

## 터널공사(Shield-T.B.M공법) 안전보건작업 지침

### 1. 목적

이 지침은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편 제4장 제2절 제3관(터널작업)의 규정에 따라 터널공사(Shield-T.B.M공법) 과정에서의 안전작업을 도모하고 재해방지에 필요한 지침을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 터널공사 중 Shield-T.B.M 공법을 이용하여 굴착작업을 수행하는 건설공사에 적용한다.

### 3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “Shield-T.B.M 공법”이라 함은 T.B.M(Tunnel boring machine)장비의 전면부(커터헤드(암반굴착을 위한 원통형의 날))와 후면부에 쉴드장비를 연결하여 터널을 굴착하는 기계식 터널굴착 공법으로서 막장 후방에서 터널 벽면 형상의 원통형 세그먼트(Segment)를 조립하여 이를 지보공 겸 복공으로 이어나가 터널을 구축하는 공법을 말한다.

(나) “전면부(Head part)”라 함은 커터헤드(Cutter head), 쉴드 주 본체(Shield main body, 막장부에 설치되는 굴진장비), 그립퍼(Gripper) 등으로 구성되어 터널 막장을 굴착하는 주요 기계부를 말하며, 장비의 특성에 따라 커터(Cutter)의 개수, 그립퍼(Gripper)의 유·무, 실린더(Cylinder)의 개수 등이 다르게 구성된다.

(다) “그립퍼(Gripper)”라 함은 쉴드 주 본체(막장부에 설치되는 굴진장비)의 원통형면에 부착되어 있는 장비로서, 굴진 시 반력을 얻기 위해 장비를 지반에 고정시키는 기계장치를 말한다.

- (라) “후방설비”라 함은 장비의 구동 및 조작을 위한 조작실, 변압기, 유압설비, 급수장치, 집진설비, 버력 반출용 벨트컨베이어 등이 설치된 부분을 말한다.
- (마) “세그먼트 블록(Segment block)”이라 함은 터널 굴착 단면의 하중을 견디기 위한 동바리와 복공를 겸한 아치모양의 철근 콘크리트세그먼트 단편을 말한다.
- (바) “이렉터(Erector)”라 함은 후방설비 내에 위치하여 후방설비 내로 운반된 세그먼트 블록을 굴착된 터널 벽면에 부착하여 세그먼트를 조립하는 기계장치를 말한다.
- (사) “광차(Muck car)”라 함은 전방 커터헤드부에서 분쇄된 버력(암반, 토사 등)을 후방설비인 벨트컨베이어에서 버력처리용 횡갱(또는 수직갱)까지 운반하는 차량을 말한다.
- (아) “전방보조터널”이라 함은 발진 수직구로 투입된 커터헤드 부 및 후방설비 등의 기계조립 공간이며, Shield-T.B.M 장비 구동을 위한 준비작업 공간으로서 NATM(New austrian tunnelling method)공법으로 시공된다.
- (자) “후방보조터널”이라 함은 장비 발진을 위한 반력대 설치장소 및 초기 굴진 시 발생하는 버력 등을 처리하는 공간이며 통상 전방보조터널과 함께 NATM공법으로 시공된다.
- (2) 그 밖의 용어의 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 작업계획 수립 시 검토사항

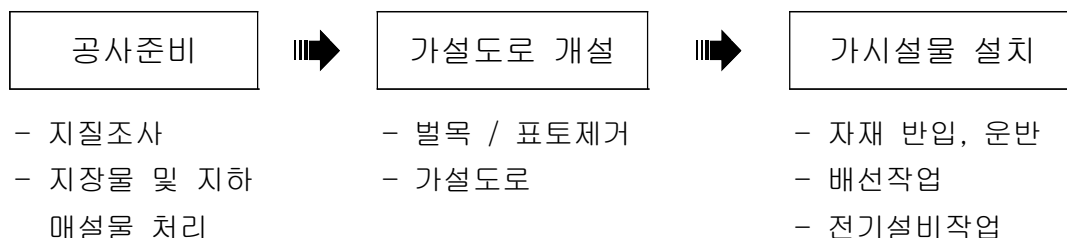
- (1) 공사현장의 제반 여건과 터널 형상을 파악한 후 가시설물 설치계획, 수직터널 및 수평보조터널 등 세부작업 단계별 안전작업 방법과 순서, 장비에 대한 안전조치 사항 등이 포함된 작업계획을 수립하여야 한다.

- (2) 작업계획서는 본 공법에 풍부한 경험과 지식을 갖춘 자가 수립하여야 하며 공사 중 계획서의 내용이 제대로 이행되는지의 여부를 수시로 확인할 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 공사 위치에 대한 지질조사 및 주변 지장물 조사를 실시하고 공사에 필요한 가설전기 설치위치 선정 등의 사항에 대한 사전 검토를 철저히 하여야 한다.
- (4) Shield-T.B.M 장비는 전문 시공업체의 주기적인 검사를 실시하여야 하며 작업대차 이동 중 충돌사고 예방을 위한 대피장소 지정 및 장비 사용으로 인한 매연, 분진 발생에 따른 환기설비 설치 등 근로자 건강보호대책을 수립 후 시행하여야 한다.
- (5) 장비 반입 · 반출 등 크레인을 사용하여 조립, 해체 공정을 진행할 때에는 작업방법 및 순서 등이 포함된 중량물 취급 작업계획을 수립하여야 한다.

## 5. 공사 단계별 안전작업 사항

### 5.1 가설공사 안전작업

- (1) 가설공사 시 작업절차 및 순서는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 가설공사 시 작업절차 및 순서

(2) 지질 및 지층에 관한 조사를 실시하고 다음 사항을 확인하여 시공계획에 반영하여야 한다.

- (가) 시추(보링) 위치
- (나) 토층 분포 상태
- (다) 투수계수
- (라) 지하수위
- (마) 지반의 지지력 등

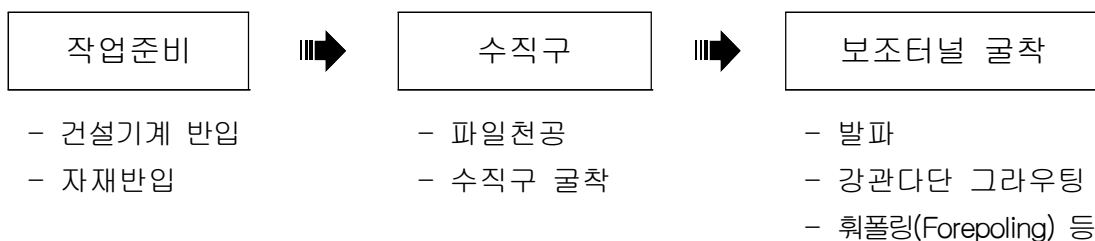
(3) 공사 전 작업구간 내에 기 설치되어 있는 상수도 및 하수관로, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시 가스관, 지하갱도 등의 지하 지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공이 가능하도록 조치하여야 한다.

(4) 가설도로 개설 및 가시설물 설치 시 조치사항은 다음과 같다.

- (가) 절·성토 공사 시 굴착면 기울기 준수
- (나) 토공장비, 다짐장비 및 덤프트럭 등의 작업 시 신호수 배치
- (다) 수전 설비에 대한 접근성, 주변 조건, 접지, 전선방호, 위험지역 구획 및 격리 등

## 5.2 굴착공사 안전작업

(1) 굴착공사 시 작업절차 및 순서는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 굴착공사 시 작업절차 및 순서

(2) 작업준비 시 건설기계 투입, 자재 반입을 위한 조치사항은 다음과 같다.

(가) 세그먼트 블록 투입과 버력 반출용 양중장비 설치 및 작업계획 작성

① 1개 수직구에 2개의 인양장비 설치 여부 검토

② 장비형식, 설치위치, 용량, 장비 간 간섭여부 확인 등

③ 부재 중량 및 조립작업 용 장비, 기자재, 작업순서 및 방법 결정 등

(나) 건설기계 반입 전 작업방법, 작업내용에 따른 용량 형식 결정

(다) 건설기계 반입 및 작업 시 지반침하방지 조치, 동선 확보 등

(3) 수직구 굴착

(가) 수직구 굴착공사 시 다음 사항이 포함된 작업계획을 작성하여야 한다.

① 세부공정표

② 지반깊이별 굴착방법

③ 단계별 벽체 시공방법

④ 사용장비, 굴착토사 인양, 적재, 운반, 사토 방법 등

(나) H-Pile 시공을 위한 항타기의 전도방지를 위해 작업하중에 적합한 지반의 평면성과 지내력을 확보하여야 한다.

(다) 수직구 굴착단부에는 추락 및 낙하물방지를 위한 안전난간 및 발끝막이판을 설치하여야 한다.

(라) 굴착토사 인양 중 낙하재해 예방을 위하여 인양 버킷은 정량 적재 후 20 % 이상의 여유높이가 갖게 하거나, 덮개를 설치하고 하부에는 작업자 대피소를 확보하여야 한다.

(마) 굴착지면에 투입되는 굴삭기의 운전석은 낙하물에 대비한 헤드가드를 설치하여야 한다.

(바) 흙막이지보공에 대한 계측을 실시하여야 한다.

(사) 지면에서 굴착작업장소까지는 계단구조의 승강통로를 설치하여야 한다.

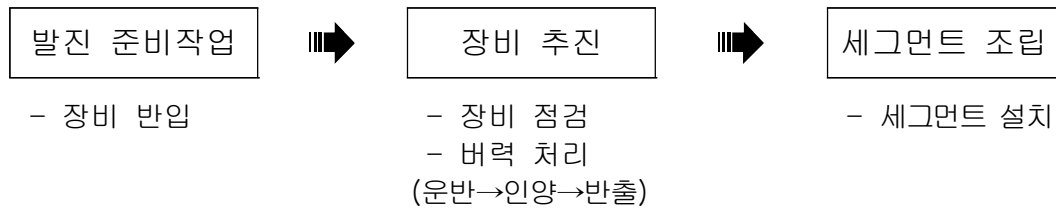
(아) 굴착작업 진행 중 용수량에 적합한 배수시설을 확보하여야 한다.

(자) 발파작업 시 발파면이 습윤포화 상태의 경우 비전기식 뇌관을 사용하여야 하며 기타사항은 KOSHA GUIDE C-46-2012(발파공사 안전보건작업 지침)에 따른다.

(차) 전, 후방 보조터널은 통상 NATM공법에 의한 수평터널로 시공되므로 KOSHA GUIDE C-45-2012 터널공사(NATM공법) 안전보건작업 지침에 따른다.

### 5.3 굴진공사 안전작업

(1) 굴진공사 시 작업절차 및 순서는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 굴진공사 시 작업절차 및 순서

#### (2) 발진 준비 작업

(가) 보조터널에서의 장비조립을 위해서는 다음의 내용이 포함된 작업계획을 수립하여야 한다.

- ① 장비거치 및 굴진용 레일 설치 계획
- ② 부재 투입순서 및 부재별 중량표 작성
- ③ 수직구 투입 인양장비(인양단위 최고중량 기준) 선정 및 보조기구 사용계획
- ④ 조립순서 및 방법
- ⑤ 조립작업용 발판 등 가시설 설치계획
- ⑥ 시운전 전·후 안전점검사항 등

(나) 수직구에는 근로자의 안전한 출입을 위해 가설통로를 설치하여야 한다. 또한 건설용 리프트를 설치 할 경우에는 사용 전 완성검사를 실시하고 하부의 건수(乾水)를 고려하여 바닥에서 일정높이를 이격하여 탑승구를 설치하여야 한다.

#### (3) 장비추진

(가) 장비성능과 지반상태에 따른 굴진속도 기준을 설정하여 굴진하여야 하며, 지반상태는 막장관찰과 버력상태로 확인하여야 한다.

(나) 터널 내·외부 연락을 위한 통신시설을 갖추어야 한다.

(다) 작업 중 정전 및 비상사태에 대비하여 비상조명 설비를 설치하여야 한다.

(라) 굴진장비는 1회/일 점검표를 이용하여 점검하되 점검표에는 아래의 사항이 포함되어야 한다.

- ① 살수 및 유압설비 연결부 누수 · 누유 여부
- ② 기계 회전부의 마모 및 소음 상태
- ③ 설비 연결부(볼트, 용접)의 이완여부
- ④ 운전실 계기 작동상태
- ⑤ 벨트컨베이어 롤러 및 벨트상태
- ⑥ 경암 천공 및 굴진 작업 중 진동 및 소음 상태

(마) 암판정 및 설계에 의한 무지보구간 이외에는 세그먼트가 조립되지 않은 상태로의 굴진은 금지하여야 한다.

(바) 커터헤드부 회전판의 비트(Bit) 교체를 위해 막장면 진입 시에는 다음과 같은 안전조치를 실시하여야 한다.

- ① 비트교체는 수명도달 전 안정지반에서 조기 교체
- ② 진입 전 반드시 낙석 또는 붕락위험 여부 확인
- ③ 이상발견 시 안전한 위치로 추가 굴진
- ④ 막장과 커터헤드 이격 최소화
- ⑤ 부득이 한 경우 막장부 보강조치 후 진입 및 내부에 감시자 비상대기

(사) 터널내부 환기 · 조명 · 배수시설은 KOSHA GUIDE C-45-2012 터널공사(NATM) 공법 안전보건작업 지침을 따르되, 벨트컨베이어에서 버력낙하 시 분진비산방지를 위해 살수 및 집진설비를 갖추어야 한다.

#### (4) 버력처리

(가) 광차의 견인차는 축전 전동식을 원칙으로 하며 장비정지에 따른 예비견인 설비를 확보하여야 한다.

(나) 광차에는 비상정지장치, 경광등을 설치하고 근로자 탑승석에는 이탈방지 설비를 설치하여야 한다.

(다) 광차의 운전속도는 10 km/h 로 제한하여야 한다.

(라) 광차의 운행공간과 근로자 이동통로는 반드시 분리 · 설치하여야 한다.

(마) 광차는 다음 사항을 포함하여 1회/일 이상 점검을 통해 정상상태를 유지하여야 한다.

- ① 브레이크 및 비상정지 장치 작동상태
- ② 조명 및 경광등 상태
- ③ 차량간 연결부 및 바퀴 이상유무

(바) 수직구에서 버력반출을 위한 크레인작업은 KOSHA GUIDE M-85-2011(크레인 달기기구 및 줄걸이 작업에 관한 기술지침)에 따르며, 상·하연락은 유·무선 수신기를 이용하고 인양작업 시 하부작업자는 대피장소에 대피하여야 한다.

#### (5) 세그먼트 블록 운반 및 조립작업

(가) 세그먼트 블록을 수직구로 반입하기 위한 크레인작업은 5.3항 (4)호의 (바)에 따른다.

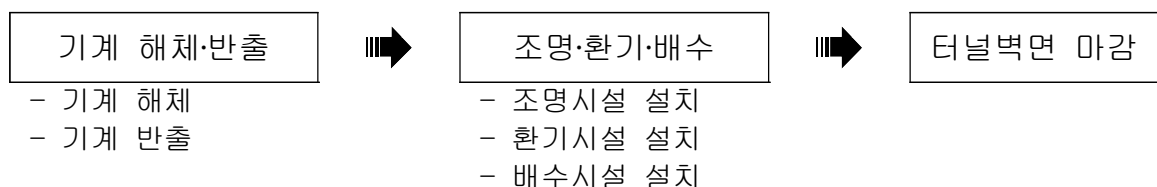
(나) 광차 등 운반설비에 세그먼트 블록 적재 및 운반 시에는 이탈방지를 위해 고임목 등의 고정기구를 사용하여 견고히 고정하여야 한다.

(다) 운반설비에서 후방설비로 세그먼트 블록을 하역 시에는 전용 기계설비를 사용하되 작업자는 세그먼트 블록의 운반경로 이외의 장소에서 작업하여야 한다.

(라) 세그먼트 블록의 조립은 원격조정이 가능한 이렉터로 작업하되 이렉터 및 세그먼트 블록 운반구역에는 근로자 진입을 통제하기 위한 설비와 비상정지장치를 갖추어야 한다.

### 5.4 마감공사 안전작업

(1) 마감공사 시 작업절차 및 순서는 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 마감공사 시 작업절차 및 순서



(2) 기계해체 및 반출 시에는 다음의 내용이 포함된 작업계획을 수립하여야 한다.

(가) 안전작업 방법, 해체순서 및 투입인력

(나) 해체작업에 따른 수직구 투입 인양장비(인양단위 최고중량 기준) 선정 및 보조기구 사용계획

(다) 이동식 전기기계·기구 사용에 따른 감전재해예방 계획

(라) 해체작업용 발판 등 가시설 설치계획 등

(3) 마감작업을 위해 사용하는 작업대는 추락재해예방을 위한 안전시설(승강설비, 안전난간, 안전대 부착설비 등)을 확보하여야 한다.

(4) 마감공사를 위해 유기용제 등을 사용 할 경우에는 환기시설을 설치해야 하며 가스농도측정기를 사용하여 수시로 점검하고, 유해화학물질이 함유된 물질을 취급하는 경우에는 화학물질의 명칭·성분, 함유량, 안전·보건상의 취급주의 사항 등이 포함된 물질안전보건자료(MSDS)를 작성하여 취급근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시 또는 비치하여야 한다.

(5) 그 밖의 부대시설 및 마감공사는 KOSHA GUIDE C-43-2012(콘크리트공사 안전보건작업 지침) 및 KOSHA GUIDE E-106-2011(건설현장의 전기설비 설치 및 관리에 관한 기술지침)에 따른다.