

수갱공사의 기술적 문제에 대해서(Ⅳ)

李 隆 植

ON THE TECHNICAL PROBLEM IN THE SHAFT WORKS(Ⅳ) - YUNG JIK RHEE

1. 서 론

기 발표된 보문에서, 정수두압이 작용하는 수갱측벽의 두께 산정과 수갱굴하의 특성을 간략하게 설명하였다. 이 두부분에 대해서는 계속 다루어 나갈 예정이며, 본 회(回)부터는 수갱굴하의 원근적인 문제도 다루기도 한다.

광산이나 탄광의 수갱은, 심부에 부존하는 광체 또는 탄층에서 채굴된 광물과, 갱도굴진에서 나온 버력을 권양(捲揚)하고, 작업인원, 제반 자재, 압기동력원(壓氣動力源)이 되는 전기, 급수(給水) 등을 공급하여 안전한 갱내작업을 유지하기 위한 통기회로(通氣回路)를 형성시키고, 또한 갱내수(坑內水)를 배출하는 다목적의 대동맥(大動脈)과 같은 역할을 하는, 말하자면 광산의 가장 핵심체이다.

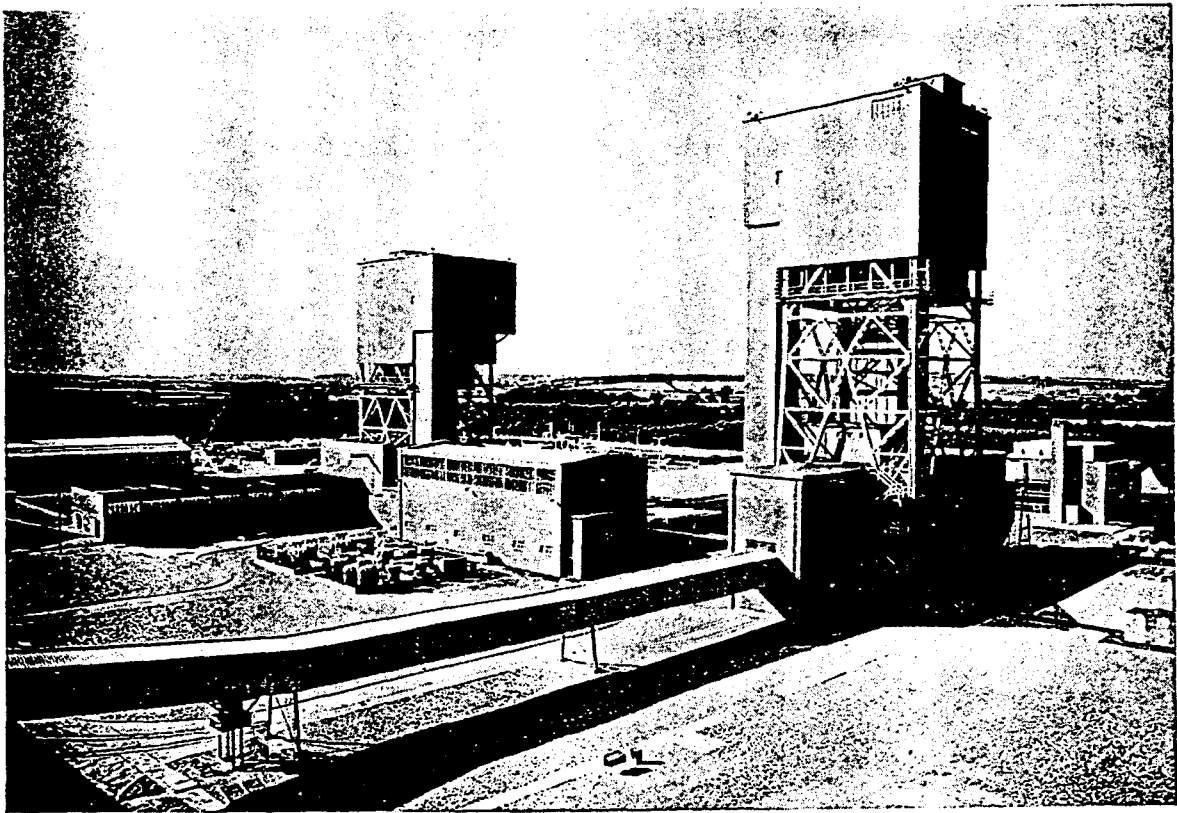
수갱공사는, 광산공학은 물론이러니와, 토목, 건축, 기계, 전기, 제어(制御)등, 공학의 여러분야를 망라한 분야로서, 그래서 MINE PLANT 라고도 한다.

따라서 수갱굴하 작업은 이 종합적인 MINE PLANT의 한 분야에 불과한 것이며, 굴하 완료후 계획된 생산을 하기 위해서는, 이에 알맞는 권양시설 즉 WINDER, SKIP, CAGE, BUNTON, GUIDE, LOADING, UNLOADING, 선탄장까지의 운반(주로 CONVEYOR SYSTEM) 시설, 그리고 이에 필요한 모든 부대시설을 해야 하고, 또한 필요한 통기량을 확보하기 위해서 선풍기시설, 배기(排氣) SHAFT와 선풍기를 연결하는 배기갱도(FAN DRIFT), 기타 배수, 동력, 통신시설의 설계, 시공을 함으로써 비로소 모든 시설의 완공을 보게 되는 것이다.

그런데 이 PLANT는 비탄 광산에서만 있는 것이 아니고 지하유류저장시설(주로 LPG)의 경우도 적용된다. 그 좋은 예가 1980년 중반에 완성된 영국의 KILLING HOLME LPG STORAGE로서, PROPANE, BUTANE 각각 125,000M³의 지하저장시설을 SHAFT에 의해서 시공했다. 이 경우 SHAFT는 제레식 방법(CONVENTIONAL METHOD)이 아니고 대구경 굴착기에 의해서 내경 2M의 SHAFT를 뚫었는데, 직경을 이렇게 작게 한

이유는 통과지층의 조건, 공기(工期) 단축, SHAFT PLUG의 경량화(輕量化)를 위해서이다. 그러나 125,000M³라는 적지않은 굴착물량을 권양하기 위해서 PAY LOAD (積載荷重)약 5톤, ROPE SPEED 7M/SEC의 WINDER를 설치해야 했고, 또한 SHAFT 직경이 작기 때문에 SKIP의 길이가 길어지고 따라서 상하 LOADING, UNLOADING POINT에서의 OVER WINDING 방지시설에 각별한 유의를 하였다.

장차 이나라에 지하 LNG 저장시설이나, 핵폐기물 저장시설의 건설 가능성을 전혀 배제하지 못하는 마당에. 따라서 이 SHAFT에 관한 기술을 계속, 전승(傳承), 발전시켜야 하는 필요성이 바로 여기에 있는 것이다.



(그림 1) 주권양기탑 전경

2. 수갱 굴하 순서

보통 수갱이라고 하는 것은 다음과 같이 상부에서 차례로 몇가지 부분으로 구분된다.

- 갱구 (FORE-SHAFT)
- 수갱본체 (SHAFT)
- 수평분기점 (SHAFT-INSET)
- 적하시설 부분 (UNLOADING POCKET)
- 갱저 (SHAFT SUMP)
- 배기 수갱인 경우에는 FORE-SHAFT 부분에서 FAN DRIFT가 분기(分岐)된다.

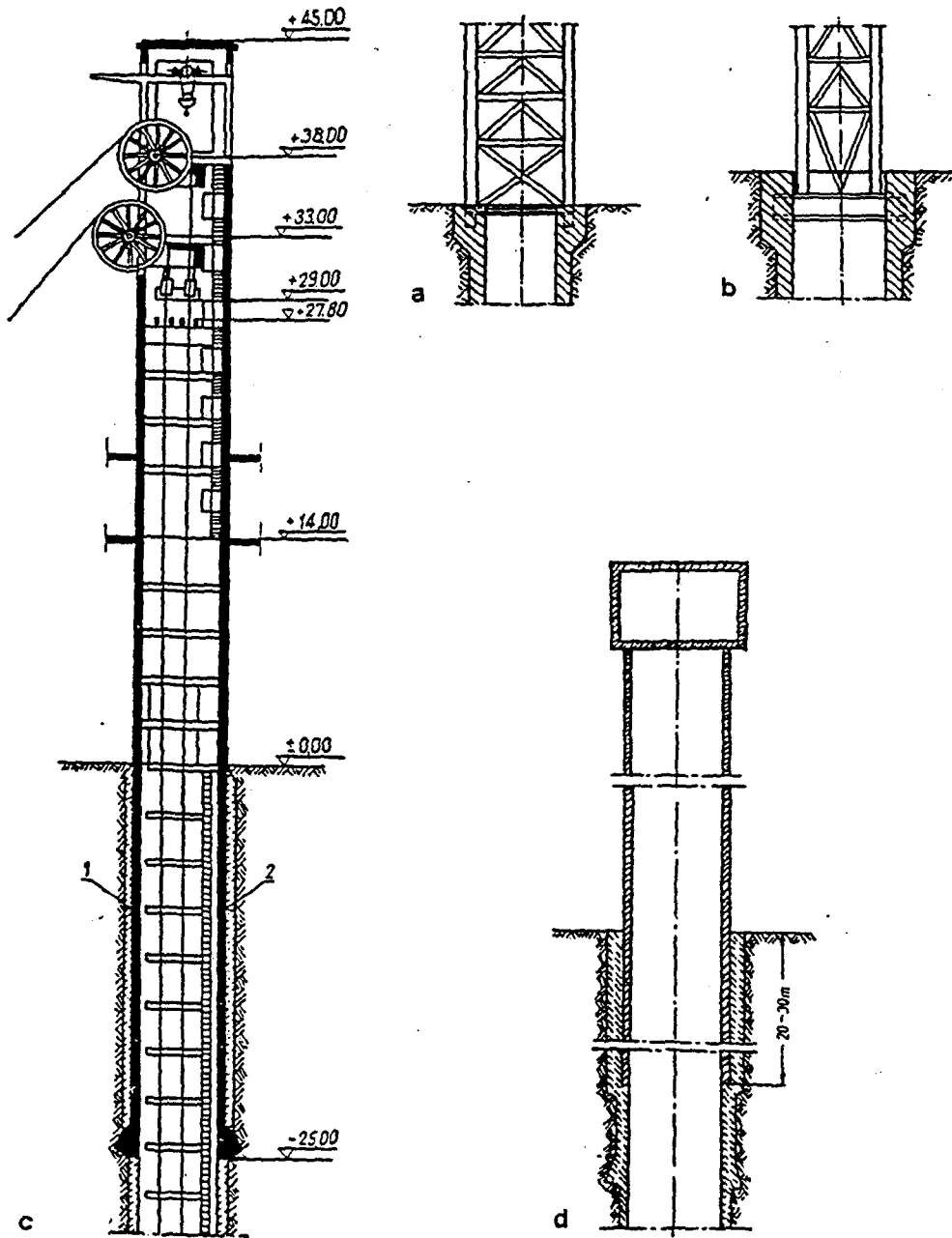
2.1 각 부분의 개요(概要)

- FORE SHAFT는 수갱 굴하의 천단계에 부분으로서, 이때는 SINKING TOWER, SCAFFOLD를 설치하지 못하기 때문에, CRANE 이나 DERRICK을 사용하여 통상 30~40M 심도까지 버럭반출, 인원승강, 축벽공사를 하는 것이 일반적이나, 특수한 경우에는 압기잡합법(PNEUMATIC CASION), 연속벽공법(SLURRY WALL METHOD), 기타 배수경도(DRAINAGE TUNNEL)를 이용해서 시공하기도 한다. 배수경도를 이용하는 방법은 CRANE이나 DERRICK등 중장비의 동원이 여의치 않을 때 이용하는 방법이다. 筆者가 담당했던 한성탄갱의 SHAFT 공사에서 이 방법을 썼는데, 이것은 SHAFT 갱구 약 30~40M 하부에 배수향도를 설치하여, SHAFT 위치에서 RAISING 하여 지표까지 올라와서 SHAFT 크기만큼 WIDENING하는 것이다.

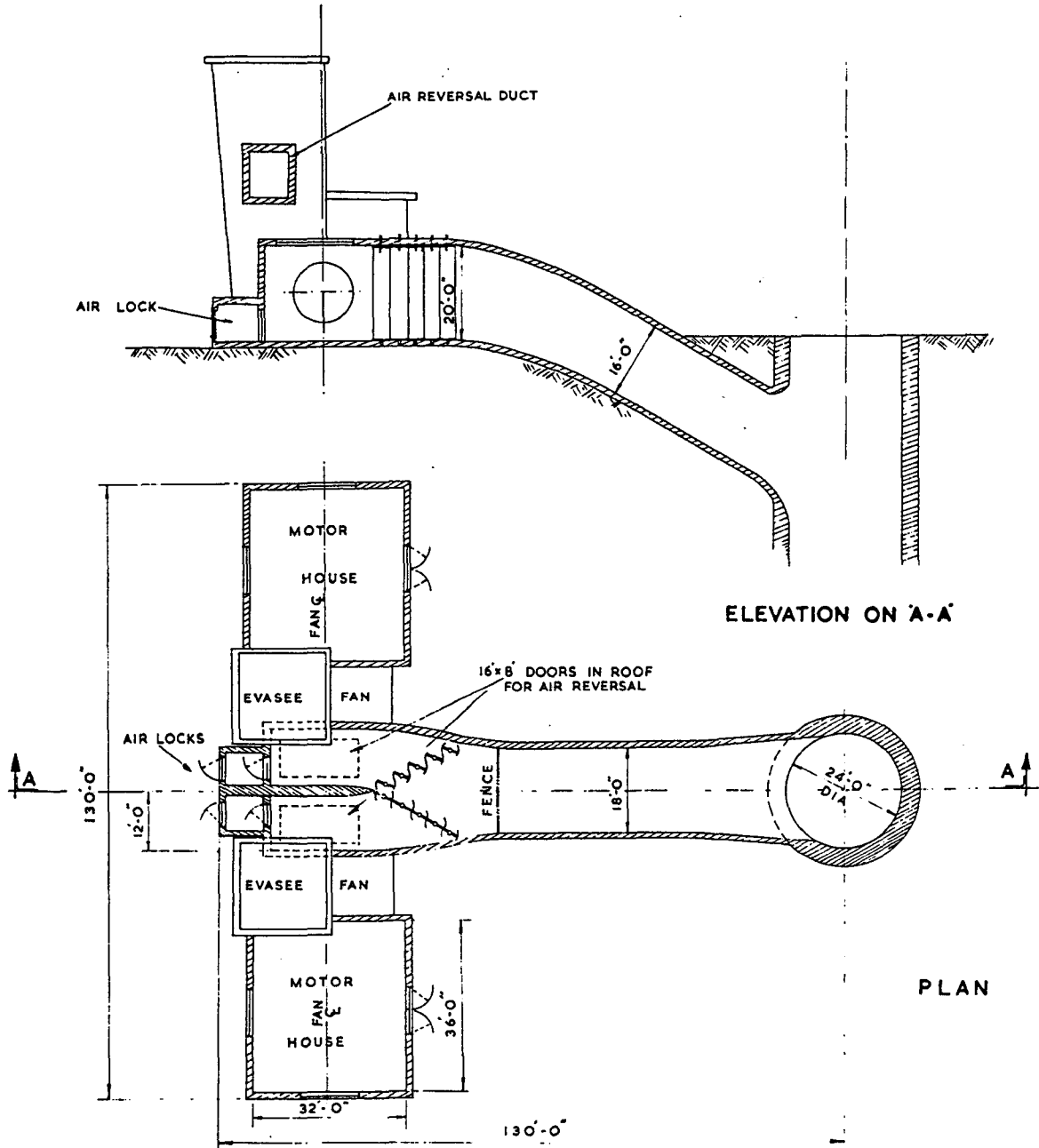
FORE-SHAFT 중에서도 기반암(基盤岩)까지 내려가는 부분을 SHAFT-COLLAR라고 하는데, 이 부분은 말하자면 SHAFT의 기초에 해당되며, 앞에서 말한 권양탑의 기초, 입기, 배기시설의 구조물이 설치되는 매우 중요한 위치이다.



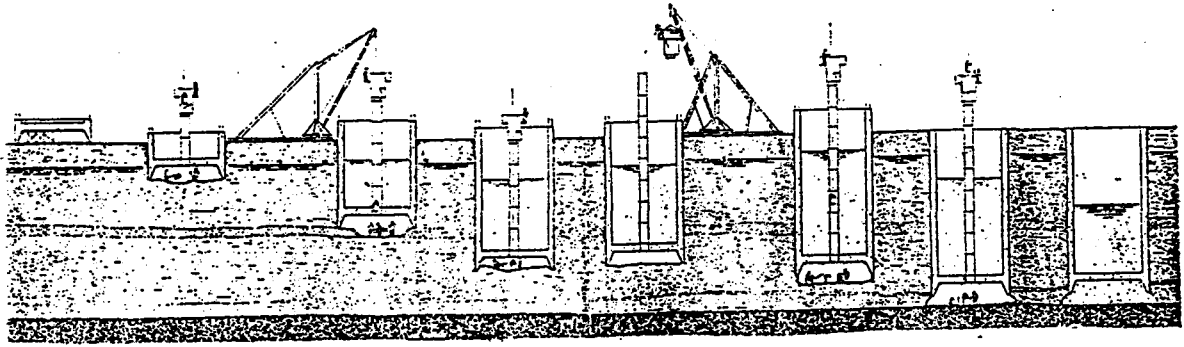
(그림 2) FORE SHAFT 시공



(그림 3) SHAFT COLLAR



(그림 4) FAN DRIFT

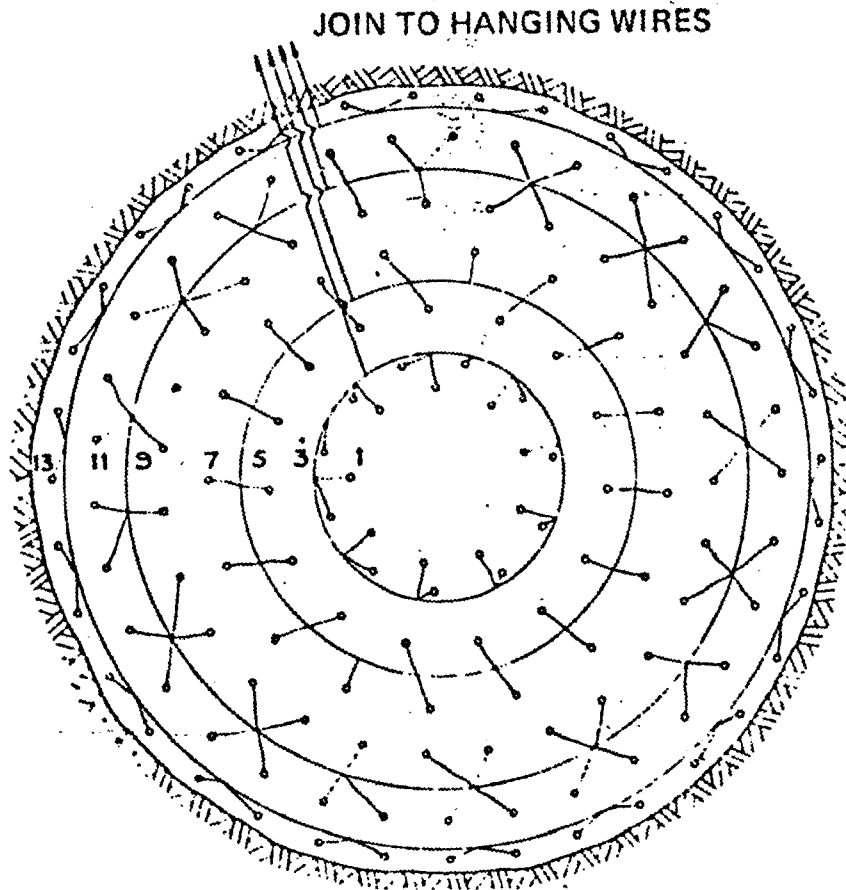


(그림 5) 잠함침하작업순서도

- SHAFT : 수갱 본체

- ① 정확한 수치는 파악할 수 없으나 전세계의 SHAFT는 이미 폐기된 것을 합해서 만(萬)개소는 될 것이다. 따라서 그 규모도 실로 천태만상이다. 직경은 작게는 2M, 크게는 10M 이상 되고, 형태도 구형(RECTANGULAR), 원형, 타원형등 다양하다. 구형은 주로 금속광산(METAL MINE)의 경우와 같이 암반이 견고할 때 채택되며, 타원형은 주로 남아프리카의 금광에서 이용하는데, 한개의 SHAFT를 다목적용으로 쓸 때 이 방식을 채택한다.
- ② 심도 또한 천차만별이다. 불과 수십 M 에서 깊게는 역시 남아프리카의 4,500M SHAFT도 있다. 이 정도의 깊이가 되면 보통 우리가 생각하는 시공 방식과는 여러가지 면에서 다른데, 그중에서도 특히 WINDING ROPE의 안전 계수(SAFTY-FACTOR)를 들 수 있다. 국내에서 시행되고 있는 광산보안법에 의하면 정하중의 경우 인원 승강에 대해서 10, 광석, 자재에 대해서 6이라는 수치를 고수하고 있는데 반해, 남아프리카에서는 안전계수가 4 밖에 되지 않는다.
- ③ 굴하 방법은 대별(大別)해서 두가지, 즉 재래식(CONVENTIONAL SHAFT SINKING), 대구경 굴착(LARGE DIA BORING)으로 나눌 수 있다. 갱내구조의 골격을 형성하는 STAPLE SHAFT SPIRAL CHUTE 등의 시공은 RAISE BORING MACHINE(RBM)의 이용이 활발하다. RBM이나 대구경 굴착기에 의한 시공방법은 별도로 다루기로 한다.
- ④ CONVENTIONAL SINKING의 순서는 천공, 발파, 배연(排煙), 버럭처리, 버럭권양, 측벽공사이며, 이들 단위 작업을 별도 또는 굴착과 측벽을 병행하는 동시공법이 있다.

⑤ 발파방식은 이미 설명한 바와 같이 (수갱공사의 기술적 문제에 대해서 (II)), 직렬, 병렬의 두가지 (특수한 경우 직병렬도 사용한다)가 있으나, 해수(BRINE WATER)가 SHAFT내에 들어올 경우 각별한 주의가 필요하다. 필자가 WINSFORD ROCK SALT MINE SHAFT에서 실습할 때, 不發事故가 자주 발생하였다. 직렬방식을 병렬로 바꾸려면, 동력전원장치를 새로 설치해야 하고, 매번 결선에 BUS-BAR WIRE를 써야 하는 등의 번거로움이 있어서 직렬방식을 그대로 사용했는데 이때 불발을 막기 위해서 STICK을 장악 공에 꼽아서 결선 부분을 수면위로 올리고, 연결부분에는 GREASE를 넣은 CAPSULE을 띄움으로 문제를 해결하였다.



(그림 6) 병렬발파 결선도



(그림 7) ROCKER SHOVEL에 의한
MUCKING

- 버럭 처리 (MUCKING 또는 LASHING)작업은 굴하작업의 능률을 좌우하는 제일 중요한 단위작업인데, 1940년말부터 기계화 작업이 시작되었다. 그전에는 약 20명의 인부 (SINKER)가 두줄의 원형으로 서서, 원형에 배치된 인부가 SHOVELLING할 때, 그 안의 인원 들은 KIBBLE에 버럭을 집어 넣고, 반대로 안의 인원이 SHOVELLING 하면서 자세를 낮출 때는 밖의 인원이 버럭을 투척(投擲)했다. 따라서 그 RHYTHM이 지속적으로 유지되어야 하고, 매우 숙련을 요하는 작업이다. 그후 구라파 에서는 CACTUS GRAB, 북미지역 에서는 CRYDERMAN 장비가 개발 되어 능률이 비약적으로 향상되 었다. 그러나 이러한 장비는 전부 SCAFFOLD 밑에 SLING하여 작동 시키므로, SCAFFOLD가 대형화 하고, 따라서 시설규모가 커진다. 그런데, 장대(長大) 터널을 굴진할 경우, 공기 단축을 위해서 중간에 SHAFT를 내려, SHAFT 밑에

서 작업막장(莫場)을 늘리는 방법이 있는데, 예컨대 일본의 상월신간선의 중산 터널(전장 14.8KM)의 경우, SHAFT를 (200~300M 심도) 3개소 시공하였다. 이런 경우 산간오지에서 SHAFT를 내리기 때문에 여러가지 작업여건이 미흡하다. (電力, 장비동원, 인원확보 등) 이때는 ROCKER SHOVEL을 이용하면 매우 편리 하다.

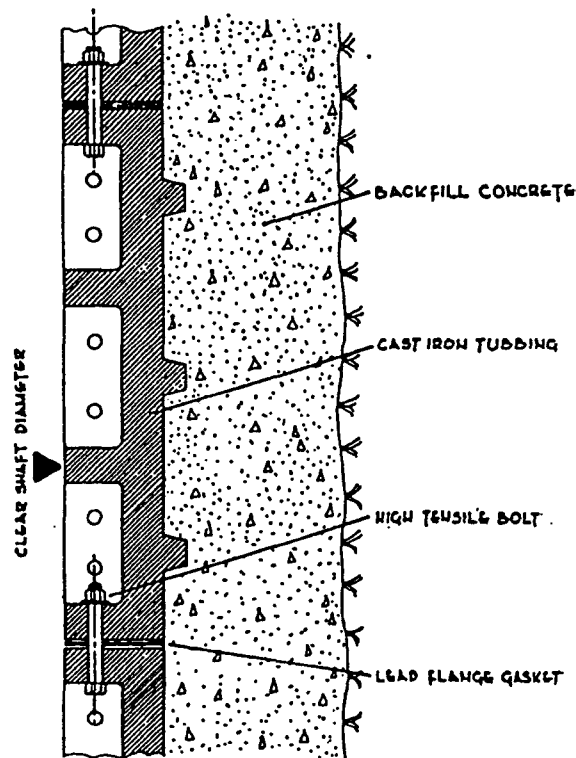
- 수갱을 영구적으로 보전하기 위한 축적작업도 매우 다양하며, 여기에는 그간 수많은 SHAFT를 시공하며 겪은 난관을 타개해 온 SHAFT 종사자들의 고난의 발자취가 엿보인다. 지금 그 방법을 순서대로 羅列해 보면,

- 목재지보 (WOODEN TIMBER)
- 벽돌지보 (BRICK LINING)
- 콘크리트 지보, 콘크리트 블럭(CONCRETE BLOCK), 보강 콘크리트 지보
- 주철 TUBBING (CAST IRON TUBBING)
- 주강 TUBBING (CAST STEEL TUBBING)

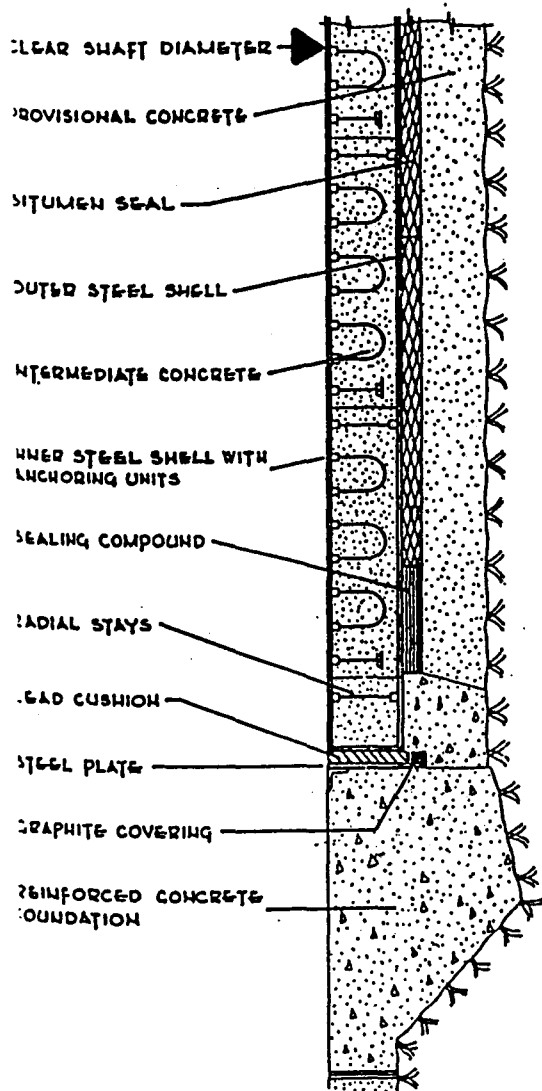
등이 20세기 초반까지 사용되어 오다가, 40년대 주로 독일에서 개발된 방법은,

- 내면에 보강 콘크리트, 중간에 주강 강판, 외면에 콘크리트 타설
- 이중 강관(STEEL CYLINDER)을 설치하고, CYLINDER 중간과 내면에는 콘크리트 타설
- 내면에 보강 콘크리트, 외면에 콘크리트, 중간에 BITUMEN 설치
- 강판안에 BITUMEN을 부착, 외면에 보강 콘크리트 타설

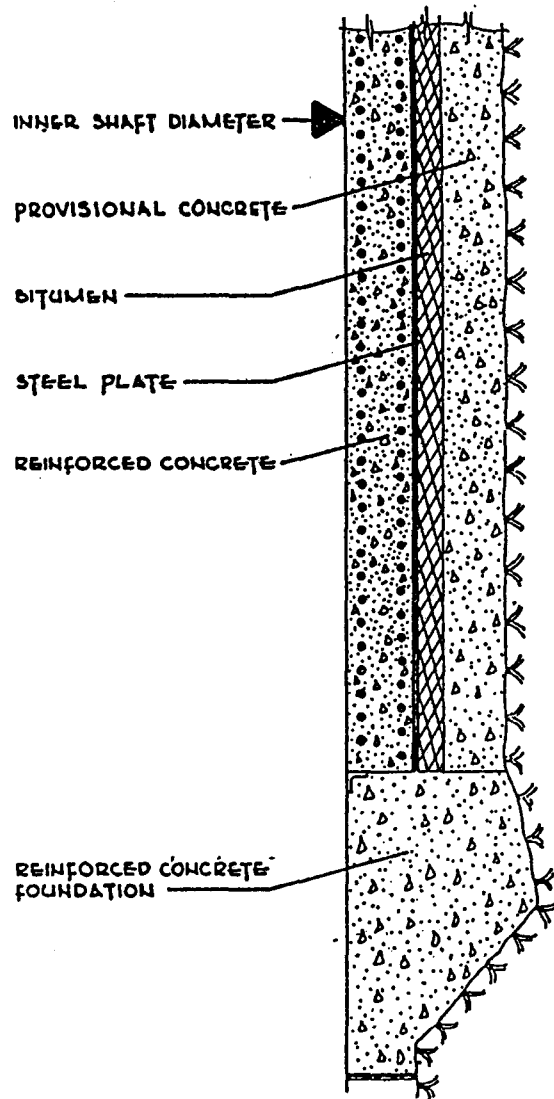
등 매우 다양한 방법이 있다. 이 방법들은 전회에서 언급한 바와 같이 복잡한 반압현상에 대처하기 위해서 고안된 것이다.



(그림 8) A CAST IRON TUBBING SYSTEM,
WITH BACKFILL CONCRETE



(그림 9) DOUBLE STEEL CYLINDER WATERTIGHT LINING, WITH INNER AND OUTER CONCRETE



(그림 10) REINFORCED CONCRETE WITH A WATERTIGHT SHEET STEEL LINING, BACKFILLED WITH CONCRETE AND SEALED WITH BITUMEN

- 수갱 수평분기점(SHAFT INSET, LANDING STATION)

모든 분야가 다 그렇듯이, 이 수갱 작업에 사용되는 기술용어(TECHNICAL TERM)도 구라파와 북미주간에 차이가 있다. INSET는 구라파, LANDING STATION은 북미주에서 사용된다. 좀더 예를 들자면,

- WATER GARLAND(구), WATER RING(북미)
- WINDER(구), HOIST(북미)
- CAPSTAN WINCH(구), SCAFFOLD HOIST(북미)
- SHUTTERING(구), STEEL FORM(북미)
- ROADWAY(구), DRIFT(북미)
- DRIFT(구), SLOPE

등 매우 다양다기하다.

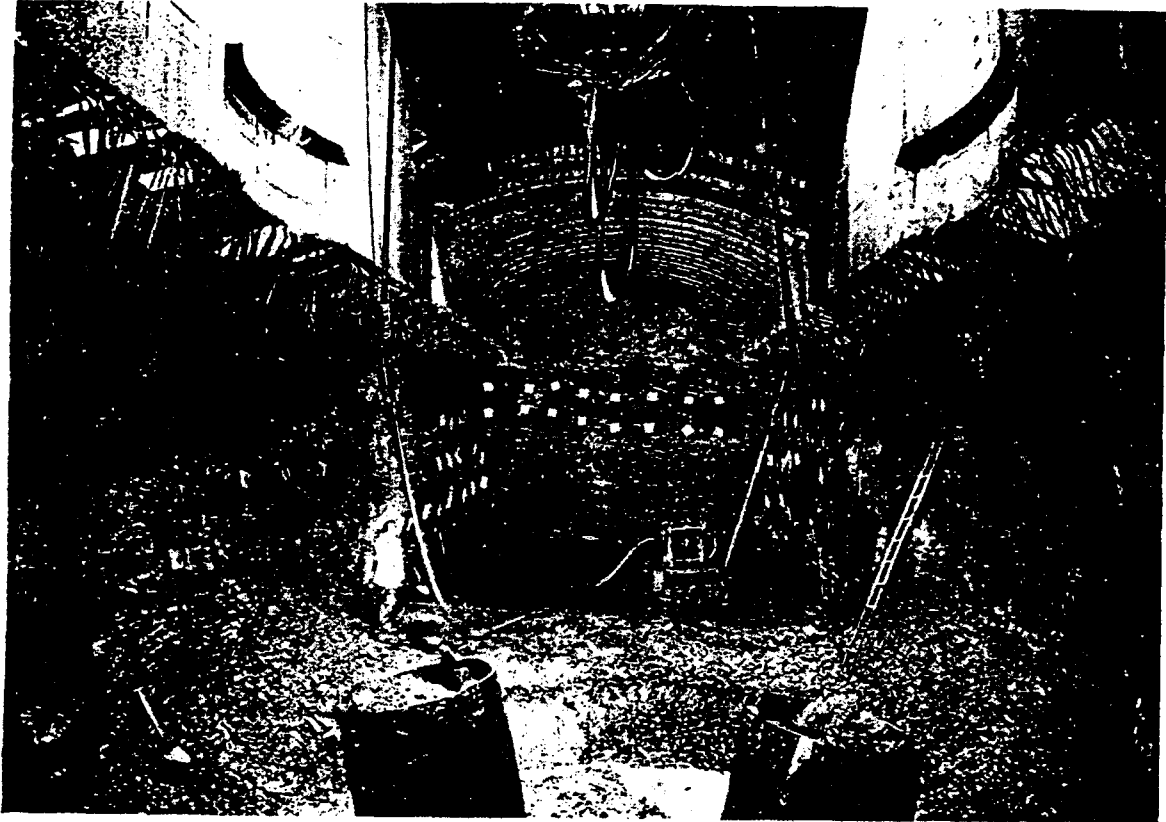
이 INSET는 수갱 굴하의 궁극적인 목적을 달성하기 위한 방법이다. 즉 SHAFT에서부터 수평경도를 굴진함으로써, 광산의 경우 광체까지 도달하여, 채굴된 광석을 SHAFT까지 운반해 나오는 것이며, 지하 저장 시설의 경우 저장 공동(CAVERN)을 굴착하기 위하여 굴진하게 된다.

SHAFT와 연결(連接)된 수평경도는 비교적 대단면이다. 따라서 이 부분에서 야기되는 반압 현상은 매우 복잡하고, 중압이 오기 쉽고, 그래서 단면(斷面), 굴착순서, 지보방법등은 정확한 지층의 특성 파악과 적절한 설계에 의거, 정확한 시공이 요구된다.

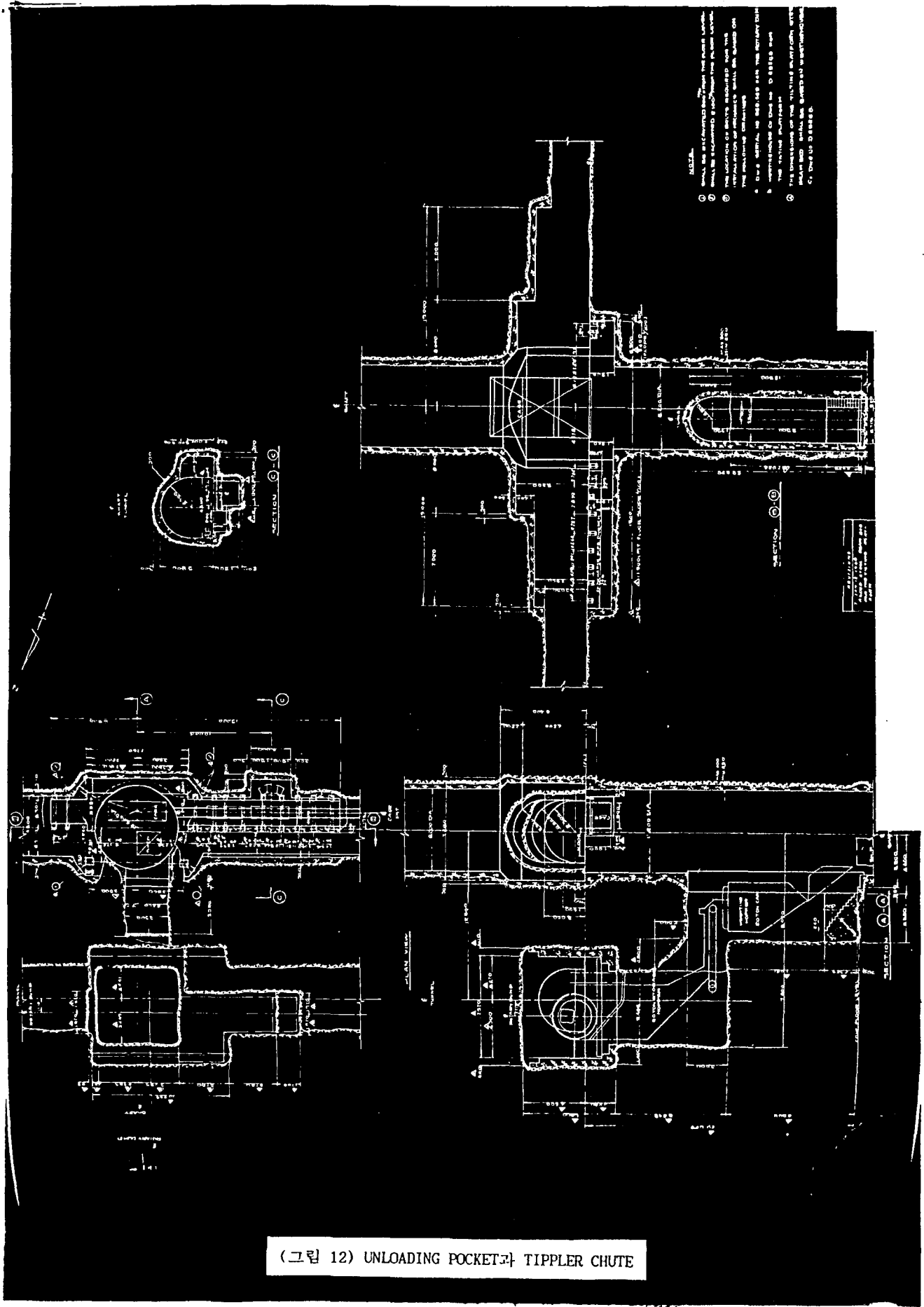
- 적하시설 부분(UNLOADING POCKET)과 SUMP

채굴된 광석을 광차(MINE CAR)에 담아서 CAGE에 실어서 지상으로 권양할 경우에는 UNLOADING POCKET가 필요없으나, SKIP에 실을 경우에는 별도 시설을 해야 한다. 광석은 INSET에서 굴진 수평 경도와는 별도 경도에서 광석이 TIPPING되어 CONVEYER를 통하여 UNLOADING BIN 또는 HOPPER에 들어 가는데, 이 일련의 운반 시설을 수요하는 부분을 UNLOADING POCKET라고 부른다.

HOPPER의 용량은 SKIP의 그것과 같게 하며, HOPPER 하부에 LOAD CELL을 설치하여 일정량(SKIP의 PAY LOAD)이 들어오면 운전이 자동 정지토록 한다. INSET 하부 SHAFT 바닥까지를 SUMP라고 하는데, 여기에는 CAGE나 SKIP의 OVERWINDING 방지 장치(TAPERED GUIDE, 또는 새로 개발된 HONEY-COMB TYPE GUIDE), WINDING ROPE의 최하부 보호 장치, 그리고 최하부에 SPILLAG BUNKER (SKIP에 적제시 흘리는 광석을 받아서 올리는 장치)와 SUMP PUMP가 설치된다. 또한 장치 DEEPENING에 대비하기 위한 여유분의 깊이를 확보한다. 따라서 최하부 INSET에서, SHAFT BOTTOM 까지는 50~60M의 깊이가 있어야 한다.



(그림 11) INSET 굴착



(그림 12) UNLOADING POCKET과 TIPPLER CHUTE