

싱가포르 Jurong Rock Cavern Project



김 명
현대건설(주)
싱가포르 JRC 현장
소장



송명규
현대건설(주)
싱가포르 JRC 현장
터널설계

1. Project 개요

금번에 소개하고자 하는 프로젝트는 싱가포르의 첫 유류 비축기지인 Jurong Rock Cavern Construction Project (이하 주룽 유류 비축기지 건설 프로젝트)로서 싱가포르의 동남아시아 석유화학 플랜트 및 석유 물류 허브로서 중심적인 역할을 확대하는데 있어서 큰 의미를 지닌다. 주룽 유류 비축기지의 건설되는 주룽섬은 과거 7개의 소규모섬을 매립하여 조성한 면적 32 km²크기의 반 인공섬으로 1987년도부터 싱가포르의 석유산업 중심지로 개발해 오고 있다. 싱가포르는 세계 3대 석유 정제 및 거래 허브 중 하나이며, 주룽섬은 세계 10대 석유화학 허브 중 하라로서 현재 주룽섬에 94개 이상의 석유기업, 석유화학 기업, 특수화학 기업 등이 입주해 있는 화학단지로 구축되어 있다. 현대건설은 싱가포르 주룽섬의 개발 일환으로서 주요 인프라인 주룽섬과 본섬의 연결교량공사를 수행한 바 있다. 또한, 유류의 비축을 위한 지하공간의 선택은 싱

가포르의 한정된 국토면적의 효율적인 활용 측면과 석유류의 물류를 위한 저장공간의 확보 필요성 측면에서 합리적인 선택이라 판단된다.

그림 1에서 보이는 바와 같이 주룽섬내에 반얀만(Banyan basin) 해저 119m-146m에 위치하고 있는 주룽 유류비축기지 건설 프로젝트는 크게 5기의 총 1000만 배럴급 비축기지 건설 공사(Phase 1)와 6기 총 800만 배럴급 비축기지 건설공사(Phase 2)의 2개의 Phase로 계획되어 있다. Phase 1의 일부로서 이전 계약자에 의해 2009년 10월 2기의 수직구(AS 1 및 AS 3) 완공되었으며, Phase 1의 본공사를 주룽지역개발공사(Jurong Town Corporation, 이하 JTC)가 Fast Track Design & Build 방식으로 발주하여 현대건설이 2009년 6월 수주하여 기완공 수직구의 인계 및 설계와 시공을 진행해 오고 있다.

Phase 1에 해당하는 본 주룽 유류비축기지 건설 과업 범위는 해저 동굴공사, 육상 플랜트 공사, 해상 접안시설 공사 및 인근지역으로의 연결 배관공사로 구성되어 있다.

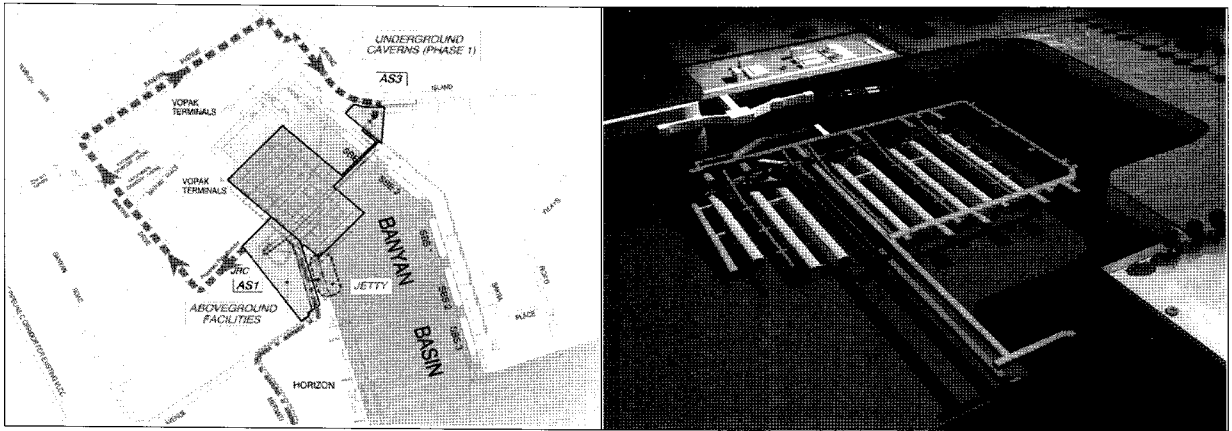


그림 1. 주룽 비축기지 건설공사 위치도(우측 조감도 JTC 제공)

해저 동굴공사는 세부적으로 운영터널, 건설터널, 지하 운영기지, 수벽공 그리고 비축공동 5기로(총 150만 입방미터, 1000만 배럴 저장용량) 구성되며, 순수 굴착길이로서 총 굴착 연장이 12km에 이른다.

Phase 1 공사는 다시 3단계로 다음과 같이 나뉘어서 부분적인 완공 및 단계별 인도를 하는 조건을 만족하여야 한다. 특히, 아래의 Phase 1A Stage 2 단계에서 비축공동 5기중 2기를 선 완공 및 운영을 개시하고, 비축공동 3기의 잔여 공사를 병행하여야 한다. 이로 인해 발생 가능한 공사-운영의 인터페이스 간섭사항을 사전에 검토하여 설계 및 시공에 반영 진행하고 있다.

- Phase 1A Stage 1 : 해상 접안 및 육상 배관공사
- Phase 1A Stage 2 : 비축공동 2개 및 육상플랜트
- Phase 1B : 잔여 비축공동 3기

2. Project 특징

2.1 지질조건

본 과업구간의 기반암은 대부분 Jurong Formation에

속하며 이중 대부분의 퇴적암은 트리아기 후반에 퇴적된 Tengah Facies(Jt)와 Ayer Chawan Facies(Jac)에 해당된다. Jurong Formation에서 대표적으로 발견되는 암종인 사암과 이암이 빈번하게 교호하며 층리가 촘촘하게 발달해있는 것이 특징이다(그림 2).

타당성 조사단계에서 N45E와 N45W의 2방향의 단층 구조대가 발달해 있다는 것이 조사되었으며, 공사중 지질 조사를 통해 주단층대의 방향성을 확인하였으며, 주경사각은 연직방향임도 확인하였다. 또한, 반얀만 전체를 가로지르는 큰 규모의 습곡구조가 N50W방향의 습곡축을 가지고 발달해 있는 점도 공사중 지질조사를 통해 확인할 수 있었다.

주룽 유류 비축기지가 건설되고 있는 주룽섬은 앞서 설명한대로, 대규모 매립공사에 의해 조성된 반인공섬인 이유로 지표 20m의 매립토 및 잔류토사층 구간, 하부에 풍화암 구간이 60m 깊이까지 형성되어 있으며, 풍화암 구간 하부에 기반암 형성 등의 전형적인 지층구성을 갖고 있다.

본 과업구간에서 발견된 지층 중 특기할 만한 지층으로는 일부의 지역에서 주로 60m에서 80m 사이에서 발견되는 시추코어 상태의 역학적 신선도 및 강도가 높으나, 수리적으로는 높은 투수계수를 보이는 LCZ(Low Confined

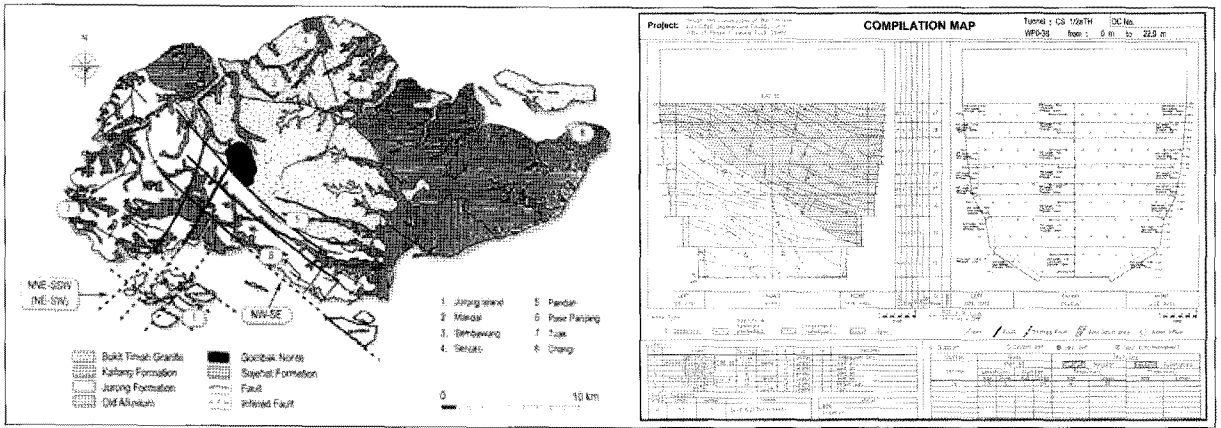


그림 2. 주룡 비축기지 지질도 및 지질 매핑

Zone) 층이다. LCZ 암층의 형성 기원에 대해서 분석한 바에 따르면, 퇴적 과정에서 고결과정중에 상부의 지층이 침식을 받아 응력이 개방됨에 따라 기질의 조직구성에는 큰 변화가 없이 암층이 다공질화하여 높은 투수계수를 갖는 상태로 고결이 되었을 것으로 추정하고 있다.

비축공동이 위치하는 100m 하부의 기반암은 투수계수가 매우 낮고 강도가 상당히 높은 편으로 비축공동의 굴착에 적합한 암반조건을 가지고 있다.

2.2 공사 조건

본 주룡 유류비축기지 공사는 다국적 기업이 참여하고 있는 다국적 프로젝트이다. 싱가포르 발주처, 노르웨이-싱가포르 합작 프로젝트 매니지먼트 그룹, 프랑스-싱가포르 합작 컨설턴트, 한국 시공사, 미국-싱가포르-한국 설계조직, 스위스-싱가포르 합작 설계 감리사 등 전세계 각지에서 모인 전문가 집단이 설계, 시공, 감리를 수행하고 있어 한국의 기술력을 국제무대에서 재평가 받을 수 있는 중요한 기회로 생각된다.

본 주룡 유류비축기지 건설에서 특기할 만한 주요공사 조건으로는 2개의 수직구가 모든 토목 및 기전공사를 위한 주출입구라는 점, 높은 염분을 함유한 해수성 지하수

의 다량 유입 그리고 싱가포르에서 전례가 없는 운영 및 시공의 병행조건 등이 있다.

주 출입구가 내경 기준 24m 크기의 2개의 수직구라는 점은 대단히 도전적인 과제이다. 환기덕트, 급수 및 배수 라인, 전력 공급, 인승용 리프트와 차량용 리프트등 공사 중 설비의 설치가 면밀한 검토를 통해 빈틈없이 이루어졌다. 45톤 용량 차량용 리프트가 2개의 수직구에 각각 2개씩 총 4기가 설치되어 각종 자재 장비의 반입 및 굴착 후 버력을 반출하고 있다.

해저의 입지적 조건으로 인해 기본설계 당시에 터널 전체에서 하루 46,000 입방미터의 많은 량의 지하수가 유입될 것으로 예측되었다. 실제 굴착중 현재 유입되는 수준은 당초 예상의 절반이하의 수준에 머물고 있지만 아직도 상당량의 지하수가 유입되고 있어 차수를 위한 노력을 지속하고 있다. 특히 해저의 입지 조건으로 인해 염분을 함유하고 있는 지하수는 각종 천공굴착 장비 및 설비의 노후화를 촉진시켜 정기적이고 철저한 정비에 중점을 두고 있다.

2.3 설계승인과정(토목 설계 승인 중심)

지난 싱가포르 DTL2 C913 Project 기술기사에 LTA

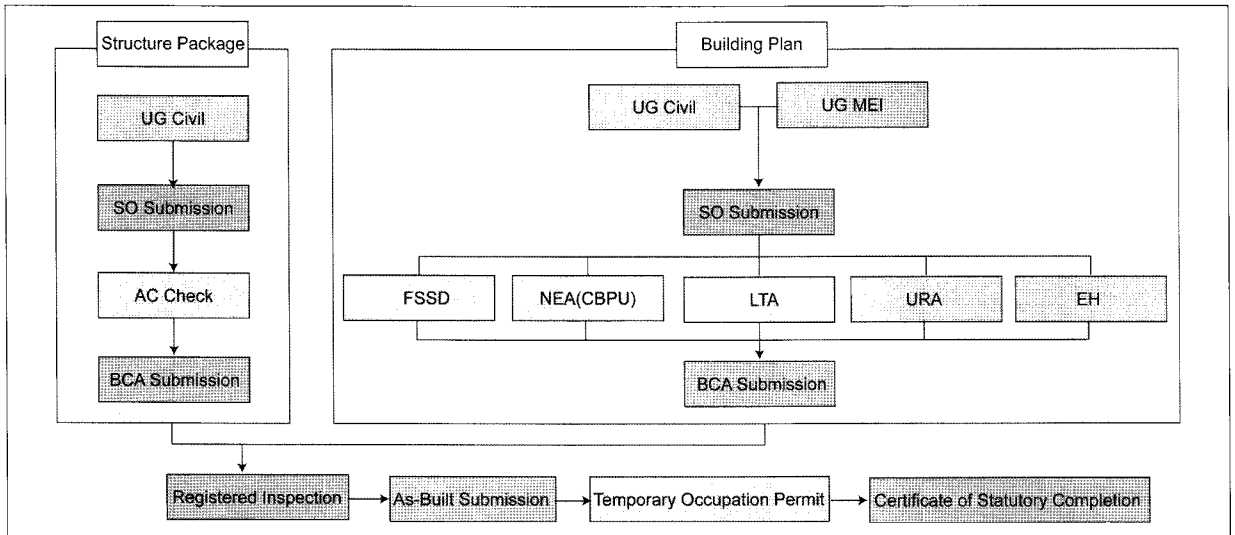


그림 3. 설계 승인 및 준공 과정

프로젝트의 승인과정에 소개된바 있다. 본 기술기사에서 는 JTC Project를 위한 설계 과정에 대해 간략히 소개하 고자 한다(그림 3).

본 유류비축기지 공사는 토목 및 기전분야 복합 플랜트 현장의 성격을 가지고 있어, 설계 역시 토목분야 설계 및 기전분야 설계가 병행하여 진행된다. LTA 프로젝트와 같 이 설계시방서의 승인을 받은 후 기본 설계를 바탕으로 실시설계가 시작한다.

토목설계는 우리 나라의 토목구조 및 토질 기술사에 해 당하는 토목 QP(D)가 수행을 하며, 시공사의 검토와 발주 처의 컨설턴트(Superintending Officer, 이하 SO)의 설 계승인과정을 거친다. 이때까지의 승인은 발주자와의 계약적인 설계승인으로, 이후 설계감리에 해당하는 AC (Accredit Checker)의 승인을 받고 최종적으로 상급기관 인 싱가포르 건설청(BCA, Building and Construction Athority)의 승인을 받아 공사에 착수할 수 있다. 본 주룽 유류비축기지 프로젝트에서는 토목공사 시공감리에 해당 되는 QP(S)의 별도의 설계승인 과정은 없이 진행하고 있다.

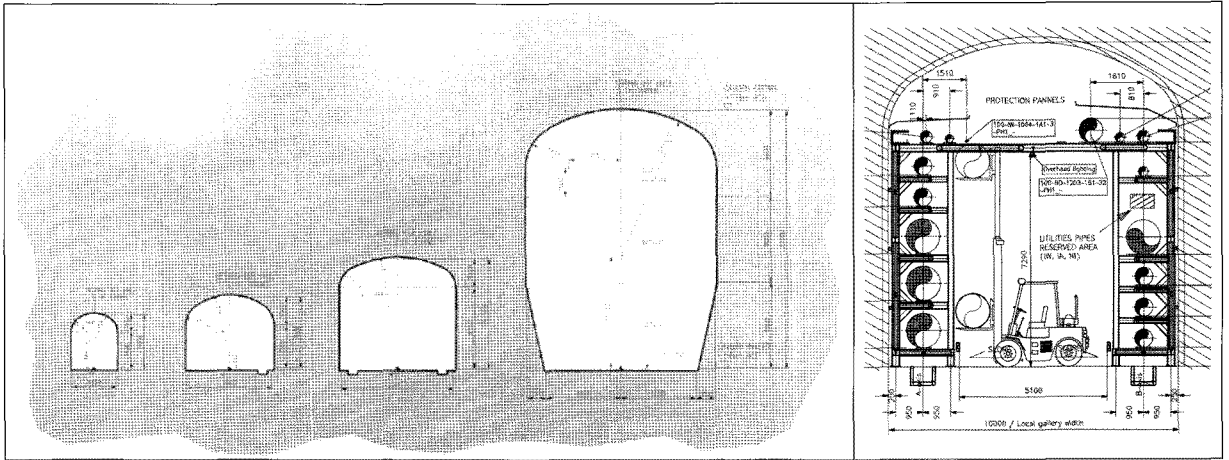
기전설계는 기계, 전기 및 소방(이하 기전) 등 각분야 의 QP에 의해 수행된다. 기전분야의 경우 토목설계과정 과 달리 AC 및 BCA승인을 거치지 않아도 되며, 발주처 컨설턴트인 SO의 설계 승인을 득한 후 각 공공시설관리 청 PUB, 육상교통청 LTA, 소방방재청 FSSD, 국가환경 청 NEA 등 해당 관공서의 해당 설계승인을 득하여야 한 다. 공사의 완공후에는 준공도면의 제출, 국가공인 검사 기관의 검사, TOP 발급 등의 과정을 거친 후 발주처에 인 도된다.

3. Jurong Rock Cavern의 설계/시공

3.1 해저 동굴공사

해저공사를 2010년 2월에 Start-up gallery의 굴착을 시작으로 운영터널 약 60%, 건설터널 약 97%, 선운영분 (Phase 1 Stage 2) 수벽공 70% 그리고 비축공동의 약 30% 의 굴착 진행 중에 있다.

운영터널의 표준단면은 각종 배관 및 설비의 원활한 설



(a) 수벽공, 건설, 운영터널 및 비축공동 단면

(b) 운영동굴내 기전 설비 설치도

그림 4. 각종 터널 단면 및 배관 설치 개념도

치와 장비의 운용을 위해서 폭이 12m이고 높이가 11.5m로 고속철도 단면크기에 근접할 정도로 대단면으로 설계되었다. 건설터널 표준단면은 폭이 9m이고 높이 약 8m로 굴착용 터널로서 시공성을 최적화하도록 설계되었다. 이외에 폭과 높이가 5m × 5.6m인 수벽공 터널, 폭이 20m, 높이가 27m의 대단면 비축공동 등 단면의 형태와 크기가 용도에 맞게 다양하게 설계되어있다(그림 4).

비축공동이 위치한 심도는 천단이 해저 119m, 인버트가 146m에 위치하고 있다. 국내의 유류비축공동의 심도가 30m~50m에 위치하고 있는 점을 감안하면 유류비축기지임에도 심도가 상대적으로 깊은 편이다. 이렇게 심도가 깊어진다는 타당성조사 및 지반조사 단계에서 찾은 LCZ 층에 기인한 부분이 많다. 비축공동의 심도를 낮춰야 공사비가 절감되는 부분과 운영기지를 높은 투수성 지반에 건설함으로 인해 발생하는 공사중 및 운영중의 비용 증가를 비교하여 기본 설계 당시에 최적의 심도를 현재의 비축공동 심도로 결정하였다.

2005년부터 2007년까지 3년간 총 3차에 걸쳐서 광범위하게 실시된 타당성 조사 및 지반 조사를 통해 수직 시추 14공, 경사시추 5공, 해상시추 6공, 방향제어 시추 7공

등 많은 양의 시추가 이루어졌다(그림 5). 또한 같은 기간 중 물리탐사 함께 진행되어 탐사 연장 총합이 2,341m에 이른다. 이외에 초기응력 측정시험(그림 6) 등의 현장 시험과 암석강도/수리전도계수 등의 실내시험이 지반조사 단계에서 수행되었다. 이러한 조사자료를 바탕으로 지질 분석을 수행하여 기본설계 3차원 지질모델이 작성되었다.

본 유류 비축기지의 공사중 수행 지반조사 항목으로는 대표적으로 매 굴착시 수행되는 굴진면 지질조사, 약 60m 간격으로 수행되는 선진시추조사, 수벽공 공내에서 수행하는 BHTV 조사가 있다. 특히, 선진시추조사는 코어의 상태를 파악하는 목적뿐만 아니라 전방의 수리지질 상태 및 과다 용출수 구간을 미리 파악하고 사전에 적절히 대응하기 위한 목적으로 수행되고 있다. 공동 심도의 초기 응력조건을 파악하기 위하여 Start-up gallery에서 수압 파쇄 시험을 비축공동의 굴착 개시전에 수행하였으며, 측정 결과 최대 주응력 방향이 비축공동의 선형과 일치하는 것으로 나타나 초기응력조건이 공동의 굴착에 최적임을 확인하였다. 앞서 언급한 기본 설계 3차원 지질 모델은 공사중 지반조사 자료의 분석을 추가하여 지속적으로 업데이트 되고 있다(그림 7).

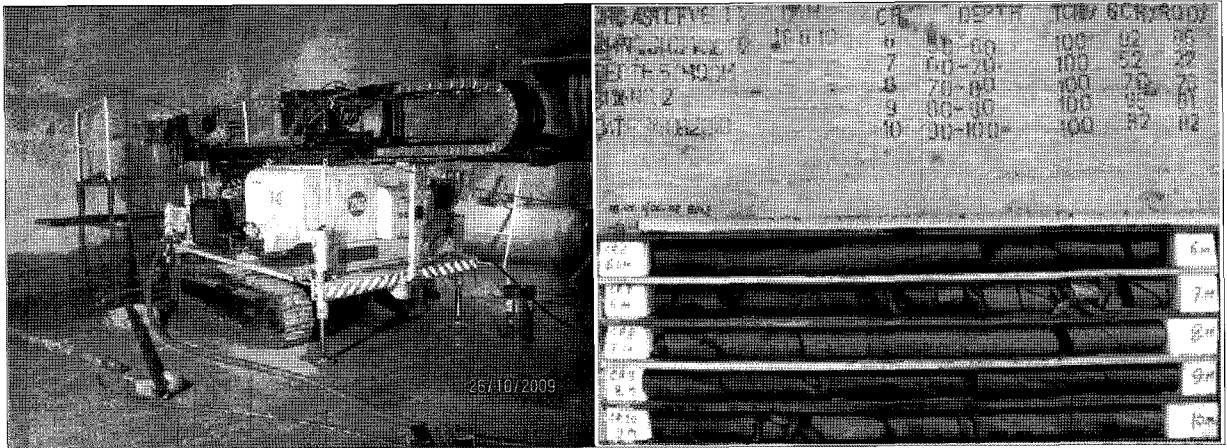
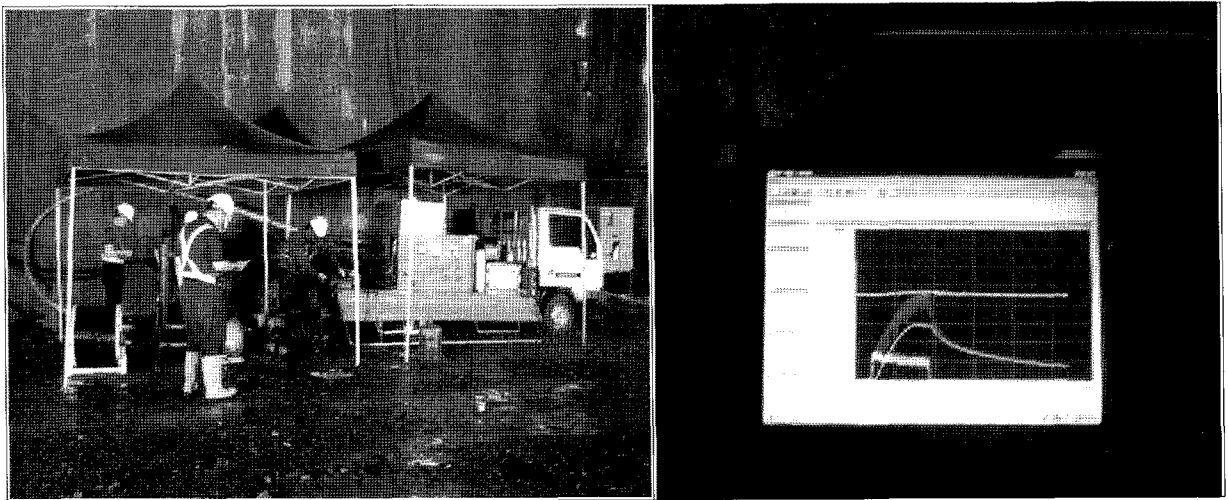


그림 5. 선진수평 시추조사



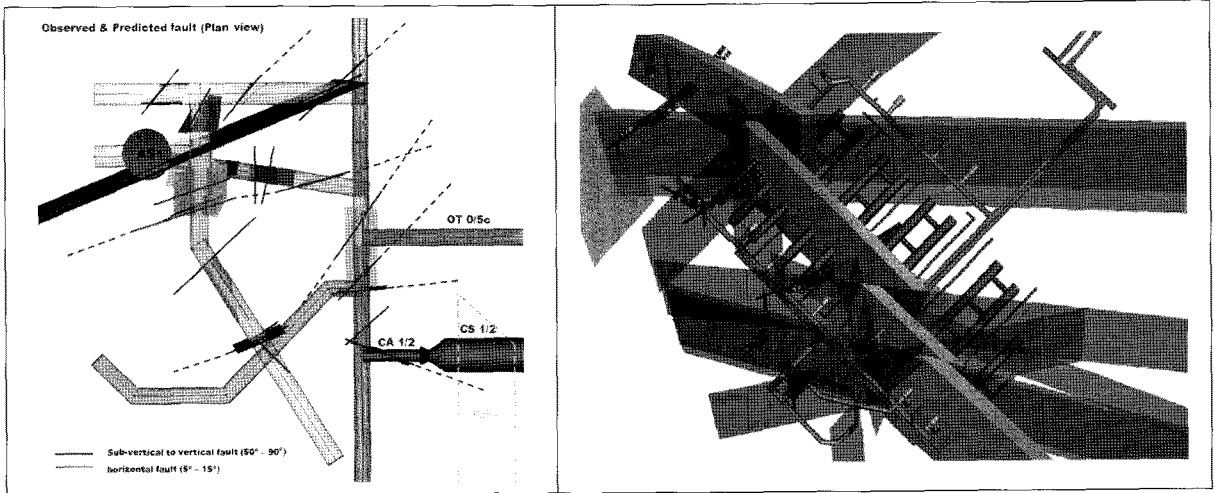
(a) 수입파쇄 시험전경

(b) 압력 측정

그림 6. 초기응력 측정 시험(수입파쇄)

각종 터널 및 비축공동의 지보 설계는 Q-system을 이용하여 설계 되었으며, EXAMINE2D, UDEC, UNWEDGE 등의 수치해석을 통해 굴착 및 지보 안정성을 확인하였다. 특이할 점은 본 기지의 해저 입지 조건으로 인한 부식 환경에 대응하기 위해서 재료의 내부식성을 확보하기 위한 검토를 수행하였다. 아연도금 록볼트, CT-bolt, 플라스틱 코팅 록볼트 등 다양한 종류의 록볼트에 대해 지보

성능, 내부식성, 자재 조달 조건 등을 종합적으로 면밀히 검토하여 주지보재인 록볼트의 재료를 FRP bolt를 선정 하였다. FRP bolt는 내부식성 재료일 뿐만아니라 일반 록볼트의 2배 이상의 고강도 록볼트로 관경 25mm 기준 재료강도가 35 tonf에 이른다. 역시 주지보재인 슛크리트는 일반 슛크리트와 강섬유 보강 슛크리트를 지반조건에 따라서 설계 적용하여 시공에 반영하고 있다. 싱가포르의



(a) 지질 분석

(b) 3차원 지질 모델 작성

그림 7. 3차원 지질 모델 업데이트



(a) 작업 전용차에 의한 장약 작업 모습

(b) 운영 터널에서의 첫 발파

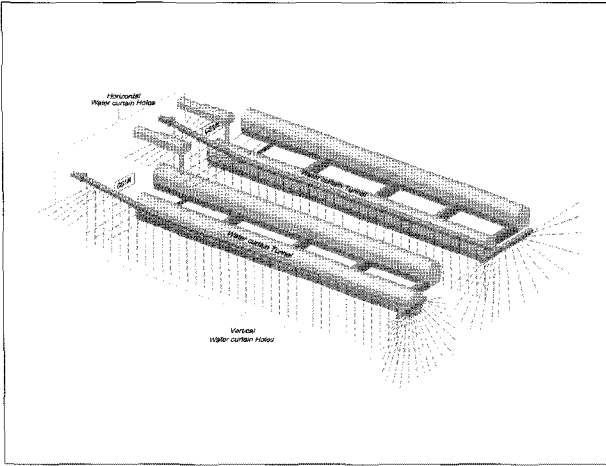
그림 8. 장약작업 및 첫 발파

높은 안전 기준을 만족하기 위해 매굴진시 슛크리트를 라운드 보강하고 있으며, 록볼트의 타설은 지반조건에 따라 일부 록볼트를 굴진면에서 타설하여 작업안전성 및 안정성을 확보하고 잔여 록볼트는 굴진면 후방에서 설계에 정한 지보설치 시기 이내에 설치를 완료하고 있다.

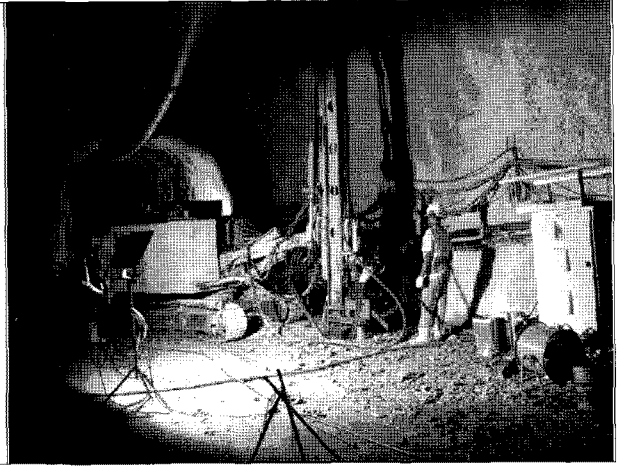
발파에 사용되는 화약은 국내에서도 적용된 바 있는 벌크 에멀전(bulk ammonium nitrate emulsion)을 주 폭약

으로 사용하고 있다(그림 8). 벌크 에멀전의 기폭을 위해서 LP 및 MS 전기식 뇌관과 Sentel Pulsar 부스터 등이 사용되고 있다. 벌크 에멀전의 특성상 화약 저장 탱크, 공내 펌핑 주입 및 신속한 현장 동원을 위해 장약차가 특수 제조되어 현장에 적용되고 있다.

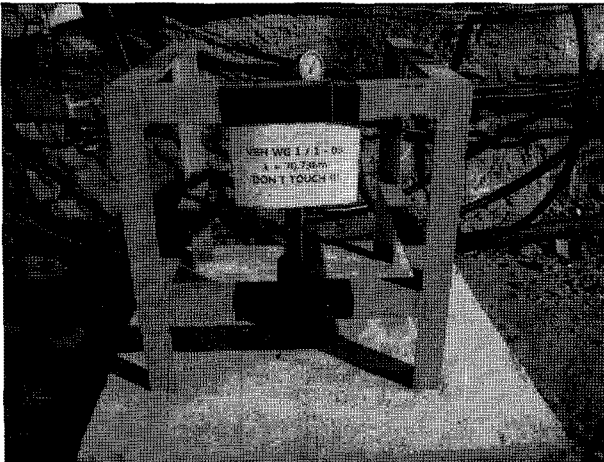
현재까지 굴착된 단면중 가장 큰 비축공동 상반의 발파의 경우 굴진장 4m, 굴착 단면 165m², 솔리드 굴착량



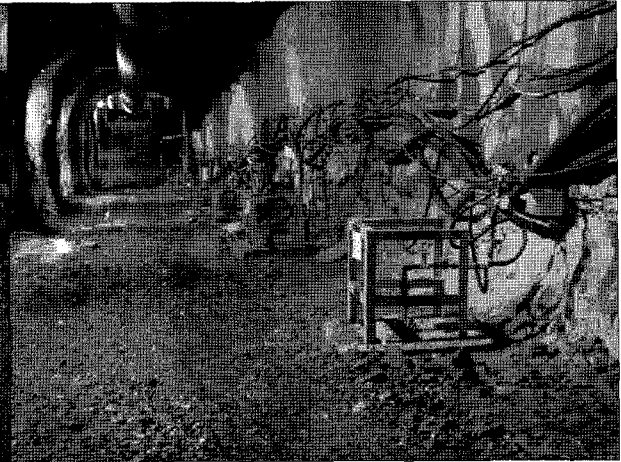
(a) 수벽공 조감도



(b) 수벽공 천공작업



(c) 수벽공 주입구



(d) 수벽공 주입공 배열

그림 9. 수벽공 설치

660.92m³을 위해 비장약량 1.82kg/m³, 최대 지발당 장약량 107.586 kg이 사용되었다. 본 현장이 석유화학 산업 단지 내에 있어 진동에 민감한 편이고, 큰 굴착 단면적과 4m 이상의 굴진장을 얻기 위해 비축공동 상반의 1회 굴진에 많은 량의 화약이 사용되고 있으나, 다행이 주변 지장물이 수평거리로 100m 이상 이격되어 있고, 심도가 130m 깊이에 위치하고 있어 지발당 장약량의 제약은 높지 않은

편이다. 지발당 장약량을 진동 허용기준치 이내로 유지하기 위해서 MS 및 LP 뇌관의 조합으로 총 27단 정도의 지발 발파를 수행하고 있다. 암반의 강도가 높아 발파효율을 높이기 위해 비장약량이 높은 편이어서 발파에 의한 손상을 줄이고 굴착면 품질 향상시키기 위해 최외곽공에는 도폭선을 적용하고 있다.

비축기지 설계 및 시공에 있어 가장 중요한 부분중에

하나는 수리지질 분야이다. 원유저장의 원리는 유류 저장 물이 암반으로 스며나오는 속도보다 더 빠른 지하수의 흐름을 유발해서 유류 저장물을 공동 안에 안전하게 저장하는데 있으며, 자연적인 조건으로 또는 수벽공의 건설 등을 통해 인공적으로 공동내로 지속적인 지하수의 흐름을 유도하는 지하수 환경을 조성하게 된다. 이외에도 수벽공의 설치하는 공사중 지반의 탈수(desaturation) 방지, 수벽공과 공동간의 수리적 연결성이 높은 구역의 탐지를 통한 차수공 시공, 그리고 운영중 수리 안정성 확보와 유종 간섭의 3가지 목적을 가지고 있다. 본 비축기지가 해저에 위치하고 있는 입지적인 이점 중에 하나는 무한한 지하수원을 확보하고 있다는 점이다. 그러나 본 과업구간의 기반암이 수평층리가 발달한 퇴적암으로 층리지만 이방성으로 인한 유종간의 간섭을 차단하기 위해 비축공동 사이에 총 5기의 수벽터널이 건설되고 10m 간격으로 수직 수벽공이 공동 인버트 146m보다 20m 깊은 위치까지 천공되어 수리 방벽 형성해 가고 있다(그림 9).

앞서 공사조건에서도 언급한 바와 같이 기본설계 수리검토결과 하루 46,000톤의 많은 지하수의 유입이 예측되었으나, 실시설계시 수리검토를 통해서 하루 34,000톤의 지하수 유입이 될 것으로 분석되었다. 실제 공사에서는 비축공동이 위치한 건설터널 레벨의 수리전도계수가 당초 조사에 비해 낮은 것으로 나타나 현재의 유입량 추이로 볼 때, 기본설계 검토시 예측량에 비해 절반정도의 양이 유입될 것으로 추정하고 있다.

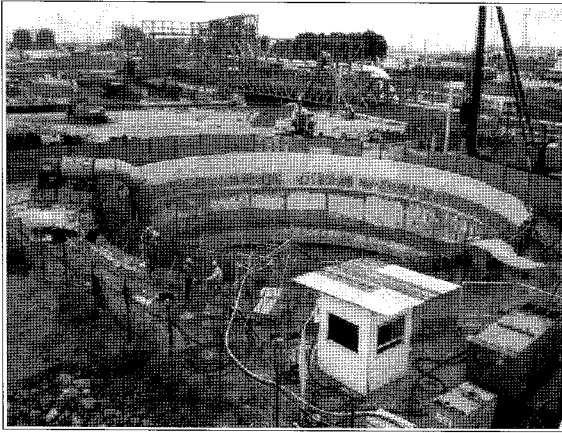
본 비축기지 공사에는 다양한 종류의 계측 프로그램의 운영을 통해 지반 안정성 및 수리 안정성을 지속적으로 모니터링 하고 있다. 지반 안정성 파악을 위해서 터널의 교차부마다 단면당 5개에서 7개의 타겟을 설치하여 3차원 변위계측을 수행하고 있으며, 설계에서 예상한 수준의 변위량이하로 안정화 되고 있다. 지반내의 지중 변위거동을 좀더 자세히 알아보기 위하여 비축공동 2번(CS 1/2)에 지중변위계를 설치하였고, 이점 공동의 근접시의 변위거동을 분석하기 위하여 계측을 수행하고 있다. 아직은 인

접공동이 50m 이상의 원거리에서 굴착되고 있지만, 인접공동이 굴착에 의한 영향이 조만간 계측될 것으로 예상된다.

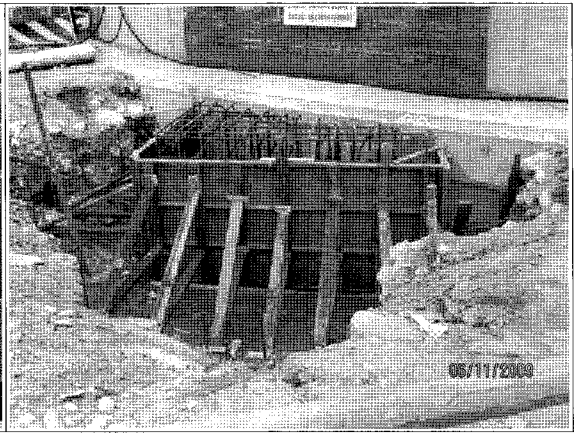
수리 안정성 파악을 위해 지상에 지하수위 관측공 25기가 설치 운영중에 있으며, 지하 터널에 100여개의 지하수압(공극수압) 관측공이 터널의 굴착에 따라서 설치가 진행되고 있다. 지상 지하수위 관측공의 설치 목적은 공사중 굴착에 의한 지하수위가 설계상에 필요한 지하수위를 유지하는지 확인하고, 운영중 지하수의 수질 검사를 하기 위함이다. 수리 계측 초기에 지상 지하수위 관측공의 지하수위가 단기간 갑작스러운 저하가 발생하여 원인을 분석한 결과 본 기지의 입지 특성상 조수간만의 차가 지하수위에 지속적으로 영향을 주는 것으로 밝혀졌으며, 조수간만의 차를 수리분석에 포함하여 지하수위의 변화 거동을 파악하고 있다. 현재, 굴착에 의한 지하수위 저하는 미미한 것으로 관측되고 있다.

지하에 설치되는 지하수압 관측공은 운영터널 및 수벽공 내에서 수평, 수직 또는 경사방향으로 천공되어 패커 및 압력계이저를 설치 공내 압력을 측정하게 된다. 터널내의 지하수압 관측공을 통해 공사중 및 운영중 지반내의 지하수압이 적정하게 유지되는지 관찰하고 지하수압의 허용범위 이상의 수압저하시 터널내의 누수 위치를 파악하여 그라우팅을 실시하는 등의 필요한 조치를 취하게 된다.

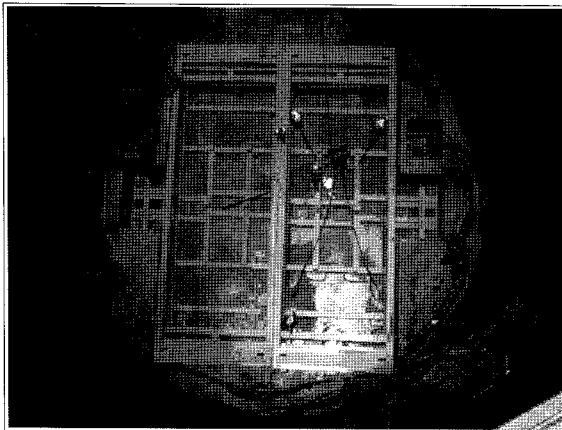
본 비축기지의 주출입구가 2개의 수직구이기 때문에 각종 장비의 진출입, 터널내 작업원의 진출입 그리고 굴착된 버력의 배출 등 모든 터널 및 비축공동 내에서의 작업이 모두 수직구를 통해서 이루어져야 한다. 본 공사의 입찰과정과 설계과정에서 수직구의 운용을 위한 호이스트 인양방식, 대형리프트의 설치, 콘베이어 방식 등 다양한 논의가 이루어진 끝에 대형 리프트를 설치하는 방식으로 결정이 되었으며, 규모와 성능면에서 세계 최대 수준의 45tonf 용량의 리프트가 총 4기 설치되어 분당 100m 속도로 현재 가동 운용 중에 있다(그림 10).



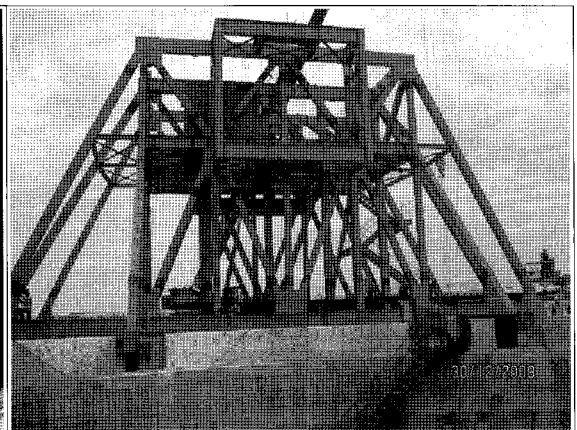
(a) T-Lift 설치전 수직구 전경



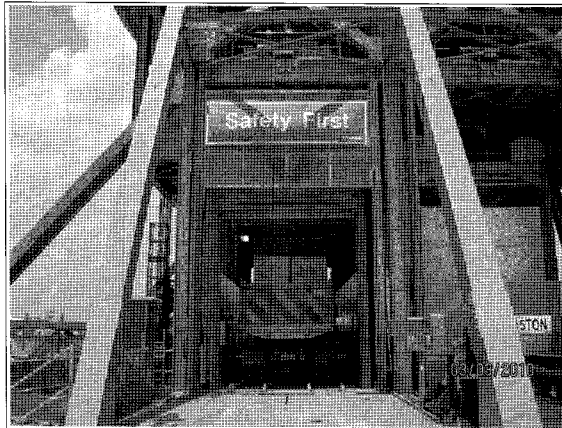
(b) T-Lift 상부구조물 기초 공사



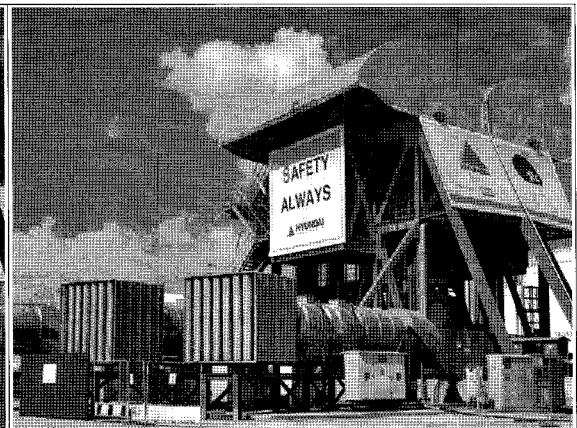
(c) Level 0 T-Lift 기초 및 플랫폼 공사



(d) T-Lift 상부구조물 조립



(e) T-Lift 시험 가동



(f) T-Lift 완공후 전경

그림 10. 차량용 리프트 설치 과정

3.2 육상 플랜트 공사

지하 동굴공사와 함께 주요 프로젝트 공종으로는 육상 플랜트 공사가 있다. 플랜트에는 기지의 운영을 위해 각종 펌프설비, 수처리 설비, 수압조절 탱크, 공기압축기, 입출하 계량기, 발전설비, 변압기, 유류가스회수시스템 및 각종 배관이 설치된다. 이와 관련한 토목공사로는 육상의 지반조사, 각종 기전 설비와 배관 기초, 도로 공사가

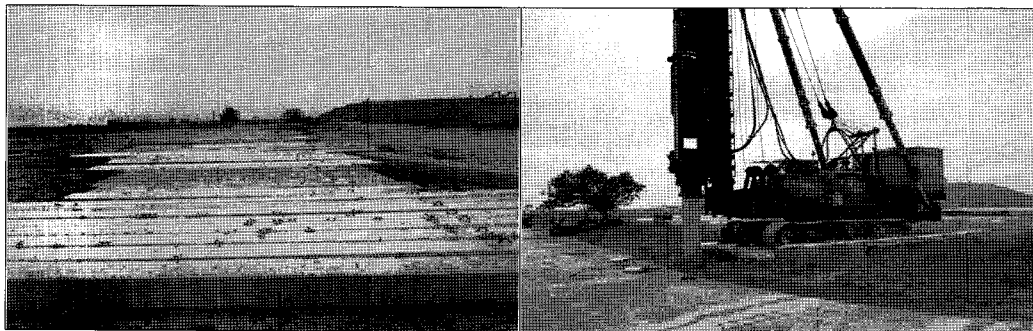
있으며, 이를 위한 파일 기초, 도로 및 배수공동구의 설계 및 시공을 수행하고 있다.

3.3 해상 접안시설 공사

해상 접안시설 공사(SBW Jetty)는 유조선 선박의 접안 및 원유 등의 입출하에 필요한 토목구조물 및 기전설비의 설치공사로서, 3개의 버스(berth 1A, 1B, 1C) 등의 토목

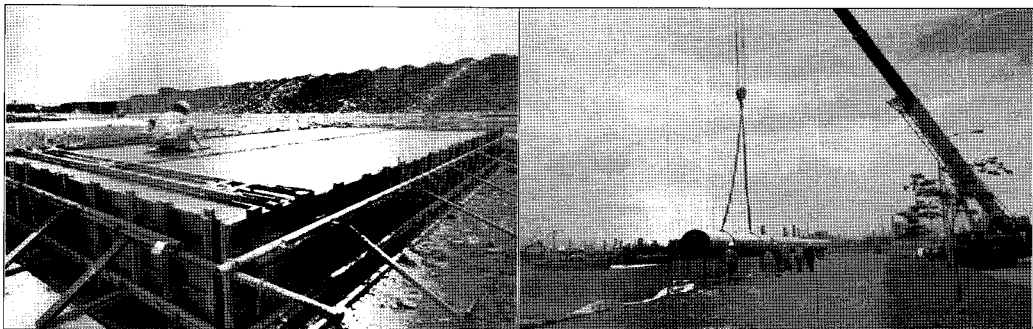


그림 11. 해상 제티 공사 전경



(a) 파일 적재

(b) 파일 향타



(c) 파일 캡 시공

(d) 배관 공사

그림 12. 연결배관 공사

구조물과 갱웨이 타워, 화재 감시 타워, 소방 펌프실 등으로 구성되어 있다(그림 11). 토목 구조물의 기초를 위해 175개의 해상 파일 시공이 2010년 11월경에 완료되었고, 뒤이어 상부 콘크리트 구조물 시공이 현재 완료되어 있다. 후속 공정으로 배관 지지구조물 공사, 기전 및 배관 공사를 위한 설계 및 시공을 수행 중에 있다.

3.4 부속 기전설비 및 배관 공사

부속 배관공사는 본과업의 SBW Jetty/유류비축공동과 외부 유류 터미널로 연결시키기 위한 공사이다(그림 12). 부속 배관 공사를 통해 외부 터미널로 부터 비축공동으로의 입출하가 가능하고, SBW Jetty로부터 외부 터미널로 입출하가 가능하도록 시공중에 있다. 특히, 본 과업에서

설치해야 하는 배관 이외에 이후 Phase 2에 계획되어 있는 배관을 고려하여야 하는 조건을 충족하기 위해 설계 초기부터 면밀한 검토와 발주처와의 조율이 이루어지고 있다.

4. 맺음말

싱가포르 주룡 유류비축기지 공사의 설계 및 시공 현황을 간략히 소개하였다. 국내 많은 실적에도 불구하고 해외에서 수행하는 비축기지 건설공사는 많은 도전과제를 부여하고 있다. 이러한 도전과제의 극복 사례는 다른 기회에 공유할 수 있기를 기대해 본다. 끝으로 본 과업이 성공적으로 수행될 수 있게 지원을 아끼지 않고, 본 기사의 게재를 흔쾌히 허락해준 싱가포르 주룡지역 개발공사(JTC)에 감사드린다.