



토목안전 작업 절차서

터널공사

터널내 굴착작업

CODE No. KISA - A04 -010

1. 천공법(穿孔法)

천공(drilling)의 양부는 폭파효과에 큰 영향을 미치는 것이므로 위치 및 방향은 미리 폭파계획에서 정해진 천공배치에 따라 정확하게 실시하고 그 깊이도 정확해야 한다. 도갱을 굴진하기 위한 천공에 있어서 깊이 90cm 이상을 천공하는 경우에는 보통 착암기를 사용한다.

가. 심빼기 발파법

(1) 명칭 및 발파순서

도갱의 중앙부에서 제일먼저 폭파시키는 구멍을 심빼기공(心拔孔, center cut)이라 하고 그 다음 폭발은 양쪽에 있는 측면구멍(拂孔, side hole), 다음에 천정에 있는 상면구멍(冠孔, top hole), 밑에 있는 하면구멍(踏孔, lifter hole)의 순서로 폭파한다. 4개의 심빼기공으로 부족할 경우에는 심빼기 보조공을 만들어 먼저 폭파를 시킨다.

(2) 심빼기 공법

심빼기 공법에는 wedge cut(V-CUT), swing cut, pyramid cut, burn cut, no cut 등의 종류가 있다. 터널에 잘 쓰이는 것은 미국에서 많이 사용되는 췌기모양의 wedge cut와 유럽에서 많이 쓰이는 pyramid cut가 있다.

(3) 천공의 깊이와 천공수

천공의 깊이가 큰 것은 폭파능력이 부족하게 되어 때로는 불발의 위험이 생긴다. 따라서 천공의 깊이는 췌기형은 2.4~3.0m, 원뿔모양의

pyramid형은 1.2~1.5m 정도로 한다. 도갱(導坑)에 있어서 구멍의 수는 지질에 따라 다르나 대개 구멍의 간격을 60cm 정도로 하면 유효하게 되고, 경암(硬岩)에는 넓이 0.25㎡, 경암에 가까운 연암에서는 0.48㎡에 대하여 1개씩 뚫으면 좋다.

(4) 장약량

장약량은 암질에 따라 다르나 실험에 의하여 정하는데 천공 깊이의 1/4~1/2 정도로 사용한다. 도갱에 사용되는 폭약량은 일반적인 작업보다 많이 쓰게되어 대략 1.5~4.0kg/cm²이다. 그러나 각 구멍에 대한 폭약량은 다른 것이 보통인데 심빼기공을 100으로 기준할 때 폭약량의 비율은 ① 심빼기공 - 100 ② 보조구멍 - 75 ③ 측면구멍 - 75 ④ 상면구멍(관공, 구석) - 80 ⑤ 하면구멍(답공, 구석) - 120 ⑥ 상면구멍(관공, 중간) - 70 ⑦ 하면구멍(답공, 중간) - 100 등이 있다.

2. JUMBO DRILL

착암기(rock drilling machine)를 싣고 굴착작업을 할 수 있도록 만든 대차를 짐보라 하는데 철재기둥을 단 점보위에 여러대의 착암기를 장치하여 자유로이 상하나 좌우 등으로 이동시키면서 임의의 위치에 고정시켜 굴착작업을 편리하게 능률적으로 할 수 있게 한 것으로 터널의 전단면 굴착 등에 주로 사용한다. 이 점

보에는 대형과 소형이 있으며 대형은 주로 터널굴착에 사용하고 무거운 대차위에 강주 또는 boom을 달아 그 자중으로 안정을 유지한다. 그리고 소형은 주로 광산 등에서 사용한다. 소단면 터널 굴착에는 착암기 지지용의 강주를 사용한다. 이 강주에는 수직과 수평의 두가지가 있다. 어느 것이든지 지름이 75~100mm의 강관으로 그 단에 screw jack이 있어 고정한다.

3. TUNNEL BORING

가. 종류

(1) 절삭방식 : 절삭방식은 drum cutter 방법 이라고 하는데 700~800kg/cm² 정도의 연암에 적합하며 almeyer형이 대표적이다.

(2) 압쇄방식 : 압쇄방식인 것으로는 robinson형이 유명하며 disk cutter 방식이라고 부른다. 이것은 여러개의 독립된 cutter를 다수 장치한 cutter head를 회전시켜서 1,000~2,000kg/cm² 정도의 암석을 절단 파괴하는 것이다.

나. T.B.M 공법

(1) 본바닥은 이완시키지 않으므로 동바리공이 간단해지며 낙반이 적고 작업자의 안전성이 높다. 따라서 라이닝의 두께를 얇게 할 수 있다.

(2) 여유를 적게 하여도 되므로 굴착량, 라이닝 콘크리트량이 적어지며 시공이 유리하다.

(3) 터널내의 공기 오염도가 적다.

(4) 작업인원의 수가 감소된다.

(5) 설비투자액이 크다.

(6) 본바닥의 변화에 대하여 적응하기가 곤

란하다.

(7) T.B.M의 최대 난점은 연약지반에 대해 적절한 대처방법이 없는 것이며 용수대와 파쇄대를 만나는 경우 공기가 지연되고 손실이 발생한다.

4. BIGZONE 굴착기

미국의 memuco사에서 제작한 것으로 앞에서 말한 터널 보링기와 조금 다르다.

가. 구조

보링 굴착기는 shield 상부에 개별로 추진할 수 있는 보링판이 있고 shield내에 4m² 정도 실을 수 있는 ripper가 붙은 bucket이 backhoe식으로 장치되어 있다. 이 것이 shield내의 환동장치를 활동시켜 bucket arm의 회전굴진에 의하여 막장 전체를 굴착한다.

나. 굴착방법

먼저 막장을 심빼기 모양으로 굴착한 다음 bucket판과 bucket의 ripper로 토사를 붕락시키면서 굴진해 나간다. shield는 jack을 통하여 뒤에 있는 뼈대 격자책(rib and racking) 방법에 의해 동바리공 및 invert segment가 받는다. 1행정(stroke)에 평균 1.2m, 1회전 시간(cycle time)은 보통 60~140분이고, shield 추진에 25%, precast segment 설치에 8%, 동바리공에 32%, 격자책(racking) 삽입에 35% 정도가 작업에 소요된다.

다. bigzone 굴착기의 특징

① 전단면 굴착공법에 의한 작업의 고도화를 기할 수 있다. ② 연암석에 있어서 급속 굴진을 할 수 있다. ③ 작업의 안전성을 확보할 수 있

다. ④ 연약지반이나 용수에 의하여 막장이 고정되어 있지 않을 경우나 연암에 봉착했을 때 시공에 다소 어려움이 있다.

5. MESSER 공법

가. 구조

Messer이라는 mesh knife를 터널형상에 따라 조합한 messer 흠물막이판을 특수 jack으로 1매씩 둘러싼 공간을 안전하게 굴착하여 동바리를 조립한다.

나. 굴착방법

Messer판은 터널입구 또는 터널중간에 messer판의 길이에 따라서 보통 동바리보다 둘레가 큰 H형강 동바리를 설치한다. messer판은 이것을 떠받드는 강동바리공에 반력을 주어 jack으로 삽입해 가면서 삽입이 끝나면 지지틀 공간을 굴착하며 messer판의 꼬리부터 동바리를 조립하고 다시 messer판을 전진시킨다.

다. MESSER 공법의 특징

- (1) 바느질(縫地) 공법에 비하여
- ① 여굴이 적어 지표 침하가 작고 콘크리트 텃치기울도 작다.
 - ② 안전하고 노무자 수가 적어지며 숙련공이 필요치 않다.
 - ③ 흠막이판이 적어도 되고 공사비도 다소 절감된다.
 - ④ 막장의 급변에도 적응시킬 수 있다.
 - ⑤ 곡선부의 시공에는 다소 힘이 든다.
- (2) shield 공법에 비하여
- ① 임의의 단면을 굴착할 수 있다.
 - ② 사용기기가 간편하고 공사비도 싸다.
 - ③ 후미공간이 적고 지표의 침하가 작다.
 - ④ 압기공법을 병용할 수 있다.
 - ⑤ 연약지반 또는 보통 모래질 지

반에는 가장 적당하다.

6. 버력반출작업

버력반출작업은 터널굴착에 있어서 가장 시간이 많이 드는 것으로 보통 전공정의 1/2~2/3 정도이다. 따라서 적재기계, 버력운반방식, 운반차의 크기, 버력버리기의 설계 등 버력처리 계획은 공정에 적합하도록 충분히 검토해야 한다. 버력적재기는 압축공기 전기 내연기관이 있으며, 주행방식에는 레일식과 크롤러식이 있다. 기종 선정에 있어서는 터널단면에 적합하고 능력은 운반차의 용량과 균형을 이루어 능률적으로 적재할 수 있는 것을 택하여야 한다. 특히 크롤러식 적재기를 사용하는 경우 암질에 따라서는 노반을 약화시키는 일이 있으므로 주의해서 시공하여야 한다. 버력운반방식은 레일식과 타이어식이 있는데 터널단면의 크기, 암질 등을 고려해서 신중하게 결정하여야 한다.

가. 버력신기

(1) 인력신기 : 삽으로 직접 운반차에 싣거나 암석일 경우 철재 삽태기로 담아 운반차에 싣도록 한다. 또한 중력을 이용하여 싣는 때도 있다.

(2) 기계신기 : 기계신기에는 shover형으로 협소한 터널내에서 석탄 버력 등을 긁어담는 rocker shover, 넓히기 굴착용으로 conway shover 등이 있다. 기타 hoar shover, eimco loader, convey shovel, scraper형 등이 사용되고 있다. hoar shover, rocker shovel, conway shovel, convey shovel은 퀘도식이고 eimco loader는 tractor식이다.

나. 버력운반

버력대차의 입환작업의 양부가 공사전체에 미치는 영향은 크다. 그러므로 선로의 배치를 잘 하여야만 작업능률을 올릴 수 있다.

(1) 버력운반기계 : 버력운반기계는 보통 버력대차, 덤프트럭이 사용된다. 터널단면의 크기와 버력적재기의 능력을 고려해서 시공계획에 적합한 크기 및 대수를 결정하여야 한다.

(2) 토운차입환방법 : 토운차입환방법은 cherry picker나 calipornia switch가 일반적으로 사용되는데 공사방법에 적합한 것을 채택하여야 한다.

▲ Pocket선 및 측선 : 복선부분을 일열차 유치시킬 수 있는 연장으로 설치한다. 기관차가 우선 빈차를 도갱부근의 뒤에서 밀고 빈차선에 남겨둔다. 쇼벨로 빈차에 버력을 전부 실으면 기관차가 돌아 들어가서 끌고 나온다. 이에 앞서 다른 한줄의 빈차가 빈차선에 들어가 대기하고 있다. 이것은 작업공간을 두지 않게 하기 위한 것이다. 이 방법의 불리한 점은 도갱의 굴진에 따라 pocket 이동이 곤란하고 실효시간이 많이 걸린다는 것이다. 인력으로 실효하는 경우에도 이 pocket선 또는 측선을 적당한 곳에 설치하여야 한다. ▲ calipornia switch : 이것은 pocket선을 확대 이용하는 방식이다. 즉 한쪽의 조립되어 있는 pocket 선을 단선위에 얹어 놓는 방식이다. 이것을 이동하려면 jack로 올려서 밑에 있는 레일과의 사이에 롤러를 끼워 기관차를 간단하게 이동시킬 수 있다. ▲ cherry picker : 최근에 대단히 유효하게 사용되는 것으로 막장에서 좀 떨어진 곳에 견고한 보를 만들어 보위에 소형활차가 있고 압기식 cylinder가 밑으로 달려있어 이것

으로 레일면에서 30cm 정도로 빈차를 달아올려 빈차와 활차가 같이 움직여 본선에 방해가 되지 않는 곳까지 측벽에 대어 놓는다. cherry picker에 빈차를 미리 달아놓고 기관차의 앞에 빈차를 달아 쇼벨이 있는 막장에 밀고 가서 버력실효기가 끝나면 끌고 나와 버력을 실은 토운차 앞에 cherry picker의 빈차를 내려 놓으면 기관차로 빈차를 밀고 가는 동시에 cherry picket로 기관차 뒤에 있는 빈차를 달아 올린다. 이런 작업을 반복한다. ▲ dicktion conveyer : dicktion conveyer는 폭 93cm, 연장 21.3m의 벨트-컨베이어로 되어 있다. 또 잔교식 벨트-컨베이어의 밑으로 토운차가 통행하게 되어 있다. 이 장치는 기관차의 바뀌내기 조작용이 필요없고, 토운차로 단 채로 앞의 빈차에서부터 차례로 컨베이어에서 떨어지는 버력을 실어서 운반할 수 있다. 이 경우에도 대기하고 있는 일열차가 있어서 끊임없이 작업을 계속하도록 해야 한다. ▲ diamond crossing : 도항 부근에 복선을 부설하여 굴진하는 데는 diamond crossing을 쓰면 대단히 편리하다. 굴진함에 따라서 이 crossing을 전진시켜야 한다. ▲ car pather : 빈차를 옆으로 밀어내어 놓고 버력을 실은 차를 통과시키는 간단한 바뀌내기 장치로 되어 있다. ▲ 기타 : gross hopper, sliding tunnel floor 등이 있다. 이들 제공법 중에서 현장조건과 장비의 확보조건 등을 고려하여 적정하게 선정한다. 