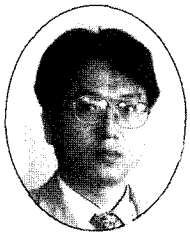
특집

‖수리 및 항만 콘크리트 구조물의 신기술‖

석션파일을 이용한 해양·항만 구조물

- Application of Suction File for Marine and Harbor Structures -



한상훈* *Han, Sang Hun*　박우선** *Park, Woo Sun*　장인성*** *Jang, In Sung*　조영기**** *Cho, Yeung kii*

1. 머리말

근래에 들어 해저 천연자원의 개발, 해양에너지 자원의 이용, 해양공간의 이용 등과 관련하여 많은 해양 구조물의 건설이 추진되고 있지만, 육지와 비교할 수 없는 해양환경조건의 열악함으로 인해 해양구조물의 건설은 많은 제약을 받고 있다. 또한, 건설부지의 부족은 육상에서 뿐만 아니라 연안에서도 매우 심각한 문제로 현재 개발이 진행 중이거나 예정된 항만은 지금까지의 양호한 입지에 건설된 기존 항만과 달리 수심, 파랑, 지반조건 등의 입지여건이 열악한 실정이다. 또한, 환경적인 관점에서 준설과 매립으로 인한 해양환경의 피해, 건설재료 수급에 따른 육상 환경의 피해가 점차 중요한 문제로 대두되고 있는 실정이다.

이러한 해양 및 항만 구조물 건설시의 어려움을 해소할 수 있는 건설방법 중의 하나가 석션파일을 기초로 사용한 구조물이다. 석션파일기초는 열악한 해양조건에서 매우 효율적인 기초형식으로 대수심이나 연약지반에서도 해양 및 항만 구조물을 경제적이고 효율적으로 시공할 수 있으며, 환경피해 또한 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다. 본고에서는 이러한 석션파일기초의 특성을 알아보고 이를 이용한 국내외 해양 및 항만구조물의 현황을 제시한다.

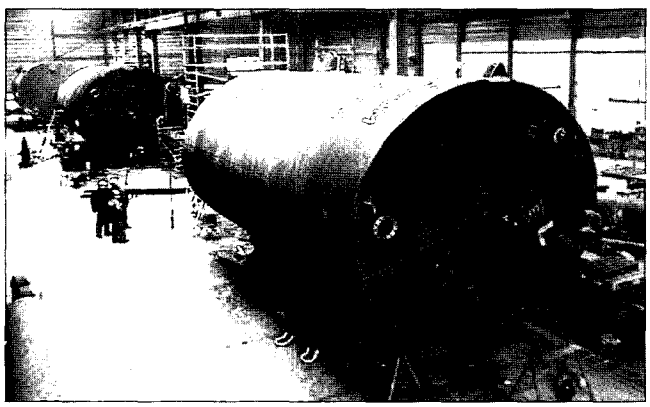


그림 1. 석션파일 제작 과정

* 정회원, 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 선임연구원
** 정회원, 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 책임연구원
*** 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 선임연구원
**** (주)대우건설 토목사업본부 토목기술2팀 차장

2. 석션파일 공법의 개요

2.1 석션파일이란?

석션파일(suction pile)은 파일 내부의 물이나 공기와 같은 유체를 외부로 배출시킴으로써 발생된 파일 내부와 외부의 압력차를 이용하여 설치되는 파일을 말한다. 석션파일이란 명칭도 이 독특한 설치 방법에 기인한다. 석션파일은 길이에 비하여 직경이 상대적으로 큰 구조를 하고 있으며, 보통 길이와 직경비가 2 : 1을 넘지 않는다. 석션파일의 형상은 석션압을 가하기 용이하도록 상단부는 밀폐되고 하단부가 열린 컵을 엎어놓은 모양을 하고 있다〈그림 1〉. 현재까지 시공된 석션파일중 가장 큰 것은 직경이 32 m, 길이가 37 m에 이르며, 수심 300 m 해저면에 시공되어 석유시추 플랫폼의 기초로 사용되었다.

석션파일의 설치 메커니즘은 다음과 같다. 석션파일을 해저면에 안착시키면 파일 자중에 의하여 파일 하단부가 해저면에 일정 깊이

까지 관입되게 된다. 이 상태에서 파일 두부에 설치된 배수 장치를 이용해서 파일 내부의 물을 외부로 배수시킨다. 석션파일의 구조가 파일 하단부를 제외한 부분들은 물의 흐름이 완전히 차단되어 있으므로 배수된 물은 파일 하단부의 해저층을 통해서만 유입될 수 있다. 그렇지만 해저 지반의 투수성이 낮아 배수된 물이 유입되어 회복되는 것을 방해받게 되어 파일 내부의 압력이 저하된다. 그 결과 파일 내부와 외부의 압력차가 발생하게 되고, 이로 인하여 파일은 관입되게 된다. 파일 관입을 방해하는 저항력은 파일 하단부의 선단지지력과 주변마찰력에 의하여 결정된다. 관입력이 저항력보다 크면 파일은 관입하게 된다. 석션파일의 관입 유도력은 파일 외부와 내부의 압력차와 파일 단면적 즉 직경의 제곱에 비례하지만 저항력은 직경에 비례하므로 파일의 직경이 클수록 작은 압력차로도 설치가 가능하다. 석션파일의 또 하나의 중요한 기술적 특징은 설치의 반대 개념 즉 물을 파일 내부로 주입하여 파일 내부에 양압력을 가하여 쉽게 인발할 수 있다는 것이다. 따라서 기 시공된 석션파일을 인발하여 재시공할 수 있기 때문에 한번 만들어진 파일 구조물을 반복해서 사용할 수 있다. 석션파일은 주로 강재이나 콘크리트로 제작되지만, 구조적 안정성만 확보된다면, 복합소재, 목재 등 다양한 재료로 제작할 수 있다.

2.2 석션파일기초의 특징

2.2.1 석션파일기초의 특징

- 설치 장비가 간단하여 수심에 제약을 받지 않는다. 최대 1,600 m 수심에 설치된 예가 있다.
- 기초의 크기에 관계없이 설치가 가능하며, 상판 면적이 클수록 작은 석션압으로도 큰 관입력이 발생한다.
- 설치 속도가 빠르다. 수 시간에 1본의 설치가 가능하다.
- 파일 내부로 물을 주입시켜 발생된 양압력으로 인발할 수 있다. 따라서 필요시 제거가 용이하며 재사용이 가능하다.

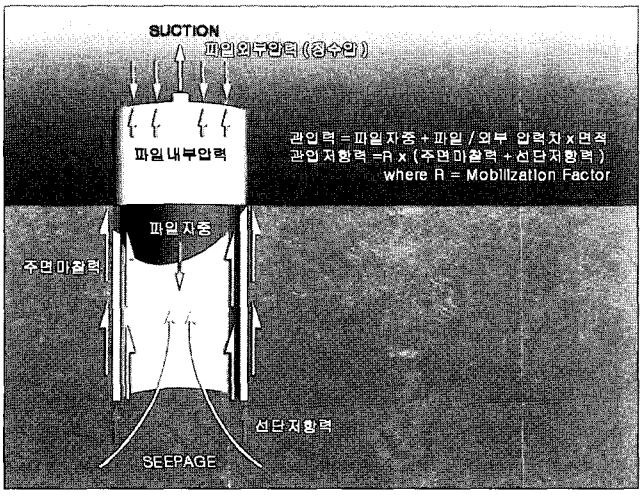


그림 2. 석션파일 설치 원리

- 설치시 침투류에 의하여 기초선단의 관입저항력이 감소된다.

2.2.2 설치시 유의사항

- 기초의 설치 초기 수직도 유지에 유의해야 한다. 한번 기울어진 석션파일기초를 시공중이나 후에 수직도를 향상 시키는 것은 거의 불가능하다.
- 기초 내부토사의 보일링이나 plugging의 발생을 방지하기 위하여 석션압이 한계값을 넘지 않도록 해야 한다.
- 근입에 필요한 석션압을 확보하여야 한다.
- 석션파일기초는 뉴메틱 케이슨과는 달리 기초선단부에 저판(slab)이 없는 구조이므로 설치후 기초내부에는 흙이 잔존하게 된다. 따라서 기초 내부의 토질특성이 지지력이나 변형, 침하특성에 미치는 영향의 유무에 대하여 검토해야 한다.

2.3 석션파일의 설치와 인발

석션파일은 파일 내부의 물이 배출되어 파일 내부의 압력이 저하되면 관입되고 물이 파일 내부로 주입되어 파일의 내부에 양압력을 발생되면 인발된다. 석션파일의 설치 시 중요 설계 인자로는 파일 내부와 외부의 압력차, 물의 유입 및 파일 관입으로 인한 지반의 교란, sand boiling, clay column plugging 등이 있다. 안전한 파일 관입을 위한 압력차는 다음의 두 가지 요소에 의하여 지배된다. 첫째로 압력차가 너무 작아서 관입력이 지반의 저항력을 극복하지 못하면 파일의 관입이 불가능하게 된다. 파일이 지반의 저항력을 극복하여 관입하는데 필요한 최소한의 압력차를 석션압 하한 한계라고 한다. 둘째로 압력차가 너무 크면, 모래층의 경우에는 파일 외부로부터 내부로 유입되는 급속한 물의 흐름으로 인하여 sand boiling이 발생하고, 점토층의 경우는 파일 내부 전체의 점토 기둥이 파일 하단부에서 절단(soil tension failure)되어 밀려 올라오는 plugging 현상이 발생한다. 어떤 경우든 파일 내부는 토사로 가득 차 더 이상의 파일 관입이 불가능해지고 파일 설치에 실패하게 된다. 이에 해당하는 압력차를 석션압 상한 한계라고 부른다. 따라서 설계 석션압은 하한 한계와 상한 한계의 사이의 어떤 값이 된다. 설치도중 관입깊이 변화에 따라서 가할 수 있는 설계압력이 연속적으로 변화하므로 closed-loop system으로 파일 내부와 외부의 압력차를 자동으로 조절하는 것이 필요하다.

3. 석션파일기초 구조물의 특징

3.1 석션파일기초 구조물

석션파일기초를 사용한 구조물을 석션파일기초 구조물이라 한다. 석션파일기초 구조물에는 석션파일기초와 상부구조물을 별도로 제작하는 분리형 구조와 일체로 제작하는 일체형 구조로 구분

한다. 분리형 구조의 사례는 적으나 일본의 나에쓰(直江津)항의 방파제에서 시공되었으며, 지금까지의 북해 등에서의 사례는 거의 모두가 일체형 구조이다.

3.2 석션파일기초 구조물의 특징

3.3.1 대수심에서 적용성

석션파일기초는 석션압의 발생이 가능한 수역에서 사용되나 특히 대수심에서 적용성이 크다. 그 이유는 진동이나 타격에 의한 방법 등의 경우 설치 수심이나 심도에 비례하여 공사비가 증가하여 대수심에 적용이 곤란한데 비하여 석션파일기초의 경우는 간편한 배수장치에 의하여 설치가 가능하고 수심이 클수록 정수압이 커져서 더욱 큰 석션압을 발생시킬 수 있으며, 배수를 수심에 관계없이 기초 근방에서 시행할 수 있는 점 등을 들 수 있다.

3.3.2 설치용이

기초의 측벽(skirt)선단에 작용하는 압입력은 석션압과 그 수압면적을 곱한 것으로 나타낸다. 같은 석션압에서도 수압면적이 클수록 큰 압입력을 얻을 수 있다. 과거, 대규모 기초구조물을 지중에 근입시키는 시공방법으로는 케이슨기초가 대표적인 경우로 기초내의 지반을 굴착하는 방법을 채택해왔으나 케이슨기초의 해상시공에는 제약조건이 많고 굴착 등에 필요한 시공기간이 긴 단점이 있었다. 이에 비하여 석션파일기초 구조물은 1 ~ 2일의 단기간에 설치시공이 가능하고, 또한 대규모 기초를 해저지반 중에 설치할 수 있는 등 시공성에도 우수하다.

3.3.3 근입에 의한 안정성

중력식 항만 구조물에서는 활동에 대하여 케이슨 구체와 마운드간의 마찰저항력에 의존하고 있다. 한편, 석션파일기초 구조물의 경우에는 기초와 상부 구조물의 일체화를 도모함으로써 지반내에 근입된 측벽의 수동저항을 활동에 대한 저항력으로 볼 수 있으므로 활동에 대한 저항이 증대한다. 단, 근입이 얕은 경우에는 구조물 전체의 발출(拔出)에 대한 검토가 필요하다. 그 외에 근입효과에 의하여 전도, 인발(引拔)등에 대한 저항력이나 지지력이 증대하는 특징이 있다. 석션파일기초 구조물은 설치 후 기초 내부가 밀폐상태가 되므로 인발에 의하여 기초 내부에 석션압이 발생하고, 이 석션압이 저항력(과거 이것을 지절력(地切力)이라고도 하였다)으로 작용한다. 인발시의 파괴모드에 따라서는 예전의 선단이 밀폐된 근입 구조물과 비교하여 인발력에 대한 저항력이 커진다.

3.3.4 지반개량 불필요

해저지반이 연약점성토인 경우, 기존의 중력식 항만 구조물에서는 샌드컴팩션파일 공법이나 심층 혼합처리공법 등의 지반개량공법을 주로 적용하였으나 석션파일기초를 사용하여 소정의 지지력을 얻을 수 있는 심도까지 근입함으로써 지반개량이 불필요하다. 표층에 연약지반이 있고 하층에 사질토인 토층 구조의 경우에는 특히 유리한 기초 구조물이라 할 수 있다.

표 1. 석션파일 및 케이슨 제작방법 비교

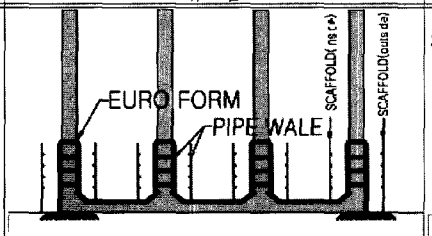
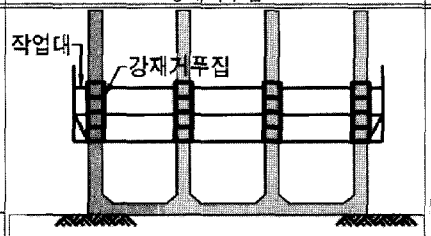
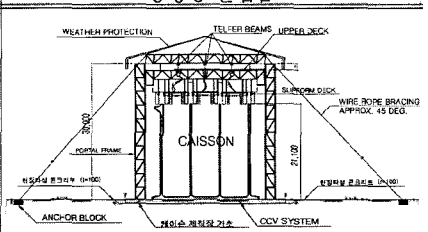
구분		유로폼	강재거푸집	공장형 슬립폼
개념도				
시공 개요		· 구조의 형상이 규격화되어 표준타입의 거푸집을 변형시키지 않고 조립하는 공법	· 거푸집과 벽체 마감공사를 위한 비계틀을 일체로 조립하여 크레인으로 설치하는 공법	· 구조물의 형상이 규격화되어 표준타입의 거푸집을 변형시키지 않고 조립하는 공법
적용 사례		· 광양항 1단계 케이슨 · 광양항 2단계 1, 2차 케이슨	· 군 · 장 남측안벽	· 광양항 3단계 1차 케이슨
특성비교	장점	· 거푸집이 소형이므로 대형장비가 불필요함 · 소규모의 작업에 적합하며 공정조절이 타방법에 비해 용이함 · 초기 투자비가 적고 거푸집 손료가 저렴하여 소규모 생산에 유리함 · 타 거푸집 시스템과의 조합이 쉬움 · 국내에 동원 가능한 기능 인력이 많음	· 설치와 탈형만을 시행함으로 공종이 단순 · 별도의 비계 및 동바리 설치가 필요 없음 · 이음부위가 유로폼에 비해 상대적으로 적으므로 거푸집면 품질 향상 · 고소작업시 안정성이 높음	· 전천후 제작기능 · 시공이음이 없으므로 수밀성, 차폐성이 높음 · 시공속도가 빠름 · 완벽한 품질관리가 가능 · 작은 규모의 제작장 소요
	단점	· 이음부의 시멘트 페이스트 누출로 인한 품질관리 어려움 · 거푸집의 구조적 검토가 곤란함 · 고소 작업시 비계발판 설치 등의 비용이 발생하고 안전도가 취약함 · 시공에 대한 정밀도가 상대적으로 취약함	· 자중이 과중량(약 40 tonf)으로 조립 설치시 대형장비 필요 · 거푸집 변형시 복구 작업 곤란 · 재질이 강재이므로 외부 온도에 민감 · 거푸집면의 청소 및 관리가 어려움	· 초기 투자비가 큼 · 초기 조립시간 및 이동설치 시간 과다 · 연속작업 중단시 재작업 준비 어려움 · 연속작업에 의한 안전관리 요망

표 2. 석션파일 및 케이슨 진수공법(1/2)

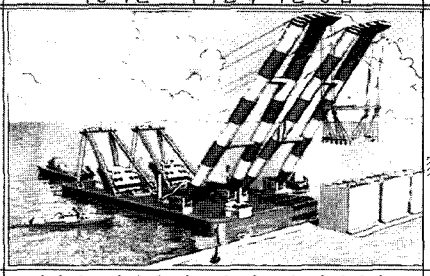
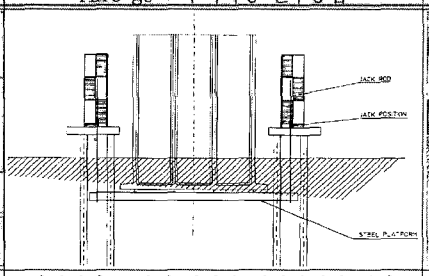
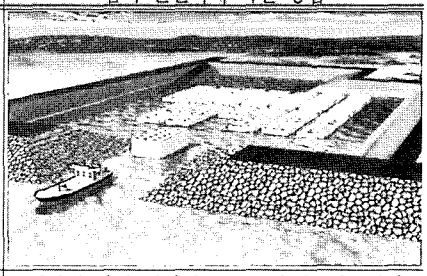
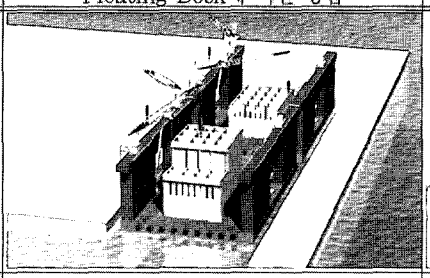
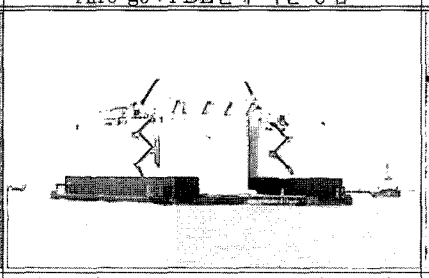
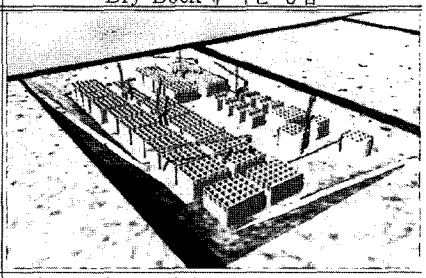
구분	기중기선 + 바지선에 의한 공법	Airo-go + 수직하강 진수공법	임시 건선거에 의한 방법
개념도			
공법 개요	· 해상기중기선의 접근이 가능한 안벽이나 호안에서 제작 · 해상기중기선을 이용하여 바지선에 적재후 대상지역으로 이동후 해저면에 거치	· 안벽이나 호안에 인접한 제작장에서 제작 · Airo-go System에 의해 deck plate에 적재한 후 수직 하강하여 진수	· 해안에 임시 건선거를 축조한 후 내부에서 케이슨 제작 · 케이슨 제작후 건선거 내부에 해수를 유입하고 가물막이를 해체하여 진수
적용 현장	· 광양항 1단계, 2단계 1,2차 등 국내 다수 케이슨	· 해외 시공사례 다수 있음	· 부산항 신선대 00기지(통영안정공단) 케이슨
공법 특성	· 일반적인 진수공법으로 3,000톤급 미만에서 주로 사용 · 국내외 시공경험이 풍부 · 제작장 부지가 필요 · 해상여건에 따라 작업능력이 영향을 받음	· 공장식 연속작업으로 시공효율 극대화 · 작업능력이 해상여건에 크게 영향 받지 않음 · 조위에 영향 없이 작업 가능 · 대형장비 수급으로 인한 공기영향 없음 · 진수에 필요한 플랜트 가시설이 필요	· 장대형 케이슨 진수가 가능해 제작함수 최소화 · 별도 제작장 필요 없음 · 건선거 축조 여건을 갖춘 넓은 부지 필요 · 진수 · 운반시 해상여건 영향 받음

표 3. 석션파일 및 케이슨 진수공법(2/2)

구분	Floating Dock에 의한 방법	Airo-go+FDL선에 의한 공법	Dry Dock에 의한 방법
개념도			
공법 개요	· 정온 수역에 Floating Dock를 부상시켜 Dock 내에서 케이슨 제작 · Floating Dock를 침수시켜 케이슨 진수 후 예인 · 거치	· 안벽이나 호안에 인접한 제작장에서 제작 · Airo-go System에 의해 케이슨을 FDL선에 적재하여 진수해역으로 운반, 반잠수 후 진수	· 기존 조선소의 건선거 내부에서 제작 · 케이슨 제작후 건선거 내부에서 준수하고 GATE를 열어 수 있음
적용 현장	· 제주외항(현재 시공중) 케이슨	· 부산신항 북컨테이너 터미널 시공예정(옥망산 전면부두) 케이슨	· 울산동방파제 케이슨
공법 특성	· 부선상에서 케이슨을 제작하므로 정온수역 필요 · 케이슨 제작은 부선의 함수 및 크기에 제한 · 케이슨 제작 및 인양 · 거치가 하나의 장비 안에서 시행가능	· 공장식 연속작업으로 시공효율 극대화 · 작업능력이 해상여건에 크게 영향 받지 않음 · 조수 대기시간 있음 · FDL작업선 확보 곤란 · 부대설비 필요 없음	· 장대형 케이슨 제작이 가능함 · 기존의 Dock를 이용하므로 별도의 제작장이 필요 없음 · 조선소의 대형 건선거 시설과 여유공간 필요 · 케이슨 운반시 해상여건 영향을 받음

3.3.5 선행재하 및 재하실험 가능

석션파일기초 구조물을 소정의 심도에 설치하고 충진재의 타설 전 또는 타설후에 석션압을 선행 재하하여 재하시험을 실시할 수 있다. 석션압은 설치수심 등에 따라서 한계가 있어 설계하중까지 재하중을 작용할 수 없는 경우도 있겠지만 현장의 상황에 따라서는 효과적이다.

3.3.6 타 형식에 비해 유리한 환경조건

· 파고가 큰 곳(지중부의 수동저항, 인발저항 기대)
· 설계진도가 큰 곳(지중부의 수동저항, 인발저항 기대)
· 현지에서 급속시공이 요구되는 경우(굴착 불필요)
· 대수심 시공의 경우(설치 장치가 간단)
· 표층이 연약지반이고 비교적 얕은 심도에 지지지반이 있는 경우(지반개량 불필요)

4. 석션파일 및 케이슨 제작 및 진수공법

석션과 석션파일의 제작 및 진수공법을 〈표 1 ~ 3〉 정리하였다.

표 4. 석션파일기초 적용사례

NO	년도	시설명	국명	토질	기초의 형상·치수	관입깊이
1	1960	고베항 제5방파제(PC관식 원통블럭) 수심 : -11 m	일본	실트질점토 ~ 점토층 연약점성토	원통형셀 ϕ = 15.5 m, t = 0.15 m, h = 22.5 m	9 m
2	1980	Gorm(석션앵커파일) 수심 : -40 m	덴마크	모래층(상부) 점토(하부)	강재 원통 1기 ϕ = 3.5 m, t = 25 m, h = 8.5 ~ 9.0 m	9 m
3	1989	Gull faks C-GBS(중력식 플랫폼) 수심 : -220 m	노르웨이	모래와 점토의 혼합층	철근콘크리트 원통케이슨 1기, 원통셀 24개 ϕ = 28 m, t = 0.4 m, h = 22 m	22 m
4	1991	Snorre-TLP(CFT)(텐션 렉 플랫폼) 수심 : -220 m	노르웨이	연약 점토층	철근콘크리트 원통케이슨 4기, 원통셀 3개/기 ϕ = 17.3 m, h = 19.6 m	12 m
5	1992	Snorre-SPS (Subsea Production System) (해저생산시스템), 수심 : -335 m	노르웨이	연약 점토층	직사각형SPS(L = 48 m, h = 7.2 m)로 합계 6개의 스커트챔버 (L = 11.4 ~ 12.1 m, h = 3 m)	3 m
6	1994	Europipe riser(강재자켓 플랫폼) 수심 : -70 m	노르웨이	조밀한 모래	강재 원통버켓 ϕ = 10 m, h ≒ 10 m, 4기	4 ~ 7 m
7	1995	Troll-GBS(중력식 플랫폼) 수심 : -303 m	노르웨이	점토층 (-74 m까지 연약)	철근콘크리트 원통케이슨 1기, 원통셀 19개/기 ϕ = 32 m, t = 0.5 m, h = 36 m	36 m
8	1995	Heldrun-TLP(텐션 렉 플랫폼) 수심 : -345 m	노르웨이	점토층	철근콘크리트 원통케이슨 4기 원통셀 19개/기 ϕ = 45 m	4.6 m
9	1999	나에쓰항 작업기지 방파제 (RC재기초, 강재기초) 수심 : -10 m	일본	사질토층 ~ 점성토층 ~ 사질토층	철근콘크리트 원통케이슨 1기 ϕ = 21.9 m, t = 0.55 m, h = 8.0 m 강재 원통케이슨 1기 ϕ = 21.9, t = 22 mm,h = 8.0 m	6 m 6 m
10	2000	오사카부 토사채취 잔교 방충공(RC재) 수심 : -25m	일본	연약점토 ~ 사질토	철근콘크리트 원통형셀 1기 ϕ = 18.0 m, t = 0.35 m, h = 5.5 m (기초부) ※ 격실로 분할	3.5 m

5. 적용사례

5.1 국외사례

석션파일기초 구조물은 과거(1960년)에는 고베(神戶)항의 제5방파제에 PC관식 셀룰라 블럭을 사용한 시공사례가 있고 최근 유럽에서는 북해의 석유굴착 리그(rig)의 기초로 활용되고 있다. 이들 사례에 따르면 석션파일기초 구조물의 설치수심은 (-)11 m에서 (-)350 m 정도이며 석션파일기초 구조물의 대수심 적용성은 매우 높다. 적용토질은 점성토가 많으나 점토와 모래의 혼합층이나 사질토의 경우도 있다. 설치 수심은 얕은 것이 (-)10 m 정도, 깊은 것은 (-)1,600 m 정도인 사례를 볼 때 석션파일기초가 대수심에서 얼마나 적용성이 좋은가를 이해할 수 있다. 기초형상은 원통형이 많고 기초의 근입은 얕은 것은 4 m, 깊은 것은 36 m이다. 또한, 근입비는 두 사례를 제외하고 1.0 이하인 경우가 대부분으로 얕은 기초에 해당한다.

석션파일기초 구조물의 해양 및 항만구조물에 적용된 구체적 활용사례는 〈표 4〉와 〈그림 3 ~ 6〉에 나타내었다. 〈그림 3〉은 노르웨이에서 1989년에 제작된 석유시추를 위한 중력식 플랫폼이다. 4개의 큰 기둥의 밑에 24개의 콘크리트 석션파일을 지중에 관입하여 구조물을 지지한다. 또한, 4개의 중공 기둥은 시추된 석유를 저장하는 저장고로 사용된다. 구조물의 전체 크기와 수면 아래부분의 형상은 〈그림 4〉의 개념도를 보면 쉽게 이해할 수 있다. 〈그림 5〉는 나에쓰항의 방파제 기초로 사용된 직경 21.9 m, 높이 8 m, 두께 0.55 m의 석션파일을 보여주고 있다. 이 방파제를 해상운송하여 설치점까지 이동하며 크레인을 이용하여 해저에 투하한다. 석션압을 이용하여 해저 6 m 정도 관입시킨며 사용된 콘크리트의 강도는 16 MPa 정도이다. 〈그림 6〉은 오사카부 잔교의 충돌방지공으로 사용된 철근콘크리트 석션파일을 나타내고 있는데, 구조물의 전체 높이는 30.5 m이고 석션파일에 해당하는 기초부의 높이는 5.5

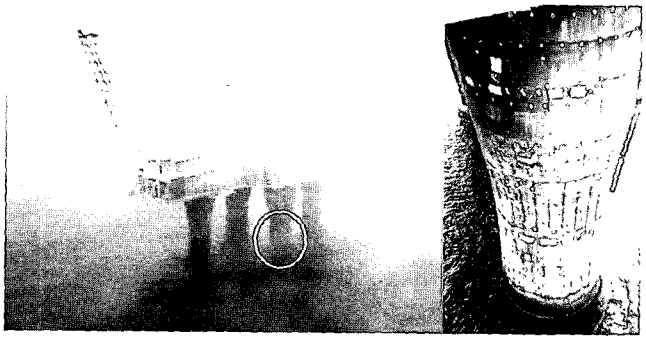


그림 3. 중력식 플랫폼(노르웨이, 1989)

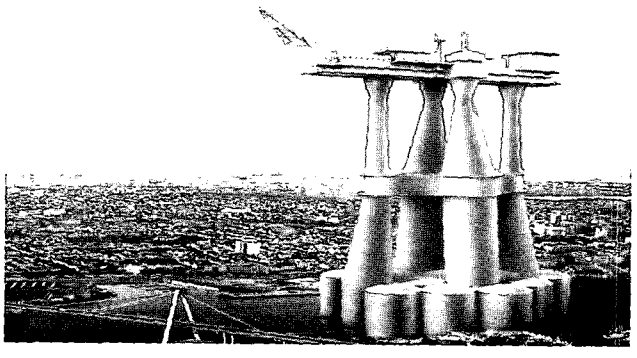


그림 4. 중력식 플랫폼의 개념도(노르웨이, 1989)

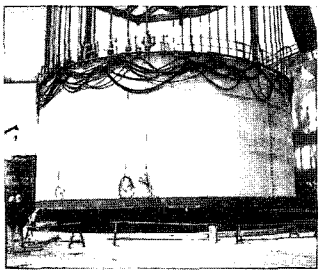


그림 5. 나에쓰항의 기초부에 사용된 콘크리트 석션 파일 (일본, 1999)

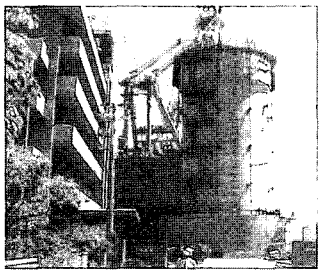


그림 6. 방충공으로 사용된 구조물 (일본, 2000)

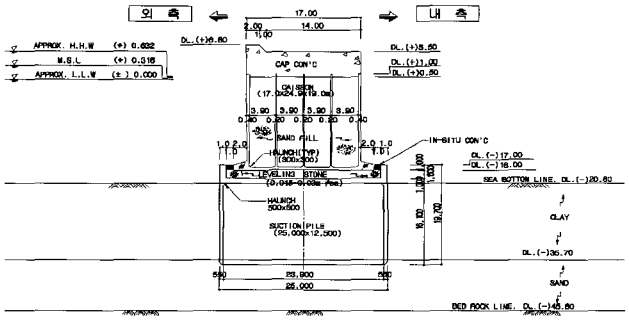


그림 7. 석션파일방파제 기본설계도(울산, 2004)

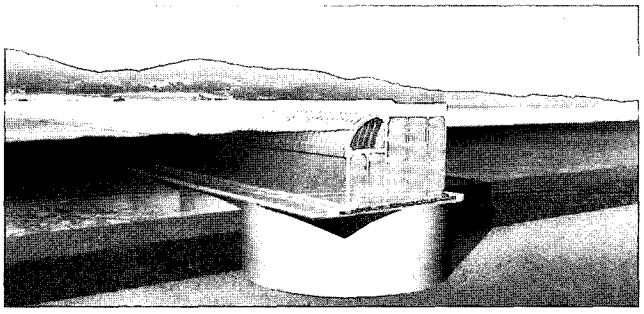


그림 8. 석션파일방파제 개념도(울산, 2004)

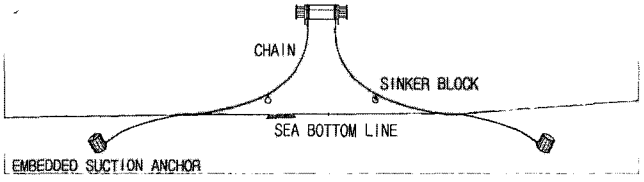


그림 9. 석션앵커를 이용한 부유식 방파제 (마산, 2005 설치 예정)

m이다. 파일의 직경은 18 m이고 벽면의 두께는 5.5 m이다. 나에쓰항에서와 마찬가지로 바지선을 이용하여 설치점까지 이동한 후, 크레인을 이용하여 해저지점에 투하하고 석션압으로 3.5 m 정도 관입시킨다. 사용된 콘크리트의 강도는 30 MPa 정도이다.

5.2 국내사례

국내에서는 아직 석션파일을 이용하여 항만 또는 해양 구조물을 건설한 예가 없다. 그러나, 올해와 내년에 울산북방파제 건설 예정 부지에 석션파일을 이용한 방파제의 시험시공을 한국해양연구원과 대우건설에서 실시할 예정이다. 사용되는 석션파일은 지름 25 m, 높이 18 m, 두께 0.55 m의 파일로, 압축강도 28 MPa를 가진 콘크리트로 제작을 수행하고 있다〈그림 7〉. 강재로 제작된 거푸집으로 3단 타설을 수행하고 한 달 동안 양생한 후에, 기중기로 바지선에 실어 거치지점까지 이동시킨다. 석션압을 이용하여 석션파일을 관입시키고 제작된 케이슨을 파일위에 거치하여 방파제를 완성하게 된다. 시험시공이므로 50 m(석션파일 2개)에 대해서만 공사를 수행하고 울산북방파제의 건설시에는 설치된 석션파일을 제거하거나 기초로 이용하고자 한다. 완성된 방파제의 개념도는 〈그림 8〉과 같다.

〈그림 9〉는 마산의 원전항에 건설될 부유식 방파제의 개념도이다. 그림에 나타난 바와 같이 석션파일을 기초로서 뿐만 아니라 앵커로 사용하도록 고안된 것이다. 석션파일을 관입시키고 관입된 석션파일에서 나온 체인을 부유식 방파제에 체결하여 부유식 방파제를 완성하게 된다.

6. 결 론

해양 및 항만 구조물의 건설을 제약하는 가장 대표적인 요인이 대수심, 고파랑, 연약지반 조건이다. 그러나, 이러한 제약조건에도 불구하고 항만건설부지의 감소와 해양자원 활용을 위해 해양·항만 구조물에 대한 건설수요는 앞으로도 지속적으로 증가될 것이다. 따라서 대수심 적용성이 뛰어나고, 설치가 용이하며, 지반개량이 불필요한 특성을 지닌 석션파일기초를 이용한 구조물은 이러한 문제점들을 해결하기 위한 하나의 대안이 될 수 있다.

현재까지 국내에서 석션파일기초를 이용한 구조물이 건설되지 않았지만, 올해에 울산에 석션파일을 이용한 신형식 방파제의 시험시공이 실시되고 있으며 내년에는 마산 원전항에 석션앵커를 이용한 부유식 방파제의 시공이 예정되어 있다. 경제성과 효율성을 갖춘 석션파일기초 구조물의 건설이 활성화 되어 항만건설시의 국가예산이 크게 절감되고 연안과 해양공간의 이용이 활발히 추진되었으면 한다. ◙

참고문헌

1. 대우건설, "석션파일기초 신형식 방파제 건설공사 실시설계보고서", 2004.
2. 일본항만기술연구소, "석션파일기초의 현상과 개발", 일본항만기술연구소 특별강연회 강연집, 1997.
3. 일본연안개발기술연구센터, "석션파일기초구조물 기술 매뉴얼", 일본연안개발기술 No.17, 2003.
4. Bang, S., and Cho, Y., "Ultimate Horizontal Loading Capacity of Suction Piles," Int J of Offshore and Polar Eng, Vol.12, 2002, pp.56~63.
5. Cho, Y., Bang, S., and Preber, T., "Transition of Soil Friction During Suction Pile Installation," Canadian Geotechnical J, Vol.39, No.5, 2001, pp.1118~1125.