

KGS Spring '95 National Conference
25, March, 1995/Seoul/Korea

침투압을 이용한 준설패립 지반의 압밀특성 연구

A Study on Consolidation Characteristics of Soft Clay Ground using seepage forces

이 규 환, LEE KYU HWAN* 황 규 호, HWANG KYU HO** 이 송, LEE SONG***

* 서울시립대학교 토목공학과 박사과정 Graduate Student, Department of Civil Engineering Seoul City University

** 서울시립대학교 토목공학과 박사과정 Graduate Student, Department of Civil Engineering Seoul City University

*** 서울시립대학교 토목공학과 부교수 Associate Professor, Department of Civil Engineering Seoul City University

(SYNOPSIS): This paper describes laboratory experiments about the behavior of dredged material during the settlement, self-weight consolidation and the effect of seepage consolidation in sea water. By the result of this study, it can be concluded that the strength of soil and water content after self weight consolidation are little influence by the initial water contents. And, dredged material soil including clayer silt also have been influence little by the salt content. When the seepage force was added on the specimen surface after several days self weight consolidation, the consolidation effect and density were increased. Seepage consolidation effect was achieved in relatively short time and by knowing the consolidation characteristics, the consolidation constants were determined. After seepage consolidation, the unconfined compression strength was about 0.05kg/cm^2 , which is the enough strength to hold the sand mat in the field. R1 instrument was used to measured the density and the water content of the material in column.

1 서 론

근래에 들어와서 국내에서도 공항, 산업 및 주거공간에 필요한 부지를 확보하기 위한 목적으로 준설패립을 이용한 건설 작업이 활발히 진행되고 있다. 이러한 준설패립공사는 패립에 의해서 용지를 조성하는 목적 이외에 항만구역의 유지준설, 저질정화에 의한 옹기준설, 해역에서의 공사에 따른 준설 등 여러가지 목적으로 행하여지고 있다. 해안지역에서 하는 패립공사의 대부분은 해저의 바닥에 퇴적되어 있는 퇴적물을 준설선을 이용해 준설을 하여 해안 근처의 폰드내로 묽은 흙과 물의 혼합물인 슬러리 상태로 펌핑하여 수행된다. 이때에 바닥에 침전된 물질은 고함수비의 점토질 흙으로 초기에는 패립지반이 슬러리 상태의 초 연약한 상태로 되게 된다. 이러한 경우 큰 침하가 패립한 흙 자체의 자중에 의해서 일어나게 된다. 때문에 이러한 과정은 많은 시간이 소요되고 앞으로의 패립지 사용계획을 위한 흙의 안정화에 대한 계획에 큰 영향을 미치게 되며 이러한 펌프선으로 준설한 해상점토를 이용하여 형성된 연약지반을 어떻게 해서 양호한 부지로 사용할 수 있는가하는 것이 기술자들의 주된 관심사이다. 그러므로 우선 패립한 흙의 침하시간을 추정하는 것은 매우 중요한 일이다. 이러한 침하-시간 측정은 자중압밀을 고려한 압밀이론이나 자중압밀이 일어나는 동안에 발생한 압밀 응력 증가에 의한 압밀 정수에 있어서의 상당한 변화를 고려함으로써 구할 수 있다. 이러한 큰 변형률이 발생하는 준설패립 지반의 압밀거동에 대하여는 기존의 고전적인 선형 압밀이론을 적용하여 압밀특성을 파악하는데는 이 이론에 사용된 가정이 현장조건과 불일치하므로 적용하기가 곤란하다. 그러나 Mikasa(1963)나 Monte & Krizek(1976)는 현장 조건과 일치하게 간극비, 투수계수, 압축계수 등의 변화와 비 선형적인 유효응력 - 간극비 관계를 고려한 새로운 압밀이론인 유한 변형 압밀이론을 제시하였다. 준설토를 이용한 패립에 의해서 지반이 형성되었다면 이곳은 유용한 장소로 변하게 될 것이다. 해면 패립의 경우, 토지로써 이용가치가 높은 지역이므로 이 지역의 지반개량은 연약지반의 처리 문제가 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 패립이전에 패립물질의 토질정수에 대한 예측이 필요하며 패립지반에 침전되는 점착력이 있는 흙의 특성에 적합한 실용적인 방법을 개발해 내야한다. 이러한 문제는 패립지에 퇴적하려고 하는 흙의 성질과 상태를 패립지반의 조성전에 예측하여야 하는 어려운 문제점을 수반하게 된다. 준설토가 폰드내에 투기될 때 하부 배수층에 의한 하향의 배수가 발생하게 된다. 즉 침투력(Seepage force)이 발생하여 토립자에 작용하고 물의 하향 흐름에 의한 탈수 작용이 가속화 된다. 이러한 수압에 의한 압밀 방법은 준설된 많은 양의 준설토를 수두차를 이용하여 패립지반의 압밀을 촉진시키는데 목적이 있다. 본 논문에서는 침강, 퇴적하는 준설토에 침투력을 작용시켜 세립토의 체적감소를 촉진시키는 공법에 관하여 연구하고 준설토의 거동을 파악하기 위한 제반 연구를 수행하였다.

2. 침투압밀 원리 및 이론

표준 압밀시험에서 하중은 시료 표면에 단계적으로 가하게 된다. 즉 압밀은 표면력에 의해서 이루어진다. 한편, 침투압밀시험에서는 시료의 모든 요소는 각 요소에 작용하는 침투력에 의해서 압밀이 된다. 즉 압밀은 체적력에 의한다. 침투력에 의해 압밀되는 역학적인 측면을 알기 위해서는 어떻게 침투력이 유효응력으로 바뀌는 과정을 알아야 한다. 그림.2.1은 지속적인 물의 하향 흐름을 통한 시료(specimen)의 각 요소에 있어서의 응력 상태를 보여주고 있다. 높이 z 와 $z+dz$ 사이의 전응력차는 단지 요소의 전체 중량 때문에 기인하며 다음과 같은 관계가 성립한다.

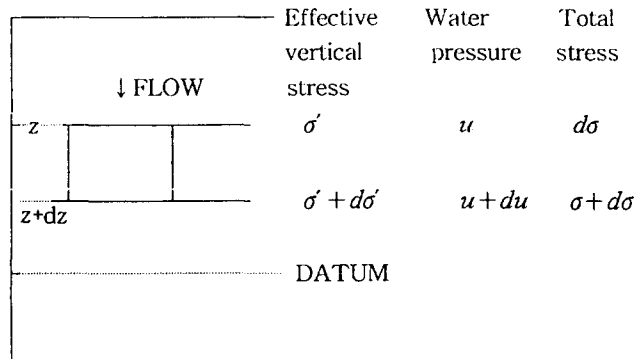


그림.2.1 Stress state of element in specimen being subjected to the action of seepage force

$$d\sigma = \gamma_t dz \quad (1) \quad \text{여기에서 } \gamma_t \text{ 는 요소의 단위 중량이다.}$$

식(1)에 유효응력 원리를 적용하면 유효응력의 변화 $d\sigma'$ 다음과 같다.

$$d\sigma' = \gamma_t dz - du \quad (2)$$

식(2)에서 du 는 정수압을 포함한 전수압(total water pressure)이 변화이다.

한편 전 수두의 변화에 의해 다음의 식이 주어진다.

$$dh = \frac{1}{\gamma_w} (du - \gamma_w dz) \quad (3)$$

다음 기본 방정식은 식(2)와 식(3)을 조합해서 얻어진다.

$$\frac{d\sigma'}{dz} = -\gamma_w \frac{dh}{dz} + \gamma' \quad (4)$$

윗 식에서 γ_w 와 γ' 는 물의 단위중량과, 요소의 수중단위 중량 ($\gamma_t - \gamma_w$)이다.

토질역학에서, 침투력(Seepage force)은 단위체적당 힘으로 표시된다. 즉 j 는 전 수두경사에 물의 단위 중량을 곱하여

$$j = \gamma_w i \quad (5)$$

다음 정의에 의해서 전 수두경사 i 는 $i = -\frac{dh}{dz}$ (6)

그리하여 식(4)에서 $\frac{d\sigma'}{dz} = j + \gamma'$ (7)

식(7)은 침투력(seepage force)와 부력(buoyant unit weight of soil)에 의한 유효압밀 응력의 변화율이다. 다시 말해서 침투력 또는 토립자의 수중단위 중량은 식(7)에 의하여 유효압밀 응력으로 바뀐다.

3. 시험장치 및 방법

3.1 시료의 토성 및 입도 분석

본 논문에서 사용한 시료는 인천남항의 시공중인 준설 매립지에서 채취한 시료를 사용하여 실내시험을 통하여 연구를 수행하였다. 준설선을 이용한 매립공사에서 매립지 전체를 통해서 보면 토출구에서 근처에는 흙 입자들이 주로 조립토인데 거리가 멀어질 수록 흙입자들이 주로 세립토를 많이 포함하는 즉 거리에 따라서 입도 분포가 변화하는 것을 알 수 있는데 본 논문에서는 토출구로부터 가장 멀리 떨어진 지역에서 시료를 채취하여 연구를 수행하였다. 그 이유는 매립지반에서 지반개량시에 세립질 성분을 많이 함유한 상층부 및 이 초 연약지반에 대한 개량이 가장 중요한 관심사이기 때문이다. 시료에는 조개껍질을 비롯하여 여러 가지 불순물 및 유기물질이 포함되어 있으므로 자연건조시킨 후 #60체로 체가름하여 통과된 시료를 사용하였는데 이는 실내 시험에서의 모델시험을 위해서 어느 정도의 시료의 정현화가 필요하기 때문이다. 시료의 토성치와 입도분포는 표 3.1과 그림 3.1에 도시하였다. 이 데이터는 침투압밀 시험을 위해서 실내에서 제조한 시료에 대하여 토성시험을 한 것이다.

표 3.1 Properties of soils

SAMPLE SITE	Specific Gravity	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plastic Index (%)	USCS
INCHON SOUTH PORT	2.66	40.1	26.5	13.6	ML

3.2 RI 계측장치

본 계측장비의 미국의 HUMBOLDT SCIENTIFIC, INC 에서 제작된 장비로써 본 명칭은 5001 SERIES COMPACTION CONTROL GAGES 로써 본래의 사용목적은 도로지반이나, 콘크리트-아스팔트 혼합지반 등의 건설재료의 현장 함수비 및 밀도를 측정하기 위해서 특별히 고안된 장비이다. RI 장비는 온도 및 습도 등 기타 주변의 상황에 매우 민감하게 영향을 받는 장비이므로 사용시에 상당한 주의를 요하는 것이 필요하다. 본 연구와 같은 Column 시험에서 Been에 의해 X-rays를 이용한 밀도의 계측이 있었다. 본 연구에서는 기계의 본 목적을 벗어나서 Column 장치에 사용하여 계측치에 대한 신뢰성에 대한 의문점을 충분히 야기할 수 있으나 충분한 Calibration 작업과 검증을 통하면 상당히 신뢰성 있는 값을 얻을 수 있다는 결론을 얻었다.

3.3 시험장치

침투압밀 시험장치의 제원은 표 3.2와 같고 실험장치는 그림 3.2와 같다.

표 3.2 Properties of test apparatus

	Diameter(cm)	Height(cm)	Thick(mm)	Area(cm ²)
Column	19.0	160	8.5	283.53
Porous Stone	17.0	-	5	226.98

그림 3.2. 침투압밀 시험장치

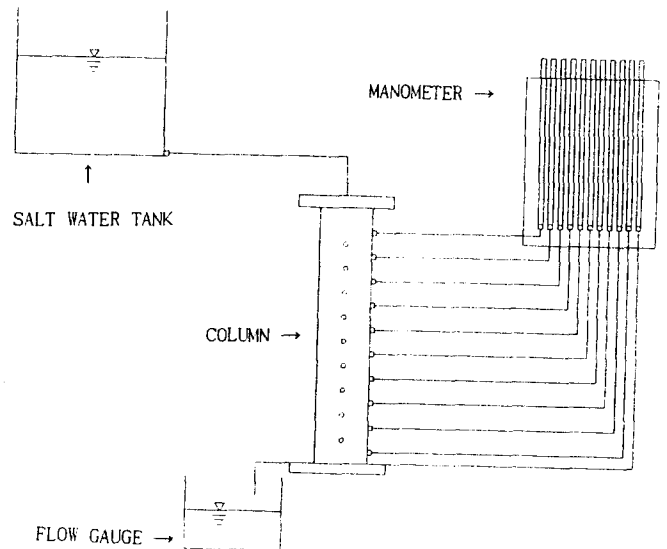
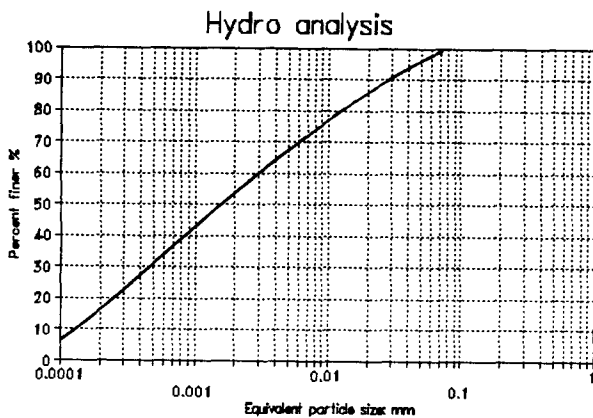


그림 3.1 Grain size curves for column test



4. 시험결과 및 분석

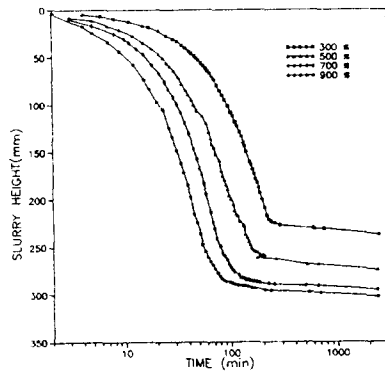
4.1 침강 시험

인천 남항에서 채취한 시료에 대하여 함수비를 변화시키면서 침강시험을 실시하였고, 침투입밀 시험장치에서도 침강거동을 분석하였다. 각 시험시료에 대한 특성은 표.4.1에 나타내었다.

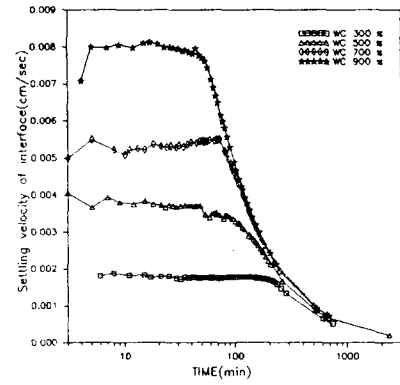
표.4.1 Properties of soils

TEST NO	Initial Water Content (%)	After Settlement Water Content (%)	Soil concentration (g/l)	Salt concentration (%)	Grain Size	비고
1	300	99.84	333	3.0	(#200 통과 시료)	salt water
2	500	105.29	200	3.0	(#200 통과 시료)	salt water
3	700	113.84	142	3.0	(#200 통과 시료)	salt water
4	900	116.27	109	3.0	(#200 통과 시료)	salt water
5	500	105.80	200	0	(#200 통과 시료)	clear water
6	500	-	200	3.0	(#40 통과 시료)	column test

4.1.1. 시험 결과



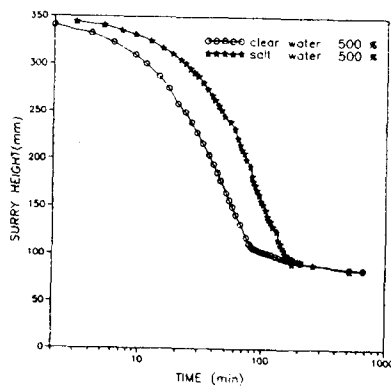
(a)



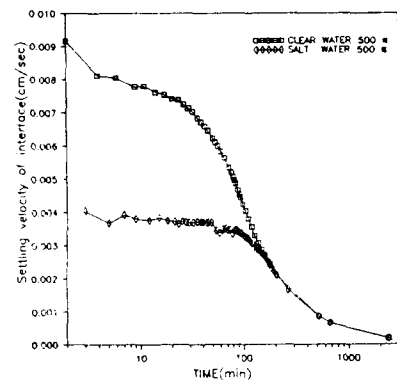
(b)

그림. 4.1 Settling behavior with different initial water content(a)

Settling velocity with different initial water content(b)



(a)



(b)

그림. 4.2 The effect of salt content on the settling behavior (a)

The effect of salt content on the settling velocity (b)

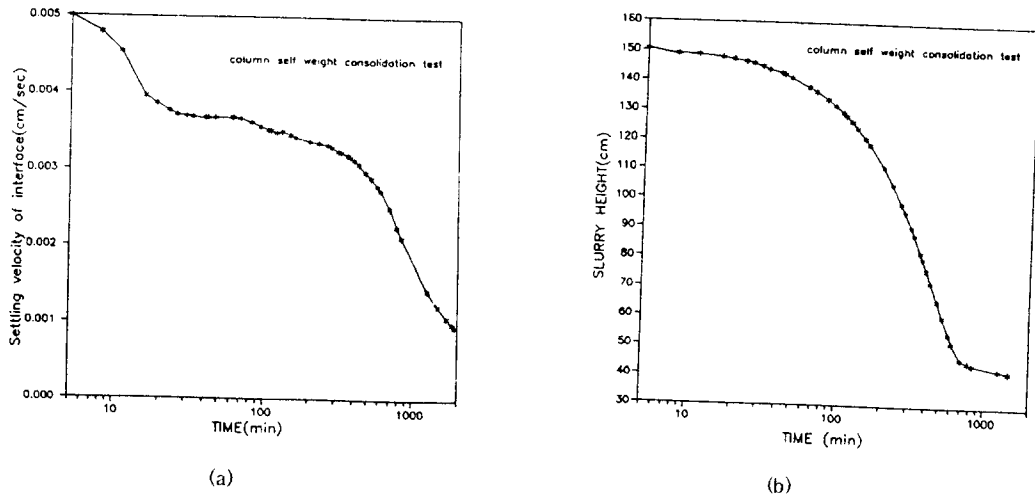


그림. 4.3 Settling Behavior of Column Test (a) Settling Velocity of Column Test (b)

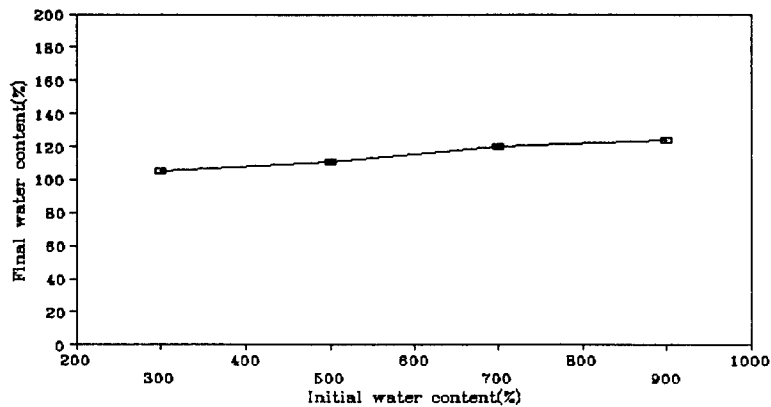


그림. 4.4 The effect of mixture's initial water content on the average water content of sediment at the end of settling stage

4.1.2 시험 결과의 고찰

본 연구에서 준설토의 기본적인 성질을 파악하기 위한 시험으로써 침강시험을 수행하였다. 각 시험에 대한 특성들은 표.4.1과 같으며 침강 시험 결과들은 그림.4.1 ~ 그림.4.4에 나타내었다. 침강거동에 대하여 초기거동과 전체적인 거동을 분석하기 위해서 시간에 대해서 자연눈금과 대수눈금으로 침강거동 결과를 나타냈다. 그림.4.1(a)은 초기 함수비의 변화에 따르는 침강 거동을 나타내고 있는데 함수비가 증가함에 따라서 침강형태가 간섭침강과 압밀침강이라고 생각되는 경계가 약간은 아니나 1000%이하의 함수비에서는 침강거동이 거의 유사하게 나타나고 있음을 볼 수가 있다. 즉 침강과 자중압밀 거동이 거의 동시에 일어나고 있다고 볼 수가 있겠다. 그림.4.1(b)은 초기 함수비 변화에 따르는 시간-침강속도의 결과를 나타내고 있는데 대수눈금으로 나타낸 그림에서 볼 때 초기에 Flocculation현상이 일어나고 있는 것을 관찰할 수가 있고 등속침강을 하고 있는 것을 볼 수가 있다. 그림.4.2(a)는 침강거동에 대한 염분의 영향을 파악하기 위해서 함수비 500%에 대하여 염수와 담수에서 침강시험한 결과를 나타낸 것이다. 이때에도 담수에서나 염수에서의 결과가 거의 차이가 없음을 볼 수가 있다. 그림.4.4는 염분의 영향에 대한 시간-침강거동을 나타내고 있는데 염분이 함유된 시료의 침강거동을 보면 초기에 입자들간의 상호 결합으로 인한 응집현상을 관찰할 수가 있으며 이로 인해 등속침강을 하고 있음을 볼 수가 있다. 이는 염분의 영향이라고 사료되며 이 때문에 담수에서의 초기 침강속도가 빠르게 나타나고 있다고 판단된다. 담수에서의 침강 속도에 크게 나타나고 있음을 볼 수가 있다. 이 결과는 기존의 준설토의 침강거동에 있어서 염분비가 증가하면 침강속도가 빠르다는 결과와는 반대의 결과를 도출하고 있는데 이는 시험시료 입자가 실트질의 흙이고 함수비가 비교적 적은 함수비이기 때문이라고 생각된다. 그림.4.3(a),(b)는 침투 압밀시험장치에서의 시간-침강거동과 시간-침강속도 거동을 나타내고 있는데 이는 메스 실린더에서 관찰한 침강시험 결과에 거의 같은 결과를 나타내고 있다. 이 결과로 볼 때 침강이나 자중압밀 시험시 시험용기 크기의 영향은 크게 받고 있지 않다고 볼 수가 있다. 그림.4.4에서는 초기 함수비 변화에 따른 자중압밀 종료시의 함수비 변화를 나타내었는데 자중압밀 종료시의 함수비 분포가 100% ~ 120% 범위에 들어오는 것을 볼 수가 있는데 이와 같은 결과는 자중압밀 종료시의 함수비는 초기 함수비의 영향을 크게 받지 않는 것을 보여 주는데 이 결과로부터 준설토에 대한 연구사 초기 자중압밀 이후의 거동을 관찰하는데 있어서는 초기 함수비를 어떻게 할 것인가는 크게 중요하지 않다고 판단된다. 또한 이 결과로부터 자중압밀 종료시의 밀도나 간극비등의 대략적인 성질을 파악하는데 도움이 될 것이다.

4.2 자중압밀 시험

4.2.1 시험결과

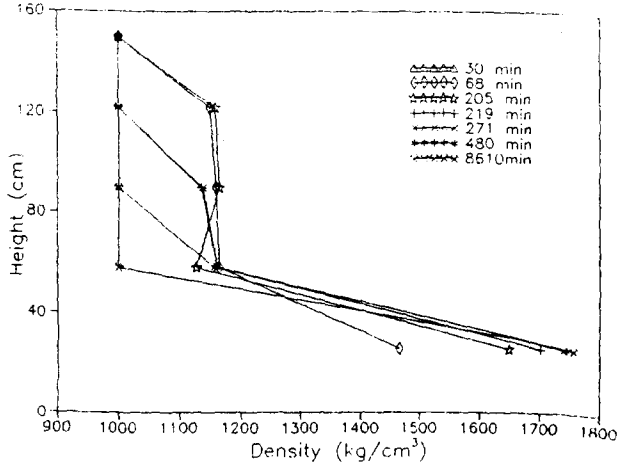
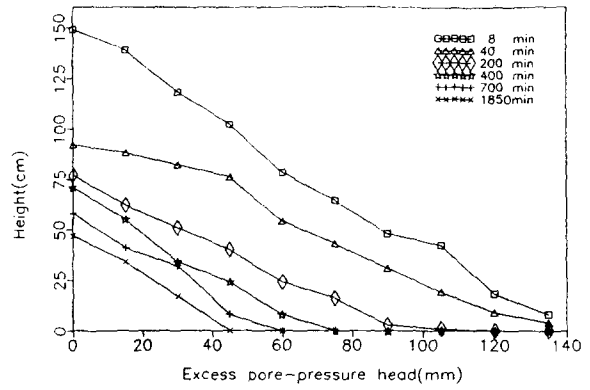


그림. 4.5 Density profiles for column test (a)



Excess pore water pressure distribution for column test(b)

4.2.2 시험결과와 고찰

본 연구에서는 침투압밀 시험장치에서 침강 및 자중 압밀과정동안에 R기기를 이용하여 관찰한 밀도 및 함수량의 변화에 대하여 그림.4.5과 그림.4.6에서 나타내었다. 그림. 4.5는 초기 밀도 1150 kg/cm³인 슬러리 상태의 시료가 침강과정과 동시에 하부에서의 자중압밀 과정중의 밀도의 변화를 나타내고 있다. 또한 초기 현탁액 상태에서는 거의 유효응력이 없는 무 응력 상태라는 것을 초기 간극수압이 전응력과 같다는 결과로부터 알 수가 있다. 시간-밀도변화를 보면 초기 현탁액 상태에서는 전 깊이에서 거의 일정한 경향을 보이고 있음을 볼 수 있으며 표면이 침강함에 따라서 밀도가 거의 균등하게 점점 증가하고 있음을 보여주고 있다. 하부에서의 밀도 변화는 초기값과 자중압밀이 종료된 후의 값과 비교해 볼 때 큰 변화가 없는 것을 볼 수가 있는데 이는 침강과 동시에 초기부터 하부에서 자중에 의한 압밀이 발생하고 있는 결과라고 볼 수가 있다. 그림.4.6은 과잉간극수압 분포를 나타내고 있는데 이 그림에서 초기의 간극수압 곡선의 값이 초기 현탁액 높이와 같게 시작되는 것을 볼 수가 있는데 이는 초기 현탁액 상태에서는 간극수압이 거의 전 응력과 같은 값을 보이는 즉 유효응력이 없는 상태라는 것을 알 수가 있다. 또한 시간의 경과에 따라 하부에서 침강과 자중압밀이 진행됨에 따라서 빠른 속도로 간극수압이 소산되고 있음을 알 수가 있다.

4.3. 침투 압밀시험

4.3.1 시험결과

표.4-2 Properties of soils

DEPTH (cm)	WATER CONTENT (%)	LIQUID LIMIT (%)	PLASTIC INDEX	WET DENSITY (Kg/M ³)	DRY DENSITY (Kg/M ³)	비고
0 - 6	121.5	54.4	21.1	1533	692	
6 - 12	89.9	51.0	12.2	1675	881	
12 - 18	56.7	37.4	7.0	1790	1142	
18 - 24	48.5	30.3	3.5	1891	1273	
24 - 29.5	45.9	26.0	0.4	2007	1375	

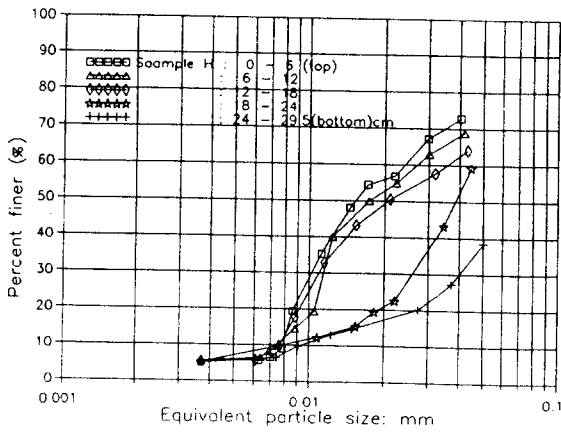


그림. 4.6 Particles size distribution by hydrometer method

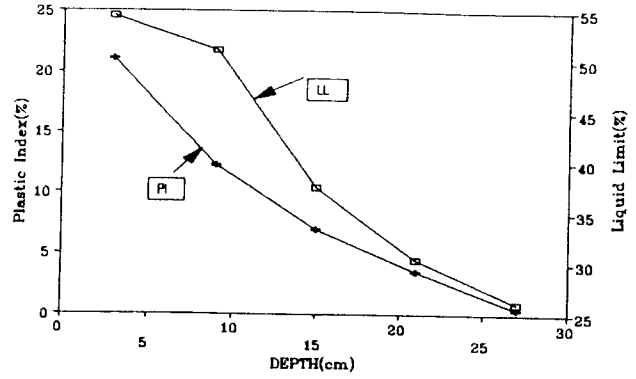


그림. 4.7 Relationship between liquid limit and plastic index

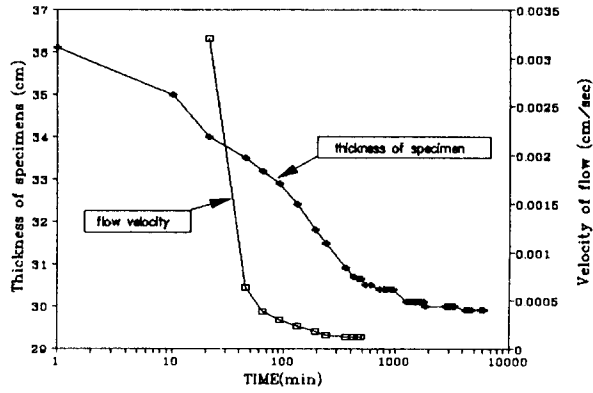
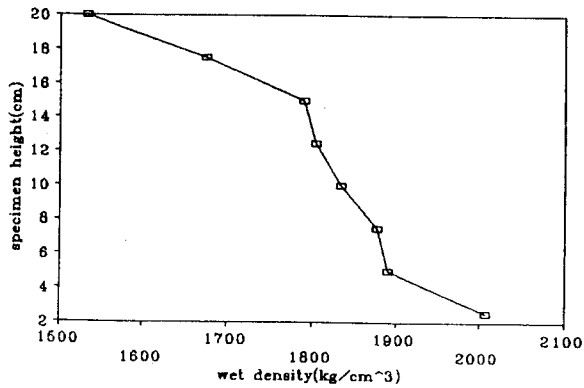
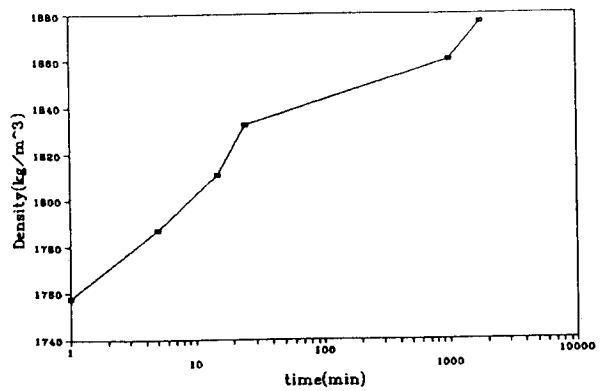


그림. 4.8 Changes in flow velocities and specimen thickness with progress of the consolidation by seepage force



a)

그림.4.9 Density profiles by Rt (a)



b)

Density profiles by specimen sampling(b)

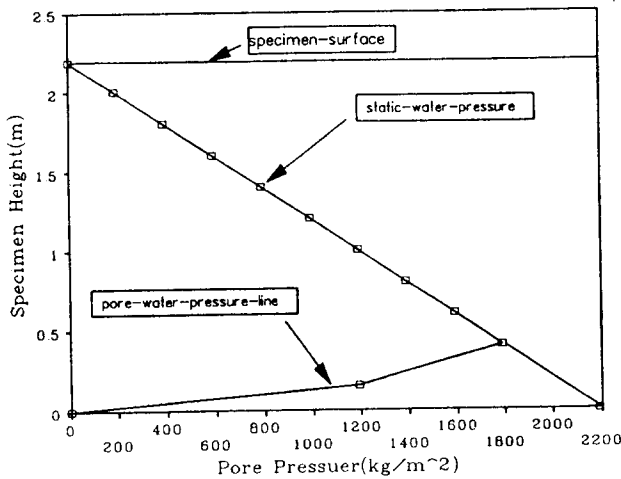


그림.4.10 Pore water pressure distribution in specimen

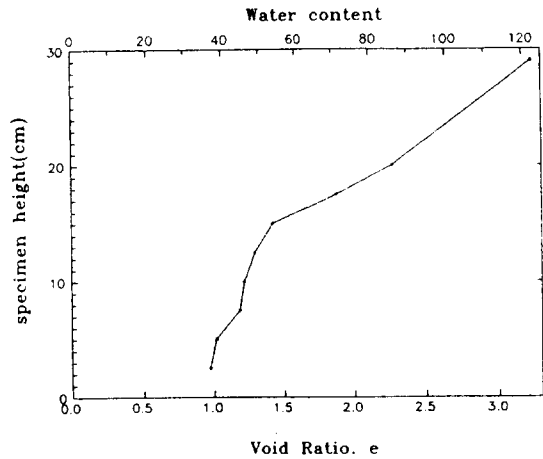


그림.4.11 Void ratio distribution in specimen

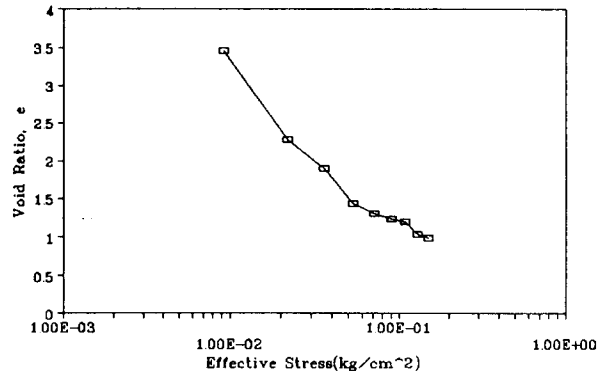
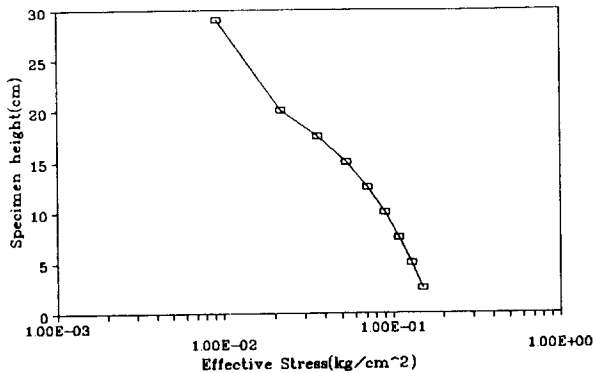


그림.4.12 a) Relationships between specimen height-effective stress b) Compression curve determined by the hydraulic consolidation test

4.3.2 시험결과와 고찰

자중압밀이 어느 정도 완료된 시점에서 시료에 상,하부의 수두차에 의한 수압을 발생시켜서 하부로 배수작용을 시키면 하부로의 물의 흐름으로 인한 수압의 영향으로 압밀침하가 발생한다. 상,하부의 수두차는 219 cm로 하였으며 시료표면에 걸리는 수압은 0.183 kg/cm^2 이 되도록 하였다. 본 논문의 침투압밀 시험에서는 사용한 초기 계면 침강농도는 200 g/l ,이며 함수비 500%, 염분농도 3% 로 하여 시험을 하였다. 이 농도에 있어서의 침강속도의 변화는 ($0.05 \text{ cm/sec} \sim 0.003 \text{ cm/sec}$)로 나타났다. 표.4.2에 침투압밀 종료후 Column을 해체한 후 심도별로 시료를 샘플링하여 얻은 시료의 특성들을 기록하여 놓았으며 그림.4.6에서는 심도별로 Hydrometer Test를 통한 입도 분석 시험을 하였다. 이 결과로 볼 때 시료에 하부에서는 실트질입자가 시료상부에는 점토입자들 주 구성분으로 분리 퇴적이 일어나고 있음을 관찰할 수가 있다. 그림.4.7은 심도별로 채취한 시료에 대한 액,소성의 결과인데 분리 퇴적으로 인한 토성치의 변화를 알 수가 있으며 상,하부의 차이가 크게 일어남을 알 수가 있으며 그림.4.6의 입도 분석 결과치와 같은 결과를 나타내고 있음을 알 수가 있다. 그림. 4.8은 시간-침하곡선과 시간-유속간의 관계를 나타내는데 점토층을 흐르는 침투수의 유속은 간극비가 큰 상태인 초기에서는 크게 나타나지만 단기간 내에 하층에서부터 급격한 투수성의 저하를 일으키고 있음을 알 수가 있다. 압밀이 거의 종료된 시점에서는 투수속도가 약 0.0002 cm/sec 정도로 나타나고 있는 것으로 보아 침강속도에 비해서 투수속도는 상당히 작고 침강속도를 빠르게 하는 효과는 기대할 수가 없다는 결론을 내렸다. 그림.4.8에서 볼 수 있듯이 약 1500min 정도에서 압밀이 완료되고 있음을 볼 수 있으며 압밀이 완료되었을 때 유속이 거의 변화가 없음을 알 수가 있다.

그림.4.9(a),(b)에서는 R기기에 의한 밀도변화와 시료 추출을 통한 밀도 분포를 보여주고 있는데 침투압의 영향에 의해서 시간이 경과함에 따라서 심도의 증가에 따라서 밀도가 증가하고 있음을 보여주고 있으며 시료의 전체적인 밀도의 변화 특성을 파악하는데 R를 이용한 결과치도 좋은 지표가 된다는 것을 두 데이터의 비교를 통해서 알 수가 있었다. 그림.4.10은 침투압밀 종료 시점의 간극수압 분포를 나타내고 있다 이 결과는 유효 응력을 구하는데 이용된다. 그림.4.11은 심도별 함수비 분포 및 간극비 분포를 보여주고 있다. 여기서 함수비와 공극비는 염분비를 보정한 값을 사용하였다. 그림.4.12(a)는 시료의 깊이에 따른 유효응력의 값을 나타내고 (b)는 (a)를 간극비-유효응력의 관계를 나타내고 있는데 깊이에 따른 압축지수의 변화 폭이 크다는 것을 알 수가 있다.

5. 표준압밀 시험

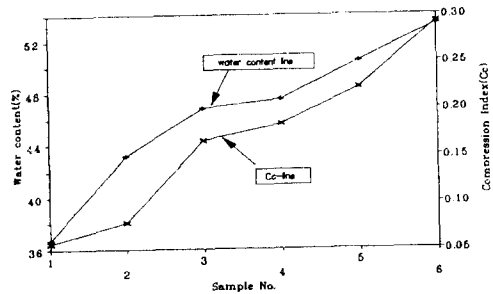
본 연구에서는 심도별(0.0 ~15.0cm)로 6개의 시료를 채취하여 표준압밀 실험을 수행하여 압밀 특성을 연구하였다.

5.1 시험결과

표.5.1 Properties of sampling soils

Sample Height(cm)	Water content(%)	Wet density (kg/cm ³)	Compression Index(Cc)	비고
0.0 - 2.5	36.5	2007	0.06	1
2.5 - 5.0	38.1	1891	0.15	2
5.0 - 7.5	44.3	1877	0.20	3
7.5 - 10.0	45.6	1835	0.21	4
10.0 - 12.5	48.4	1803	0.25	5
12.5 - 15.0	53.3	1790	0.29	6

그림 5.1 Changes for the compression index and water content with height



5.1.1 실험결과와 고찰

침투압밀 종료후 심도별로 시료를 2.5cm 압밀링을 사용하여 시료를 샘플링하여 압밀 실험을 하였다. 시료 상부는 표준압밀실험을 하기에는 시료상태가 적합하지 않은 관계로 해서 상층부를 약간 제거한 후 시료를 샘플링하여 실험을 하였다. 압밀실험을 한 결과 표 5.1에 나타나 있듯이 심도별 입도 분리 현상으로 인한 결과로 인하여 상층은 점토질의 흙이며 하층은 실트질이 많이 함유된 흙인 관계로 해서 압축지수(0.06 ~0.29)의 범위의 값을 가지는 상, 하부의 변화폭이 큰 것을 알 수가 있다. 즉 입도 분리 현상으로 인해 상층은 점토질 성분의 흙 성분이 많고 하층은 실트질 성분이 많이 함유된 결과이다. 그림. 5.1에서는 샘플링한 시료의 압축지수와 함수비 관계를 도시하여 놓았는데 심도가 아래로 갈수록 함수비와 압축지수가 증가하는 경향을 보여주고 있다. 또한 압밀실험한 결과와 침투압밀 실험한 결과에서 침투압밀 종료 후에 각 심도별로 분리되적으로 인한 이방성의 문제로 인하여 침투압밀이 종료 후의 전 토층을 통하여 하나의 압밀 정수를 산출해 내는데는 문제점이 있으나 각 심도별로 샘플링한 시료의 유효응력과 표준압밀 실험과의 결과치를 비교 해본 결과 침투압밀 및 표준압밀이 같은 응력 -간극비 관계를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 이것으로 볼때 침투압밀 실험장치를 표준압밀 실험시의 시료크기에 대하여 실험을 할 수 있도록 보완하여 실험을 한다면 초 연약한 점성토에 대한 압밀 정수들도 구할 수 있음을 알 수가 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 초 연약 준설매립지반의 개량 및 압밀특성을 연구하기 위한 방법으로 침투압을 이용한 연구를 수행하였으며, 또한 준설토의 기본적인 성질을 이해하기 위해서 침강시험, 자중압밀, 표준압밀 시험 등 기타 재반 연구를 수행하여 아래와 같은 결론을 얻었다. 또한 R계측 장비를 사용하여 침강, 자중압밀, 침투압밀과정 동안에 밀도 변화 및 함수량을 관찰하였다.

1. 침강시험시 침강 거동은 초기 함수비, 염분비, 흙의 중량 등의 영향을 받아서 침강거동을 하는데 실트질 입자 성분이 많이 함유된 시료에서는 염분비의 영향을 거의 받지 않는 것으로 시험결과 드러났다.
2. 초기 함수비의 변화에 따른 자중압밀 종료 후의 함수비 분포를 관찰한 결과 자중압밀 종료시의 함수비는 초기 함수비 변화에 크게 영향을 받지 않고 있다는 결론에 도달했다.
3. 침강-자중압밀 과정을 거치는 동안에 현탁액 상태의 준설토는 초기에는 거의 응력이 없는 상태이며 침강하면서 밀도의 증가는 거의 일정한 경향을 보이고 있으며 하층에서는 자중압밀 초기와 종료후의 밀도변화의 차이가 크지 않는 것으로보이 침강과 동시에 하층에서 자

중압밀이 일어나고 있음을 알 수가 있다.

4. 침강과 자중압밀의 진행과 더불어 유효응력의 증가로 인한 간극수압의 소산정도가 빠르게 일어나고 있음을 알 수가 있었다.
5. 침투압밀 시험결과 침투압에 의한 침하량의 대부분이 거의 초반부에 일어나고 있음을 알았으며 이 결과 단 시간내에 침투압의 효과가 일어남을 알았다.
6. 침투압밀 종료 후 시료를 샘플링 하여 일축압축 강도를 얻은 결과 0.05 kg/cm^2 의 값을 얻었다. 이 결과로 판단할 때 다단계 투기를 위한 상부배수층을 만들기 위한 모래 포설작업시 모래가 점토층과 혼합이 되지 않고 충분히 배수층의 역할을 할 수 있을 정도의 지지 강도를 얻을 수 있다는 것을 알았다.
7. 침투압밀-표준압밀 시험을 비교한 결과 침투압을 통해서 얻은 결과는 침투압밀에 의해서 지반개량 충분한 지반개량 효과를 얻을 수 있다는 결론에 도달했다.
8. Ri 계측장비를 사용해서 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다는 것을 Calibration 작업과 시험결과의 비교를 통해서 검증하였다.

참 고 문 헌

1. Antonio Hureta, Gregory A. Kriegsmann, and Raymond Krizek, J., (1988): "Permeability and Compressibility of Slurries from Seepage Induced Consolidation, ASCE VOL. 114 NO. 5,
2. Gibson, R.E., England, G.L. & Hussey, M.J.L. (1967): "Theory of one-dimensional consolidation of saturated clays, 1. Finite Non-Linear consolidation of thin Homogeneous Layers" Geotechnique, Vol. 17, pp. 261 - 273
3. Imai, G., (1979): "Development of a new consolidation test procedure using seepage force," Soils and Foundations Vol. 19, No. 3,
4. Imai, G., Tsuruya, K. and Yano, K. (1970): "A treatment of salinity in water content determination of soft clays," Soils and Foundations Vol. 19, No. 3,
5. Imai, G. (1980): "Settling behavior of clay suspension," Soils and Foundations Vol. 20, No. 2,
6. Monte, J.E. and Krizek, R.J. (1976): "One-dimensional mathematical model for large-strain consolidation" Geotechnique 26, No. 3, pp. 495-510
7. Pane, V., Croce, P., Znidarcic, D., Olsen, H.W., Schiffman, R.L., (1993): "Effects of consolidation on permeability measurements for soft clay," ASCE pp. 67-71
8. Pane, V. and Schiffman, R.L., (1981): "A Comparison between Two Theories of Finite Strain Consolidation", Soils and Foundations.
9. Raymond, G.P., (1969): "Consolidation of Deep Deposits of Homogeneous Clay", Geotechnique, 19, pp. 478-494
10. 三笠正人, 軟弱粘土の 壓密 麗島出版社 1963年. 3月
11. 矢野弘一郎 (1985): "浚渫粘土による軟弱地盤の性状とその豫測, 土木學會 論文集, 第 364 號 pp. 1-4