

KCS 61 70 25 : 2017

하수도 터널공사

2017년 10월 27일 개정

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

KC CODE



환경부

KCS 61 70 25 하수도터널 공사

1. 공통사항

1.1 일반사항

1.1.1 적용범위

(1) 이 시방서는 하수도터널공사의 일반적인 사항에 대해 적용하며, 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 터널공사 표준시방서(국토교통부)에 따른다.

(2) 참조규격

KS D 3503 일반 구조용 압연 강재

KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강

KS D 7017 용접 철망 및 철근 격자

KS L 5201 포틀랜드 시멘트

1.1.2 제출물

(1) 시공계획서

① 터널노선에 대한 세부측량계획서

② 갱내 측량에 필요한 갱외 기준점 설치계획서

③ 터널 굴착방법에 대한 세부검토서 및 대안에 대한 검토서

④ 현장 시공시의 공사현황, 현장조직, 안전관리, 공정계획, 현장 및 자재 품질관리 및 검사 등에 대한 세부계획서

⑤ 자재 반입계획서

⑥ 가설비 설치계획서

가. 환기설비

나. 조명설비

다. 배수설비

라. 배출수처리설비

마. 통신설비

바. 터널 내의 통행

(1) 시공상세도

① 터널굴착 표준도

② 시공순서도

③ 지보공 설치상세도

④ 앵커볼트 설치상세도

⑤ 슛크리트(shotcrete), 라이닝(lining) 등의 시공상세도

⑥ 가설비 설치상세도

1.2 재료 : 해당사항 없음

1.3 시공

1.3.1 가설비

(1) 시공자는 하수도터널공사를 시공하기 위해 필요한 환기, 조명, 배수설비 등의 가설비를 설치 운영하여야 한다.

(2) 환기설비

- ① 위생적이며 안전한 작업환경을 조성하기 위하여 터널 내의 환기를 실시하여 가스, 분진, 내연기관의 배기가스를 터널 외부로 배출하여야 한다.
- ② 지반에서 가스가 나오는 경우에는 산소결핍 등에 주의하고, 필요한 경우에는 환기와 급기, 기타의 조치를 강구하여야 한다.
- ③ 환기방식은 터널의 단면, 연장, 환기량, 작업기계의 종류에 따라 적절한 방식을 선정하여야 한다.
- ④ 폭약 및 내연기관으로부터 배출되는 유해가스 발생량 산정은 폭약이나 장비제조업체에서 제품의 제원으로 제시하는 기준치를 근거로 하여 산정하고 유해가스의 규제목표 농도는 근로환경 관계법규에 제시된 기준치를 따른다.

(3) 조명설비

- ① 작업장소와 통로에는 적합한 조명설비를 설치하여 작업 중의 위험요인을 제거할 수 있도록 하여야 한다.
- ② 작업을 하는 장소는 70럭스(lux) 이상의 조도를 확보하여야 하며, 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 조치하여야 한다.
- ③ 작업이 이루어지지 않는 터널 중간구간은 50럭스(lux) 이상의 조도를 확보하며, 터널입출구 부, 연직갱 구간은 30럭스(lux) 이상의 조도를 확보하여야 한다. 조명시설로 인해 차량운전자들의 눈부심이 발행하지 않도록 조치하여야 한다.
- ④ 작업중에 분진이나 매연 등으로 인하여 조도가 저감되지 않도록 조명기구를 관리하여야 하며, 위험한 장소에는 경계표시등을 설치하여야 한다.
- ⑤ 비상시에도 필요한 조도를 확보할 수 있도록 예비전원을 설치하여야 하며 조명기구는 파손되지 않도록 보호하여야 한다.
- ⑥ 터널의 진입과 진출부의 조도는 명암에 순응할 수 있도록 조치하여야 한다.

(4) 배수설비

- ① 작업구와 터널 내부로 유입되는 지하수를 배수할 수 있는 배수설비를 계획하여 터널 내부에 유입 지하수가 고여 작업여건을 악화시키거나 지반을 이완시키는 경우가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.
- ② 배수설비는 주기적으로 점검하고 정비하여 원활한 기능을 유지시키도록 하여야 한다.
- ③ 펌프설비는 유지수선이 용이하고 유입되는 지하수를 원활하게 배출할 수 있는 용량으로 계

확하여야 한다. 배수펌프의 고장시를 대비하여 예비펌프를 설치하고 정전시의 배수대책도 강구하여야 한다.

- ④ 지보재 기초부에 인접하여 배수로를 설치하는 경우에는 배수로의 물고임과 흐름현상에 의해 기초부 지반이 연화되는지 여부를 검토하고 필요시 적합한 대책을 수립하여야 한다.

(5) **통로**

- ① 작업자의 통행을 위하여 통로를 확보하여야 한다. 통로는 작업차량 통행으로부터 안전을 보장 받을 수 있는 곳에 설치하여야 하며 항상 평탄한 노면과 일정수준의 조도를 유지하여야 한다.
- ② 터널내부에 궤도를 부설할 경우에는 운행하는 차량과 터널의 측벽 또는 장애물과의 안전거리를 최소 600mm 이상 확보하여야 한다.
- ③ 안전거리가 600mm 이상 확보되지 않은 경우에는 적합한 간격으로 식별이 용이한 대피소 설치, 신호장치의 설치, 감시원 배치 등을 통하여 차량운행으로부터 작업원을 보호하도록 조치하여야 한다.
- ④ 타이어방식의 작업차량을 사용하는 경우에는 가드레일, 안전로프 등으로 통로를 구분하여 작업자가 안전하게 통행하도록 하여야 한다.

1.3.2 굴착

터널공사 표준시방서(국토교통부)에 따른다.

1.3.3 지보재

터널공사 표준시방서(국토교통부)에 따른다.

2. 콘크리트 라이닝

2.1 일반사항

2.1.1 콘크리트 라이닝 일반

- (1) 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트 라이닝에 대하여는 본 공종에서 정하는 바를 따른다.
- (2) 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대하여는 국토교통부 제정 콘크리트 표준시방서의 규정을 따른다.
- (3) 터널의 콘크리트 라이닝은 콘크리트 펌프로 침을 원칙으로 하고, 치기방법을 변경할 경우 충분한 검토 후 공사감독자(건설사업관리자)에게 승인을 받아야 한다.
- (4) 시공자는 콘크리트 치기 순서, 거푸집 설치 및 해체, 치기공정을 포함한 시공계획서를 사전에 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

2.1.2 콘크리트 라이닝의 시공시기

- (1) 콘크리트 라이닝은 지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 변위가 수렴된 것을 확인한

후 시공하여야 한다.

- (2) 팽창성 지반에서 변위가 완전 수렴되지 않은 상태에서 콘크리트 라이닝을 타설하게 될 경우에는 변위량과 변위속도를 기준하여 콘크리트 라이닝 타설시기를 결정하여야 한다.

2.1.3 콘크리트 라이닝 시공순서 선정

- (1) 기초 및 인버트가 없을 경우는 배수콘크리트를 먼저 타설하고 이에 따라 측벽, 아치 전단면 콘크리트를 타설해야 한다.
- (2) 기초 및 인버트가 있을 경우는 기초 및 인버트 콘크리트를 타설한 후 앞의 1.3.1과 같이 타설하여야 한다.

2.2 재료

2.2.1 콘크리트의 배합 및 운반

- (1) 콘크리트는 설계조건을 만족시키며, 재료분리 및 공극이 발생되지 않을 정도의 워커빌리티 (Workability)를 갖도록 배합을 정하여야 한다.
- (2) 배합된 콘크리트는 비빈 후 가능한 한 빨리 타설하여야 한다. 비빈 후 타설이 완료할 때까지의 시간은 외기 온도가 25℃ 이상인 경우에는 1.5시간, 25℃ 이하일 때에는 2시간을 초과하여서는 안 된다. 단, 지연제를 사용하는 경우에는 콘크리트의 품질의 변동이 없는 범위 내에서 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 얻어 상기의 시간제한을 조정할 수 있다.
- (3) 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 배치 플랜트 배합 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물질의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 한다. 운반에는 교반기가 부착된 운반차를 사용하여야 하며, 기타의 운반방법에 의할 때는 운반방법의 적정성을 검증하여야 한다.

2.2.2 콘크리트재료의 품질관리

콘크리트재료의 품질관리는 콘크리트 표준시방서 및 터널공사 표준시방서의 규정에 따른다.

2.3 시공

2.3.1 콘크리트 시공계획

- (1) 콘크리트는 시공 전에 콘크리트 라이닝 시공계획서를 작성하여 검토한 후 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (2) 터널을 굴착한 결과 공기단축 등 여건변동으로 콘크리트 라이닝의 시공순서 등의 시공조건이 변경될 경우에는 이에 적합한 시공계획을 수립하여 안전하게 시공하여야 한다.
- (3) 콘크리트 라이닝 시공계획을 변경할 경우에는 변경계획서를 작성하여 검토한 후 변경하여야 한다.

2.3.2 콘크리트의 타설 및 양생

- (1) 콘크리트 타설시에는 재료분리가 생기지 않고, 골고루 채워져서 공극이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (2) 건조수축에 의한 균열이 발생하지 않을 길이로서 정해진 당해 타설분량의 콘크리트는 연속하여 타설하여야 하며, 재료분리가 일어나지 않는 타설속도를 유지하여야 한다.
- (3) 콘크리트 타설은 좌우 대칭이 되어 거푸집에 편압이 발생하지 않도록 하여야 하며 바이브레이터 등을 이용하여 다짐을 시행하여야 한다.
- (4) 콘크리트 타설에 슈트 혹은 벨트 컨베이어 등을 사용할 경우에는 공사감독자(건설사업관리자)의 지시를 받아야 한다.
- (5) 용수 혹은 유수에 의하여 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 적절한 방법을 강구하여야 한다.
- (6) 타설된 콘크리트는 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지하며 양생하여야 한다.
- (7) 콘크리트 라이닝에는 균열발생이 최소가 되도록 시공시 주의하여야 하며 균열발생이 예상되는 구간에는 필요한 대책을 강구하여야 한다.
- (8) 터널 내부와 외부와의 온도 차이에 의한 영향으로 신축이음이 필요한 경우에는 신축이음을 둘 수 있다.

2.3.3 신축이음 및 시공줄눈

- (1) 콘크리트 타설시 콘크리트 라이닝 단면, 크기, 온도차 등을 고려하여 신축이음을 설치하여야 한다.
- (2) 콘크리트 타설시 건조수축 등에 의한 균열을 유도하기 위해 시공줄눈을 일정한 간격으로 설치하여야 한다.
- (3) 신축이음 및 시공줄눈은 측벽, 아치, 인버트까지 일치하도록 설치하여야 한다.
- (4) 콘크리트 라이닝의 신축이음은 터널 입·출입구 50m 이내에서는 20~30m 간격으로, 터널 내부에서는 20~60m 간격으로 설치하여야 하며, 단면 변화부, 지층의 급격한 변화구간, 철근과 무근 콘크리트 라이닝의 접합부 등에는 추가로 설치할 수 있다.
- (5) 실런트(sealant)는 신축이음 시공시 프라이머 접착제를 바른 후 시공하여야 한다.

2.3.4 천정부 시공

- (1) 천정부의 콘크리트 채움을 검사하기 위해 거푸집 1스팬마다 직경 10mm 파이프를 천정부 양단에 각각 매입하여 채움 상태와 공극을 조사할 수 있도록 설치하여야 한다.
- (2) 천정부의 마감콘크리트는 점검창을 이용하여 목재거푸집으로 마감하여야 한다.
- (3) 천정부에 콘크리트를 타설하는 경우에는 원지반이나 슛크리트면과 완전히 밀착시키기 어려우므로 콘크리트 경화 후 모르타르 주입으로 뒤채움을 하여야 한다.
- (4) 콘크리트 펌프로 천정부의 콘크리트를 타설하기 위하여 공기승압기를 사용할 경우에는 아직 굳지않은 콘크리트의 300mm 정도의 깊이로 공기 배출파이프를 매설하여 콘크리트가 잘 충전

되도록 하고 콘크리트 타설 후 순차적으로 뽑아야 한다.

2.3.5 인버트 시공

- (1) 인버트 콘크리트를 타설하기 전에 굴착면 또는 숏크리트면을 청소하고 배수처리하여 콘크리트가 밀착하게 채워지도록 시공하여야 한다.
- (2) 인버트 콘크리트의 타설이음은 인버트 축력의 직각방향으로 설치하여야 한다.
- (3) 지형조건상 편압이 예상되는 경우 또는 콘크리트 라이닝이 구조적인 기능을 발휘하는 경우에는 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아 인버트를 설치할 수 있다.
- (4) 인버트 콘크리트의 시공시기는 계측결과를 기초로 하여 결정하여야 하며, 특히 지반이 불량한 경우에는 굴착 중에 숏크리트에 의한 인버트도 고려하여야 한다.
- (5) 인버트는 축벽과 일체가 되어 외력에 충분히 저항할 수 있는 형상이 되도록 하여야 한다.
- (6) 인버트의 두께는 지형 및 지반조건에 따라 정하며 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아야 한다.
- (7) 인버트 콘크리트에는 콘크리트의 건조수축으로 인한 균열을 방지하기 위해 적절한 간격으로 시공이음부를 두어야 한다.

2.3.6 공극 충전

- (1) 숏크리트면 또는 굴착면과 콘크리트 라이닝 사이는 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며 공극이 발생하는 경우는 공극이 완전히 채워질 수 있도록 적절한 시공관리하에 채움주입을 실시하여야 한다.
- (2) 주입은 콘크리트 라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 도달한 후 가능한 한 조기에 실시하여야 한다.
- (3) 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물을 제거하여야 한다.
- (4) 주입의 순서 및 압력은 굴착면이 흐트러지지 않도록 하고 기시공된 지보재에 편압이나 과다하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다.
- (5) 주입은 소정의 압력에 도달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.
- (6) 공극충전용 파이프는 라이닝 콘크리트를 타설시 매몰, 이탈되지 않도록 견고히 고정시켜야 한다.
- (7) 파이프는 라이닝 콘크리트 타설시 막히지 않도록 보호조치 하여야 한다.

2.3.7 콘크리트 라이닝의 품질관리

- (1) 콘크리트 라이닝 시공 전에는 반드시 내공을 검측하여 콘크리트 라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인하여야 하며 설계두께 확보가 불가능한 경우에는 철근량 증대, 강섬유 혼합, 콘크리트 강도증대 등 별도의 보강조치를 취하여야 한다.
- (2) 콘크리트 라이닝 두께는 평균두께가 설계두께 이상이 되도록 관리하여야 하며, 국소부위는 100mm 또는 설계두께의 1/3값 중 작은 값 이상을 초과하지 않는 범위 내의 시공오차를 허용할 수 있다.

- (3) 콘크리트 라이닝의 강도는 3회 이상의 시험결과로 판정하되 시험재령 28일 강도가 설계강도 이상이어야 하며, 1차 시험에서 미달될 경우 좌우 5m 범위 내에서 재시험을 실시하고 그 결과가 설계강도에 미달할 경우 두께 증가 등의 보완시공 또는 재시공하여야 한다.
- (4) 시공 중 또는 시공 후 <표 5-3-1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.
- (5) 라이닝 콘크리트의 압축강도는 $f_{28}=24\text{MPa(N/mm}^2\text{)}$ (재령 28일 강도)를 표준으로 하며, 소요강도가 고강도를 필요로 하는 경우에는 고강도콘크리트를 사용할 수 있다.
- (6) 콘크리트 라이닝의 품질관리는 콘크리트 표준시방서와 터널공사 표준시방서에서 규정한 바를 따른다.

<표 1-1-1> 콘크리트 라이닝 품질관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도	비 고
시공정확도 두께 균열, 변형	소정의 위치에 철근 및 거푸집설치 상태 콘크리트 라이닝 두께 관리 콘크리트 라이닝 타설 후 균열, 변형 상태	시공 전 시공 전, 후 시공 후 수시	
슬럼프시험	콘크리트 슬럼프값	필요할 때마다	KS F 2402 (콘크리트의 슬럼프 시험방법)
압축강도시험	콘크리트 압축강도		KS F 2405 (콘크리트의 압축 강도 시험 방법)

(7) 내공 및 선형관리

- ① 콘크리트 라이닝을 설치하기 전에 내공 및 선형 측량을 실시하여 콘크리트 라이닝의 설계두께 유지가 불가능한 부분에 대해서는 기시공된 지보재를 재시공하여 콘크리트 라이닝의 설계두께를 확보할 수 있도록 하여야 한다. 단, 지반조건상 재시공이 부적절하다고 판단될 경우에는 별도의 조치를 강구하여야 한다.
- ② 선형관리 기준은 설계서에 제시된 기준을 따른다. 단, 별도의 관리 기준치가 주어지지 않았을 경우에는 터널의 목적과 콘크리트 라이닝의 두께 표준에 적합한 범위 내에서 선형의 오차범위를 인정한다.

3. 콘크리트 라이닝 뒤채움 및 주입

3.1 일반사항

- 3.1.1 콘크리트 타설 후 라이닝 뒷면과 원지반과의 사이에 생긴 공극은 그라우팅공법 등으로 뒤채움을 하여야 한다.
- 3.1.2 그라우팅 압력은 주입관 바로 아래에 부착된 압력계에서 0.2MPa 이하로 주입하여야 한다.
- 3.1.3 그라우팅 장비는 그라우트 믹서로 재료를 혼합하여 그라우트 펌프로 주입한다.
- 3.1.4 주입관은 콘크리트를 타설할 때 내경 30~50mm PVC 파이프를 사용하고 주입관 선단은 쇠

기 형태로 제작하여 주입재가 원활히 충전될 수 있도록 하고 주입시 공기 배출구멍으로 활용한다.

3.2 재료

3.2.1 재료선정

그라우팅 재료선정, 재료시험 등은 콘크리트 표준시방서와 토목공사 표준일반시방서에서 규정한 해당 시방서에 따라 관리한다.

3.2.2 뒤채움 모르타르의 배합조건

- (1) 뒤채움 모르타르의 배합은 장차 변질하지 않고 수축이 작은 주입작업에 적당한 유동성을 가지는 범위 내에서 단위수량을 정하여야 한다.
- (2) 모르타르 배합비는 설계조건을 만족하고 골고루 뒤채움할 수 있도록 정하여야 한다.

3.2.3 뒤채움 및 주입재료의 품질관리

재료에 대한 규정은 설계서에 따른다.

3.3 시공

3.3.1 콘크리트 라이닝 뒤채움 및 주입시공 계획

- (1) 콘크리트 경화 후 천정부 등 라이닝 뒷면 공극을 반드시 조사하여 뒤채움재료, 재료혼합 및 주입장비, 주입구멍 배치, 주입시공 순서, 주입압력, 주입기간 등이 포함된 뒤채움 및 주입시공 계획서를 작성하여 검토한 후 주입하여야 한다.
- (2) 뒤채움 및 주입시공계획을 변경할 경우에는 변경계획서를 작성하여 검토한 후 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 얻어 변경하여야 한다.

3.3.2 뒤채움 및 주입시공

- (1) 뒤채움 주입량은 공극상태를 조사하여 추정계획하고 실제주입량은 주입구멍 번호별로 주입량을 합산하여 정산한다.
- (2) 콘크리트 타설 전에 뒤채움 주입파이프를 매설할 때에는 콘크리트 타설시 구멍이 막히지 않도록 나무를 깎아서 틀어막아야 한다.
- (3) 콘크리트 타설 후 뒤채움 주입구멍을 뚫을 때에는 기시공된 콘크리트 라이닝이 손상되지 않는 공법으로 뚫어야 한다.
- (4) 주입시기는 콘크리트 라이닝의 강도가 주입압력에 견딜 수 있는 강도 이상이 되는 시기를 선택하여 주입하여야 한다.
- (5) 주입순서 및 방법은 주입구간을 1, 2, 3구간 또는 1, 2구간으로 나누어 계획량을 한꺼번에 고압으로 주입하지 말고 1단계부터 3단계까지 저압에서 단계별로 조정하여 뒤채움을 완전하게 충

전하도록 주입하여야 한다.

3.3.3 뒤채움 주입시공 품질관리

- ① 뒤채움 주입시공은 뒤채움 주입시공 전 반드시 재료를 시험배합하여 주입장비로 1회 이상 주입 압력을 현장시험한 후 시공하여야 한다.
- ② 뒤채움 주입시공은 구간별 주입구명 번호를 정하고 주입구명별, 단계별, 재료배합, 주입량, 주입압력을 기록하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.
- ③ 검사결과 뒤채움 주입이 미흡한 개소는 재주입하고 공사감독자(건설사업관리자)의 검사를 받아야 한다.
- ④ 시공자는 최종주입 보강 후 최종검사한 자료를 공사준공 때 준공도와 같이 반드시 제출하여야 한다.

3.3.4 뒤채움 주입시공 안전관리

뒤채움 주입시공시 콘크리트 라이닝에 변형이나 균열이 발생되지 않도록 주입압력 관리를 철저히 하여야 한다.

4. 강재지보

4.1 일반사항

4.1.1 관련사항

- (1) 강재지보공 설치공사는 터널굴착시 긴급보호를 위하여 단독 또는 포어폴링(forepoling), 록볼트, 와이어 메시(wire mesh) 등과 함께 슛크리트 타설공사를 하게 된다.
- (2) 강재지보공의 목적은 토압으로 인한 내공의 변위를 최대한 감소시키기 위한 것이다.
- (3) 강재지보공은 원지반의 이완진행이 최대한 작게 되도록 굴착 후 시공도면에 제시된 순서에 의하여 가급적 빨리 설치하여야 한다.

4.1.2 강지보재의 특성

- (1) 강지보재는 슛크리트 콘크리트가 경화할 때까지 즉시 지보효과를 발휘하며 경화 후에는 슛크리트 콘크리트와 연합하여 지지효과를 증진시킨다.
- (2) 강지보재는 이음부가 적고 예상되는 외력, 기타 제조건에 대하여 유리한 형상을 가지며 시공상 편리한 것이어야 한다.
- (3) 강지보재의 역할은 다음과 같다.
 - ① 슛크리트 콘크리트를 친 후 경화시까지 임시 보강재 기능
 - ② 무지보 지반의 직접보강 및 슛크리트 콘크리트 라이닝 하중분산 작용
 - ③ 포어폴링, 파이프 루프 시공시 지지대 역할
 - ④ 터널 내공확인, 발파 천공의 지표 역할

4.2 재료

강지보재의 종류는 H형, U형, 격자형(lattice girder) 등이 있으며, H형강, U형강의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS 400, 격자지보의 재질은 KS D 3504에 규정된 SD 500W를 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 하여야 한다.

4.3 시공

4.3.1 강재 지보공은 정해진 위치에 정확히 설치하여 지보공 건립 후 위치 중심, 고정 등에 대하여 검측을 행하여 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아야 한다.

4.3.2 강재 지보공의 상호 연결볼트 및 연결재는 충분히 조여야 한다.

4.3.3 부재의 연결볼트는 이음이 약점이 되지 않도록 한다.

4.3.4 그라우트된 봉이나 파이프, 포어폴링 등을 사용하는 경우에는 강재지보공이 이동하거나 뒤틀리는 것을 막아야 한다. 이 경우 설치오차는 100mm 이내이어야 한다.

4.3.5 강재지보공은 항시 관찰하여 이상이 있다고 인정되는 경우에는 즉시 보강하여야 한다.

4.3.6 터널 발파 후 암질의 종류에 따라 지보공 설치 간격을 조정할 수 있으며 이때 반드시 공사감독자(건설사업관리자)의 지시에 따라 시공하여야 한다.

4.3.7 시공자는 지보공 설치 기록부를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

5. 뿔어붙임 콘크리트(shotcrete)

5.1 일반사항

5.1.1 뿔어붙임 콘크리트

- (1) 시멘트 모르타르 등을 뿔어붙임 콘크리트할 때에는 뿔칠재료가 균등하게 시공되도록 하여야 한다.
- (2) 뿔어붙임 콘크리트면이 암반인 경우에는 뜯 돌을 제거하고 콘크리트인 경우에는 표면을 거칠게 한 뒤 청소하여야 한다. 뿔칠면이 흡수성이 있는 바위인 경우에는 충분히 흡수시켜야 한다.
- (3) 뿔어붙임 콘크리트 장소의 용수개소에 대한 처치는 공사감독자(건설사업관리자)와 협의하여야 한다.
- (4) 뿔어붙임 콘크리트 기계의 노즐은 그 앞 끝이 뿔칠면에 대하여 거의 직각이 되도록 유지하면서 뿔어 붙여야 한다.
- (5) 뿔어붙임 콘크리트의 배합은 필요한 강도와 내구성이 확보되어야 하며 1일 압축강도는 10MPa (N/mm^2) 이상, 28일 강도는 18MPa(N/mm^2) 이상이 되어야 한다.
- (6) 당일의 작업이 끝난 때 또는 휴식 시간에는 뿔어붙임 콘크리트의 끝부분이 점점 얇게 되도록 시공하고, 여기에 이어서 시공할 때에는 그 부분을 잘 청소하고 축축하게 한 다음 덧붙임 시켜

야 한다.

- (7) 표면이나 모서리진 부분은 뿔어붙임 콘크리트의 속도를 느리게 하여 신중하게 뿔어 붙여야 한다. 흠손 등으로 표면을 마무리할 때에는 뿔칠면과 콘크리트 모르타르 등이 잘 부착되도록 유의하여야 한다.
- (8) 뿔어붙임 콘크리트 비탈면의 토질이 흙과 모래가 섞인 혼합토일 때에는 뿔어붙임 콘크리트 압력으로 토사가 흐트러지지 않도록 흙을 단단히 굳혀야 한다.
- (9) 뿔어붙임 콘크리트를 할 때는 다른 구조물을 오손하지 않도록 유의하고, 탄성물은 신속히 처리해서 샌드포켓(sand pocket)이 생기지 않도록 시공하여야 한다.
- (10) 층으로 나누어서 뿔칠할 때에는 층이 잘 될 수 있는 시간을 택하고 청소에 대해서 유의하여야 한다.
- (11) 철망은 마무리면에서 적당한 겹침을 확보하고, 또한 뿔어붙임 콘크리트 등으로 철망이 이동치 않도록 비탈면에 고정시켜야 한다. 또 철망의 이음은 적어도 한 망눈 이상이 겹치도록 하여야 한다.
- (12) 철망 설치재는 두부(頭部)의 모르타르 피복이 50mm 이상이 되도록 타설하고 필요할 때에는 모르타르를 주입하여 설치재를 고정하여야 한다.

5.1.2 강섬유 뿔어붙임 콘크리트(steel fiber reinforced shotcrete)

강섬유 뿔어붙임 콘크리트는 굵은골재, 잔골재 및 포틀랜드시멘트, 급결제와 강섬유를 배합하여 압축공기를 이용하여 뿔어붙이는 콘크리트이다.

5.2 재료

5.2.1 뿔어붙임 콘크리트

- (1) 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트) 기준에 적합한 포틀랜드시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 단, 중용열 포틀랜드시멘트, 초조강시멘트는 현장여건에 따라 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 얻은 후 사용할 수 있다.
- (2) 잔골재는 0.1mm 이상의 깨끗한 모래이어야 한다.
- (3) 굵은골재의 최대치수는 10mm이하이어야 하며 입도는 현장여건에 따라 공사감독자와 협의하여 적정한 것을 사용할 수 있다.
- (4) 급결제의 사용량은 환경과 압축강도를 고려하여 시멘트 중량의 5%를 표준으로 시공조건(기온, 지반조건, 용수 등), 사용재료, 급결제의 재질 및 특성에 따라 조정하여야 한다.
- (5) 급결제는 환경오염 및 배수공 막힘을 일으킬 우려가 있으므로 실리케이트계를 사용해서는 안되며, 인체에 유해한 영향이 없어야 한다. 품질은 콘크리트학회기준 KCI-SC-102의 규정에 적합하거나 동등이상의 제품이어야 한다. 단 응결시간 시험방법은 KS L 5103(길모아 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험방법)에 따른다.
- (6) 기타재료로서 AE제, 분산제, 지연제 등의 혼화제가 사용되며 분진의 감소, 부착력의 향상, 리바운드 감소 등을 목적으로 분진방지제가 사용된다. 단, 사용되는 혼화제는 철근을 부식시키지

않고 강도에 유해하지 않음이 입증되어야 한다.

5.2.2 강섬유 뽑어붙임 콘크리트

- (1) 강섬유는 뽑어붙임 콘크리트공법에 적합한 것을 사용해야 하며 강섬유 이외의 섬유에 대하여는 소요의 품질을 얻는데 적합하다는 것을 확인한 다음에 사용해야 한다.
- (2) 강섬유를 재료로 선정할 때 뽑어붙임 콘크리트 강도 및 인성의 증대뿐만 아니라 비비기, 압송 및 타설시 호스의 폐색여부 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (3) 강섬유의 품질은 콘크리트학회기준 KCI-SF-101의 규정에 적합하거나 동등이상의 제품이어야 하며, 강섬유 길이는 30~40mm, 형상비는 60~80 범위, 인장강도는 700MPa 이상이어야 한다.

5.3 시공

5.3.1 뽑어붙임 콘크리트

- (1) 뽑어붙임 콘크리트는 지반의 이완 변형을 최소한으로 방지하기 위해 굴착 후 최단시간에 신속하게 지반에 밀착하여 타설되도록 한다.
- (2) 최소 뽑어붙임 콘크리트의 두께는 설계두께 이상이어야 하며, 설계두께에 대한 합격률은 80% 이상이어야 한다.
- (3) 용수가 다소 있는 경우에는 물구멍을 만들어 적절한 배수처리를 한 다음 시공해야 하며, 용수가 거의 없다고 생각되는 숏크리트면에도 2m에 1개소 정도의 비율로 대나무 또는 파이프 등으로 물구멍을 만들어 두는 것이 좋다. 용수가 많은 개소에는 동상, 동결의 피해를 받지 않는 공법을 고려하여 공사감독자(건설사업관리자)와 협의하는 것이 좋다.
- (4) 보강용 철망은 숏크리트면의 요철에 맞추어 펴 깔고 앵커로 고정하며 철망의 중첩은 종방향으로 100mm, 횡방향으로 200mm 정도 실시하는 것이 바람직하다.
- (5) 뽑어붙이기를 할 때는 뽑어붙임 콘크리트면과 0.8~1.2m의 간격을 유지하며 숏크리트면에 직각이 되도록 하여 타설하고 작업 후 타설면은 평탄하게 이루어져야 한다.
- (6) 타설방법은 숏크리트면 상단에서 하부로 차례로 진행하여야 하며 어떤 경우라도 숏크리트면 상부로 진행하여 시공하여서는 안 된다. 뽑어붙임 콘크리트를 2층 이상으로 나누어 시행할 때에는 다음 층을 1시간 이내에 시행치 않으면 안 된다.
- (7) 1일 작업종료시 또는 휴식시는 뽑어붙임 콘크리트의 단부를 점차로 얇게 하여 마무리한다.

5.3.2 강섬유 뽑어붙임 콘크리트

- (1) 시공은 5.3.1 뽑어붙임 콘크리트에 따른다.

6. 록볼트

6.1 일반사항

6.1.1 록볼트 일반

- (1) 록볼트는 굴착면 주변에 설치되어 이완된 암괴 또는 절리면들을 껴메어 지반을 보강하거나 내압을 가하여 지반이 아치나 보를 형성하도록 시공하여야 한다.
- (2) 록볼트 설치는 지반조건을 분석하여 록볼트의 효과와 기능을 발휘할 수 있는지 여부를 검토하여 소요의 기능을 발휘할 수 있는 록볼트를 시공하여야 한다.
- (3) 록볼트의 인장력을 발휘하도록 시공할 경우에는 발생축력을 검토하여 록볼트의 재질과 형상을 결정하고 인발내력을 확인하여야 한다.
- (4) 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료의 선정 등에 있어서는 그 시공성을 검토하여야 한다.
- (5) 록볼트에 프리스트레스를 도입할 경우의 프리스트레스는 록볼트 항복응력의 80% 이하가 되도록 하여야 한다.
- (6) 록볼트 천공시 지반조건상 공벽의 자립성이 불량한 경우에는 자천공 록볼트를 사용할 수 있다.
- (7) 8m 이상의 긴 록볼트를 설치할 필요가 있는 경우에는 일반 록볼트와 함께 긴 케이블 볼트를 조합하여 사용할 수 있다.

6.2 재료

6.2.1 재료일반

- (1) 록볼트의 재질은 SD350 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질이어야 하며, 이형봉강이나 강관, 팽창성 강관 등을 사용할 수 있다.
- (2) 현장조건이나 시공여건에 따라 섬유 또는 유리재질로 보강된 소재의 록볼트를 사용할 수 있다.
- (3) 지압판의 두께는 6mm를 표준으로 하되 팽창성 지반에 대해서는 9mm 이상의 두께를 사용하여야 한다.
- (4) 케이블볼트의 재질 및 형상은 원지반 조건 및 사용목적에 따라 정하여야 하며, 일반적으로 재질은 공칭지름 12.7mm 이상의 7연선으로 인장강도 및 연신율의 큰 것이어야 하고 1본의 케이블볼트가 지탱하는 소요강도에 따라 다양한 형상의 케이블볼트를 사용할 수 있다.

6.2.2 접착재료

(1) 수지(resin)형

- ① 레진은 폴리에스터 레진(polyester resin)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다.
- ② 레진은 제조업자가 표시한 보관기간이 경과하거나 변질 또는 용량이 불충분한 것을 사용하지 않도록 하여야 하며, 용수, 염수, 약산, 약알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 한다.
- ③ 레진은 팽창성 접착재로서 직경 27mm 이상의 것이라야 하고 레진의 조합은 선단에 2배 팽창이 되어야 하고 용수에서 초기강도가 높아야 한다.
- ④ 레진에 발포성 레진을 사용할 때는 발포배율에 따른 접착력의 감소를 반드시 점검하여야 한다.
- ⑤ 레진에 대한 현장 품질관리의 일반시험으로서 소정의 설계인발력 이상이 됨을 확인하여야 한다. 단, 토사 및 완전 풍화된 암반구간에는 레진을 사용하지 않도록 하여야 한다.

(2) 시멘트 모르타르(cement mortar)형

- ① 모르타르는 모래와 시멘트 및 첨가제로 구성되며 물시멘트비(W/C) 40~50%의 배합을 원칙으로 한다.
- ② 모르타르용 모래로는 2mm 이하로 입도분포가 좋아야 하며, 모래의 표면수량에 따라서 수량을 조정해야 한다.
- ③ 모르타르용 시멘트는 보통시멘트와 조강시멘트를 사용할 수 있으며 보통시멘트를 사용할 때는 반드시 첨가제로서 초기에 정착능력을 발휘할 수 있도록 급결작용할 수 있는 급결제를 사용해야 한다.
- ④ 조강시멘트를 사용할 때는 지연제를 사용하여 모르타르 경화시간을 조정하되 시공관리에 특별히 유의하여야 한다.
- ⑤ 모르타르에 의한 그라우트는 용수, 염수, 약산, 약알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 한다.

(3) 시멘트 페이스트(cement paste)형

- ① 시멘트 페이스트는 시멘트 밀크(cement milk)와 경화제로 구성된다.
- ② 배합비는 수온, 용수형태 등에 따라 현장실험을 통하여 조정한다.

6.2.3 부속부품

- (1) 베어링 플레이트(bearing plate)는 지반의 변형을 구속하는 효과를 충분히 발휘하여야 한다.
- (2) 베어링 플레이트는 지반의 붕락방지 등의 목적을 조성하기 위해서 안전하게 조절할 수 있어야 하며, 이러한 조절에 의하여 암석이나 슛크리트의 표면에 완전히 밀착시킬 수 있어야 한다.

6.3 시공

6.3.1 수지형 록볼트

- ① 천공할 때 천공지름은 보통 레진일 때는 볼트지름 +(6~8mm), 발포성 레진일 때는 볼트지름 +(10~15mm)이어야 하며, 깊이는 설계깊이에 대하여 $\pm 50\text{mm}$ 이내의 오차이어야 한다.
- ② 레진 삽입 체적계산에 의하여 적절한 양의 레진을 투입한다.
- ③ 오가, 픽해머와 드리프터 등을 이용하여 1,000rpm 이상으로 20~30초간 록볼트를 회전하면서 삽입한다.
- ④ 록볼트 삽입 후 현장실험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

6.3.2 모르타르형 록볼트

- (1) 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~16mm)이어야 하며, 그 깊이는 설계 깊이에 대하여 -50mm~+100mm 이내의 오차이어야 한다.
- (2) 모르타르 주입시 저압주입기[0.3MPa(N/mm²) 이하]를 사용한다. 특히 캡슐형 선단급결제를 사용할 때는 1차 모르타르 압입 및 홀(hole) 선단에 급결제 캡슐을 끼워서 1차 모르타르 속으로 넣으면서 2차 모르타르 주입을 행하여야 한다.
- (3) 픽해머, 드리프터와 가이드셀 등을 이용하여 록볼트를 박아 넣는다.

(4) 록볼트 삽입 후 현장시험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

6.3.3 시멘트 페이스트형 록볼트

- (1) 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~15mm)이어야 하며, 깊이는 설계 깊이에 대하여 -50mm~ +100mm 이내의 오차이어야 한다.
- (2) 록볼트를 삽입할 경우 시멘트 페이스트가 흘러나오는 것을 막고 록볼트를 임시 고정시키기 위해 반드시 실(seal)을 록볼트에 부착하여야 한다.
- (3) 시멘트 페이스트를 주입할 경우 배기 파이프로 페이스트가 나오면 주입을 중단한다.
- (4) 록볼트 삽입 후 현장시험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

7. 철망

7.1 일반사항

7.1.1 철망 일반

- (1) 타설된 숏크리트 콘크리트가 자중으로 인해 박리되는 경우나 숏크리트 콘크리트의 전단강도 및 인장강도를 향상시킬 필요가 있는 경우 철망을 사용한다.
- (2) 철망은 숏크리트 콘크리트 타설시 부착력을 증대시키고 숏크리트 콘크리트 라이닝의 휨응력에 대한 인장재 역할을 하는 보강재의 역할을 한다.
- (3) 철망은 숏크리트 콘크리트가 굴착면에 밀착되도록 도와주고 구조적 보강효과가 최대한 발휘할 수 있도록 배치하여야 한다.
- (4) 강섬유보강 숏크리트 콘크리트를 사용할 경우에는 철망을 생략할 수 있다.

7.2 재료

7.2.1 철망의 재질

- (1) 철망은 구조용 용접철망을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 철망은 숏크리트 콘크리트 반발량, 품질, 시공성 등을 고려하여 사용목적에 부합하는 한국산업 규격(KS)의 크기를 사용하여야 한다.

7.3 시공

7.3.1 철망 시공

- (1) 철망은 핀 등으로 지반 또는 숏크리트 콘크리트에 견고하게 고정하고, 철망간의 연결시에는 충분히 중첩하여야 한다.
- (2) 철망의 중첩은 터널 종방향으로 100mm, 횡방향으로 200mm 정도 실시한다.
- (3) 철망은 설계에서 정한 이음을 실시하여 전체가 서로 연결되도록 하여야 한다.
- (4) 철망의 최소 숏크리트 콘크리트 피복두께는 20mm 이상이어야 한다.

8. 쉴드TBM

8.1 일반사항

8.1.1 쉴드TBM 일반

- (1) 시공계획은 공사의 목적, 규모, 기간을 반영하고 설계도서, 관련규정, 현장조건, 지반조건 등을 고려하여 안정하고 경제적인 시공이 되도록 수립하여야 한다.
- (2) 시공계획시 쉴드TBM 장비의 선정, 설계내용, 부속장비의 제작과 공급 등 모든 공정의 적정성을 검토하고 확인하여야 한다.
- (3) 작업구의 위치와 규모는 입지조건과 시공조건, 쉴드TBM 장비 크기 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- (4) 발진부와 도달부, 급곡선부, 지장물의 철거부나 지중접합부 등에는 지반의 안정성을 고려하여 계획하여야 한다.
- (5) 공사시에는 환경기준을 초과하는 유해물질이 발생되지 않도록 제반대책을 수립하여야 한다.

8.2 재료

8.2.1 재료일반

- (1) 조사된 현장의 지질조건 및 암반특성에 적합한 굴진가능한 장비이어야 한다.
- (2) 장거리 추진 설비장치는 이토(slime) 제거장치, 자동측량장치, 자동활재 주입제어장치가 부착되어 있어야 한다.
- (3) 이토 제거장치는 실드 하부에 쌓이는 이토를 제거하여 장거리 추진시 재밍(jamming)을 방지할 수 있어야 한다.
- (4) 자동 측량 장치는 거리 증가에 따라 레이저 빔(laser beam)의 감도가 확산 및 저하되므로 레이저 테오도라이트(laser theodolite)가 움직이는 추진관 내부로 들어가서 측량되는 구조이어야 한다.
- (5) 자동활재 주입장치는 활재가 전 추진관의 외벽과 굴착면 사이에 고르게 분포될 수 있는 성능을 발휘할 수 있어야 한다.

8.3 시공

8.3.1 작업구

- (1) 작업구는 지반조건, 노면의 조건, 교통량, 공사중의 소음, 진동의 영향 등을 고려하여 안전하고 경제적인 공법으로 시공하여야 한다.
- (2) 시가지 등에서 본 노선에 적합한 작업부지의 확보가 곤란할 경우에는 터널노선을 벗어난 위치에 작업구를 설치하고 진입갱을 통해 터널 본 노선에 접근할 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 작업구는 다음 사항들을 고려하여 시공하여야 한다.
 - ① 쉴드TBM기의 투입 및 반출
 - ② 쉴드TBM기 투입 후 후방대차 및 자재의 반출입

8.3.2 발진

- (1) 쉘드TBM의 발진은 소정의 위치에 쉘드TBM으로 바르게 고정시킨 후 이루어져야 하며, 발진 추력이 작업구 흠막이, 주변도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 발진시 쉘드TBM의 고정 위치는 설계상의 쉘드TBM 중심 및 높이를 기본으로 하여 정하나 지반이 연약하여 쉘드TBM 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하여야 한다.
- (3) 발진에 필요한 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 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.
- (4) 발진작업구에서 쉘드TBM의 관입을 위해 수행하는 개구작업은 지반의 붕괴, 노면의 함몰 등이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.
- (5) 발진작업구에서 가벽을 해체시키는 경우는 단계별로 신속하고 주의깊게 행하여야 한다.
- (6) 발진작업구에서 밀폐형 쉘드TBM을 관입시킬 때에는 지하수와 토사의 유입을 막을 수 있도록 엔트런스 패킹을 실시하여야 하며, 작업구나 세그먼트 배면에서의 양호한 지수를 위해서는 쉘드TBM기 관입 후 후미를 조기에 충전시켜야 한다.
- (7) 발진부 보강방법은 다음 표와 같은 여러 가지가 있으므로 지반조건, 쉘드TBM형식, 토피, 작업여건 등의 제조건을 고려하여 선택하도록 하여야 한다. 이들 방법의 선택에 있어서는 단독사용과 병용의 경우가 있으나 어떠한 경우에도 발진구조체의 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

<표 1-1-4> 발진부 보강방법

발진부 보강방법	시공법
막장 보강 후 발진	<ul style="list-style-type: none"> • 약액주입공법 • 치환공법(이수고화공법 등) • 동결공법 • 작업구 압기공법
강철판을 이용하여 발진	<ul style="list-style-type: none"> • 이중강철판공법 • 개착, 매설공법
가벽자체를 절삭하여 발진	<ul style="list-style-type: none"> • 가벽절삭공법

- (8) 굴진은 초기굴진과 본굴진으로 분류할 수 있으며, 초기굴진시에는 쉘드TBM의 굴진방향을 정확히 잡을 수 있도록 하고 향후 본 굴진을 위한 각종 정보를 얻도록 하여야 한다.
- (9) 초기 굴진거리는 쉘드TBM의 길이와 쉘드TBM 추력의 영향을 받는 구간의 길이를 합한 것이나 쉘드TBM의 길이와 후방설비의 길이를 합한 것으로 하며, 이중 긴 것을 택하도록 하여야 한다.
- (10) 초기굴진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
 - ① 발진부에 대한 사전 지반개량 유무
 - ② 쉘드TBM의 발진반력대의 구조 및 강도
 - ③ 가설세그먼트의 해체시기
 - ④ 후방설비의 배치 및 토사의 반출입 방법

8.3.3 도달

- (1) 도달은 굴진노선에 있어서 미리 준비된 도달작업구에 도달하는 일련의 작업을 말하여, 쉘드 TBM 도달 후에는 시공성과 경제성을 고려하여 쉘드TBM 본체를 작업구에서 인양하거나 작업구 내에 매몰할 수 있다.
- (2) 작업구 도달방법에는 작업구 개구를 미리 개방시키는 것과 쉘드TBM기가 벽에 도달한 후에 개구를 개방시키는 방법이 있으나 지하수, 지질조건 등을 감안하여 결정하여야 한다.
- (3) 도달에 있어서는 쉘드TBM의 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 사전 지반개량
 - ② 예정위치에 도달하기 위한 쉘드TBM의 측량방법과 터널내외의 연결방법
 - ③ 추진속도를 늦추고 미속전진 시켜야 하는 위치
 - ④ 이수식 쉘드TBM인 경우 이수압의 감압개시 위치
 - ⑤ 추력의 영향에 의한 도달작업구 내 토류의 필요유무와 그 대책
 - ⑥ 작업구 도달면의 개구방법과 그 착수시기
 - ⑦ 쉘드TBM 본체와 도달벽과의 간격 및 토사유출방지 또는 배수대책
 - ⑧ 쉘드TBM을 매립하는 경우 정지위치
 - ⑨ 도달부 부근의 배면주입
 - ⑩ 쉘드TBM을 작업구 내에 인출할 경우 쉘드TBM 받침대 등의 가설비

8.3.4 추진

- (1) 일반 쉘드TBM의 추진
 - ① 쉘드TBM는 지반의 안정을 도모하면서 설계 노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 하여야 한다.
 - ② 쉘드TBM의 추력은 지반의 조건, 쉘드TBM의 형식, 여굴의 발생여부, 사행수정의 유무, 터널의 선형 등에 의해 달라지게 되므로 추력의 크기와 쉘드TBM 방향을 조절할 수 있는 쉘드TBM의 잭을 적정하게 사용하여 추진시켜야 한다.
 - ③ 터널막장의 안정을 이룰 수 있도록 굴착 직후 또는 굴착과 동시에 쉘드TBM을 추진하여야 한다.
 - ④ 세그먼트 등, 후방구조물을 손상하지 않도록 하기 위하여 1분당 잭 추력을 적정하게 유지하도록 하고 쉘드TBM의 소요추력은 전 잭을 사용하여 얻어야 한다. 곡선부, 경사변환부, 사행수정을 위해서 일부 잭만을 사용하여야 하는 경우에도 가능한 한 많은 수의 잭을 사용하여야 한다.
 - ⑤ 쉘드TBM를 추진시킬 때는 피칭, 요잉 및 롤링의 발생을 억제하도록 해야 한다.
 - ⑥ 일반 쉘드TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
 - 가. 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책

나. 지반 조건에 적합한 추진책의 사용여부
다. 막장붕괴 및 이상누수에 대한 비상대책

(2) 이토압식 쉘드TBM의 추진

- ① 쉘드TBM의 추진에 따른 원만한 배토가 이루어질 수 있도록 토압과 굴착량을 측정하여 굴착 속도를 조정하여야 하며, 커터헤더의 회전속도와 추력의 크기도 파악하여 막장유지관리를 실시하여야 한다.
- ② 지하수의 유출이 많은 모래 자갈층에서는 적절한 첨가제를 주입하여 양호한 시공성을 확보하여야 하며, 버력의 반출은 터널단면의 크기, 터널길이, 1회 추진시의 버력량, 사이클 타임 등을 검토하여 그 최적방법을 결정하여야 한다.
- ③ 이토압식 쉘드TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
가. 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책
나. 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉘드TBM의 추력
다. 굴착토량 및 배토된 토량의 균형유지
라. 막장의 지반상태에 적합한 토압유지

(3) 이수식 쉘드TBM의 추진

- ① 이수에 의한 굴착 막장의 유지 및 버력반출시스템은 시공성을 고려하여 자동화 체계로 운용되도록 하여야 한다.
- ② 사용되는 이수의 농도, 밀도, 비중, 점성, 이수압 등은 토압, 지하수 압력 등을 고려하여 설정하여야 한다.
- ③ 이수과 버력은 이수분리장치를 통하여 완전히 분리될 수 있도록 하여야 하며 터널 단면크기, 터널길이, 1회 추진시의 버력량, 사이클 타임 등을 검토하여 이수 분리장치의 용량을 결정하여야 한다.
- ④ 이수식 쉘드TBM이 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
가. 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책
나. 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉘드TBM책의 추진력
다. 굴착토량 및 배토된 토량의 균형유지
라. 막장의 토질에 적합한 이수 관리

8.3.5 세그먼트 라이닝의 시공

- (1) 세그먼트를 조립할 때 쉘드TBM책을 한번에 제거하면 토압 또는 막장의 이수압에 의해 쉘드 TBM이 후진하는 일이 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 분씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.
- (2) 세그먼트의 링이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 조립은 세그먼트의 방수기능을 손상하지 않도록 하고, 세그먼트 이음부에는 이물질이 없도록 하여 서로 잘 밀착하도록 하여야 한다.
- (3) 세그먼트의 조립은 설치기 또는 미동장치를 이용하여 주위의 세그먼트를 손상시키지 않도록 정확하게 조립하여야 한다.
- (4) 세그먼트 이음볼트는 조립시 세그먼트에 손상을 주지 않고 정한 힘으로 충분히 체결하여야 한다.

8.3.6 테이퍼(taper)세그먼트 라이닝의 시공

- (1) 원활한 곡선부의 시공을 위하여 시공부위의 곡선에 맞는 테이퍼 세그먼트를 제작하여 사용하여야 한다.
- (2) 쉘드TBM 시공구간은 곡선부가 없더라도 사행수정을 위하여 테이퍼 세그먼트를 전체 세그먼트 링수의 5% 이상으로 제작하여 비치하여야 한다. 그러나 테이퍼 세그먼트의 사용량이 많아지면 라이닝이 변형될 수도 있으므로 테이퍼 세그먼트의 사용에 주의하여야 한다.

8.3.7 뒤채움 주입시공

- (1) 뒤채움 주입은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 0.1~0.2MPa 큰 압력으로 실시하여야 한다.
- (2) 주입량은 쉘드TBM 후미의 공극크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 결정하여야 한다.

8.3.8 급곡선부의 시공방법

- (1) 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반의 조건, 쉘드TBM 특성, 세그먼트 여굴량, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 하여야 한다. 특히 추진반력에 따른 터널의 변형방지, 선형이탈방지에 유의하여야 한다.
- (2) 시공시 실제 쉘드TBM 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음사항을 고려하여야 한다.
 - ① 쉘드TBM : 길이는 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고 편축추진에 대비하여 추력과 커터토크가 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.
 - ② 세그먼트 : 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하고 편심하중을 고려하여 리브, 스킨플레이트, 이음볼트를 보강하거나 세그먼트 외경을 작게 하여 쉘드TBM 후미공극을 여유있게 두도록 한다.
 - ③ 여굴량 조정 : 카피커터 등으로 여굴량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.
 - ④ 보조공법 적용 : 급곡선부 주변 지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강을 실시한다.
 - ⑤ 뒤채움 주입 : 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움주입을 실시하여야 한다.

8.3.9 지반안정

- (1) 막장의 붕괴 및 함몰의 우려가 있는 경우에는 쉘드TBM의 종류와 지반상태 등을 고려하여 적합한 막장처리 공법을 적용하여야 한다.
- (2) 터널굴착에 따른 지반침하가 우려되는 경우에는 막장 안정처리, 굴착 및 지보, 뒤채움 주입 등에 대한 적합한 공법을 적용하여 지반침하를 억제하여야 한다.
- (3) 터널 주변지반의 침하관리를 위해서는 현장계측을 실시하여야 한다.

8.3.10 구조물 보호

- (1) 구조물에 근접하여 쉴드TBM가 통과하는 경우에는 사전에 구조물 보호대책을 강구하여야 한다.
- (2) 기존 구조물이나 방호공에 대해서는 계측을 실시하여 변형 유무를 파악하여야 한다.