

서해안 저소성 준설매립 지반의 역학적 특성

Mechanical Characteristics of Dredged and Reclaimed Ground with Low Plasticity from Western Coastal Site

정상국^{1*}

Sang Guk Jeong^{1*}

¹Member, Professor, Department of Civil Engineering, Songwon University, 73, Songam-Ro, Nam-gu, Gwangju, 61756, Republic of Korea

ABSTRACT

When carrying out design for soft ground improvement before reclamation of dredged soil, it is very important to appropriately evaluate design parameters such as compression index and undrained strength in order to estimate optimum construction cost. In this study, consolidation and strength parameters were estimated by the samples obtained from the similar reclaimed land. Water content and compression index of dredged soil reclaimed by hydraulic fill method were quite decreased in comparison with those of in-situ conditions at Incheon site. Relationships between compression index(Cc) and water content (wn), and between undrained strength (su) and water content (wn) for dredged soil were obtained by field vane test and oedometer test, respectively. Applicability of Schmertmann correction method (compression index) for low plasticity silty soil was discussed according to comparison with designed and measured settlements.

요 지

실제 현장에서 준설매립공사를 수행하기 전의 설계 단계에서, 연약지반 개량설계를 수행할 때, 압축지수와 비배수 전단강도와 같은 설계정수를 합리적으로 평가하는 것은 최적공사비 산정측면에서 매우 중요한 사항이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 유사 준설매립 현장에서 실시된 원위치 전단강도시험 및 불교란 시료 채취를 통해서 압밀 및 강도정수를 평가하였다. 이 때, 배사관을 이용한 준설매립방법으로 투기된 준설매립층의 함수비 및 압축지수는 원지반 조건보다 오히려 감소하는 경향을 나타냈다. 압밀시험에 의해 준설매립지반의 압축지수와 함수비의 관계, 원위치 배인전단 시험으로 비배수 전단강도와 함수비의 관계를 각각 평가하였으며, 저소성 실트지반에 대한 Schmertmann의 압축지수 보정방법의 적용성을 판단하기 위해서 실제 침하량과 설계 예측침하량의 비교 분석을 실시하였다.

Keywords : Dredged soil, Compression index, Undrained strength, Water content

1. 서 론

최근 인천 및 새만금 등 서해안 지역을 중심으로 준설매립을 통한 부지조성 공사가 활발하게 진행되고 있으며, 준설작업은 해성점성토로 구성된 원지반토를 펌프준설로 배사관을 이동시키면서 매립을 진행하는 방법이 일반적으로

적용되며, 투기된 준설토는 원지반 점성토와 비교할 때 고 함수비 상태에 놓이게 되므로 침강 및 자중압밀 과정을 거치게 된다. Imai(1980)의 연구결과에 따르면, 점토입자의 침강형태는 자중압밀침강, 간섭침강, 응집성 자유침강, 단독입자 자유침강으로 구분되는 것으로 보고하였다. 앞에서 언급한 침강형태 중 어느 단계의 침강이 진행될지에 대해서는 점토의 종류, 함수비, 염분농도에 의존하는 것으로 알려져 있다.

Yano(1985)의 연구결과에 따르면 통상, 펌프로 준설된 토사의 함수비는 1,000% 정도이며, 해상에 투기되는 경

Received 14 Nov. 2015, Revised 20 Nov. 2015, Accepted 1 Dec. 2015

*Corresponding author

Tel: +82-62-360-5911;

E-mail address: jungsg@songwon.ac.kr (S. G. Jeong)

우, 준설토의 함수비가 2,000% 정도에 이르고, 이 정도의 함수비를 갖는 점토는 간섭침강으로 분류되는 침강형태를 띠는 것으로 보고하였다. 응집 침강 과정을 거친 후 점토 입자는 자중압밀과정에 놓이게 된다. 점토의 침강과정에 관한 이론적·실험적인 검토가 많이 이루어졌지만, 응집 침강과정은 그 이후에 진행되는 자중압밀과정과 비교할 때 상당히 짧은 시간에 이루어진다고 할 수 있다. 그러므로, 준설토 매립된 지반의 예측해석은 통상적으로 이와 같은 침강과정을 무시하고 자중압밀과정만을 대상으로 하게 된다. 한편, 전체 공정상 준설토 매립 후 충분한 방치기간을 확보하기가 곤란한 경우에는 준설토 매립 지반의 표층부에서의 전단강도가 매우 연약한 상태에서 지반개량 공사가 진행되게 된다. 이 때, 지반개량 공사의 진행을 위해서 가장 중요한 것은 공사장비의 주행이 가능할 정도로 준설토 매립 지반의 표층부에서 충분한 전단강도를 확보하는 것이라 할 수 있다. 이러한 지지력 확보를 위해 적용하는 공사를 표층 처리공법이라고 하며, 통상적으로 지지력을 충분히 확보하기 위해 토목섬유 및 복토 포설 등의 방법이 적용 된다.

그러나, 전체공정상 일정이 촉박하여 준설토 투기 후 충분한 방치기간을 확보하기가 곤란한 경우에는 준설토 표층이 초연약한 상태로 존재하게 되므로 토목섬유와 비교할 때 강성이 큰 대나무 매트 등을 포설하여 장비 주행성 확보를 위한 공법을 적용하는 경우도 있다. 그 후에 연직 배수재 타설 및 선행재하 공법을 적용하여 목표침하량에 도달할 때까지 충분한 재하기간을 거친 후 계획고 이상의 레벨에 놓인 재하토사를 제거하면 지반개량 공정이 완료되게 된다. 위에 언급한 준설토 매립지반에 대한 지반개량 설계를 진행하기 위해 필요한 주요 인자는 장비주행성 확보 여부를 판단하기 위한 준설토 매립 지반의 비배수 전단강도이며, 재하성토 규모 및 방치기간 결정을 위한 압축지수 및 압밀계수라고 할 수 있다.

이러한 설계정수를 가장 합리적이면서 정확하게 산정

할 수 있는 방법은 준설토 투기 후 지반개량을 위한 후속 공정을 진행하기 전에 현장배인시험 및 피에조콘관입시험 등의 원위치 시험과 더불어 불교란 시료 채취 후 실내에서 압밀 및 역학시험을 실시하는 것이라고 할 수 있다. 그러나, 국내에서는 전체 공정에 해당되는 설계를 완료한 후에 공사가 착공되는 경우가 대부분이므로 준설토 매립 후 투기 완료된 지반조건을 어떻게 하면 보다 실제상황에 부합하도록 예측하느냐에 따라 전체공사일정 및 공사비에 막대한 영향을 끼치게 된다. 본 연구에서는 준설토 매립이 이루어진 유사현장들에서 투기완료 후 현장조사를 통해서 실측된 데이터를 토대로 지반개량 설계 시 필요한 설계정수(비배수전단강도, 압축지수, 압밀계수, 투수계수)를 산정한 후 이에 대한 적용성을 평가하였다.

2. 인천지역 준설토 매립지반 특성

대상위치는 인천 송도경제 자유구역에 인접하여 위치하는 현장으로 안벽 및 호안시공 후 배면에 준설토 매립을 완료한 다음 지반개량을 실시하는 공정으로 이루어져 있다. 남해안 지역에 위치한 부산 및 광양지역과 비교할 때 서해안에 위치한 인천지역의 가장 두드러진 특징은 조위치가 약 9m 이상으로 매우 크며, 압축성이 비교적 낮은 저소성 실트질 지반특성을 갖는다는 것이다. 따라서, 실제 물이 들어왔다가 빠지는 수위차가 매우 크게 되므로 호안축조 후 매우 큰 수압차로 인한 파이프 방지대책이 주요한 문제로 대두된다. 또한, 부산 및 광양지역의 고소성 점토와 비교할 때 인천지역 토질은 실트질 내지 모래질 입자가 다량 함유되어 있으며, 이에 더불어 매우 큰 조위차로 인한 원인들이 복합적으로 작용하여 준설토 투기 후 침강 및 자중압밀 과정 중에 상당량의 점토입자들이 여수토 밖으로 빠져나가는 현상이 발생하게 된다(Kim Sangkwi et al, 2011).

이로 인해 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 원지반 준설토를

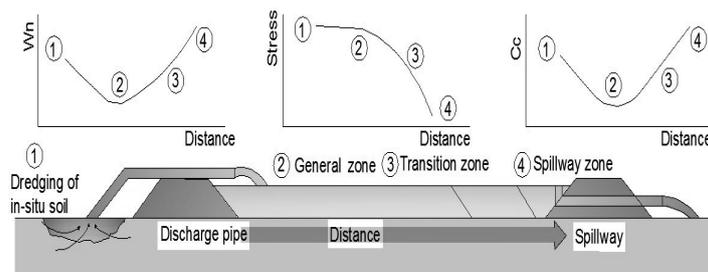


Fig. 1. Deposit distribution by transfer distance of dredged soil by hydraulic fill

투기하면 비교적 크기가 큰 입자들은 배사관에 가까운 위치에 떨어지며, 여수토 인근에는 입자크기가 매우 가는 점토입자들이 놓이게 되는 특성을 띄게 된다. 따라서, 원지반 점성토를 준설하여 고함수비 상태로 준설토가 투기된다고 하더라도 배사관으로부터 거리가 비교적 가까운 위치에서는 함수비 및 압축지수가 원지반이 지니고 있는 값보다 낮게 되고, 전단강도는 오히려 커지는 현상이 발생되게 된다. 그리고, 여수토 위치에 가까워질수록 연약한 토성을 갖게 된다. 이러한 위치별 토질특성은 인천북항, 인천송도 6, 8공구, 국제업무지구 등에서 준설토 투기완료 후 실시된 지반조사 결과를 토대로 분석하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이, 준설매립 후 조성된 지반은 크게 3가지 토질특성을 가지며, 배사관에서 가까운 위치로부터 일반구역, 전이구역, 여수토 구역으로 구분될 수 있다.

3. 준설매립지반 지반정수 평가

3.1 인천지역 토질 특성

Fig. 2(a)의 소성도표와 같이 부산 및 광양지역과 비교할 때 인천지역의 평균 소성지수는 15% 내외의 저소성 특성을 갖는다는 것을 알 수 있다. 인천지역의 평균압축지수는 0.3 정도의 저압축성을 나타내며, 부산 및 광양과 비교할 때 비배수전단강도는 상당히 큰 값을 나타내지만, 강도의 분산정도가 매우 크므로 신뢰성이 높은 분석방법이 요구된다.

3.2 유사현장 준설매립층의 지반조사를 통한 설계정수 산정

3.2.1 준설토 강도특성 분석

대상 구역인 인천지역 유사현장의 준설매립이 완료된

구간에서 실시된 지반조사결과를 토대로 설계정수를 산정하였다(Samsung C&T.(2008, 2014). 우선 준설매립지반의 표층부에서 지반개량 시 장비주행성 확보여부에 대한 평가를 위해 요구되는 심도별-비배수 전단강도를 현장에서 실시된 베인시험 및 피에조콘 관입시험, 실내에서 실시된 일축압축시험을 기준으로 평가하였으며, 침하량 산정 시 필요한 함수비, 압축지수, 압밀계수 등을 실내압밀시험을 통해서 산정하였다.

Fig. 3(a), (b)에 나타난 바와 같이, 함수비 및 비배수 전단강도는 배사관으로부터 거리에 따라 일반, 전이, 여수토의 세 구역으로 구분되는 특성을 나타냈으며, 특히 표층으로부터 매립깊이 3m를 기준으로 상하부층이 구분되는 특성을 나타냈는데, 이러한 현상은 하부층에 준설토가 선행해서 투기되어 보다 먼저 자중압밀이 진행된 상황과 더불어 투기 완료 후 상재하중에 의한 자중압밀효과가 하부에서 보다 많이 진행된 현상이 반영된 결과라고 판단된다. 따라서, 심도가 깊어질수록 함수비는 감소하며 비배수 전단강도는 증가하는 경향을 나타냈다.

Fig. 3(c)는 심도별-함수비-비배수전단강도의 그래프를 통해서 얻어진 값들을 토대로 함수비에 따른 비배수전단강도를 나타내었다. 일반구역에서 여수토 구역으로 갈수록 점토입자의 함유량이 증가하는 경향을 나타내므로 비배수전단강도가 작아지는 것을 알 수 있다. 실제 준설매립지반에 대한 설계를 진행할 때 실무자 입장에서 매우 난해한 부분 중의 하나는 준설매립지반의 체적비를 산정한 다음, 이를 통해서 함수비를 평가한 후, 이에 대응되는 적절한 비배수전단강도의 평가라고 할 수 있을 것이다. 이와 같이 설계정수 산정에 있어서 어려움을 겪는 원인은 원지반 조건과 달리 준설매립이 완료된 지반상태에 대한 합리적인 평가방법 및 충분한 데이터베이스가 구축되지 못하였기 때문이라고 할 수 있다.

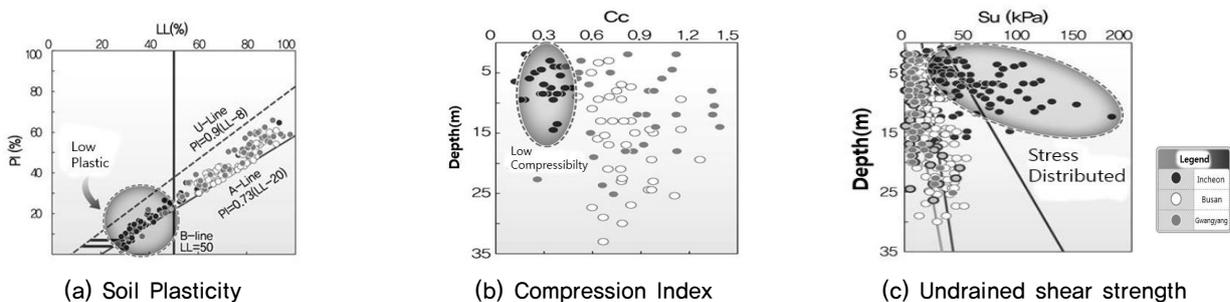
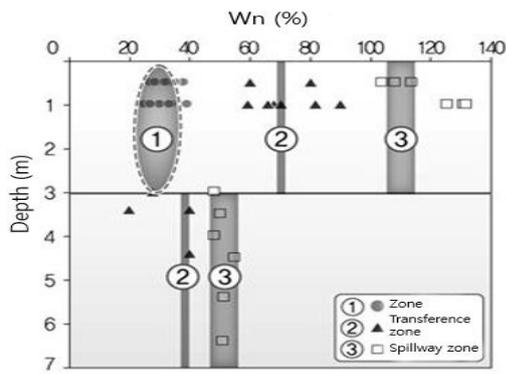
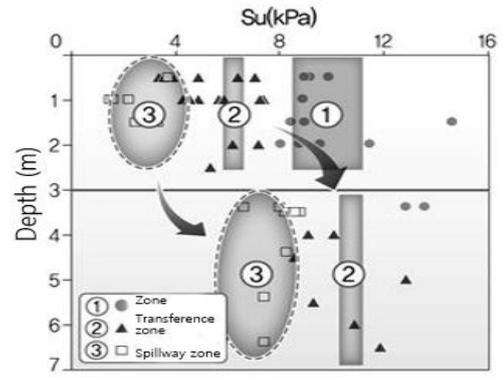


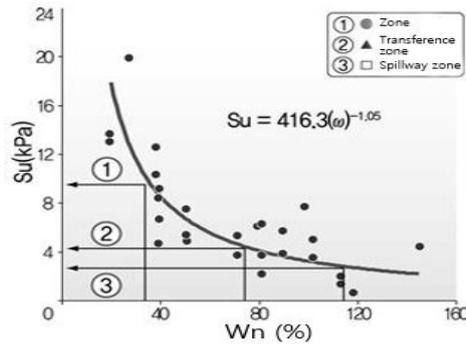
Fig. 2. Soil properties of Incheon site



(a) Depth-water content



(b) Depth-Undrained strength



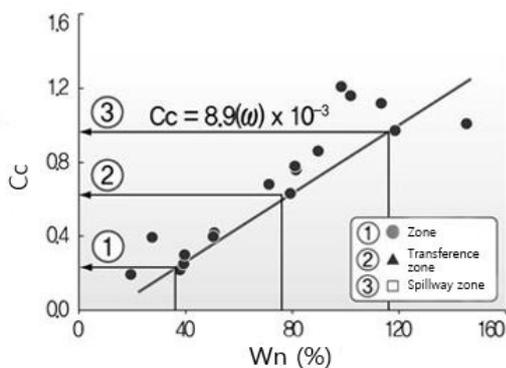
(c) Undrained strength-water content

Fig. 3. Strength Characteristics of Incheon dredged soil

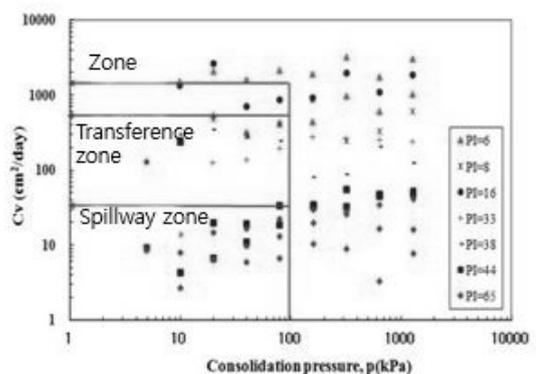
3.2.2 준설토 압밀특성 분석

해성점성토로 이루어진 원지반상에 준설토 투기에 의해 매립지반이 조성된 경우, 일반적으로 연직배수재를 타설한 후 재하성토에 의해 목표 침하량에 도달할 때까지 요구되는 방치기간을 적용하게 된다. 원지반에서 실시된 지반조사결과를 토대로 압밀정수인 압축지수, 압밀계수 등을 산정하게 되지만, 실제 시공이 이루어지기 전에 준설토 매립지반에서 이러한 설계정수를 합리적으로 평가 하는데는

상당한 어려움이 따르게 된다. 이와 같은 실제 상황에 대한 해결 방안을 제시하기 위해서 준설토가 투기 완료된 유사현장에서 배사관에 인접한 위치로부터 여수토 위치에 이르기까지 일정한 간격으로 불교란 시료를 채취하여 실내압밀시험을 실시하였다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이, 함수비가 증가할수록 압축지수가 증가하는 선형적인 결과가 얻어졌으며, 일반구역에서 여수토 구역으로 갈수록 함수비 및 압축지수 모두 증가하는 경향을 나타냈다.

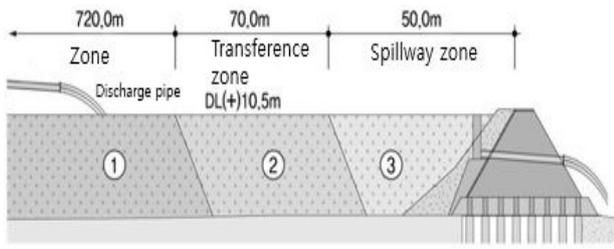


(a) Compression index-Water content



(b) Consolidation coefficient-Consolidation pressure

Fig. 4. Consolidation characteristics of Incheon dredged soil



- ① General zone— $W_n=30\%$, $C_c=0.25$, $S_u=10$ kPa
- ② Transition zone— $W_n=70\%$, $C_c=0.62$, $S_u=4.5$ kPa, 3 m이하 $S_u=10$ kPa
- ③ Spillway zone— $W_n=110\%$, $C_c=0.98$, $S_u=2.5$ kPa, 3 m이하 $S_u=8$ kPa

Fig. 5. Design parameter for In-cheon dredged soil

일반적으로 불교란 시료를 채취하여 압밀시험을 실시할 경우 선행압밀압력 이전의 과압밀 영역에서는 압밀압력에 따른 압밀계수의 크기의 변화가 거의 없는 일정한 값을 나타내는 반면에 정규압밀 영역에서는 압밀압력이 커질수록 압밀계수의 크기가 비선형적으로 감소하는 경향을 나타내게 된다. 그러나, Fig. 4(b)에 나타난 바와 같이, 전체적으로 압밀압력이 증가할수록 압밀계수도 증가하는 경향을 나타내었는데, 이와 같은 결과가 얻어진 원인은 원지반에서 채취된 불교란 시료에 비해 준설매립지반의 경우 조성된 시간이 비교적 짧으며 함수비가 높은 상태에 놓인 점 등을 고려할 때 시료의 교란효과가 크게 나타났기 때문이라고 판단된다. 한편 일본 키타큐슈공항 조성을 위해 실시된 준설매립지반에서 채취한 불교란 시료의 압밀시험 결과에서도 이러한 경향을 나타내는 것으로 보고되었다(Egashira et al, 2002).

Fig. 5는 준설매립지반의 강도 및 압밀정수 산정결과를 토대로 일반구역, 전이구역, 여수토 구역에 적용된 설계정수를 나타내고 있다. 여기서 주목할 점은 원지반의 함수비

와 압축지수는 각각 38%, 0.36인 반면에 준설매립지반의 일반구역에서의 함수비와 압축지수가 각각 30%, 0.25로 원지반보다 오히려 압축성이 감소하는 결과가 얻어졌다는 것이다.

이러한 경향은 앞서도 언급한 바와 같이 남해안지역인 부산 및 광양지역과 비교할 때 서해안 지역인 인천은 조위치가 매우 크며 소성지수가 낮은 실트 내지는 모래입자가 다량 함유되어 있는 지역이므로 준설매립지반에 대한 지반개량 설계를 수행할 때 설계정수 적용에 유의해야 할 것으로 판단된다.

3.3 준설매립 후 사전 지반조사 및 침하계측을 통한 설계정수 적용성 분석

3.3.1 장비주행성 확보를 위한 표층처리공법 검토

본 연구대상지역의 원지반 상에 준설매립에 의해 조성되는 토층의 두께는 약 10m 이상으로 고함수비의 준설토를 투기하여 조성된다. 따라서, 지반개량을 위해 장비주행성 확보를 위한 별도의 표층처리공법의 필요성을 검토해야 된다. 표층처리 및 지반개량을 위해 이용되는 주요장비의 표층 접지압은 Table 1과 같으며, PBD 타입장비의 무게는 60ton으로 상당한 접지압이 작용되므로, 표층처리에 대한 비용절감 차원에서 폭 6m, 길이 10m 제원의 경량보강판 사용 시에 대한 값을 적용하였다.

Terzaghi(1967) 지지력식을 이용하여 국부전단파괴조건에서 일반구역, 전이구역, 여수토 구역에서의 습지도저에 대한 장비주행성을 검토하였다. Table 2에 나타난 바와 같이, 전이구역과 여수토 구역에서는 장비주행성이 확보

Table 1. Dimension of equipment for soft ground improvement

Construction Equipment	Equipment Weight W (kN)	Track(m)		Contact Pressure q (kPa)
		Width (B)	Length (L)	
Wet type Dozer (58.3 kN)	58.8	0.81	2.10	17.3
Dozer (117.6 kN)	115.6	0.55	3.50	30.0
PBD (588.0 kN)	567.4	6.00	10.00	9.5

Table 2. Estimation of bearing capacity for dredged and reclaimed ground

Division	Bearing capacity (kPa) (Short stability F,S=2)	Wet type Dozer Contact Pressure (kPa)
General Zone	$(2/3 \times 10) \times 5.7 \times (1/2) = 19$	17.3
Transition zone	$(2/3 \times 4.5) \times 5.7 \times (1/2) = 8.6$	
Spillway zone	$(2/3 \times 2.5) \times 5.7 \times (1/2) = 4.8$	

되지 못하는 것으로 검토된 반면에 일반구역에서는 별도의 표층처리공법이 필요 없는 것으로 검토되었다. 한편, 일반구역에서는 별도의 표층처리공법이 필요 없는 것으로 검토되었으나, 확실한 장비주행성 확보 및 재하성토 시공 중 안정성을 위해 저면매트 98kN/m를 포설하는 것으로 계획하였으며, 수평 배수층인 샌드매트와 재하토의 혼입을 방지하기 위하여 전구역에 분리용 매트 49kN/m를 포설하는 것으로 계획하였다. 준설투기 위치에 따라 강도정수(점착력)은 다르기 때문에 이에 맞는 정수값을 적용하여 지지력을 산출하였다.

한편, 본 현장에서 준설매립완료 후 준설토 표층부에서 현장배인시험에 의해 산정된 비배수 전단강도는 Fig. 6(a)와 같다. 특이한 점은 여수토 구간에서의 비배수 전단강도가 8.5~11kPa로 산정되어 설계 시 적용된 비배수 전단강도와 비교할 때 상당히 큰 값으로 일반구역에서 적용된 비배수 전단강도 10kPa과 유사한 결과가 얻어졌다. 또한, 일반구역에서 산정된 비배수 전단강도는 약 16kPa로 역시 설계시 적용된 결과보다 큰 값이 얻어졌다. 또한, 유사 준설매립지반 현장에서의 실측데이터를 토대로 구분되었던 3구역, 즉, 일반구역, 전이구역, 여수토구역으로 구분되는 경향은 나타나지 않았다.

이와 같이 준설매립층에서 비배수전단강도가 크게 산정된 원인은 배사관으로부터 투기된 준설토 중에서 상당량의 실트 내지는 점토분이 여수토 밖으로 유실되어 비교적 양질토의 토사가 매립된 현상에 기인한 것으로 판단되며, 이러한 경향은 Fig. 6(b)를 통해서 확인할 수 있다. 즉, 원지반의 #200체 통과량이 90% 이상인 것과 비교할 때 준설매립 후 #200체 통과량이 약 60% 내외로 감소한 결과가 얻어졌다. 실제 현장에서는 준설매립 완료 후 표층처리를 위해 적용되었던 저면매트 98kN/m를 포설하지 않은 조건에서도 장비주행성이 확보되는 결과가 얻어졌다.

한편, 연약지반 압밀과정에서 발생하는 간극수의 원활한 배수를 통한 압밀지연 방지를 위해 계획된 수평배수층인 샌드매트를 매립토 특성에 따라 일부구간에서 포설하지 않도록 계획 하였으며, 이와 같은 조건에서도 원활한 간극수 배출이 이루어진 것으로 확인되었다.

또한, 다음 절의 압밀침하량 분석에서 후술하겠지만, Fig. 6(c)에 나타난 바와 같이, 설계 시 적용되었던 준설매립층의 일부구간의 압축지수 0.25에 비해 본 과업구간에서 표준압밀시험에 의해 얻어진 평균압축지수는 0.12로 약 50% 감소한 결과가 얻어졌다. 따라서, 설계 시 예측된

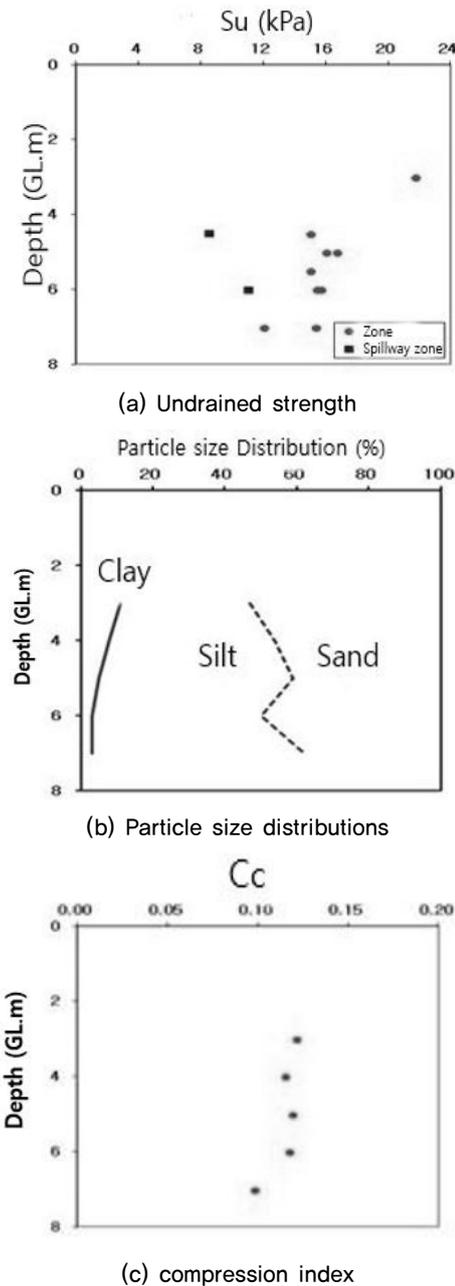


Fig. 6. The results of soil investigation after dredging and reclamation

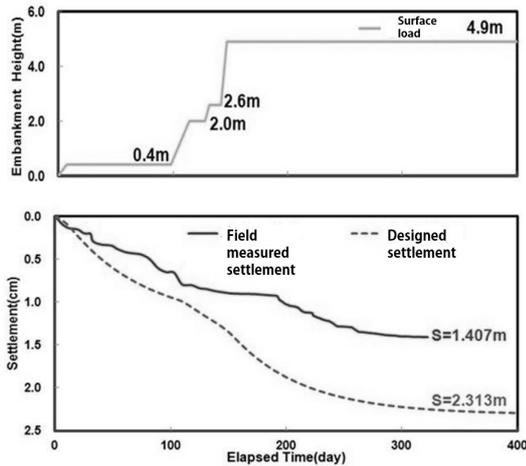
침하량 보다 실측 침하량이 상당히 줄어드는 경향이 얻어질 것으로 예측할 수 있다.

3.3.2 계측결과를 통한 압밀정수의 적용성 분석

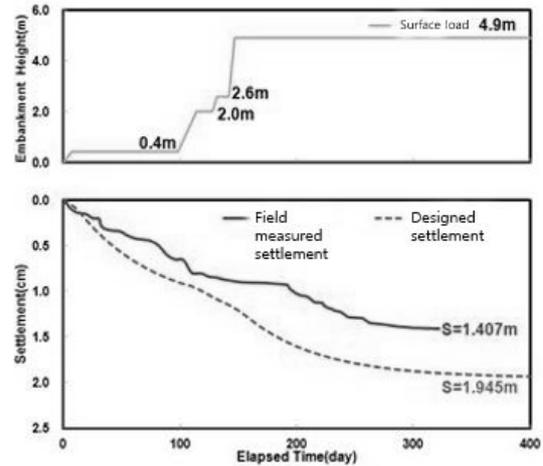
준설매립층 및 원지반에 대한 압밀침하량 산정을 위해 적용된 층후 조건 및 설계정수는 Table 3과 같으며, 준설매립 전 원지반 상부 4m 두께에서 과압밀 경향을 고려하여 과압밀비 3을 적용하였다. Fig. 7(a)는 원지반상에 12m 두께의 준설매립 후에 4.9m 성토조건에서의 설계침하량

Table 3. Soil conditions and parameters for design phase

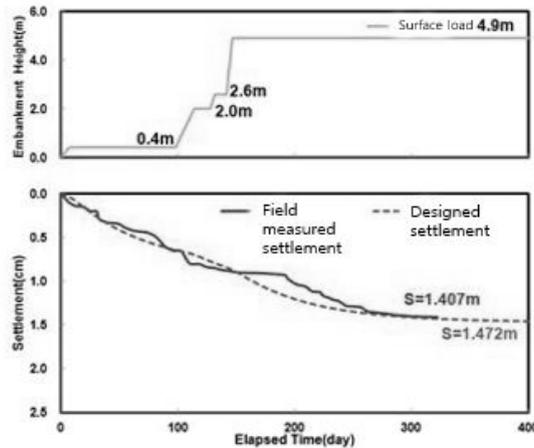
Division	In-situ ground - 1	In-situ ground - 2	Dredged fill
Depth (m)	4(OCR=3)	11(OCR=1)	12
Saturated unit weight (kPa)	18,1		19,2
Void ratio (e0)	1,01		0,76
Compression index (Cc)	0,36		0,25
Coefficient of consolidation (Cv, cm ² /s)	3,97×10 ⁻³		4,89×10 ⁻³



(a) Cc = 0.36 (soft clay), Cc = 0.25 (dredged soil)



(b) Cc = 0.36 (soft clay), Cc = 0.12 (dredged soil)



(c) Cc = 0.25 (soft clay), Cc = 0.12 (dredged soil)

Fig. 7. Comparison with consolidation settlement in accordance with change in compression index (Measured settlement Vs. designed settlement)

과 계측침하량을 비교해서 나타내었다. 계측결과, 설계침하량 대비 약 60% 정도에 해당되는 침하가 발생하였다.

Fig. 7(b)는 준설매립층의 압밀시험에서 얻어진 압축지수 0.12를 적용하여 설계침하량을 재산정한 후 계측침하량과 비교한 결과를 나타내고 있다. 압축지수 0.25 적용조건에 비해 침하량이 약 40cm 감소하는 결과가 얻어졌지만, 계측침하량에 비해서는 재산정한 설계침하량이 50cm

정도 큰 값을 알 수 있다. Fig. 7(c)는 계측침하와 유사한 침하 경향이 나오도록 역해석을 실시한 결과이며, 원지반의 압축지수를 0.25를 적용해서 얻어진 침하량을 나타내고 있다. 원지반의 압축지수 0.36은 Schmertmann(1953) 방법을 적용하여 교란효과가 제거된 값이며, 이 값은 실제 표준압밀시험에서 얻어진 압축지수에 비해 약 20% 큰 값을 나타낸다. Schmertmann(1953) 보정방법은 1950년대

에 만들어졌으므로 그 당시의 시료채취 기술과 현재 약 60년이 지난 시점에서의 지반조사 기술은 상당한 차이가 있으며, 점토지반에 대해 많은 실험을 통해서 제시된 보정방법을 저소성 지반조건에서도 그대로 적용될 수 있을 지에 대해서는 추가적인 실험을 통해서 연구할 필요성이 있을 것으로 판단된다. 지금까지 유사 준설매립 현장에서 실시된 지반조사 결과를 토대로 얻어진 강도 및 압밀정수의 적용성을 분석하였다. 설계단계에서 가장 어려운 부분은 준설투기가 진행되기 전에 준설매립이 완료된 상태를 고려하여 설계를 수행하는 부분이다. 이에 대한 연구 및 지반조사 결과의 데이터베이스는 상당히 미미한 수준이므로 추후 준설매립설계 시 유용한 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 준설매립이 완료된 현장에서 현장배인 시험으로 얻어진 강도특성 및 불교란 시료채취 후 실내시험을 통해 평가된 압밀정수의 적용성을 분석하여 다음과 같은 결과가 얻어졌다.

- (1) 부산 및 광양지역과 같이 고소성 점토지반으로 구성된 원지반을 hydraulic fill 방법으로 준설매립할 경우 준설매립완료 후 원지반 조건의 함수비보다 매우 높은 100% 이상의 함수비를 갖게 되는 것에 반해 저소성 실트질 지반으로 구성된 인천지역의 경우 원지반 조건과 비교할 때 준설토 투기 후 침강 및 자중압밀과정에서 상당량의 세립분이 여수토 밖으로 유실되어 준설매립층의 함수비 및 압축지수가 오히려 감소하는 결과가 얻어졌다.
- (2) 준설매립지반에서 실시된 현장 및 실내시험 결과를 토대로 $Cc(\text{압축지수})=8.9 \times wn(\text{함수비}) \times 10^{-3}$, $su(\text{비배수전단강도, kPa})=416.3 \times wn(\text{함수비})^{-1.05}$ 의 관계가 얻어졌다. 또한, 압밀침하속도 평가를 위해 소성지수에 따른 압밀압력과 압밀계수의 관계를 산정하였으며, 소성지수가 감소할수록 압밀계수가 커지는 경향이 얻어졌다. 이러한 관계들을 토대로 장비주행성 확보를 위한 적절한 표층처리공법의 선정과 지반개량 시 재

하성토 규모 및 방치기간 등을 합리적으로 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

- (3) 압밀침하 거동을 분석한 결과, 전체 과업구간에서 계측결과, 설계침하량 대비 약 60% 정도에 해당되는 침하가 발생하였다. 이러한 원인은 실제 준설매립 후 원지반의 세립분이 약 30% 이상 여수토로 유실되어 설계조건 대비 준설매립층의 압축지수가 약 50% 감소된 상황과 더불어 원지반 압축지수에 대한 Schmertmann 보정 방법으로 실내시험결과보다 큰 값을 적용한 결과에 기인한 것으로 판단된다.

Acknowledgment

This work was supported by the 2015year Research Fund of the Songwon University.

References

1. Kim Sangkwi, Yea Geuguwen, Kim, Kilsu, Kim, Honeyeon., (2011), Compression Characteristics among Western and Southern Coastal Marine Clays - Incheon · Mokpo · Gwangyang · Busan, Korean Geo-Environmental Society, Vol.12, No.6, pp. 43-51.
2. Imai, G., (1980). Settling behavior of caly suspension, Soils and Foundations 20(2), pp.61-77.
3. Egashira, K, Iwataki, K., Sato, T., Katagiri, M., and Yoshifuku, T. (2002), Prediction and assessment of reclamation by dredged and marine clay, Journal of JSCE, No.715, III-60, pp.147-164.
4. Samsung C&T. (2008). Report on geotechnical investigation, Container Terminal development project at Incheon new port, pp.40-53.
5. Samsung C&T. (2014). Report on geotechnical investigation after dredged and reclamation and settlement monitoring, Container Terminal development project at Incheon new port, pp.88-93.
6. Schmertmann J. H. (1953). Estimating the true consolidation behavior of clay from laboratory test results, Proceedings ASCE 79, pp.1-26.
7. Terzaghi K. (1967). Soil mechanics in engineering practice, 2nd ed, Wiley, pp.72-83.
8. Yano, K., (1985). Properties of very soft ground reclaimed by dredged marine clay and their prediction, Journal of Japanese society civil engineers 365(4), 1-14.