

잔교식 구조물의 시공단계별 말뚝두부 변위 고찰 및 제어대책 -홍콩사례

남하용¹⁾, 홍 의²⁾, 심동현³⁾

¹⁾ 현대건설 기술개발원 과장

²⁾ 현대건설 기술개발원 차장

³⁾ 현대건설 기술개발원 부장

1. 서론

홍콩 컨테이너터미널 공사(이하 HCT-9)는 홍콩의 3개 터미널 운영사인 ACT, MTL, HIT가 공동으로 발주한 공사로 현대건설이 미화 5억1천만 달러에 수주하여 지난 2000년 5월부터 2004년11월까지 약 54개월에 걸쳐 완공하였으며, 항로준설 및 총 2012m 규모의 컨테이너 터미널 부두를 비롯해, 도로, 컨테이너 야적장, 전기/통신/소방/오/배수 시설 등 150ha 규모의 항만단지를 건설한 공사이다.

HCT-9의 안벽구조물은 잔교식으로 두께 약 14m가량의 연약점토를 준설한 후 직경 1,000mm 강관말뚝 4열을 8m 간격으로 향타한 다음, 사석 경사제를 포설하여 Seawall을 조성하고 배면을 매립하는 것으로 계획되어 있다.

이와 같이, 말뚝을 먼저 설치한 후 매립을 진행하는 시공순서에 의해 시공과정에서 Deck 기초파일의 두부변위가 과다하게 발생하여 Deck구조 및 Pile 철근의 설계변경이 불가피하였고, 이로 인한 공기 지연 및 비용이 과다하게 발생하였다. 본 논문에서는 시공단계별 말뚝 두부의 변위계측결과를 분석하여 그 발생 양상과 원인을 추정하였고, 수치해석을 통해 시공단계별 변위 발생 양상을 모사하였다. 본 논문의 내용이 향후 유사 공사 수행시 참고 자료로 활용되기를 바란다.

2. 공사 현황

홍콩의 컨테이너 터미널은 구룡반도 북서쪽의 Kwai Chung지역에 [그림1]에 보이는 바와 같이 현재 CT-1에서 CT-8까지 총 18개 선석을 운영 중이며, 본 CT-9은 Kwai Chung 맞은편의 Tsing Yi 섬 남동쪽 해안을 준설



그림 1. Kwai Chung Container Terminal

매립하여 총연장 2km의 신규 컨테이너 터미널6선석과 배후 단지를 조성하는 공사이다.

3. 토질 조건

현장내의 지층 구조는 [그림2]에서 보는 바와 같이 기본적으로 해성점토(MD), 충적층(ALL), 풍화토(CDG), 풍화암(HDG), 연암, 경암(화강암)으로 구성되어 있다. 해저면은 북서쪽에서 (-)3.0~(-)5.0 mPD로 시작하여 남동쪽으로 완만한 경사를 이루며 깊어져 (-)16.0mPD까지 분포한다.

해성점토 역시 해안선 및 북쪽에서는 약 5m의 두께로 분포하다가 현장의 중간 및 남쪽 지역에서는 10m~20m 정도의 두께로 증가하며, 그 평균은 약 16m 정도이다. 이는 토질분류상 highly plastic soft silty CLAY/clayey SILT로 분류되며, 곳에 따라서는 중간에 2~5m의 sand seam이 발견되기도 한다.

해성점토층 아래에는 Sand, Silt, Clay가 혼재된 충적층(Alluvial Layer)이 존재하며 그 두께는 0~33m로 폭넓게 분포한다. 해성 연약점토의 바로 아래에 충적점토

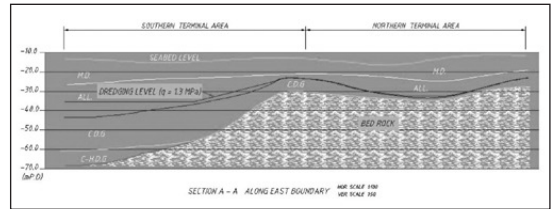


그림 2. 안벽 지층 단면도

(Alluvial Clay/Silt)는 very soft to soft 상태로 존재하며 평균 두께는 0~8.5m이다. 충적모래 사이에 firm to stiff의 강도로 존재하기도 하는데 평균두께는 1.5~11m이고, 충적 모래는 2~14m의 두께를 가진다.모두 북쪽에서는 층이 얇으며 남쪽으로 갈수록 두꺼운 층을 구성 한다.

붕적층(Colluvium)은 거의 존재하지 않으며, 충적퇴적물 하부는 풍화토(completely decomposed Granite)이며, fine to coarse silty sand or sandy silt of medium plasticity로 분류될 수 있다. 이층 아래에 화강 풍화암이 풍화도에 따라 존재한다. 이와 같은 층별 구분 및 공학적 특성은 [표1]과 같다.

표 1. 토질 정수

Unit	Soil Description	Bulk Density (Mg/m ³)	Moisture Content (%)	Liquid Limit (%)	Plasticity Index (%)	C (kPa)	φ (Degree)	Cu (kN/m ²)	σ _v (%)	Compression Index				Cof. Of Consolidation		OCR		
										Cc	Cr(1=σ _v)	σ _v	Cr(1=σ _v)	C _α (σ _v)	C _α (σ _v)			
MD	Medium CLAYEY SILT	1.50	87.0	38	20	5	24	0.8x2	1.200	0.809	0.265	0.206	0.031	1.5	1.5	0.03	1.0	
MD	Medium CLAYEY CLAY	1.75	47.0	43	23	0	28	-	1.120	0.320	0.155	0.049	0.023	7	-	-	-	
AI	Soft to Firm CLAY	1.92	39.0	40	20	0	26	1.3x2	1.102	0.442	0.106	0.061	0.026	1.5	1.5	-	1.0	
AI	Hard to Very Hard CLAY	1.90	31.0	39	21	10	0	31	0.500 to 0.700	0.320	0.077	0.019	0.012	15	-	0.003	1.5	
AI	Very clayey SAND	2.09	10.0	33	20	16	0	33	-	0.506	0.066	0.063	0.011	0.007	34	-	0.001	-
COLL	Colluvium	1.94	20.0	34	19	15	0	33	-	0.890	0.375	0.092	0.012	0.006	150	-	-	-
BD	Completely Decomposed GRANITE	2.00	31.0	42	23	10	0	30	-	0.794	0.207	0.119	0.020	0.016	34	-	-	-

4. Quay Deck 시공

HCT-9의 안벽은 잔교식 구조물로 평균 길이 60.8m의

기술기사

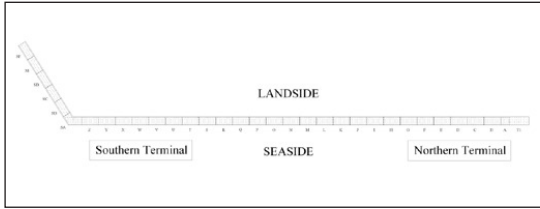


그림 3. 전체 Bay 평면도

철근 콘크리트 Bay 33개로 구성되며, 각 Bay는 4열로 된 직경 1,000mm의 강관 말뚝이 8m간격으로 설치되어 총 58개의 말뚝으로 이루어져 있으며, 전체 안벽의 강관 말뚝 수량은 1,906본이 된다.

Quay Deck 주요 공정을 시공순서로 나열하면 다음과 같다.

- ① 연약 점토층 준설
- ② 모래 포설 및 말뚝 향타
- ③ 말뚝 Bracing 및 Rock 포설
- ④ PC블록 및 Armour Rock 설치
- ⑤ Back Fill 및 Surcharge
- ⑥ Surcharge제거 및 Deck 시공

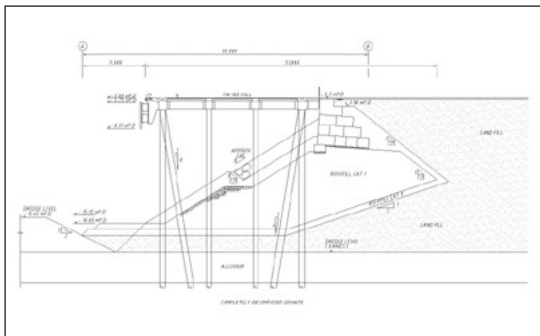


그림 4. 안벽 대표 단면도

4.1 연약 점토층 준설

준설 심도의 결정은 콘관입시험(CPT)의 qt (net cone

resistance) 값을 기준으로 하도록 되어있으며, Container Stacking Yard의 경우 $qt=1.3\text{MPa}$ 이 적용되었고 Quay Deck지역은 더욱 엄격한 기준으로 $qt=2.0\text{MPa}$ 이하가 되는 점토층을 모두 준설하도록 하였다. 이러한 준설 심도에 대한 기준은 홍콩 신공항(Chek Lap Kok)공사에서 적용하였던 호안지역 $qt=0.68\text{MPa}$ 과 활주로 지역을 포함한 일반매립지역의 $qt=0.5\text{MPa}$ 규정과 비교하면 약 2~3배의 보수적인 설계임을 볼 수 있다.

준설 공법으로는 Grab Dredger를 이용하였으나 준설경계심도에서 마지막 정리 작업시 해저면이 고르지 못하고 불규칙적인 요철이 형성되어 이곳에 부유점토(semi-fluid Mud)가 모이게 되었다. 일반적으로 수심 30m 정도의 깊은 준설 심도하에서 Grab Dredging을 수행할 경우 부유점토가 1~2m정도 잔류하게 되나, 본 현장의 초기 시공된 Bay의 경우 3~4m가 잔류되고 있음이 나타나 이에 대한 처리가 매립작업 진행에 중요한 걸림돌이 되었다. 결국 잔류점토가 발견된 Bay에 대한 대대적인 Remedial Work이 진행되었고, 추후에는 Grab를 이용한 일반 준설 이후 Air-lifting Dredger, Twin Pump Dredger등을 현장 자체에서 제작하여 해저면 정리를 특수 장비로 투입하였다.

4.2 파일 향타

말뚝 시공전 충분한 시추조사를 통해 기반암의 분포심도를 확인한 결과, 북쪽터미널(Northern Terminal)의 경우 Alluvium층 및 풍화대층이 비교적 얇아서 기반암 출현 심도가 (-)30mPD 정도였으나, 남쪽으로 갈수록 Alluvium층 및 풍화대층이 두터워져 기반암 심도가 (-)50~(-)70mPD에 이르게 되었다. 따라서, 말뚝 길어도 남쪽으로 갈수록 길어졌으며, Bay별 평균길이는 [그림5]와 같다.

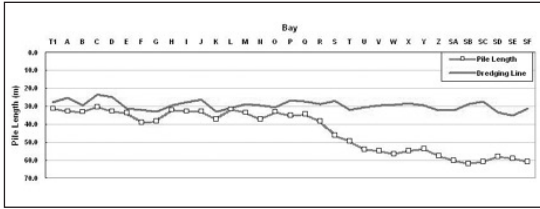


그림 5. Bay별 말뚝길이

파일은 직경1000mm 강관이 사용되었으며, 사용하중은 약 400~500톤 범위에 있다.

4.3 모래 및 사석 매립

모래는 인근의 Marine Borrow Pit에서 상부의 Mud층을 제거하고 모래를 채취하도록 되어 있으며, 이 상부 Mud층의 제거가 시간 및 비용측면의 경제성과 하부 모래의 품질 문제가 제기되어 이 모래와 함께 중국 본토에서 상당부분을 추가로 공급하기도 하였다. 모래에 대한 품질관리 조건은 세립분 20%이하로 규정되어 있으나, Compaction 층에 대해서는 Compactable하여야 한다는 조건을 추가하고 있다. 일반적인 Deep Compaction의 Compaction 적용 가능 기준인 세립분 10%를 고려할 때 문제가 예상 되어, (-)10mPD를 기준으로 하부에는 Marine Borrow Pit의 모래를 상부는 중국 강모래로 매립하였다.

매립재의 품질관리에 대한 규정은 모래 Source 에서의 Sampling 및 입도분포 시험결과를 미리 제출하여 승인을 득한 뒤, 매 50,000m³마다 Sampling 및 Test (세립분 Check)를 하였다. Fine분 조사 방법은 Vibrocoreing으로 하였고 검사 두께는 6m를 넘지 않도록 되어 있다.

모래 매립 방법은 주로 Trailer Suction Hopper Dredger(TSHD)를 이용한Bottom Dumping 과 Pelican Barge를 이용한 방법이 적용되었다. Pelican Barge는 한국에는 없는 중국의 독특한 장비로서 800~1200m³의 모

래를 적재할 수 있는 중소형 자항식 화물선박이다. 선박의 선두에 약 20m 길이의 Conveyer Belt를 장착하여 대형 TSHD의 접근이 어려운 지역에 용이 하게 접근할 수 있고 고수위시 지반고 (+)10mPD까지 모래를 배출할 수 있는 많은 장점을 가진 장비다.

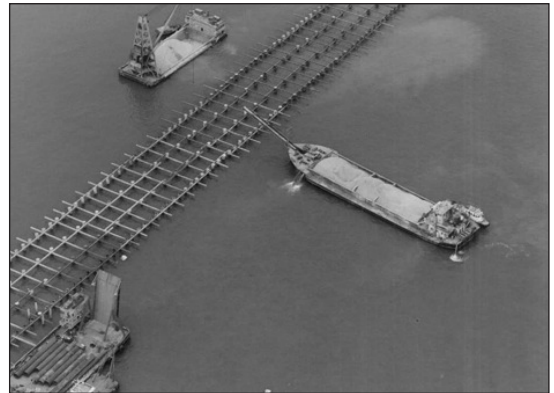


그림 6. Pelican Barge 를 이용한 골재 포설

Seawall의 체제로 사용된 Cat.1 Rock은 평균입경이 300mm 정도의 골재로 주로 Derrick Lighter의 Grab를 이용하여 포설하였다.

4.4 Quay Wall 배면 지반개량

Quay Wall 배면의 지반개량은 컨테이너 Stacking Yard와 동일하게 콘관입시험 결과로부터 Surcharge 높이를 결정하도록 되어 있다. 다만, Seawall의 안정성 및 파일 변위

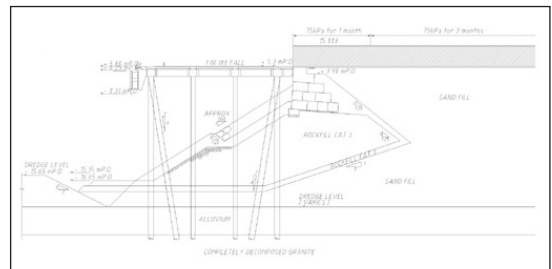


그림 7. Northern Terminal Typical Surcharge

기술기사

를 고려하여 Seawall Cope Line으로부터 15m 구간은 일정하게 Surcharge 75kPa으로 1개월 방치 기간이 적용되었으며, 그 이후 구간은 콘관입시험 결과를 바탕으로 Surcharge 높이와 방치기간이 결정되도록 되어있었다.

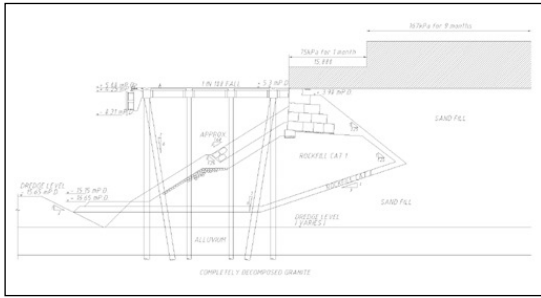


그림 8. Southern Terminal Typical Surcharge

따라서, [그림8]과 같이 남쪽 터미널 지역은 콘관입시험에 따른 설계도표를 적용할 경우 Quay Wall로부터 15m 이후구간은 167kPa로 9개월 동안 방치하는 것으로 판정되어 지반개량 및 Deck 시공 공기는 물론 말뚝에 과도한 변위발생이 우려되었다.

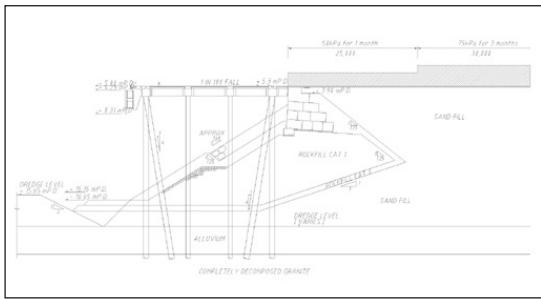


그림 9. Southern Terminal Typical Surcharge(설계변경)

그러나, 1st Handover 지역인 Northern Terminal쪽에 말뚝 변위가 과도하게 발생하여 이로 인한 공기지연이 발생하자, Surcharge 하중으로 인한 영향이 있음을 현장 설계팀의 기술검토를 통해 발주처를 설득하여 남쪽지역의 Surcharge 설계를 Seawall Cope Line으로부터 25m 구간은 Surcharge 50kPa, 55m구간은 75kPa로 3개월동안

방치하는 것으로 완화시켰다[그림9].

5. 횡변위 발생 현황 및 원인분석

Seawall 조성과정 및 Surcharge 과정에서 말뚝두부의 위치를 측량하였으며, 이 측량자료를 바탕으로 말뚝두부의 횡방향 변위 발생 양상을 분석하였다. 시공단계별, Bay별, 말뚝 위치별 변위 양상을 분석하고 말뚝길이, 모래치환두께 및 Seawall Block침하량과의 상관성을 파악하였으며, 원설계의 문제점을 확인하기 위해 Seawall의 안정성 검토를 수행하였다.



그림 10. Deck Pile 배치도

5.1 시공단계별 말뚝두부 횡변위

전체 변위 358mm중 40% 가량이 Seawall Rock Bund

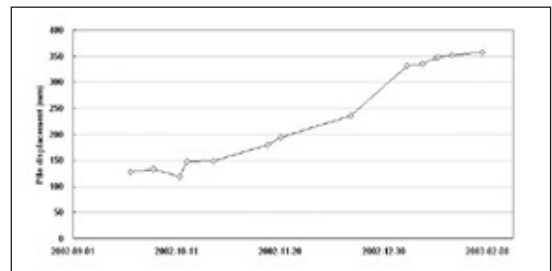


그림 11. 시공단계별 말뚝두부 횡변위(Bay O)

표 2. 시공단계별 말뚝두부 횡변위(Bay O)

시공단계	Cat. 1 Rock Bund 조성	Cat. 3 Rock 거치	Sand Back Fill	Surcharge 성토	Surcharge 방치
단계별 변위 (mm)	128	6	102	95	27
누적 변위 (mm)	128	134	236	331	358

조성과정에서 발생하였으며, 28%가 Seawall 조성후 Sand 뒤채움시에 발생하였고, 나머지 32%가 Surcharge 성토 및 방치 과정에서 발생하였다.

5.2 Bay별 말뚝두부 횡변위

초기에 시공되었던 북쪽터미널에서 변위가 크게 발생하였고, 남쪽터미널로 갈수록 변위가 줄어드는 양상을 보인다. 이는 초기에 매립재의 품질관리 및 Seawall 시공방법상의 시행착오가 개선되었으며, 남쪽터미널 지역에 대한 Surcharge가 완화되는 등의 결과로 판단된다.

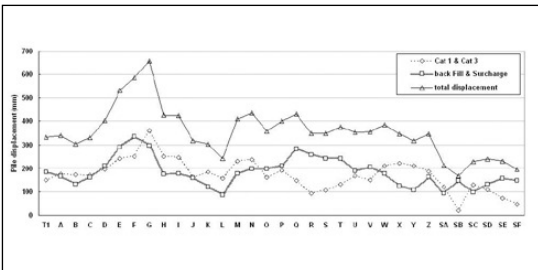


그림 12. Bay별 말뚝두부 횡변위

특히, Bay E, F, G 에서는 500mm가 넘는 과도한 말뚝 변위가 발생하였는데, 이 지역은 초기에 준설 및 모래 매립이 이뤄졌던 지역으로 Marine Borrow Pit로부터 반입된 모래의 품질이 좋지 않았으며, 준설 작업후 부유점토가 수 미터에 걸쳐 발견된 지역으로 Seawall이 전체적으로 침하하면서 말뚝에도 과도한 변위를 유발시킨 것으로 보인다.

5.3 말뚝 위치별(해측/육측) 거동 분석

[그림13]에서 보듯이, 전체적인 경향은 Landside Pile의 변위가 가장 크며, Seaside 쪽으로 갈수록 작아진다. 육상측 말뚝이 Seawall Rock Bund에 근입된 길이가 길고 Seawall 배면의 Sand BackFill 및 Surcharge하중의 영향을 더 많이 받는다는 점에서 합리적인 결과로 판단된다. 특이한 점으로는 Landside Rake Pile의 경우는 변위 발생방향에 저항하도록 경사져 있어 육상측에 위치함에도 불구하고 횡방향 변위 발생이 가장 작게 나타났다.

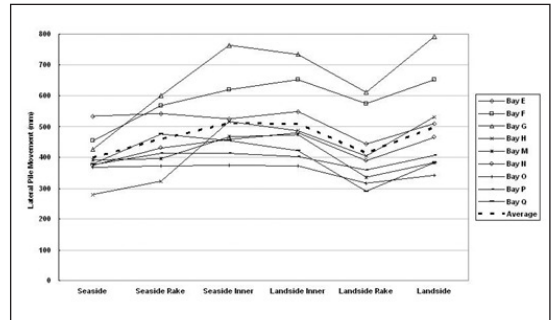


그림 13. Deck내 위치별 말뚝두부 횡변위(최종변위)

5.4 말뚝길이 및 모래치환 두께의 상관관계

북쪽 터미널의 경우 암반층이 높아서 말뚝길이가 30~40m 정도인 반면, 남쪽 터미널은 Alluvium층 및 풍화대의 두께가 두꺼워서 말뚝 길이가 60m에 육박한다. Seawall 조성 및 매립으로 인해 Alluvium층 및 풍화대층에서 침하가 발생한다면, 말뚝의 거동에도 영향을 줄 것으로 판단되어, 다음 [그림14]에서와 같이 상관성을 분석하였으나 오히려 길이에 따라 소폭으로 감소하는 결과를 보여주었다. 이로부터 Alluvium층 및 풍화대층에서의 지반변형은 거의 발생하지 않았다고 판단된다.

모래치환 두께와 말뚝두부 횡변위와는 뚜렷한 상관성

기술기사

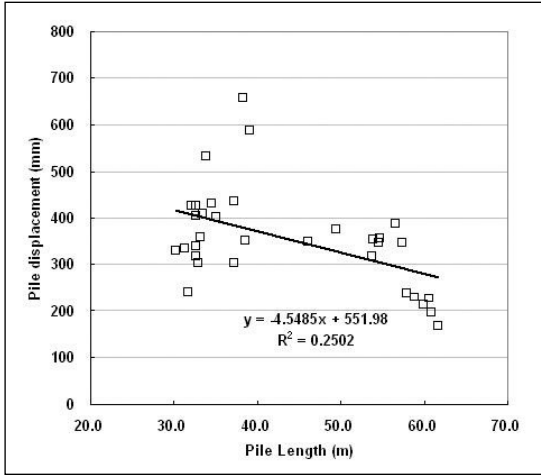


그림 14. 말뚝길이와 말뚝두부 횡변위

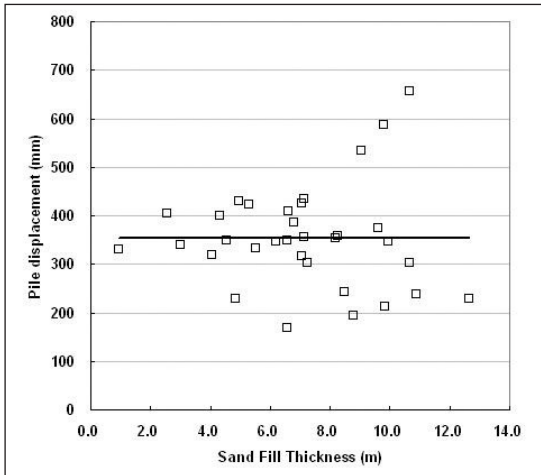


그림 15. 모래치환두께와 말뚝두부 횡변위

은 보이지 않지만, 매립모래의 품질이 나쁠 경우에는 변위 발생에 영향을 줄 것으로 생각된다. 500mm 이상의 변위가 발생한 Bay F, G, H 의 경우도 모래치환두께가 약 10m 가량으로 두꺼운 편이다.

5.5 Seawall Block 침하량과의 상관관계

Seawall 제체의 변형은 말뚝의 거동에 직접적인 영향

을 줄 것으로 판단되어, 이에 대한 상관성을 파악하기 위하여 Seawall Block에 침하핀을 설치하여 Surcharge이후의 변위를 계측하였다. Surcharge로 인한 Seawall의 침하량은 [그림16]에서 보듯이 200~700mm정도 발생하였고, 파일 변위는 90~350mm정도 발생하여 Seawall 침하량 대비 약 50%의 말뚝변위가 발생하였다.

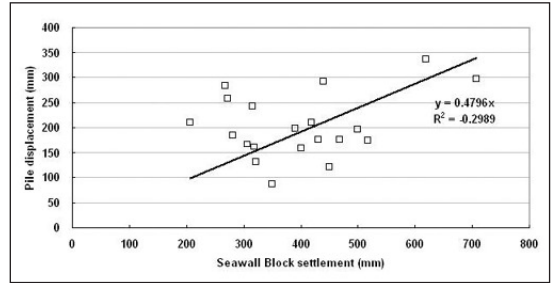


그림 16. Seawall Block 연직침하량과 말뚝두부 횡변위

5.6 Bracing의 말뚝두부 횡변위 억제력

말뚝 두부의 변위가 과다하게 발생하자 감독측에서 임시로 말뚝 머리를 연결하여 일체화 시켜주는 Bracing의 강성을 높이라는 요구가 있었다. 수치해석을 통해 분석한 결과 Bracing의 역할은 말뚝이 전체적으로 같이 거동하도록 묶어주는 역할을 할뿐 그 강성을 크게 한다 하여도 변위 발생을 억제하지는 못하는 것으로 나타났다. 따라서, 추후 유사공사에서도 임시 Bracing은 꼭 필요하나 강성이 큰 부재를 사용할 필요는 없다.

5.7 원안 설계의 적정성

매립재료의 품질불량으로 인한 변위 및 Seawall 시공 과정에서 발생한 변위 외에도 대부분을 차지하는 60%의 변위가 Sand Backfill 및 Surcharge 과정에서 발생하였다는 것은 원설계 단면 자체가 변위 발생에 대한 충분한

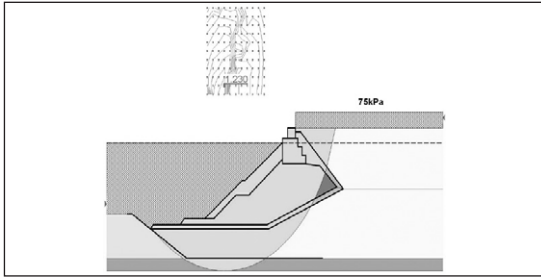


그림 17. 북쪽 터미널 Seawall의 원호활동해석(FS=1.23)

안정성을 확보하지 못한다는 것을 보여준다. 본 장에서는 원설계 단면에 대한 사면안정해석을 통해 이와 같은 추론을 검증하였다.

북쪽 터미널 Seawall에 대한 원호활동 안전율은 1.23으로 설계상의 여유치가 거의 없으므로 시공상의 품질관리가 철저하지 못할 경우 사면안정성에 문제가 생길 수 있을 것으로 보인다. 더욱이 남쪽 터미널의 경우 167kPa의 Surcharge 하중이 작용할 경우, 안전율이 1.15에 불과하여 사면안정 및 활동에 대한 우려가 제기되었다. 감독측에서도 이를 수용하여 남쪽 터미널의 Surcharge를 완화

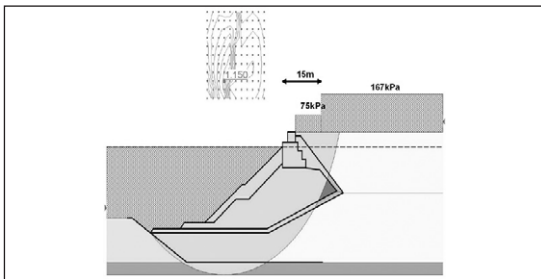


그림 18. 남쪽 터미널 Seawall의 원호활동해석(FS=1.15)

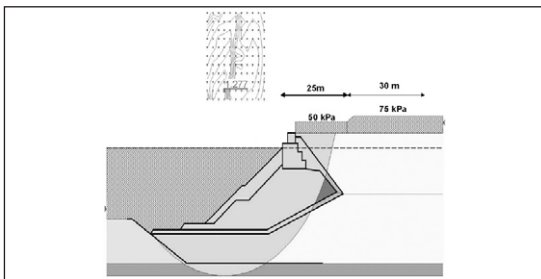


그림 19. 남쪽 터미널 설계변경시 Seawall의 원호활동해석(FS=1.28)

하였고, 이에 대한 안전율이 1.28로 북쪽 터미널 수준의 안전율을 확보하였다.

6. 수치해석

유한요소 해석 프로그램 Plaxis v8.2를 이용하여 시공 단계별 변위해석을 수행하였다. 해석시 사용한 지반물성치는 아래 표3과 같다.

표 3. 유한요소해석 입력물성치

지층구분	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C'(kPa)	ϕ (°)	Cu (kN/m ²)	E (kN/m ²)	ν
Soft Clay	15.0	16.0	-	-	15.0	14,000	0.3
Sand Fill	18.0	19.0	-	30	-	28,000	0.3
Rock Fill	19.0	20.0	-	40	-	56,000	0.3
Armour Rock	21.0	22.0	-	45	-	140,000	0.3
Alluvium	20.0	21.0	-	35	-	84,000	0.3
CDG	20.0	21.0	-	38	-	140,000	0.3

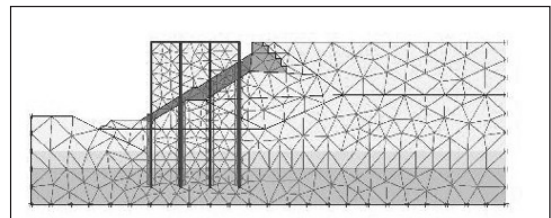


그림 20. 유한요소 해석 모델링

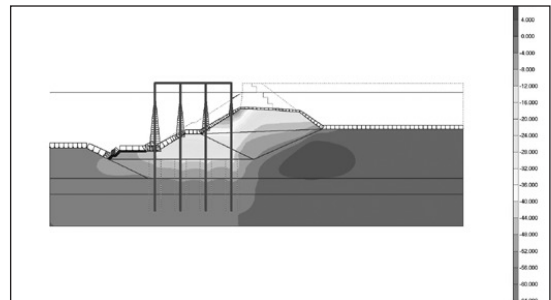


그림 21. 시공단계별 횡변위(Rock Fill)

기술기사

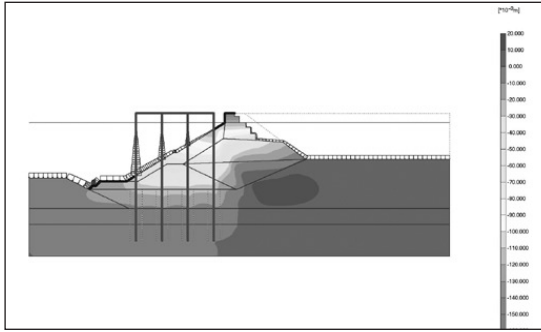


그림 22. 시공단계별 횡변위(Block & Armour)

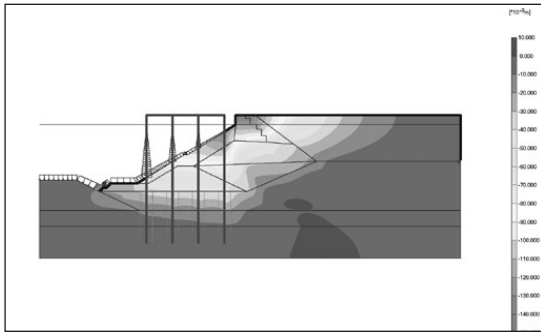


그림 23. 시공단계별 횡변위(Back Fill)

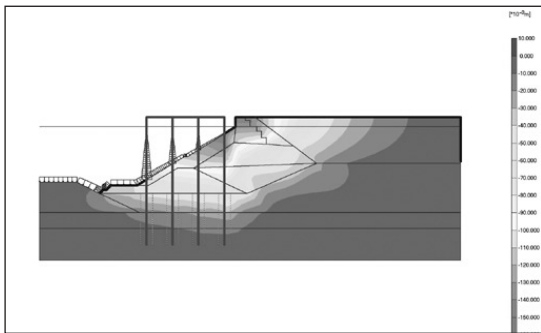


그림 24. 시공단계별 횡변위(Surcharge)

표 4. 시공단계별 말뚝머리 횡변위 비교

시공단계	Cat. 1 Rock Bund 조성	Cat. 3 Rock 거치	Sand Back Fill	Surcharge 성토
계측치(mm)	128	134	236	331
수치해석(mm)	70	137	152	170

표4와 같이 단계별 말뚝머리 횡변위를 계측결과와 비교하였으며, Sand Backfill 및 Surcharge과정에서의 변

위가 수치해석에 비해 계측치가 큰 값을 보이고 있다.

7. 요약 및 결론

잔교식 구조물의 시공단계별 말뚝변위 계측에 대한 분석결과는 다음과 같다.

(1) 말뚝두부 측량결과 Bay별로 200~800mm정도의 횡변위가 발생하였으며, 시공단계별로 발생한 변위량은 Seawall Rock Bund 조성과정에서 40%, 배면 모래채움 시 30%, Surcharge 하중에 의한 변위가 30% 정도로 요약할 수 있다.

(2) 말뚝 밀립 현상은 여러가지 원인들이 복잡하게 연결되어 발생된 결과로 주요 원인을 추정한다면 아래 네가지로 요약할 수 있으며, 준설면 하부 Alluvium층과 풍화대의 분포 및 두께는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

- 첫째, 준설면 하부에 잔류한 부유점토의 영향
- 둘째, 매립모래의 품질
- 셋째, Seawall Rock Bund 시공시의 작업순서 및 골재품질
- 넷째, 배면 모래 매립 및 Surcharge로 인한 횡토압

또한, 초기에 시공되었던 Northern Terminal쪽에서 변위가 많이 발생하였고, 추후 시공된Southern Terminal쪽에서는 변위가 상대적으로 덜 발생하였는바, 이는 초기 시공 및 품질관리의 시행착오가 개선이 되었고, 남쪽 지역 Surcharge가 완화되는 등의 결과로 판단된다.

(3) 위에 언급한 매립재료의 품질 및 시공적인 요인 외에 60%가량의 변위가 배면 매립 및 Surcharge로 인해 발생하였다는 것은 원설계 자체가 사면의 충분한 안정성을 확보하지 못하였고 과도한 Surcharge를 작용하는 등 전반적인 설계 개념에 착오가 있었으며, 이로 인한 Risk를 시공자에게 전가하였다고 판단된다.

(4) 따라서, 이와 유사한 공사 수행시에는 향후 발생할 변위를 예측하여 말뚝 향타시 미리 육상쪽으로 옮겨서 시공하는 방법(Preset 적용)이 필요하며, 이는 구조적인 안정성과는 별도로시방상의 조건은 만족이 되므로 보강작업 및 공기지연을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.



[(주)이제이텍]



[(주)은진공영]

엔지니어링 활동주체신고 제 10-314호
 건설교통부지정 안전진단 전문기관(교량 및 터널) 제 29호
 기업부설 기술연구소 제19961262호
 병역특례지정업체 제 96-113호
 벤처기업 제021635021-2-5074호

설 계

- 설계
- 조사
- 시현
- 감리

**보링
그라우팅**

- 사면/지반터널 보강
- 압박식 소일내공형
- MSB
- 자전공 Anchor System
- AI-Casing System

계 측

- 지반
- 교량
- 터널
- 안전진단

EJ

(주)이제이텍 **(주)은진공영**

**첨단
기술개발**

- 점검로봇
- DGPS
- 광섬유센서
- 자기장센서

토공사

- 복합식
보강토 옹벽

본사: 경기도 성남시 분당구 구미동 204-5
 (주)이제이텍: 전화 031-711-4880 팩스: 031-711-6311
 (주)은진공영: 전화 031-712-6650 팩스: 031-712-6690

부산지사: 부산광역시 금정구 장전1동 363-13번지 3층
 전화: 051-518-0984 팩스: 051-518-0978
 홈페이지: <http://www.ejtech.net> 이메일: ejtech@ejtech.net

