

EXCS 27 30 00 : 2024

터널지보재

2024년 12월 11일 개정

<http://www.ex.co.kr/research>



고속도로공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

「고속도로공사 전문시방서(EXCS ; Expressway Construction Specification)」는 국가건설기준(KCS ; Korea Construction Specification)를 기본으로 하여 고속도로 시공에 관련된 공종을 대상으로 작성한 종합적인 시방기준으로서, 단위공사 설계시 해당 공사의 특성과 여건 등에 맞게 「공사시방서」를 작성하는데 활용하기 위한 「전문시방서」(Guide Specification)이므로 관계법상 구속력과 계약도서로서의 효력이 없습니다.

이 시방기준 발간 시점에 이미 시행 중인 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있으며, 이 시방기준으로 공사시방서 작성 시 도로교통연구원 홈페이지 및 국가건설기준센터 홈페이지에 등재된 최신 시방기준을 반드시 확인 후 작성하시기 바랍니다.

※ 도로교통연구원 홈페이지 : <http://www.ex.co.kr/research/>

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

목 차

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. 일반사항 | 1 |
| 1.1 적용 범위 | 1 |
| 1.2 참고 기준 | 1 |
| 1.3 용어의 정의 | 1 |
| 1.4 제출물 | 1 |
| 2. 자재 | 2 |
| 2.1 강지보재 | 2 |
| 2.2 숏크리트 | 2 |
| 2.3 록볼트 | 4 |
| 2.3.1 품질기준 | 4 |
| 2.3.2 정착재료 | 4 |
| 2.3.3 부속부품 | 5 |
| 2.3.4 자재 품질관리 | 5 |
| 3. 시공 | 5 |
| 3.1 강지보재 | 5 |
| 3.1.1 시공일반 | 5 |
| 3.1.2 강지보재의 설치 | 6 |
| 3.1.3 격자지보재의 설치 | 6 |
| 3.2 숏크리트 | 6 |
| 3.2.1 시공일반 | 6 |
| 3.2.2 배합설계 | 6 |
| 3.2.3 사전준비 | 7 |
| 3.2.4 숏크리트 타설 | 7 |
| 3.2.5 품질관리 | 7 |
| 3.3 록볼트 | 11 |
| 3.3.1 시공일반 | 11 |
| 3.3.2 시공방법 | 11 |
| 3.3.3 프리스트레스(prestress) | 11 |

| | |
|-----------------------|----|
| 3.3.4 록볼트의 추가시공 | 11 |
| 3.3.5 품질관리 | 12 |

1. 일반사항

1.1 적용 범위

(1) 터널지보재의 적용 범위는 KCS 27 30 00 (1.1)에 따른다.

1.2 참고 기준

- EXCS 10 10 05 공사일반
- EXCS 10 10 10 공무행정요건
- EXCS 44 55 15 골재
- EXCS 44 55 20 시멘트 콘크리트
- KCS 14 20 51 숏크리트
- KCS 27 30 00 터널지보재
- KS B 1010 마찰 접합용 고장력 6각 볼트, 6각 너트, 평 와셔의 세트
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강
- KS D 3515 용접 구조용 압연 강재
- KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법
- KS F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험 방법
- KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험방법
- KS F 2422 콘크리트 코어 및 보의 시료 절취 및 강도 시험방법
- KS F 2436 관입 저항침에 의한 콘크리트 응결 시간 시험 방법
- KS F 2560 콘크리트용 화학혼화제
- KS F 2566 섬유보강 콘크리트의 휨성능 시험방법
- KS F 2577 숏크리트용 재료
- KS F 2782 숏크리트용 급결제

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 제출물

(1) EXCS 10 10 05 (1.7(12)) 및 EXCS 10 10 10 (1.8)에 따라 해당 공사의 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성한 후 제출하여야 한다.

(2) 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.

- ① 강지보재 제품사양 및 시험성과
- ② 숏크리트용 혼화제 시험성적서
- ③ 숏크리트 품질관리 시험결과
- ④ 록볼트 정착재료의 시험성과서
- ⑤ 록볼트 설치기록부

- ⑥ 록볼트 인발시험 결과
- ⑦ 보조공법 시공계획서(필요할 때)
- ⑧ 주요자재 검사(수불)대장(록볼트, 격자지보, 강관다단, 휘폴링 등 주요자재는 건설관리 시스템(<http://hicon.ex.co.kr>)을 활용)

2. 자재

2.1 강지보재

- (1) 강지보재 자재는 KCS 27 30 00 (2.1.1)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 강지보재 시공에는 H형강·U형강 격자지보(lattice girder) 등을 사용할 수 있으나, 사용하는 강지보재의 재질·규격 등에 대한 제작사의 제품사양 및 시험성과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (3) 마찰이음에 쓰이는 볼트, 너트 및 와셔는 KS B 1010에 적합하여야 한다.

2.2 숯크리트

- (1) 숯크리트 자재는 KCS 14 20 51 (2)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 잔골재
 - ① 잔골재는 구조물용 모래와 동등의 재질로서 깨끗한 모래이어야 한다.
 - ② 잔골재의 입도는 EXCS 44 55 15 (2.1.1.1)에 따른다.
- (3) 굵은골재
 - ① 굵은 골재의 최대치수는 10 mm 이하이어야 한다.
 - ② 굵은 골재의 입도는 표 2.2-1과 같다.
- (4) 숯크리트에 사용하는 골재의 합성입도는 표 2.2-2와 같다.

표 2.2-1 숯크리트용 굵은 골재의 입도

| | | | | | |
|---------------|-----|----------|---------|--------|-------|
| 호칭치수 (mm) | 13 | 10 | 5 | 2.5 | 1.2 |
| 통과 질량 백분율 (%) | 100 | 90 ~ 100 | 10 ~ 40 | 0 ~ 10 | 0 ~ 5 |

표 2.2-2 숯크리트용 골재의 합성입도

| 호칭치수 (mm) | 공칭입경에 대한 체통과 질량 백분율 (%) |
|-----------|-------------------------|
| 13 | 100 |
| 10 | 90 ~ 100 |
| 5 | 65 ~ 85 |
| 2.5 | 50 ~ 70 |
| 1.2 | 35 ~ 55 |
| 0.6 | 20 ~ 35 |
| 0.3 | 8 ~ 20 |
| 0.15 | 2 ~ 10 |

(5) 섬유

- ① 강섬유의 인장강도는 700 MPa 이상이고, 형상비는 60 이상이어야 한다.
- ② 합성섬유 또는 기타섬유의 적용이 필요한 경우는 국내외 연구성과 및 현장적용 사례를 검토하여 적용여부를 결정하고, 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

(6) 급결제

- ① 급결제는 숏크리트의 반발률을 최대한 적게 하고, 조기강도를 낼 수 있는 제품을 사용하여 하며, 다음의 조건을 만족하여야 한다.
 - 가. 강재를 부식시키지 않고, 용수가 있는 경우에도 양호한 효과를 발휘할 수 있어야 한다.
 - 나. 습기에 강하고 보존성이 좋아야 한다.
- ② 급결제 성능시험은 KS F 2782에 따르며 품질기준은 표 2.2-3 및 표 2.2-4에 적합하여야 한다.
- ③ 급결제 표준 사용량은 터널 지보공 관련 품질기준에 따르며, 기온·지반조건·용수조건·제품성능에 따라 증감할 수 있으나, 공사감독자의 확인을 받아야 한다.

표 2.2-3 알칼리성 급결제 품질기준

| 항목 | | 기준값 | 비고 |
|------|-----|----------------------|---|
| 압축강도 | 1일 | 9.0 MPa | · 물-결합재비(W/B) = 0.485 이하 · 잔골재-결합재비(S/B) = 3.0 모르타르 · KS L 5105 |
| | 28일 | 기준 모르타르 강도대비 75 % 이상 | |
| 응결시간 | 초결 | 5분 이내 | · 물-결합재비(W/B) = 0.50 이하 페이스트 · KS L 5103, 5109 |
| | 종결 | 15분 이내 | |
| 고형분량 | 분말 | 기준값 ±4 % | · 고속도로 건설재료 품질기준에 따름 |
| | 액상 | 기준값 대비 ±12 % | |

표 2.2-4 알칼리 프리계 급결제 품질기준

| 항목 | | 기준값 | 비고 |
|------------|-----|----------------------|--|
| 압축강도 | 1일 | 9.0 MPa | · 물-결합재비(W/B) = 0.485 이하 · 잔골재-결합재비(S/B) = 3.0 모르타르 · 시험방법 : KS L 5105 |
| | 28일 | 기준 모르타르 강도대비 75 % 이상 | |
| 응결시간 | 초결 | 5분 이내 | · 물-결합재비(W/B) = 0.50 이하 페이스트 · 시험방법 : KS L 5103, 5109 |
| | 종결 | 15분 이내 | |
| 고형분량 | 분말 | 기준값 ±4 % | · 고속도로 건설재료 품질기준에 따름 |
| | 액상 | 기준값 대비 ±12 % | |
| 등가알칼리량 (%) | | 1.0 이하 | · KS F 2560 |
| pH의 범위 | | 2.5 ~ 8 | · KS M 0011 (25 °C) |

(7) 혼화제

- ① 수급인은 슛크리트에 사용할 혼화제에 대한 시험성적서를 제출하고, 현장시험에 의한 혼화제의 효과와 적정 사용량을 확인한 후 사용여부에 대하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
 - ② 혼화제는 사용목적에 적합하고, 슛크리트 또는 급결제 등에 악영향을 미치지 않아야 한다. 혼화제 성능시험은 EXCS 44 55 20 (2.3.2.1)에 따른다.
 - ③ 습식 슛크리트의 워커빌리티(workability)를 개선하기 위한 AE제, AE감수제, 고성능 감수제, 고성능 AE감수제 등의 혼화제를 사용할 경우에는 공사 착수 전에 우리공사 제정 콘크리트용 화학혼화제 품질기준에 적합한지 여부를 확인한 후 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- (8) 첨가제
- ① 습식 슛크리트의 성질을 개선하기 위하여 실리카 폼(silica fume), 플라이 애쉬(fly ash) 등과 같은 첨가제를 사용할 수 있으나, 공사 착수 전에 첨가제의 품질, 배합비 및 배합에 따른 혼합물 강도의 변화 등을 고려한 시험을 실시하고, 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.3 록볼트

2.3.1 품질기준

- (1) 록볼트의 품질기준은 KCS 27 30 00 (2.1.3(2) ~ (7))에 따르되 아래의 표 2.3-1과 표 2.3-2를 추가하여 적용한다.

표 2.3-1 록볼트(이형봉강) 품질기준

| 지름 | 기호 | 항복점(MPa) | 인장강도(MPa) | 연신율 (%) | 비 고 |
|-----------|--------|----------|----------------|---------|-----|
| D22 mm 이상 | SD 600 | 600~780 | 항복강도의 1.08배 이상 | 10 이상 | |
| | SD 700 | 700~910 | 항복강도의 1.08배 이상 | 10 이상 | |
| D25 mm 이상 | SD 400 | 400~520 | 항복강도의 1.15배 이상 | 18 이상 | |

표 2.3-2 록볼트(유리섬유) 품질기준

| 직경 최소측정값(mm) | 유리섬유함유량(%) | 극한인장강도(MPa) | 극한전단강도(MPa) | 비 고 |
|-----------------|------------|-------------|-------------|-----|
| 20 이상 | 75 이상 | 850 이상 | 150 이상 | |

2.3.2 정착재료

2.3.2.1 수지(resin)형

- (1) 수지형 정착재료는 KCS 27 30 00 (2.1.3(8)①가)를 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.

- (2) 수지형 정착재료를 사용하기 위해서는 제품별 용량, 팽창률, 경화시간 등에 대한 제조업자로부터의 시험성과서를 첨부하여야 한다.
- (3) 정착재료는 조기접착력이 크고 취급이 간단하여야 하며, 내구성이 있어야 한다.
- (4) 유효기간이 지난 제품을 사용하여서는 안 되며, 유효기간이 지나지 않아도 제품의 변질이 예상될 경우에는 품질시험을 실시하여 공사감독자의 확인을 받은 후 사용하여야 한다.
- (5) 수지는 용수·염수·산·약알칼리에 대하여 영향을 받지 않아야 하며, 인발에 대한 저항력이 충분하여야 한다.
- (6) 수지제품은 팽창성 접착제로서 직경이 27 mm 이상이어야 하며, 용수가 있는 곳에서도 조기강도가 높아야 한다. 발포성 수지를 사용할 경우의 발포배율은 공급원 승인 시 품질시험전문기관 시험성적서상의 발포배율 이내이어야 하며, 발포배율에 따른 접착력 감소가 없어야 한다.
- (7) 전면접착식 록볼트의 수지 사용량은 록볼트 공을 충분히 충전시킬 수 있는 양이어야 한다.

2.3.2.2 시멘트 모르타르(cement mortar)형

- (1) 시멘트 모르타르형은 KCS 27 30 00 (2.1.3(8)②가. ~ 라.)에 따른다.

2.3.2.3 시멘트 페이스트(cement paste)형

- (1) 시멘트 페이스트는 KCS 27 30 00 (2.1.3(8)③)에 따른다.

2.3.3 부속부품

- (1) 모든 형태의 받침판(bearing plate)은 지반의 변형을 구속하는 효과를 발휘하고, 지반 붕락방지 등의 목적을 달성하기 위해 받침판의 각도조절 등을 할 수 있어야 하며, 암석이나 숯크리트 표면의 형태에 관계없이 표면에 완전히 밀착시킬 수 있는 것이어야 한다.

2.3.4 자재 품질관리

- (1) 자재 품질관리는 KCS 27 30 00 (2.9)에 따른다.

3. 시공

3.1 강지보재

3.1.1 시공일반

- (1) 강지보재는 설계도서에 따라 설치하여야 하며, 시공 중 지반상태에 따라 강지보재의 형식을 변경할 수 있다. 이 경우 수급인은 서면으로 형식변경을 신청하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 강지보재를 적기에 시공하지 못하여 발생하는 여굴, 붕괴 및 기타 사고에 대하여는 수급인이 그 책임을 져야 한다.

- (3) 강지보재는 지보공사를 시행하기 전에 제작 설계도서에 따라 제작하여야 한다.
- (4) 수급인은 현장에 충분한 자재를 확보하여 작업이 지연되지 않게 하여야 한다.

3.1.2 강지보재의 설치

- (1) 강지보재의 설치는 KCS 27 30 00 (3.3.1)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 강지보재는 라이닝의 설계두께가 확보될 수 있도록 설치하여야 한다.

3.1.3 격자지보재의 설치

- (1) 격자지보재의 설치는 우리 공사 고속도로 건설재료 품질기준에 따른다.

3.2 슛크리트

3.2.1 시공일반

- (1) 슛크리트 시공일반은 KCS 27 30 00 (3.3.2(1)⑧ ~ ⑩)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 슛크리트 시공방법에는 건식법과 습식법이 있으나, 기본적으로 습식법을 사용하여야 한다.
- (3) 수급인은 슛크리트 시공방법에 대한 시공계획서를 제출하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다. 시공계획서에는 공정계획표, 장비와 설비의 주요제원 및 자재 등에 관한 사항이 포함되어야 하며, 건식 슛크리트 시공방법을 사용하는 경우에는 분진처리대책도 포함되어야 한다.
- (4) 슛크리트의 성능 향상을 위하여 철망, 강섬유, 기타 섬유 등으로 보강할 수 있으며, 강섬유 이외의 보강재를 사용할 경우에는 동등 이상의 성능이 확보되어야 한다.
- (5) 고강도 슛크리트를 사용할 경우에는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하여야 하며, 다음과 같은 경우에는 고강도 슛크리트를 사용할 수 있다.
 - ① 콘크리트 라이닝을 설치하지 않는 경우
 - ② 터널의 조기 안정화가 필요한 경우
 - ③ 장기내구성이 필요한 목적구조물로서 활용되는 경우
 - ④ 대단면 터널에서 슛크리트 두께 축소를 목적으로 하는 경우
 - ⑤ 안전성, 시공성, 경제성 향상을 목적으로 하는 경우

3.2.2 배합설계

- (1) 슛크리트 배합설계는 반발량을 적게 하고 호스의 막힘 현상이 없도록 하여야 하며, 소요강도를 얻으면서 용수상황에 따라 배합비를 조정할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 섬유보강 슛크리트는 압축강도 및 휨강도를, 일반 슛크리트는 압축강도를 기준으로 하여 현장배합비를 결정하며, 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (3) 슬럼프는 혼화제 투입 후 100 mm를 표준으로 하며, 급결제의 종류에 따라 증가될 수 있다.
- (4) 물-결합재비(W/B)는 50 % 이하로 하여야 한다.
- (5) 고강도 슛크리트는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하여야

하며, 강도는 재령 1일에 10 MPa 이상 그리고 재령 28일 강도가 35 MPa 이상이 되도록 배합하여야 한다.

3.2.3 사전준비

- (1) 슛크리트 작업을 안전하게 실시하기 위하여 슛크리트 타설면의 뜯돌은 제거하여야 한다.
- (2) 슛크리트 타설면의 이물질은 슛크리트와 원지반 및 슛크리트와 슛크리트간의 부착성을 떨어뜨릴 수 있으므로 슛크리트 타설 전에 고압수 등을 이용하여 제거하여야 한다.
- (3) 슛크리트 타설면에 용수가 있는 경우에는 적절한 배수처리를 하여야 한다.
- (4) 잔골재와 굵은 골재는 분리하여 저장하여야 하며, 빗물로부터 보호하여야 한다.
- (5) 수급인은 현장타설 전에 공사에 사용할 것과 동일한 재료로 시험배합을 실시하여 이 기준 3.2.5에 명시된 강도를 확인하여야 하며, 시험배합에 사용된 골재의 입도분포 시험결과와 배합표를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (6) 배치플랜트에는 섬유계량을 위한 호퍼(hopper) 및 자동계량 기록장치를 설치하여야 하며, 계량오차는 $\pm 3\%$ 이내이어야 한다.
- (7) 각종 섬유보강 슛크리트의 생산은 배치플랜트 등을 이용하여야 하며, 재료의 투입순서는 굵은 골재와 섬유를 투입하여 혼합시킨 후 모래, 시멘트, 물 등의 순서로 투입하여야 한다. 특히 섬유의 분산효과를 높이기 위한 시설을 하여 골고루 분산되도록 하여야 한다.
- (8) 혼합물을 운반할 때에는 재료분리가 발생하지 않도록 교반기(agitator)를 이용하여야 한다.

3.2.4 슛크리트 타설

- (1) 슛크리트 타설은 KCS 27 30 00 (3.3.2 (2) ~ (5))에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.

3.2.5 품질관리

3.2.5.1 강섬유

- (1) 강섬유는 건조한 상태로 녹이 없고, 기름이나 다른 이물질에 의해 오염되지 않은 것 이어야 하며, 표면이 코팅되지 않은 상태이어야 한다.
- (2) 강섬유는 번들(bundle) 형태로 제조된 것 이어야 하며, 동시에 슛크리트 혼합물 내에서는 완전하게 분산될 수 있는 것 이어야 한다.
- (3) 강섬유는 시험결과에 따라 분산성과 정착성이 양호한 재료를 선정하며, 이 기준 2.2(5)에 제시된 인장강도와 형상비를 만족하여야 한다.
- (4) 강섬유의 투입량은 슛크리트 배합할 때 37 kg/m^3 이상으로 하며, 설계휨강도 및 휨인성을 만족하여야 한다.
- (5) 강섬유의 형상비(A)는 다음과 같이 계산한다.

$$A = \frac{\ell}{d} \quad (3.2-1)$$

- ℓ: 섬유의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝까지의 직선거리로 측정한 섬유길이
- d : 섬유형상이 원형일 경우에는 직경, 이외의 경우에는 환산 직경

- (6) 강섬유의 길이는 슛크리트를 타설할 때 뭉침현상이나 막힘현상이 일어나지 않을 정도의 적절한 길이이어야 한다.
- (7) 굽힘강도는 60 °C 이상의 온도에서 지름안쪽 90° 방향(곡선반지름 3.18 mm)으로 굽혔을 때 부러지지 않을 정도의 강도이어야 한다.
- (8) 규격측정은 10개 이상의 견본을 무작위로 채취하여 90 % 이상이 합격하여야 한다.
- (9) 강섬유의 허용오차는 표 3.2-1에 따른다.

표 3.2-1 강섬유의 허용오차

| 길이 | 직경 |
|------------------------|------------------------|
| -측 : 2 % 이내, +측 : 관계없음 | -측 : 관계없음, +측 : 2 % 이내 |

3.2.5.2 슛크리트

- (1) 강도
 - ① 슛크리트 혼합물의 강도는 표 3.2-2에 따른다.

표 3.2-2 슛크리트 혼합물의 강도

| 구분 | 강도 (MPa) | | 비고 |
|-------|----------|-----|-------------------|
| | 1일 | 28일 | |
| 압축강도 | 10 | 28 | 일반 및 (강)섬유보강 슛크리트 |
| | 10 | 35 | 고강도 슛크리트 |
| 휨 강 도 | 2.1 | 4.5 | (강)섬유보강 슛크리트 |

- (2) 휨인성
 - ① 슛크리트 혼합물의 휨인성은 재령 28일 이상에서 시험하여 시편의 처짐이 L/150(L:지간길이, mm)이 될 때까지의 인성을 휨인성계수(등가휨강도)로 표시한 것이며, 휨인성을 나타내는 등가 휨강도는 3.0 MPa 이상이어야 한다. 강섬유 이외의 기타섬유를 적용할 경우 강섬유 보강 슛크리트의 성능기준 이상을 발현할 수 있어야 한다.
- (3) 강섬유 혼입량 관리
 - ① 실제 벽면에 타설된 강섬유 혼입량은 1 m³ 당 30 kg 이상 되어야 하며, 혼입량시험은 터널 내에 시공된 슛크리트에서 직접 코어(φ50 mm 이상)를 채취한 후 우리 공사의 터널 슛크리트 품질기준 개선지침에 따라 시행하여야 한다.
- (4) 두께관리
 - ① 슛크리트 두께는 검측된 평균두께가 설계두께와 같거나 그 이상이어야 하며, 검측된

최소두께는 설계두께의 75 % 이상이어야 한다.

- ② 슛크리트 시공두께 확인은 검사공을 뚫어서 실시하며, 터널 지보패턴별로 길이 25 m마다 천장부 2개소, 측벽부 좌·우 각 2개소에서 측정한다. (단, 터널 길이 25 m 사이에 지보패턴 변경구간이 발생하여 두께확인 검사가 수행되지 않는 구간이 생길 경우에는 검사공을 추가하여 두께확인을 하여야 한다.) 두께확인용 검사공은 사용하지 않고 원형 봉강편을 이용하여 실시할 수도 있다.
- ③ 검사공은 충격식 착암기나 다이아몬드 드릴을 사용하여 천공하며, 직경이 32 mm 이상이 되도록 천공하여야 한다. 또한 강섬유 혼입량이나 현장 코어 압축강도 측정을 위하여 천공한 구멍을 두께 측정에 함께 활용할 수 있다.
- ④ 측정결과가 기준치에 미달할 경우에는 검사공 주변 1 m 범위 내에서 재측정하고, 이때에도 판정기준에 미달하면 그 표본면적으로 대표된 전면적을 설계두께 이상이 되도록 보완 시공하여야 하며, 보완시공의 최소두께는 30 mm 이상으로 하여야 한다.

(5) 강도시험

① 압축강도

가. 시험방법

- (가) 각 재령의 압축강도시험용 시료는 70°로 경사진 판(panel, 500 mm × 500 mm × 250 mm)에 슛크리트 건을 사용하여 혼합물을 두께 200 mm 이상으로 뽑어붙여 만든다. 시험은 이렇게 만든 시료에서 코어 채취기를 사용하여 φ100 mm × 200 mm의 시편을 3개 채취한 다음, KS F 2405에 따라 실시한다.
- (나) 채취한 3개 코어의 압축강도 평균값은 표 3.2-3의 코어 압축강도 기준값 이상 되어야 하며, 1개 이상이 기준값의 85 %보다 작아서는 안 된다.
- (다) 코어 채취 직경은 100 mm 외에 75 mm 및 55 mm 등을 사용할 수 있으며, 코어 압축강도는 직경 75 mm 이상에서는 설계기준강도의 85 % 이상, 직경 55 mm에서는 설계기준강도의 80 % 이상 되어야 한다.

표 3.2-3 슛크리트 코어 압축강도 기준

| 구분 | 강도(MPa) | | 비고 |
|------|---------|------|-------------|
| | 1일 | 28일 | |
| 압축강도 | 8.5 | 23.8 | 직경 75 mm 이상 |
| | 8.0 | 22.4 | 직경 55 mm |

② 휨강도

가. 시험방법

- (가) 각 재령의 휨강도시험은 몰드(150 mm × 150 mm × 550 mm)에서 채취한 시편 또는 휨인성시험기와 같이 제작한 시편(100 mm × 100 mm × 350 mm)을 대상으로 KS F 2408에 따라 실시한다.
- (나) 이 시험은 강섬유보강 슛크리트에 적용한다.

③ 휨인성

가. 휨인성시험은 강섬유보강 슛크리트 시공 및 품질관리 지침 및 터널 슛크리트 품질기준 개선 지침에 따라 실시한다.

나. 시료제작방법

(가) 모서리가 45°로 경사진 500 mm × 500 mm × 125 mm의 목재나 강재 거푸집 또는 150 mm × 150 mm × 550 mm 규격의 휨강도시험용 몰드를 수직으로 세워서 강섬유보강 슛크리트를 타설한 후 습윤 양생을 한다. 슛크리트를 타설한 후에는 24시간 동안 거푸집에 충격을 가해서는 안 된다.

다. 시료채취 방법

(가) 시료를 거푸집에서 떼어내는 시기는 슛크리트를 타설한 후 24시간 이상 48시간 이내이어야 한다. 슛크리트를 타설한 후 재령 6일에 콘크리트 절삭기를 사용하여 규정된 치수로 절단하여 시편을 제작하며, 시편은 거푸집의 모서리를 피하여 채취하여야 한다.

라. 양생

(가) 제작된 시편은 콘크리트 양생 수조에서 양생시킨 후 재령 28일에 시험을 실시한다.

마. 판정기준

(가) 강섬유를 사용한 슛크리트에 대하여 3번의 휨인성시험을 실시하여 측정된 휨인성 평균값은 설계기준 휨인성 이상이어야 하며, 1개 이상이 설계기준 휨인성의 85%보다 작아서는 안된다.

(6) 현장 코어채취에 의한 압축강도

① 시공이 완료된 슛크리트의 품질을 확인하기 위해서는 현장에서 코어를 채취하여 시험을 실시하여야 한다.

가. 시료채취 방법

(가) 터널 내에 타설된 슛크리트로부터 코어 채취기를 사용하여 1회 시험당 3개의 시료(φ 50 mm 이상)를 채취한다.

(나) 시험재령은 타설 후 28일을 기준으로 한다.

나. 시험방법

(가) KS F 2422에 따라 시료의 양단면은 콘크리트 절삭기 등으로 직각으로 절단하거나 KS F 2403에 따라 시멘트 페이스트로 캠핑하여야 한다.

(나) 코어 지름에 대한 시편의 높이(스�크리트 두께)에 따라 압축강도 시험결과를 보정하여야 한다.

다. 판정기준 및 재시험

(가) 동일한 터널구간에서 채취한 3개 코어의 압축강도 평균값은 코어 압축강도 기준값 이상이어야 하며, 1개 이상이 기준값의 75%보다 작아서는 안된다.

(나) 1차 시험에서 기준에 미달되는 구간은 시추공 주변 1m의 범위 내에서 재시험용 코어를 채취하여 상기와 같은 기준으로 판정하고, 재시험 결과가 판정기준에 미달될 때에는 관련 지침에 따라 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

(7) 반발률의 측정

① 현장에서 슛크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 슛크리트(반발재)를 계량하여 다음 식에 의하여 반발률을 산출한다.

$$\text{반발률} = \frac{\text{반발재의 전중량}}{\text{숏크리트용 재료의 전중량}} \times 100(\%) \quad (3.2-2)$$

3.2.5.3 결과보고

- (1) 수급인은 숏크리트에 대한 시험결과를 각 항목별로 정리하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

3.3 록볼트

3.3.1 시공일반

- (1) 록볼트 시공일반은 KCS 27 30 00 (3.3.3(1))에 따른다.

3.3.2 시공방법

- (1) 시공방법은 KCS 27 30 00 (3.3.3)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 천공구멍은 굴착면에 직각이 되도록 천공하여야 한다. 단, 절리의 발달방향이 록볼트공의 천공방향과 일치하여 부분적으로 록볼트 설치효과가 감소되는 개소에는 굴착면에 경사지게 록볼트를 추가로 설치할 수 있다.
- (3) 록볼트는 삽입 전에 녹이나 다른 이물질이 부착되어 있지 않도록 청소하여야 한다.
- (4) 용수가 많은 곳에서는 수위 저하, 수발공의 설치, 용수를 한 곳으로 유도하는 방법 등을 현장실정에 맞도록 채택하여 배수하고 록볼트를 시공하여야 한다.
- (5) 록볼트 정착재료로서 시멘트 모르타르나 시멘트 페이스트를 사용하는 경우에는 주입시 재료가 록볼트공 외부로 흘러내리지 않도록 조치하여야 하며, 공 내에 공극이 발생되지 않도록 하여야 한다.
- (6) 터널 상부에 보강그라우팅 공법이 적용된 구간에서 록볼트에 의한 보강이 불필요하다고 인정될 경우 공사감독자의 승인을 받아 록볼트를 생략할 수 있다. 다만, 이 경우에는 당초 록볼트가 담당하여야 할 지보하중을 지지할 수 있는 다른 보완조치를 취하여야 한다.
- (7) 지반이 연약하거나 파쇄가 심하여 록볼트 천공경의 자립이 어려운 경우에는 자천공 록볼트를 사용할 수 있다.

3.3.3 프리스트레스(prestress)

- (1) 프리스트레스는 KCS 27 30 00 (3.3.3(5)⑤)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 전면접착형인 록볼트에 대해서는 프리스트레스를 도입하지 않고 동력렌치를 사용하여 적절한 힘으로 너트를 조여야 한다.

3.3.4 록볼트의 추가시공

- (1) 록볼트의 추가시공은 KCS 27 30 00 (3.5.1)에 따른다.

3.3.5 품질관리

(1) 록볼트 인발시험

- ① 록볼트 인발시험은 전면접착형의 록볼트에 한하여 시행한다. 다만, 선단정착형 및 혼합형의 록볼트에 대하여 인발내력을 확인하고자 할 경우에는 프리스트레스를 가하기 전에 인발시험을 하여야 한다.
 - ② 인발시험을 실시할 록볼트는 KCS 27 30 00 (3.6.4(2),(3))에 따른다.
 - ③ 슛크리트가 시공되어 있을 경우에는 슛크리트를 제거하여 암반면을 노출시키거나 미리 인발시험을 할 록볼트에 슛크리트 부착을 방지할 수 있도록 천으로 보호하여 시험하여야 한다.
 - ④ 록볼트 인발시험은 시공에 앞서 시험을 실시하여 인발내력을 설정하고, 본 시험을 할 때에는 인발내력의 약 80%에 달하면 합격하는 것으로 한다.
 - ⑤ 사전 인발내력시험에서는 암질 종류별로 시험을 실시한 후 록볼트 인발시험 시에 발생하는 변위에 대한 허용기준을 자체적으로 설정하여 관리하여야 한다. 인발시험시의 변위는 충전재 종류, 충전재와 암반(또는 록볼트)의 부착상태, 용수 유무, 받침판 및 웨지(wedge)의 변형, 시험장비의 종류 및 장비 설치상태 등에 따라 달라질 수 있으므로 변위 측정시의 초기 하중은 10 kN으로 하여야 하며, 관리기준에 비해 변위가 과다하게 발생하는 경우에는 충전재료의 적정성을 검토하여 승인을 받아야 한다.
 - ⑥ 시험빈도는 터널 길이 20 m 마다 3군데로 하며, 천장부·아치·측벽부 등 각 부분을 대표할 수 있는 위치를 선정하여 시험을 수행한다.
 - ⑦ 인발시험 결과가 불합격될 경우에는 KCS 27 30 00 (3.6.4(7),(9))에 따른다.
- (2) 록볼트 인발시험을 실시한 후에는 그 결과를 정리하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

2024년 집필위원

| 성명 | 소속 | 성명 | 소속 |
|-----|--------|-----|--------|
| 김정학 | 한국도로공사 | 신영철 | 한국도로공사 |
| 홍기성 | 한국도로공사 | 박혜선 | 한국도로공사 |

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

| 성명 | 소속 | 성명 | 소속 |
|-----|-----------|-----|------------|
| 김기현 | 한국건설기술연구원 | 김동영 | 케이에스엠기술(주) |
| 김나은 | 한국건설기술연구원 | 김명철 | 동부엔지니어링 |
| 김민관 | 한국건설기술연구원 | 노성열 | (사)한국블록협회 |
| 김재훈 | 한국건설기술연구원 | 박종호 | 평화지오택(주) |
| 김태송 | 한국건설기술연구원 | 손윤기 | (주)엔비코컨설팅 |
| 김희석 | 한국건설기술연구원 | 여규권 | (주)삼부토건 |
| 류상훈 | 한국건설기술연구원 | 이규환 | 건양대학교 |
| 안준혁 | 한국건설기술연구원 | 임광수 | (주)이산 |
| 원훈일 | 한국건설기술연구원 | 장인희 | 포스코건설 |
| 이상규 | 한국건설기술연구원 | 정진훈 | 인하대학교 |
| 이소정 | 한국건설기술연구원 | 조항신 | 극동엔지니어링(주) |
| 이승재 | 한국건설기술연구원 | 최준성 | 인덕대학교 |
| 이승환 | 한국건설기술연구원 | | |
| 이영호 | 한국건설기술연구원 | | |
| 이용수 | 한국건설기술연구원 | | |
| 이원종 | 한국건설기술연구원 | | |
| 주영경 | 한국건설기술연구원 | | |
| 최봉혁 | 한국건설기술연구원 | | |
| 허원호 | 한국건설기술연구원 | | |

중앙건설기술심의위원회

| 성명 | 소속 | 성명 | 소속 |
|-----|-----------|-----|---------|
| 김선백 | 대우건설 | 오세봉 | 영남대학교 |
| 김성호 | 남광토건(주) | 유성준 | 도로교통공단 |
| 박영빈 | 우성디앤씨 | 장범수 | 국토안전관리원 |
| 백재욱 | (주)동명기술공단 | | |

소관부처

| 성명 | 소속 | 성명 | 소속 |
|-----|-------------|-----|-------------|
| 신종욱 | 국토교통부 도로건설과 | 송진우 | 국토교통부 도로건설과 |

EXCS 27 30 00 : 2024

터널지보재

2024년 12월 발간

소관부서 국토교통부

관련단체 한국도로공사
(39660) 경상북도 김천시 혁신8로 77 한국도로공사
☎ 1588-2504(대표)
<http://www.ex.co.kr>

작성기관 한국도로공사 도로교통연구원
(18489) 경기도 화성시 동탄순환대로 17길 24
☎ 031-8098-6044(품질시험센터)
<http://www.ex.co.kr/research>

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