

원형 Cell을 이용한 해상가물막이 시공 사례 Marine Cofferdam by Circular Cell

최동지¹, 김영식², 우승우³, 최재천⁴

Doong Ji Choi¹, Young Sik Ko², Seung Woo Woo³ and Jae Cheon Choi⁴

1. 서 론

시화호 조력 발전소는 해수순환을 통한 시화호의 수질을 개선, 무공해 해양에너지 개발하고 CO₂ 저감 및 국가 부존자원의 개발을 목적으로 하고 있는 프로젝트이다. 조력발전은 청정에너지로서 유류에너지 의존도가 높은 우리나라로서는 에너지 대체 효과가 매우 높다고 할 수 있다. 조력발전소는 천혜의 해상 자원하에서 건설되어 지는 것으로서 발전소 공사를 위해 해상 가물막이공사가 수반되게 된다. 금번 프로젝트에서는 공학적 측면에서 안정성, 차수성, 친환경성이 뛰어난 원형 Cell을 이용한 해상가물막이를 채택하여 시공하였다. 길이 600m, 폭 200m의 차수된 작업장 확보를 위하여 시공된 가물막이의 총연장은 1,672m이다. 이중 원형 Cell식 가물막이는 748m로서 지름 20.4m의 Main Cell 29개와 반지름 4.12m의 Arc Cell 28개로 구성되어 있다(각 Cell은 128장, 100장의 Flat Sheet Pile로 조립).

2. 사업대상지 현황

2.1 위치 및 주변 조건

본 사업대상지의 위치는 그림1과 같이 시화호를 형성하고 있는 방조제선상에 있다. 주변 환경

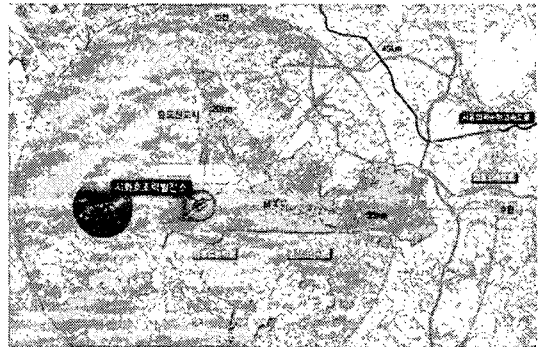


그림1. 시화호 방조제 전경

은 시화호내에 간척지 조성사업이 이루어 지고 있고 시화 멀티테크노벨리 및 시화2단계 도시 용지 사업이 예정되어 있으며 시화호내 관리 수위는 이러한 사업과 연계되어 EL(-)1.0m로 조건부여 되어 있다.

설계파는 파고 1.96m, 주기 8.67sec이며 조위는 고극조위(H.H.W) EL.(+)5.366m, 약최고만조위(Aprox. H.H.W) EL. (+)4.556m, 평균해면(M.S.L) EL.(-)0.024m, 약최저간조위(Aprox. L.L.W) EL.(-)4.604m이다.

2.2 지반조건

조력 발전소 건설 대상지의 지반조사는 그림2와 같이 총100공을 시추하고 지층탐사도 그림3와

¹ 발표자: (주)대우건설 시화호조력발전소현장, 현장소장

^{2,3,4} (주)대우건설 시화호조력발전소현장

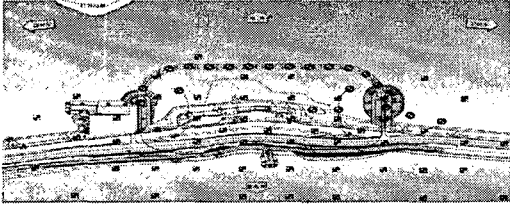


그림2. 시추조사 위치도

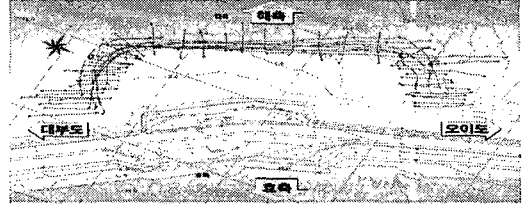


그림3. 지층탐사 위치도

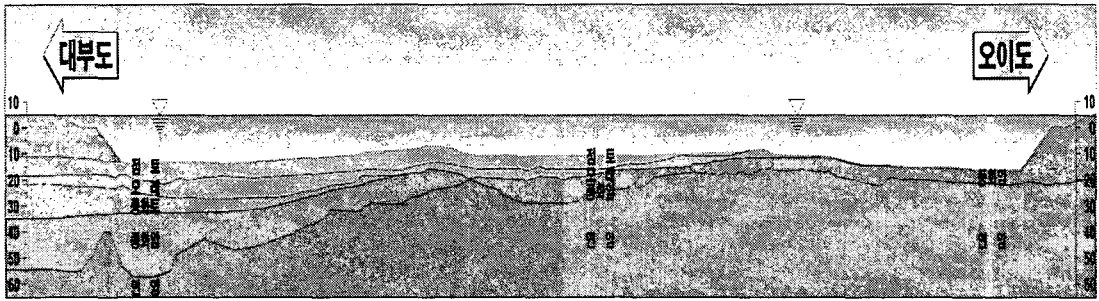


그림4.지층 단면도

같이 종단방향 5km(20m pitch), 횡단방향 2km(50m pitch) 병행하여 수행하였다.

그림4에 나타난 바와 같이 지층구조는 매립토, 퇴적토, 풍화암, 기반암으로 분포하고, 사업부지 중심부에 경암이 솟아오른 형태를 이루고 있다.

3. 원형 Cell식 가물막이의 시공

조력발전소 건설을 위해서는 건조 상태의 작업 공간을 형성하는 것이 유리하다. 시화호 조력발전소 부지는 기존시화방조제보다 약간 해측으로 이동하여 암반위에 놓이도록 계획하였다. 따라서 기존 시화방조제에 Sheet Pile을 타입하여 시화호 내측 가물막이로 활용하도록 설계하였고 외측에 대해서는 원형Cell식으로 가물막이를 설계하였다. 원형 Cell식 공법은 1902년 항만공사에 가물막이로 처음 시공된 이후 각국에서 다양한 가물막이 및 안벽구조물로 시공되고 있는 차수성이 뛰어난 구조물이다. 또한 원형 Cell이 타입 되지 않은 상태에서도 자중으로 안정성을 유지할 수 있다. 따라서 서해안처럼 조차가 큰 난공사의 가물막이로써 확실한 안정성을 보장하는 공법이라 할 수 있다. 또 원형 Cell을 형성하고 모래 혹은 토사 등으로 속채움을 하므로 외부 환경 피해를 주지 않아 환경문제가 대두되었던 시화호에 적절한 공법으로 판단되었다.

해상 가물막이 시공 순서는 다음과 같다.

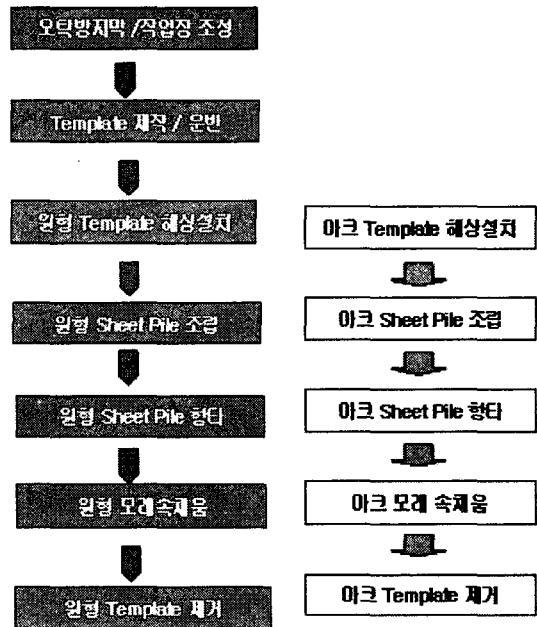


그림5. 해상 가물막이 시공순서도

3.1 자재

• Flat Sheet Pile

Flat Sheet Pile 제원은 표1과 같으며 현장에서 가공작업이 없이 전 소요자재를 공장 제작하여 공기 지연을 방지하고 품질관리를 용이하게 하였다.

표1. Flat Sheet Pile 재원

구 분	Main Cell		Arc Cell	Junction Pile	
폭(mm)	500		500	500	
Web Thick(mm)	12.7		10	12.7	
Interlock Strength(KN/m)	4,530	5,350	1,500	4,530	5,350
적용 Cell No.	1~22	23~29	1~28	1~22	23~29
단위 중량(kg/m)	77.2		64		

◦ 속채움 모래

2005년도 국내 모래 수급상황이 매우 어려운 실정이어서 중국산 수입모래, 북한산 등을 검토 하였으나, 당 현장에서와 같이 대량 소요되고 Cell 항타후 즉시 모래 속채움을 해야하는 조건에 부합되지 않아 국내 EEZ(어청도 부근)에서 채취한 해사를 사용하였다. Cell 1EA당 소요량은 표2와 같다.

표2. Cell 1EA당 골재소요량

구 분	Main Cell	Arc Cell	비 고
소요량	4,565m ³ ~ 7,174m ³	1,773m ³ ~ 2,600m ³	

◦ Pin Pile

Template를 지지 및 고정하기 위한 Pile을 말한다.

◦ Template

Cell식 가물막이의 일련의 공정인 Flat Sheet Pile 조립, 항타 및 모래 속채움 작업 등 각각의 원형 Cell이 완료되기 전까지 조류력, 파압 등에 견딜 수 있도록 Guide Frame 역할을 수행하기 위한 가시설물이다.

◦ Working Platform

Flat sheet Pile을 조립하기 위한 작업자들이 안전하게 작업할 수 있도록 바닥에는 Grating을 깔았으며, 추락방지를 위하여 Handrail을 설치하였다.

◦ Master Pile

Flat Sheet Pile 조립시 어떤 기준점이 없이 조립할 경우, Sheet Pile의 유연성으로 인하여 수직도를 맞추기 어렵고 전 구간을 한 번에 폐합 시키기는 더욱 어려우므로 일정 구간으로 분할 폐합시키고자 원형 Cell을 6개 구간으로 분할하고 그 기준점에 Master Pile(H-Beam과 Sheet Pile결합)을 고정시켰다.

3.2 자원 운용

전체작업을 자재선별 및 운반팀, Templatet 설치 및 해체팀, Main Cell 설치팀, Arc Cell 설치팀 등 4개팀으로 구성하여 운영하였으며 작업시간은 Main Cell은 평균 16.5일, Arc Cell은 평균 10.0일 소요되었다.

3.3 Template / Working Platform 설치

원형 Cell식 가물막이의 단계별 시공순서는 다음과 같다. 먼저 SEP Barge를 정위치 시킨 후 Guide Frame을 설치한다. 연속해서 하단 Template를 가거치 후 4개의 Pin Pile을 수직도를 맞추어 항타 후 하단 Template를 소요위치에 고정시킨다. 마지막으로 상단 Template를 소요 높이에 정위치 후 4개의 Pin Pile을 항타하여 Template설치를 완료한다. 이어서 Flat Sheet Pile의 상단에서 1-1.5m 아래의 Pin Pile에 후속 작업을 위한 Working Platform을 고정 설치한다.

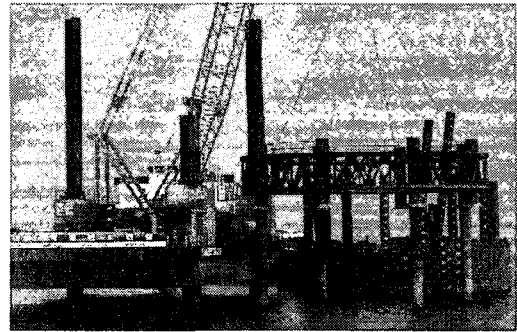


그림6. Template 설치

3.4 Flat Sheet Pile 조립

Junction Pile 다음 지점에 4개소와 해측과 굴착측 중앙에 각각 1개 모두 6개의 Master Pile을 설치한다. 128장의 Sheet Pile을 수직도를 체크하며 Master Pile에 의하여 분할된 구간을 양끝에서 가운데 방향으로 조립하여 폐합시킨다.

3.5 Flat Sheet Pile 항타

자중에 의하여 일정심도까지 근입된 Sheet Pile을 Vibro Hammer 50M(3개척) 및 PTC(5개척)를 사용하여 편심이 발생하지 않도록 시계방향과 반시계방향으로 균동하게 초기 항타하고 마지막 항타는 Vibro Hammer 120kW를 사용하여 10분간 항타시 타입깊이가 5cm 이하일 경우 도면상의 근입심도와 대비하여 작업 완료 여부를 결정한다.

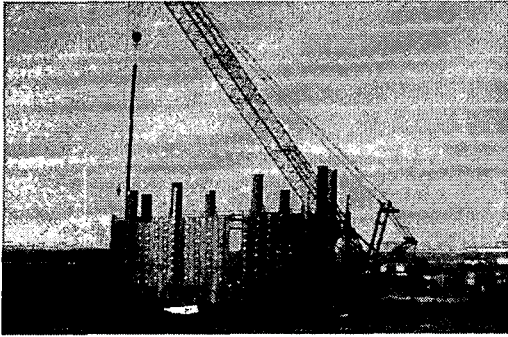


그림7. Flat Sheet Pile 조립

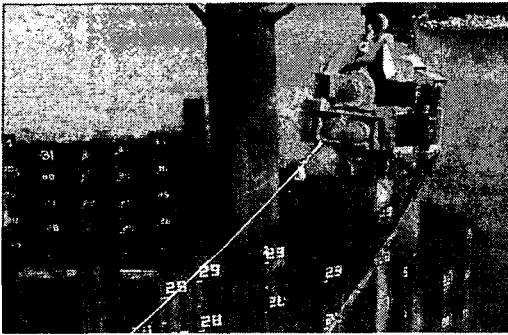


그림8. Flat Sheet Pile 항타

3.6 모래 속채움 및 Template 제거

모래 속채움용 컨베이어 끝부분을 Cell중앙 부위에 위치하여 편심이 발생하지 않고 벽면에 균등한 토압이 생기게 하고 이와 병행하여 상단과 하단 Template를 단계별로 제거한다.

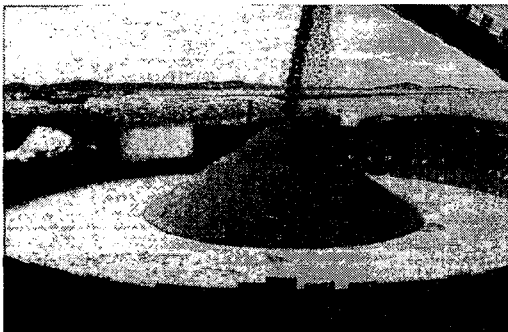


그림9. 모래 속채움

3.7 Arc Cell 설치

50개의 Sheet Pile을 Junction Pile에서 중앙부분으로 조립하여 원형 Cell식 가물막이와 동일하게 항타 완료한다.

3.8 계측관리

표3과 같이 계측기를 설치하여 설계시 예측된

지반 및 원형 Cell 구조물거동과 시공과정 중에서 발생하는 현장의 실제 지반 거동 및 원형 Cell 거동을 현장계측을 통해 파악하여 비교 검토하고, 필요시 시공 속도를 조정, 공사강도 조정 등으로 안전하고 경제적인 공사시행을 도모한다.

표3. 계측기 현황

계 측 기	측정 방법	단면수	단면당 계획수량	전체 센서수량
경사계	자 동	6	7	42 Ea
수압계	자 동	6	2	12 Ea
토압계	자 동	6	3	18 Ea
변형률계	자 동	6	4	24 Ea
조위계	자 동	3	1	3 Ea
간극수압계	자 동	6	1	6 Ea
변위핀	수 동	23	1	23 Ea
양수 시험	수 동	6	1	6 Ea

4. 결 론

본 시화호 조력발전소 건설을 위해 수반되는 원형 Cell식 가물막이 공법은 국내에서는 약간 생소한 공법이나 선진 외국의 경우 주요 해상 공사에서는 다수 적용한 공법이다. 공학적 측면에서는 안정성, 차수성, 친환경성이 뛰어난 공법으로 경제성 측면에서만 보완 된다면 장래 가물막이 공사에 많이 적용되리라 기대해 본다.

그림12는 시화호 조력발전소의 시공 과정 중 가물막이 공사가 완료된 후 양수시 사업부지의 전경이다.

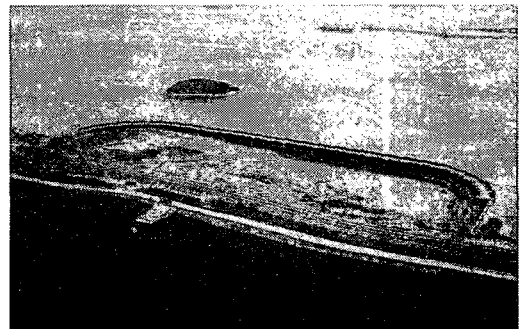


그림10. 가물막이공사 완공후 전경

참고문헌

한국수자원공사 (2004). 시화호 조력발전소 건설공사 실시설계보고서(Fast Tracking)