

KCS 27 25 00 : 2023

# 터널 TBM 공사

2023년 9월 12일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주 기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

# 건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 TBM 터널에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준</li> </ul>	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가</li> <li>• 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가</li> <li>• 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가</li> <li>• 시공법 및 시공 방식 현대화</li> <li>• 사갱, 수직갱 신설</li> <li>• NATM 공법 표준사항 신설</li> </ul>	개정 (1985.12)
터널표준시방서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략</li> <li>• 국내 용어 및 서술형식 적용</li> </ul>	개정 (1996.5)
터널표준시방서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완</li> </ul>	개정 (1999.4)
터널표준시방서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최신 설계 및 시공기술, 신소재 반영</li> <li>• 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완</li> <li>• 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화</li> </ul>	개정 (2009.1)
터널표준시방서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영</li> <li>• 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영</li> <li>• 타 기준과의 상충내용 정비</li> <li>• 연구성과 반영 및 관련 민원 해소</li> </ul>	개정 (2015.2)
KCS 27 10 25 : 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정</li> </ul>	제정 (2016.6)
KCS 27 10 25 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함</li> </ul>	수정 (2018.7)
KCS 27 10 25 : 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정</li> </ul>	개정 (2023.7)

---

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 2023년 9월 12일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국터널지하공간학회

작성기관 : 한국터널지하공간학회

---

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

---

---

# 목 차

---

---

1. 일반사항	1
1.1 적용 범위	1
1.2 참고 기준	1
1.2.1 관련 법규	1
1.2.2 관련 기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 지급자재	1
1.5 시스템 설명	1
1.6 시스템 허용오차	1
1.7 제출물	1
1.8 공사기록 서류	2
1.8.1 굴진기록부의 작성	2
1.9 품질보증	2
1.10 운반, 보급, 취급	2
1.10.1 TBM 운반	2
1.10.2 터널 내 운반	2
1.10.3 재료보관소 및 창고	2
1.11 환경 요구사항	2
1.11.1 시공계획 시 고려사항	2
1.12 현장 수량검측	3
1.13 작업의 연속성	3
1.14 공정계획	3
1.15 타 공정과의 협력작업	3
1.16 유지관리장비 및 자재	3
1.16.1 TBM 유지관리	3
2. 자재	3
2.1 재료	3

2.1.1	뒤채움 주입재료 .....	3
2.2	구성품 .....	4
2.3	장비 .....	4
2.3.1	TBM 기본구조 .....	4
2.3.2	굴착기구 .....	4
2.3.3	추진기구 .....	4
2.3.4	후방대차 .....	5
2.3.5	셸드TBM .....	5
2.3.6	개방형TBM(Open TBM) .....	5
2.4	부속재료 .....	5
2.5	배합 .....	6
2.6	조립 .....	6
2.6.1	TBM 제작 .....	6
2.6.2	TBM 현장조립 .....	6
2.7	마감 .....	6
2.8	조립 허용오차 .....	6
2.9	자재 품질관리 .....	6
3.	시공 .....	7
3.1	시공조건확인 .....	7
3.1.1	시공계획 시 고려사항 .....	7
3.1.2	특수조건 고려사항 .....	7
3.1.3	TBM터널 내공단면과 굴착직경 .....	8
3.1.4	TBM의 적합성 .....	8
3.1.5	발전 및 도달부 고려사항 .....	8
3.1.6	지반안정 .....	9
3.1.7	구조물 보호 .....	9
3.2	작업준비 .....	9
3.2.1	시공설비 일반 .....	9
3.2.2	TBM의 회전설비 .....	9
3.2.3	반입 및 반출설비 .....	10
3.2.4	전력공급설비 .....	10

3.2.5 환기설비 .....	10
3.2.6 공기압축설비 .....	10
3.2.7 터널운반설비 .....	11
3.2.8 급수 및 배수설비 .....	11
3.2.9 침전설비 .....	11
3.2.10 뒤채움주입설비 .....	11
3.2.11 이수처리설비 .....	11
3.2.12 버력처리설비 .....	12
3.2.13 작업대차 .....	12
3.2.14 기타 특수설비 .....	12
3.3 시공기준 .....	12
3.3.1 작업구 시공 .....	12
3.3.2 발진 .....	13
3.3.3 도달 .....	14
3.3.4 TBM 추진 일반사항 .....	15
3.3.5 토압식 쉘드TBM의 추진 .....	15
3.3.6 이수식 쉘드TBM의 추진 .....	16
3.3.7 세그먼트 라이닝 설치 .....	16
3.3.8 버력운반 .....	17
3.3.9 뒤채움 주입시공 .....	17
3.3.10 급속선부 시공방법 .....	18
3.3.11 급경사부 시공방법 .....	18
3.4 시공 허용오차 .....	19
3.5 보수 및 재시공 .....	19
3.5.1 점검 및 커터교체 .....	19
3.6 현장 품질관리 .....	19
3.6.1 뒤채움 주입관리 .....	19
3.6.2 이수 품질관리용 .....	19

## 1. 일반사항

### 1.1 적용범위

(1) 이 기준은 TBM에 의한 터널공사에 적용한다.

### 1.2 참고 기준

#### 1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

#### 1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

(2) TBM 시공설비 중 안전 및 환경관련 설비와 환기관련 설비는 KCS 27 60 00을 따른다.

(3) 기타 일반시공계획은 KCS 27 10 10을 따른다.

### 1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

(2) TBM의 중절장치 혹은 보조공법을 사용하여야만 굴진 가능한 곡선을 급곡선이라 한다.

(3) 갱내 운반 및 운송설비, 안전설비, TBM의 성능향상, 세그먼트의 변경 및 보강 등 특수한 대책이 필요한 종단경사구간을 급경사구간이라고 한다.

### 1.4 지급자재

내용 없음

### 1.5 시스템 설명

내용 없음

### 1.6 시스템 허용오차

내용 없음

### 1.7 제출물

내용 없음

## 1.8 공사기록 서류

### 1.8.1 굴진기록부의 작성

- (1) 추진 시에는 링별 굴진기록부를 작성하여 굴착상태, 첨가제의 주입압과 주입량, 이수의 품질, 기계의 이상 유무 등을 점검해야 하며, 각종 수치들을 바탕으로 지반상태의 변화를 분석하고 이를 시공에 반영하여야 한다.
- (2) TBM 굴진 시에는 배토되는 버력량과 입도분포를 조사 및 작성하여 굴진면의 지반상태, 디스크커터의 교체시기와 과굴착 여부를 파악하고 조정하여야 한다.

## 1.9 품질보증

내용 없음

## 1.10 운반, 보급, 취급

### 1.10.1 TBM 운반

- (1) 현장까지 TBM이 원활히 운반될 수 있도록 장비분할과 운반로를 선정하여야 한다. 또한 운반 도중에 지상 및 지하구조물에 손상이 발생하지 않도록 현황을 파악하고 대책을 수립하여야 한다.
- (2) 제작사로부터 현장에 공급될 때까지 외부의 충격 등에 손상되지 않도록 TBM이 보호된 상태로 공급하여야 한다.

### 1.10.2 터널 내 운반

- (1) 버력처리계획 수립 시에는 터널크기, 연장, 경사, 버력량, 버력상태, 사용장비의 특성, 주변여건, 공정 등을 고려하여야 한다.
- (2) 운반체계 수립 시에는 버력운반이 굴착공정에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.
- (3) 터널 내 운반장비의 안전운행을 위해서는 운행규정을 수립하고 운전원 및 작업원들에게 안전운행에 관한 교육을 실시하여야 한다.

### 1.10.3 재료보관소 및 창고

- (1) 재료보관소 및 창고는 공정에 지장이 없도록 세그먼트 및 부속재료, 가설재료, 시공용 기계 및 기구 등을 저장할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

## 1.11 환경 요구사항

### 1.11.1 시공계획 시 고려사항

- (1) 시공 시에는 환경기준을 초과하는 유해물질이 발생하지 않도록 제반대책을 수립하여야 한다.

**1.12 현장 수량검측**

내용 없음

**1.13 작업의 연속성**

내용 없음

**1.14 공정계획**

내용 없음

**1.15 타 공정과의 협력작업**

내용 없음

**1.16 유지관리장비 및 자재****1.16.1 TBM 유지관리**

- (1) TBM 성능을 충분히 발휘시키기 위하여 정기적 및 일상적인 점검과 정비를 통해 고장과 사고를 사전에 방지하여야 한다.
- (2) TBM 장비 및 시공설비와 관련된 주요 부품 및 소모성 예비부품(Spare part)이 적기에 공급될 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.

**2. 자재****2.1 재료****2.1.1 뒤펀주입재료**

- (1) 주입재료에는 시멘트 모르타르, 발포성 모르타르, 섬유혼합 모르타르, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재, 자갈 등이 있으며, 현장에서는 지반조건, 지하수조건, 쉴드TBM의 형식, 주입재 특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.
- (2) 주입재료는 다음과 같은 조건들을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.
  - ① 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않은 재료
  - ② 주입 후의 경화현상 등에 따라 체적감소가 적은 재료
  - ③ 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료
  - ④ 수밀성이 우수한 재료
  - ⑤ 환경기준을 만족하는 재료

## 2.2 구성품

내용 없음

## 2.3 장비

### 2.3.1 TBM 기본구조

- (1) TBM은 본체와 후방대차로 구성되며, 본체는 지반 또는 세그먼트에서 추진력을 확보하고, 후방대차는 유압, 전기, 제어장치, 환기 및 방재 설비 등을 포함한다.
- (2) 지반조건, 지하수조건 및 시공여건에 적합하게 TBM의 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 각 부분을 구성하여야 한다.

### 2.3.2 굴착기구

- (1) 굴착기구는 커터헤드, 커터헤드에 장착된 디스크커터와 커터비트 및 구동장치로 구성되며, 외부하중과 지반조건에 대하여 안정적으로 가동하는 구조여야 한다.
- (2) 커터헤드 형식, 지지방식 및 구동성능의 결정 시에는 TBM의 종류, 지반조건, 선형조건, 시공조건 등을 고려하여야 한다.
- (3) 디스크커터와 커터비트의 결정 시에는 지반조건에 적합한 디스크커터와 커터비트의 종류, 형상, 재질, 크기 및 커터헤드에서의 배치를 고려하여야 한다.
- (4) 디스크커터와 커터비트의 마모율, 교체주기, 방법 및 수량 산정 시에는 TBM 장비 형식과 굴착 지반의 압축강도, 인장강도, 경도, 석영함유율과 같은 지반 특성을 고려하여야 한다.

### 2.3.3 추진기구

- (1) TBM의 전체 추진력 산정 시 장비형식에 따른 제반 저항에 충분히 대처할 수 있도록 적정 안전율을 고려하여야 한다.
- (2) 개방형TBM(Open TBM)의 추진 시에는 그리퍼를 사용하며, 굴진속도, 시공여건 및 터널지보재의 시공능률을 고려하여 작동속도 및 스트로크를 결정하여야 한다.
- (3) 쉘드TBM의 추진은 추진잭을 사용하며, 굴진속도 및 시공여건을 고려하여 잭의 작동속도 및 스트로크를 결정하여야 한다.
- (4) 그리퍼 및 추진잭의 선정과 배치는 TBM의 조향성, 터널벽면의 지반조건 및 세그먼트 라이닝의 특성 등을 고려하여야 한다.

### 2.3.4 후방대차

- (1) TBM을 구성하는 각 유압기기가 확실하게 작동할 수 있도록 유압회로를 구성하여야 하며, 사용조건을 고려하여 유압기기를 선정하여야 한다.
- (2) 전기기기의 선정 및 설치 시에는 필요에 따라 방수, 방습, 방진, 진동 및 방폭에 주의하여야 한다.
- (3) 굴착, 추진, 배토 등 상호 관련된 기구들이 균형 있게 작동하도록 제어시스템을 설계하여야 하며, 비상시에도 안전하게 작동 가능하여야 한다.

### 2.3.5 쉘드TBM

- (1) 지반조건과 터널직경 등을 고려하여 쉘드TBM의 구조형식을 선정하고 쉘드TBM은 내구성과 수밀성을 확보하여야 한다.
- (2) 굴진면의 안정을 위하여 토압 및 수압에 저항하는 이수압력 또는 챔버내 굴착토의 압력 및 배토량을 관리하여야 한다.
- (3) 토압식 쉘드TBM 시공 시 첨가제 주입장치를 통하여 굴착토를 소성 유동화시키기 위하여 필요한 양의 첨가제를 적절한 위치에서 주입할 수 있어야 한다.
- (4) 지반조건을 고려하고, 이수가 원활히 흐를 수 있도록 이수식 쉘드TBM의 송·배니설비를 결정하여야 한다.
- (5) 세그먼트 조립설비는 이렉터, 조임기구 및 진원유지장치 등으로 구분할 수 있으며, 세그먼트의 재질, 형상, 치수, 중량, 조립방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

### 2.3.6 개방형TBM(Open TBM)

- (1) 개방형TBM은 굴진 후 지보재를 즉시 혹은 적기에 시공할 수 있는 시스템과 부대장비를 갖추어야 한다.
- (2) 굴착공정에 방해되지 않도록 커터헤드를 포함한 구동부에 버킷과 연속컨베이어를 선정하여야 하며, 큰 압편이나 세립분에 의한 폐색 등을 사전에 고려하여야 한다.
- (3) 연약지반 및 지층 경계부 등에서의 개방형TBM 시공 시에는 굴진면 전방 지반상태 예측을 위하여 전방탐사 계획을 수립하고 적절한 보강대책을 계획하여야 한다.

## 2.4 부속자료

내용 없음

## 2.5 배합

내용 없음

## 2.6 조립

### 2.6.1 TBM 제작

- (1) TBM 각각의 부재중량 및 전체중량을 명확히 표시하여야 한다.
- (2) TBM 제작단계에서 시공 시 발생 가능한 문제를 예측하고 이에 대한 위험요인 관리 및 예방 대책을 강구하여야 한다.
- (3) 장비 제작에 앞서 제작사양서, 주요설계도 및 제작공정표를 작성하여야 한다.
- (4) 예정공기 내 공사를 완료할 수 있도록 공정표에 적합하게 장비 제작사를 선정하여야 한다.
- (5) 장비 제작 시 사용재료, 치수 등의 제원에 유의하여 현장의 설계조건을 만족시키는 강도 및 성능을 확보하여야 한다.
- (6) 공장 가조립과 검사에 합격하면 청소와 도장을 실시한다. 분할형 TBM의 경우 현장조립에 필요한 공구, 결합부호 등을 고려하여야 한다.
- (7) 제작사는 공장 검사를 통과한 TBM 장비의 제작사양서, 설계도, 운반계획에 따른 포장명세서, 운전 매뉴얼, 유지관리 매뉴얼, 부품 리스트, 제작사 품질보증서 등을 수급자에게 제출하여야 한다.

### 2.6.2 TBM 현장조립

- (1) 현장조립 시 설계하중을 지지할 수 있는 가설대에서 정확히 조립하고, 가체결 또는 가부착 후에 치수검사를 거친 후 용접 또는 볼트체결을 실시하여야 한다.

## 2.7 마감

내용 없음

## 2.8 조립 허용오차

내용 없음

## 2.9 자재 품질관리

내용 없음

### 3. 시공

#### 3.1 시공조건확인

##### 3.1.1 시공계획 시 고려사항

- (1) TBM터널 시공계획 수립 시에는 공사의 목적, 규모, 기간, 지반조건, 현장여건 등을 반영하고 관련 법규, 기준 및 절차, 관련 기관과의 협의내용 등을 고려하여 안전하고 경제적인 시공이 되도록 하여야 한다.
- (2) 시공계획 수립 시 TBM의 선정, 설계내용, TBM 및 부속장비의 제작과 공급 등 모든 공종의 적정성을 검토하고 확인하여야 하며, 적정하지 않다고 판단될 경우에는 설계 변경 등을 통해 적정성을 확보하여야 한다.
- (3) 입지조건과 시공조건, TBM 크기 등을 고려하여 작업구의 위치와 규모를 계획하여야 한다.
- (4) 발진부와 도달부, 급곡선부, 지장물의 철거부나 지중접합부 등에는 지반의 안정성을 검토하고, 필요시 보조공법 등을 추가로 계획하여야 한다.
- (5) TBM 운전원에게 비상시를 포함한 작업 임무에 대한 교육계획을 수립하여 원활한 시공과 안전이 확보될 수 있도록 하여야 하며, 장비의 원활한 작동여부를 확인하기 위한 시운전 계획을 수립하여야 한다.
- (6) 시공계획 시 TBM의 투입에 따른 운반, 조립 및 해체계획, 버력처리 방안, 각종 설비 계획 등과 품질, 안전 및 환경관리 대책도 검토하여야 한다.
- (7) TBM터널 공사의 세부공종은 작업부지 계획, 작업구 설치, 장비 운반, 조립 및 시운전, 굴진 및 라이닝 조립, 버력처리, 도달, 유턴(U-Turn), 해체 및 인양 등으로 구분할 수 있으며, 효율적인 공사수행을 위하여 세부공종을 고려한 시공계획을 수립하여야 한다.

##### 3.1.2 특수조건 고려사항

- (1) 토피가 얇은 구간에서 TBM터널을 시공하는 경우에는 지표면이나 지하매설물 등에 미치는 영향이 최소화될 수 있도록 굴진면 압력관리나 뒤채움 주입관리를 계획하여야 하며, 필요시 보조공법을 적용하여 안정성을 확보하여야 한다.
- (2) 급곡선 구간에서는 선형 유지, 내공단면 확보, TBM의 끼임 방지, 세그먼트 균열방지를 위한 계획을 수립하여야 한다.
- (3) TBM으로 긴 연장의 터널을 시공하는 경우에는 지반조건을 고려하여 장비 및 시공설비의 내구성과 굴진을 향상 방안 등을 사전에 검토하여야 한다.
- (4) 회전이동거리, 지반조건 등을 고려하여 디스크커터와 커터비트를 선정하고 교체계획을 수립하여야 하며, 교체주기 및 방법, 내구성 강화 등을 검토하여야 한다.

- (5) 급속시공을 하는 경우에는 TBM의 능력을 향상시키고, 각종 설비와 시스템이 유기적으로 조합되도록 계획하여야 한다.
- (6) 지중에서의 접합 시에는 TBM의 위치확인 및 조정을 실시하여 시공 정밀도를 높이고, 지중에서의 분기 시에는 기설터널에 미치는 영향이 최소화되도록 계획하여야 한다.
- (7) 단면이 변하는 경우에는 원활하고 안전하게 단면변화 적용이 가능하고 각 변화 단면 굴진이 가능하도록 장비, 시공설비 및 시공방법을 검토하여야 한다.
- (8) TBM터널 굴착 시 단층대, 압착성 지반 등 연약지반을 통과할 경우에는 장비끼임 등으로 인해 공기지연이 발생할 수 있으므로 전방지반 예측 등 장비끼임 방지를 위한 계획을 수립하여야 한다.
- (9) 하자 및 해저 구간 시공 시에는 터널이 침수되지 않도록 대책을 수립하여야 한다.
- (10) 지층변화가 심한 곳, 구 하상, 우물 주변 또는 국부적인 연약층을 통과 시에는 필요한 지반조사를 실시하고 필요한 경우 대책을 수립하여 안정성을 확보하여야 한다.

### 3.1.3 TBM터널 내공단면과 굴착직경

- (1) TBM터널 내공단면은 터널의 사용목적에 부합하는 요구단면을 포함하여야 한다.
- (2) TBM터널의 굴착직경 산정 시에는 내공단면, 라이닝두께, 터널선형 및 시공 여유량을 고려하여야 한다.
- (3) 동일한 시설한계를 갖는 TBM터널에서는 TBM 장비운용의 효율성을 감안하여 굴착단면의 단일화를 검토하여야 한다.

### 3.1.4 TBM의 적합성

- (1) TBM은 굴진면의 안정성을 확보하여 안전하고 경제적인 시공이 가능하여야 한다.
- (2) TBM의 검토 시에는 장비구조 및 재료 특성과 더불어 지반조건, 주변여건, 터널크기, 연장 및 선형 등과의 적합성과 시공성을 고려하여야 한다.
- (3) TBM은 신규 제작 장비 적용을 원칙으로 한다. 다만, 성능이 검증될 경우에는 재활용 장비 및 부품을 사용할 수 있다.

### 3.1.5 발진 및 도달부 고려사항

- (1) 발진방법의 선정 시 시공의 안전성, 지반상태, 지하수조건, 시공환경 등을 고려하여야 한다.
- (2) 발진부와 도달부의 보강공법 선정 시 지반조건, 지하수압, TBM의 형식 및 외경, 길이 및 주변 인접구조물을 고려하여야 한다.

### 3.1.6 지반안정

- (1) 굴진면의 붕괴 및 함몰의 우려가 있는 경우에는 TBM 종류와 지반상태 등을 고려하여 굴진면압 관리, 갱내보강, 지상보강 등 굴진면의 안정처리공법을 적용하여야 한다.
- (2) 터널굴착에 따른 지반침하가 우려되는 경우에는 굴진면의 안정처리, 세그먼트 설치, 뒤채움 주입 등에 대한 적합한 공법을 적용하여 지반침하를 억제하여야 한다.
- (3) 터널주변 지반의 침하관리를 위해서는 현장계측을 실시하여야 하며, 침하량은 허용침하량 이하가 되도록 관리하여야 한다.

### 3.1.7 구조물 보호

- (1) 구조물에 근접하여 시공을 행하는 경우에는 사전에 영향성을 검토하고 필요에 따라서 구조물 방호대책을 수립하고, 계측을 실시하여 구조물에 미치는 영향을 파악하여야 한다.
- (2) 터널을 병렬로 시공하는 경우는 상호 영향성을 검토하고, 지반과 터널의 거동을 파악하여 필요에 따라 보조공법을 적용하여야 한다.

## 3.2 작업준비

### 3.2.1 시공설비 일반

- (1) 공사용 설비계획 수립 시 TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 종합적으로 검토하여야 한다.
- (2) 시공설비는 계획공정을 만족시킬 수 있어야 하며, 공사의 규모와 통과구간 상부여건 및 지반조건에 적합하고 안전하며 환경보전을 고려한 것이어야 한다.
- (3) 시공설비로는 TBM의 회전설비, 재료보관소 및 창고, 반입 및 반출설비, 전력공급설비, 환기설비, 안전통로 및 승강설비, 공기압축설비, 터널 내 운반설비, 급수 및 배수설비, 뒤채움주입설비, 이수설비, 버력처리설비와 같은 다양한 설비가 있으므로 사전에 각 설비별 사양검토 및 세부설치계획을 체계적으로 수립하여야 한다.
- (4) 시공설비계획은 TBM 장비 굴진속도 및 후속공정의 사이클 타임을 조합해서 각 작업예비설비도 포함하며, 공사장 면적, 주위환경 등을 검토하여 설비계획에 반영하여야 한다.

### 3.2.2 TBM의 회전설비

- (1) 발진설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대와 반력대, 뒤채움 주입재 및 이수의 누출방지를 위한 패킹설비 등을 설치하여야 한다.
- (2) 도달설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대, 도달 패킹설비를 설치하여야 한다.

- (3) 방향전환을 위한 설비로 턴데이블식 또는 트레이버스식 등을 고려할 수 있으며, 직접 크레인으로 매달아 회전시키는 방법 등도 검토하여야 한다.

### 3.2.3 반입 및 반출설비

- (1) 반입 및 반출설비는 버력의 특성을 고려한 반출방법, 사토장으로의 운반방법, 재료의 반입 및 반출방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 호퍼를 사용하는 경우 호퍼용량은 소요의 굴진공정에 지장을 초래하지 않는 용량이 되도록 하여야 하며, 버력의 특성을 고려한 기능을 갖추도록 하여야 한다.
- (3) 재료의 반입 및 반출설비는 작업 사이클, 입지조건 등을 고려하여 버력의 반출 공정에 지장을 초래하지 않도록 선정하여야 한다.

### 3.2.4 전력공급설비

- (1) 전기설비는 한국전기설비규정(KEC) 및 내선규정, 전기사업법, 한국산업규격(KS), 산업 안전보건기준에 관한 규칙 등에 근거하여 설치하고 유지관리를 하여야 한다.
- (2) 고압 전기기기는 폐쇄형 배전반(Cubicle) 등을 사용하고, 전선로에는 절연 케이블 등을 사용하여 감전사고를 방지하여야 한다.
- (3) 터널 내 전력설비는 터널 내에서 사용하는 설비의 소요전력 용량을 파악하고, TBM 굴진 연장 등을 고려하여 적절한 설비로 전력을 공급하여야 한다.
- (4) 전력공급 중단에 대비하여 필요에 따라 자가발전이나 예비전원설비를 설치하여야 한다.
- (5) 전기설비용량 결정 시, TBM 장비와 상부시공 설비, 터널 내 사용되는 설비 및 기타 장비의 소요전력을 고려하여야 한다.

### 3.2.5 환기설비

- (1) TBM터널에서는 TBM, 버력처리, 자재운반 등의 장비들의 배기량과 작업원 수 등을 감안한 소요환기량을 검토하여 환기설계의 적합성을 평가한 후 환기설비를 갖추어야 하며, 필요시 별도의 예비전원에 연결된 비상급기설비를 설치하여야 한다.

### 3.2.6 공기압축설비

- (1) 압기공법을 적용하는 경우에는 소요의 공기압을 줄일 수 있는 공기압축기 또는 송기 설비를 예비기와 함께 설치하여야 하며, 압기설비, 전력설비, 냉각설비, 저장탱크, 송기관 등을 설치하여 청정하고 적당한 온도의 공기를 공급하여야 한다.
- (2) 고압공기를 사용하는 경우에는 소요용량의 고압 공기압축기 및 필요한 부대설비를 설

치하여야 한다.

### 3.2.7 터널운반설비

- (1) 터널운반설비 선정 시 단면의 크기, 연장, 선형 및 굴착버력상태 등을 고려하여야 한다.

### 3.2.8 급수 및 배수설비

- (1) 급수설비는 커터헤드 전면에 부착된 디스크커터의 개수에 의해 결정되는 굴착소요 급수량과 터널 내 장비운용 및 지보공으로 인해 소요되는 급수량 등을 처리할 수 있는 용량을 갖추도록 하여야 하며, 공사기간 중에 고장 없이 운용될 수 있도록 관리하여야 한다.
- (2) 커터헤드에 공급되는 급수는 소요압력을 유지시켜 공급하여야 한다.
- (3) 배수설비는 TBM에 급수된 수량과 터널 내의 용출수를 배수할 수 있어야 하며 예비 배수설비를 설치하여 예기치 못한 용출수에 대비하여야 한다. TBM의 하향 굴진 시는 지하수 유입으로 인해 장비가 침수되지 않도록 배수계획을 수립하여야 한다.

### 3.2.9 침전설비

- (1) 시공현장에는 TBM에 급수된 수량 및 용출수를 저수하여 이물질을 침전시킬 수 있는 침전설비를 갖추어야 하며, 격벽 및 교반기의 설치와 응집제의 투여로 침전효과를 극대화시키고 수질오염 등 환경오염이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (2) 기타 침전설비에 관한 세부사항은 환경관련법에서 정하는 기준을 만족시킬 수 있어야 한다.

### 3.2.10 뒤채움주입설비

- (1) 뒤채움주입설비로는 그라우트 믹서, 교반기, 흡입장치, 그라우트 펌프, 주입배관 및 주입관리 시스템 등이 있으며 뒤채움주입이 능률적으로 이루어질 수 있도록 배치함과 동시에 소정의 작업 사이클 내에 쉘드TBM 테일 보이드를 완전히 충전할 수 있는 것이어야 한다.

### 3.2.11 이수처리설비

- (1) 이수처리설비는 굴진면의 토질에 적합한 이수를 관리할 수 있으며, 공급이수와 배토이수의 균형관리 및 사토처리 능력이 충분하여야 한다.
- (2) 이수처리설비는 이수와 굴착토를 입경에 따라 효과적으로 분리할 수 있는 1차 설비,

노화된 이수를 필터링 할 수 있는 2차 설비와 여과된 물의 탁도 및 수소이온농도지수(pH)를 조정하여 방류하는 3차 설비가 고려되어야 한다.

### 3.2.12 버력처리설비

(1) 버력처리설비는 공정에 지장을 주지 않으면서 굴착버력을 처리할 수 있어야 한다.

### 3.2.13 작업대차

(1) 작업대차는 굴착, 뒤채움주입 등 일련의 작업에 사용되는 재료와 기계설비를 수용할 수 있는 규모를 가지며, 또한 각종 작업발판으로서의 기능을 가진 것이어야 한다.

### 3.2.14 기타 특수설비

(1) TBM 종류에 따라서는 추가설비들이 요구될 수 있으므로 선정된 장비의 특성에 적합한 추가설비를 갖추어야 한다.

## 3.3 시공기준

### 3.3.1 작업구 시공

(1) TBM의 형식, 크기, 반입, 반출, 조립, 추진방법, 추진 반력체, 작업구 지반의 안정처리, 본 구조물과의 연결, 주변의 영향 등을 고려하여 작업구의 크기와 형상을 결정하여야 한다.

(2) 지반조건, 노면조건, 교통량, 공사 중 소음 및 진동의 영향 등을 고려하여 안전하고 경제적인 공법으로 작업구를 시공하여야 한다.

(3) 도심지 등에서 본 노선에 적합한 작업부지의 확보가 곤란할 경우에는 터널노선을 벗어난 위치에 작업구를 설치하고 진입갱을 통해 본 노선에 접근할 수 있도록 하여야 한다.

(4) TBM, 후방설비 및 자재의 반출입 사항들을 고려하여 작업구를 시공하여야 한다.

(5) 본 구조물로서의 기능 외에 TBM 굴진에 따르는 설비장치, 버력반출, 세그먼트와 각종 자재의 반입 등의 작업이 소정의 계획공정에 따라 진행되도록 작업구를 설치하여야 한다.

(6) TBM용 작업구는 발진작업구, 중간작업구, 도달작업구, 방향전환 작업구 등이 있으며 현장조건과 공사목적에 맞추어 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- ① 발진작업구는 장비의 조립이 용이하고 배수가 원활하게 이루어질 수 있어야 하며, 토압과 추진력을 전달 수 있는 구조이어야 한다.
- ② 초기 굴진이 이루어지는 구간의 발진작업구에 대해서는 종단경사, 굴진면 압력, 이수분

출, 부력 및 장비침하를 검토하여야 한다.

③ 도달작업구는 장비의 해체와 인양이 용이한 구조이어야 한다.

④ TBM의 방향전환이 필요할 경우에는 방향전환 작업구를 설치할 수 있다.

⑤ 발진과 도달을 겸하는 작업구는 TBM 장비의 투입, 조립, 해체 및 반출의 목적에 부합되는 구조이어야 한다.

(7) 작업구에는 교통 및 보행자의 안전을 위하여 안전펜스를 현장여건에 맞게 설치하여야 한다.

### 3.3.2 발진

(1) TBM은 소정의 위치에 계획된 중단 및 평면선형과 일치하도록 고정시킨 후에 발진되어야 하며, 발진 추력이 작업구 흠막이, 주변도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.

(2) 발진을 위한 작업장이 협소한 경우에는 장비본체, 후속대차, 버력대차 등을 분리하여 투입하는 방법을 검토하여야 한다.

(3) TBM은 선형을 따라 허용편차 내에서 굴진되도록 하고, 정해진 위치까지 안전하게 도달할 수 있어야 한다.

(4) 지반조건이 불량하고 터널 토피가 얇은 구간을 TBM이 통과하는 경우에는 필요시 지반보강을 실시하고 보강효과를 확인하여야 한다.

(5) 발진 시 TBM의 고정 위치는 설계상의 장비 중심 및 높이를 기본으로 하여 설정하며, 지반이 연약하여 장비의 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하거나, 바닥부는 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

(6) 발진에 필요한 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재료로 하는 설비 등으로 분류할 수 있으나, 어떠한 경우든 필요한 추력에 대해 충분히 견딜 수 있어야 하고 유해한 변형을 발생시키는 일이 없도록 필요한 강성을 확보하여야 한다.

(7) 발진작업구에서 TBM의 진입을 위한 개구작업 시에는 지반의 붕괴, 노면의 함몰 등이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.

(8) 발진작업구에서 가설벽체를 해체하는 경우 단계별로 신속하고 주의 깊게 수행하여야 한다.

(9) 발진작업구에서 쉘드TBM을 진입시킬 때에는 지하수와 토사의 유입을 막을 수 있도록 엔트런스 패킹을 설치하여야 하며, 가설세그먼트의 부상, 롤링(Rolling), 자재 반입구 변형 등을 방지하기 위한 대책공법을 적용하고 관리하여야 한다.

(10) 발진부 보강방법 검토 시 표 3.3-1을 참조하여 지반조건, 지하수압, TBM 형식, 토피,

작업여건 등의 제반조건을 고려하여야 한다. 이 경우 발진부 구조체의 안전성을 확보할 수 있도록 단독 또는 병용의 보강방법을 적용할 수 있다.

표 3.3-1 발진부 보강방법

발진부 보강법	시공법
굴진면 보강 후 발진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 약액 및 현탁액 주입공법</li> <li>• 고압주입공법</li> <li>• 동결동법</li> <li>• 작업구 압기공법</li> </ul>
강철판을 이용하여 발진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이중강철판공법</li> <li>• 개착·매설공법</li> </ul>
가벽자체를 절삭하여 발진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가벽절삭공법</li> </ul>

- (11) 굴진은 초기굴진과 본 굴진으로 분류할 수 있으며, 초기굴진 시에는 본 굴진에 필요한 각종 자료를 수집·분석하고, 굴진관리 방안을 수립하여야 한다.
- (12) 초기 굴진거리는 TBM의 길이와 추력의 영향을 받는 구간의 길이를 합한 것과 TBM의 길이와 후방설비의 길이를 합한 것 중 긴 것을 선택하여야 한다.
- (13) 초기굴진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
  - ① 발진부에 대한 사전 지반개량의 필요 유무
  - ② 쉴드TBM의 발진반력대, 받침대의 구조 및 강도
  - ③ 후방설비의 배치 및 버력의 반출 방법

3.3.3 도달

- (1) 도달은 TBM이 도달작업구까지 굴진하는 일련의 작업이며, 도달 후에는 장비를 인양, 매몰, 회전(U-turn)할 수 있다.
- (2) 도달작업구의 개구부 처리방법은 사전에 개방시키는 방법과 TBM 장비가 작업구 벽체에 도달한 후에 개방시키는 방법 등이 있으며, 지하수, 지반조건 등을 고려하여 안전한 방법을 선정하여야 한다.
- (3) 도달에 있어서는 TBM의 위치를 측정하면서 설계노선을 따라 주변 도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 하며, 정해진 위치까지 굴진하여야 한다.
- (4) 도달과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
  - ① 도달부에 대한 지반개량 범위와 배면주입, 토류가시설의 필요유무, 개구방법, 토사유출 방지 및 배수대책
  - ② 추진속도를 늦추고 정확한 위치에 도달하기 위해 조정을 수행하는 위치
  - ③ 이수식 쉴드TBM인 경우 이수압의 감압개시 위치
  - ④ TBM을 매립하는 경우 매립위치, 매립부와 본체구조물과의 연결부 시공방법

⑤ TBM을 작업구에서 인출하는 경우 받침대 등의 가설설비 및 이동계획

### 3.3.4 TBM 추진 일반사항

- (1) 운전원은 제작사에서 제공하는 설명서(Manual)를 숙지하여 TBM의 기능을 이해하고 제어할 수 있어야 한다.
- (2) 운전원은 굴진 시 각종 계기자료와 지반정보로부터 상하 또는 좌우 편차가 허용값 이내가 되도록 관리하여야 한다.
- (3) TBM터널 시공 시 굴진면과 주변지반의 안정을 도모하면서 설계노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 운전하여야 한다.
- (4) TBM 추력은 지반조건, 장비형식, 여굴의 발생여부, 사행정도, 터널선형 등에 의해 영향을 받으므로 추력의 크기와 장비의 방향을 조절할 수 있는 책을 적정하게 사용하여 추진시켜야 한다.
- (5) 세그먼트가 손상되지 않도록 1분당 책 추력을 적정하게 적용하여야 한다. 또한 곡선부 시공 또는 사행수정을 위해서 일부 책만을 사용하는 경우에도 사용하는 책을 적정하게 선정하여 세그먼트 손상을 방지하여야 한다. 필요시에는 세그먼트 손상을 방지하기 위하여 강섬유 보강과 같은 대책의 적용을 검토할 수 있다.
- (6) TBM을 추진시킬 때는 피칭, 요잉 및 롤링의 발생을 억제하도록 하여야 한다.
- (7) TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
  - ① 인근의 가옥, 주요 구조물 등에 대한 필요시 보강대책 및 계측계획
  - ② 지반조건에 적합한 굴진면 압력관리, 주입재의 주입량과 압력
  - ③ 굴진면 붕괴에 의한 지반공동 또는 지반함몰 발생 및 이상누수에 대한 비상대책
  - ④ 과굴착 여부 파악을 위한 배출 버력량 측정 방법

### 3.3.5 토압식 쉘드TBM의 추진

- (1) 쉘드TBM의 추진에 따른 원만한 배토가 이루어질 수 있도록 토압과 굴착량을 측정하여 굴착속도를 조정하여야 하며, 커터헤드의 회전속도와 추력의 크기 등을 파악하여 굴진면 안정관리를 실시하여야 한다.
- (2) 굴진면의 안정성, 버력의 유동성과 지수성을 확보하기 위하여 적합한 첨가제를 선정, 주입하여야 한다.
- (3) 배토기구와 관련 설비는 굴착토량과 배토되는 토사의 양과 상태를 고려하여 해당 공종에 적합하도록 계획하고 관리하여야 한다.
- (4) 토압식 쉘드TBM의 추진과 관련하여 굴진기록부의 작성항목을 검토하여야 한다.

### 3.3.6 이수식 쉘드 TBM의 추진

- (1) 이수관리시스템은 이수에 의한 굴진면의 유지, 굴착버력의 이송, 분리 및 처리, 재순환을 포함하며, 지반조건과 시공성을 고려하여 자동화 체계로 운용되어야 한다.
- (2) 굴진면의 안정을 유지하기 위한 이수의 비중, 점성, 이수압 등은 토압과 지하수 압력을 고려하여 관리값을 설정하여야 한다.
- (3) 이수분리장치를 통해 이수과 버력을 완전히 분리하여야 하며, 이수분리장치의 용량 결정 시에는 터널단면의 크기, 터널 연장, 1회 추진 시의 버력량, 사이클 타임 등을 고려하여야 한다.
- (4) 배토기구와 설비에는 굴착토사의 상태를 고려하여 폐색이 발생되지 않도록 설계도서에 따라 폐색방지용 보조장치와 파쇄장치 등을 설치하여야 한다.
- (5) 이수식 쉘드TBM의 추진 시 이수의 품질관리, 이수 플랜트 설비 등을 검토하여야 한다.
- (6) 굴착버력은 폐기물관리법에 의한 유해물질 검사 후 반출하여야 한다.

### 3.3.7 세그먼트 라이닝 설치

- (1) 세그먼트는 조립 전에 이물질을 완전히 제거한 후 조립순서에 따라 신속, 정확하게 조립하여야 한다.
- (2) 세그먼트의 본체 및 실링부 시공 시 손상되지 않도록 주의하여야 하며, 필요시 진원 유지장치 등의 보조기구를 사용하여야 한다.
- (3) 세그먼트 라이닝의 시공
  - ① 세그먼트를 조립할 때 쉘드TBM의 잭을 동시에 제거하면 토압 또는 굴진면의 이수압에 의해 쉘드TBM이 후진할 수 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 본씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.
  - ② 세그먼트 링의 종방향 이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 이 경우 세그먼트 이음부의 방수재는 손상되지 않고 잘 밀착되도록 조립하여야 한다.
  - ③ 세그먼트 설치 시 이렉터를 이용하여 주위 세그먼트가 손상되지 않도록 조립하고, 필요시 진원유지장치 등을 이용하여 진원을 유지하도록 하여야 한다.
  - ④ 세그먼트 이음볼트는 세그먼트에 손상을 주지 않는 정해진 힘으로 체결하여야 한다. 세그먼트가 변형에 의해 느슨해지는 경우는 재체결한다.
  - ⑤ 조립 중 세그먼트 균열 및 파손발생에 대비하여 보강 방법이 포함된 관리대책을 수립하여야 한다.
- (4) 테이퍼 세그먼트 라이닝의 시공
  - ① 곡선부의 원활한 시공을 위하여 곡선계획에 맞는 테이퍼(Taper) 세그먼트를 제작하여 사

용하여야 한다.

- ② 직선구간 및 곡선구간의 사행을 고려하여 적절한 비율로 테이퍼 세그먼트를 제작·보관하여야 한다.
- ③ 테이퍼의 방향이 동일한 세그먼트의 사용량이 많아지면 라이닝이 변형될 수도 있으므로 사행과 곡선반경을 고려하여 테이퍼 세그먼트의 사용량을 최소화하도록 시공하여야 한다.

#### (5) 진원의 유지

- ① 세그먼트를 진원으로 조립하는 것은 터널단면의 확보, 시공속도, 지수효과의 향상 및 지반침하의 감소 등에 중요하므로 세그먼트를 조립한 후 뒤채움주입재가 충분히 경화될 때까지 진원장치를 유지하여야 한다.

### 3.3.8 버력운반

- (1) 터널크기, 연장, 경사, 공사기간, 교행장치의 개소 및 수 등을 감안하고 안전성과 운전 효율을 고려하여 버력운반 체계를 선정하여야 한다.
- (2) 버력운반 시 광차를 사용하는 경우는 버력적재 및 대기시간을 최소화하여 TBM의 굴진효율에 영향을 주지 않도록 필요시 교행장치를 설치하여야 한다.
- (3) 버력운반용 광차의 용량은 터널의 크기, 경사, 연장, 버력 발생량 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (4) 내연기관의 광차를 사용할 경우는 배기가스에 주의하고 환기설비 등을 고려하여야 한다.
- (5) 초장대 터널의 경우, 갱내 환경 및 운반효율을 고려하여 고속 컨베이어 시스템과 같은 고효율 운반체계를 고려할 수 있다.
- (6) TBM의 배토처리는 그 방식에 적절한 방법을 선정하여야 하며, 필요에 따라서는 호환 또는 복합하여 적용할 수 있다.
- (7) 연속컨베이어 등 이동장비에는 작업원의 안전 및 장비손상을 방지하기 위하여 비상정지장치 또는 비상정지 예인로프 등과 같은 안전장치를 갖추어야 한다.

### 3.3.9 뒤채움 주입시공

- (1) 쉘드TBM의 테일 보이드(Tail void)로 인한 지반의 변형방지와 세그먼트에서의 누수방지, 굴진반력에 의한 세그먼트의 조기 안정성 확보를 위하여 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.
- (2) 뒤채움 주입은 다음의 방법들 중 쉘드TBM의 장비 특성과 현장 지반조건 등을 고려하여 선정하여야 한다.

- ① 동시주입 : 테일 보이드의 발생과 동시에 주입, 충전하는 방법으로 TBM 장비에 설치된 주

입관을 통해 주입하는 방법

- ② 즉시주입 : 테일 스킨이 조립된 세그먼트를 벗어나는 즉시 그라우트홀을 통해 주입하는 방법
- ③ 후방주입 : 몇 링 후방에서 세그먼트 그라우트 홀을 통해 주입하는 방법

- (3) 뒤채움 주입은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 0.1~0.2 MPa 큰 압력으로 실시하여야 한다.
- (4) 주입량은 쉴드TBM의 테일 보이드 크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (5) 이액형 주입재를 사용하는 경우는 적정 겔타임을 검토하여 주입압의 상승, 주입관의 폐색에 주의하여야 한다.

### 3.3.10 급곡선부 시공방법

- (1) 착공 전에 곡선반경은 TBM의 직경, 구조 및 특성을 감안하여 최소곡선반경과 대차의 회전반경을 검토하여야 한다.
- (2) 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반조건, TBM 장비 특성, 확대굴착량, 테일 보이드, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 하여야 한다.
- (3) 추진반력에 따른 세그먼트 라이닝 또는 지보재의 균열이나 파손, 터널의 변형, 선형이탈 방지에 유의하여야 한다.
- (4) 시공 시 실제 TBM의 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음 사항을 관리하여야 한다.
  - ① TBM의 길이는 회전저항이 최소화 되도록 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고, 편측추진에 대비하여 추력과 커터회전력이 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.
  - ② 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하여 필요한 테이퍼양을 확보하고, 편심하중을 고려하여 리브, 스킨, 이음볼트를 보강하거나 필요시 강제세그먼트를 사용할 수 있다.
  - ③ 카피커터 등으로 확대굴착량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.
  - ④ 필요시에는 급곡선부 주변지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강 또는 보조공법을 적용한다.
  - ⑤ 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.
  - ⑥ 선형관리에 대한 측량빈도를 늘리고, 정기적인 기준점측량을 수행하여야 한다.

### 3.3.11 급경사부 시공방법

- (1) 급경사부의 시공은 운반 시 충돌, 협착 등의 재해방지 및 갱내 배수와 통로에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

**3.4 시공 허용오차**

내용 없음

**3.5 보수 및 재시공****3.5.1 점검 및 커터교체**

- (1) TBM의 특성에 적합하도록 수시점검, 일일점검, 주간점검, 월간점검 등으로 구분한 계획을 수립하고 정기적으로 점검하여야 한다.
- (2) TBM의 굴진효율이 떨어지기 전에 디스크커터 또는 커터비트를 교체하여야 한다. 또한 디스크커터가 편마모 되었거나 파손된 경우 디스크커터의 베어링, 실링, 커터 하우징 기능의 정상여부도 점검하여야 한다.
- (3) 작업자의 안전이 확보되는 조건에서 디스크커터와 커터비트의 점검 및 교체 작업을 실시하여야 한다.

**3.6 현장 품질관리****3.6.1 뒤채움 주입관리**

- (1) 뒤채움 주입관리 방법은 주입압력에 의한 관리방법과 주입량에 의한 관리방법으로 구분하며, 현장에서는 두 가지 방법을 혼용하여 종합 관리하여야 한다.
- (2) 뒤채움 주입 후에 미충전부가 발생하거나 쉘드의 추력에 의해 세그먼트와 지반 사이에 틈이 발생하는 경우에는 추가주입을 실시하여야 한다.
- (3) 뒤채움 주입 시 지반과 세그먼트의 변형이나 이음 볼트의 절단이 생기지 않도록 압력을 관리하여야 한다.
- (4) 주입재의 적절한 품질을 유지하기 위하여 유동성, 점성, 블리딩, 응결시간, 압축강도 등을 정기적으로 측정하여야 하며 품질에 의문이 생길 때는 세그먼트 배면주입공을 통해 주입재 코어를 채취하여 주입재의 품질을 관리하여야 한다.

**3.6.2 이수 품질관리**

- (1) 설계도서에서 따라 이수의 비중, 점성, 모래함유율, pH, 항복점과 같은 품질기준을 검토하고, 지반조건에 따른 변경사항은 공사감독자와 협의하여 품질관리기준을 관리하여야 한다.

**집필위원**

성명	소속	성명	소속
장수호	한국건설기술연구원	문준배	강릉건설
박진수	호반산업		

**국가건설기준센터 및 건설기준위원회**

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	(주)건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	(주)지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	(주)에스코건설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

**중앙건설기술심의위원회**

성명	소속	성명	소속
김상철	(주)삼안	문인기	엠펙플러스이앤씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	(주)건화	정평기	(주)화인씨이엠테크
류은영	(주)태암엔지니어링		

**소관부처**

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

## KCS 27 25 00 : 2023 터널 TBM 공사

---

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회  
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호  
(사)한국터널지하공간학회  
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net  
<https://www.tunnel.or.kr/>

작성기관 한국터널지하공간학회  
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호 (사)한국터널지하  
공간학회  
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net  
<https://www.tunnel.or.kr/>

국가건설기준센터  
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)  
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr  
<http://www.kcsc.re.kr>