

인천 해저 에너지 비축기지



황 학
정회원, LG건설 기술연구소장

1. 사업 개요

최근 국내외적으로 지하공간 개발이 활성화됨에 따라 지하구조물의 대형화 및 대심도화 추세에 있다. 당사는 1997년 1월부터 2000년 7월까지 3년 반에 걸쳐 인천 서해안 지역에 LPG지하저장을 위한 대규모 지하저장고를 시공하였다. 공사의 주 내용은 Propane 340,000m³ (170,000 Ton), Butane 125,000m³(70,000 Ton)의 지하저장용의 터널공사와 한 개의 공사용 Shaft 및 두 개의 운영용 Shaft 등 세 개의 Shaft이다. Shaft 공사는 토사층까지는 지중연속벽 공법으로 그 이하는 발파공법으로 시공되었으며 표 1은 Shaft의 제원을, 표 2는 터널 공사의 규모와 연장을 표기한 것이다. 특히 연속벽 심도는 현재까지 국내 연속벽 공사 중 최장 심도이며, 수직구는 세계적으로도 보기드문 대단면이다.

본 지역의 지형은 해상 매립공사로 축조된 인공섬으로 기반암은 선캄브리아기의 편마암류와 화강암 및 백악기의 맥암류의 제4기 해성퇴적층이 부정합으로 피복하고 있다. 해상 퇴적층은 매립층(11m) 하부에 약 40m~50m 두께로 상당히 두껍게 발달하고 있으며 주로 Fine Sand, Silt, Clay로 구성되어 있다. Shaft 지점의 토질 특성을 알아보기 위한 조사로는 표준관입시험과 현장투수시험, 압밀시험등이 시행되었는데, N치가 15이상으로 대체적으로 견고한 지반이며, 투수계수는 10⁻³~10⁻⁴ cm/sec 정도이다.

표 1. Shaft 공사 내역(지중연속벽공사)

| Shaft | 총연장 | 지중연속벽공사 | | | |
|--------------|------|---------|-------|-------|-----------|
| | | 깊이 | 외경 | 연속벽두께 | Lining 두께 |
| Construction | 127m | 62m | 15.5m | 1.2m | 1.0m |
| Propane | 178m | 62m | 9.9m | 1.0m | 0.8m |
| Butane | 158m | 71m | 9.9m | 1.0m | 0.8m |

표 2. 터널 공사 내역

| 구분 | 단면 | 지중연속벽공사 | |
|---------------------|--------------------------------------|------------|-----------|
| | | PROPANE 연장 | BUTANE 연장 |
| Cavern | 16m ^W ×26m ^H | 800.4m | 366.0m |
| | 8m ^W ×7.2m ^H | 424.5m | 101.0m |
| Construction | 8m ^W ×6.5m ^H | - | 168.0m |
| | 5m ^W ×5.5m ^H | 741.0m | - |
| Shaft Connection | 7m ^W ×6.5m ^H | - | 26.0m |
| | 8m ^W ×7.2m ^H | 96.0m | - |
| Cavern Connection-1 | 7m ^W ×7.2m ^H | - | 131.0m |
| | 10m ^W ×8m ^H | 160.0m | - |
| | 4.6m ^W ×4.9m ^H | 800.4m | - |
| Water Curtain | | | |

2. 공사의 특징

본 현장은 바다 가운데 조성된 인공섬에 위치하고 있어 불리한 지리적 여건하에 있다고 할 수 있다. 해저 127m 심도의 대단면 수직구 건설은 대심도 Slurry Wall을 먼저 시공한 후 단면의 내부를 굴착하였으며, 터널공사에서 발생하는 버력의 신속한 처리를 위하여 Car Lift System을 제작 및 도입하였다. 일반적으로 지하연속벽 공사에서는 콘크리트를 커팅하는 이음부 처리공법이 널리 사용되고

있으나 본 현장에서는 해수의 위험부담과 대심도 굴착에 따른 연직도 문제 및 콘크리트 커팅으로 인한 편심변위를 고려하여 이음부 시공이 양호하고 차수성이 우수한 선단 고결에 의한 쇄석투입방식(접합강판공법)을 국내 최초로 채택하였다. 본 고에서는 상기 공법을 중심으로 시공과 관련된 제반 결과를 소개하고 대심도 버력 Car Lift System을 이용한 버력 반출방법, 해저의 다양한 누수절리 지질구조대에서 유출되는 다량의 지하수를 파악하기 위한 정밀한 지질분석과 이에 적절한 그라우팅을 포함한 보강 공사, 그리고 지하 암반을 굴착하기 위해 적용된 신 발파공법의 사례를 중심으로 기술하고자 한다.

3. Shaft Slurry Wall 공사

3.1 시공 순서

지중연속벽 시공은 가이드월설치→구벽안정을 위한 지반 개량→굴착→슬라임처리→연직도측정→철근망 건입→수중 콘크리트타설→두부정리순으로 진행되었다. 그림 1은 본현장에서 수행한 주요 시공순서도이다.

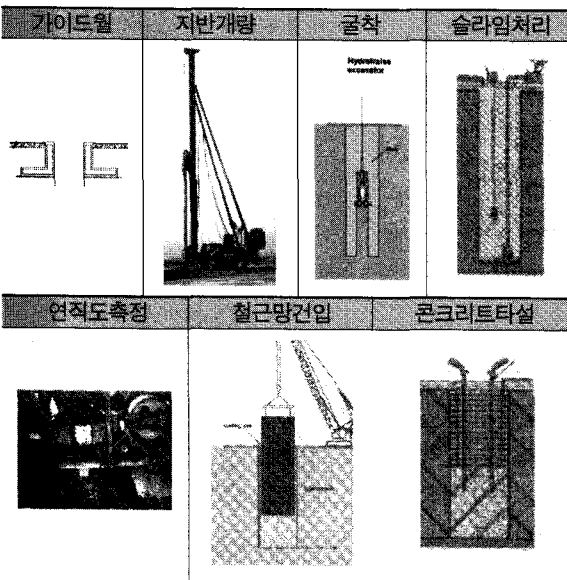


그림 1. 지하연속벽 시공순서

3.2 장비 선정 및 특성

연속벽 굴착 장비는 Shaft 공사가 대심도로 연암 3m 까지 굴착해야하므로 효율적인 연암 굴착 능력과 벽 두께 등을 고려하여 선정하였다. 본 현장에서 사용된 굴착 장비는 표 3과 같이 경암 굴착까지도 가능하고 굴착 효율이 우수하며 안정액 관리가 용이하다. 사진 1은 공사에서 사용된 수평다축회전커터 방식의 독일 바우어社 BC30(HDS80)장비로써 국내 최초로 도입되었다.

표 3. 굴착기 장비 제원

| 항 목 | 내 용 |
|--------------------|-----------------------------|
| 굴착기(기계본체) | BC30(durm system : HDS80) |
| 굴착심도 | 80m |
| 굴착길이 | 2.79m |
| 굴착두께 | 0.64~2.1m |
| 굴착가능암석강도 | 1000kgf/cm ² |
| 굴착기 중량 | 35 ton |
| Base Crane | 80 ton |
| Power Pack | 634 kw |
| 굴착기 높이 | 15.4m |
| Torque | 13.5 ton · m |
| Mud pump | 6inch(150mm) |
| | 150kw(500m ³ /h) |
| Cutting Wheel 회전속도 | 0~30rpm(가변형, |
| | 암굴착시 25rpm 사용) |

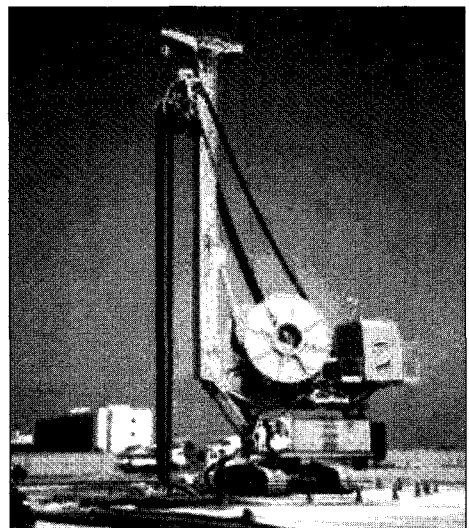


사진 1. BC30 굴착기

3.3 구벽 안정화 대책

지중벽 굴착은 구벽안에 채워진 안정액과 주변의 지하수와의 수두차를 이용한다. 본 현장의 Shaft와 같이 원형으로 굴착하여 나가는 경우에는 형상의 효과도 있어 구벽 안정에 유리하나, 연직 형상으로 굴착되는 지중벽 굴착은 비교적 얇은 심도에 연약한 지반이 존재해 있는 경우에 구벽이 붕괴할 가능성이 상대적으로 높다. 구벽의 자립가능여부에 대한 판단은 N치로부터 가능하다. 일반적으로 사질토의 경우 N치가 20 이상, 점성토 지반의 경우에는 N치 3 이상이면 구벽이 자립하는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 공사의 경우, Shaft 시공 위치가 해상인 공점에 위치하고 있어 적어도 매립토 지반에 있어서는 구벽안정 대책이 반드시 필요하다. 또한 시추코아 회수율이 zero인 파쇄대층이 단편적으로 출현하고 있어서, 이에 대한 검토가 요구되었다. 검토방법은 굴착 벽면에서의 극한 평형상태에서 안전율 2를 판단 기준으로서 계산하여 지반 개량의 유무를 비교하였다.

3.4 굴착 순서 및 관리

Construction Shaft와 Operation Shaft는 그림 2에서 보는 바와 같이 각각 20 및 12개의 Gut으로 구성되었다. 본 공사에서는 굴착 선행 엘리먼트를 먼저 굴착하고 후행 엘리먼트를 굴착하는 순으로 수행하였다. 선행은 1Gut, 후행은 3Gut로 구성되어 있으며, 후행 엘리먼트의 굴착순서는 슬라임 처리를 고려하여 중앙, 좌측, 우측의 순으로 수행하였다.

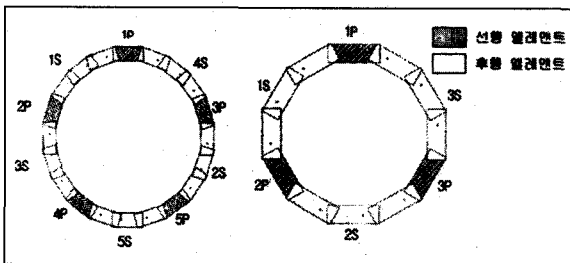


그림 2. 지중 연속벽 굴착 순서 (Construction(좌), Operation(우))

연직도는 대심도 굴착에 따른 안정성 확보 및 경제성, 철근망 진입등의 이유로부터 1/100(62m 지점에서 약 12cm)를 목표로 관리하였다. 연직도관리는 그림 3과 같은 Flow에 의해 수행하였으며, 측정은 초음파측정기(KODEN DM684)를 사용하였다.

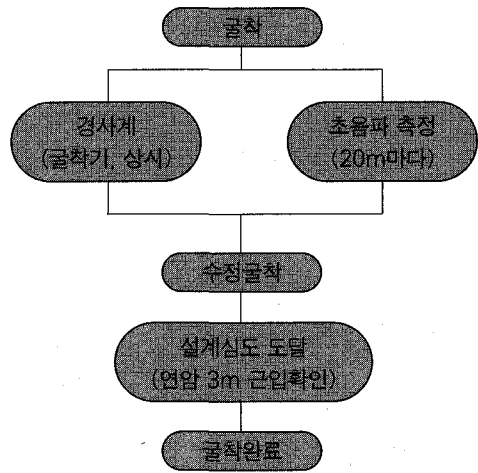


그림 3. 연직도 관리 Flow

3.5 안정액 관리

안정액 배합은 종래 유사현장의 시공실적과 현장시험 결과를 토대로 토사중의 이온, SCW 굴착 및 콘크리트 타설시의 Ca²⁺ 이온 증가를 고려하여 결정 하였으며, 관리치는 표 4와 같이 안정액의 기능에 따라 신액과 굴착액, 양액으로 구분하여 관리하였다. 또한 콘크리트 타설시는 양액치환 후 사용하였다.

표 4. 안정액관리기준

| 구분 | 점도(sec) | 비중 | 여수량(m) | 머드레이의 두께(mm) | pH | 사분율(%) |
|---------|-------------|-------------|--------|--------------|----------|--------|
| 신액(제조시) | 23~32 | 1.02~1.15 | <15 | <5 | 7.5~10.5 | - |
| 굴착액 | 21~32 | 1.05~1.20 | <40 | <10 | 7.5~10.5 | <5 |
| 양액 | 21~32 | 1.05~1.13 | <40 | <10 | 7.5~10.5 | <1 |
| 측정기구 | Funnel형 점도계 | Mud Balance | 여과시험기 | 여과 시험기 | pH meter | 사분계 |

3.6 슬라임 처리

굴착된 트렌치 바닥은 안정액에 부유되어있는 굴착 토립자의 침강, 잔유 굴착토 그리고 철근망 건입시 굴착벽 면에서 떨어진 머드 케익 등이 퇴적되어 콘크리트 강도저하, 철근 부착강도 저하, 차수성 저하, 선단 지지력 저하 등의 원인이 되므로 슬라임의 처리는 매우 중요하다. 슬라임 처리는 굴착기에 의한 1차 처리와 전용 슬라임 처리기에 의한 2차 처리를 기본으로 한다. 본 현장에서는 1차 처리를 효과적으로 실시하기 위해서 굴착 완료후 트렌치 내의 안정액중의 부유물을 3시간 정도 침전시킨 후 처리하였다. 2차 슬라임 처리는 철근망 근입 직전과 선형에서는 선단고결 콘크리트를 타설하고 12시간 경과 후 심정 펌프를 사용하여 실시 하였으며, 양액으로 치환하는 작업도 병용하였다

3.7 철근망 제작 및 건입

선형철근망의 기본 구조는 그림 4에서 보는 바와 같이 좌우측면에 12mm두께의 강판을 설치하였으며 강판의 내부는 콘크리트를 타설하고 외부는 쇄석을 투입하였다 (사진 2). 콘크리트 타설시 측압에 의한 강판의 변형을 방지하도록 프레임을 설치하고, 강판의 상하부는 와이어메쉬 및 슈트를 사용하여 콘크리트의 내부 타설시 콘크리트가 외부로 새어나가는 것을 방지하였다.

후행철근망은 현장에서 제작하였으며, 선형철근망과는 달리 강판이 사용되지 않았기 때문에 철근망에 생기는

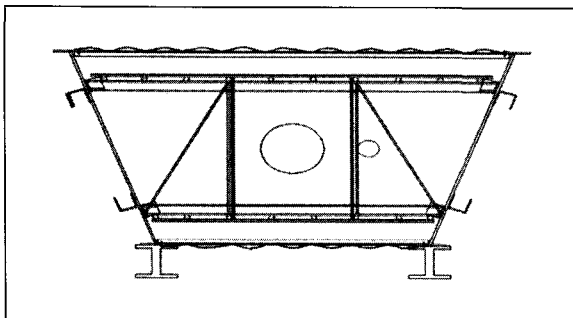


그림 4. 선형 철근망



사진 2. 선형 철근망 건입

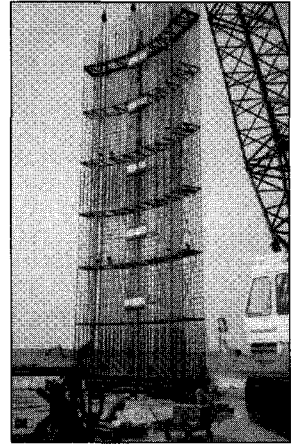


사진 3. 후행철근망 건입

변형을 최소한으로 억제하기 위하여 도르레를 이용하여 하중을 적절히 분산하였으며, 양중은 주크레인과 보조크레인을 사용하였다(사진 3).

3.8 수중 콘크리트 타설

선형 엘레멘트의 경우 선형 철근망을 고정하기 위하여 바다콘크리트를 먼저 타설하고 시간이 충분히 경과하여 (약 12시간) 콘크리트가 경화된 후 슬라임을 처리하고 후속 콘크리트를 타설하였다. 타설은 플랜저를 사용하여 재료분리가 발생하지 않도록 하였으며, 타설속도는 정중앙에 위치한 트레미를 통해 주입하되 주입속도는 철근망 변형 및 이동을 방지할 목적에서 6m/h로 관리하였다. 또한 트레미 파이프는 콘크리트중 1.5m정도 위치되도록 하였다. 콘크리트 타설시는 강판의 외부측에 직경 2~3cm의 쇄석을 쇄석용관을 통하여 투입하여 철근망을 보호하였다. 즉 철근망의 내부는 콘크리트, 외부는 쇄석이 동일한 높이로 채워져 강판을 경계로 철근망의 균형을 꾀하였다. 쇄석의 최상단은 타설 콘크리트 상부가 쇄석고에 비해 1m정도 상부에 위치하도록 관리하였다.

후행 엘레멘트의 경우는 일반적인 지중연속벽공사와 유사하고, 콘크리트 타설은 각 Gut 중앙에 3개의 트레미 파이프를 사용하였다. 타설속도는 10m/h를 기준으로 관리하였다.

4. Car Lift System을 이용한 버럭처리

4.1 공법선정 및 특징

본 현장에서는 지하 동굴내에서의 터널 굴착으로 발생 되는 버럭 처리량이 약 50만m³에 달하는 양으로 얼마나 빨리 육상으로 버럭을 반출하느냐는 것이 공사의 성패를 좌우하는 중요한 과제였다. 당초 설계에서 적용된 공법은 Skip-Cage System으로 되어 있었으나, 검토 결과 설치 기간이 장시간 소요될 것으로 예상되어 새로운 System을 고안하게 되었다.

본 현장의 버럭은 Wheel Loader로 Dump Truck에 상차하고 Car Lift에 의하여 Dump Truck을 Shaft상부로 인양시켜 버럭처리장까지 운반되는 Cycle로 진행되었다. 이러한 시스템은 Car Lift의 효율을 고려한 장비조합과 막장별 철저한 계획에 의한 막장내 버럭 상재 여부가 효율에 가장 중요한 요인으로 작용한다. 본 현장의 1일 버럭처리량은 3000m³가 최대량이므로 작업계획시 터널의 주공정(Critical Path)을 확실히 파악하여 시간의 손실이 없이 관리하였으며, 그 밖에 터널작업분을 포함하여 1일 3000m³의 버럭이 지속적으로 발생될 수 있도록 관리하였다. 또한 Car Lift의 최대 적재 중량이 30Ton이므로 버럭을 적재한 Dump Truck의 무게가 30Ton에 가장 근접하도록 적재해야 한다. 이를 위해서 본 현장에서는 공차 중량이 15Ton을 초과하지 않도록 불필요한 부착물을 가능한 제거하고 운행했다. Car Lift 효율을 고려한 1일 버럭처리량은

- ① Car Lift 1Cycle Time :
200sec(20Hr*60*60/200=360회/1일)
- ② 1일 버럭 운반 횟수 : 360~400
- ③ 1일 버럭 처리량 :
(380*10m³/대)×80%≒3000m³/일

4.2 Car Lift 운영 시스템

- ① Frame 지상 제작 및 조립

Frame은 지상 작업장에서 제작,조립 및 도색을 실시하였으며, Shaft굴착과 병행하여 Frame의 조립, 설치 및 양중작업이 이루어져 Shaft굴착 완료 후 즉시 Car Lift를 설치하였다. 그림 5는 Car-Lift 시스템 운반 절차 개념도이다.

- ② Guide rail 용 Bracket, Working Platform 설치
Upper Form을 상부로 최대한 올려 놓고, Scaffold를 이용하여 Upper form 바로 하단부터 시작하여 아래로 내려가며 Guide Rail Bracket, Working Platform작업의 효율성 및 위험 요소를 없애고 국한된 장비의 효율적 이용을 위하여 단일 작업팀으로 하여 굴착과 병행 실시하였다.
- ③ 하부 Frame 설치용 Anchor 시공
굴착이 완료된 후 하부 Frame을 거치하기 위하여 안전 발판 및 난간을 설치하고 Anchor 위치를 정확히 측량, 착암기를 이용 Anchor를 시공 한 후 Steel Plate를 설치하였으며 하부 Frame을 이용하여 하부에 내려 거치 한 후 슛크리트로 Anchor 부위를 마감하였다.
- ④ Guide rail 설치
Scaffold를 Working Platform 및 Elevator등

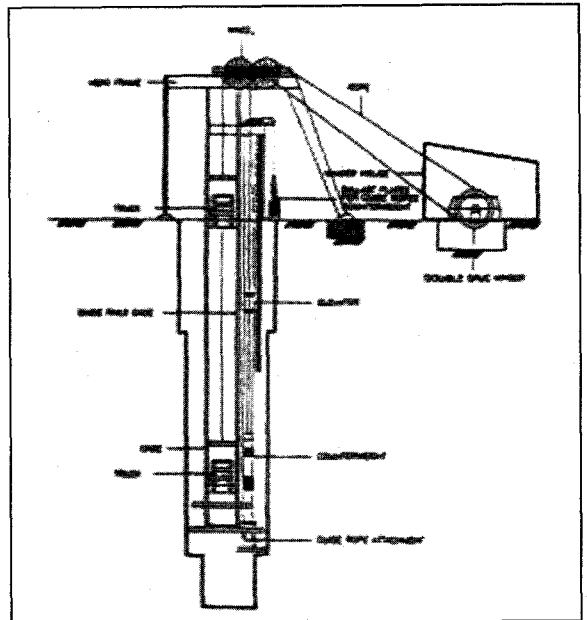


그림 5. Car-Lift 시스템 운반절차 개념도

Shaft내의 기 설치된 시설물에 접촉되지 않도록 절단 및 보강하였으며 하부로부터 상부로 올라오며 Rail Guide를 기 설치된 Bracket에 조립한 후 상하부 연직도를 맞추었다. 특히 Guide Rail의 연직도는 운행중 Cage의 유동 및 기계 자체의 고장 방지를 위하여 중요하므로 정확한 연직도를 유지되도록 하였다.

⑤ Elevator 설치

Kibble를 이용하여 Cage를 하부에 내려 놓고 Master를 하부로부터 Cage를 이용하여 조립하며, 10m 간격으로 Wall Tie를 설치하였다. 특히 본 현장의 Cage는 일반 Steel로 제작되었다.

⑥ Sinking Facility 해체

상기의 작업 및 기타 Shaft 내부 작업 중에 Sinking 장비로부터 Upper Form 및 Scaffold를 분리하여 최상부에 고정시킨 후 Kibble, Wire, Sheave, Frame, Trap Door 순으로 Crane을 이용하여 제거하였으며, 이어서 Upper Form 및 Scaffold를 동시에 제거하였다.

⑦ Frame 설치

당초 GL -0지점의 Frame이 Inner Lining 상단에 거치되게 되어 있었으나, 공기 절감 및 원가 절감을 위하여 Inner Lining 최상단을 시공하지 않고 Slurry Wall 상단을 인력 Breaking, Coring등의 방법으로 절

취하여 Frame Pad를 시공하여 상부 Frame를 정확한 높이에 거치한 후 콘크리트를 타설하였다.

⑧ Winder Drum 제작 및 설치

Winder Drum은 고도의 정밀을 요하므로 공장 주문에 의하여 제작하였으며, 제작시 품질 및 공정관리가 철저하게 이루어지도록 하였다. Winder Drum은 중량(40Ton)이며, 정밀을 요하므로 반입시 조립을 고려하여 적재를 함으로써 현장에서 불필요한 이동 및 방향 전환등의 작업을 피하도록 하였다.

5. 지하수 제어를 위한 Pre-Grouting

본 현장은 지하 비축기지라는 특수성 때문에 설계치 이상의 용수량이 발생할 경우에는 저장 기능에 치명적 손상뿐만 아니라 지속되는 지하수 유입으로 암반 절리내의 풍화촉진 및 전단강도의 저하를 초래하여 동굴의 붕락으로 이어질 수 있으므로 양수설비의 증설 및 이에 따른 제반 문제를 야기할 수 있다. 이를 위해 암질 불량구간 및 다량의 누수구간에서 그라우팅 효율이 저조한 관계로 효율을 높이고 원활한 공사의 진행을 위하여 수 차례에 걸쳐 시험시공을 실시하였으며, 그 결과에 의거 시공방법을 보완

표 5. 그라우팅 시공 결과 및 비교

| 구분 | 당초설계안 | | | 장공그라우팅(1) | 장공그라우팅(2) | 다단계그라우팅 |
|--------------|---|-------|-------|---|--|--|
| 공법개요 | 10m 심도로 12공 천공을 하여 일반 시멘트로 주입 | | | 천공 심도 20m장공으로 증가 및 공수 19공으로 증가 (일반 시멘트사용) | 좌동 (마이크로 시멘트사용) | 다량누수구간 10~12m구간을 1차(9공), 2차(6공), 3차(11공)에 걸쳐 주입(일반시멘트) |
| 총누수량 | 61.3 | 453.5 | 156.8 | 365.5 | 182.2 | 900+411+81 |
| 평균누수량 | 0.26 | 1.89 | 0.65 | 0.96 | 0.61 | 12.32→5.7→0.75 |
| 시멘트 주입량 | 10.58 | 34.9 | 20.5 | 18.88 | 26.03 | 147→73→33.3 |
| 그라우팅후 굴착진행심도 | 6.5 | 3.0 | 5.5 | 6.5 | 7.0 | 11.1 |
| 장단점 | - 보편타당한 방법 - 총누수량150(l/min) 상회시 공수 증가 필요 - 총누수량450(l/min) 상회시 적용 곤란 | | | - 300(l/min)이상 누수 구간 적용 가능 - 굴진 속도 증대 - 다량 누수 구간 양수 대책 필요 | - 미세절리발달구간 적용용이 - 침투용이하지 않은 곳 적용 가능 - 작업 용이 - 재료비 고가 | - 효과 양호 - 그라우팅 시간 과다소요 - 대량 누수 구간 적용 가능 |

하며 공사를 진행하였다. 시험 그라우팅 방법은 표 5와 같이 4가지의 경우에 대하여 실시하고 상호 결과를 비교 검토하였다.

6. 지하암반 굴착을 위한 신발파공법(SA-Cut)

본 현장의 암반은 절리가 발달된 퇴적암층으로 구성되어 있으며, 염분이 함유된 해수가 유출되기 때문에 발파 효율이 매우 저조할 수 밖에 없다. 공사초기에 일반터널 현장에서 활용하고 있는 V-Cut 과 L,C-Cut 발파공법을 적용하였으나, 발파효율이 83% 정도에 불과 하였다. 그래서 본 연구소에서 기존 발파공법의 단점을 개선한 SA-Cut 발파공법을 개발하여 현장에 적용하였다. SA-Cut 발파공법은 심발부의 파쇄효과를 증대시키고 발파진동을 저감시킬 수 있는 단계식 발파공법으로써 발파효율을 91 - 94 % 정도로 유지 시켰다. 표 6은 본 현장에서 분석된 기존 발파공법과 SA-Cut 발파공법과의 경제성 비교를 나타낸 것이다.

표 6. 발파공법별 경제성 비교

| 구분 | 단위 | V-Cut | L,C-Cut | SA-Cut |
|--------|-------------------|--------|---------|--------|
| 터널 단면적 | m ² | 50.733 | 50.733 | 50.733 |
| 천공수 | 공 | 124 | 164 | 127 |
| 총장약량 | kg | 235.25 | 305.7 | 239.75 |
| 굴진장 | mm | 3100 | 3200 | 3400 |
| 총 천공시간 | h | 2.29 | 3.20 | 2.35 |
| 비장약량 | kg/m ³ | 1.50 | 1.88 | 1.39 |
| 굴착비 | 원/m ³ | 26,974 | 30,985 | 25,946 |

7. 맺음말

지중연속벽은 앞서도 언급한 바와 같이 많은 장점을 내포하고 있어 향후 국내 지하공사 현장에 도입될 것으로 판단된다. 본 공사에서 이용된 특이한 기술이나 공법을 요약 열거하면 다음과 같다.

첫째,

철근망의 양쪽에 강판을 접합하여 쇄석을 투입하는 방식의 지중연속벽 공법은 국내 최초로 도입된 공법이며 심도 또한 국내 시공실적이 전무한 대심도 공사라는 점에 의의가 있다.

둘째,

대심도 수직구 운반 시스템은 기존의 운반 시스템의 문제점을 보완하여 응용 개발한 것으로, 지하 심도가 50m 이상이고 공사 기간이 3~5년 이내의 지하공간 건설현장에서 경제적으로 운영할 수 있으며, 운반 능력을 극대화시킬 수 있기 때문에 최적의 운반 시스템으로 적용이 가능할 것으로 사료된다.

셋째,

터널의 굴착 중 지질 파쇄대에서 예상을 초과하는 다량의 지하수 유출로 인한 양수 및 그라우팅 작업으로 굴착 작업이 난관에 부딪히기도 하였으나, 본 연구소에서 개발한 암반분류시스템(LG-RCS)을 이용하여 막장 전방의 지질상태를 사전에 예측함으로써 적절한 그라우팅 공법을 적용하여 효과적인 차수를 할 수 있었다.

넷째,

기존의 발파공법의 문제점을 개선한 새로운 SA-cut 발파공법을 개발하여 본 현장에 적용하여 굴착효율을 증대시키고 원가를 절감하는 등 지하암반을 경제적으로 굴착 하였다.

한편, 시공에 있어서는 수정굴착 등의 연직도 관리를 통하여 연직도가 설계시의 1/300보다 훨씬 증대된 1/1000정도를 확보할 수 있었다. 지반개량의 유무도 보다 정량적인 방법으로 검토되었으며 시공결과 매우 효과적이라 판단되었다. 철근제작 및 건입에 있어서도 연속벽 연직도가 1/800이상 확보하지 않으면 건입되지 않는다는 매우 엄격한 조건에서 1/1000의 연직도를 확보하였다. 안정액 관리, 콘크리트 품질관리를 철차에 입각하여 시공 한 결과 콘크리트 품질이 가장 염려된 개소에서도 콘크리트 강도가 설계기준 강도에 비해 10%이상 초과하였다.

본 현장에 적용된 새로운 기술과 공법은 향후 해저 대심도 지하공간 사업 추진 시 매우 긴요하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.