

군산조선소 설계 및 시공사례 II - 의장안벽

Design and Construction Work Case of the Gunsan Ship Yard II - Outfitting Quay

김범형¹, 김종석², 이정욱², 정재상³

Bum Hyung Kim¹, Jong-Seok Kim², Jeong-Wook Lee², Jae-Sang Jung³

1. 서 론

군산조선소는 군장국가산업단지 1~4번 블록 180만㎡ 부지에 선박블록공장과 도크 1기, 의장안벽 1,380m 등의 선박건조시설로 구성되며, 완공되는 2009년 이후 연간 18만톤급 20척 생산, 강재처리량 40만톤 등 군산은 조선부문 세계 7위 규모의 조선업 단지를 구축하게 된다(김범형 등, 2009a; 현대중공업, 2009). 군산조선소에 계획된 의장안벽은 총 4선석, 연장 1,380m이며, 전면수심은 DL(-) 9.5m로 계획되었다. 의장안벽(Outfitting Quay)이란 도크에서 건조된 선박에 대해 배의 각종 기계장치와 배관, 전기설비 등 모든 의장품을 설치하는 의장작업을 하기 위한 안벽을 뜻한다.

본 논문에서는 군산조선소 의장안벽의 주요 설계내용에 대해 기술하며, 또한 의장안벽 축조시 현장에서 발생하는 다양한 문제점들과 이를 해결하기 위해 제시된 대안에 대해 소개하고자 한다.

2. 의장안벽 개요

2.1 사업개요

군산조선소 의장안벽은 군장국가산업단지 내에 위치하며 이는 Fig. 1과 같으며, 의장안벽의 시설개요는 Fig. 2를 참고할 수 있으며, 다음과 같다.

가. 시설개요

- 총연장 : 1,380m(4선석)
- 전면수심 : DL(-) 9.5m
- 지반개량 : GCP공법 (192,875m)

○ 대상선박 : 30만톤급 VLCC선
 (L333m×W60m×H30m) 및 FPSO



Fig. 1. 사업대상 위치도

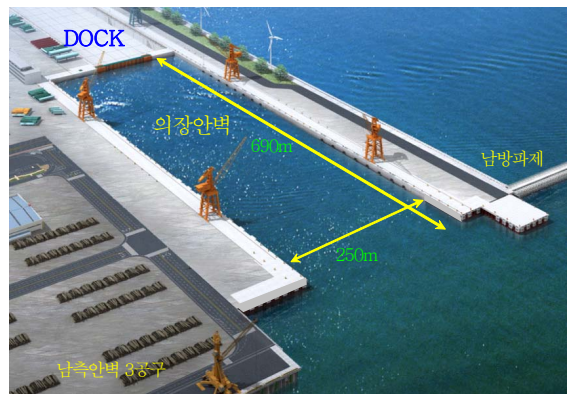


Fig. 2. 의장안벽 시설개요

1 발표자: 현대산업개발(주) 토목사업본부 토목설계팀장
 2 현대산업개발(주) 토목사업본부 토목설계팀 과장
 3 현대산업개발(주) 토목사업본부 토목설계팀 대리

2.2 주요설계내용

일반적으로 안벽의 시공은 해상에서 주로 이루어지며 해상 작업을 통해 케이슨이나 블록을 거치한 후 뒷채움 및 배후 매립하는 형태로 공사가 진행된다(김범형 등, 2009b). 군산조선소의 의장안벽의 경우도 전술한 바와 같이 유수지 내부에 의장안벽이 계획되어 해상작업이 불가피하였다. 따라서, 남측도류제를 이용한 가물막이를 설치하고 계획 수심까지 굴착 후 정위치에서 Dry 상태로 케이슨을 육상 제작하는 것으로 계획하여 시공성을 제고하였다. 남측 도류제 위치에 의장안벽이 계획되어 정위치에서의 제작이 불가능한 구간이 일부 존재하는데, 이는 가물막이 내에서 케이슨을 제작하고 Dry Dock을 이용한 케이슨 진수, 거치 공법을 응용하여 의장안벽을 시공하는 것으로 계획하였다. 군산조선소의 의장안벽의 표준단면도는 Fig. 3과 같으며 군산조선소의 가물막이 계획은 Fig. 4와 같다.



Fig. 3. 의장안벽 표준단면도



Fig. 4. 의장안벽 가물막이 설치도

본 공사에서도와 같이 안벽 케이슨을 육상 정위치에서 바로 제작할 경우 해상에서 인양 거치하는 공법에 비해 시공성이 매우 뛰어나고 정밀시공이 가능하다.

의장안벽의 경우 육상시공의 이점을 살려 4,300톤 규모의 크레인 레일기초 일체형 초대형 광폭케이슨을 적용하였다. 크레인 운영시 케이슨 하부 지반반력 불균등의 해소를 위해 광폭케이슨을 적용하여 해측 및 육측 크레인 레일기초를 모두 케이슨 상부의 상치 콘크리트에 설치하였다. 의장안벽 하부 기초는 쇄석다짐말뚝(Gravel Compaction Pile) 공법을 적용하여 보강하였다.

3. 현장 여건반영에 따른 안정검토

의장안벽은 중력식 케이슨 구조로 차수벽을 설치한 후 Dry 조건에서 정위치에 현장 제작하고, 현장 굴착도를 활용 속채움 및 뒷채움 하도록 계획되었다. 뒷채움 토사는 현장 굴착도 중 양질의 사질토를 선별하여 사용하며, 토사의 물성치는 단위중량 $1.8t/m^3$, 내부마찰각 30° 를 적용하여 안정이 확보되는 단면으로 설계하였다. 그러나, 현장 여건상 양질의 사질토 선별시공이 어렵고, 양질토사에 세립분 혼입이 발생하였다. 따라서, 이를 케이슨 뒷채움재로 활용할 경우 내부마찰각 감소에 따른 토압증대, 세립분 증가로 인한 투수성 불량으로 잔류수위 상승과 부력증가에 따른 자중 감소 등 안벽 구조물의 안정성 저하가 우려된다.

기본설계시 케이슨 배면의 잔류수위차는 최대조위차의 1/2인 3.73m를 적용하였으며, 구조물 저면의 마찰계수는 해양수산부(2005)에 의해 제시된 사석과 콘크리트 사이의 마찰력을 적용하여 0.6을 사용하였다. 이상의 조건을 적용한 안정검토 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. 기본설계시 안정검토 결과

구분	활동	전도	지반반력(t/m^2)	
			전면	후면
안전율	1.52>1.2 (O.K)	3.80>1.2 (O.K)	38.32	19.25

기본설계시 적용하였던 토사의 특성이 실제와 부합하는지 확인하기 위하여 다양한 현장시험을 수행하였다. 특히 RI meter, 콘관입시험, 직접전단시험, 현장투수시험 등을 수행하여 현장 토성치를 재산정하였다. 재산정된 토성치는 Table 2와 같다.

구조물 배면의 잔류수위는 뒷채움 토사에 세립분 함유량이 증가함에 따라 최대조위차의 1/2 이상이 될 것으로 예상된다. 안익성과 이태환(2000)은 군장 신항만 남측안벽 1공구를 대상으로 잔류수위를 실측하

였으며, 그 결과 군산지역은 최대조위차의 1/4을 적용할 수 있음을 제시하였다. 하지만 군장 신항만 남측 안벽 1공구의 경우 안벽 뒷채움이 투수성이 우수한 사석으로 계획되어, 그 결과를 본 사업에 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 김동휘(1972)는 인천항 제2선거 안벽 배후의 잔류수위를 측정하였으며, 최대 조위차의 2/3 정도임을 밝혔다. 인천항 제2선거 안벽은 중력식 옹벽 형태의 안벽이며, 뒷채움은 토사로써 군산조선소 의장안벽과 유사하다. 또한, 평택,당진항 내항 동부두의 경우도 케이슨 안벽 뒷채움이 모래로 시공되었는데, 잔류수위 측정결과 최대조위차의 약 2/3로 측정되었다(평택·당진항 내항 동부두 민간투자사업단, 2009). 따라서, 군산조선소 의장안벽의 경우 안벽 배면의 잔류수위는 최대조위차의 2/3를 적용하여야 할 것으로 판단된다. 이상의 현장 시공여건을 반영한 안정검토 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. 현장지반조사 결과

구 분		단위중량(t/m ³)		내부마찰각(°)	
		설계	조사	설계	조사
속채움재	동측	1.80	1.64	-	-
	서측	1.80	1.65	30	24.0
뒷채움재	동측	1.80	1.65	30	25.5
	서측	1.80	1.65	30	25.5

Table 3. 현장여건 반영시 안정검토 결과

구분	활 동	전 도	지반반력(t/m ²)	
			전면	후면
안전율	0.95>1.2 (N.G)	2.41>1.2 (O.K)	40.42	8.52

4. 대안검토 및 제시

의장안벽 케이슨의 안정성 확보를 위해 뒷채움 재료를 양질의 재료로 변경하여 토압경감 및 잔류수위를 경감시키고, 별도의 배수시설을 추가하여 잔류수위를 저감시키는 것으로 대안을 검토하였다. 뒷채움 재료는 전구간 DL(±)0.0m까지 사석으로 치환하여 토압을 경감시키고, 투수성을 증대시켰다. 또한 케이슨 벽체에 배수관(φ300)을 매설하여 잔류수위의 저하가 용이하도록 하였다. 그리고, 케이슨 하부에 전단키를 설치하여 마찰력이 증대되도록 계획하였다. 이상의 대안을 반영한 의장안벽 보강 표준단면도는 Fig. 5와 같다.

의장안벽 배면의 잔류수위는 뒷채움재를 사석으로 변경하였기 때문에 안익성과 이태환(2000)의 연구와 같이 최대조위차의 1/4을 적용할 수 있지만, 보다 보수적으로 최대조위차의 1/2인 3.73m를 적용하였다. 케이슨 바닥과 기초사석 사이의 마찰계수는 0.6(콘크리트와 사석의 마찰계수)을 적용하였으며, 케이슨 바닥판 하부에 전단키를 두어 추가적인 안정을 확보하였다. 이상의 조건을 반영한 안정검토 결과는 표 4와 같다.

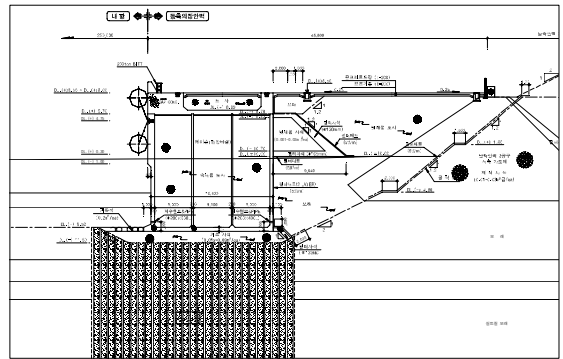


Fig. 5. 의장안벽 보강 표준단면도

Table 4. 보강안 반영시 안정검토 결과

구분	활 동	전 도	지반반력(t/m ²)	
			전면	후면
안전율	1.39>1.2 (O.K)	3.15>1.2 (O.K)	36.79	14.31

5. 결 론

본 논문에서는 군산조선소 의장안벽의 설계에 대한 개요와 시공시 문제점 및 그 해결책 제시에 대한 사례에 대해 소개하였다. 본 논문에서 소개된 바와 같이 설계 시와는 상이한 현장여건의 변동으로 인해 시공시 다양한 문제점들이 필연적으로 발생하게 된다.

군산조선소 의장안벽의 경우 현장 여건 변동에 의해 설계시와는 다른 굴착도 물성치의 변화와 이에 따른 잔류수위의 변화가 예상되었다. 따라서, 일부 뒷채움재 변경과 케이슨 하부 전단키 등의 설치를 통해 안벽 구조물의 안정성을 확보하였다.

최근 평택,당진항 내항 동부두, 인천신항 컨테이너 부두 하부공 축조공사 1공구 및 2공구 등의 현장에서 사석이 아닌 모래가 케이슨 뒷채움재로 계획되는 사례가 늘고 있다(해양수산부, 2008a; 해양수산부,

2008b). 서해안의 경우 조차가 크기 때문에 잔류수위가 안벽의 안정에 미치는 영향이 크다. 따라서, 뒷채움재로 모래를 계획할 경우, 세립분이 많이 섞여 들어가지 않도록 시공시 주의하여 잔류수위가 상승하지 않도록 해야 할 것이다. 또한, 최근 안벽 배면의 매립토가 유출되지 않도록 하기 위하여 필터 매트를 2중으로 설치하거나, 케이슨 측면에 요철을 두고 사이에 콘크리트 채움으로 유출 방지공을 설치하는 경우가 많다. 하지만, 이는 해수의 소통 역시 차단하여 안벽 배면의 잔류수위를 상승시키는 원인이 되며, 따라서 안벽 구조물의 외적 안정성을 저하시킬 수 있는 요인이 된다. 그러므로 안벽 배면의 토사 유출방지공은 잔류수위의 영향을 충분히 고려하여 계획할 필요가 있을 것이다.

본 논문에서 소개한 군산조선소 의장안벽 축조공사의 시공중 발생한 다양한 문제점들은 항만 건설 현장에서는 충분히 발생할 가능성이 있으며, 4장에서 제시한 해결책들은 타 현장에서도 충분히 참고할 수 있는 자료가 될 것이다.

참고문헌

김동휘 (1972). 인천항 제2선거의 계획 및 안벽 잔류수위에 관한 조사연구. 대한토목학회지 20, 33-44.

김범형, 김종석, 이정욱, 정재상 (2009a). 군산조선소 설계 및 시공사례 I - 선박건조용 도크. 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 발표논문집. 2394-2397.

김범형, 김종석, 이정욱, 정재상 (2009b). 군산조선소 도크 및 안벽 축조공사 설계 및 시공사례. 해안과 해양, 9월호, 20-29.

안익성, 이태환 (2000). 케이슨식 안벽의 잔류수위 관측실험. 대한토목학회 학술발표회 논문집. 3, 617-620.

평택.당진항 내항 동부두 민간투자사업단 (2009). 항만부지 잔류수위 측정 보고서

현대중공업 (2009). 군산조선소 도크 및 안벽 축조공사 실시설계보고서

해양수산부 (2005). 항만 및 어항 설계기준(상권)

해양수산부 (2008a). 인천신항 I -1단계 컨테이너부두 하부공 축조공사(1공구) 기본설계 보고서

해양수산부 (2008b). 인천신항 I -1단계 컨테이너부두 하부공 축조공사(2공구) 기본설계 보고서