

터널작업의 안전

지난호에는 안전한 터널작업을 수행하기 위한 사전조사, 공법선정, 시공계획에서 작업안전대책에 대해 게재하였다. 이번호는 지난호에 이어 터널내 환기, 조명, 소음, 진동 등 환경적 측면과 밀폐공간인 터널에서의 가연성 가스의 취급과 붕괴, 낙석 재해에 대한 대비방법에 대해 게재한다.

터널작업의 안전 게재 목차

<지난호>

- 1 사전조사
- 2 공법선정
- 3 시공계획
- 4 터널공사의 작업안전대책

<이번호>

- 5 터널내 환기 및 조명 대책
- 6 터널내 소음 및 진동 대책
- 7 터널내 가연성 가스 대책
- 8 붕락 및 낙석 재해

5. 터널내 환기 및 조명 대책

가. 환기

터널내의 오염된 공기, 부적합한 온도 및 습도에 대한 주요 대책은 다음과 같다.

① 공기의 오염된 정도와 온도 및 습도에 따라 적정한 용량의 환기설비를 확보하고, 공기공급관의 파손이나 접속부의 탈락이 없도록 하며, 팬의 소음감소 등에 대한 제반 조치도 강구되어야 한다.

② 착암기는 반드시 습식형을 사용하여 분진이 발생하지 않도록 한다.

③ 버력 및 파쇄석 반출시 발생하는 분진은 물을 뿌

려 막는다.

④ 발과 후 충분히 환기시켜 공기가 정화된 후 작업을 하도록 한다.

⑤ 사용기계는 전기용 또는 Battery 장비를 사용하고, 부득이 내연기관의 장비를 사용할 시에는 배기가스의 처리장치를 설치하고, 동시에 배기가스의 환기를 철저히 한다.

⑥ 유해가스에 항상 주의를 기울이고, 이상 발견시는 즉시 신고될 수 있도록 하며, 가연성 가스(특히 메탄가스)가 발생시에는 화기류의 취급을 엄금한다.

⑦ 작업시 방진마스크와 보안경을 반드시 착용한다.

나. 조명

① 막장이나 직접 작업을 하는 장소의 조명은 조도가 70룩스 이상이어야 한다.

② 터널내의 통로 등 직접 작업을 하지 않는 장소의 조명은 작업자의 통행과 차량 운행에 안전한 정도의 밝기를 유지하여야 한다.

③ 조명설비는 비금속, 방수 및 방풍시설로 해야 하고, 작업자나 장비와 일정한 간격을 유지해야 한다.

④ 조명기구가 파손되었거나 제기능을 발휘하지 못할 경우에는 즉시 보수하거나 교체해야 한다.

⑤ 수증기 등에 의한 시계의 불량으로 작업이 어려울 경우에는 Cadmium Lamp를 같이 사용한다.

⑥ 투광기의 방향이 작업자를 직접 향하지 않도록 조치한다(눈부심에 의한 재해방지)

⑦ 광원이 움직이지 않도록 한다.

⑧ 작업바닥면과 발판마루면에 강한 그림자가 만들어지지 않도록 한다.

⑨ 전구에 흙이 묻어 있을 때에는 먼저 스위치를 끈 후 어느 정도 전구가 식은 다음 형질조각 등으로 닦아 항상 밝게 사용한다.

6. 터널내 소음 및 진동 대책

터널내 소음 및 진동의 발생원은 발파에 의한 것, 착암기, Shovel 및 송풍기 등이 있다.

터널공사에 의한 소음 및 진동은 발파에 의해 발생되는 에너지의 크기와 Compressor 등의 충격이 포함되어 순간적이고 단순적으로 발생되므로 대책 수립이 극히 어렵다.

가. 소음 및 진동의 대책

① 발생원에 대한 대책

① 소음 및 진동의 감소가 가능한 공법의 검토

② 기계에 대한 방음 및 방진 처리

③ 공사관리의 개선

④ 전파경로에 대한 대책

① 거리의 확보

② 방음벽의 설치(경소음)

③ 지반을 굴착하여 차단(진동)

③ 피대상물에 대한 대책

① 협조 또는 부상

② 주택 등에 방음 및 방진 처리

나. 소음 및 진동의 관리

① 사전조사

터널공사에서 소음 및 진동에 의한 문제가 발생할 가능성이 있는 경우에는 공사착수 전에 굴착방법과

가설비계획 등을 검토하여 대책 강구가 필요한 대상에 대해 면밀한 조사를 하여야 한다.

조사사항은 지형 및 지질에 대한 자료수집, 소음 및 진동의 현황, 주변 주택·학교·병원 등 시설의 현황, 주변 농축산의 영농상황, 주변 구조물의 상황 등이다.

② 관리치의 설정

소음 및 진동의 허용치는 인체, 가옥 등에 대한 허용기준이 설정되어 있다. 공사 중 관리치의 설정은 특정작업의 경우 안전기준에 의한 규제치를 정하여 이를 준수해야 할 최저한계로 한다.

발파작업에 있어서 기준치가 정해져 있지 않은 경우가 많은데 직접 규제를 받지 않는다 할지라도 관리치를 정하여 관련 주민들과 사전에 협의하는 것이 좋다.

① 소음 관리치

소음은 공사 중 발생하는 음이 단속적이고 폭발적이므로 이의 허용치 판단은 어려우나 통상 산업안전보건법 및 환경법의 기준에 준하여 관리치를 정한다.

② 진동 관리치

진동에 대한 관리치는 과거 실예를 살펴보면 인체 0.1~0.5cm/sec 가옥 1.0~3.0cm/sec 기존 구조물 1.0~6.5cm/sec이다.

현장에서는 실제 진동을 측정하여 진동의 기준에 따라 관리치를 설정하는 것이 바람직하다.

다. 발파시의 대책

① 소음 대책

발파소음원에 대한 대책은 화약사용량을 감소시키는 것이 효과적이며, 저폭속 및 저밀도 화약의 사용과 지연발파 등을 행하면 소음감소의 효과를 얻을 수 있다.

그러나 발생원에 대한 대책만으로는 발파로 인한 소음을 해결하는데 한계가 있으므로 전파경로에 대한 대책을 동시에 채택하여야 한다.

이러하면, 터널입구에 방음덮개나 방음벽 등을 설치하는 것이다.

② 진동대책

발파에 의한 지반의 진동은 클 뿐만 아니라 사용하는 화약의 종류, 화약량, 발파방법, 거리, 지반의 지질, 진동파의 전파조건 등 많은 요인에 따라 차이가 많아 대단히 복잡하고, 이론적인 예측이 어렵다.

그러므로 대책수립시 시험발파를 실시하고, 이를 바탕으로 하여 발파진동을 추정하는 것이 좋다.

발파진동의 대책은 화약량의 조절, 화약종류의 선택, 발파방법의 개량 등이 있다.

③ 위 발파의 소음 및 진동에 대한 문제해결이 발파 공법으로 곤란한 경우는 기계에 의한 무발파공법을 채택할 수 있다.

그러나 기계굴착은 암질 및 함석의 강도, 용수 및 지질의 변화 등이 적합한 경우에만 가능하므로 충분한 검토가 필요하다.

라. 작업자에 대한 대책

난청, 신경질환, 레이노병(진동에 의하여 손이 하얗게 되며, 통증이 오는 병)이 발생하는 등 직업병이 유발되므로 보호구 등으로 신체를 보호해야 하는데, 그 대책은 다음과 같다.

① 소음은 난청의 원인이 되므로 귀마개를 착용한다. 귀마개를 착용시는 의사소통을 위하여 일정한 신호를 정하고 상호 확인하면서 작업한다.

② 착암기나 Shovel Loader로 작업하는 경우 진동장해의 예방을 위하여 방진장갑을 사용하고, 좌석이 있는 기계는 방석을 깔아 진동을 완화시킨다.

③ 기계에 의한 진동은 동바리를 느슨하게 하여 붕괴위험을 초래하게 되므로 항상 이완 여부를 확인하면서 작업한다.

7. 터널내 가연성 가스 대책

터널내 가연성 가스는 주로 메탄가스(CH₄)로서 폭발화재의 원인이 된다. 메탄가스는 유전, 탄전, 천연가스 및 부식토가 많은 지역에서 터널굴착시 발생한다. 특히 메탄가스는 공기보다 가볍고 무미·무색 및 무취하여 인지하기가 어렵고 공기 속 또한 메탄가스 자체는 독성이 없으나 농도가 20% 이상이 되면 산소결핍을 가져온다. 따라서 가연성 가스에 대한 대책은 가연성가스의 관리 및 점화원의 관리 측면에서 추진되어야 한다.

8. 붕락(崩落) 및 낙석(落石)에 방지

붕락 및 낙석은 굴착시, 천공시, 동바리 건립시, 토석 등의 적재시, 장약시 등에 의하여 노출된 현장의 아치부, 측벽, 개구부 등 일부가 붕락하거나 떠있는 암석이 떨어지는 것을 말한다.

가. 주요 재해 내용

① 절토 작업 : 부석의 유무 점검시 위로부터 토석 등이 붕락될 징후가 있었지만 주위의 조건이 좋지 못하여 피하지 못해 발생하는 재해와 낙하되는 암석 등이 튀어 날아와 맞는 재해

② 굴착 작업 : 측벽 상부의 덮개판 내부에서 부석이 낙하하여 발생하는 재해와 단면 뒤쪽을 굴착하는 중에 단면의 부석이 떨어져 발생하는 재해

③ 동바리 건립 작업 : 단면에 접촉하는 동바리에 의해 낙석이 발생하여 일어나는 재해

④ 토석 등의 적재 작업 : 적재하고 남은 토석들을 제거하는 작업 중 단면의 부석이 떨어져 발생하는 재해

⑤ 천공 작업 : 천공작업 중 붕락하는 암에 맞는 재해와 천공작업을 완료 후 드릴을 정리하고 공(L)주위를 청소하다가 단면에서 암이 붕락하여 발생하는 재해

⑥ 기타 작업 : 장약작업 중 토석 등이 단면에서 붕락하여, 무지보 구간에서 상단으로부터 암석이 빠져 낙하하여, 발파 후 대피 중에 발파의 진동으로 붕락하는

압에 맞는 재해 등

나. 재해방지 대책

① 부석의 점검 및 제거

- ① 부석 상태의 철저한 점검과 부석을 안전하게 제거할 수 있는 도구 및 방법의 연구가 필요하다.
- ② 부석의 제거 작업 관계자 외에는 출입하지 못하도록 하고, 설사 작업 관계자라 하더라도 그 아래를 지나가야 할 때에는 작업자에게 이상 여부를 확인한 후 행하도록 한다.

② 천공 작업

- ① 천공 작업은 시작 전에 단면, 측벽, 천장, 동바리 상단 등의 부석을 잘 점검하도록 한다.
- ② 상단에서부터 시작하여 중단에 이어서 하단의 순으로 하며, 하단의 작업자는 상단의 천공 작업에 의한 부석에 주의하도록 한다.
- ③ 천공 작업시 전회 발파의 잔유 화약이 남아있지 않는지 확인토록 한다.
- ④ 천공 작업 중에는 장약을 하지 않도록 한다.

③ 장약 및 결선 작업

- ① 발파 작업은 반드시 면허를 소지한 유자격자가 행하도록 한다.
- ② 화약의 장전과 각선의 결속을 행할 때에는 조그마한 낙석이라도 손에 닿아 재해가 발생할 여지가 많으므로 철저하게 부석을 제거토록 한다.
- ③ 과장전은 지반을 무너뜨리게 되거나 낙석의 원인이 되므로 적절하게 장약토록 한다.

④ 토석 등의 적재 작업

- ① 기계에 의하여 토석 등을 적재할 때 단면에 접근하여 토석 등을 모을 경우에는 부석 등에 대하여 점검을 철저히 하고, 굴착 장소에 접근토록 한다.
- ② Truck Shovel 등에 적재한 토석이 떨어지지 않도록 조심한다.

⑤ 동바리 건립 작업

- ① 동바리는 굴착 후 가능한 한 빨리 건립하며, 그 간격은 1.5m를 초과하지 않도록 한다.
 - ② 작업 책임자가 낙석에 대한 점검을 철저히 함은 물론 그 밖의 동바리 붕락을 방지하기 위한 조치에 유의해야 한다.
- ⑥ 보호구 착용
- ① 안전모는 착용과 동시에 턱끈을 확실하게 매도록 한다.
 - ② 안전화는 낙하물로부터 보호될 수 있는 것을 신도록 한다.
 - ③ 안전대는 발판 위에서 부석 등을 제거하는 작업 시 사용하도록 한다. 