

KRCCS 67 26 05 : 2018

농업생산기반시설 수로터널 공사

2018년 04월 24일 제정

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

건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

이 코드는 발간 시점부터 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 코드 제·개정 연혁

- 이 시방서는 KRCCS 67 26 05 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 시방서는 건설기준 코드체계 전환에 따라 현행 농어촌정비공사 전문시방서의 내용을 그대로 유지하고, 1:1 개편을 통하여 한국농어촌공사 전문시방서 코드로 통합 정비하였다.
- 현행 농어촌정비공사 전문시방서는 총 16장으로 구성되었으나, 기계 및 전기 전문시방서를 추가하였다.
- 이 시방서의 제·개정 주요사항은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년.월)
농어촌정비공사 전문시방서	<ul style="list-style-type: none">• 2000년 농어촌정비공사 전문시방서 제정	제정 (2000. 12)
KRCCS 67 26 05 : 2018	<ul style="list-style-type: none">• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비• 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의·의결	제정 (2018. 04)

제 정 : 2018년 04월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과
관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 관련 시방절	1
1.5 관련법규	1
1.6 제출물	1
1.7 시공계획 작성	2
1.8 측량	3
1.9 안전관리	4
1.10 환경관리	8
2. 자재	8
2.1 화약과 뇌관	8
2.2 버력운반기구 및 장비	8
2.3 방수재료	9
3. 시공	9
3.1 굴착	9
3.2 버력 처리	14
3.3 터널 지보공	15
3.4 자재	16
3.5 시공	18
3.6 거푸집 일반	23
3.7 이동식 거푸집	24
3.8 조립식 거푸집	24
3.9 측면판	24
3.10 거푸집 설치	24
3.11 거푸집 떼어내기	24
3.12 철근공 일반	25
3.13 철근 작업	25
3.14 콘크리트 라이닝 일반	25

3.15 콘크리트의 배합 및 운반	25
3.16 콘크리트 시공	25
3.17 공극 충전 및 균열방지 대책	26
3.18 콘크리트 라이닝 관리기준	26
3.19 시공관리	27
3.20 방수공	27
3.21 계측관리	28

농업생산기반시설 수로터널 공사

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 장은 수로터널공사에 대하여 적용한다.

1.2 참고기준

·내용 없음

1.3 용어의 정의

·내용 없음

1.4 관련 시방절

- KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물
- KRCCS 67 10 25 : 2018 건설안전·보건관리
- KRCCS 67 10 30 : 2018 건설환경관리
- KRCCS 67 15 05 : 2018 측량
- KRCCS 67 20 10 : 2018 암꺼기
- KRCCS 67 20 20 : 2018 사토장·토취장

1.5 관련법규

1.5.1 관련 법규

총포·도검·화약류등단속법 제18조, 제25조, 제26조, 제31조

1.6 제출물

1.6.1 시공계획서

수급인은 “KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물, 1.7 시공계획서”에 따라 다음의 “1.5 시공계획”을 고려하여 시공계획서를 작성 제출하여야 한다.

1.6.2 제품자료 및 견본

수급인은 공사감독자가 지시하는 주요 재료에 대해 “KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물, 1.9 사급자재 관련서류”의 해당 요건에 따라 제품자료 및 견본을 제출하여야 한다.

1.7 시공계획 작성

1.7.1 시공계획 작성의 기본

- (1) 시공계획은 공사의 규모, 공사기간, 지형, 지질, 주변환경, 공사용 기계와 제반설비 및 지질조사결과를 감안한 시공방법과 시공순서 등이 포함되어야 한다. 또한, 시공계획은 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선적으로 고려하여 계획하되 건설비와 유지관리비도 포함하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 하며, 문제 발생 시에는 계획안의 수정과 변경이 가능하도록 계획하여야 한다.
- (2) 시공계획은 각 공종간 휴지 시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 계획하고 가능한 기계화 시공이 이루어지도록 하여야 한다.
- (3) 시공계획에는 품질, 안전 및 환경관리 대책이 포함되어야 한다.
- (4) 공구분할은 공사규모와 공사기간, 터널의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용현황, 작업장 여건 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 한다.

1.7.2 시공 계획

- (1) 수급인은 공사의 규모, 공사기간, 지형, 지질, 주변환경, 공사용 기계와 제반설비 및 지질조사결과를 감안한 시공방법과 시공순서 등을 포함한 시공계획서를 작성하고 제출하여, 공사감독자(또는 건설사업관리 기술자)의 승인을 받아야 한다.
- (2) 시공 계획은 설계도서를 기준으로 하여 현장조건에 적합하도록 수립하여야 한다.
- (3) 시공 계획에는 준비공, 갱문공, 굴진공, 지보공, 계측관리, 방수 및 배수공, 콘크리트 라이닝, 부대공 등으로 구분하여 효율적인 시공법이 되도록 계획하여야 한다.
- (4) 시공계획 단계에서는 공사 중 화재, 폭발 등의 인적재난과 태풍, 홍수 등의 자연재해 시를 고려하여 방재시설 및 비상대책을 계획하여야 한다.
- (5) 환경관리 대책으로는 터널공사에 영향을 미치거나 공사로 영향을 받을 수 있는 터널 인접구간에 대한 지상장애물 등의 공사외적 평가와 지하수 영향 등 공사내적 평가를 실시하고 필요시는 환경피해, 재산피해 방지 대책을 수립하여야 한다.
- (6) 시공중 시공계획이 현장의 상황에 부적합하다고 판단될 때는, 안전한 방법으로 임시 조치를 취하는 동시에 공사감독자의 승인을 받아 현장여건에 적합한 시공계획으로 지체없이 변경하여야 한다.

1.7.3 공정계획

- (1) 공정계획은 공사기간 내 시공을 완료할 수 있도록 수립하여야 하며 유사한 공사의 실적 통계를 근거로 자원투입 및 배분계획과 연계하여 수립한다.
- (2) 공정계획에는 공사착공을 위한 사전행정처리 기간과 작업장 및 공사장의 용지확보를 위한 수용 또는 보상기간 등 준비일정을 포함하여야 한다.
- (3) 공정계획은 공사규모, 시공방법 등을 고려하여 가급적 전산화된 공정관리 기법에 의한 작업

수행이 가능하도록 수립하여야 하며, 수립된 공정계획은 정당성과 일정계획, 진도계획, 자원 계획, 예산 및 비용분석이 평가의 기초자료가 될 수 있도록 수립하여야 한다.

- (4) 공정관리는 계획과 실적을 지속적으로 분석하여 지체시간을 최소화하는 방법으로 관리하여야 한다.

1.7.4 작업장 계획

- (1) 작업장 및 작업터널의 계획은 터널의 선형, 토피, 단면형상, 연장, 공법 및 지형, 지반조건, 토지이용현황, 환경조건, 주변도로 현황 등을 감안하여 수립하여야 한다.
- (2) 작업장의 위치 및 규모는 공사용 설비의 배치와 사무실, 창고, 가공장, 작업원의 숙소 등을 고려하여 적정하게 결정하여야 한다.
- (3) 버려반출 지보재 반입, 가시설 설치 등의 작업이 소정의 공정에 따라 원활히 진행될 수 있도록 작업장 계획을 수립하여야 한다.
- (4) 작업장과 사토장 등의 공사용 부지는 해당공사 완료 시 배수공, 조정 및 비탈면 보호공 등에 의한 복원대책을 마련하여야 한다.

1.7.5 공사용 설비계획

- (1) 공사용 설비계획은 전기설비, 환기설비, 급배수설비, 오·폐수처리설비 등을 포함하여야 하며, 시공법 및 사용장비의 운용계획, 작업원의 보건위생 및 환경대책 등을 연계하여 수립하여야 한다.
- (2) 공사용 설비의 종류 및 규모는 터널내 설비와 터널외 설비로 구분 배치하고, 용도 및 작업장 계획에 따라 결정하여야 한다.
- (3) 공사용 설비는 현장여건에 따른 현지반입 가능 여부 및 경제성, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 산정하여야 한다.

1.7.6 사토장 계획

- (1) 사토장은 “KRCCS 67 20 20 : 2018 사토장-토취장”의 관련 규정에 따르며 계획사토량을 감안하여 일괄처리 할 수 있도록 충분한 면적을 확보하여야 한다.
- (2) 사토장의 용량은 토량의 변화율에 따른 용량증가를 고려하여 결정하여야 한다.
- (3) 발생버력은 골재 또는 성토재로서 유용방안을 강구하여 가급적 재사용하도록 하여 사토량을 줄일 수 있도록 계획하여야 한다.
- (4) 사토장 입지는 현장주변의 토지이용 현황 및 도로상황을 사전 조사하여 대상용지의 확보가능성과 운반거리, 환경대책 등을 감안하여 선정하여야 한다.

1.8 측량

1.8.1 외부측량

- (1) 외부측량에 관한 일반적인 사항은 “KRCCS 67 15 05 : 2018 측량”에 따라야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

- (2) 터널외부에는 터널시공의 기준이 되는 기준점을 설치하여야 한다. 기준점 상호간은 필요한 정밀도를 유지하여야 한다.
- (3) 기준점 설치 시에는 터널의 길이, 지형의 상황, 정밀도 등을 감안하여 적합한 측량방법을 선택하여 시행하고 필요한 정밀도를 확보하여야 한다.
- (4) 기준점은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하여, 안전하게 보호하여야 한다.
- (5) 터널입구 및 터널가설계획에 필요한 상세 지형측량을 실시하여야 한다. 상세 지형측량의 축적은 1/100 ~ 1/600로 한다.

1.8.2 내부측량

- (1) 내부측량에 관한 일반적인 사항은 “KRCCS 67 15 05 : 2018 측량”에 따라야 한다.
- (2) 터널내부의 기준점 및 수준점은 터널 외부에 설치한 기준점에서 도입하고, 측량은 터널의 규모, 경사, 방향 등을 고려하여 필요한 정밀도가 유지되도록 실시하여야 하며 기준점이나 수준점은 시공 중에 움직이지 않도록 견고하게 설치하고 손상되지 않도록 보호하여야 한다.
- (3) 측점의 간격은 직선부에서 약 100m 정도를 표준으로하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면의 크기, 기울기 등을 고려하여 적절한 간격을 결정하되 1측점에서 전후로 적어도 2점 이상 관측될 수 있는 측점 간격을 취하여야 한다.
- (4) 측량작업 시에는 관측, 측정에 지장이 없도록 조명, 환기, 작업공정간의 마찰이 적은 시간대 측정 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- (5) 터널 내 측점의 검측은 굴진의 속도에 따라 적당한 빈도로 터널외부의 기준점으로부터 실시하여야 하며 적어도 1개월에 1회 이상 실시하여야 한다.
- (6) 터널 굴착 시에는 적합한 측량으로 내공단면 및 선형을 관리하여야 한다.

1.9 안전관리

1.9.1 안전관리 일반

- (1) 안전관리에 관한 일반적인 사항은 “KRCCS 67 10 25 : 2018 건설안전·보건관리”에 따라야 한다.
- (2) 시공 시에 관계 제 법규를 준수하고 안전 위생에 대한 대책을 충분히 수립하여야 한다.
- (3) 작업원의 작업환경을 쾌적하게 유지하고 안전을 확보하기 위한 시공 중 설비를 갖추도록 하여야 한다.
- (4) 안전위생 및 사고방지 전담책임자 등을 지정하여 관리지도를 행하여야 한다.
- (5) 안전관리 책임자는 공사중 작업원에게 발생 가능한 위험요인을 사전에 분석하고 안전한 작업이 수행될 수 있도록 관리하여야 한다.

1.9.2 폭발물 관리

- (1) 폭발물의 저장 및 취급은 “KRCCS 67 20 10 : 2018 농업생산기반시설 흙쌓기 공사, 1.6 폭발물의 저장 및 취급”에 따라야 한다.

- (2) 화약과 뇌관은 각각 별도로 안전한 장소에 보관하여야 한다.
- (3) 화약류 취급소는 설치기준 따라 설치하고 안전사고가 발생하지 않도록 신중히 관리하여야 한다.

1.9.3 조명

- (1) 작업장소와 통로에는 적절한 조명설비를 설치하여 작업중의 위험요인을 제거하여야 한다.
- (2) 막장 또는 작업을 하는 장소는 70룩스 이상의 조도를 확보하여야 하며 가능한 한 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 하여야 한다.
- (3) 작업통로 구간에 대해서는 작업원의 안전통행과 작업차량 등의 안전운행을 위하여 필요한 조명을 하여야 하며, 통로 전역에 걸쳐서 조도가 50룩스 이상, 입출구부 및 연직갱은 30룩스 이상의 조도를 확보하여야 한다.
- (4) 작업 중에 분진이나 매연 등으로 인하여 조도가 떨어지게 될 경우에 대비하여야 하며, 위험한 장소에는 경계 표시등을 설치하여야 한다.
- (5) 비상시에도 필요한 조도를 확보할 수 있도록 예비전원을 설치하여야 하며 조명기구는 파손되지 않도록 보호하여야 한다.
- (6) 조명용 전선 등은 용출수 또는 습기로부터 절연되도록 견고한 피복을 하고 건조상태를 항상 유지하여야 한다.

1.9.4 환기

- (1) 위생적이며 안전한 작업환경을 조성하기 위하여 터널 내의 환기를 충분히 실시하여 발과 후의 가스, 분진 및 내연기관의 배기가스를 터널외부로 배출하여야 한다.
- (2) 지반에서 가스가 나오는 경우는 산소결핍 등에 주의하고, 필요한 경우는 환기와 급기, 기타의 조치를 강구하여야 한다.
- (3) 자연환기를 기대할 수 없는 터널공사에서는 송기식, 배기식 또는 이를 조합하는 방법으로 기계환기를 하여야 한다.
- (4) 환기방식은 터널의 단면, 연장, 환기량, 작업기계의 종류에 따라 적절한 방식을 선정하여야 한다.
- (5) 폭약 및 내연기관으로부터 배출되는 유해가스 발생량 산정은 폭약이나 장비 조제업체에서 제품의 제원으로 제시하는 기준치를 근거로 하여 산정하고 유해가스의 규제목표 농도는 근로환경 관계법규에 제정된 기준치를 따른다.

1.9.5 배수

- (1) 터널의 굴착공사 초기부터 지하수 유입에 대비하여 충분한 배수설비를 하여 배수불량에 따른 지반이완이나 작업환경이 나빠지지 않도록 조치하여야 한다.
- (2) 배수설비는 주기적으로 점검하고 원활한 기능을 유지하도록 하여야 한다.
- (3) 배수설비는 유지 수선이 용이하고 충분한 배수용량을 갖도록 하여야 하며, 고장을 대비하여

농업생산기반시설 수로터널 공사

항상 예비 펌프를 확보하고 정전시의 배수대책도 강구해 두어야 한다.

1.9.6 통로

- (1) 작업원의 터널 내 통행을 위하여 안전한 통로를 확보하여야 한다. 통로는 작업차량 통행으로부터 충분히 안전한 곳에 설치하여야 하며 항상 평탄한 노면과 적절한 조명이 유지되어야 한다.
- (2) 터널 내에 궤도를 부설할 경우는 운행하는 차량과 터널측벽 또는 장애물과의 안전거리가 최소 0.6m 이상 되도록 궤도를 부설하여야 한다.
- (3) 안전거리가 0.6m 이상 유지되지 않는 경우는 식별이 용이한 대피소를 적당한 간격으로 두거나, 신호장치의 설치, 감시원을 배치하여 차량운행으로부터 작업원을 보호하도록 조치하여야 한다.
- (4) 타이어 방식의 작업차량을 사용할 경우는 가드 레일, 안전 로프 등으로 통로를 명확히 구분하여 작업원이 안전하게 통행하도록 하여야 한다. 이러한 통로를 설치하기가 곤란할 경우는 차량간 교차 운행시를 제외하고는 차량이 측벽으로부터 최소 1.0m 이상 떨어져 운행하도록 하여야 한다.
- (5) 경사갱이나 연직갱 등에서 권양장치와 작업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 칸막이를 설치하여야 한다. 수직갱 또는 기울기가 15°를 넘는 통로에는 발판 미끄럼 방지시설 등을 설치하고, 추락의 위험이 있는 곳에는 높이 0.75m 이상의 튼튼한 손잡이를 설치하여야 한다. 수직갱 내의 계단통로의 길이가 15m 이상인 것은 10m 이내마다 수평구간을 설치하여 안전을 도모하여야 한다.

1.9.7 안전점검

- (1) 시공 중에는 지반, 지보재, 작업환경, 각종 장비 및 설비 등에 대하여 정기적인 점검을 실시하여 불안전 요인의 발생유무를 파악하여야 하며, 필요시 공사 추진 단계별 및 공종별 점검계획을 수립하고 시행하여야 한다.
- (2) 안전점검은 법규에 정해진 것 이외에도 필요하다고 예상되는 항목에 대하여 안전관리 책임자가 실시하고 점검표를 작성하여 그 결과를 기록하여야 한다. 점검표에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
 - ① 뜯돌이나 암괴의 밀려남 유무
 - ② 가연성 가스 및 유독가스의 발생유무 및 용출수 상태
 - ③ 뿔어붙임 콘크리트의 균열, 박리 유무
 - ④ 록볼트의 정착상태, 강지보재의 침하 및 변형
 - ⑤ 통로의 정비상태, 환기설비, 조명설비, 배수설비의 작동상태
 - ⑥ 기계설비의 운반로, 궤도, 주행차량, 기계류의 정비상태
 - ⑦ 각종 전기 기기 및 전선류 관리상태
- (3) 점검 결과 이상 징후가 발견될 경우에는 공사감독원에게 보고하고, 즉시 보수하거나 적절한 조치를 강구하여야 한다.

1.9.8 노동위생

- (1) 터널내 작업원은 방진 마스크를 착용케하여 먼지로 인한 인체에의 영향을 최소화하도록 조치하여야 한다.
- (2) 고온 다습한 터널 내에서는 적절한 온습도 조절이 가능하도록 하여 작업원이 안전하고 효율적으로 작업할 수 있도록 조치하여야 한다.
- (3) 시공 중 소음, 진동, 분진 등에 따른 작업원의 건강장애의 방지는 물론 작업원의 건강을 위협하지 않도록 제반 조치를 하여야 한다.
- (4) 굴착, 버력적재, 버력운반, 뿔어붙임 콘크리트 타설 등의 작업시에는 다량의 분진이 발생하기 때문에 분진의 농도를 정기적으로 측정하여 그 현황을 파악하고 적절한 조치를 강구하여야 한다.

1.9.9 화재방지

- (1) 터널 내에서 화재를 유발할 수 있는 원인을 제거하고 가연성 물질의 관리도 철저히 하여야 하며 소화설비 배치 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- (2) 터널 내에서 화재가 발생한 경우에 대비하여 진화계획을 수립하고 작업원의 대피계획을 수립하여야 한다.
- (3) 화재 발생시 중대한 재해가 발생될 우려가 있는 곳은 특별히 유의하여 관리하여야 한다.
- (4) 예상되는 화재의 형태에 적합한 소화설비를 배치하고, 작업원에게 그 설치장소 및 사용방법을 주지시키고 소화훈련을 실시하여야 하며, 소화설비는 항상 점검, 정비하여 그 기능을 유지하도록 하여야 한다.

1.9.10 폭발방지

- (1) 가연성 가스의 폭발을 방지하기 위하여 그 존재유무를 파악하여야 한다. 필요에 따라서는 유해가스를 탐지하는 자동경보장치를 설치하여야 한다.
- (2) 가연성가스가 발생할 우려가 있는 경우 또는 존재하는 경우는 그 종류, 성분, 보존상태, 발생상황 등을 정확히 파악하고, 충분한 급배기를 실시하여 신속히 안전한 농도로 희석하여야 한다.
- (3) 가연성 가스가 돌출할 염려가 있는 경우, 또는 용출량이 현저히 증가하여 환기설비의 증가만으로는 안전한 농도로 희석하여 배제하는 것이 곤란하다고 판단되는 경우는 보링에 의해 직접적으로 가스를 배제하여야 한다.

1.9.11 긴급시의 조치

- (1) 지반조건이 급변하여 낙반, 막장의 붕괴, 이상 용출수 발생, 화재 등에 의한 급박한 위험이 발생하거나, 혹은 가연성가스, 유해가스의 돌출 등에 의한 가스폭발 혹은 중독발생의 우려가 있을 때는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 신속히 대피시켜야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

- (2) 긴급 시에 대응할 수 있는 통신 및 경보체제를 수립하고 필요한 설비와 장비를 준비해 두어야 한다.
- (3) 긴급대피 통로에는 항상 통행에 지장이 없도록 정리, 정돈하여야 하며 호흡용 보호구, 휴대용 조명기구 등의 피난용구를 터널내의 적당한 위치에 비치하여야 한다. 또한 작업원에게 필요한 안전교육을 실시하여 긴급 피난절차를 인지시키고, 긴급사태를 가정해서 방재 훈련을 정기적으로 실시하여야 한다.
- (4) 긴급사태가 발생한 후 터널 내에 작업원이 남아있는 경우는 신속히 관계기관에 연락하고 관계기관과 협의하여 신속한 구호조치를 취하여야 한다.

1.10 환경관리

- (1) 환경관리에 관한 일반적인 사항은 “KRCCS 67 10 30 : 2018 건설환경관리”에 따라야 한다.
- (2) 시공할 때는 소음, 진동, 지반 및 구조물 등의 변형, 대기 및 수질오염, 운반작업에 의한 교통장애 등 환경에 미치는 영향을 최대한 억제하여야 한다.
- (3) 모든 작업원에게 환경보존 의식을 고취시킬 수 있는 교육을 정기적으로 시행하여야 한다.
- (4) 콤프레서, 배치플랜트, 크러셔플랜트, 버력저장소 등에는 방음피복과 방음벽을 설치하고 기계장비의 기초를 견고히 하여야 한다.
- (5) 발파시간의 제한, 진동저감 발파방식의 적용, 면밀한 발파관리, 차량 소음발생 규제 및 운행시간 제한 등을 통하여 소음과 진동피해를 최소화하여야 한다.
- (6) 오염된 배수에 관해서는 침전조를 설치하고 정화하여 방류하여야 한다.
- (7) 운반로의 선정에서는 좁은 도로, 보행자가 많고 보도와 차도가 분리되어 있지 않는 도로, 통학로 등은 피하고 필요할 경우는 입체교차로의 설치, 도로의 확폭, 신호기, 도로반사경의 설치, 포장, 감시원의 배치, 운행시간, 속도의 제한 등을 고려하여야 한다.
- (8) 지하수원 고갈에 따른 대책을 수립하여야 한다.
- (9) 터널공사에 관련된 환경보존 법령을 준수하여야 하며 환경보존을 위한 항목을 선정하여 이에 대한 적절한 조치를 하여야 한다.

2. 자재

2.1 화약과 뇌관

화약 및 뇌관은 “KRCCS 67 20 10 : 2018 암꺾기, 2.1 재료”의 관련 규정에 적합하여야 한다.

2.2 버력운반기구 및 장비

- (1) 터널 굴착에 동원되는 장비는 “KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물, 1.5 인력 및 장비 투입계획서”에 합치하여야 한다.
- (2) 터널 내 운반을 위한 부대설비는 운반방식, 운반기구, 버력처리 조건 등에 적합하도록 설치하

여야 한다.

- (3) 운반장비의 크기는 터널 내를 안전하게 통과할 수 있는 것이어야 한다.

2.3 방수재료

- (1) 방수재료는 소요의 시험, 검사를 행하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 하며, 품질이 변질 및 손상되지 않도록 보관하여야 한다.
- (2) 방수막은 한국산업규격(KS)에 규정된 제품을 사용하여야 한다.
- (3) 방수재료는 내구성, 인성 및 유연성이 풍부하고 콘크리트 라이닝 시공에 의해 파손되지 않아야 한다.

3. 시공

3.1 굴착

3.1.1 굴착 일반

3.1.1.1 일반사항

터널굴착 시에는 굴착과 관련된 제반 행정법규, 총포도검화약류 등 단속법, 소음진동관리법 등의 환경관리 법규, 산업안전보건법 등의 안전관리 법규 등을 확인하여야 한다.

3.1.1.2 굴착방법의 선정

- (1) 굴착방법은 지반조건, 토피, 환경조건, 터널단면의 크기, 형상, 길이 등을 고려하여 인력, 기계, 발파굴착, 파쇄굴착 등 가장 적합한 방식을 선정하여야 한다. 또한 굴착면 주변 지반의 지보능력을 최대한 활용할 수 있는 굴착방식을 선택하여야 한다.
- (2) 굴착면 지반의 자립시간이 짧고 진동영향이 심한 지반은 소규모로 굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우에는 인력굴착방법을 적용하여야 한다.
- (3) 발파굴착방법은 발파가 필요한 지반조건에서 주변 여건상 인력굴착방법이나 기계굴착방법을 적용하는 경우를 제외한 모든 굴착에 적용한다.
- (4) 압력에 의한 파쇄굴착방법은 인력굴착방법을 적용할 수 없는 견고한 지반에서 기계 또는 발파에 의한 굴착을 채택하기 어려운 경우에 적용한다.

3.1.1.3 굴착공법의 선정

- (1) 굴착공법은 막장의 자립성, 원지반의 지보능력, 지표면 침하 및 주변의 영향 등을 충분히 검토한 다음, 시공성과 경제성을 고려해서 선정하여야 한다.
- (2) 갱구부 굴착은 터널의 크기, 토피, 지반조건, 갱구부 비탈면 조건 등을 고려하여 비탈면이 붕괴되거나 낙반이 일어나지 않도록 굴착 전에 보강대책의 적정성을 확인하고 안전한 시공이 될 수 있는 방법으로 하여야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

3.1.1.4 막장안정 보조공법

- (1) 막장면이 지반 불량 등으로 안정을 확보하기 곤란한 경우에는 막장면 보강대책을 수립하여야 한다.
- (2) 보조공법은 터널의 천단부 및 막장의 안전성 증가를 위한 보조공법과 지하수 대책을 위한 보조공법으로 구분하여 현지 조건에 맞게 사용하여야 한다.
- (3) 막장면을 장기간 존치하여야 할 경우에는 막장면의 장기안정을 확보할 수 있는 공법으로 보강대책을 수립하여야 한다.

3.1.1.5 여굴

- (1) 굴착시 여굴은 될 수 있는 한 적게 하여야 한다. 이를 위하여 토사터널의 경우 보조공법을 적용할 수 있으며 암반터널의 경우 평활한 굴착면이 얻어지도록 제어발파를 할 수 있다.
- (2) 여굴이 발생할 경우는 여굴의 발생상태와 발생원인 등을 조사하여 시공법을 개선하여야 한다. 특히, 암반지역은 절리 등에 유의하여 발파공의 위치, 방향 등을 조절하여 여굴을 적게 하여야 한다.
- (3) 절리가 발달한 암반지역에서의 여굴부분은 적절히 조치해서 진행성 여굴이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 여굴의 정도가 심한 경우는 뿔머붙임 콘크리트와 록볼트로 보강하여 응력의 집중에 따른 진행성 여굴 또는 불안정을 방지한 후 여굴 부분은 모르터 또는 콘크리트로 치밀하게 채워야 한다.

3.1.1.6 인력굴착

- (1) 인력굴착은 주변여건상 발파가 곤란하거나 지반이 연약하여 소단면에 의한 굴착이 불가피한 경우에 적용하여야 한다.
- (2) 풍화암, 단층파쇄대, 토사지반 등에 터널을 설치할 경우는 곡괭이 또는 간이 굴착기구를 사용해서 굴착하여야 한다. 경점토질이나 굳어진 사력층에는 인력굴착의 보조수단으로서 단면의 일부를 발파하여 이완시키는 방법을 채택할 수 있다. 이 공법을 채택할 경우는 지질조건이나 공사규모 등에 따라 기계굴착공법, 실드공법 및 메서공법 등과 비교하여 공사감독자의 지시에 따른다.
- (3) 인력굴착은 지질상황, 터널단면의 규모에 따라 전단면굴착, 링컷 및 벤치컷 공법으로 나누어 현장여건, 안전성 등을 검토한 후 공사감독자의 지시에 따른다.

3.1.1.7 기계굴착

- (1) 중장비에 의한 기계굴착은 소음, 진동을 억제하여야 하는 조건에 적용하여야 한다.
- (2) 굴착기계는 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 버력처리방법 등을 고려하여 선정하고 지반의 특성에 알맞고 경제성이 있는 기종을 선정하여야 한다.

- (3) 기계굴착에서는 지반의 이완을 최소화하고 막장의 안정을 유지하여야 하며 여굴을 적게 하여야 한다.
- (4) 쇼벨, 브레이커 등의 커터붐 기계굴착은 절리가 심하게 발달한 암반이나 토사지반에 적용하여야 한다.
- (5) 붐 기계굴착은 굴착패턴을 준수하고 기계운전에 의해 노면이 약화되지 않도록 노면보호를 실시하여야 한다.
- (6) 기계운전원과 다른 작업원과의 신호방법을 정하여 의사소통을 원활히 할 수 있도록 조치하여야 하며, 기계운전원은 전진·후진·유턴 시에 다른 작업원이 다치지 않도록 주의하며 운전하여야 한다.
- (7) 티비엠(TBM)은 암반의 강도, 지반구조의 발달상태 등을 검토하여 적용여부를 결정하여야 한다. TBM 적용이 가능할 경우는 지반에 적합한 커터의 종류, 커터헤드의 회전수, 추력의 크기 등을 정하고, 굴착효율의 향상과 사행굴착이 발생되지 않도록 운전관리를 적절히 하여야 한다.

3.1.2 발파굴착

3.1.2.1 발파굴착 일반

- (1) 발파계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기와 형상, 굴착공법, 굴진장, 벤치길이 등에 적합한 천공깊이, 천공배치, 화약의 종류와 양, 뇌관의 종류, 발파순서 등을 종합적으로 판단하여 수립하여야 하며, 지반의 이완영역을 최소로 억제하고 평활한 굴착면을 얻을 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 발파에 의해 발생된 버력의 크기는 활용계획 및 버력 적재방법과 운반장비에 적합하도록 발파계획을 수립하여야 한다.
- (3) 발파계획은 발파로 인한 소음·진동 등이 주변환경에 미치는 영향을 고려하여 필요한 경우는 그 대책을 강구하여야 한다.
- (4) 발파작업 시에는 총포·도검·화약류단속법 및 시행령, 근로 안전관리규정, 기타 관계법규 등을 준수하여야 한다.
- (5) 발파 후 소정의 시간이 경과한 후 발파장소에 접근하여야 하며, 불발 장약공, 잔류 폭약 유무 등을 점검하고 잔류 폭약 제거 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- (6) 발파결과가 당초계획과 상이할 경우는 그 원인을 규명하여 후속 발파작업에 반영하여야 한다.

3.1.2.2 발파진동

- (1) 진동측정 계기는 발파진동의 주파수(통상 10Hz ~ 500Hz) 범위에 적합하고 입자변위, 입자속도, 입자가속도를 측정할 수 있는 것이어야 하며 정밀분석이 필요할 경우는 주파수 분석이 가능하도록 시간이력을 기록할 수 있는 것을 사용하여야 한다.
- (2) 발파에 의한 지반진동의 크기 및 파형의 측정은 연직방향과 이에 직교하는 수평 2방향

농업생산기반시설 수로터널 공사

(longitudinal and transversal)의 3성분을 동시에 측정하여야 하며 진동크기의 거리에 따른 감쇠를 측정할 필요가 있는 경우는 최소한 3측점 이상을 동시에 측정하여야 한다.

- (3) 대상 시설물에 대한 진동측정은 발파원으로부터 가장 근접한 위치의 시설물 부위에서 실시하여야 하나 부득이한 경우는 이에 근접한 지표에서 측정할 수 있다.
- (4) 측정빈도는 일상적 발파작업이 이루어질 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과확인 및 작업원에 대한 안전의식을 반복적으로 점검하도록 한다.
- (5) 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우 또는 진동을 억제하여야 할 경우는 표 3.1-1의 발파진동의 허용기준치 이내로 발파가 이루어지도록 하여야 한다. 단, 교외 지역에서는 공사감독자의 승인을 받으면 이 허용기준치 이상의 값을 적용할 수 있다.

〈표 3.1-1〉 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

구 분	문화재 등 진동 예민 시설물	주택·아파트	상가	철근콘크리트 건물 및 공장
최대입자속도(mm/s)	2	5	10	10 ~ 40

- (6) 발파지점 주변의 주거민에 대한 생활공해 방지를 위한 발파진동 허용치는 환경부 제정 “소음·진동관리법에 관한 규정”을 준용하며, 가축사육장 및 양식장 인접 공사의 경우에는 해당 전문가의 자문을 받아 발파진동 허용치를 정하여야 한다.
- (7) 발파진동치가 허용범위를 초과할 경우는 저폭속의 폭약사용, 다단발파 적용, 장약량 제한, 심발 발파 방법 조정, 발파 방식 변경 및 진동전파방지방법 등을 활용하여 진동치가 허용범위 이내가 되도록 하여야 한다.

3.1.2.3 화약 및 뇌관의 취급, 관리

- (1) 화약 및 뇌관의 취급 및 관리는 “총포·도검·화약류단속법 제18조, 제25조, 제26조, 제31조”에 따르고, 반드시 관련자격을 보유한 기술자가 하여야 하며 1일 사용량 이상을 초과하여 수령하여서는 안 된다.
- (2) 화약과 뇌관은 각각 별도로 보관하고 잔여량은 반드시 반납하여야 한다.
- (3) 화약고는 설타설준에 따라 설치하고 안전사고가 발생하지 않도록 신중히 관리하여야 한다.
- (4) 발파장소에서의 화약류의 소운반은 소정의 용기, 운송방법에 준하되 지명된 작업원에 의해서 시행하여야 한다.

3.1.2.4 천공

- (1) 천공기계는 암질, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 발파계획, 버력처리방법, 록볼트의 시공방법, 공사기간 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 천공에 앞서 막장의 점검, 뜯돌제거, 잔류폭약의 유무확인 및 회수 등의 조치를 취하여 천공 중 막장에서의 봉락, 잔류폭약에 의한 폭발사고 등을 방지하여야 한다.

- (3) 천공은 미리 정해진 천공배치에 따라 위치, 방향, 깊이로 정확하게 하여야 하며 잔류폭약 유무가 육안으로 확인되지 않은 전회 발파 후에 남은 구멍을 다시 천공하여서는 안 된다.
- (4) 천공 중에는 이상 용출수, 가스의 분출, 지질의 변화 등이 있을 경우에는 즉시 천공을 중지하고 필요한 조치를 하여야 한다.

3.1.2.5 화약장전 및 뇌관연결

- (1) 장약하기 전에 먼저 천공상태를 점검하여야 하며 천공 중에 발생한 뜯돌의 유무를 점검하고 필요에 따라 뜯돌을 제거한 후 장약을 하여야 한다.
- (2) 전기뇌관은 반드시 누설전류 탐지기, 도선 연결시험기, 다짐봉 등 소정의 기구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 실시하여야 한다.
- (3) 발파효과를 높이기 위하여 장약공은 소정의 채움재로 충분히 전색하여야 한다.
- (4) 유출된 지하수가 잔류하는 막장의 하단 장약공은 수중으로 전달되는 충격압의 영향으로 불발될 우려가 있으므로 인접 장약공과 동일한 단수의 뇌관을 사용하는 것이 좋다.
- (5) 전기뇌관의 결선부는 절연재질 비닐테이프, 방수캡 등을 사용하여 단락 또는 누전으로 불의의 폭발이나 불발공이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (6) 전기뇌관을 사용하는 경우는 미주전류, 누설전류, 정전기의 유무 및 크기를 측정하여 안전여부를 확인하여야 한다.
- (7) 장약 시에는 작업에 불필요한 모든 전동기 동력선 등을 전원으로부터 단절하고 필요한 전력선은 누전 차단장치를 설치하여야 한다.
- (8) 발파모선은 완전절연이 가능한 것을 사용하여야 하고 전기선로, 기타 대전의 우려가 있는 곳으로부터 완전히 격리하여야 한다. 점화기에 접하는 발파모선의 단말은 점화시 이외에는 점화기로부터 분리시켜야 한다.

3.1.2.6 발파시 경보 및 대피

- (1) 발파작업은 지명된 지휘자의 통제하에 실시하여야 한다.
- (2) 발파지휘자는 다음 사항을 시행하여야 한다.
 - ① 위험구역, 대피장소 및 경로지정
 - ② 점화장소 지정 및 발파예고, 점화, 해제 등의 각종 신호 및 경보결정
 - ③ 점화자 지정
 - ④ 위험구역표시 및 감시원 배치
 - ⑤ 결선상태 확인
- (3) 터널의 양방향 굴착시 관통이 가까워질 때는 상호 긴밀한 연락을 취하면서 발파작업을 하여야 하고, 양방향에서 동시에 발파가 이루어지지 않도록 하여야 한다.
- (4) 대피시 책임자가 최종 검사하고 특히 횡갱 등이 있는 경우 다른 경로로 작업원이 접근하지 않도록 각 방향으로 안전대책을 수립하여야 한다.
- (5) 발파시 모든 작업원 및 주변 주민에게 발파를 알리는 사이렌 경보를 하여야 한다.
- (6) 안전에 대비하여 전기발파의 경우는 5분 이상, 도화선 발파의 경우는 발파후 15분 이상 경과

농업생산기반시설 수로터널 공사

한 후에 발파장소에 접근하여야 하며 불발 화약류는 안전하게 제거하여야 한다.

3.1.2.7 뜯돌처리

- (1) 이완된 암괴, 암편 등의 뜯돌은 막장면, 측벽, 아아치부 등을 잘 점검하여 모두 제거하여야 한다.
- (2) 분할발파시의 뜯돌 처리는 발파부위 뿐만 아니라 아직 지보재가 시공되지 않은 구간에 대해서도 실시하여야 한다.

3.2 버력 처리

3.2.1 버력처리 일반

- (1) 버력처리계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 연장, 기울기, 굴착공법, 굴착방식, 버력의 크기 및 사용장비와 조건 등을 고려해서 수립하여야 한다.
- (2) 터널의 연장이 긴 병렬터널인 경우는 버력처리의 효율을 감안하여 일정한 간격으로 횡방향 연결통로를 설치하는 방안을 검토하여야 한다.
- (3) 버력의 용적증가는 지반의 조건과 특성, 버력의 크기 및 혼합상태 등에 따라 다르므로 운반시의 용적변화와 사토시의 용적변화를 다르게 적용하여야 한다.
- (4) 버력처리기계의 조합은 기계의 처리능력, 작업효율, 공사기간 등을 고려하며 각 기계의 처리능력이 균형을 이루도록 하여야 한다.
- (5) 버력 운반작업은 운행관리 규정을 정하고 운전원, 유도원, 기타 관계자가 차량운행시 이를 준수하도록 교육을 실시하여 안전성을 확보하여야 한다.

3.2.2 버력의 적재 및 운반

- (1) 버력적재 작업시 안전에 유의하고 기 설치된 지보재, 가설설비 등을 손상시키지 않도록 하여야 한다.
- (2) 버력적재는 운반도중에 버력이 떨어지지 않도록 덮개 등을 씌우고 과적하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 운반방법은 타이어 혹은 크롤러 방법, 궤도방법, 컨베이어 방법 등으로 구분하여 터널의 경사, 크기, 연장 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 제동장치 및 연결 등의 기능은 항상 정상적인 기능을 갖도록 정비하여야 한다.
- (5) 내연기관을 사용할 경우는 배기가스에 주의하고, 필요에 따라 적절한 조치를 강구하여야 한다.
- (6) 궤도방법으로 운반하는 경우는 탈선 등의 장애가 발생하지 않도록 궤도의 설치 및 보수를 하여야 하고 일반 차량에 의한 경우는 항상 굴착 바닥면을 보수하여 양호한 바닥면이 유지되도록 하여야 한다.
- (7) 운행 시에는 안전 경보음을 내거나 경고등을 켜야 한다. 특히, 중간 작업장을 통과할 경우는 경고음, 신호등으로 경고하여야 하며 후진 운전인 경우는 반드시 유도원을 배치하여야 한다.

3.2.3 배수공

- (1) 시공 중 유입되는 지하수의 정도 및 콘크리트 라이닝에 누수가 발생할 경우에 대비하여 적절한 배수시설을 갖추어야 한다.
- (2) 터널 내의 유입수 처리는 터널 사용목적에 따라 다르나, 일반적으로 중앙집수관 또는 측방향 배수관에 의해 배수한다. 또한 배수상태 점검이나 청소가 가능한 시설을 일정한 간격으로 설치하여야 한다.
- (3) 시공 중 또는 시공 후에는 표 3.2-1의 사항을 관리하여야 한다.

<표 3.2-1> 배수공 관리

종별	관 리 항 목	관 리 내 용 및 시 험	시 험 빈 도
일 상 관 리	시공정밀도	◦배수구조물의 위치, 기울기, 크기 등 확인	시공 전 및 직후
	부 직 포	◦부직포 부착상태 ◦측벽 유공관 주변의 측벽 부직포와 인버트 부직포의 겹침상태 ◦인버트 부직포 위의 비닐막 포설상태	시공 직후
	관	◦집수관, 유공관, 연결관 등의 변형상태와 내부 이물질 유무확인	시공 직후
	구 조 물	◦배수공, 확인공, 맨홀 등의 시공상태와 균열 발생 등 확인	시공 후 수시

3.3 터널 지보공

3.3.1 적용범위

이 기준은 터널공사 중 터널 지보공 공사에 대하여 적용한다.

3.3.2 관련 시방절

- KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물
- KRCCS 67 10 25 : 2018 건설안전·보건관리
- KRCCS 67 15 15 : 2018 재료 및 자재시험
- KRCCS 67 35 05 : 2018 일반 콘크리트공
- KRCCS 67 35 10 : 2018 철근공
- KRCCS 67 35 15 : 2018 거푸집공
- KRCCS 67 45 05 : 2018 터널 굴착공

3.3.3 참조규격

3.3.3.1 한국산업규격

농업생산기반시설 수로터널 공사

- K S D 3503 일반 구조용 압연 강재
- K S D 3504 철근 콘크리트용 봉강
- K S D 7017 용접 철망
- K S F 2402 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험 방법
- K S F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험 방법
- K S F 2422 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법
- K S F 2426 주입 모르타르의 압축 강도 시험 방법
- K S F 2432 주입 모르타르의 컨시스턴시 시험 방법

3.3.4 제출물

3.3.4.1 제출자료

- (1) 수급인은 “KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물, 1.9.3 제품자료”의 해당 요건에 다음을 포함하여 레미콘과 혼화재료 및 기타 중요한 재료에 대한 제품자료를 작성 제출하여야 한다.
 - ① 레미콘은 레미콘의 생산가능 규격, 현장까지의 운반시간, 배출시간, 콘크리트 제조능력, 운반차의 수, 공장의 제조설비, 품질관리상태 등
 - ② 혼화재료는 혼화재료의 성분, 특성 등 제반 사항과 제조업체의 생산현황, 기술자료, 사용지침서, 사용실적 등

3.3.4.2 견본

수급인은 공사감독자가 지시하는 경우 “KRCCS 67 10 10 : 2018 공무행정 및 제출물, 1.9 사급자재 관련서류”의 해당 요건에 따라 견본을 제출하여야 한다.

3.3.5 안전관리

터널 지보공 시공에 따른 안전관리는 “KRCCS 67 10 25 : 2018 건설안전·보건관리” 및 “8-1 일반사항 7. 안전관리”의 관련 규정에 따른다.

3.4 자재

3.4.1 강지보재

- (1) 재료는 소요의 시험, 검사를 하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 한다.
- (2) 강지보재의 재질은 비교적 큰 변형에 대하여 파손되지 않고 냉간가공을 할 수 있는 연신율을 가지며 용접하기 쉬운 재질로서, K S D 3503에 규정된 SS275을 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 강재로 하여야 한다.
- (3) 강지보재로는 구조용 H형강, U형강, 격자지보(lattice girder) 등을 사용할 수 있다.
- (4) 재료는 변형, 해로운 녹, 기타 이물질이 부착되지 않도록 청소 및 보관하여야 한다.

3.4.2 뽐어붙임 콘크리트 재료

3.4.2.1 재료관리, 계량 및 혼합

- (1) 급결재 및 시멘트는 품질이 변질되지 않도록 보관하여야 하며, 동절기 및 혹서기에는 골재가 동해를 입거나 가열되지 않도록 하여야 한다.
- (2) 뽐어붙임 콘크리트의 골재는 호스가 폐쇄되지 않고 먼지의 발생이 적도록, 적당한 표면수를 함유하여야 한다.
- (3) 뽐어붙임 콘크리트의 배합은 시방배합에 따르며, 조기 및 장기강도, 시공성, 사용재료, 사용기계, 지반조건, 온도 등을 고려하여 적절히 배합하여야 한다. 배합은 현장 배합시험결과에 따라 조정할 수 있다.
- (4) 재료는 중량계량을 하여야 한다.
- (5) 비비기는 재료가 균등하게 혼합되도록 충분히 비벼야 한다. 특히, 강섬유를 사용할 경우는 사용 강섬유가 뽐어붙임 콘크리트에 균질하게 분포될 수 있도록 잘 혼합하여야 한다.
- (6) 급결재는 조기강도 발현 효과가 좋고, 장기강도에 영향을 적게 미치는 것을 사용하여야 한다.

3.4.2.2 재료시험

재료에 대한 시험은 “KRCCS 67 15 15 : 2018 재료 및 자재시험”에 따른다.

3.4.2.3 뽐어붙임 콘크리트 타설기계 및 방식선정

- (1) 뽐어붙임 콘크리트 타설기계는 기계의 특성, 시공조건 등을 검토하여 내압에 대한 안전성, 내구성을 확보하고 소정의 배합재료를 연속하여 압송할 수 있는 것을 선정하여야 한다.
- (2) 뽐어붙임 콘크리트 타설기계는 굴착면 인접부까지 접근이 가능하여야 하며, 요구되는 기능을 발휘할 수 있는 부속기기를 갖추어야 한다.
- (3) 뽐어붙임 콘크리트 타설방식은 지반조건, 터널연장, 단면크기, 굴착방식, 용출수의 유무, 경제성 등을 충분히 검토하여 선정하여야 한다.

3.4.3 록볼트

3.4.3.1 록볼트

- (1) 록볼트는 소요의 시험, 검사를 하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 한다.
- (2) 록볼트 재질은 KSD 3504에 규정된 SD 350 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질의 이형봉강을 표준으로 하며, 지반조건 및 목적에 따라 동등 이상의 재질 및 형상의 록볼트를 시용할 수 있다.
- (3) 록볼트는 변형, 해로운 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 보관 및 청소하여야 한다.
- (4) 지압관은 뽐어붙임 콘크리트의 요철면에 충분히 밀착될 수 있도록 가급적 반구형을 사용하며, 규격은 6×150×150mm를 표준으로 한다.

3.4.3.2 록볼트 공 천공기계의 선정

농업생산기반시설 수로터널 공사

- (1) 천공기계는 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 연장, 굴착공법, 천공 길이, 록볼트의 종류, 분수 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 록볼트의 삽입, 정착, 조이기 등에 사용하는 기계는 록볼트의 정착형식에 적합한 것을 선정하여야 한다.

3.4.4 철망

- (1) 철망은 소요의 시험, 검사를 하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 한다.
- (2) 철망은 용접철망을 사용하며 KS D 7017에 규정된 조건을 만족시켜야 한다.
- (3) 변형, 해로운 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 보관 및 청소하여야 한다.

3.4.5 콘크리트, 철근 및 거푸집

- (1) 콘크리트 재료에 대해서는 “KRCCS 67 35 05 : 2018 일반 콘크리트공”의 관련 규정을 따라야 한다.
- (2) 철근 재료에 대해서는 “KRCCS 67 35 10 : 2018 철근공”의 관련 규정을 따라야 한다.
- (3) 거푸집 재료에 대해서는 “KRCCS 67 35 15 : 2018 거푸집공”의 관련 규정을 따라야 한다.

3.5 시공

3.5.1 터널 지보재 시공일반

- (1) 터널 지보재는 강지보재, 뿔어붙임 콘크리트, 철망, 록볼트, 콘크리트 라이닝 등으로 구성되며 필요에 따라 조합시켜 적합한 방법으로 적절한 시기와 순서에 따라 시공하여야 한다.
- (2) 굴착면 주변지반은 뿔어붙임 콘크리트, 철망, 록볼트 및 강지보재 등의 조합에 의한 시공을 하여 안정시켜야 한다. 지반변위가 일정한 값으로 수렴되었다고 판단되는 경우에 콘크리트 라이닝을 시공하여야 한다. 단, 콘크리트 라이닝으로 지반변위를 구속하여야 할 경우는 예외로 한다.
- (3) 지보재의 시공 시에는 그 기능이 잘 발휘되도록 시공하여야 하며, 뿔어붙임 콘크리트, 철망, 록볼트, 강지보재 등으로 구성된 지보재는 지반의 이완이나 침하가 발생되지 않도록 굴착 후 지반의 자립시간 이내에 설치하고, 지반과 밀착 혹은 일체화시켜 지반을 안정시켜야 한다.
- (4) 지보재 공중간에는 휴지시간이 없도록 그 설치시기를 계획하여야 하며 가급적 동일 작업조에 의해 1차 지보재 시공이 완료되도록 하여야 한다.
- (5) 콘크리트 라이닝은 다른 지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 시공하여야 한다.
- (6) 지보재의 시공순서는 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 주변환경, 안전성, 경제성 등을 고려하여 지반의 자체 지보능력이 잘 형성되어 지반이 쉽게 안정될 수 있도록 하여야 한다. 작업공정간에는 상호 연속시공이 되도록 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (7) 시공 중 지보재 혹은 지반에 이상 변형이 발생하였을 경우는 지체없이 공사감독자에게 보고하고 적절한 보강대책을 강구하여야 한다.

3.5.2 강지보재

3.5.2.1 강지보재 일반

- (1) 강지보재는 지반조건, 굴착방법, 굴착단면의 크기 등을 감안하여 신속히 시공할 수 있는 대책을 강구하여야 한다.
- (2) 강지보재의 형상은 뽑어붙임 콘크리트 또는 콘크리트 라이닝과 일체가 되고 설치목적에 충분히 달성할 수 있는 형상이어야 한다.

3.5.2.2 강지보재 제작 및 설치

- (1) 강지보재는 굴착면이나 뽑어붙임 콘크리트에 밀착되어 콘크리트 라이닝의 소요 두께가 확보될 수 있도록 시공오차 및 지반 변형량을 감안하여 제작하여야 한다. 또한 지보재는 상호간 양호하게 연결되어야 한다.
- (2) 강지보재는 소정의 위치에 정확하게 설치하여야 하며 이를 위해서는 강지보재의 바닥 지지부에 버팀목이나 강판 등의 받침을 사용할 수 있으나, 단, 목재는 임시받침으로만 사용될 수 있다. 굴착면이 튀어나와 강지보재의 설치가 불가능한 경우는 튀어나온 부분을 제거한 후 설치하여야 한다.
- (3) 강지보재의 연결부는 후속 연결시공의 시공성을 감안하여 시공하고 필요한 조치를 취하여야 한다.
- (4) 강지보재는 터널 굴착 후 가능한 한 막장에 근접시켜 즉시 설치하여야 한다.
- (5) 시공된 강지보재를 수정하여야 할 경우는 1조 단위로 하여야 한다.

3.5.2.3 시공관리

시공 중 및 시공 후 표 3.5-1의 사항을 관리하여야 한다.

<표 3.5-1> 강지보재 시공관리

종별	항 목	내 용	시 기
일 상 관 리	형상 및 치수	소정의 형상 및 치수대로 가공여부의 확인	물품 반입시
	변형 및 손상	변형 및 녹 등의 이물질 부착 여부 확인	시공 전
	시공 정밀도	소정의 위치, 수직도, 높이 등을 확인	시공 직후
	밀 착 상 태	원지반 또는 뽑어붙임 콘크리트면에 밀착여부 확인	시공 직후
	이음 및 연결 상태	이음볼트 및 연결재 등의 시공상태 확인	시공 직후

3.5.3 뽑어붙임 콘크리트

3.5.3.1 뽑어붙임 콘크리트 일반

- (1) 작업원의 안전을 위하여 발과 후 굴착면의 뜯돌은 주의하여 제거하여야 하며, 뽑어붙임 콘크리트의 부착을 저해하는 요인들을 제거하여야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

- (2) 굴착면이나 이미 타설한 뿔어붙임 콘크리트 면에 용출수가 있을 경우는 배수관을 통한 배수, 시멘트량이나 급결제량의 증가 또는 사용수량 감소 등의 적절한 용출수 대책을 강구한 후 뿔어붙임 콘크리트를 쳐야 한다.

3.5.3.2 뿔어붙임 콘크리트 작업

- (1) 뿔어붙임 콘크리트 타설은 굴착 후 가능한 한 신속히 하여야 하며, 이를 위해서는 미리 철저히 준비하여야 한다.
- (2) 기존 뿔어붙임 콘크리트면에 치는 경우는 약화부분을 제거하고, 면을 물로 깨끗이 청소한 후 뿔어 붙여야 하며, 강지보재가 있는 경우는 콘크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의해서 뿔어 붙여야 한다.
- (3) 뿔어붙임 콘크리트를 친 후 저온, 건조, 급격한 온도변화 등 해로운 영향을 받지 않도록 보호하고 양생을 하여야 한다.
- (4) 작업장 주위의 조명은 충분한 조도를 유지하여야 하며, 뿔어붙임 콘크리트기계 작업원과 타설작업원간의 거리는 상호 수신호가 가능한 거리 이내이어야 한다.
- (5) 뿔어붙임 콘크리트의 타설작업시에는 철망, 철근, 강지보재 등의 배면에 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며, 철망, 철근은 뿔어붙임 콘크리트 타설로 인하여 이동, 진동 등이 생기지 않도록 고정하여야 한다.
- (6) 뿔어붙임 콘크리트 두께가 두꺼운 경우는 적절한 두께로 여러 층으로 나누어 쳐야 한다. 뿔어붙임 콘크리트는 지반과 밀착됨과 동시에, 뿔어붙임 콘크리트 각층 상호간도 밀착되어야 하며, 반발된 뿔어붙임 콘크리트가 혼합되지 않도록 주의해서 시공하여야 한다. 특히 상반 작업시 바닥에 떨어진 뿔어붙임 콘크리트는 모두 제거하여야 한다.
- (7) 시공된 뿔어붙임 콘크리트 면은 평탄하여야 하고 각 경우별로 이의 허용치를 설정하여 관리할 수 있다.
- (8) 노즐의 방향은 뿔어붙임 콘크리트 면에 거의 직각이 되도록 유지함과 동시에 노즐과 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화 되도록 유지하여야 한다.
- (9) 압축공기의 압력은 골재의 충돌속도가 적당한 값이 되도록 유지하여야 한다.
- (10) 건식공법일 때 물의 압력은 압축공기의 압력보다 100kPa 정도 높게 유지하여야 한다.
- (11) 뿔어붙임 콘크리트 타설작업원은 골재의 반발이나 분진의 위해가 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 한다.
- (12) 건식 뿔어붙임 콘크리트 타설작업장은 필요에 따라 분진처리를 하여야 한다.
- (13) 뿔어붙임 콘크리트 타설시에 발생된 반발재는 굳기 전에 제거하여야 한다.
- (14) 콘크리트 반발재는 버럭으로부터 선별 분리하여 폐기물관리법에 따라 보관 및 처리하여야 한다.

3.5.3.3 시공관리

시공 중 또는 시공 후의 관리사항은 표 3.5-2와 같다.

<표 3.5-2> 뽑어붙임 콘크리트 시공관리

종별	관 리 항 목	관리내용 및 시험	시험빈도	비 고
일상관리	배 합	배합비 및 사용량의 검사	매 타설시	현장배합에 의함
	시공상황	뽑어붙임 콘크리트의 부착, 성장, 반발, 분진발생 등의 관찰	매 타설시	
	두 계	핀 등에 의한 확인	매 타설시	
	변 형	균열 등의 관찰	매일	현장계측 결과에 따라 대책을 강구
정기관리	두 계	뽑어붙임 콘크리트 두께 검측	터널길이 20m마다	아치부 5개소 측벽 좌우 각 1개소
	재령 28일 강도	압축강도 시험 휨강도 시험 (보강섬유를 사용할 때)	◦빔 거푸집 : 1회/200m ² ◦코어채취 : 1회/1,000m ²	①빔 거푸집(KS F 2422) ②직접코어채취 ③압축강도시험(KS F 2405) ④휨강도시험(KS F 2408)
기타	강 도	단기재령 압축강도 시험 장기재령 압축강도 시험	◦공사착수 전 ◦골재원, 급결재 및 현장배합설계가 변경될 때마다 1회 ◦필요할 때마다	KS F 2422
	뽑어붙임 콘크리트 반발제	반발률의 측정		

3.5.3.4 철망

(1) 철망 설치 방법

- ① 철망의 배면에는 공극이 남지 않도록 하여야 한다.
- ② 철망은 뽑어붙임 콘크리트 작업으로 이동, 진동 등이 생기지 않도록 견고하게 고정시켜야 한다.
- ③ 철망은 뽑어붙임 콘크리트가 굴착면에 밀착되도록 도와주고 구조적 보강효과가 최대한 발휘할 수 있도록 배치하여야 한다.
- ④ 강섬유 뽑어붙임 콘크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.
- ⑤ 철망은 설계에서 정한 이음을 실시하여 가능한 한 전체가 서로 연결되도록 하여야 한다.

(2) 시공관리

- ① 철망은 시공 중 표 3.5-3의 사항을 관리하여야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

〈표 3.5-3〉 철망의 시공관리

종별	항 목	내 용	시 기
일상관리	보관 및 청소상태	변형, 녹, 이물질의 부착상태 확인	물품반입 후 및 시공 전
	고 정 상 태	콘크리트못, 앵커핀, 록볼트 등에 의해 흔들리지 않게 고정되었는지 확인	뿔어붙임콘크리트 타설전
	밀 착 상 태	원지반 또는 뿔어붙임 콘크리트면에 밀착되었는지 확인	〃
	겹 이 음 상 태	중·횡방향으로 겹이음이 확실히 되었는지 확인	〃

3.5.4 록볼트

3.5.4.1 록볼트 일반

- (1) 록볼트는 굴착 후 가능한 한 조기에 설치하며 막장면에 근접하여 시공하고 절리의 발달상태에 대응하여 시공하여야 한다.
- (2) 록볼트는 설치 전 발휘되어야 할 기능을 숙지하여야 하고 지반조건상 부여된 기능 발휘가 어렵다고 판단될 경우는 적합한 기능을 갖는 록볼트로 대체 시공하여야 한다.
- (3) 록볼트는 통상 구조용 철근이나 강관 혹은 팽창성 강관과 케이블 볼트 등을 사용할 수 있으며 지반과 일체로 거동하도록 설치하여야 한다.

3.5.4.2 천공 및 청소

- (1) 록볼트 시공을 위한 천공은 소정의 위치, 지름, 깊이를 확보하고, 굴착면에 직각으로 천공하며, 주 절리면이 파악되는 경우는 절리면에 직각으로 천공하여야 한다.
- (2) 록볼트 삽입 전에 천공된 구멍에는 돌가루 등 록볼트 정착에 유해한 물질이 남지 않도록 청소하여야 한다.

3.5.4.3 정착재료의 충전과 록볼트 삽입

- (1) 록볼트의 정착재료는 유동성 및 접착성이 우수하고, 조강성을 가지며, 장기 안정성이 있는 것을 충전하여야 한다.
- (2) 록볼트는 소정의 깊이까지 삽입하여야 하며, 소정의 정착력을 얻도록 시공하여야 한다.
- (3) 전면접착형 록볼트는 천공구멍과 록볼트 사이의 공극에 정착재가 완전히 채워져 록볼트가 충분히 정착력을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

3.5.4.4 록볼트의 조이기

- (1) 록볼트의 조이기는 록볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위에서 견고하게 조여야 한다.
- (2) 전면접착형 록볼트는 정착 후, 지압관 등이 굴착면과 뿔어붙임 콘크리트 면에 밀착되도록 너트 등으로 조여야 한다.
- (3) 선단정착형 록볼트는 확고한 정착부를 형성토록 하여 프리스트레스 도입 후에도 록볼트의 응

력이 유지될 수 있어야 한다. 지반조건상 시간이 경과하며 정착부가 느슨해질 우려가 있거나 록볼트 부식이 우려되는 경우에는 프리스트레스 도입 후에 록볼트와 지반사이의 공극을 시멘트 풀 혹은 모르타르로 충전하여야 한다.

- (4) 프리스트레스 록볼트의 경우에는 록볼트를 조인 후 1일 정도 후에 다시 조여야 한다. 또 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소요의 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우는 다시 조여야 한다.

3.5.4.5 용출수 지역에서의 록볼트 시공

- (1) 용출수가 있을 경우는 용출수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 한다.
- (2) 용출수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우는 급결제 등을 사용하거나 팽창성 강관 록볼트 등을 사용할 수 있다.

3.5.4.6 시공관리

- (1) 시공 중 및 시공 후에는 표 3.5.4.6 의 사항을 관리하여야 한다.
- (2) 다음의 경우는 록볼트를 추가 시공하여야 한다.
 - ① 내공변위 또는 지중변위 측정 등의 계측결과로부터 터널 측면의 변형이 록볼트 길이의 5%가 되는 경우
 - ② 인발시험 결과 인발 내력이 설계 인발 내력에 미달하는 경우
 - ③ 두부로부터 록볼트 길이의 1/2 지점과 록볼트 단부사이에 록볼트 축력의 최대치가 발생하는 경우
 - ④ 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우
 - ⑤ 기타 록볼트의 추가시공이 필요하다고 공사감독자가 판단하는 경우

<표 3.5-4> 록볼트 시공관리

종별	항 목	내 용 및 시 험	시험빈도	비 고
일상관리	시공 정밀도	소정의 위치, 구멍지름, 깊이로 시공되어 있는가의 확인	매 타설시	록볼트의 검측
	충 전 상 태	충전제가 록볼트와 원지반 사이에 확실히 채워져 있는가를 확인	매 타설시	해머 타격 확인
	정 착 효 과	시공 후의 정착효과를 확인 (토크렌치로 조임 등)	매 타설시	해머 타격 확인
	변 형	지압판의 변형 등을 관찰	매일	현장계측결과 등에 따라 대책을 강구
정기관리	강 도	록볼트 인발시험	터널길이 20m마다	3개/20m (천정, 양 측벽 각 1개)
기타	유 동 성	모르타르의 플로우(flow) 값 측정	필요할 때	KS F 2432
	강 도	모르타르의 압축강도 시험	때마다	KS F 2426

3.6 거푸집 일반

- (1) 이 절에 규정된 거푸집은 콘크리트 라이닝 타설을 위한 거푸집으로 제한하며 이 절에 규정되

농업생산기반시설 수로터널 공사

지 않는 사항에 대해서는 “KRCCS 67 35 15 : 2018 거푸집공”의 규정을 따른다.

- (2) 거푸집의 구조는 1회 마다의 타설량, 타설길이, 타설속도 등을 고려하여, 타설한 콘크리트의 압력에 충분히 견딜 수 있는 것이어야 한다.
- (3) 거푸집의 길이는 시공성, 안전성 및 콘크리트 품질에 미치는 영향 등을 고려하여 결정하되 일반적으로 15m를 초과하지 않아야 한다.

3.7 이동식 거푸집

- (1) 이동식 거푸집은 이동성이 좋고, 견고한 구조가 되도록 설계하고 제작하여야 하며, 콘크리트 투입 및 타설상태 확인 등을 위한 적당한 수의 작업구를 두어야 한다. 작업구의 크기는 사람의 출입이 가능하도록 하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 잘 퍼지도록 배치하여야 한다.

3.8 조립식 거푸집

- (1) 조립식 거푸집은 조립과 해체가 용이한 구조로 하여야 한다.
- (2) 강재 패널, 합판 및 지지목재 등은 걸림 턱을 충분히 확보하여 콘크리트 타설 중 구조적인 문제점을 유발하지 않도록 하여야 한다.

3.9 측면판

- (1) 측면판은 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 구조로 하고 콘크리트가 누출되지 않도록 설치하여야 한다.
- (2) 측면판에 지수판을 붙일 때는 지수판의 기능이 충분히 발휘되도록 하여야 한다.

3.10 거푸집 설치

- (1) 거푸집의 설치는 측량을 하여 정확한 위치에 설치하여야 한다.
- (2) 거푸집의 조립 시에는 볼트, 너트 등이 이완되지 않도록 충분히 조여야 한다.
- (3) 거푸집을 이동할 경우는 거푸집을 콘크리트 면으로부터 충분히 떨어지게 하여 거푸집 이동시 거푸집과 콘크리트 벽면이 손상되지 않도록 하여야 한다.
- (4) 이동용 궤도는 거푸집을 안정되게 이동할 수 있는 구조가 되어야 하며 콘크리트 타설시나 이동시 침하가 생기지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.
- (5) 거푸집을 떼어낼 때 거푸집 면에 콘크리트가 부착되지 않도록 미리 적절한 조치를 하여야 한다.
- (6) 조립, 설치가 완료된 거푸집은 콘크리트 타설에 앞서 공사감독자의 검사를 받아야 한다.

3.11 거푸집 떼어내기

- (1) 거푸집은 마지막에 친 천단부 콘크리트의 강도가 필요한 강도를 발휘하기 전까지 떼어내서는

안 된다.

- (2) 거푸집을 떼어낼 때 거푸집 면에 콘크리트가 부착되지 않도록 하여야 한다.
- (3) 거푸집 떼어내기는 콘크리트 강도가 충분하다고 판단될 때 공사감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다.

3.12 철근공 일반

- (1) 콘크리트 라이닝을 철근으로 보강하여야 할 경우는 보강 목적에 부합하도록 시공하여야 하며 이의 가공 및 관리는 “KRCCS 67 35 10 : 2018 철근공”의 제반 규정에 따른다.
- (2) 가공된 철근은 콘크리트를 타설 직전까지 철근 콘크리트의 기능 발휘에 해로운 요인이 개입되지 않도록 관리하여야 한다.

3.13 철근 작업

- (1) 철근이 아치형으로 조립될 경우는 철근망의 처짐이 발생되지 않도록 조립하여야 하며, 소요 피복두께가 확보될 수 있도록 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (2) 철근망 조립시 방수막이 손상되지 않도록 유의하여야 하며, 이물질을 깨끗이 청소한 후 콘크리트를 쳐야 한다.

3.14 콘크리트 라이닝 일반

이 절에 규정되지 않은 사항에 대해서는 “KRCCS 67 35 05 : 2018 일반 콘크리트공”의 규정을 따른다.

3.15 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 쳐야 한다. 비빈 후 타설이 완료할 때까지의 시간은 따뜻하고 건조한 경우는 1시간, 저온이고 습윤상태일 때는 2시간을 초과해서는 안 된다.
- (3) 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 하여 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 배치 플랜트 배합 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물질의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 한다. 운반에는 교반기(agitator)가 부착된 운반차를 사용하여야 하며, 기타의 운반방법에 의할 때는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3.16 콘크리트 시공

- (1) 콘크리트의 시공시기는 주지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 기초로 하여 변위가 수렴된 것을 확인한 후 결정하여야 한다. 만약, 팽창성 지반에서 변위가 완전 수렴되지 않은 상태에서

농업생산기반시설 수로터널 공사

콘크리트 라이닝을 치게 될 경우는 변위량과 변위속도를 기준하여 콘크리트 라이닝 타설이시기를 결정하여야 한다.

- (2) 콘크리트 라이닝 시공 전에는 반드시 내공을 검측하여 콘크리트 라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인하여야 하며, 설계두께 확보가 곤란한 경우는 공사감독자의 지시에 따라 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (3) 인버트를 포함한 모든 콘크리트 라이닝은 콘크리트의 건조수축으로 인한 균열을 방지하기 위해 적절한 간격으로 시공이음부를 두어야 한다.
- (4) 콘크리트를 타설 전 굴착면 또는 뿔어붙임 콘크리트 면을 청결히 하고 배수를 충분히 하여야 한다.
- (5) 콘크리트 타설 시에는 재료분리가 생기지 않고, 타설된 콘크리트에는 공극이 남지 않도록 하여야 한다.
- (6) 건조수축에 의한 균열이 발생하지 않을 길이로서 정해진 1구획의 콘크리트는 연속하여 쳐야 하며, 재료분리가 일어나지 않는 타설 속도를 유지하여야 한다.
- (7) 콘크리트 타설은 좌우대칭이 되어 거푸집에 편압이 발생하지 않도록 하여야 하며 진동기 등을 이용하여 다짐을 하여야 한다.
- (8) 콘크리트를 타설할 때 슈트 혹은 벨트 컨베이어 등을 사용할 경우는 공사감독자의 지시를 받아야 한다.
- (9) 용출수 혹은 유수에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 적절한 방법을 강구하여야 한다.
- (10) 타설된 콘크리트는 적절한 온도 및 습윤상태를 유지하여 양생하여야 한다.

3.17 공극 충전 및 균열방지 대책

- (1) 뿔어붙임 콘크리트 배면 및 원지반과 콘크리트 라이닝 사이는 공극이 발생되지 않도록 하여야 한다. 공극이 발생하는 경우는 주입을 저해하는 장애물을 제거하고 공극이 완전히 채워질 수 있도록 적절한 시공 관리하에 채움주입을 하여야 한다.
- (2) 채움 주입은 콘크리트 라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 도달한 후, 가능한 한 조기에 하여야 한다.
- (3) 주입의 순서 및 압력은 원지반이 흐트러지지 않도록 또한 기 시공된 지보재에 편압이나, 과다하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다.
- (4) 주입은 소정의 압력에 달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.
- (5) 콘크리트 라이닝에서는 가능한 한 균열이 발생되지 않도록 하여야 한다. 균열발생이 예상되는 구간에는 필요한 균열방지 대책을 강구하여야 한다.

3.18 콘크리트 라이닝 관리기준

- (1) 콘크리트 라이닝 두께는 평균두께가 설계두께 이상이 되도록 관리하여야 한다. 단, 특수한 여건으로 설계 두께보다 부족한 부분에 대해서는 공사감독자에게 보고 후 승인을 받아 조치하

여야 한다.

- (2) 콘크리트 라이닝의 강도는 현장채취코어를 통한 압축강도 시험을 실시하여 평균 강도가 설계 강도의 85% 이상이어야 한다. 1차 시험에서 미달될 경우 좌우 5m 범위 내에서 시료를 채취하여 재시험을 실시하고 그 결과가 설계강도에 미달할 경우는 보완시공 또는 재시공을 하여야 한다.

3.19 시공관리

콘크리트 라이닝의 시공 중에는 표 3.19-1의 사항을 관리하여야 한다.

<표 3.19-1> 콘크리트 라이닝 시공관리

종별	항 목	관 리 내 용 및 시 험	시 험 빈 도	비 고
일상 관리	<ul style="list-style-type: none"> ◦시공정밀도, ◦두께 ◦균열, 변형 	<ul style="list-style-type: none"> ◦소정의 위치에 철근 및 거푸집 설치상태 ◦콘크리트 라이닝 두께 관리 ◦콘크리트 라이닝 타설 후 균열, 변형상태 	<ul style="list-style-type: none"> ◦시공 전 ◦시공 전 및 직후, ◦시공후 수시 	
정기 관리	슬럼프 시험	콘크리트 슬럼프값	공시체 채취 시 및 타설 중에 품질변화가 인정될 때	KS F 2402
	압축강도시험	콘크리트 압축강도	<ul style="list-style-type: none"> ◦1회/1일, 또는 구조물의 중요도 및 규모에 따라 150㎡마다 1회 ◦배합 변경 때마다 	KS F 2405

3.20 방수공

- (1) 지하수의 유입이 발생할 경우는 뿔어붙임 콘크리트와 콘크리트 라이닝 사이에 방수막을 설치하여 유입수를 차단하여야 한다.
- (2) 방수공에 앞서 뿔어붙임 콘크리트면과 록볼트 두부의 요철은 완만하게 정리하여야 한다.
- (3) 방수공의 방식은 용출수량, 기상조건 및 지하수 영향 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (4) 방수막은 콘크리트 라이닝 시공 완료 시까지 뿔어붙임 콘크리트에 견고하고 밀착되게 부착하여야 하며, 방수막이 불룩하게 늘어지지 않도록 하여야 한다. 단, 부착기구는 방수막 내부로 지하수의 유입을 허용하지 않는 것을 사용하여야 한다.
- (5) 방수막 이음부는 콘크리트를 칠 때의 충격에 견디는 구조 및 방법으로 연결하고 적절한 검사를 하여 접합상태를 확인하여야 한다.
- (6) 시공 관리 기준
 - ① 방수시공시 손상부위가 발생한 경우는 방수막 전체를 교체하며, 부득이한 경우 및 경미한 경우는 방수막 조각을 덧대고 수동접합기로 열융착하여 보수하고 진공검사기로 접합상태를 확인하여야 한다. 이 때 진공시험기의 시험압력은 20kPa 상태를 5분 이상 지속하여야 한다.
 - ② 접합상태 및 이음상태가 불량할 경우는 재시공하여 방수기능이 완전하도록 하여야 한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

겹이음시 방수재가 부직포인 경우에는 겹침폭이 80mm 이상, 그 외의 경우 배수능력이 동등 이상으로 발휘될 수 있는 길이로 하여야 한다.

(7) 방수공은 시공 중 또는 시공 후 표 3.20-1의 사항을 관리하여야 한다

〈표 3.20-1〉 방수공의 시공관리

종별	항 목	관리 내용 및 시험항목	시 험 빈 도
일상 관리	표면처리	◦ 록볼트 두부정리와 뿔어붙임 콘크리트 요철부분 정리 확인	방수공 시공 전
	고정상태	◦ 부직포와 방수막의 고정상태	시공 직후
	이음상태	◦ 공기주입시험에 의해 이음상태 확인	이음 개소 마다
	접합상태	◦ 진공시험기에 의해 접합상태 확인	접합 부위 마다
	손상상태	◦ 방수막 손상여부 확인	수시

3.21 계측관리

3.21.1 계측일반

- (1) 터널공사 중에는 터널굴착으로 인하여 발생하는 굴착면 주변지반, 인접구조물 및 각종 지보재의 변화 등을 측정하여야 한다.
- (2) 계측기기는 성능보존 및 계측결과의 신뢰성 확보를 위하여 적절한 방법과 절차에 따라 유지 관리하여야 한다.

3.21.2 계측계획 수립

- (1) 수급인은 사전조사 및 해석결과를 기초로 하여 터널의 용도, 규모, 지반조건, 주변환경, 시공 방법, 계측의 목적 등을 고려하여 시공에 적합하도록 체계적인 계측계획을 수립하여야 한다.
- (2) 계측항목은 계측의 목적, 터널의 용도, 형태, 지반조건, 지하수 조건, 외부작용하중과 주변환경여건을 고려하여 선정하여야 한다.

3.21.3 계측위치 및 배치간격

- (1) 계측위치 및 배치간격은 터널의 규모, 지반조건, 시공방법 등을 고려하여 계측목적에 부합되도록 선정하여야 한다. 특히 계측위치는 각 계측항목 사이의 상호 관련성을 파악할 수 있도록 선정하여야 한다.
- (2) 계측 축선 간격은 계측분류에 따라 다음과 같게 하여야 한다.
 - ① 일반계측 축선은 20m 간격을 표준으로 하고 지반조건에 따라 증감할 수 있다.
 - ② 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대해서는 계측간격을 표준간격보다 좁혀서 변위의 수렴여부를 확인한다.
 - ③ 정밀계측 축선의 간격은 일반적으로 200 ~ 500m 간격으로 선정하는 것을 표준으로 하지만 터널의 규모나 지반조건 등 각종의 터널상황에 따라 조정할 수 있다.

(3) 계측항목별 분류에 따른 계기배치는 다음과 같게 하여야 한다.

① 내공변위의 측선수는 표 3.21-1를 기준으로 배치한다.

<표 3.21-1> 내공변위측정의 측선 수

구간 굴착공법	일반구간	특 수 구 간			
		터널입구 부근	토피가 터널 굴착폭의 2배 이하	팽압이나 편압이 예상되는 구간	정밀 계측 실시 위치
전단면 굴착	수평 1측선	-	3측선 또는 6측선	-	3측선 또는 6측선
반단면 굴착	수평 2측선	4측선 또는 6측선	4측선 또는 6측선 (주3)	4측선 또는 6측선 (주3)	4측선 또는 6측선
분할굴착	각 벤치마다 수평 1측선	각 벤치마다 3측선	각 벤치마다 3측선 (주2)	각 벤치마다 3측선 (주3)	각 벤치마다 3측선

② 천단침하는 내공변위와 동일단면에서 측정하고 그 측점은 터널의 천단부 중심점에 설치한다. 터널이 전체적으로 침하하는지를 알기 위해서는 천단침하와 더불어 터널의 하단부 침하량을 측정하여야 한다.

③ 지표 침하측정 위치는 터널 중심선상의 바닥표면이며, 터널축에 직각방향으로 여러 개의 계기를 거리별로 설치하여야 한다. 이 때 가장 바깥쪽에는 부동점이 되도록 설치한다. 지중 침하의 경우는 터널 중심선상의 지표면 또는 측정이 요구되는 지점에서 깊이별로 여러 개의 계기를 설치한다.

(4) 정밀계측의 여러 항목 중 계기를 터널 내에 설치할 필요가 있는 항목(지중변위측정, 록볼트 축력측정, 뿔머붙임 콘크리트 응력측정)에 대해서는 1단면마다 3 ~ 5점을 표준으로 하며, 그 배치는 터널의 여러 설계형식에 따라 적정한 위치를 고려하여야 한다.

3.21.4 계측 측정빈도

- (1) 측정빈도는 굴진속도와 지반 및 지보재의 거동상태를 고려하여 결정하여야 하며 계측결과에 따라 적절히 조정하여야 한다.
- (2) 내공변위 및 천단침하의 측정기간은 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.
- (3) 지중변위, 록볼트 축력, 콘크리트 라이닝 응력의 측정빈도는 동일단면에서 측정되는 내공변위, 천단침하의 측정빈도와 동일하게 하며, 변위나 응력변화의 상황에 따라 측정빈도를 증감할 수 있다.

3.21.5 계측기기의 선정

- (1) 터널계측기기는 내구성이 좋고 설치 및 유지관리가 용이하며 계측목적에 맞는 계측범위와 정밀도를 가지고, 또한 기기 특성에 대한 사전검증을 하여야 한다.
- (2) 측정시스템의 구성은 계측항목에 따른 정도와 측정의 편리성, 측정빈도, 경제성 등을 고려하

농업생산기반시설 수로터널 공사

여 최적의 측정시스템으로 구성하여야 한다. 측정시스템으로는 수동측정, 장기기록계를 이용한 측정, 전기식 원격측정, 전자식 원격측정 등을 고려할 수 있다.

3.21.6 계측기기의 설치

- (1) 계측기기의 정상적인 기능발휘를 위해서는 정밀하게 계측기기를 설치하여야 한다.
- (2) 계측기기를 설치할 때는 원활한 기기설치를 위해서 계측시행팀과 수급인, 공사감독자간의 상호공조체제가 구성되어야 한다.
- (3) 터널내부에 설치하는 계측기기는 굴착 직후 또는 지보재 설치 직후에 설치하여야 하며 터널 외부에 설치하는 계측기기는 터널의 굴착 영향이 측정위치에 미타설 전에 설치하여 초기치 측정을 완료하여야 한다.

3.21.7 계측방법

- (1) 갱내 관찰조사에서 굴착을 진행하는 동안 막장관찰도를 작성하고 다음 사항들을 기재하여야 한다. 특히, 지반조건이 악화될 징후가 있는 경우는 즉시 대책을 강구하여야 한다.
 - ① 막장의 붕괴여부 및 붕괴위치, 형태
 - ② 지층분포, 지층의 주향, 경사
 - ③ 주절리, 단층 등의 발달방향과 터널방향과의 관계
 - ④ 고결정도, 풍화 및 변질 정도, 균기 정도
 - ⑤ 절리, 층리 등 불연속면들의 방향, 간격, 틈새, 충전물 유무와 성상
 - ⑥ 기타 필요한 사항
- (2) 내공변위 및 천단침하 측정의 오차는 $\pm 1.0\text{mm}$ 이내이어야 한다.
- (3) 천단침하 측정은 수준측량 또는 레이저 빔으로 하여야 하며, 터널내부는 터널외부에 설치한 수준점을 기준으로 절대높이를 구한다. 수준점은 지표침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 결과의 상호비교가 가능하도록 하여야 한다.
- (4) 지중변위계는 지반에 확실하게 고정하여서 지반변위가 충분히 반영되도록 설치하여야 하며, 측정의 오차는 $\pm 1.0\text{mm}$ 이내이어야 한다.
- (5) 록볼트 축력 측정시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.
 - ① 록볼트의 축력측정은 기계식 또는 전기식의 축력 측정용 록볼트를 사용할 수 있으며 실제의 록볼트 설치위치에 설치하여 록볼트에 발생하는 축력을 측정한다.
 - ② 축력측정용 록볼트는 실제의 록볼트 설치위치에 동일한 방법으로 설치하여 측정하며, 측정단면의 좌우 측벽부 및 천장부를 포함하여 1단면당 3 ~ 5개 설치하고 측정간격은 0.5 ~ 1.0m 이어야 하며 상황에 따라 적절히 조정할 수 있다.
- (6) 록볼트 인발시험 방법은 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - ① 인발시험을 실시할 록볼트는 시험구간 내에서 임의로 선택한다.
 - ② 인발시험은 충분한 정착효과가 얻어진 후에 실시하여야 하며, 인발하중 재하속도는 분당 10kN 내외로 한다.
 - ③ 록볼트 인발시험은 하중증가에 대한 변위도 동시에 측정하여야 한다.

- ④ 록볼트 인발시험 결과는 인발시험 위치도와 함께 ‘하중-변위’ 곡선을 작성하여 정리하여야 한다.
- (7) 뿔어붙임 콘크리트 및 콘크리트 라이닝 응력 측정시 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.
 - ① 뿔어붙임 콘크리트에 발생하는 응력과 배면지반압의 크기 및 그 분포상황을 종합적으로 파악할 수 있도록 측정위치를 선정하여야 한다.
 - ② 콘크리트 라이닝 타설단계에서 터널이 안정상태에 도달하지 않을 염려가 있다고 판단되는 경우는 콘크리트 라이닝의 응력을 측정하여 콘크리트 라이닝의 안정성 여부를 확인하여야 한다.
 - ③ 응력 측정은 타설시에 계기(응력계, 지반압계, 변형계 등)를 매설하여 측정하며 표면에 측정점을 설치하여 변위를 측정하는 방법을 사용할 수 있다.
- (8) 지표 및 지중침하 측정 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 지표침하의 측정은 수준측량으로 하며, 천단침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 결과의 상호비교가 가능하도록 하여야 한다.
 - ② 지중침하는 반드시 지표면 침하측정과 함께 하여야 하며 지표로부터 심도별 침하를 측정한다. 지중침하계는 전기식 또는 기계식을 사용할 수 있다.

3.21.8 계측결과의 정리 및 분석

- (1) 갱내 관찰조사 결과는 다음의 사항들을 포함하여 일정한 자료양식에 정리하여야 한다.
 - ① 지층, 암석분포와 열화상태, 지층의 주향 및 경사
 - ② 암석강도, RQD, 절리간격 및 상태, 지하수 조건
 - ③ 단층의 위치, 주향, 경사, 파쇄상태
 - ④ 터널과 절리구조와의 상관관계
- (2) 기 시공된 구간의 관찰결과는 다음의 사항을 포함하여야 한다.
 - ① 록볼트 : 타설위치, 방향, 설치상태, 변형
 - ② 뿔어붙임 콘크리트 : 두께, 균열, 누수상태
 - ③ 강지보재 : 변형, 좌굴, 지반매입 상태
- (3) 모든 계측결과 기록지에는 사업명, 위치, 터널명, 측정점, 계측항목, 계측위치, 측정일시, 측정자 등을 기록하여야 한다.
- (4) 계측결과는 측정일자, 경과일수, 막장면 이격거리(상반, 하반 구분), 초기치, 금회 측정치, 누계 측정치를 일정한 양식에 계측항목별로 별도로 정리하여야 한다. ‘시간(경과일수)-계측치’와 ‘막장면 이격거리-계측치’를 그래프로 표시하여 계측치의 변화경향을 신속히 파악할 수 있도록 하여야 한다.
- (5) 계측결과의 분석은 지반거동을 이해하고 터널건설에 경험이 풍부한 관련 분야 기술자에 의하여 수행되어야 한다.
- (6) 계측결과는 해당 현장 또는 유사 현장에서 수행한 수치해석 결과, 경험치, 계측결과 및 현장지반조건 등을 참조하여 분석하며, 계측치의 절대 변화량 및 변화 속도 등을 참고하여 안정성을 평가한다.

농업생산기반시설 수로터널 공사

- (7) 계측분석 결과 터널의 안정성에 영향이 있다고 판단되는 경우에는 이에 대한 응급조치를 취하고, 그 원인을 규명하여 항구적인 대책을 강구하여야 한다.
- (8) 계측이 종료되면 계측결과를 정리하여 공사감독자에게 제출하여 확인을 받은 후 다음 작업을 진행하여야 한다.

3.21.9 계측결과의 반영

- (1) 시공 중에 실시되는 현장관찰 및 계측결과는 설계와 시공에 반영되어야 한다. 터널을 포함한 주변지반의 허용변위량 등을 고려하여 변형속도, 허용응력 등의 관리기준치를 설정하고 경우에 따라서 단계별로 주의 수준, 관리치 및 이에 준하는 운영방법을 설정하여야 한다.
- (2) 계측결과는 각종 지반상황과 지보재의 역할 등을 충분히 고려하여 종합적으로 평가하여야 하고 각 계측항목에 대한 일반적인 평가사항은 다음과 같다.
 - ① 막장관찰 및 기 시공구간 관찰 : 지반구분 및 암반분류의 재평가, 지반상황과 지반거동의 상관관계, 시공의 적합성 평가, 향후지반의 상태추정, 안정성 점검
 - ② 지표침하 및 지중변위 평가 : 굴착방법, 시공순서 및 1회 굴착길이, 록볼트 길이 및 간격, 뿔어붙임 콘크리트 두께 및 종류, 강지보재 형상 및 방법, 콘크리트 라이닝 시공 및 변형 여유량, 인버트 필요성과 효과
 - ③ 지표침하 및 지중변위 평가 : 토피가 얇은 경우 위험방지 효과점검, 터널 주변지반의 이완영역 및 지반거동, 록볼트 길이의 타당성, 지중변형 분포
 - ④ 지보재의 평가(록볼트, 뿔어붙임 콘크리트, 강지보재, 콘크리트 라이닝) : 종류와 재료검토, 록볼트의 길이, 위치, 본수, 정착방법의 타당성, 뿔어붙임 콘크리트 두께와 시공시기, 단면 폐합 효과
 - ⑤ 주변영향 평가 : 지표면의 침하 영향범위, 주변구조물의 경사 및 안전성 평가, 지하수 변동 및 영향분석
- (3) 관리기준치는 이론해석 및 수치해석, 혹은 유사조건하의 시공실적을 참고하여 초기 시공실적을 토대로 설정하고 시공 중 수정, 보완하여 사용하여야 한다.
- (4) 설계시의 예측치와 계측결과의 차이가 클 경우, 실제 막장의 관찰결과에 대하여 경험적이고 정량적인 평가를 실시한 후 터널의 안전성에 영향이 있다고 판단될 경우는 이에 대한 적절한 응급조치를 취하여 시공 전 설계의 입력자료를 수정하고 보완하여 설계변경을 하여야 한다. 또한 시공 중 변화된 지반의 강도특성치 등 조건변화를 고려하기 위하여 필요한 별도의 시험을 시행하고 수치해석의 입력자료로서 사용하여야 한다.
- (5) 터널시공이 인접 구조물에 영향을 미칠 가능성이 높은 경우, 특수한 구조의 터널, 산사태나 지반거동의 가능성이 있을 경우, 지하수위와 지질학적인 문제 예상지역에서는 시공 후에도 계측을 하여야 한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	관개배수	김선주	한국농공학회	교수
	농업환경	박종화	한국농공학회	교수
	토질공학	유 찬	한국농공학회	교수
	구조재료	박찬기	한국농공학회	교수
	수자원정보	권형중	한국농공학회	책임연구원

자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용담	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상옥	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박대선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설티브트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희억	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	아주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

전문시방서
KRCCS 67 26 05 : 2018

농업생산기반시설 수로터널 공사

2018년 04월 24일 발행

농림축산식품부

관련단체 한국농어촌공사

58217 전라남도 나주시 그린로 20(빛가람동 358) 한국농어촌공사

☎ 061-338-5114 E-mail : webmaster@ekr.or.kr

<http://www.ekr.or.kr>

(작성기관) 한국농공학회

06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 365-4) 과학기술회관 본관 205호

☎ 02-562-3627 E-mail : j6348h@hanmail.net

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

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

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

※ 이 책의 내용을 무단전재하거나 복제할 경우 저작권법의 규제를 받게 됩니다.