

준설투기장내 부유물질 유출농도 예측에 관한 모형실험

Model Experiments on Prediction of Effluent Concentration of Suspended Solid in Containment of Dumping Dredged Soil

이 동 원¹⁾ · 전 상 현²⁾ · 유 건 선³⁾ · 유 남 재[†]

Lee, Dongwon · Jun, Sanghyun · Yoo, Kunsun · Yoo, Namjae

ABSTRACT : In this paper, model experiments in the laboratory were carried out to predict the effluent concentrations of suspended solid in containment of dumping dredged soils and test results were compared with results estimated by the currently used design method. Model tests of simulating dumping the dredged soils with a pump dredger in field were performed with changing the influent concentration and the length of containment and effluent concentration of suspended solid with time were measured during tests. As results of comparing test results about effluent concentration with those estimated from the design method by US Army COE(1987), they were confirmed to be in relatively good agreements.

Keywords : Dredged soil, Effluent concentration of suspended solid, Laboratory model test

요 지 : 본 논문에서는 준설투기장에서 발생하는 부유물질의 유출농도를 예측하기 위하여 실내모형실험을 수행하고 실험결과를 기존의 설계방법에서 제시한 결과와 비교·분석하였다. 현장의 펌프준설투기에 의한 준설투기의 투기 상황을 모사하기 위하여 투기농도와 투기장의 길이를 변화시킨 실내 모형실험을 수행하고, 투기가 진행됨에 따른 부유물질 유출 농도의 시간에 따른 변화를 측정하였다. 컬럼을 사용한 침강압밀 실험결과를 바탕으로 한 미공병단(US Army COE, 1987)에서 제시한 설계방법에 의한 유출농도에 대한 분석결과와 모형실험 결과를 비교한 결과, 상호 유사한 경향을 나타냄을 확인하였다.

주요어 : 준설투기, 유출농도, 모형토조실험

1. 서 론

최근 장기적 국가발전 계획 및 산업부지 확보의 일환으로 서해안, 남해안을 중심으로 대규모 준설투기 매립 및 신항만 건설이 진행되면서 건설현장을 중심으로 많은 양의 해양 준설투기가 지속적으로 발생하고 있다. 이들의 대부분은 준설투기 투기장 외부로 유출되지 않도록 매립지를 조성하는 방법을 사용하였으며, 이와 관련된 현장 준설투기지의 침강 및 압밀 침하량 예측에 관한 연구는 기존 연구자들에 의해 수행되었다(Imai, 1980; Yano, 1985; 유건선, 2000; 유남재 등, 2002). 이러한 준설투기장 설계 시 매립토의 장기간에 걸친 큰 침하, 준설투기 시 유출수에 의한 이차오염 등 여러 가지 고려해야 할 사항이 있다. 특히 유출수에 의한 오염확산을 방지하기 위하여 상등수(Supernatant)의 부유물 침전을 고려한 설계법으로 준설투기장에서 1차로 침강을 통하여 토립자를 대부분 퇴적시키고 미세한 세립토는 2차 침전지로 유출시켜 침전지 외부로 유출되는 배출수를 환경기준을 만족시키는 투

기장의 설계 및 시공이 요구되고 있다(지성현 등, 2010).

따라서 본 연구에서는 준설투기장의 설계를 위한 1차 침전지내 유출농도의 변화를 예측하고자 컬럼을 이용한 침강압밀시험을 통해 체류시간에 따른 부유물의 농도 관계식을 산정하였으며, 현장의 침전지를 모사하기 위한 모형토조실험을 수행하여 준설투기가 진행됨에 따라 유출되는 부유물의 농도 변화를 측정하였다. 그 결과를 미공병단에서 제안하는 방법(US Army COE, 1983; 1987)과 비교 분석하였다. 또한 준설투기 종료 후 상부의 상등수를 제거하고 거리에 따른 퇴적분포와 함수비의 변화 상태를 파악하였다.

2. 준설투기장 설계 이론

2.1 설계 기본 개념

준설투기장의 설계기본개념은 준설투기 슬러리의 현탁액의 부유물이 퇴적될 수 있는 충분한 체적을 갖는 침전지

1) 정희원, 강원대학교 공과대학 토목공학과 공학석사

2) 정희원, 강원대학교 공과대학 토목공학과 연구원

3) 정희원, 한라대학교 공과대학 토목공학과 교수

† 비희원, 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail : njyoo@kangwon.ac.kr)

의 수토용량을 결정하는 것으로 유출수의 배출허용기준을 만족하면서 부유물이 중력에 의하여 최대한 투기장내 퇴적하여 대부분을 제거할 수 있도록 설계하는 것이다.

2.2 준설투기장 설계

투기장의 총 공간은 준설투기토의 체적, 침전을 위한 공간(Ponding Depth), 수면위 공간(Freeboard)으로 구성되며, 투기장내에서 준설토의 계면고가 여수토의 높이보다 낮은 경우, 준설토의 직접적인 유출은 발생하지 않으며 상부의 상등수(Supernatant)만 유출된다. 이 상등수에는 투기장내에서의 체류시간 동안에 미쳐 계면고 이하로 침전되지 않은 부유물이 존재하며, 투기장의 면적은 부유물의 농도가 허용치 이하가 되도록 침전할 수 있는 면적이 요구된다. 따라서 준설투기 후 시간경과에 따른 부유물의 농도를 그림 1과 같이 Column의 침강시험결과로부터 부유물토립자와 체류시간과의 관계식을 산정한다. 그러나 실내시험으로 구한 결과는 바람에 의한 파랑의 영향이 없는 실내의 정지조건에서 산정되므로 실제 현장에서는 침전된 토립자가 파랑등에 의해 재부유되므로 다음과 같은 단계를 통해서 보정할 필요가 있다.

투기장에서 배출되는 부유물의 유출 부유토립자농도, C_{eff} 의 기준을 만족하는 실내 컬럼시험에서의 최대 부유토립자농도, C 는 식 (1)로 구한다. 재부유 계수는 표 1에서와 같이 투기장 면적 및 침강깊이를 고려하여 산정한다.

$$C = C_{eff} / RF \quad (1)$$

여기서, C : 컬럼시험에서 추정되는 최대 부유토립자농도(mg/L)

C_{eff} : 재부유를 고려한 유출수의 부유토립자농도(mg/L)

RF : 재부유 계수(Resuspension Fator)

이론적 체류시간(T)은 투기장의 형상에 따른 침강의 비효율을 고려한 수리효율 보정계수(Hydraulic Efficiency Correction Factor, $HECF > 1.0$)에 의해 식 (2)와 같이 보정되어야 한다. 즉, 현장 평균체류시간(T_d)은 이론적 체류시간에 비해 훨씬 짧다.

$$T = T_d \cdot HECF \quad (2)$$

여기서, T : 이론적 체류시간

T_d : 현장 평균체류시간

$HECF$: 수리효율 보정계수

$$\frac{1}{HECF} = 0.9[1 - \exp(-0.3 \frac{L}{W})] \quad (3)$$

여기서, $\frac{L}{W}$: 투기장의 길이/폭

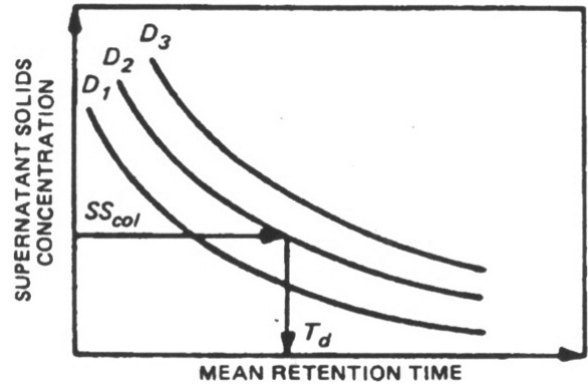


그림 1. 체류시간-부유토립자농도의 관계

표 1. 투기장 면적 및 침강깊이에 따른 재부유 계수(Resuspension factor)

| 투기장 면적 | 투기장내의 평균 침강 깊이 | |
|--------------------------|----------------|---------|
| | 0.6m 이하 | 0.6m 이상 |
| 400,000m ² 이하 | 2.0 | 1.5 |
| 400,000m ² 이상 | 2.5 | 2.0 |

준설슬러리가 토출구로부터 여수토(Outflow Weir)까지 흘러갈 때 전투기장 면적을 균일하게 거쳐 나가지 않고, 투기장의 형상에 따라 실제 흘러가는 면적은 다르며 전투기장 면적보다는 작다. 입자침강을 허용할 수 있는 설계 투기면적은 식 (4)와 같이 산정한다.

$$\frac{A_{df}}{HECF} = \frac{T_d \cdot Q_i}{H_{pd}} \quad (4)$$

$$A_{df} = \frac{T \cdot Q_i}{H_{pd}}$$

여기서, H_{pd} : 침강허용깊이, Ponding Depth

A_{df} : 투기장의 면적(m²)

Q_i : 시간당 준설투기량(m³/hr)

3. 실내시험

본 연구에서는 서해안 인천 00지역에서 채취한 준설토에 대한 기본물성시험, Column을 이용한 침강압밀시험, 부유물농도시험 및 준설토 모형토조실험을 수행하여 준설토의 계면침강속도, 체류시간에 따른 부유물 농도 관계식을 산정하였다. 또한 모형토조실험을 수행하여 준설투기가 진행됨에 따라 유출되는 부유물의 농도변화를 측정하였으며, 투기가 종료된 후 상등수를 제거하고 준설토의 퇴적특성을 분석하였다.

3.1 기본물성시험

현장에서 채취한 재성형 시료에 대하여 물리적 특성을 구하기 위하여 비중시험, 액·소성한계시험, 입도시험을 실시하였으며 결과는 표 2와 같다.

표 2. 연구대상 시료의 물리적 특성

| 비중(G_s) | 액성한계, LL(%) | 소성한계, PL(%) | 200번체 통과율(%) | USCS |
|-------------|-------------|-------------|--------------|------|
| 2.69 | 24.9 | 17.4 | 85.0 | CL |

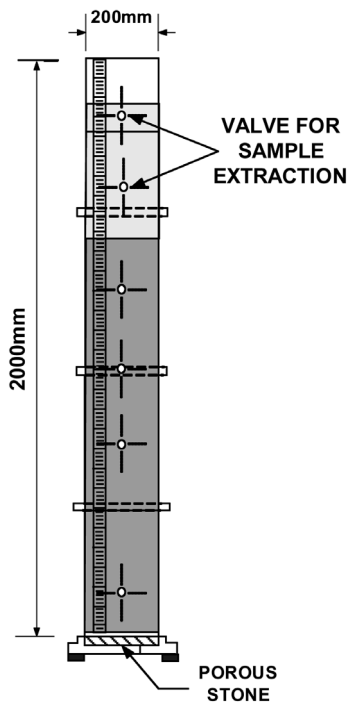


그림 2. 침강시험 모식도

3.2 침강·압밀시험

침강시험은 그림 2와 같이 컬럼(직경 200mm, 높이 2,000mm)을 이용하여 시간에 따른 계면고의 변화를 측정하기 위하여 Scale을 부착하였다. 준설토를 투기 후 컬럼 하부에서 Air Compressor를 이용하여 공기압을 주입시켜 토립자가 물과 분리 또는 침전되지 않도록 한 다음 밸브를 잠그고 동시에 침강시험을 수행하였다.

그 결과를 그림 3에 나타내었다. 시험 시작 후 약 100분 경과시점부터 침강단계를 보이며 1,000분 이후 자중압밀이 진행됨을 알 수 있다. 또한 체류시간에 따른 부유물의 농도 변화를 측정하기 위하여 침강시험 중 컬럼 벽면에 설치된 포트(Port)를 이용하여 투기 후 3, 5, 7, 10, 15시간 경과시점에서 각 포트(1,500mm, 1,700mm)로부터 50mL 이상 계면고 상부의 부유물을 추출하여 상등액에 미쳐 침강되지 못하고 떠있는 부유물에 대하여 유리섬유 여지법을 사용하여 부유물의 농도를 측정하였다(이동원, 2011). 그 결과를 그림 4에 나타내었으며, 체류시간에 따른 평균 부유 농도 관계식은 식 (5)와 같이

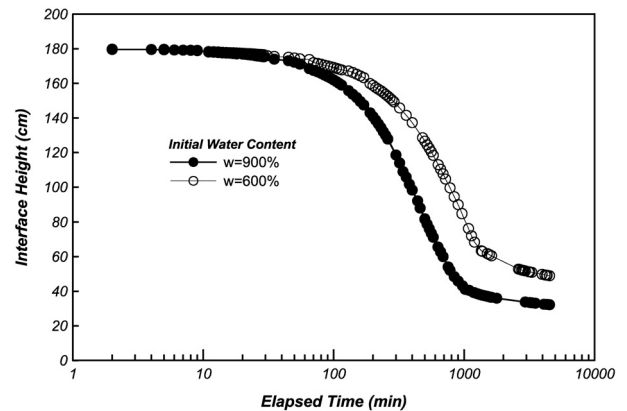
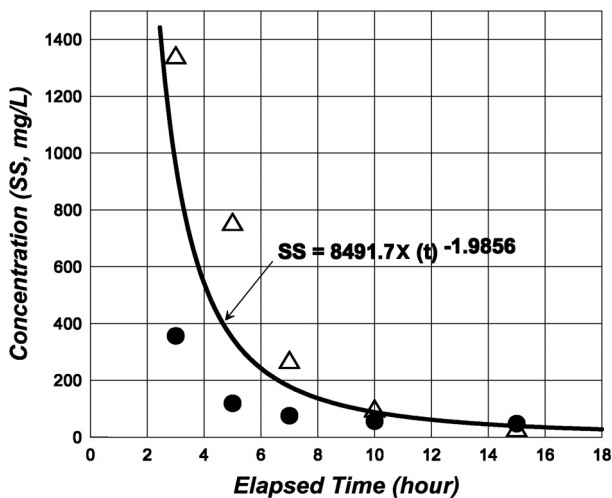
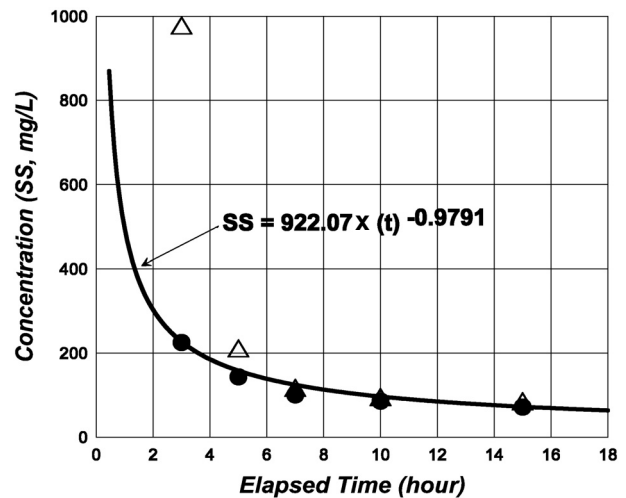


그림 3. 시간경과에 따른 준설토 계면고의 변화



(a) 함수비 600%



(b) 함수비 900%

그림 4. 체류시간에 따른 부유물 농도의 변화 관계식

산정하였으며 이를 침전지의 유출농도 산정에 적용하였다.

$$SS = 8491.7 \times (t)^{-1.9856} \quad (w=600\%)$$

$$SS = 922.07 \times (t)^{-0.9791} \quad (w=900\%) \quad (5)$$

3.3 모형토조실험

3.3.1 모형실험장치

현장의 펌프준설을 실내실험으로 모사하기 위하여 그림 5에서와 같이 모형토조의 크기는 300mm(B)×5,000mm(L)×400mm(H)로 제작하였다. 자동펌프를 통해 모형토조에 투기하는 방식으로써 모형토조는 분리가 가능하도록 제작하여 길이 변화에 따른 모형실험을 수행하였다. 또한 전면부는 퇴적성상을 측정할 수 있도록 투명 아크릴로 제작하여 외벽에 눈금이 새겨진 줄자를 부착하여 시간에 따른 침강 및 퇴적형상의 변화를 관찰할 수 있도록 하였다. 그림 6은 모형토조실험 전경을 보여준다.

3.3.2 실험방법

본 연구에서는 초기함수비를 600%, 900%로 변화시키고 각 초기함수비 조건에서 모형토조길이를 3m, 5m로 변화시켜 준설텔러리를 투기 후 시간경과에 따라 유출되는 상등수의 유출농도 변화를 측정하였다. 모형실험의 순서는 다음과 같이 수행하였다.

- 1) 그림 6(a)에서 보는 바와 같이 대형 시료토조에 혼합된 준설텔러리를 초기함수비 600%, 900%의 조건으로 투입

하였다. 또한 대형토조 하부에 Air Compressor로 공기압을 주입시켜 시료의 교반을 유도하였으며 침강 또는 퇴적을 방지함으로써 준설텔러리를 투기하는 동안 동일한 조건의 준설텔러리가 투입되도록 한다.

- 2) 혼합된 준설텔러리를 그림 6(b)와 같이 속도조절이 가능한 인버터부스터 펌프를 사용하여 직경 2cm의 이송호수를 통해 0.079m³/hr의 투입량을 일정한 속도로 모형토조에 투기한다.
- 3) 실험 중 시간마다 투입되는 준설텔러리를 채취하여 농도분석을 통해 일정한 농도의 준설텔러리가 유입되는지 확인한다.
- 4) 그림 6(c)와 같이 아크릴 전면판에 부착된 줄자를 이용하여 시료의 계면고 및 퇴적특성을 측정한다.
- 5) 그림 6(d)와 같이 준설텔러리가 투기가 진행됨에 따라 상등수가 월류하는 그 시점에서 초기 단계는 5분 간격, 1시간 경과 시점 이후에서는 10분 간격으로 유출되는 부유물을 채취하여 유리섬유 여지법으로 부유물농도실험을 실시한다.
- 6) 준설텔러리가 종료된 후 상부의 상등수를 제거하고 투입 위치로부터 거리별 퇴적시료를 채취하여 함수비 및 입도분석실험을 실시하여 퇴적특성을 파악한다.

4. 실험결과 분석 및 고찰

4.1 시간에 따른 유출농도

준설텔러리를 투기 후 시간경과에 따라 유출되는 상등수

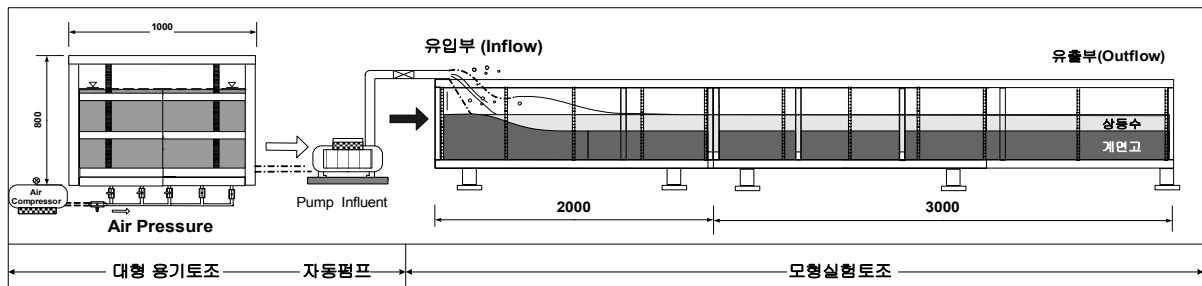


그림 5. 모형실험장치 모식도



(a) 대형 시료교반토조

(b) 준설텔러리 투기 전경

(c) 계면고 형성

(d) 상등수 유출전경

그림 6. 모형토조실험 전경

의 유출농도 변화를 그림 7에 나타내었으며, 가로축은 초기 유출이 시작되는 경과시간을 나타내었고 세로축은 유출되는 농도의 변화를 도시하였다.

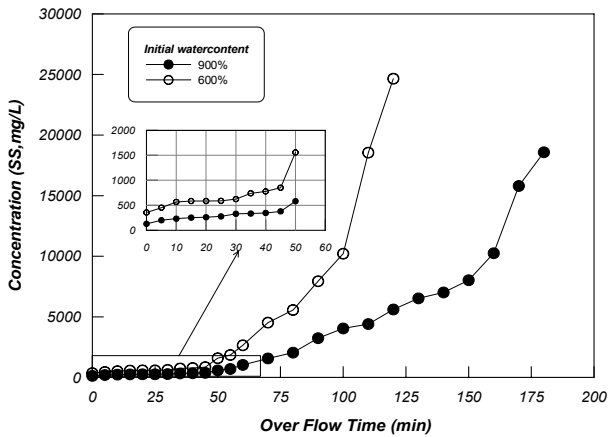
실험결과 3m 모형토조 조건의 경우 함수비 600%에서 초기 유출농도는 356ppm, 함수비 900%에서는 100ppm을 나타내었으며, 반면 5m 조건의 경우 함수비 600%인 경우에는 100ppm, 함수비 900%인 경우에는 가장 낮은 농도 57ppm으로 나타났다. 이는 준설투기 시 초기함수비(농도)의 조건에 따라 계면침강속도의 영향으로 인하여 계면고 이하로 침전되지 않은 부유물이 유출되면서 초기 유출농도가 차이를 보이는 것으로 판단된다. 또한 그림 7에서 보는 바와 같이 상부의 상등수가 유출이 진행됨에 따라 유출초기에는 일정한 경향을 보이다가 점차 시간이 경과하면서 급격히 유출농도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 투기가 진행됨에 따라 준설토의 계면고가 점차적으로 상승하면서 상등수의 유수단면적이 감소하므로 유속의 증가로 인하여 침강되지 못한 상부의 부유물이 계속해서 재부유하는 현상이 지속되기 때문에 침전지내 외부로 유출되는 부유물의 농도도 증가하는 결과를 보이고 있다. 따

라서, 초기 함수비가 클수록 침전지의 길이가 증가할수록 유출되는 부유물의 농도가 감소하는 경향을 보였다.

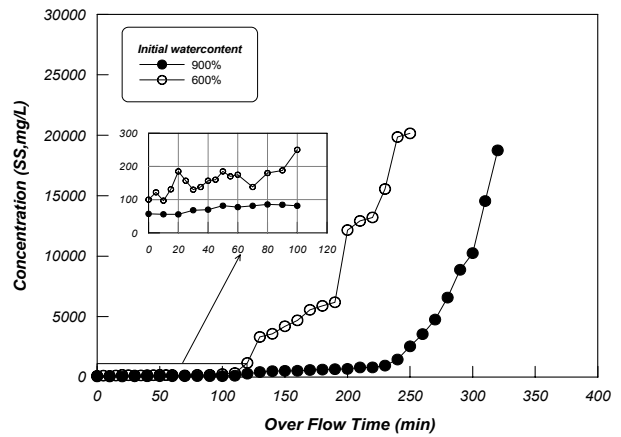
4.2 준설 점토의 퇴적특성

4.2.1 거리별 입도분포 결과

준설투기된 준설토가 침강하면서 토립자와 분리된 상등수를 제거한 후 거리별로 시료를 채취하여 입도분석실험을 실시하였다. 3m의 모형토조의 경우, 투입위치로부터 50cm 이내, 1m, 2m, 3m, 지점에서 각각 시료를 채취하였으며, 5m 조건의 경우 50cm이내, 1m, 2m, 3m, 5m 지점에서 각각 시료를 채취하여 입도분석을 실시하여 그림 8과 그림 9에 입도분포곡선을 나타내었다. 그림에서 굵은점선은 원시료의 입도곡선을 도시하였다. 그 결과 3m조건의 경우 투입위치로부터 1m 이내까지는 유사한 경향을 보이고 있으나 2m 지점 이후 세립분의 함량이 증가함을 알 수 있으며, 2m와 3m 지점에서는 거의 유사한 입도분포의 경향을 보이는 것으로 나타났다. 한편 5m 조건의 경우에는 그림 9에서와 같이 거리별로 입도분리현상이 뚜렷이 나타나고 있음을 알 수 있

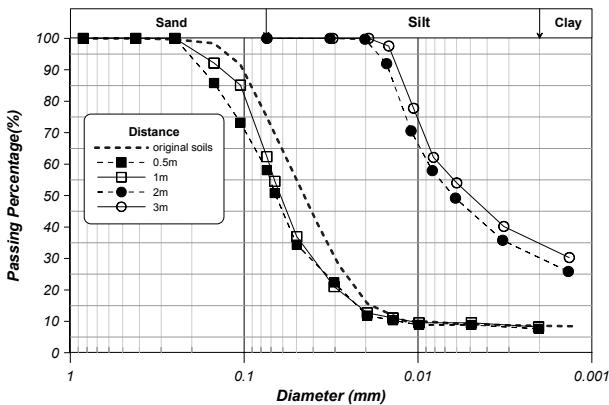


(a) 3m 모형토조 조건

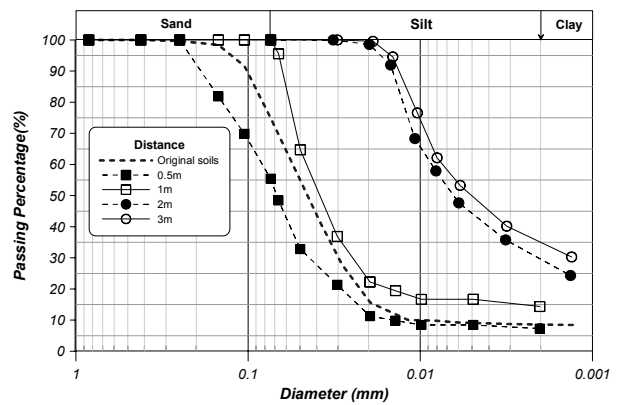


(b) 5m 모형토조 조건

그림 7. 시간변화에 따른 유출농도의 변화



(a) 함수비 600%



(b) 함수비 900%

그림 8. 거리별 입도분포곡선(모형토조길이 3m 조건)

다. #200 통과율을 분석한 결과 투입위치로부터 50cm 이내에서는 세립분이 71.7~75.7%, 점토입자($\leq 2\mu\text{m}$)는 8.4~9.6%의 분포를 나타내었다. 거리가 멀어짐에 따라 #200체 통과율은 점차적으로 증가하다가 2m 지점에서 세립분은 100%, 점토입자는 24.~33.3%를 포함하고 있으며, 유출부에서는 점토입자가 37.8~41.9%로 가장 많은 함유량을 보이고 있다. 이는 침강특성상 투기 시 조립질의 흙은 초기에 곧바로 퇴적되고 세립질의 흙은 상대적으로 투기흐름에 따라 이동하기 때문임을 알 수 있으며 입도분리현상이 발생하여 유입부에서 멀어짐에 따라 세립분의 함량이 증가함을 알 수 있다. 이러한 경향은 한영철 등(1992)과 김형주 등(2006)이 현장실측이나 모형실험을 통해 얻은 결과와 비교적 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

4.2.2 함수비의 분포 결과

시료의 표면 함수비를 거리별로 채취하여 유입부로부터 거리에 따른 함수비의 분포를 각각 나타내었다. 그림 10에서와 같이 함수비는 유입부에서 멀어짐에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 전반적으로 유입부에서는 약 30~50%의 함수비 분포를 보였고, 유출부에서 함수비의 분포는 약 380~610%의 범위를 나타내었으며, 비교적

넓은 범위내에 분포하고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 10에서와 같이 유입부에서 2m 지점 이후 함수비의 분포는 다소 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 앞서 설명한 입도분포 결과에서와 같이 2m 지점 이후 세립분의 함량의 증가로 인해 세립토의 분리퇴적층이 고함수비의 분포를 갖는 것을 알 수 있었다.

5. 경험적인 방법에 의한 실험결과 평가

5.1 개요

본 연구에서는 준설토 투기 후 일정시간 투기장내에서 체류하다가 월류하는 유출수의 토립자 농도변화를 분석하기 위하여 앞서 전술한 바와 같이 미공병단에서 제안하는 방법(US Army COE, 1987)으로 토립자 침강 및 저류를 위한 침전지 설계기법을 적용하여 해석하였으며, 그 결과를 모형실험결과를 통해 얻은 실험값과 비교하였다.

5.2 입력자료

침전지내 유출농도를 예측하고자 해석에 적용된 입력자

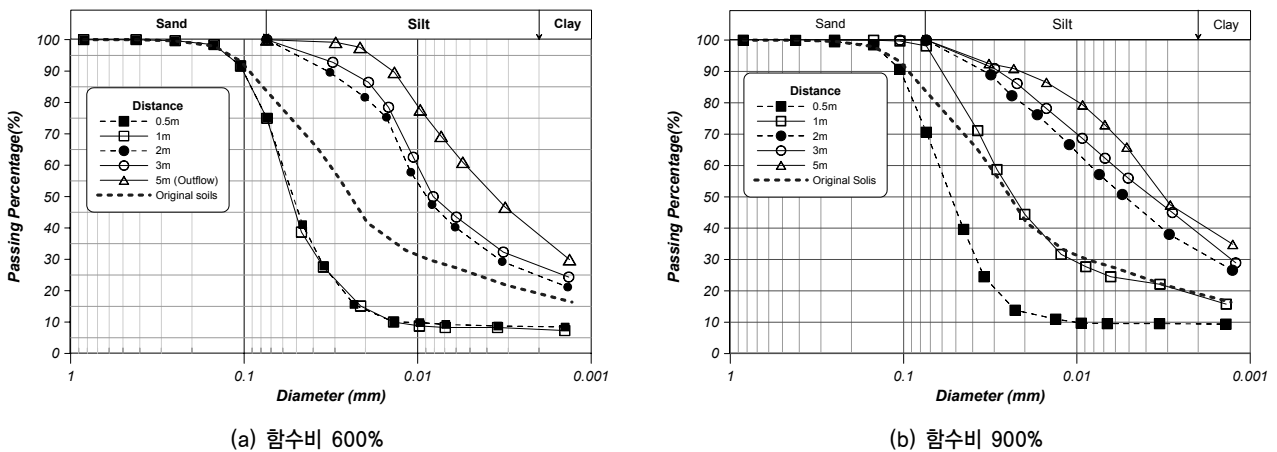


그림 9. 거리별 입도분포곡선(모형토조길이 5m 조건)

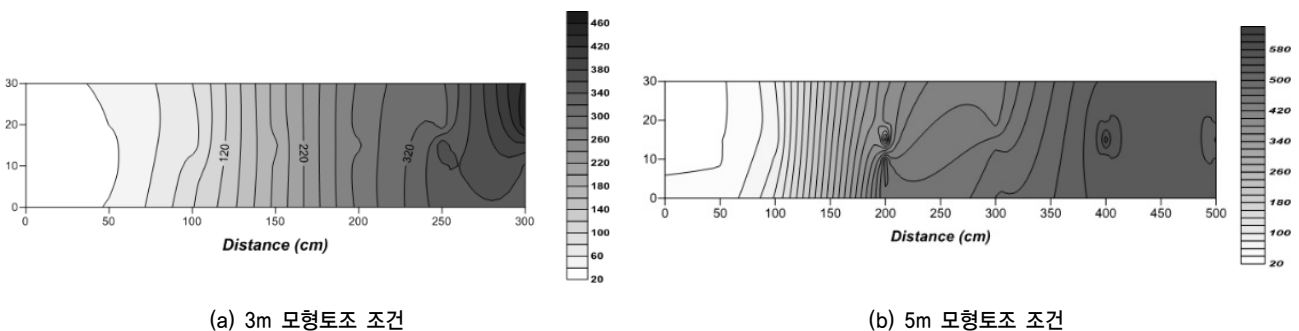


그림 10. 유입부로부터 거리별 표면 함수비의 분포

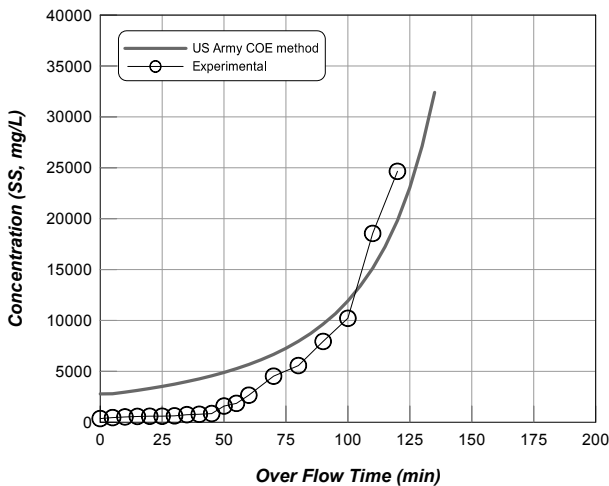
표 3. 해석에 적용된 입력자료

| 초기함수비 | 시간당 준설투기량(Q_s) | 재부유계수(RF) | 수리효율보정계수(HECF) | 침강허용깊이(H_{pld}) |
|------------|---------------------------|-----------|----------------|---------------------|
| 600%, 900% | 0.079(m ³ /hr) | 1.0 | 1.169 / 1.119 | 0.23 |

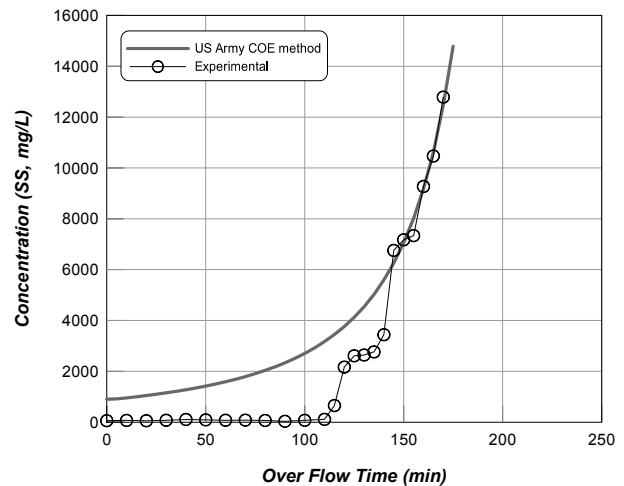
표 3과 같고 앞서 설명한 바와 같이 시간경과에 따라 유출되는 부유물의 농도를 예측하기 위해 식 (5)를 적용하였다. 시간당 투기량(Q_s)은 실내 투기모형실험과 동일한 투기량을 입력자료로 적용하였으며, 식 (1)에서와 같이 재부유계수는 실내시험의 경우 파랑에 의한 영향이 없으므로 1.0으로 가정하였다. 또한 1차 침전지내에 퇴적되는 퇴적토의 함수비는 모형실험결과를 반영하여 분리퇴적에 의한 세립분의 함량을 고려하여 평균 400% 함수비의 분포로 퇴적되는 것으로 적용하였다.

5.3 결과 비교 분석

미공병단에서 제안한 설계방법의 결과와 모형실험결과를 통해 얻은 결과를 그림 11과 그림 12에 각각 나타내었다. 각 그림에서 보인 바와 같이 전반적으로 유사한 경향을 보임을 알 수 있다. 초기 함수비 600%의 경우 두 조건 모두 미공병단의 해석 결과가 다소 크게 산정되었지만, 시간이 경과함에 따라 유사한 경향을 나타남을 알 수 있다. 한편, 그림 12에서는 함수비 900%인 경우는 비교적 실험값과 예측된 값은 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 이와 같은 결과를 실제현장에 적용하여 시간에 따라 유출되

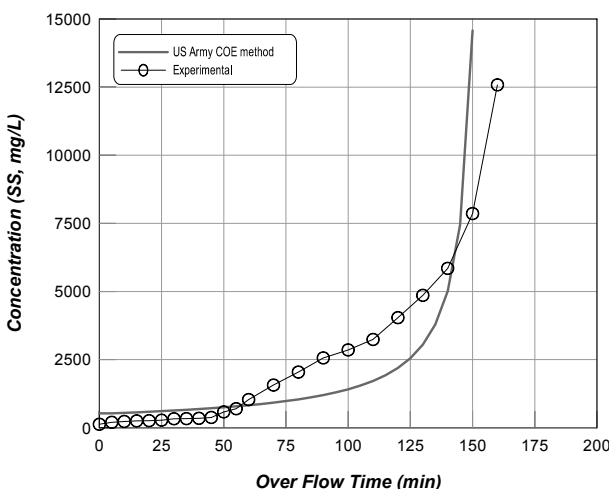


(a) 3m 모형토조 조건

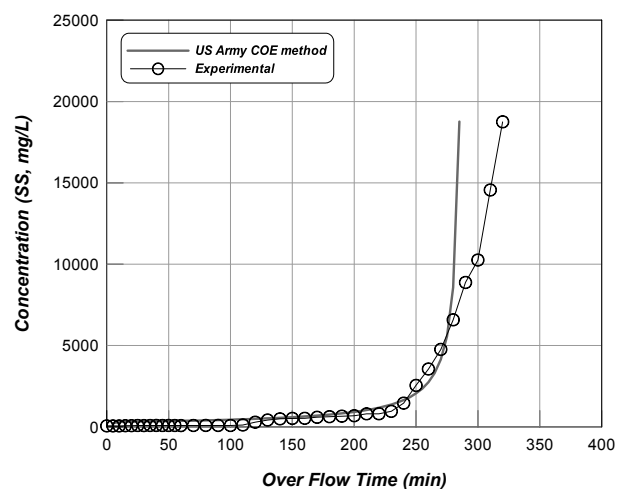


(b) 5m 모형토조 조건

그림 11. 시간변화에 따른 유출농도(함수비 600%)



(a) 3m 모형토조 조건



(b) 5m 모형토조 조건

그림 12. 시간변화에 따른 유출농도(함수비 900%)

는 부유물 농도 예측에 대한 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 논문에서는 침전지내 유출농도를 예측하고자 침강실험 및 현장의 펌프준설 투기상황을 모사하기 실내모형실험을 수행하였으며, 그 결과를 미공병단에서 제안하는 방법과 서로 비교하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) 침강실험을 통하여 시간에 따라 상부 상등수의 부유물 농도에 대한 분석 결과, 시간(hr)에 따른 부유물 농도변화에 대한 관계식은 다음과 같다.

$$SS = 8491.7 \times (t)^{-1.9856} \quad (w=600\%)$$

$$SS = 922.07 \times (t)^{-0.9791} \quad (w=900\%)$$

- (2) 모형토조실험 결과, 초기유출농도는 투기 시 함수비 조건에 따라 계면침강속도의 영향으로 인하여 함수비조건이 클수록 부유물의 농도가 감소하는 경향을 보였으며, 침전지 길이가 증가할수록 침강시간도 증가함으로 유출되는 부유물의 농도도 감소하는 경향을 보였다.
- (3) 준설토 투기완료 후 퇴적분포는 준설토 투입 위치로부터 거리가 멀어짐에 따라 입경은 감소하며, 세립분의 함량 ($\leq 2\mu m$)은 유입부에서 8.4~9.6%, 유출부에서는 37.8~41.9%로 유입부에서 거리가 멀어짐에 따라 증가함을 보였으며, 이와 같은 미세한 세립토의 영향으로 표면 함수비의 분포는 약 30~610%까지 상당히 폭넓은 차이를 보였다.
- (4) 준설토가 투기됨에 따른 침전지내 유출농도 예측에 대한 실내모형실험과 미공병단에서 제안된 방법으로 산출된 각각의 유출농도는 비교적 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났으며, 향후 현장조건을 고려한 다양한 모

형실험을 수행함으로써 매립지내에 유출농도 변화 예측 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 본 연구의 결과는 실내실험에 국한된 것으로 현장 적용성에 대해서는 투기속도, 여수토의 높이 및 위치 등 다양한 조건을 고려한 실내실험과 현장자료를 통한 비교분석 등이 향후에 연구되어야 보다 합리적인 결과를 도출할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김형주, 심민보, 전혜선, 이민선, 백필순(2006), 2차원 분리퇴적에 의한 준설토의 성상에 관한 연구, *한국지반공학회 논문집*, Vol. 22, No. 12, pp. 481~488.
2. 유건선(2000), 해상점토를 이용한 준설매립토의 침하해석 및 투기장 설계, *현대건설 초연약 준설매립지반의 특성 및 지반개량기술 특별세미나 논문집*, 현대건설(주), pp. 23~53.
3. 유남재, 박병수, 김근수(2002), 고함수비 준설매립토의 구성관계식 획득을 위한 역해석기법, *대한토목학회논문집*, Vol. 22, No. 1-C, pp. 21~31.
4. 이동원(2011), *준설토 재활용을 위한 재료분리형 침전지의 적용성 연구*, 석사학위논문, 강원대학교, pp. 19~20.
5. 지성현, 허병주, 천병식(2010), 부유물 침전을 고려한 준설투기장 설계에 관한 연구, *한국지반환경공학회 논문집*, Vol. 11, No. 8, pp. 57~63.
6. 한영철, 송정락(1992), 군산지역 준설토의 퇴적특성, *가을학술 발표회 논문집*, 한국지반공학회, pp. 61~64.
7. Imai, G.(1980), Settling Behavior of Clay Suspension. *Soil and Foundations*, Vol. 20, No. 2, pp. 61~77.
8. US Army Corps of Engineers(1987), *Confined Disposal of Dredged Material, Engineer Manual*, No. 1110-2-5027, pp. 3.16~4.24.
9. US Army Corps of Engineers(1983), *Confined Disposal of Dredged Material, Engineer Manual*, No. 1110-2-5025, pp. 4.10~4.22.
10. Yano, K.(1985), Properties of Very Soft Ground Reclaimed by Dredged Marine Clay and Their Prediction. *Japan Society of Civil Engineer*, Vol. 364, No. 3-4, pp. 1~14.

(접수일: 2011. 3. 11 심사일: 2011. 3. 30 심사완료일: 2011. 5. 6)