

KCS 57 70 35 : 2017

상수도 수로터널공사

2017년 8월 23일 개정

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

KC CODE

목 차

KCS 57 70 35 상수도 수로터널공사	1
1. 일반사항	1
2. 자재	6
3. 시공	10

KCS 57 70 35 상수도 수로터널공사

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 시방서는 수로터널공사의 일반적인 사항에 대해 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 한국산업표준(KS)

- ① KS D 3503 일반구조용 압연강재
- ② KS D 3504 철근콘크리트용 봉강
- ③ KS D 7017 용접철망
- ④ KS L 5201 포틀랜드시멘트

1.3 용어의 정의

(1) 자유수면 터널

상시의 사용상태에서 계획유량이 자유수면을 갖고 흐르는 터널로서 내수압이 작용되지 않는 터널을 말하며, 하천에서의 취수터널은 대부분 자유수면터널이다.

(2) 압력터널

상시의 사용상태에서 계획유량이 터널단면을 만류하는 터널로서 내수압이 작용되는 터널을 말하며, 일반의 발전용 도수터널, 저수지에서의 취수터널, 광역상수도터널 등이다.

(a) 자유수면터널(무압터널)

(b) 압력터널

그림 1.3-1 수로터널의 수리상의 분류

(3) 방수형 터널

터널 내·외부로 물이 통수되어서는 안되는 경우는 강 라이닝(steel lining) 또는 별도로 고안된 완전 수밀성의 콘크리트 세그먼트 라이닝(concrete segment lining)을 설치하여 완전방수가 되도록 한 터널

(4) 배수형 터널

터널주변의 지하수는 터널주변으로 연결된 암반의 절리면을 통하여 터널 내부로 유입되어 외수압이 해소됨으로서 배수터널과 같은 기능을 갖는 터널

(5) 강섬유 뽑어붙임 콘크리트(steel fiber reinforced shotcrete)

굵은골재, 잔골재 및 포트랜드시멘트, 급결재와 강섬유를 배합하여 압축공기를 이용하여 뽑아붙이는 콘크리트

1.4 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

(2) 시공상세도

- ① 터널굴착 표준도
- ② 시공순서도
- ③ 지보공 설치상세도
- ④ 앵커볼트 설치상세도
- ⑤ 쏫크리트(shotcrete), 라이닝(lining) 등의 시공상세도
- ⑥ 가설비 설치상세도

1.5 공정계획

1.5.1 현장타설 라이닝

(1) 콘크리트 라이닝

- ① 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트 라이닝에 대하여는 본 공종에서 정하는 바를 따른다.
- ② 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 KCS 14 20 00 콘크리트공사를 따른다.
- ③ 터널의 콘크리트 라이닝은 콘크리트 펌프로 침을 원칙으로 하고, 치기방법을 변경할 경우 충분한 검토 후 공사감독자(건설사업관리자)에게 승인을 받아야 한다.
- ④ 시공자는 콘크리트치기 순서, 거푸집 설치 및 해체, 치기공정을 포함한 시공계획서를 사전에 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

(2) 콘크리트 라이닝의 시공시기

- ① 콘크리트 라이닝은 주지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 변위가 수렴된 것을 확인한 후 시공하여야 한다.
- ② 변위가 완전히 수렴되지 않은 상태에서 콘크리트 라이닝을 타설하게 될 경우에는 변

위량과 변위속도를 기준하여 콘크리트 라이닝 타설시기를 결정하되, 소산되지 않고 남은 이완하중 및 잔류수압 등에 저항할 수 있는 구조적 성능을 보유하여야 한다.

(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 ①항과 같이 타설하여야 한다.

1.5.2 콘크리트 라이닝 뒤채움 및 주입

- (1) 콘크리트 타설 후 라이닝 뒷면과 원지반과의 사이에 생긴 공극은 그라우팅공법 등으로 뒤채움을 하여야 한다.
- (2) 그라우팅 압력은 주입관 바로 아래에 부착된 압력계에서 0.2 MPa 이하로 주입하여야 한다.
- (3) 그라우팅 장비는 그라우트믹서로 재료를 혼합하여 그라우트펌프로 주입한다.
- (4) 주입관은 콘크리트를 타설할 때 내경 30~50 mm PVC 파이프를 사용하고 주입관 선단은 썰기 형태로 제작하여 주입재가 원활히 충전될 수 있도록 하고 주입시 공기 배출구멍으로 활용한다.

1.5.3 세그먼트 라이닝

시방서 기준은 KCS 27 40 10 일반콘크리트에 따른다.

1.5.4 슛크리트(shotcrete)

(1) 슛크리트

- ① 시멘트 모르타르 등을 슛크리트할 때에는 뽀칠재료가 균등하게 시공되도록 하여야 한다.
- ② 슛크리트면이 암반인 경우에는 뜯 돌을 제거하고 콘크리트인 경우에는 표면을 거칠게 한 뒤 청소하여야 한다. 뽀칠면이 흡수성이 있는 바위인 경우에는 충분히 흡수시켜야 한다.
- ③ 슛크리트 장소의 용수개소에 대한 처치는 공사감독자(건설사업관리자)와 협의하여야 한다.
- ④ 슛크리트 기계의 노즐은 그 앞 끝이 뽀칠면에 대하여 거의 직각이 되도록 유지하면서 뽀어 붙여야 하며, 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화되도록 유지하여야 한다.
- ⑤ 슛크리트의 재령 28일 설계기준강도는 일반 슛크리트의 경우 21 MPa 이상, 고강도 슛크리트의 경우 35 MPa 이상이고 재령 1일 강도는 10 MPa 이상이 되어야 한다.
- ⑥ 당일의 작업이 끝난 때 또는 휴식 시간에는 슛크리트의 끝부분이 점점 얇게 되도록 시공하고, 여기에 이어서 시공할 때에는 그 부분을 잘 청소하고 축축하게 한 다음 덧붙임 시켜야 한다.
- ⑦ 표면이나 모서리진 부분은 슛크리트의 속도를 느리게 하여 신중하게 뽀어 붙여야 한다. 흡손 등으로 표면을 마무리할 때에는 뽀칠면과 콘크리트 모르타르 등이 잘 부착되도록 유의하여야 한다.
- ⑧ 슛크리트 비탈면의 토질이 흙과 모래가 섞인 혼합토일 때에는 슛크리트 압력으로 토

사가 흐트러지지 않도록 흙을 단단히 굳혀야 한다.

- ⑨ 숏크리트를 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 굴착면 또는 이미 타설된 숏크리트면에 밀착시켜 견고하게 고정하여 숏크리트 작업 중 이동이나 진동이 발생하지 않도록 하여야 한다. 또한 철망의 이음은 터널 종방향으로 100 mm, 횡방향으로 200 mm 정도 중첩하여야 한다.
- ⑫ 철망 설치재는 두부(頭部)의 모르타르 피복이 50 mm 이상이 되도록 타설하고 필요할 때에는 모르타르를 주입하여 설치재를 고정하여야 한다.

1.5.5 록볼트

- (1) 시공자는 록볼트를 시공하기 전에 시공관리자, 공사공정표, 사용기계 종류 및 주요제원, 사용재료, 정착방법, 정착에 필요한 응고시간 등을 기재한 시공계획서를 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여 사전승인을 받아야 한다.
- (2) 시공계획서에는 록볼트가 시공될 원지반에 대해 암층별로 3개씩의 록볼트 현장시험 결과(인발하중, 변위, 용수상태, 천공구경, 천공장비, 시험위치, 암질상태, 정착재료 등)가 첨부되어야 한다.
- (3) 록볼트의 시공시기는 굴착 후 가급적 빠른 시간 내에 시공토록 하되 막장 및 굴착면의 절리 등 지반상황에 따라 숏크리트 콘크리트의 치기두께와 치는 시기를 감안하여 공사감독자(건설사업관리자)와 협의 후 결정하여야 한다.
- (4) 록볼트의 조이기는 록볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위 내에서 견고하게 조여야 한다.
- (5) 전면접착형 록볼트는 정착 후 지압판 등이 숏크리트면에 밀착되도록 너트 등으로 조여야 한다.
- (6) 선단정착형 록볼트의 경우에는 확고한 정착부를 형성하도록 하여 프리스트레스 도입 후에도 록볼트에 긴장응력이 유지되어야 한다. 지반조건상 시간이 경과하며 정착부가 느슨해질 우려가 있거나 록볼트의 부식이 크게 우려되는 곳에는 프리스트레스 도입 후 록볼트와 지반 사이의 공극을 시멘트 풀 혹은 모르타르로 충전하여야 한다.
- (7) 선단정착형 및 혼합형인 록볼트는 선단정착부의 모르타르가 경화된 후 4시간 또는 수지(resin)를 삽입하고 1시간이 경과한 후에 적정장비로 록볼트 항복강도의 80%이내의 힘으로 인장하여 고정시켜야 한다. 록볼트를 고정시킨 후에는 필요에 따라 그라우팅을 하여야 한다.
- (8) 프리스트레스 록볼트의 경우는 록볼트 조이기를 실시한 후 1일 정도 후에 다시 조여야 한다. 또 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소요의 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우에는 다시 조여야 한다.
- (9) 전면접착형인 록볼트에 대해서는 프리스트레스를 도입하지 않고 적정한 힘으로 너트를 조여야 한다.
- (10) 용출수가 있을 경우 원칙적으로 용출수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 한다.
- (11) 용출수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우는 급결제 등을 사용하거나 팽창성 강관 록

볼트 등을 사용할 수 있다.

1.5.6 강재지보공

(1) 관련사항

- ① 강재지보공 설치공사는 터널굴착시 긴급보호를 위하여 단독 또는 포어폴링(forepoling), 록볼트, 철망(wire mesh) 등과 함께 숏크리트 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.

(2) 강지보재의 특성

- ① 강지보재는 숏크리트 콘크리트가 경화할 때까지 즉시 지보효과를 발휘하며, 경화 후에는 숏크리트 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.
 - 가. 숏크리트 콘크리트를 친 후 경화시까지 임시보강재 기능
 - 나. 무지보 지반의 직접보강 및 숏크리트 콘크리트 라이닝 하중분산 작용
 - 다. 포어폴링, 파이프루프 시공시 지지대 역할
 - 라. 터널 내공확인, 발파 천공의 지표 역할

1.5.7 철망

- (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.

1.5.8 보조공법

보조공법의 선정은 시행목적에 따라 지질조건, 환경조건, 시공조건 등을 고려하여 경제성 및 시공성에 대한 검토 후 가장 유리한 공법을 선정하여야 한다. 보조공법의 주요목적은 막장의 안전대책, 용수대책, 지표면 침하 억제대책 등으로 구분된다.

(1) 포어폴링

포어폴링은 록볼트 및 강관을 주로 사용하며 극히 연약한 토사터널에서는 터널막장 전방 굴착면에 일정 경사각으로 시공하되 시공각도는 지반조건 및 굴진장과 연계하여 적절히 조정하여 시행하여야 한다.

(2) 주입 그라우팅공

- ① 주입 그라우팅공은 시행목적에 따라 수종의 공법을 우선 선별하여 현지 시험주입으로 효과판정 후 선정하되 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 얻은 후 최종확정한다.
- ② 시험주입 시행은 사전에 유사조건에서 시행한 주입실적을 참조하여 주입재, 주입량,

주입압, 주입범위, 주입방법 등을 검토한 후 경제적이고도 충분한 효과가 예상되는 공법으로 시행하여야 한다.

(3) 강관 다단그라우팅

- ① 천단부의 암피복이 얇거나 파쇄가 심한 지반에서 굴착 전에 천단부 지반을 광범위하게 보강하여야 할 경우에 본 공법을 적용한다.
- ② 이 시방은 터널 주변의 사력층 및 파쇄 연암층과 암반 절리면을 통하여 유출되는 지하수를 차단하고 파쇄대 및 활동 가능면의 봉합을 위하여 터널 내에서 시행되는 강관 보강형 다단 주입공법에 대한 사항이다.
- ③ 이 공법은 기존의 항타장비에 의하지 않고 터널 전용장비에 의하여 직경 100~200 mm 정도의 공을 천공한 후 하중을 감안하여 응력부담재인 강관을 삽입하고 주변을 그라우팅하여 지지구조로서 사용하는 것이다.
- ④ 이 공법에 적용되는 지지력은 터널상부의 이완토압을 고려하여 계산하고 지지력 검토는 사용강관의 직경으로 한다.
- ⑤ 차수 및 지반보강 효과는 사용될 강관에 일정한 구멍을 뚫어서 적정 간격으로 배치하여 강관을 삽입한 후 단산 패커 주입에 의하여 주변지반을 보강하게 된다.

(4) 지하수위 저하공법

- ① 굴착면 안전성 증진과 유입지하수량을 감소시키기 위하여 지하수위 저하공법을 적용할 수 있다.
- ② 지하수위 저하공법으로는 웰포인트공법, 심정에 의한 배수공법, 물빼기공 등을 적용할 수 있다.

2. 자재

2.1 현장타설 라이닝

(1) 콘크리트의 배합 및 운반

- ① 콘크리트는 설계조건을 만족시키며, 재료분리 및 공극이 발생되지 않을 정도의 워커빌리티를 갖도록 배합을 정하여야 한다.
- ② 배합된 콘크리트는 비빈 후 가능한 한 빨리 타설하여야 한다. 비빈 후 타설이 완료할 때 까지의 시간은 외기온도가 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) 콘크리트 재료의 품질관리

콘크리트 재료의 품질관리는 KCS 14 20 00 콘크리트공사 및 KCS 27 40 00 터널라이닝의 규정에 따른다.

2.2 콘크리트 라이닝 뒤채움 및 주입

(1) 재료선정

그라우팅 재료선정, 재료시험 등은 KCS 14 20 00 콘크리트공사와 KCS 27 00 00 터널공사에서 규정한 해당 시방서에 따라 관리한다.

(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 뒤채움 할 수 있도록 정하여야 한다.

2.3 세그먼트 라이닝

(1) 시방기준은 KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝에 따른다.

(2) 내부 콘크리트 라이닝

내부 콘크리트 라이닝은 이 시방서 KCS 57 70 35 상수도 수로터널공사 (2.1)에 따른다.

2.4 슛크리트(shotcrete)

(1) 슛크리트

- ① 시멘트는 KS L 5201 기준에 적합한 1종의 포틀랜드시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 단, 중용열 포틀랜드시멘트, 초조강시멘트는 현장여건에 따라 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 얻은 후 사용할 수 있다.
- ② 잔골재는 구조물용 모래와 동등의 재질로 깨끗한 모래이어야 하며, 잔골재율은 60%를 기준으로 한다.
- ③ 굵은 골재의 최대치수는 10 mm 이하이어야 한다.
- ④ 급결제의 양이 많으면 초기강도는 커지나 장기강도는 떨어진다. 상세한 것은 설계도면에 따른다.
- ⑤ 기타재료로서 AE제, 분산제, 지연제 등의 혼화제가 사용되며 분진의 감소, 부착력의 향상, 리바운드의 감소 등을 목적으로 분진방지제가 사용된다. 단, 사용되는 혼화제는 철근을 부식시키지 않고 강도에 유해하지 않음이 입증되어야 한다.
- ⑥ 슛크리트의 반발률 측정은 현장에서 슛크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 슛크리트(반발재)를 수거, 계량하여 다음 식에 의하여 반발률을 산출한다.

$$\text{반발률(\%)} = \frac{\text{반발재의 전중량}}{\text{스�크리트용 재료의 전중량}} \times 100$$

(2) 강섬유 보강 슛크리트

- ① 강섬유는 슛크리트공법에 적합한 것을 사용해야 하며 강섬유 이외의 섬유에 대하여는 소요의 품질을 얻는데 적합하다는 것을 확인한 다음에 사용해야 한다.

- ② 강섬유를 재료로 선정할 때 숏크리트 강도 및 인성의 증대뿐만 아니라 비비기, 압송 및 타설시 호스의 폐색여부 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- ③ 강섬유혼입량시험은 터널 내에 시공된 숏크리트에서 직접 코어($\phi 100$ mm 이상)를 채취한 후 KS F 2781 숏크리트용 강섬유보강 콘크리트의 강섬유 혼입률 시험방법에 따라 시험을 실시한다. 단, 적용된 숏크리트가 목표로 하는 휨강도, 휨인성을 만족할 경우 혼입량 검사를 생략할 수 있다.
- ④ 강섬유 혼입량은 설계 휨강도와 휨인성 값이 만족될 수 있도록 배합 관리하여야 하며 실제 벽면에 타설된 혼입량은 최소 30 kg/m^3 이상이 되어야 한다.
- ⑤ 강섬유의 인장강도는 700 MPa 이상이어야 한다.

2.5 록볼트

(1) 록볼트

- ① 록볼트의 재질은 SD350 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질의 이형봉강을 표준으로 하며, 원지반 조건 및 사용목적에 따라 동등 이상의 재질 및 형상의 록볼트를 사용할 수 있다.
- ② 지압관의 두께는 6 mm를 표준으로 하되 팽창성 지반에 대해서는 9 mm 이상의 두께를 사용하여야 한다.

(2) 접착재료

① 수지(resin)형

- 가. 레진은 폴리에스터 레진(polyester resin)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다.
- 나. 제조업자가 표시한 보관기간이 경과한 레진을 사용해서는 안되며, 용수, 염수, 약산, 약알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 한다.
- 다. 레진은 팽창성 접착재로서 직경 27 mm 이상의 것이라야 하고 레진의 조합은 선단에 2배 팽창이 되어야 하고 용수에서 초기강도가 높아야 한다.
- 라. 레진에 발포성 레진을 사용할 때는 발포배율에 따른 접착력의 감소를 반드시 점검하여야 한다.

② 시멘트 모르타르(cement mortar)형

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

③ 시멘트 페이스트(cement paste)형

가. 시멘트 페이스트는 시멘트 밀크(cement milk)와 경화제로 구성된다.

나. 배합비는 수온, 용수형태 등에 따라 현장실험을 통하여 조정한다.

(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 숏크리트의 표면에 완전히 밀착시킬 수 있어야 한다.

2.6 강재지보공

강지보재의 종류는 H형, U형, 격자형 등이 있으며, 재질은 KS D 3503에 규정된 SS 400에 준하거나 이상의 자재를 사용하여야 한다.

2.7 철망

(1) 철망은 구조용 용접철망을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 철망은 숏크리트 콘크리트 반발량, 품질, 시공성 등을 고려하여 사용목적에 부합하는 한국산업표준(KS)의 크기를 사용하여야 한다.

(3) 철망은 KS D 7017에 규정된 용접철망을 사용하되 **철선의** 지름은 5 mm 내외, 개구 크기는 100 mm×100 mm 또는 150 mm×150 mm를 표준으로 한다.

(4) 철망의 품질관리는 “표 2.7-1”에 따른다.

표2.7-1 철망의 현장 품질관리사항

종별	관리항목	관리내용 및 항목
일상관리	보관 및 청소상태	변형, 녹, 이물질의 부착상태 확인
	고정상태	콘크리트못, 앵커핀, 록볼트 등에 의해 흔들리지 않게 고정이 되었는지 확인
	밀착상태	굴착면 또는 숏크리트면에 밀착되었는지 확인
	접이음상태	접이음이 확실히 되었는지 확인

(5) 철망의 최소 숏크리트의 피복두께는 20 mm 이상이어야 한다.

2.8 보조공법

2.8.1 포어폴링

(1) 포어폴링은 구조용 이형봉강이나 구조용강관으로 한다.

(2) 천공의 충전재로서는 시멘트 모르타르, 시멘트 풀, 또는 환경에 무해한 합성수지 계열을 사용할 수 있다.

2.8.2 강관 다단그라우팅

(1) 강관은 직경 50 mm 이상의 구조용 강관으로 한다.

(2) 그라우팅재로서는 시멘트 풀을 사용한다.

2.8.3 주입

그라우팅 주입재는 내구성을 보유하여야 하며 환경을 오염시키지 않는 재료를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 가설비

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

(2) 환기설비

① 환기설비는 다음 조건에 적합한 시설이어야 한다.

가. 작업자가 호흡할 공기에 19% 이상의 산소가 포함되어 있어야 하고 유해가스, 건강에 해로운 정도의 먼지, 증기 등이 농축 함유되어 있지 않아야 한다.

나. 시공계획에 예정한 작업자의 1인당 14 m³/min 이상, 디젤엔진을 가동할 경우 엔진 kW당 4 m³/min 이상의 공기를 공급할 수 있는 설비규모이어야 한다.

다. 발파공법을 사용할 경우 발파 후 10분 이내에 공기 중의 질소 산화물로 측정되는 질소가스가 5 mg/L 이하이어야 하며, 절대 최대량이 질소산화물은 30 mg/L, 이산화탄소는 5,000 mg/L 이하이어야 한다.

라. 내연기관의 연구소에서 3m 이내에 작업자나 조종자가 없는 경우 허용될 수 있는 질소화합물은 5 mg/L, 일산화물 mg/L, 이산화탄소 5,000 mg/L 이내이어야 한다.

마. 터널에서 공기 흐름 속도가 15 m/min 이상이 유지되어야 한다.

② 시공자는 공기가 한 곳에 머무는 현상이 발생하지 않도록 다음 사항을 포함한 필요한 모든 사항을 조치하여야 한다.

가. 환기설비는 터널작업장에서 발생할 수 있는 불쾌한 가스, 여러 가지 독극물 등에 작업자가 노출될 경우 위생적인 한계를 넘지 않도록 모든 종류의 설비 및 용량이 계획되어야 한다.

나. 굴착작업동안 환기설비는 배기설비가 되어야 하고, 배기관의 입구가 막장에서 30m 이내에 위치하고 있어야 한다.

다. 시공자는 막장의 발파에 따른 가스가 정제되어 있는 곳으로부터 배기관 사이에 보조 환풍설비를 설치하여야 한다.

라. 터널 내에 연료가 휘발유, 액체석유가스, 프로판, 부탄, 프로필렌, 부틸렌 등을 사용하는 내연기관의 사용이나 직접 연소하는 행위는 허용되지 않는다.

마. 시공자는 디젤엔진 장비를 사용하고자 할 경우에는 “광산작업규정”에 적합한 것 인지를 확인할 수 있는 증빙서류를 제출하여야 한다.

바. 시공자는 수소화합물의 발생을 감지할 수 있는 측정기를 사용하여 터널바닥으로부터 0.15m 높이에서 규칙적으로 검사하여야 한다.

사. 시공자는 연소성 가스의 발생을 감지할 수 있는 측정기기를 사용하여 천정에서부

터 0.3m 이내의 위치에서 규칙적으로 검사하여야 한다.

아. 모든 가스측정기는 해당 공인기관의 검증과 품질보증을 받은 것이어야 한다.

자. 시공자는 공사감독자(건설사업관리자)의 승인 없이 환기설비의 어떤 부분이라도 철거할 수 없다.

차. 터널의 양 입구가 관통되어 자연환기가 가능할 경우에는 환기설비의 철거가 가능하나 이 경우에도 외부공기의 흐름이 항상 일정한 방향이고 일시적으로 바뀌지 않은 조건이어야 한다.

(3) 조명설비

① 터널 내의 조명설비는 KCS 27 60 00 작업환경 3.3.1 공사중 조명에 따른다.

(4) 배수설비

① 시공자는 터널로부터 터널 내에 누출되는 모든 지하수를 적절히 배수하여야 하며, 터널 외부로부터 지표수 등의 유입을 차단하여 배수불량에 따른 작업능률의 저하나 안전에 위해하지 않도록 배수설비를 계획하여야 한다.

② 배수설비는 상기 ①에 적합한 것으로서 규칙적인 점검과 정비가 되어야 한다.

③ 배수설비는 수선·유지가 용이하고 충분한 용량을 가진 것이어야 하며 고장을 대비하여 예비설비가 설치되어 항상 가동될 수 있도록 준비되어야 한다.

④ 시공자는 배출수의 유량측정을 위하여 일정한 위치마다 유량측정 설비를 설치하여 규칙적으로 측정하고 그 기록을 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

⑤ 시공자는 굴착작업 중에 갑작스러운 지하수의 분출 또는 유입 가능성에 항상 주의를 기울여야 하며, 작업자의 안전보장과 장비 등의 손상에 따른 작업 지연방지를 위해 필요한 모든 사전 예측방법을 강구하여야 한다.

⑥ 상기 ⑤에 따라 시공자는 단층 또는 이와 유사한 위험구간, 지하수의 누출이 예외적으로 많은 구간 등에 대하여 파일럿(pilot) 천공을 하여야 한다.

(5) 배출수 처리설비

① 시공자는 터널 내 배수 중에 발생하는 오탁수를 처리할 수 있는 물리화학적 방법이나 자연침강방식 등의 방법을 이용한 오탁수 처리설비를 공급, 설치 및 운영하여야 하며 사용을 완료한 후에는 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아 철거하여야 한다.

② 시공자는 오탁수 처리설비를 설치하기 전 관련법규에 따라 설치허가를 받아야 하며 설치완료 후 설치완료 신고를 하여 적합여부를 통보받아야 한다.

③ 오탁수 처리시설에서 배출되는 수질 기준은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」의 허용배출기준에 적합하여야 한다.

(6) 통신설비

① 시공자는 막장 등 작업장과 현장요원이 상주하는 사무실 사이에 통신설비를 설치하여야 한다.

② 통신선로는 조명설비 및 기타 작업용 동력선과 별도로 분리된 위치에 설치되어야 한다.

③ 통신설비는 비상시를 대비한 예비통신설비를 함께 설치하여야 한다.

(7) 비상발전기

- ① 시공자는 환기, 배수, 조명 등 터널 가설비의 전원공급이 불시에 중단될 경우를 대비하여 비상전원을 준비하여야 한다.
 - ② 주전원이 불시 중단될 경우 자동경보를 울림과 동시에 즉시 이 비상전원이 공급될 수 있도록 계획되어야 한다.
 - ③ 비상발전기는 항상 운전가능한 상태로 유지하도록 하여야 하며, 이를 위해 2주일에 1회 점검을 위한 시운전을 하여야 한다.
- (8) 터널 내의 통행
- ① 터널 내의 통행은 KCS 27 60 00 작업환경 3.3.4 공사중 작업통로에 따른다.

3.1.2 굴착

시방기준은 KCS 27 20 00 터널 굴착에 따른다.

3.2 현장타설 라이닝

3.2.1 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.
- (4) 터널을 굴착한 결과, 암질이 양호하다고 판단되어 라이닝구간과 라이닝구간 사이에 라이닝을 하지 않아도 되는 구간에 대하여는 인버트 부위만 라이닝을 하여 퇴적물 발생과 이로 인한 수질오염을 예방할 수 있도록 시공계획에 반영하여야 한다.

3.2.2 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 온도차이에 의한 영향으로 신축이음이 필요한 경우에는 신축이음을 둘 수 있다.

3.2.3 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 50 m 이내에서는 20~30 m 간격으로, 터널 내부에서는 20~60 m 간격으로 설치하여야 하며, 단면 변화부, 지층의 급격한 변화구간, 철근과 무근콘크리트 라이닝의 접합부 등에는 추가로 설치할 수 있다.
- (5) 실런트(sealant)는 신축이음 시공시 프라이머 접착제를 바른 후 시공하여야 한다.

3.2.4 천정부 시공

- (1) 천정부의 콘크리트 채움을 검사하기 위해 거푸집 1스팬마다 직경 10 mm 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 30 cm 정도의 깊이에 공기 배출파이프를 매설하여 콘크리트가 잘 충전되도록 하고 콘크리트 타설 후 순차적으로 뽑아야 한다.

3.2.5 인버트 시공

- (1) 인버트 콘크리트를 타설하기 전에 굴착면 또는 슛크리트면을 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 슛크리트에 의한 인버트도 고려하여야 한다.
- (5) 인버트는 측벽과 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.

3.2.6 공극 충전

- (1) 슛크리트면 또는 굴착면과 콘크리트 라이닝 사이는 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며 공극이 발생하는 경우는 공극이 완전히 채워질 수 있도록 적절한 시공관리하에 채

움주입을 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 기 시공된 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.

3.2.7 콘크리트 라이닝의 품질관리

- (1) 콘크리트 라이닝의 품질관리는 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝에 따른다.

3.2.8 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 두께표준에 적합한 범위 내에서 선형의 오차범위를 인정한다.

3.3 콘크리트 라이닝 뒤택움 및 주입

3.3.1 콘크리트 라이닝 뒤택움 및 주입시공 계획

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

3.3.2 뒤택움 및 주입시공

- (1) 뒤택움 주입량은 공극상태를 조사하여 추정계획하고 실제주입량을 확인할 수 있는 계량장치를 설치하여 주입구멍 번호별로 주입량을 합산하여 정산한다.
- (2) 콘크리트 타설 전에 뒤택움 주입파이프를 매설할 때에는 콘크리트 타설시 구멍이 막히지 않도록 나무를 깎아서 틀어막아야 한다.
- (3) 콘크리트 타설 후 뒤택움 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 한꺼번

에 고압으로 주입하지 말고 1단계부터 3단계까지 저압에서 단계별로 조정하여 뒤택음을 완전하게 충전하도록 주입하여야 한다.

3.3.3 뒤택음 주입시공 품질관리

- (1) 뒤택음 주입시공은 뒤택음 주입시공 전 반드시 재료를 시험배합하여 주입장비로 1회 이상 주입압력을 현장시험한 후 시공하여야 한다.
- (2) 뒤택음 주입시공은 구간별 주입구명 번호를 정하고 주입구명별, 단계별, 재료배합, 주입량, 주입압력을 기록하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.
- (3) 검사결과 뒤택음 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 뒤택음 주입시공 안전관리

뒤택음 주입시공시 콘크리트 라이닝에 변형이나 균열이 발생되지 않도록 주입압력관리를 철저히 하여야 한다.

3.4 세그먼트 라이닝

3.4.1 세그먼트 라이닝의 시공

- (1) 세그먼트를 조립할 때 쉘드 잭을 한 번에 제거하면 토압 또는 막장의 이수압에 의해 쉘드가 후진하는 일이 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 본씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.
- (2) 세그먼트의 링이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 조립은 세그먼트의 방수기능을 손상하지 않도록 하고, 세그먼트 이음부에는 이물질이 없도록 하여 서로 잘 밀착되도록 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.

3.4.2 테이퍼 세그먼트 라이닝의 시공

- (1) 원활한 곡선부의 시공을 위하여 시공부위의 곡선에 맞는 테이퍼 세그먼트를 제작하여 사용하여야 한다.
- (2) 쉘드 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.

3.4.3 진원의 유지

세그먼트를 진원으로 조립하는 것은 터널단면의 확보, 시공속도, 지수효과의 향상 및 지반침하의 감소 등에서 중요하므로 쉘드의 후미 내에서 세그먼트를 조립한 후 진원을 유지하여야 한다.

3.4.4 뒤채움 주입시공

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

3.4.5 뒤채움 주입관리

- (1) 뒤채움 주입관리방법은 주입압력에 의한 관리방법과 주입량에 의한 관리방법으로 구분하며, 현장에서는 두 가지 방법을 혼용하여 종합관리하여야 한다.
- (2) 세그먼트 조립 후 1차 주입시에 미충전부가 발생하거나 쉘드의 추력에 의해 세그먼트와 지반 사이에 틈이 발생하는 경우에는 2차 주입을 시행하여야 한다.
- (3) 뒤채움 주입시 과다압력은 지반과 세그먼트의 변형 또는 K형 세그먼트의 볼트를 절단시킬 수 있으므로 압력관리를 철저히 하여야 한다.

3.4.6 실링재의 시공

- (1) 세그먼트에 부착된 실링재는 세그먼트의 작업구 내 운반이나 적하시 손상되기가 쉬우므로 시공시 세심한 주의를 요한다.
- (2) 실링재의 부착위치는 원칙적으로 이음볼트 외측에 두어야 한다.
- (3) 실링재 중 수팽창 고무계는 물에 접촉하지 않도록 보관하여 팽창박리가 생기지 않도록 하여야 한다.

3.4.7 코킹의 시공

세그먼트의 누수를 막기 위해 세그먼트 내측의 이음부에 미리 홈을 만들어 두고 이곳에 코킹재를 충전하여야 하며 코킹은 추력의 영향이 없을 때 시공하여야 한다.

3.4.8 볼트구멍 및 뒤채움 주입구의 방수

- (1) 세그먼트를 볼트로 연결하는 경우 볼트구멍의 방수를 위해서는 볼트와셔와 볼트구멍 사이에 고리형의 패킹재를 넣고 볼트를 조여야 한다.
- (2) 뒤채움 주입공의 플러그부 및 주입공 배면은 패킹재를 설치하여 방수하여야 한다.

3.4.9 특수 방수처리

- (1) 콘크리트 세그먼트에서 주입구나 볼트 체결부 주위에 누수가 많은 경우는 에폭시 등을 칠하여 방수하여야 한다.
- (2) 시공이음부에서 실링, 코킹으로도 누수가 발생하는 경우는 그 장소에 추가적인 주입공을 설치하고 발포성 약액을 주입하여 누수가 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.4.10 내부 콘크리트 라이닝

이 시방서 KCS 57 70 35 수로터널공사 (3.2)에 따른다.

3.5 슛크리트(shotcrete)

3.5.1 슛크리트

- (1) 슛크리트는 지반의 이완 변형을 최소한으로 방지하기 위해 굴착 후 최단시간에 신속하게 지반에 밀착하여 타설되도록 한다.

- (2) 최소 슛크리트의 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 비탈면에도 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 비탈면의 요철에 맞추어 펴 깔고 앵커로 고정하며 철망의 중첩은 종방향으로 10 cm, 횡방향으로 20 cm 정도 실시하는 것이 바람직하다.
- (5) 뿔어붙이기를 할 때는 슛크리트면과 0.8~1.2m의 간격을 유지하며 비탈면에 직각이 되도록 하여 타설하고 작업 후 타설면은 평탄하게 이루어져야 한다.
- (6) 타설방법은 비탈면 상단에서 하부로 차례로 진행하여야 하며 어떤 경우라도 비탈면 상부로 진행하여 시공하여서는 안 된다. 슛크리트를 2층 이상으로 나누어 시행할 때에는 다음 층을 1시간 이내에 시행치 않으면 안 된다.
- (7) 1일 작업종료시 또는 휴식시는 슛크리트의 단부를 점차로 얇게 하여 마무리한다.
- (8) 슛크리트 타설 시 반발된 슛크리트가 혼합되지 않도록 반발된 슛크리트는 모두 제거하여야 한다.
- (9) 슛크리트 타설 작업원은 골재의 반발이나 분진의 위해가 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 한다.

3.5.2 강섬유 보강 슛크리트

시공은 이 시방서 KCS 57 70 35 상수도 수로터널공사 (3.7.1)에 따른다.

3.6 록볼트

3.6.1 수지형 록볼트

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

3.6.2 모르타르형 록볼트

- (1) 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~16 mm)이어야 하며, 그 깊이는 설계깊이에 대하여 -50 mm~+100 mm 이내의 오차이어야 한다.
- (2) 모르타르 주입시 저압주입기[3 MPa 이하]를 사용한다. 특히 캡슐형 선단급결제를 사용할 때는 1차 모르타르 압입 및 홀(hole) 선단에 급결제캡슐을 끼워서 1차 모르타르 속으로 넣으면서 2차 모르타르 주입을 행하여야 한다.
- (3) 픽해머, 드리프터와 가이드셸 등을 이용하여 록볼트를 박아 넣는다.
- (4) 록볼트 삽입 후 현장시험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

3.6.3 시멘트 페이스트형 록볼트

- (1) 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~15 mm)이어야 하며, 깊이는 설계깊이에 대하여 -50 mm ~+100 mm 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 배기파이프로 페이스트가 나오면 주입을 중단한다.
- (4) 록볼트 삽입 후 현장시험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

3.6.4. 현장 품질관리

록볼트의 현장 품질관리는 “표 3.6-1”에 따라야 한다.

표 3.6-1 록볼트의 현장 품질관리 사항

종별		관리내용 및 시험		비고
일상 관리	시공 정밀도	소정의 위치, 천공지름, 깊이로 시공되어 있는가의 확인	매 타설시	록볼트의 검측
	충전 상태	충전재가 록볼트와 원지반 사이에 확실히 채워져 있는가를 확인	매 타설시	함마타격 확인
	정착 효과	시공후의 정착효과를 확인 (토크렌치로 조임 등)	매 타설시	함마타격 확인
	변형	지압판의 변형 등을 관찰	매일	현장계측결과 등에 의하여 대책을 강구
정기 관리	강도	록볼트 인발시험	터널연장 20m 마다	3개 / 20m (천정 양측벽 각 1개)
기타	유동성	모르타르의 컨시스턴시 측정	필요할 때마다	KS F 2432
	강도	모르타르의 압축강도 시험		KS F 2426

- (1) 인발시험을 실시할 록볼트는 시험구간 내에서 임의로 선택하며 선정된 록볼트의 지압판은 록볼트의 축과 직각을 이루도록 석고 또는 모르타르 등으로 처리하여야 한다.
- (2) 인발시험은 충분한 정착효과가 얻어진 후에 실시하여야 하며 인발하중의 재하속도는 분당 10kN 내외로 하여야 한다.
- (3) 인발시험은 하중단계별로 변위를 측정하여 하중변위곡선을 작성하고 판정시의 변위가 설계에서 고려한 록볼트의 효과를 발휘할 수 있는 범위 이내인지를 확인하여 합격여부를 판정하여야 한다.
- (4) 록볼트 인발시험은 사용된 록볼트와 동종인 록볼트 자체에 대한 사전인발시험을 실시하여 인발내력을 확인하고, 시공된 록볼트에 대한 실제시험 시에는 설계인발내력의 80%에 달하면 합격하는 것으로 한다.
- (5) 인발시험 결과 불합격될 경우는 불합격 부위(천장, 아치, 측벽)에서 5개를 추가 시행하여 5개 중 3개 이상이 불합격되면 표본구간으로 대표된 전구간에 대하여 설계와 동일 수량의 록볼트를 재시공하여야 한다.

(6) 다음의 경우는 록볼트를 추가 시공하여야 한다.

- ① 내공변위 또는 지중변위 측정 등의 계측결과로부터 얻어진 터널측면의 변형이 과도한 경우
- ② 록볼트 두부로부터 록볼트 길이의 1/2지점과 록볼트 단부 사이에 록볼트 축력의 최대치가 발생하는 경우
- ③ 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우
- ④ 슛크리트의 균열, 지압판의 변형, 과다변위, 응력발생 등 록볼트의 추가시공이 필요하다고 판단되는 경우
- ⑤ 지반조건이 매우 불량하여 특정구간 전체에서 소요의 인발내력이 얻어지지 않거나 록볼트 시공이 곤란한 경우에는 공사감독자와 협의하여 다른 조치를 강구할 수 있다.

3.7 강재지보공

- (1) 강재 지보공은 정해진 위치에 정확히 설치하여 지보공 건립 후 위치 중심, 고정 등에 대하여 검측을 행하여 공사감독자(건설사업관리자)의 승인을 받아야 한다.
- (2) 강재지보공의 상호 연결볼트 및 연결재는 충분히 조여야 한다.
- (3) 부재의 연결볼트는 이음이 약점이 되지 않도록 한다.
- (4) 그라우트된 봉이나 파이프, 포어폴링 등을 사용하는 경우에는 강재지보공이 이동하거나 뒤틀리는 것을 막아야 한다. 이 경우 설치오차는 100 mm 이내이어야 한다.
- (5) 강재지보공은 항상 관찰하여 이상이 있다고 인정되는 경우에는 즉시 보강하여야 한다.
- (6) 터널발파 후 암질의 종류에 따라 지보공 설치간격을 조정할 수 있으며, 이때 반드시 공사감독자(건설사업관리자)의 지시에 따라 시공하여야 한다.
- (7) 시공자는 지보공 설치기록부를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

3.8 철망

- (1) 철망은 핀 등으로 지반 또는 슛크리트 콘크리트에 견고하게 고정하고, 철망간의 연결시에는 충분히 중첩하여야 한다.
- (2) 철망의 중첩은 터널 종방향으로 10cm, 횡방향으로 20 cm 정도 실시한다.
- (3) 철망은 설계에서 정한 이음을 실시하여 전체가 서로 연결되도록 하여야 한다.
- (4) 철망의 최소 슛크리트 콘크리트 피복두께는 20 mm 이상이어야 한다.

3.9 보조공법

3.9.1 휘폴링의 설치

- (1) 휘폴링의 설치는 KCS 27 50 15 3.3.1 휘폴링의 설치에 따른다.
- (2) 휘폴링은 종방향 1~2회 굴진장마다 설치하여 굴진방향으로 중첩길이가 확보되도록 한다.
- (3) 상호 중첩되도록 설치한다.

3.9.2 강관 다단그라우팅의 시공

- (1) 강관은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.

- (2) 진행방향의 설치각도는 20° 이하가 되도록 하여야 한다.
- (3) 강관의 길이는 6 m 이상이 되어야 하며, 막장 굴착면 높이 이상의 중첩길이가 확보되도록 하여야 한다.
- (4) 그라우팅은 패커를 이용하여 여러 단계로 나누어 실시하여 주입량을 기록하여야 한다.
- (5) 강관은 휨하중에 대한 충분한 내력을 가진 재료를 사용하여야 하며, 강관 설치간격은 일반적으로 0.3~0.6 m이나 현장의 지반조건을 고려하여 효율적인 주입이 가능하도록 배치하여야 한다. 또한 시공계획서에는 사용강관의 규격과 제원, 주입재의 종류 및 시험성과, 주입압력, 주입량 관리방안을 명시하여야 한다.

3.9.3 주입

- (1) 그라우팅은 소요의 목적을 달성할 수 있도록 주입재 주입범위와 주입방법을 결정하여야 한다.
- (2) 그라우팅 범위 내의 그라우팅공의 주입범위는 상호 중첩될 수 있도록 주입하여야 한다.
- (3) 그라우팅공당 주입압력, 주입량 등을 정확히 기록하여야 한다.
- (4) 그라우팅시 과도한 압력이 작용하여 이미 설치된 지보재에 손상을 주지 않도록 관리하여야 한다.

3.9.4 지하수위 저하

- (1) 배수시 토립자가 유출되지 않도록 조치하여야 한다.
- (2) 지하수위 저하공법을 적용하는 경우에는 주변시설물에 영향을 미치지 않도록 조치하여야 한다.
- (3) 시공 후에는 지하수위 저하공을 폐쇄하여야 한다.

3.10 현장품질관리

- (1) 수압시험은 그라우트를 위하여 천공한 모든 구멍에 그라우트주입작업 전에 수압시험을 하여야한다.
- (2) 수압시험은 다음 규정에 맞는 장비를 사용하여 시행하여야 한다.
 - ① 수압시험용 펌프는 토출용량이 150 L/min 이상, 최대 토출압력이 2 MPa 이상으로 토출압력의 조절을 쉽게 할 수 있으며 맥동이 적은 것(소정압력의 ±20 % 이하)이어야 한다.
 - ② 패커는 기능이 입증된 제품으로 공사감독자(건설사업관리자)의 지시에 따라 싱글 혹은 더블 패커를 사용하여야 하며, 패커는 공벽과 완전히 밀착되어 시험구간의 상하로 물이 새어나가지 않도록 완전히 밀폐될 수 있도록 하여야 한다.
 - ③ 압력계는 정밀하고 안정적으로 계측할 수 있으며, 최대 주입압력의 1.5배 이상의 용량을 가진 제품을 사용하여야 한다.
 - ④ 유량계는 정밀하고 안정적으로 계측을 할 수 있으며, 최소 눈금이 1L 이내인 제품을 사용하여야 한다.
- (3) 수압시험
 - ① 수압시험은 그라우트를 주입할 때와 같은 압력으로 10분간 주입된 수량을 측정하여야 한다. 만약 표면에 물이 새어 나오는 것이 발견되는 경우에는 이러한 유출을 막

고 다시 시험을 하여야 한다.

- ② 시공자는 수압시험을 완료한 구멍에 대한 공 번호, 지하수위 상태, 주입압력, 주입률 및 압력계이지의 위치 등 시험과정과 결과에 대한 모든 자료를 기록한 시험성과표를 작성하여 공사감독자(건설사업관리자)에게 제출하여야 한다.

(4) 수압시험 후 그라우트

- ① 그라우트를 완료한 지역에 검사용으로 천공한 구멍에 수압시험을 한 결과 루전치가 필요한 수준(차수 그라우팅: 1~3Lu, 압밀 그라우팅: 3~5Lu) 이하로 낮아지지 않는 구멍은 공사감독자(건설사업관리자)의 지시에 따라 시멘트를 사용한 그라우트를 주입하여야 한다. 이러한 추가 그라우트를 완료한 후, 공사감독자가 지시하는 경우에는 추가로 수압시험을 하여야 한다.

- ② 수압시험을 완료한 검사공은 공사감독자(건설사업관리자)가 별도로 지시하지 않는 한 다음과 같은 규정으로 시멘트 그라우트를 실시하여야 한다.

가. 물시멘트비 1:5 내지 1:0.5

나. 주입시간 1시간 이상

다. 최대압력 1.5MPa