

해상 Sand Compaction Pile 공법 적용 사례 연구

김백영*

1. 서론

해상 Sand Compaction Pile 공법은 모래 또는 점토로 된 연약지반에 모래(또는 쇠석등 유사재료)를 압입하여 대구경의 다져진 모래말뚝을 해저에 조성하는 지반개량 공법이다. 모래지반의 개량은 지지력 증가, 압축침하의 저감, 액상화방지, 수평저항의 증가 등을 목적으로 하여 실시되며 점토지반의 개량은 지반의 지지력증가 압밀시간 단축과 압밀침하량의 저감을 목적으로 한다. 지반개량공법의 원리에는 치환, 압밀배수, 다지기, 고결, 보강등이 있는데 Sand Compaction Pile 공법은 다지기과 보강 및 압밀배수를 기본원리로 하고 있다. 본 공법은 복수의 원리가 합쳐져서 사질지반, 점토지반, 유기질지반, 암쇄지반, 화산회 퇴적지반등 거의 모든 지반에 적용된다.

특히 해상 Sand Compaction Pile 공법은 양질의 모래를 압입시킴으로서 소요 토성치를 확보, 해상 구조물의 경제적인 설계가 가능하고 준설치환등 강제 치환공법 적용시 발생하는 해양오염 및 사토처리 문제를 동시에 해결할 수 있는 장점을 갖고 있으며 현재 국내에도 4척의 3축식 전용선이 도입 및 건조되어 현장에 투입되어 있어 동시 여러 현장의 해상기초 공사 수행도 가능하게 되었다.

2. 시공법

1) 공법원리

해상작업선의 리더에 장착된 소정규격(Dia

* 정회원, 석정건설(주) 대표이사

800mm~1200mm)을 가진 케이싱을 지중에 관입시키고 케이싱내에 모래를 투입한 후 Air압을 가하면서 케이싱을 일정길이만큼 인발하면 소정의 모래기둥이 지중에 형성되고 이 모래기둥을 케이싱 선단부가 닫혀진 상태에서 상단에 장착된 Vibro Hammer를 사용 진동을 주면서 하강시키며 모래기둥을 압축시키면 모래기둥이 확장, 다져지면서 큰 직경의 잘 다져진 모래기둥이 형성된다.

이런 과정을 지지층 지반으로부터 해저면까지 계속 반복하면 다짐모래말뚝이 조성된다

2) 공법의 특징

- ① 상부 구조물의 용도, 중량, 형태등에 따라서 조성되는 모래기둥의 직경이나 간격을 조정하므로서 적절한 치환율을 적용할 수 있어 경제적인 시공이 가능하다.
- ② 기존의 치환 방법으로 작업시 토취장 개발로 인한 사석이나 토량의 분진과 주변의 방대한 규모의 훼손, 준설토 사토처리등으로 해양생태계의 훼손과 피해를 초래할 수 있으나 해상 S.C.P는 정밀측량에 의한 필요한 곳에만 모래기둥을 형성시키므로서 환경친화적인 공법이며 작업시에도 케이싱 및 선단 주변에 오타방지막을 설치하여 시공으로 인한 일시적인 오염등 주변 영향도 철저히 차단할 수 있다.
- ③ 해상 S.C.P 완료후 용기토등 잔류토는 상부 구조물 착공전에 준설등을 제거하므로 시공후 잔류토는 전혀 남지 않게 된다.
- ④ GPS(위성측량시스템) 측량장비와 해저면에 조성되는 모래기둥이 자동기록장치에 의해 기

록되며, 시공중 운전자에 의해 Monitor가 되기 때문에 정밀시공이 가능하다.

3. 시공방법

1) 위치고정

GPS(또는 광파기)와 이동 Winch를 조작해 시공 위치에 선단고정

- 기지국 및 이동국 설치
- 설계배공도 입력
- 조위보정
- 시공기록장치 작동상태 확인

2) Casing 관입

- Casing 지면에 고정한 후 0점확인. (수심보정)
- Vibro Hammer를 작동하여 개량심도 또는 지층까지 관입.
- Casing내 모래투입.
- Casing내 SL 확인.

3) Casing 인발

- Casing내에 압축공기를 주입하면서 Vibro Hammer 작동 인발.
- 소정의 길이만큼 인발하면 Casing 단면적과 같은 모래기둥 형성.
- Casing 인발길이 확인 및 Casing내 모래높이 변화 확인.

4) Casing 압축

- Vibro Hammer 작동상태에서 Air Valve를 닫고 소정의 깊이만큼 압축.

5) 압입이 완료되면 3)의 방법과 같이 인발

- 시공중 Casing내에 모래는 계속 보충.

6) 4)의 방법과 같이 작업

7) 지지층에서 지표면(계획심도)까지 3), 4), 5), 6)의 방법을 반복 실시한다.

8) 다음 시공 위치로 이동.

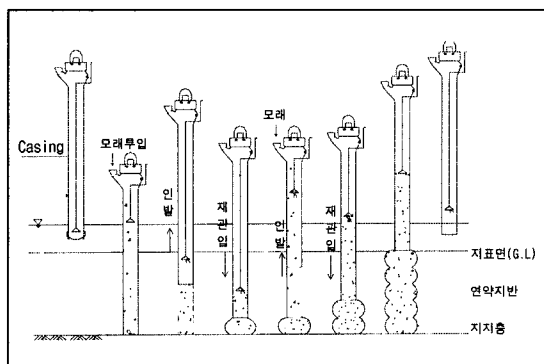


그림1. 시공순서도

4. 시공장비

1) 작업선

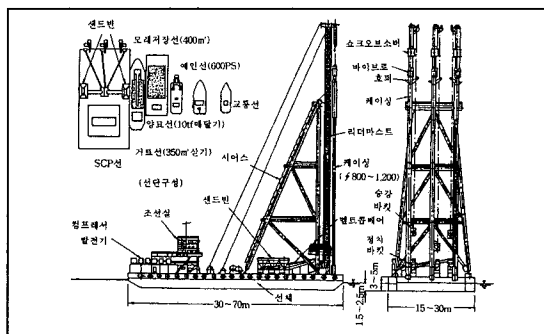


그림2. 해상 S.C.P.작업선

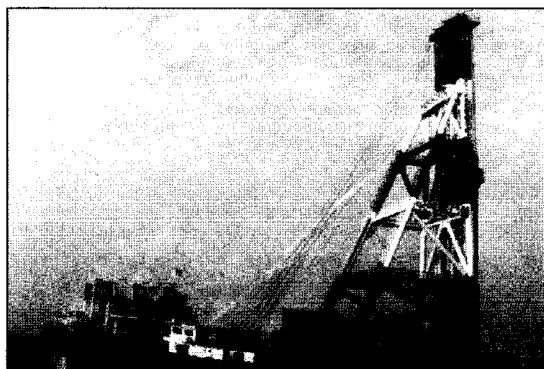


그림3. 석정건설(주)의 3층식 전용선

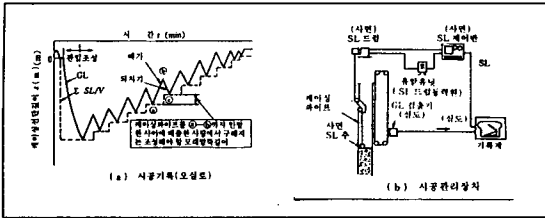


그림4. 시공기록 및 시공기록장치

2) 위성측량장치(G.P.S)

① 시공위치 결정

- 육상 기지점에 고정국 G.P.S를 설치하고, G.P.S관측 데이터를 무선송신기를 개재시켜 이동국을 향해 연속 통신
- 항타선에 설치된 이동국에 G.P.S 2대가 자신의 관측 데이터와 고정국에서 발신, 수신한 고정점 데이터를 사용하여 정도 2cm이 내의 경.위도의 형태로 컴퓨터 출력
- 컴퓨터상의 소프트웨어는 2대의 G.P.S에서 얻어진 좌표데이터를 평면직각좌표, 로컬좌표로 변환, 방위각을 구해 화면에 그래프표시
- 측량데이터의 기록, 인쇄
- 항타선 위치좌표와 시공말뚝의 위치좌표차를 이용하여 Anchor Wire로 항타선을 이동하고 정위치에 오면 Anchor Wire 고정
- 위치확인 : G.P.S 측량으로 고정된 항타선의 위치를 육상기지점에 세워진 광파거리계로 확인

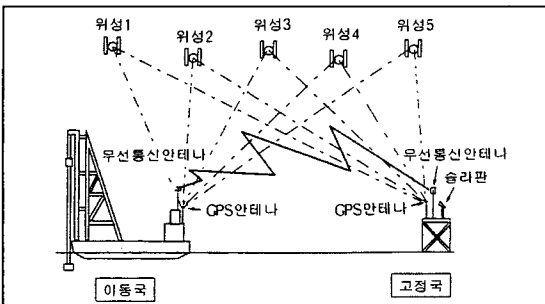


그림5. 위치측정 개념도

3) 장비의 조합

구분	단위	소요량	규격	비고
본선	대	1	70×22×5.1	
진동햄머	대	3	300kw, 38000k·m	
리더(Leader)	개	3	65m	
케이싱(Casing)	개	3	55m	
파일원치	대	3	25ton×30m/분	
버켓원치	대	3	12ton×50~100m/분	
조선원치	대	6	20ton×25~50m/분	
스킵버켓	개	3	4.2m ³	
Sand Banker	개	1	60m ³	
Belt Conveyer	대	3	400m ³ /h	
공기압축기	대	6	25.5m ³ /분	
발전기	대	5	800kva 4대, 150kva 1대	
공기 Tank	대	3	40m ³	
자동기록장치	식	1		
GPS	식	1	2주파형	
기타	식	1		

5. 국내적용 사례

1) 부산신항만 방파제 축조공사중 B-Part 안벽

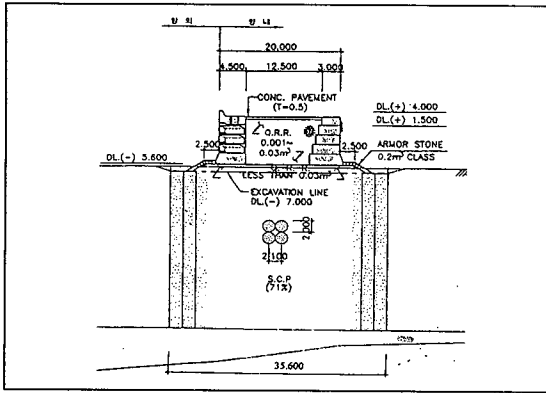
① 목적

부산신항 방파제 축조공사중 예산, 소형선 접안 및 항내 정온도 유지를 위해 신설하는 작업부두 B-Part 안벽의 하부기초 연약지반 개량을 목적으로 Sand Compaction Pile (S.C.P)공법을 적용하였다.

② 개요

- 개량면적: 333.8m(L)×35.6m(B) = 11,813m²
- 개량공수: 2703공
- 개량길이: 72,119m
- 투입모래량: 328,523m³
- 시공기간: 1998. 2. 15~1998. 10. 29
- 모래채취지: 전남 신안군 마진도 일원

③ 개량단면도

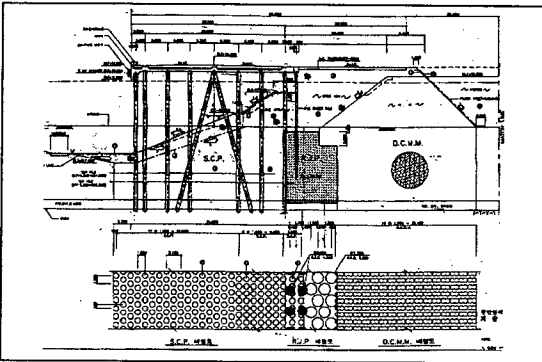


2) 부산항 감만부두 확장구역 축조공사

① 목적

부산항의 절대부족한 컨테이너 화물의 하역능력 증대와 수출입 화물의 원활한 처리로 국가 경쟁력 제고를 위하여 감만부두 서측에 5만톤급 2선석, 5천톤급 1선석의 안벽 및 컨테이너 야드를 조성함에 있다.

② 표준단면



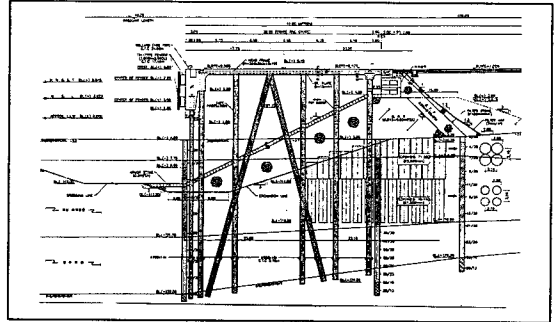
3) 군장 신항만 남측안벽(2공구) 축조공사

① 개요

금강하구의 군산과 장항을 묶어 서해안의 중심항으로 개발하기 위한 사업으로 Caisson식 2선석(동측안벽:20,000DWTx2), 잔교식 4선석(서측안벽:30,000DWTx3, 20,000DWTx1)의 총 1350m의 안벽건설 및 배후지를 매립하는 현장으로 안벽의 기초가 충적지반으로 되어 있어 이를 개량하기 위해 해상 SCP공법이 채택

되었다.

② 시공단면

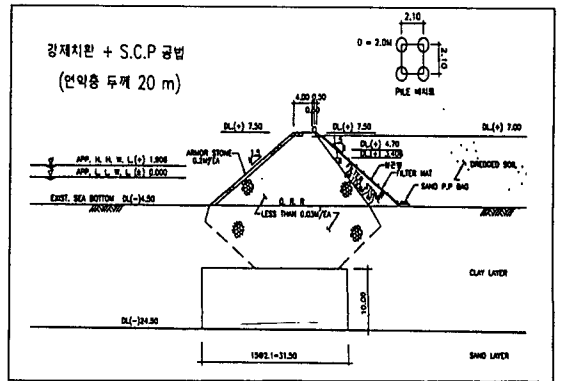


4) 부산신항만 준설투기장 2공구 호안공사

① 개요

현재 해양수산부가 추진중인 부산신항만 건설사업중 준설투기장 호안공사는 준설투기기를 위한 투기장 호안공사로 연약층을 상,하부로 구분하여 하부는 모래말뚝(S.C.P)을 타설하고 상부는 제체의 자중으로 연약토를 측방으로 압출시켜 치환하는 기초지반 처리공법이다. 연약지반이 해면이하(-)25m~35m의 두께로 형성되어 있어 해저면(-)10m이하층에 Sand Compaction Pile(S.C.P)공법을 선시공 후 상부의 제체를 형성하는 강제사석치환공법이다. 본 공사는 총 개량길이 347,880m을 2000년 1월부터 실시공이 시작되어 2002년 10월까지 계획되어 있다.

② 개량단면도



5) 부산신항만 민자사업 컨테이너안벽

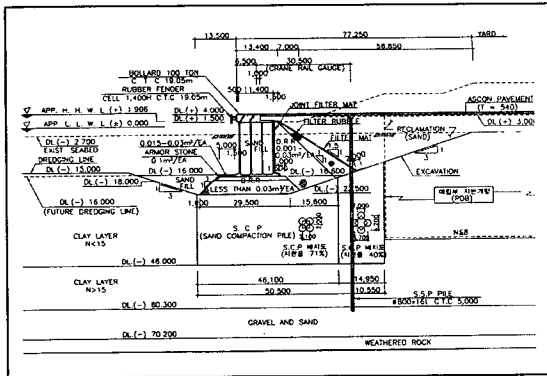
① 개요

현재 해양수산부와 부산신항만 민자사업 시행자 지정을 받은 부산신항만(주)간에 실시계획승인을 위한 최종협상이 진행 중이며 2000년 하반기 민자사업이 착공되어 2007년 1단계를 가동예정이다. 주요시설은 58만평 컨테이너 터미널 부지에 안벽 3,200m를 축조케되며 계획수심은 (-)16.00m로 계획되어 있다.

총 사업비 3조 595억원을 투자하여 연간 340만 TEU의 컨테이너 처리능력을 갖게 된다.

해면이하 (-)30m~40m까지 연약지반이 조사되어 케이슨 안벽의 연약지반처리공법은 지내력증가, 수평저항력증가등의 목적으로 Sand Compaction Pile(S.C.P)공법이 채택 실시설계가 완료되었다.

② 표준단면도



6) 감천항 수산물 도매시장

① 개요

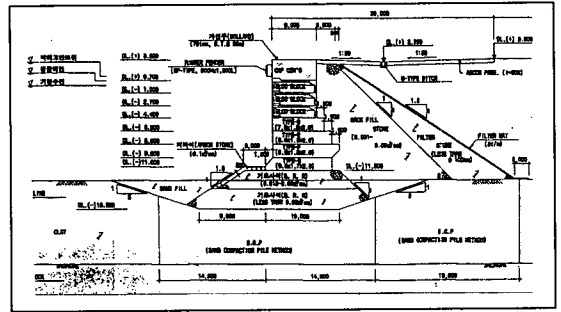
부산시 서구 압남동 산 193번지에 부산시가 1천 767억을 투입 3만6천평 부지에 복합유통시설을 갖춘 공영수산물도매시장을 200년 하반기에 착공 4년 4개월의 공기로 건설한다.

이중 육상과 해상으로 각종 수산물을 하역, 인양 작업을 위하여 길이 500m, 수심 (-)11.0m의 중력식 안벽을 축조하게 되며 약 12m에 달하는 해

저연약지반개량을 위하여 Sand Compaction Pile(S.C.P)공법으로 기본 계획이 수립되어 있다.

해상 S.C.P 공법으로 채택하였다.

② 표준단면도



6. 맺음말

삼면이 바다이며 연약한 해성점토가 넓고 깊게 분포되어 있는 우리나라 실정에서 해상 S.C.P공사는 해상에서 환경오염 및 생태계 파괴가 적은 환경친화적인 시공법으로 공사로 인한 민원 발생을 방지하여 연약층 두께가 두꺼운 해성점토층을 개량하며 안벽 및 방파제 기초지반으로서 침하가 적고 제체의 안정성이 크며, 재료공급이 안정적이고(모래부족시 쇄석으로 대체 가능) G.P.S에 의한 정밀위치 측량이 가능하고 자동시공기록 장치에 의한 시공관리가 용이한 장점이 있어 이웃 일본등에서는 오래전부터 안벽, 방파제, 호안등 기초공법으로 시공실적이 많으나 우리나라는 부산신항 방파제 축조공사 작업부두(B-Part) 구역 중력식 블록 안벽기초로 처음 설계되어 시공된 후 부산감만부두 확장공사 및 군.장 신항만 2공구 축조공사를 성공리에 완료하였고 현재 부산신항만 준설토 투기장 호안공사가 진행중으로 아직 초기단계에 있기 때문에 시공, 품질, 공중관리, 장비비용등에서 다소 미숙한 점은 있으나 우리나라 실정에 적합한 해상 S.C.P 공법 시방규정 및 공사관리의 체계적인 보완을 통해서 점차 확대시행되어야 할 것이다.