

대규모 매립지의 연약지반처리 및 개량효과 평가 사례 Improvement and Evaluation of Soft Ground in Large Reclamation Project

나영목¹⁾, Yung-Mook Na, 한정수²⁾, Jeong-Su Han, 홍의³⁾, Eui Hong, 심동현⁴⁾, Dong-Hyun Shim

- 1) 현대건설(주) 창이매립공사 차장, Senior Geotechnical Engineer, Reclamation at Chnagi East
Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd.(HDEC)
- 2) 현대건설(주) 창이매립공사 대리, Geotechnical Engineer, Reclamation at Chnagi East(HDEC)
- 3) 현대건설(주) 싱가포르 지하철 711 현장 대리, Geotechnical Engineer, MRT North-East line
Contract(HDEC)
- 4) 현대건설(주) 토목설계실 부장, Head of Geotechnical Engineering Div. in Civil Design Dep.(HDEC)

개요(SYNOPSIS) : The reclamation work has been carried out for the future extension of the Changi Airport in order to accomodate the growing number of passengers and cargo. Substantial soil improvement works were necessitate to stabilize important areas such as runway and taxiways since they are underlain by deep deposits of soft compressible marine clay. To avoid surface settlement and runway maintenance problems, the soft compressible soil and reclaimed sands were improved by installing prefabricated band shaped vertical drains and surcharging to accelerate the consolidation, and by dynamic compaction, vibroflotation and Muller resonance compaction(MRC) respectively. This paper presents typical results and our observation from the soil improvement in authors' project.

주요어(Key words) : 연약지반, 연직배수재, 여성토, 압밀도, 다짐

1. 서론

여러 국가에서 비약적인 경제성장과 더불어 많은 수의 사회간접시설이 요청되고 있으나, 이용 가능한 토지가 한정되어 바다를 매립하거나 하부지반이 대단히 연약한 지반에 대규모의 주거시설, 공장부지, 부두, 하역시설 및 공항 등을 건설하고 있다. 도시국가인 싱가포르에서도 1964년 이후 대규모 매립공사를 계속적으로 수행하여 현재에는 전국토의 약 15%정도를 매립하여 주택단지, 항만시설 및 공항부지 등으로 사용하고 있다. 세계적으로 유명한 싱가포르 창이 국제공항의 제 1, 2 활주로도 매립된 지역에 건설되었다. 싱가포르 정부는 점차 증가하는 승객과 수화물을 수용할 수 있도록 하기 위하여 제 3 활주로 건설을 계획하였으며 그 계획의 일환으로 기존 공항 활주로의 동부지역 해안을 매립하고 있다. 이 매립지역은 1A, 1B와 1C의 3개의 공구로 분할되어 1A는 공정이 완료된 상태이고, 1B와 1C는 현대건설이 수주하여 1B의 주공정은 완료하였으며 현재 추가공사를 수행하고 있으며, 1C는 현재 매립과 지반개량 공종이 진행중인 상태이다.

1B 지역은 평균해수면이 +1.6 mCD이고, 평균 해저면은 -4.0 mCD이며, 두께 10~30m 정도의 연약한

해성점토가 분포하고 있어 압밀침하를 조기에 완료시켜 시공 후의 잔류침하를 최소화하고 지반의 강도를 증가시키기 위해 연직배수재를 이용한 선행 재하공법을 사용하였다. 또한 활주로 및 유도로를 건설하기 위해 느슨한 준설 매립된 모래층의 지반개량은 동다짐, 바이브로플로테이션 (Vibroflotation), MRC (Muller Resonance Compaction) 공법을 사용하였다. 연약지반 개량을 위한 주요 건설 공종은 1) 해상 토질조사, 2) 시험시공, 3) 매립, 4) 계측기 설치, 5) 연직배수재 타설, 6) 여성토, 7) 여성토의 제거, 8) 매립 모래층의 다짐 등으로 이루어져 있다. 연약지반의 개량효과를 평가하기 위해서 매립 전·후에 계측기의 설치, 실내 및 현장시험을 수행하였다. 본 稿에서는 1B 지역의 연약지반 개량작업, 계측작업, 계측결과를 이용한 압밀도 산정 및 지반개량 효과 평가작업을 중심으로 보고하고자 한다.

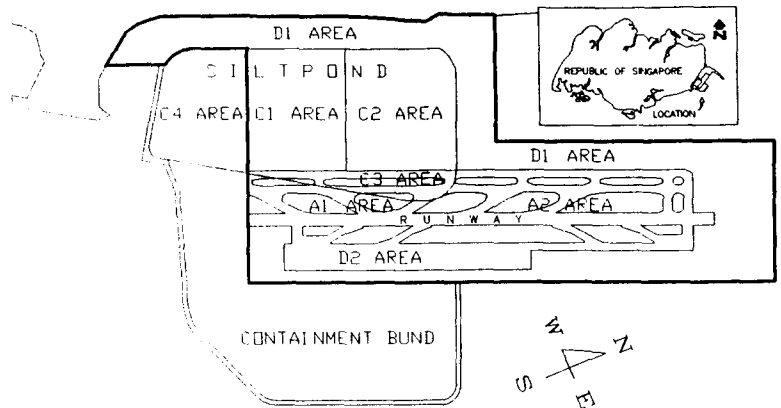


그림 1 Site plan

2. 지반조건

2.1 지반조사

현장의 지층구조에 대한 역학적 정보와 지반의 토질정수를 파악하기 위해 매립 전·후에 지반조사를 실시하였으며, 지반개량 중 및 후에도 동일한 위치에서 이를 다시 실시하여 지반개량의 효과를 평가하였다. 지반조사는 해상작업과 육상작업으로 구분해서 수행하였는데, 해상에서는 작업공문을 이용해서 실시하였다. 현장에서 수행된 지반조사는 현장배인시험, 피에조콘 관입시험, SBPT (Self Boring Pressuremeter)와 DMT(Dilatometer) 등을 수행하였다. 또한 보링조사에서 채취된 불교란 시료를 이용하여 현장실내시험실에서 일반 물성시험, 압밀 및 강도시험을 수행하였다.

2.2 지층구조

매립 이전에 수행된 지반조사에 의하면 고결된 실트-점토질 모래로 이루어진 오래된 충적층(Old Alluvium)이 하부에 분포하고 있고, 이 층위에는 연약-중간 실트질 점토로 이루어진 Kallang Formation 과 강과 바다가 기원인 홍적세 후기와 신생대에 이루어진 모래층이 분포하고 있다. 해성점성토층은 과거에 해수면의 상승과 하강하는 동안에 해저면이 공기 중에 노출되어져 매우 견고한 붉은 색 실트질-이탄질 점토층을 중심으로 상하의 점성토층이 구분되어 있다. 현장의 남쪽과 북쪽지역의 해성 점토층 성질이 서로 다르다. 본 고에서는 해성 점성토층의 두께가 훨씬 두꺼운 북쪽지역을 주로 다루고자 하며 그 지역의 지층단면은 그림 2에 도시하였다.

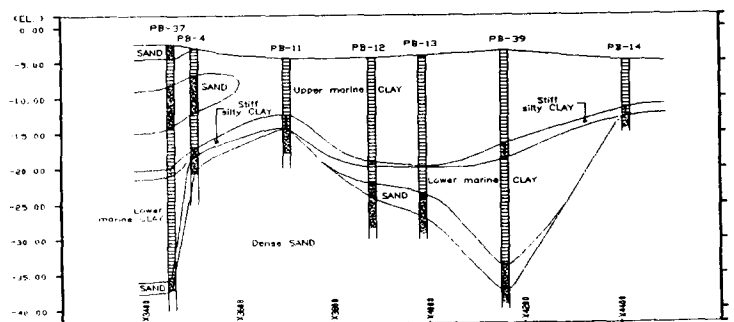


그림 2 북쪽지역의 지층 단면도

2.3 해성점토의 공학적 성질

해성점토는 주로 운모를 약간 포함한 kaolinite가 주성분으로 구성된 점토이다. 북쪽 지역에서의 해성 점토층은 현장지반조사와 실내시험 결과에 의해 크게 1)상부 해성점토(upper marine clay), 2) 중간층(intermediate layer), 3) 하부 해성점토(lower marine clay)로 분류할 수 있었고, 남쪽 지역에서의 상부 해성점토는 연약한 점토층과 연약내지 견고한 모래질 점토로 이루어져 있다.

북쪽 지역의 해성 점토층의 두께가 각각의 위치마다 서로 변하는데 일반적으로 상부 해성점토는 -3mCD에서 -22mCD에 분포하고, 하부 해성점토는 대략 -15mCD에서 -35mCD까지 분포하고 있었다. 한편 상부와 하부의 해성점토는 -10mCD에서 -25mCD에 분포하고있는 매우 단단한 붉은 색 실트질 점토인 중간층에 의해서 구분되었다.

남쪽 지역에서도 점토층이 가끔 존재하는데, 점토층의 두께는 위치마다 변하는데 북쪽지역보다는 훨씬 얇게 분포하고 있다. 그러나 상부 해성점토는 1) 연약 해성점토, 2) 연약에서 견고한 모래질 점토인 서로 다른 두 지층으로 이루어져 있다. 일반적으로 상부 해성점토 또는 모래질 점토는 -3mCD에서 -10mCD에 분포하고, 하부 해성점토는 대략 -9mCD에서 -15mCD에 분포하고 있다. 한편 상부와 하부의 해성점토의 사이에 단단한 실트질 점토의 중간층이 종종 -11mCD에서 -13mCD에 분포하고 있었다. 매립전에 실시한 보링조사에서 채취한 시료를 이용한 실내시험결과는 표 1과 같다.

표 1. 남쪽과 북쪽지역에서의 지반개량전의 토질정수

	상부 해성점토		중간층		하부 해성점토	
	남쪽	북쪽	남쪽	북쪽	남쪽	북쪽
함수비(%)	65-85	45-90	20-40	15-50	50-65	40-70
습윤단위중량(t/m ³)	1.45-1.65	1.5-1.7	1.75-2.1	1.7-2.2	1.55-1.8	1.5-1.8
소성지수	45-55	49-65	30-35	25-45	40-65	40-61
선형압밀용력(kPa)	10-120	10-180	100-250	100-400	130-250	80-280
과압밀비	1.5-8	1-8	2-4	2-4	1-2	1-2
압축지수(Cc)	0.7-1.6	0.6-1.6	0.15-0.55	0.1-0.5	0.7-1.2	0.4-1.1
비배수전단강도(kPa)	1-17	1-30	60-90	100-120	40-80	30-80

3. 연약지반처리

3.1 매립

매립재는 인도네시아 바탐섬 및 말레이시아 조호루주 근해에서 채취한 모래를 사용하였다. 바탐섬 근해에서 채취한 모래는 주로 세립분과 조개껍질이 5%이하인 깨끗한 세립에서 중간 크기의 모래인 반면, 조호루주근해에서 채취한 모래는 세립분이 거의 없는 중간 이상의 조립한 모래로써 조개껍질이 10% 내외를 함유하고 있었다. 매립 및 여성은 매립지에서 3-5Km정도 떨어진 土捨場(rehandling pit)에 있는 15,000-20,000 마력 펌프 준설선을 이용하였으며, 펌프로 빨아들인 물과 토사의 혼합물을 해상관 및 육상관을 통하여 직접 매립지까지 보내는 Hydraulic Filling방법으로 수행하였다. 시방서에 Groyne지역을 제외한 해안과 접한 부분은 1V:15H의 경사를 유지하도록 규정되어 시방조건과 일치하도록 수행하였다. Hydraulic filling시 파이프 토출구 전면에 형성되는 매립토의 경사는 토출방법 및 토출되는 입자의 크기에 좌우되나, 당현장에서는 해수면 위에서는 1V:20H 정도의

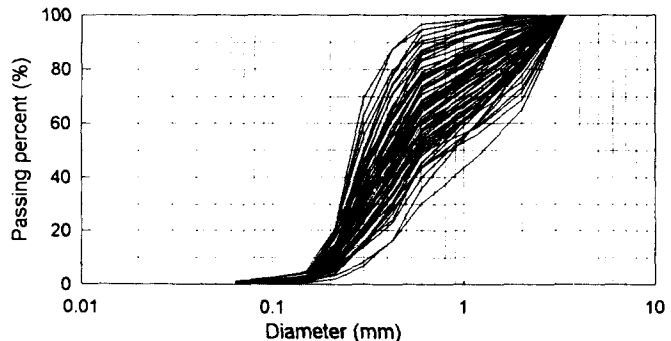


그림 3. 전형적인 입도분포곡선

완만한 경사를 이루었고 해수면 아래에서는 초기에 1V:3H를 이루다 급격한 조류변화로 인한 국부파괴로 1V:8H정도의 경사를 이루었다. 따라서 약간의 정돈작업으로 경사면을 1V:15H로 유지할 수 있었다. 한편 매립재의 품질관리를 위해서 주기적으로 토출지점과 준설선에서 매립재인 모래를 채취하여 입도분석을 실시하였다. 그 전형적인 결과는 그림 3에 도시하였다.

3.2 지반개량

3.2.1 연약 해성점성토의 지반개량

당 현장은 두께 10~30m 정도의 연약한 해성점토가 넓게 분포하고 있어 압밀침하를 조기에 완료시켜 시공후의 잔류침하를 최소화하고 지반의 강도를 증가시키기 위해 연직배수재를 이용한 선행 재하공법을 사용하였다.

연직배수재는 네덜란드 제품인 Colbond drain CX1000을 활주로에는 1.5m, 유도로는 1.7m 간격의 정방향으로 설치하였고 최대 타설깊이는 49m이었다. 연직배수재의 시공간격 및 여성토 높이는 시험시공의 결과를 중간 분석한 후 결정되었다(나영목 등, 1996a). 연직배수재를 설치한 후 압밀을 촉진시키기 위해서 활주로는 +10.0 mCD, 유도로는 +8.5 mCD까지 여성토 작업을 수행하였으며 여성은 통상 18개월 이상 동안 방치하였다. 또한 시공 중 배수재의 품질관리를 위하여 주기적으로 배수재를 현장에서 채취하여 실내시험을 수행하였다. 배수재의 실내시험 결과는 저자들에 의해서 기 보고한 바 있다(나영목 등, 1996b). 한편 시간에 따른 연직배수재의 품질저하를 평가하기 위해서, 연직배수재를 타설한 이후 약 21개월이 경과하였을 때

침하판이 설치되어 있고 토질조건이 매우 유사한 인접한 두 지역을 선택하여 그 중 한쪽은 20m×20m의 면적에 기 설치했던 제품과 동일한 연직배수재를 동일한 간격(1.7m x 1.7m)으로 추가 시공하였다. 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 배수재의 2차 시공(SP-175지역) 직 후 얼마동안은 압밀속도가 추가시공이 안된 지역(SP-177)에 비해 약간 빠르나 그 이후 두 지역은 거의 비슷한 양상을 보여 주었다. 일반적으로 배수재는 시

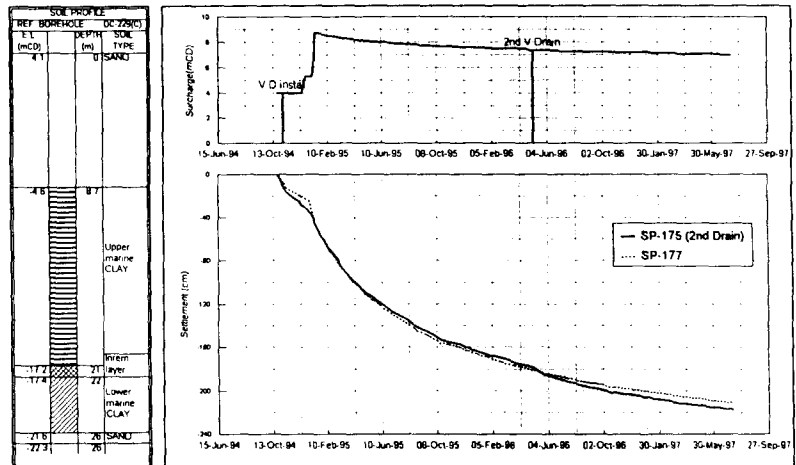


그림 4. 추가로 연직배수재를 타설한 지역의 침하결과

간이 경과하면서 그 능력이 저하되는 것으로 알려져 있다. 이는 구속응력에 대한 배수재 및 배수재에 접한 재료의 creep 효과와 배수가 진행되는 동안의 siltation, clogging 및 큰 변형으로 인한 배수재의 변형 등이 그 원인이 될 수 있다. 그러나 위의 비교에서 알 수 있듯이 그 지반에 적합한 배수재를 선택할 경우 큰 압밀침하로 인한 배수재의 변형(bulking, folding), 시간에 따른 siltation, clogging 등의 영향으로 인한 배수 저하가 미미함을 알 수 있었다.

3.2.2 준설 매립된 모래층의 지반개량

매립재를 양질의 모래로 사용하는 경우 매립방법에 따라 매립토의 조밀도가 다르나 통상 지하수위위는 침투압으로 인한 물다짐으로 콘저항값이 10-15 MPa 이었으며 지하수위 아래의 모래는 콘저항값이 4-5 MPa 정도의 상당히 느슨하거나 중간 정도 느슨한 상태로 존재하였다. 이러한 느슨한 사질토는 지진시 액상화 현상에 민감하고, 낮은 지지력 및 큰 즉시침하를 유발한다. 따라서 펌프준설선에 의해서 매

립된 느슨한 사질토는 향후에 건설될 구조물의 중요도에 따라 다짐정도를 달리하여야 한다. 당현장에서 활주로와 유도로가 건설될 지역의 느슨한 매립 모래층을 개량하기 위해서 연약지반 개량공법의 일종인 동다짐, 바이브로플로테이션 및 MRC 공법을 이용하였다. 동다짐 공법은 5~30톤의 중량물체를 15~40m 높이에서 낙하하여 지반을 강제 다짐시켜 밀도를 증가시키는 공법이다. 바이브로플로테이션 공법은 바이브로플로트(vibroflot)라 불리는 봉상체를 그 끝에 설치된 노즐로부터 물을 분사시키며 소정의 깊이까지 관입한 후 봉상체를 수평으로 진동시켜 느슨한 모래지반의 밀도를 증가시키는 지반 개량방법이다. MRC 다짐은 느슨한 모래지반이 갖고 있는 공진 주파수(resonance frequency)로 가진되었을 때 진동중 폭 효과가 발생하고 가진하중에 의해 느슨한 지반을 촘촘한 상태로 개량하는 방법이다(Massarch, 1991).

이들 연약지반 개량공법은 현장마다 각기 다른 토질조건 및 시공조건 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 지반개량 효과가 결정되므로 시험시공을 선행한 후에 그 결과를 본 설계에 반영해야 한다. 다짐

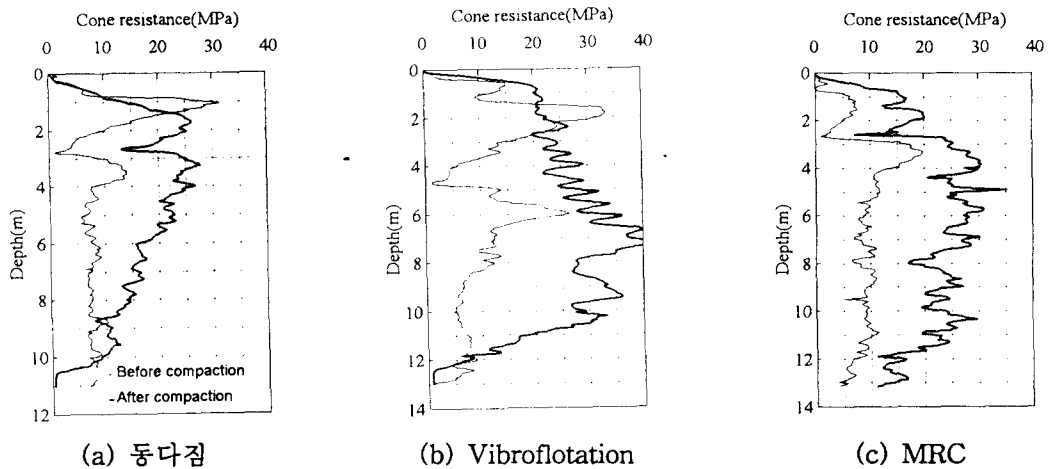


그림 5. 동다짐, 바이브로플로테이션과 MRC를 이용한 다짐시험 결과

이 끝난 후의 다짐정도의 평가는 콘관입시험에 의해서 통상 판단되는데 당 현장에서는 최소한의 콘저항 값이 활주로에서는 15MPa, 유도로는 12MPa이상으로 규정되어 있다. 그림 5에 각각의 다짐방법으로 다짐 전과 후의 콘관입시험 결과가 도시되어 있다. 여기에서 동다짐 구간의 다짐규정은 7m 깊이까지 12MPa를 달성해야 하는 반면 바이브로플로테이션과 MRC 구간은 10m 깊이까지 15MPa로 규정하고 있다.

3.3 지반거동의 계속

3.3.1 계측기

연약지반의 매립 및 성토의 시공관리와 매립지반의 침하 예측 및 여성토의 제거시기를 결정하기 위해서 여러 종류의 계측기를 설치하였다. 한편 매립 전에 해상에 프로텍션 플랫폼을 4곳에 설치하여 이 곳에서 각종 시험을 수행하고 계측기를 설치하여 매립중의 지반의 거동을 계측하였다. 그 외 대부분의 계측기는 여성토가 시작하기전인 연직배수재 타입 전·후에 설치하였다. 계측기는 크게 1) 경사관련 계측기, 2) 침하관련 계측기, 3) 간극수압관련 계측기, 4) 지중응력계로 대별할 수 있다.

경사관련 계측기중 경사계는 매립전·후에 설치하여 매립과 여성토작업시 지반의 수평방향 변위를 측정하여 매립성토의 속도를 제어하였다. 침하관련 계측기는 지표면 침하를 측정하기 위한 지표면 침하계를 비롯하여 각각의 개별 점토층의 침하를 측정하기 위한 층별 침하계, Magnetic Extensometer, V.S. Liquid Settlement cell를 설치하여 매립지반의 침하를 계측하였다. 간극수압관련 계측기는 매립 및 성토로 인하여 발생하는 과잉간극수압의 변화를 측정하기 위해 Pneumatic Piezometer, V.S. Piezometer, Open type Piezometer를 설치하였다. 또한 지하수위의 변동을 측정하기 위해 Water Stand Pipe를 설치하였다. 또한 여성토의 하중을 측정하기 위해서 토압계를 설치하였다.

3.3.2 계측결과

계측빈도는 계측기의 종류, 설치시기 및 공사시기 등에 따라 그 빈도를 달리하였으나 통상 1주일에 한 번씩 정기적으로 실시하였다. 그러나 주위에 여성작업이 이루어지고 있는 동안이나 여성직후는 1~2일 간격으로 계측을 실시하였다. 전반적인 계측결과는, 그림 6에서 보듯이 침하량은 연직배수재 설치시와 여성직후 압밀속도가 급격히 증가하는 현상을 보였다. 한편 과잉간극수압은 여성토 하중의 증가에 상응하는 변화를 보였으나 여성기간동안 그 소산속도가 상당히 완만하여 여성기간 20개월 이상에서 침하속도는 거의 1-2cm/월인데 비하여 과잉간극수압은 여전히 상당한 양이 잔류하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 여성토의 제거시기는 침하량을 이용한 해석이 과잉간극수압의 소산을 이용하는 것보다 신뢰성이 있는 것으로 판단되었다.

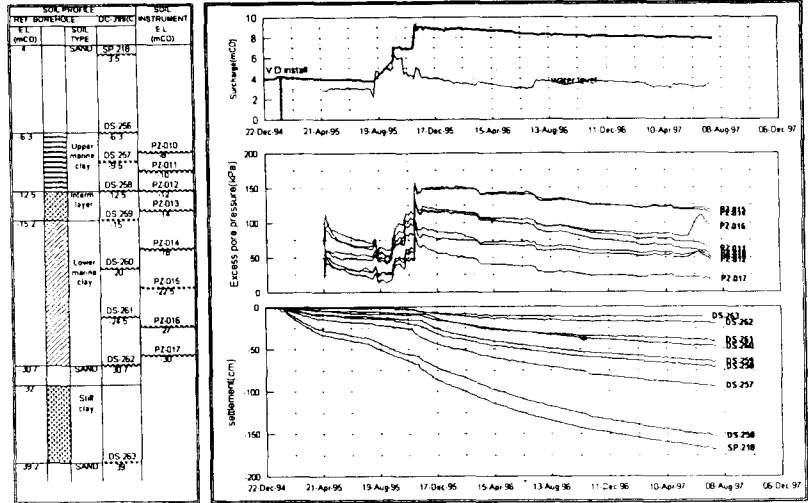


그림 6. 지표면 침하량, 지중 침하량과 간극수압계의 계측결과

4. 여성토의 제거

여성토의 제거시기는 연약지반 개량에 관한 시방조건인 설계하중하에서 1차 압밀이 90% 이상 발생한 시점으로 하였다. 압밀도를 평가하는 방법에는 침하량을 이용하는 방법, 과잉간극수압의 소산을 이용하는 방법, 전단강도의 증가로 평가하는 방법, 실내에서 압밀시험을 수행하여 선형압밀용력의 증가를 이용하는 방법 등이 있다. 그러나 침하량을 이용한 해석방법이 보다 신뢰성이 있어 본공사에서는 실제 침하

표 2. 압밀도 해석결과

여성 구역	여성면적 (ha)	해석에 사용된 침하량 수량	연직배수재 타설깊이(m)	여성기간 (개월)	침하량 (cm)	여성고 (+mCD)	압밀도(%)	
							쌍곡선법	Asaoka법
1	6.4	19	22-39.8	17.7-22.4	97-201.7	10	84.0-93.0	91.2-97.3
2	20.1	38	14.3-36.3	22.4-27.3	98-265.3	8.5-10	83.1-89.2	90.4-98.2
3	23.4	28	11.7-40.1	27.3-29.9	67.5-231.3	8.5	86.2-90.3	95.0-99.1
4	11.6	21	23.5-39.1	21.9-25.4	162.2-280.2	8.5-12	84.6-99.6	90.4-100
5	42.7	63	9.3-34.3	15.9-25.1	10-139.7	8.5-10	85.0-96.3	92.2-100
7	9.8	9	8.5-20.3	20.7-27.5	17.1-76.9	8.5	90.3-98.1	96.0-100
8	25.3	54	17.5-46.5	22.2-33.3	109.6-362.6	8.5-11.5	81.4-94.6	89.1-100
9	16.7	26	9.8-30.1	7.4-30.6	13.6-88.2	8.5	90.5-99.1	95.3-100

량을 이용하여 압밀도를 산정하는 쌍곡선법(Tan, 1971)과 Asaoka법(Asaoka, 1978)을 사용하였다. 두 가지 해석방법은 모두 커브피팅(Curve fitting)방법으로서 여성기간 실측된 침하량을 이용하여 최종침하량을 구하고 이를 토대로 압밀도를 평가할 수 있다.

표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 본 공사에서 쌍곡선법으로 구한 압밀도는 Asaoka로 구한 값보다 약 5-10%정도 낮게 산정되었다. 그 이유는 이론적으로 쌍곡선법은 시간이 무한대에서의 최종 침하량이므로 여기에는 이차압밀이 포함되어 있기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서 쌍곡선법으로 구한 압밀도가 90%에 도달하지 않았더라도 간극수압의 소산정도, 전단강도의 증가정도 및 실내시험의 결과 등을 종합적으로 판단하여 여성토 제거시기를 결정하였다.

5. 지반개량 효과의 평가

지반개량의 효과를 평가하기 위해 지반개량전·후에 보링조사에서 채취한 시료를 이용한 실내시험과 현장배인시험을 수행하였으며, 그 결과 중 일부를 그림 7, 8에 도시하였다.

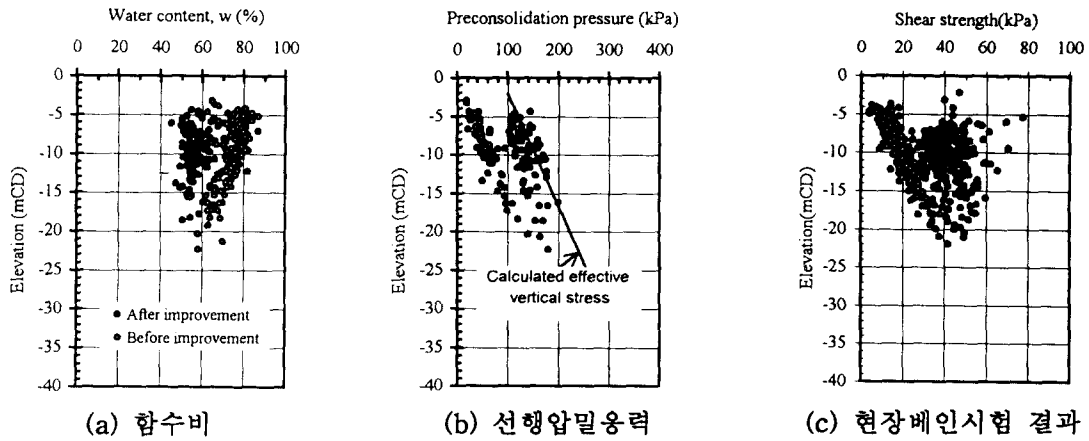


그림 7. 상부 해성점토의 지반개량 효과

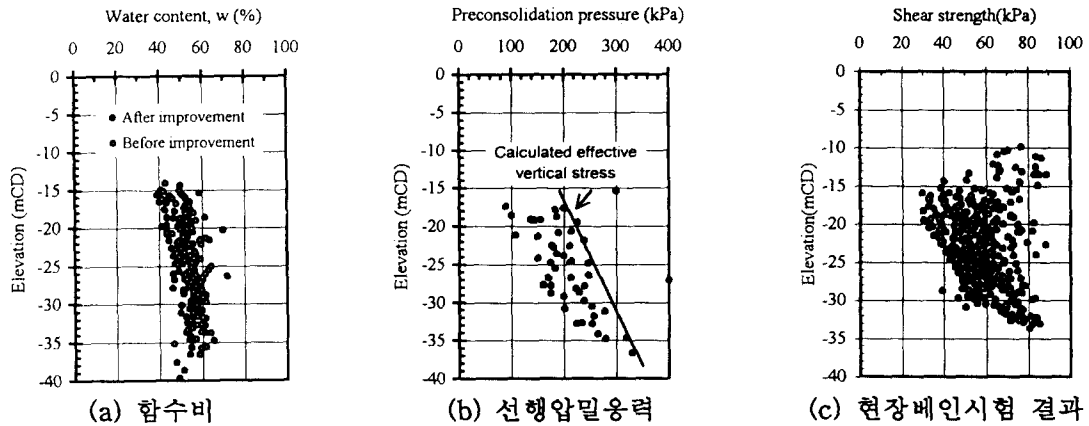


그림 8. 하부 해성점토의 지반개량 효과

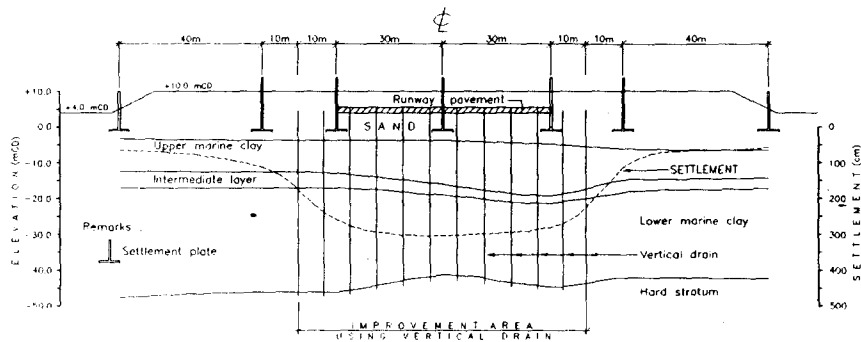


그림 9. 연직배수재의 타입에 의한 지반개량의 영향

이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 상부해성점토는 개량후의 함수비의 감소, 선행압밀용력 및 비배수 전단강도 증가폭이 두드러진 반면, 하부해성점토는 약간 개량되었으나 상부해성점토에 비해 그 개량효과가 상당히 작음을 보여주고 있다. 이는 Terzaghi 일차원 압밀이론에서도 알 수 있듯이 하부해성점토는 개량전에 비교적 큰 선행압밀용력 및 지중용력을 갖고 있었기 때문에 여성토 하층의 증가로 인한 유효용력의 증가효과가 상부해성점토에 비해서 미미하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 지표면 침하와 지층의 침하를 보여주는 그림 6에서도 볼 수 있듯이 하부해성점토의 침하량은 상부해성점토에 비해서 그

침하량이 상당히 작은 것을 알 수 있다.

연직배수재의 타입에 따른 지반개량의 영향정도를 그림 9에 도시하였다. 이 그림에서 보여주는 바와 같이 연직배수재가 타설된 지역의 중앙에서 침하가 가장 크게 일어나고, 중앙에서 멀어질수록 침하가 점점 줄어드는 것을 볼 수 있다. 따라서 어떠한 지역을 개량하고자 할 때에는 실제로 사용할 지역보다 약 10~15m까지 연장하여 연직배수재를 타설하고, 개량하고자 하는 지역의 하부 점토층에 여성토의 하층이 충분히 발휘될 수 있도록 연직배수재 경계로부터 대략 여성토를 하부 점토층의 두께만큼을 연장해주는 것이 바람직하다고 판단되었다.

6. 결론

당현장에서는 연약지반의 개량을 성공리에 완료하였으며, 각각 현장의 지반조건에 따라서 설계조건이 다르지만 당현장의 시공에 의하면 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 연약지반을 개량하기 위한 방법으로 연직배수재를 병행한 선행 재하공법은 본 현장에서 대단히 효과적인 방법이었다.
2. 지중에 타설된 연직배수재는 큰 압밀침하로 인한 변형(folding, buckling), 시간에 따른 clogging, siltation 등의 영향으로 인한 성능 저하가 그다지 심각하지 않음을 알 수 있었다.
3. 연직배수재와 여성토를 이용한 점성토 지반의 개량에 있어서 깊은 지층(압밀침하를 일으키는 하중 증가량이 상대적으로 작은 경우)의 지반개량은 큰 효과를 발휘하지 못했다. 따라서 사전 지반조사 및 실내시험으로부터 점성토 지반의 선행압밀용력을 주의 깊게 결정하고, 이를 근거로 계산한 깊은 지역에서의 압밀침하량이 그다지 크지 않을 때는 깊은 지층까지 연직배수재를 타입할 필요가 없음을 알 수 있었다.
4. 일정한 지역을 개량하고자 할 때는 장래에 사용할 부지의 경계로부터 약 10~20m 정도까지 연장하여 연직배수재를 타입하고 여성토 또한 연직배수재 경계로부터 하부 점토층의 두께만큼을 연장해주는 것이 효과적임을 알 수 있었다.
5. 압밀도를 평가하는 작업은 과잉간극수압의 소산정도를 이용하는 것보다 예측된 압밀침하량을 이용하는 것이 보다 신뢰적인 방법임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 현장 시작부터 지금까지 각종 계측기의 설치 및 계측, 지반조사 업무를 성실히 수행해준 동아 컨설턴트 직원들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 나영목, 홍의, 이영남, 이만수(1996a), "지반개량 시험시공 사례", '96 가을 학술발표회 논문집, pp.219~148.
2. 나영목, 심동현, 홍의, 한정수(1996b), "Prefabricated Vertical Drain의 현장품질관리", '96 가을 학술발표회 논문집, pp.141~148.
3. Asaoka, A.(1978), "Observational procedure of settlement prediction", Soils and Foundations, No. 4.
4. Massarch, K. R. and Heppel, G.(1991), "Resonance compaction for granular soils", Southeast Asia Building Journal, Dec. pp.36~40.
5. Tan, S. B.(1971), "An empirical method of estimating secondary and total settlement", Proceeding of 4th ACSMFE, Bangkok, Vol. 2, pp.147~151.