을 1회 반복 실시하였다. 하중재하 과정은 3, 6, 9, 12, 15kN 씩으로 하중을 증가시킨 후 1분 정도의 안정화를 실시하고, 재하가 가능한 최고치까지 하중재하 후 5분 정도의 안정화를 실시하였다. 그리고 하중제하 과정은 서서히 하중을 제하하였고, 하중을 완전하게 제거 후 5분간의 안정화를 실시하였다.

4.2 시험결과 및 분석

4.2.1 하중에 따른 변위 특성

① 수직변위

Fig. 6은 하중에 따른 관의 수직변위를 사례별로 비교해 놓은 것이다. 사례1의 경우 하중이 증가함에 따라 수직 변위가 점진적으로 증가하였고, 9mm이상의 변위에서 관이 파괴되었다. 이는 연성관의 하중 지지 방식이 관자체가 하중을 지지하는 방식이 아니라 수직 하중에 의해 수평변위가 생기면 이를 수평토압이 구속시켜서 변위를 억제하는 방식인데 사례1 경우 다짐량이 작기 때문에 충분한 수평토압이 유발되지 않아 관이 이를 견디지 못하고 많은 변형에 의해 파괴가 일어나는 것이다. 사례 2의 경우는 사례 1보다 변형이 적게 일어나는데, 이는 사용된 입상재료의 차이에 의

해 발생한 것으로 판단된다. 유동성 뒤채움재를 이용한 사례 3과 사례 4에서는 관의 변형이 현저하게 감소하였는데 이는 관에 하중이 전달되기 전 뒤채움재가 하중을 충분히 지지하는 것을 알 수 있다. 즉, 연성관의 경우 관의 수평방향 변위를 억제해주는 수평토압의 크기가 관의 안전성에 매우 중요한 요소로 판단된다.

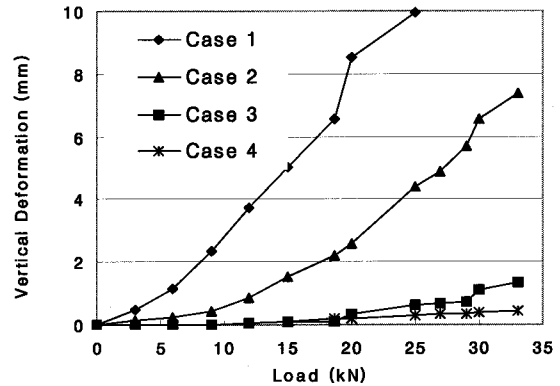


Fig. 6 Vertical Deformation of Each Case

② 수평변위

Fig. 7은 하중에 따른 관의 수평변위를 사례별로 비교해 놓은 것이다. 사례1의 관이 파괴가 일어나기 까지 수평최대 변위는 6.58mm인 반면 사례 2의 경우 최대변위가 일어날 때의 수평변위가 수직변위와 유사한 4.89mm이다. 이는 다짐량이 적어 수평변위에 대하여 충분한 지지를 하지 못 하여서 생긴 결과이다. 사례2의 경우는 사례1보다 다짐량이 많아 뒤채움재가 수평변위를 어느 정도 억제 하였다. 사례3과 사례4의 경우는 일반재료 뒤채움재에 비해 월등히 수평변위가 억제 되었다. 특히 사례 4의 경우는 수평변위가 0.2mm도 일어나지 않아 하중에 의한 관의 수평변위는 거의 무시할 수 있는 수준의 것이다.

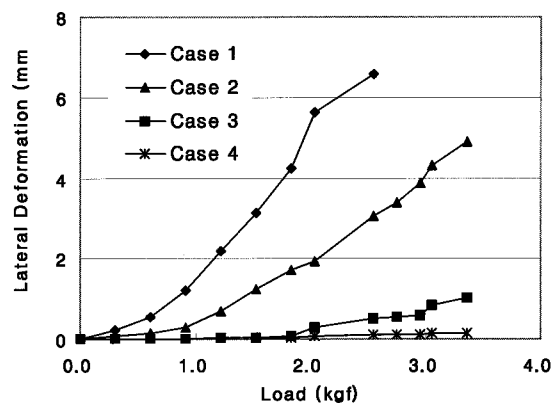


Fig. 7 Vertical Deformation of Each Case

③ 횡방향 및 종방향 변형률(strain)

Fig. 8과 Fig. 9는 PVC관의 중심에서 2.6cm 및 17.6cm 위치에 부착한 변형률 게이지의 횡방향 변형률을 보여주고 있다. 그림에 나타난 것과 같이, 일반 모래 및 다짐도가 높은 현장발생토사의 경우 횡방향 변형률이 CLSM을 이용한 것에 비해 상대적으로 매우 크게 나타났다. 이는 CLSM의 수평방향 변형에 대한 저항성이 매우 효율적임을 의미한다.

4.2.2 토압특성

① 수직토압

연성 관거의 토압은 수직토압의 경우, 관거 주변 아칭 효과의 발생 형태 및 크기, 영향 정도에 따라 그 크기가 결정되고 수평토압의 경우, 관의 압축에 따른 관거의 수평방향 변형 증가로 인한 수동토압의 발현 정도에 좌우되는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 뒤채움재의 종류에 따른 P.V.C.관의 토압 특성을 분석하였다. Fig. 10은 하중에 따른 수직토압을 나타내고 있다. 사례 4를 제외한 모든 사례에서 하중이 증가함에 따라 수직토압이 증가함을 알 수 있다. 사례2의 경우

수직토압이 가장 많이 나왔는데 이는 다짐불량으로 하중을 뒤채움재가 지지하지 못하고 관까지 모두 전달하여 이러한 결과를 보이는 것으로 생각된다. 사례3의 경우 수직 토압 값이 매우 작게 나올 것으로 예상하였으나 이와 반대로 두 번째로 큰 수직토압을 보이고 있다. 이러한 결과는 수평토압의 경우 통상적인 CLSM 특성을 그대로 보여줌을 고려해 볼 때, 수직토압측측기의 설치 또는 측정상의 오류가 포함된 것으로 판단된다. 사례 4의 경우는 다른 사례에 비해 월등히 낮은 토압을 보이고 있다. 이는 배합재로 사용된 현장발생토사가 적절한 입자 조성을 가지므로 나온 결과라 생각된다.

② 수평토압

Fig. 11은 하중에 따른 수평토압을 나타내고 있다. 사례 1, 사례 2의 경우 하중이 증가함에 따라 수평토압이 점진적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 사례 3의 경우 큰 수직 토압에 비해 수평토압은 작게 나타났는데 이는 관의 전방향 구속으로 인해 연성관 거동을 하지 않고 관자체가 하중을 지지하는 강성관 거동을 하

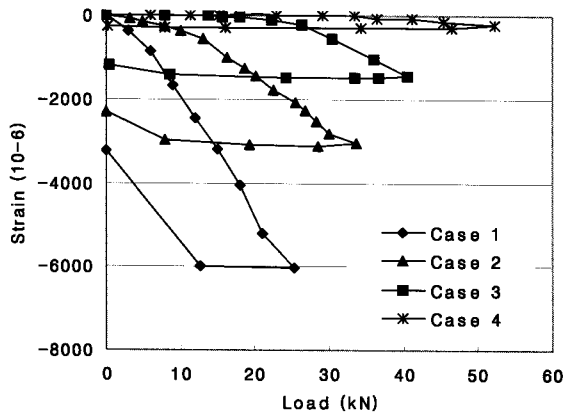


Fig. 8 Transverse Strain at 25mm

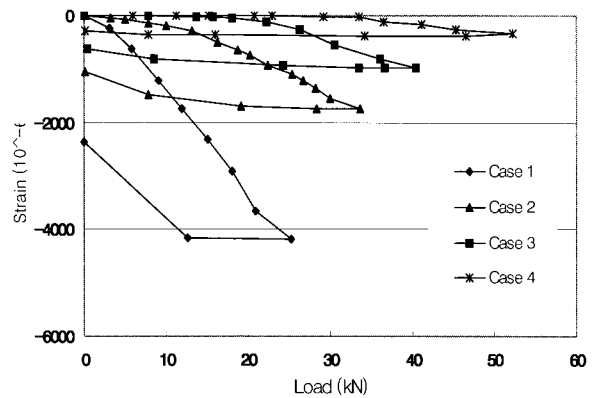


Fig. 9 Longitudinal Strain at 176mm

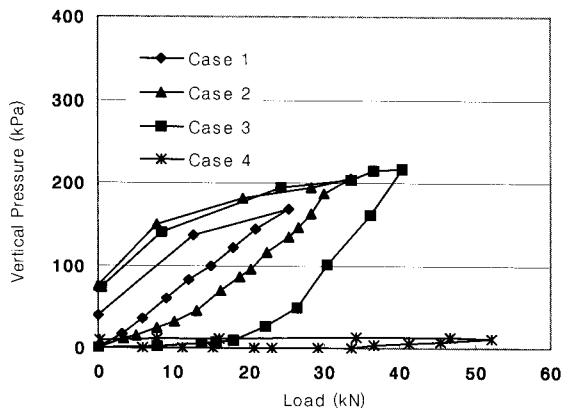


Fig. 10 Measured Vertical Earth Pressure (kPa)

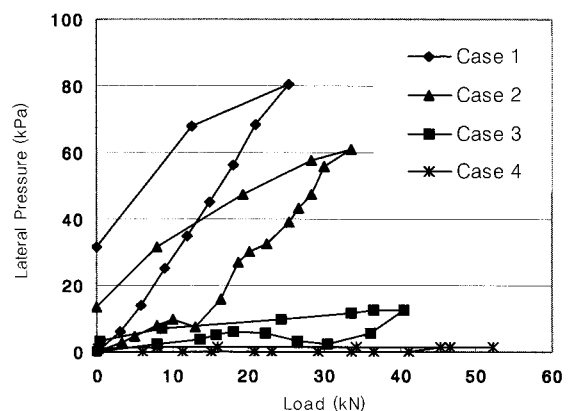


Fig. 11 Lateral Earth Pressure

여 나온 결과로 해석이 된다. 사례 4의 경우 작은 수직토압으로 인해 수평 토압은 1.5kPa 이하로 나타났는데 이 수직도 토압계의 감도를 고려하면 무시할 수 있는 수준의 것이다.

③ 수직토압과 수평토압 비

Fig. 12는 하중에 따른 수직토압에 대한 수평토압을 보여주고 있다. 사례 1과 사례 2의 경우 입상재료를 이용한 것으로 통상적인 정지토압 계수값의 범위를 보여주고 있다. 유동성 뒤채움재를 이용한 경우 입상재료와는 달리 소량의 시멘트에 의한 경화현상으로 인해 수평토압의 저감효과가 매우 크고, 이로 인해 정지토압 계수값이 입상재료의 경우에 비해 상대적으로 매우 작게 나타났다. 유동성 뒤채움재의 이러한 특성은 연성관 이용시 발생하는 관의 변형을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

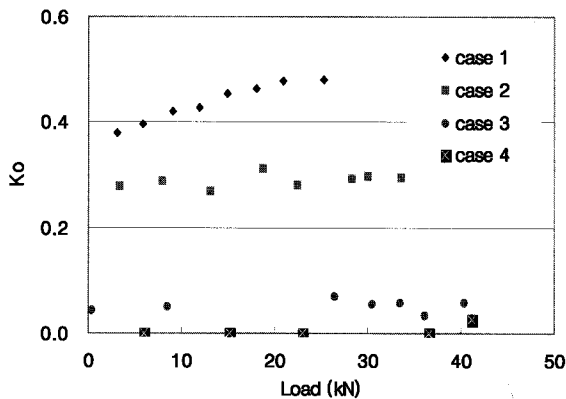


Fig. 12 Ko with Load(kN)

5. 결 론

해양준설토와 현장발생토사를 이용한 유동성 뒤채움재의 지하매설관 모형실험으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 해양준설토 및 현장발생토사를 이용한 유동성 뒤채움재 모형실험에서 PVC 연성관의 연직변위는 0.8-1.6mm이고, 기존의 입상재료를 이용시 일반모래의 경우 10mm, 현장발생토사 이용시 7.5mm로 측정되었다. 유동성 뒤채움재를 이용한 PVC 연성관의 수평변위는 0.2-1.1mm이고, 기존의 입상재료를 이용시 일반모래의 경우 6.5mm, 현장발생토사 이용시 4.8mm로 측정되었다.
2. PVC관의 상단부에 설치된 연직방향 및 수평방향 스트레인게이지 변형률값은 해양준설토를 이

용한 유동성 뒤채움재 이용시 일반모래 및 현장발생토사 등 입상재료를 이용한 경우에 비해 상대적으로 매우 작은 변형률이 발생하였다. 이는 사용된 유동성 뒤채움재의 시멘트에 의한 경화현상으로 인해 연성관과 연성관주변의 뒤채움재가 일체화되는 것을 의미하고, 이는 연성관의 단면계수를 크게 증가시키는 효과로 판단된다.

3. 관의 상단부 및 측면에 설치한 토압계를 이용한 수직방향 및 수평방향 토압의 측정결과, 해양준설토를 이용한 유동성 뒤채움재 이용시 토압저감효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 특히, 수평토압의 저감효과가 수직토압의 저감효과에 비해 더 크게 나타났다. 또한, 수평방향토압과 수직방향토압비를 산정해 본 결과, 입상재료 이용시 0.27-0.45정도의 범위를 가지고, 유동성 뒤채움재 이용시 0.1이하의 작은 값을 보여주었다. 이는 사용된 유동성 뒤채움재의 시멘트 경화현상에 의해 발생한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 공주대학교 스태프로젝트 지원으로 수행되었고, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김주득 (2006) 준설토를 이용한 CLSM의 지하매설관 변형특성 연구, 석사학위논문, 경성대학교.
- 박재현 (2004) 유동성 채움재를 이용한 지하매설관의 변형특성 연구, 석사학위논문, 경성대학교.
- 이관호, 이인모, 조재윤, 윤여준 (1999) 유동성 뒷채움재로 사용하기 위한 플라이애쉬-폐주물사 혼합재료의 특성 연구. 한국지반공학회 정기 봄학술발표회 논문집, pp. 489-496.
- 이관호, 조재윤, 신현무, 김남호 (2001) 폐주물사 및 방식사를 이용한 유동성 채움재의 최적배합설계 및 다짐특성연구. 폐기물학회지, 제18권, 제4호, pp. 389-396.
- 이관호, 조재윤, 조윤호 (2002) 폐주물사를 이용한 유동성채움재의 절토구간 옹벽 뒤채움시 사일로 토압 및 토압경감효과 연구. 한국도로학회논문집, 제4권, 제2호, 통권12호, pp. 19-32.
- 조재윤, 이관호, 이인모 (2000) 유동특성을 이용한 폐주물사 혼합물의 옹벽뒷채움재 연구. 한국지반공학회, Vol. 16, No. 4, pp. 17-30.

해양수산부 (2006) 국내준설토 통계연보.

Bulson, P.S. (1985) *Buried Structures (Static and Dynamic Strength)*. Chapman and Hall.

Lee, K., Cho, J., Rodrigo, S. & Lee, I. (2001) Retaining Wall Model Test with Waste Foundry Sand Mixture Backfill, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol. 24, No. 4, pp. 401-408.

Naik, T.R. & Singh, S.S. (1997) Permeability of Flowable Slurry Materials Containing Foundry Sand and Fly Ash. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE, Vol. 123, No. 5, pp. 446 - 452.

Nantung, T.E. (1993) *Design Criteria for Controlled Low Strength Materials*, Ph. D. dissertation, School of Civil Engrg., Purdue

University, Aug., pp. 334.

Peindl, R.D., Janardhanam, R., and Burns, F. (1992a) Evaluation of Flowable Fly Ash Backfill. Part I: Static loading. *Journal of Geotech. Engrg.*, ASCE, Vol. 118, No. 3, pp. 449 - 463.

Peindl, R.D., Janardhanam, R., and Burns, F. (1992b) Evaluation of Flowable Fly Ash Backfill. Part II: Dynamic loading. *Journal of Geotech. Engrg.*, ASCE, Vol. 118, No. 3, pp. 464 - 474.

© 논문접수일 : 2007년 08월 07일

© 심사의뢰일 : 2007년 08월 09일

© 심사완료일 : 2007년 09월 19일