

KCS 67 20 50 : 2018

# 용배수로수로터널공사

2018년 4월 24일 개정  
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE

### 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 KCS 67 20 50 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 시방서는 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 시방서의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제·개정 (년.월)
농업토목공사 표준시방서	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1999년 농업토목공사 표준시방서 제정</li></ul>	제정 (1999. 12)
KCS 67 20 50 : 2018	<ul style="list-style-type: none"><li>• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비</li><li>• 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의. 의결</li></ul>	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 적용 범위 .....	1
1.2 참고 기준 .....	1
1.3 용어의 정의 .....	1
1.4 시공계획 .....	1
1.5 시공측량 .....	1
1.6 지반의 분류 .....	2
2. 자재 .....	2
3. 시공 .....	2
3.1 시공계획 .....	2
3.2 굴진방식 .....	3
3.3 터널의 굴착공 .....	3
3.4 터널 지보공 .....	10
3.5 콘크리트 라이닝공 .....	13
3.6 배수 및 방수공 .....	15
3.7 계측 .....	16
3.8 부대시설 .....	19

# 용배수로 수로터널 공사

## 1. 일반사항

### 1.1 적용 범위

이 장은 수로터널 공사에 적용한다.

### 1.2 참고 기준

·내용 없음

### 1.3 용어의 정의

·내용 없음

### 1.4 시공계획

- (1) 수급인은 공사의 규모, 공사기간, 지형, 지질, 주변환경, 공사용 기계와 제반설비 및 지질조사 결과를 감안한 시공방법과 시공순서 등을 포함한 시공계획서를 작성하고 제출하여, 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받아야 한다.
- (2) 시공계획은 각 공종 간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 계획하고 가능한 한 기계화 시공이 이루어지도록 하여야 한다.
- (3) 시공계획에는 품질, 안전, 환경관리 대책이 포함되어야 한다.
- (4) 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.

### 1.5 시공측량

- (1) 터널의 시공측량은 그 목적에 필요한 정밀도를 확보할 수 있도록 적합하게 시행하여야 하며, 터널 외부측량과 내부측량으로 구분한다.
- (2) 터널 외부에는 터널시공의 기준이 되는 기준점을 설치하여야 하며, 기준점 상호간은 필요한 정밀도를 유지하여야 한다.
- (3) 터널 내부의 측량기준점은 터널 외부에 설치한 기준점으로부터 도입하고, 측량은 필요한 정밀도가 유지 되도록 실시하여야 한다.
- (4) 기준점들은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고 안전하게 보호하여야 한다.
- (5) 터널 굴착시에는 적합한 측량으로 정확한 내공단면 및 선형을 관리하여야 한다.

## 1.6 지반의 분류

- (1) 지반 분류는 조사와 시험으로부터 수집된 제반정보를 종합분석하여 공사목적에 맞도록 한다.
- (2) 암반 분류는 각종자료를 충분히 검토하고 지질 또는 지반공학 전문가의 자문을 얻어 R.M.R(rock mass rating)분류 등 합리적인 분류방법을 적용하여야 한다.
- (3) 암반의 분류 방법은 암질조건, 지하수상태, 절리 등을 고려하여 결정하여야 하며 분류기준은 계획단계에서부터 조사, 설계, 시공, 계측의 전과정에서 일관성 및 객관성을 유지하여야 하므로 설계시 이용한 분류기준을 시공시 특별한 이유 없이 변경하지 않도록 하여야 한다.

## 2. 자재

- 내용 없음

## 3. 시공

### 3.1 시공계획

- (1) 시공계획은 공사규모, 지질조건 및 현장조건 등을 감안하여 기술적, 경제적 관점에서 안전하고 합리적인 계획을 수립토록 한다.
- (2) 터널단면, 길이 및 공기를 바탕으로 원지반조건, 입지조건에 맞추어 안전하고 경제적인 시공법을 정하고 공사를 실시하기 위하여 필요한 기계, 설비에 대한 검토를 한 후에 시공계획을 수립한다. 시공계획의 기본이 되는 사항은 다음과 같다.
  - ① 공정방식
  - ② 굴진방식 및 굴착공법
  - ③ 막장안정을 위한 보조공법의 선정
  - ④ 라이닝 방식 및 라이닝 공법
  - ⑤ 작업갱의 선정
  - ⑥ 공사용 설비 계획
- (3) 공정방식이란 굴착과 라이닝 시공의 순서를 규정하는 것으로 다음과 같이 분류한다. 공정방식의 선정에는 표-7.1의 비교표를 참조한다.
  - ① 분리방식 : 터널의 전 길이(입구, 출구 또는 작업 갱구와 개별로 생각하여도 된다)에 걸쳐 굴착을 완료한 후부터 라이닝을 개시하는 방식
  - ② 병진방식 : 굴착을 어느 정도 진행시킨 후에 라이닝을 병진시키는 방식
  - ③ 교차진행방식 : 굴착과 라이닝을 구간마다 교대로 진행시키는 방식 (인버트 콘크리트를 나중에 연속하여 타설하는 경우도 포함)

## 3.2 굴진방식

터널의 굴진방식은 터널규모, 지질조건 및 공기 등을 종합적으로 검토한 후에 적절히 선정한다.

### 3.2.1 전단면 방식

- (1) 터널의 굴착단면 대부분을 1회의 발파, 또는 다른 방법으로 굴착하는 방식이다.
- (2) 지질이 불량하여 보내기 널, 또는 빗끼움 널을 필요로 하는 터널에서는 동바리의 설치를 위하여 링 컷을 하는 수가 있다.

### 3.2.2 벤치 컷 (bench cut) 방식

상부 반단면을 먼저 굴착하고 하부 반단면의 굴착은 약간 늦게 병진하는 방식이다.

### 3.2.3 도갱선진 방식

터널단면의 일부에 도갱(하부, 상부, 측벽등)을 먼저 굴착하거나 또는 관통시키고 나머지 단면을 굴착하는 방식이다.

### 3.2.4 굴착방식의 선정

뿔어붙임 콘크리트·록 볼트공법에서는 전단면 방식 또는 벤치 컷 방식을 표준으로 한다. 벤치 컷 방식은 지질이 불량한 구간에 채택되는 수가 많으므로 큰 변형을 방지하기 위하여 벤치의 길이는 가능한 한 짧게 하여 조기에 단면을 폐합하는 것이 바람직하다.

## 3.3 터널의 굴착공

- (1) 굴착방법은 지반조건, 환경조건, 터널단면의 크기, 형상, 길이 등을 고려하여 인력발파, 기계 발파 등의 굴착방식 중 가장 적합한 방식을 선정하여야 한다.
- (2) 인력(소형기계)굴착은 주변여건상 발파가 곤란하거나 지반이 연약한 소단면 굴착에 적용한다.
- (3) 연약지반 굴착에 따른 공사비 지불은 지반분류에 의하지 않고 공사감독자(또는 감리원)가 승인한 굴착방법에 따른다.
- (4) 굴착은 될 수 있는 한 암반이 이완되지 않도록 신중히 시공하여야 하며 천정부의 붕락이나 막장의 붕괴가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (5) 기계굴착은 중장비에 의한 굴착으로 소음이나 진동을 억제하여야 한다.
- (6) 발파굴착은 기계굴착이 비능률적이거나 지상 장애물이 없는 양호한 지반 굴착에 적용한다.
- (7) 굴착시 여굴은 될 수 있는 한 적게 발생되도록 하여야 한다. 이를 위하여 토사 터널의 경우 보조공법을 적용할 수 있으며 암반터널의 경우 평활한 굴착면이 얻어지도록 제어발파를 고려할 수 있다.
- (8) 여굴이 발생할 경우는 여굴의 발생상태나 발생원인 등을 조사하여 시공법을 개선하여야 한다.

## 용배수로 수로터널 공사

다. 특히 암반지역은 절리 등에 유의하여 발파공의 위치, 방향 등을 조절하여 여굴이 적게 발생하도록 하여야 한다.

- (9) 굴착시 발생하는 여굴에 대한 굴착지불선 및 여굴량은 설계도서 및 물량내역서에 따른다.

### 3.3.1 기계굴착

- (1) 기계굴착은 지반의 이완을 최소화하고 막장의 안전을 유지하여야 하며 여굴이 적게 발생하도록 하여야 한다.
- (2) 굴착기계는 지반조건, 주위환경, 용출수 유무, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 버력처리 방법 등을 고려하여 선정하고 지반의 특성에 알맞고 경제성이 있는 기종을 선정하도록 하여야 한다.
- (3) T.B.M 굴착은 암반의 강도 및 신선도, 지하수의 영향 검토와 지원되는 부대설비, 장비조합이 맞아야 한다.
- (4) T.B.M 굴착은 기계의 구조, 성능 등을 충분히 검토한 뒤 공사감독자(또는 감리원)에게 시공계획서를 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (5) T.B.M 굴착은 굴착과 동시에 막장과 최단거리에서 1차 지보재를 신속하게 시공하여야 하며 공사감독자(또는 감리원)는 운행이 잘 되는지를 수시로 점검하여야 한다.
- (6) Shield 굴착은 선형, 지질조건, 단면형상, 경제성 등을 충분히 검토한 시공계획서를 공사감독자(또는 감리원)에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (7) 터널구축에 사용되는 주요재료 및 제품은 시험 및 검사를 하여 그 품질, 형상, 치수, 강도 등이 시방과의 적합 여부를 확인한 후 사용하여야 한다.

#### 3.3.1.1 자유단면 굴착기

- (1) 자유단면 굴착기에는 암(arm)굴착기, 백호, 자이언트 브레커(giant breaker) 등이 있다. 암 굴착기는 굴착기 암의 선단에 드럼(drum)이 있어서 암을 이동시키면서 부분 굴착을 하기 때문에 굴진속도는 빠르지 않지만 임의단면의 터널을 굴착할 수 있다. 또한 터널단면을 적절한 단면으로 분할하여 굴착하는 경우 큰 단면에도 적용이 가능하다. 암 굴착기는 주로 연암 또는 미고결의 원지반에 적용되기 때문에 특히 막장의 자립성을 고려하여 단면을 분할해야 하며 1사이클 당 굴진길이와 동바리를 포함한 굴착방식을 정해 시공하는 것이 중요하다.
- (2) 용출수가 있는 원지반에 암 굴착기를 사용하는 경우 지질에 따라서는 바닥이 진창이 되어 통행에 지장이 되고 버력쌓기가 곤란하게 될 뿐 아니라 터널구조상에도 악영향을 준다. 따라서 배수를 원활히 하여 막장에 물이 고이지 않도록 배려하는 동시에 매트나 복공판 등을 사용하는 대책을 강구한다. 또한 원지반이 건조할 때는 분진이 많이 발생하기 때문에 막장에 살수를 한다거나 집진기를 설치하는 등의 대책을 세운다.

#### 3.3.1.2 TBM

- (1) TBM에 의한 굴착은 원지반이 양호한 경우에는 고속 굴진이 가능하나 초기투자가 커지고 단

면형이 한정되며 굴착직경의 변경이 곤란한 것 등의 문제가 있다. 그러나 원형단면 수로터널에서는 TBM의 채택이 비교적 유리하다.

- (2) TBM에 의한 굴착을 선택하였을 때는 능률적이고 경제적으로 작업하기 위하여 암석시험 등의 성과를 충분히 검토한 후에 커터(cutter)의 종류와 배치, 커터 헤드(cutter head)의 회전수 및 추진력 등을 설정한다. 또한 TBM은 굴진속도가 중요하므로 굴진속도에 맞추어 충분한 능력을 갖춘 버력 처리설비를 설치할 필요가 있다. 굴착시 분진의 발생, 막장부근의 기온상승 등에 대한 대책 마련도 필요하다.

### 3.3.2 발파굴착

- (1) 수급인은 굴착준비 단계에서 전문 기술자가 작성한 현지여건에 맞는 발파 패턴을 반드시 제출하여 감독원의 승인을 받아야 한다.
- (2) 암질과 단면형상에 적합한 천공깊이, 천공위치, 화약의 종류와 양, 뇌관형식, 발파순서 등의 현지여건에 맞는 발파계획을 수립하여 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받아야 한다.
- (3) 발파 패턴을 참조하여 시험발파를 실시하고 그 결과에 따라 발파모형도를 작성하여 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받은 후 현지 적용토록 하여야 한다.
- (4) 천공에 앞서 막장의 점검, 뜯돌의 제거, 잔류폭약의 유무확인 및 회수 등의 조치를 취하여 안전을 도모하여야 한다.
- (5) 천공장비는 굴착면적, 굴착폭 및 굴착높이를 확보할 수 있는 장비를 선정하여야 하며 롯트와 비트는 천공기계, 암질 등에 적합한 것을 사용하여야 한다.
- (6) 전기뇌관을 사용할 때는 누설전류의 유무 및 크기를 반드시 측정하여 안전여부를 확인하여야 하며 강우, 천둥, 낙뢰 시는 터널 굴착작업을 중지하여야 한다.
- (7) 화약의 보관, 발파작업 등은 총포화약류 단속법 및 동 시행령에 의거 각종 인허가를 취득한 자격증 소지자에 의하여 작업이 수행되도록 하여야 한다.
- (8) 발파작업은 안전관리자의 통제하에 실시하여야 하며 특히, 터널의 양방향 굴착시에 관통이 가까워질 때는 양방향 동시발파를 하여서는 안된다.
- (9) 발파 후에는 안전관리자의 허락 없이 발파장소에 접근하여서는 안 된다.
- (10) 발파 시 민원이 생기지 않도록 하여야 하며 진동 및 소음은 기존 구조물 등에 피해가 없도록 시행기관이 제시한 발파 진동 허용기준치 이내이어야 한다.
- (11) 발파 영향권내에 마을, 목장 등 지장물이 있거나 연약지반 출현 시는 제어 발파를 실시하며 측정기록을 의무화 하여야 한다.
- (12) 지질상태가 과다 여굴 및 사고 원인이 될 큰 낙반이 예상되는 경우 수급인은 이에 대한 안전 대책과 시공계획서를 공사감독자(또는 감리원)에게 제출하여 승인을 받은 후 실시하여야 한다.
- (13) 시공 중 낙반 등 과다 여굴 발생 시에는 여굴발생 부분을 상세히 기록하고 그 공동 부분을 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받은 적절한 재료로 응급처치 후 뒷채움을 철저히 하여야 한다.
- (14) 뒷채움에 있어서는 공극이 발생되지 않고 터널안정에 영향이 없는 재료를 사용하여야 한다.

### 3.3.2.1 발파계획

- (1) 발파작업의 결과가 버력처리 등의 후속작업 능률이나 주변 원지반의 이완 등에 미치는 영향이 크기 때문에 암질, 단면적, 굴진방식 등을 충분히 검토하여 발파계획을 수립한다.
- (2) 터널을 지상 및 지중 구조물, 주택 등 다른 시설에 접근하여 설치하는 경우에 발파진동이 이들에게 좋지 않은 영향을 미치는 수가 있다. 인가가 가까이 있는 경우는 발파진동 외에 발파음이나 저주파 공기진동이 문제되는 경우도 있다.
- (3) 발파에 의하여 이러한 환경문제가 발생할 우려가 있을 때는 발파계획시 주변환경에 미치는 영향을 조사하여 필요한 대책을 강구한다.

### 3.3.2.2 천공

천공 중에 막장으로부터 원지반의 부분 탈락이나 잔류폭약에 의한 폭발사고 등의 위험을 방지하기 위하여 천공에 앞서 막장의 점검, 뜯 돌의 제거, 잔류폭약의 유무 확인 및 회수 등의 조치를 한다. 천공의 결과는 폭발효과에 크게 영향을 주기 때문에 발파계획을 바탕으로 원지반에 적합한 위치와 방향으로 천공배치를 하고 심도도 일치시키도록 주의를 한다. 만일의 사고를 방지하기 위하여 앞에서 천공한 구멍의 끝을 다시 천공해서는 안 된다. 이상한 용출수나 가스의 분출, 지질의 변화 등은 천공속도, 천공시 배출되는 물의 색과 양 등으로 어느 정도 알 수 있는 경우가 많으므로 천공작업 중에는 이에 주의를 기울여야 한다.

### 3.3.2.3 천공기계

- (1) 일반적으로 발파를 위한 천공에는 착암기가 사용된다. 착암기로는 레그 드릴(leg drill)이나 드리프터(drifter) 등이 있으며 동력으로는 주로 공기압이 사용되고 있다. 레그 드릴은 기동성이 좋으며 작은 단면의 경우에 사용되고 있다. 드리프터를 이동식 차에 탑재하여 동작과 이동을 원격조작하는 점보(jumbo)는 천공능률의 향상에 유용하다. 천공기계의 선택은 암질, 터널 단면의 규모, 형상 및 길이, 굴진방식, 심빼기 방식, 1회 발파 진행길이, 버력쌓기와 운반방법, 공기 등을 고려한다.
- (2) 로드(rod)의 직경, 길이, 재질 및 비트(bit)의 종류, 재질 등에는 각종 조합방법이 있으므로 로드와 비트의 조합은 천공기계, 암질, 천공길이, 천공지름에 적합한 것으로 한다.
- (3) 뿔어붙임 콘크리트 록 볼트공법에서는 발파천공 외에 록 볼트의 천공이 필요하므로 천공기계는 록 볼트의 시공방법도 고려하여 선정한다.

### 3.3.2.4 장약

- (1) 장약에 앞서 천공의 상태를 점검한다. 천공 중에 발생한 뜯돌의 유무를 점검하여 필요하면 사전에 제거하는 등 안전을 확인한다. 특히 용출수가 있는 막장에서는 뜯돌이 발생하거나 천공이 파손되기 쉬우므로 주의한다. 전기뇌관의 폭발을 방지하기 위하여 경보기와 같은 소정의 계기에 의해 누전전류에 대한 안전을 확인하는 동시에 작업복 등에 발생하는 정전기를 방전

시켜야 한다. 또한 낙뢰의 위험이 있는 경우에는 장약작업을 중단한다.

- (2) 장약시 용출수가 있는 막장에서는 내수성의 폭약을, 지열이 높은 막장에서는 내열성의 폭약을, 가연성 가스가 용출하는 막장에서는 소염, 방폭성 폭약 등을 사용한다. 폭약은 소정의 입봉, 장전재료 등을 사용하여 갑작스러운 폭발이나 불발이 생기지 않도록 주의해야 하며 또한 폭발순서가 틀리지 않도록 주의한다.

### 3.3.2.5 발파

- (1) 발파작업의 지휘자는 위험구역, 대피장소 및 경로, 점화장소를 지시하고 발파예고, 점화, 발파 해제 등의 신호 및 경보를 정한다. 또한 미리 점화자를 정하여 위험구역의 경계에 출입금지 표지를 설치하고 감시원을 배치하여 작업원의 대피를 확인한다. 관통이 가까워지면 반대측의 작업에도 유의하여 상호연락을 긴밀히 하고 발파시에는 상대방의 대피를 확인한다.
- (2) 전기뇌관을 사용할 때는 잘못된 결선, 결선누락, 회로단선 등의 유무를 점검하여 이상유무를 확인한다. 발파용 전선은 절연이 완전한 전용선을 사용하고 전선 등 대전의 우려가 있는 것으로부터 완전히 격리하며 점화기에 접하는 말단부는 점화시 이외는 분리시켜 둔다.
- (3) 가연성 가스가 용출하는 막장에서는 가스농도가 폭발 하한치의 30%이하가 되지 않으면 폭발작업을 해서는 안 된다. 발파시에는 비산하는 암석 등에 의하여 기시공 부분이나 갱내 가설물이 손상 당하는 것을 방지해야 한다.
- (4) 발파후 불의의 사고를 방지하기 위하여 전기 발파시는 5분 이상, 도화선 발파시는 15분 이상 경과하지 않으면 막장에 접근해서는 안 된다. 발파후의 막장은 뜯돌이 많아서 위험하므로 지정된 점검자는 막장 주변을 충분히 점검하여 뜯 돌을 제거한다. 또한 점검자는 막장의 불발공, 잔류화약의 유무를 점검하여 필요하면 회수 등의 조치를 한다. 점검 작업중인 경우는 지정된 작업자 이외는 막장의 출입을 금하고 점검자가 안전을 확인한 후가 아니면 후속작업을 개시해서는 안 된다.
- (5) 발파결과가 계획과 다른 경우는 그 원인을 검토하여 다음 발파계획에 반영시킨다.

### 3.3.2.6 폭약과 뇌관

- (1) 폭약
  - ① 발파작업에 사용하는 폭약은 다이너마이트 및 함수폭약이 주체이다. 다이너마이트에는 교질 다이너마이트, 반교질 다이너마이트 등의 종류가 있다.
- (2) 뇌관
  - ① 발파는 뇌관에 의하여 폭약에 충격을 가하여 기폭시키는데 일반적으로 전기발파가 안전하고 작업능률도 양호하므로 많이 사용된다.

### 3.3.3 버력처리

- (1) 버력처리 계획은 지반조건, 주위환경 터널단면의 크기, 연장, 경사, 굴착공법, 굴착방식, 버력의 크기 및 사용장비와 조건 등을 고려하여서 수립하여야 한다.

## 용배수로 수로터널 공사

- (2) 버력처리 기계의 조합은 기계의 처리능력, 작업효율, 공사기간 등을 고려하여 각 기계의 처리능력이 균형을 이루도록 하여야 한다.
- (3) 버력양은 원지반의 용적 증가에 의한 것과 여굴에 의한 증가를 감안하여 산정하고 효율적인 처리 설비를 구비하여야 한다.
- (4) 버력 상차 중에는 해당 작업원 이외에는 출입을 금지하고 운반 중 버력이 떨어지는 일이 없도록 덮개 등을 씌우고 무리한 적재를 하지 않아야 한다.
- (5) 버력처리는 반드시 지정된 장소에 하고 변경을 필요로 할 때는 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받아야 한다.

### 3.3.3.1 버력적재

- (1) 버력적재에 앞서 굴착면의 뜬 돌을 떼어내어 작업 중 압괴, 압편 등의 붕괴방지에 노력한다. 버력적재기계는 압축공기 구동, 전기 구동 및 내연기관 구동의 것이 있으나 일반적으로 압축공기 구동의 로커 쇼벨(rocker shovel)을 사용하는 예가 많다. 수로터널은 일반적으로 단면이 중소규모로서 내연기관 구동식은 부적당한 경우가 많으며 전기 구동식의 경우에도 막장에서 고압이 필요하게 되므로 별로 사용되고 있지 않다. 압축공기 구동식은 착암용의 압축공기를 사용하여 공기 모터를 작동하며 공기변을 조정하여 운전한다.
- (2) 버력적재기는 단면이 허용하는 한 대형의 기계를 사용하는 것이 좋으나 막장의 단면에 의해 제약을 받으므로 수로터널의 경우 버켓용량 0.1 ~ 0.4m<sup>3</sup> 정도의 로커 쇼벨이 널리 사용되고 있다. 규격 결정시에는 후속작업인 운반기계, 예를 들면 트레인 로더(train loader), 체리 픽커(cherry picker), 셔틀 카(shuttle car), 운반차 등의 능력 등도 고려한다.
- (3) 버력적재 효율은 암의 강도, 천공 및 발파의 상태, 버력 채취 폭 등에 따라 다르며 특히 단면이 적은 경우 버력의 비산이 크므로 적재기계의 제원대로 능력을 발휘하기 힘들다. 수로터널의 실적에서는 약 40% 전후의 적재능력을 발휘할 수 있는 것으로 알려지고 있으며 이외에도 적재준비 시간, 비산 버력의 처리 작업능력 등을 고려하여 결정한다.

### 3.3.3.2 버력운반

- (1) 운반방식은 궤도식과 타이어식이 있으나 수로터널에서는 일반적으로 궤도식을 사용한다. 수로터널은 대부분 굴착 단면이 작으므로 단선 궤도가 많이 사용되며 이 경우 500 ~ 600m 정도의 간격으로 교차할 수 있는 피행선이 필요하게 된다. 궤도식의 경우에는 일반적으로 운반차를 다수 연결하여 기관차로 견인한다.
- (2) 버력운반작업을 안전하고 원활히 하기 위하여 항상 운반궤도의 보수관리에 노력하고 궤도의 간격, 통행, 고저, 수준의 이상 유무를 항상 점검한다.

#### ① 운반차

가. 운반차로는 상자형과 사이드 덤프(side dump)형, 그랜비형 트롤리(granbee type trolley), 셔틀 카(shuttle car), 방커 트레인(banker train) 등이 사용된다.

나. 상자형 운반차는 제작비는 저렴하나 버력 운반차 전도 장치를 이용하여 운반차와 같이 회전시켜 사토하게 된다. 그랜비형은 3.0m<sup>3</sup>까지는 인력으로 회전시켜 사토할 수도 있

으며 대형의 경우 호이스트(hoist) 등에 의해서 한쪽을 달아 올려 사토하거나 유압펌프에 의한 전도기에 의해 사토한다.

- 다. 셔틀 카는 길이가 긴 형태의 운반차로서 체인 컨베이어가 장치된 것이다. 로카 쇼벨 등에 의해 적재구에 버력을 쌓아 체인 컨베이어에 의한 운반하여 연속적으로 적재하므로 전체 길이(보통 30m 형이 25m 정도)에 걸쳐서 버력을 적재 운반할 수 있는 운반차이다. 컨베이어의 동력은 압축공기를 이용하는 에어 모터를 사용하는 경우가 많다. 적재용량은 1회 발파의 버력량을 적재할 수 있는 크기로 제작한다. 단점으로는 제작비가 높고 중량이 무겁기 때문에 큰 궤도(30kgf/m)가 사용되어야 하며 곡선이 많으면 사용할 수 없는 점 등이 있으므로 비교 설계를 한다. 특히 셔틀 카의 중량이 무겁기 때문에 탈선이 되지 않도록 궤도 부설에 주의를 한다.
- 라. 사용하는 운반차의 규격, 대수는 터널단면, 버력적재 기계 등을 고려하여 결정하지만 차량의 운행중에도 작업원이 안전하게 보행할 수 있도록 토차와 동바리 또는 토차와 라이닝간에 필요한 간격을 확보할 수 있도록 결정한다. 운반궤도는 갱내 운반차의 고속화에 따라 일반적으로 15 ~ 30kgf/m의 레일을 사용한다.
- 마. 적재 완료한 운반차와 빈 운반차와의 원활한 교차의 성패는 버력처리 작업전체의 능률을 좌우하게 되므로 교차방식의 선정에 신중을 기한다.

## ② 교차방식

- 가. 토차의 교차에는 체리 픽커(cherry picker), 카 패서(car passer), 트레인 로더(train loader), 이동분기기(sliding point, 별명 : california switch) 등이 사용된다.
- 나. 체리 피커는 고정식과 이동식이 있다. 고정식은 체리 피커용 궤도가 필요없으며 H형강 등을 사용하여 굴착한 측벽에 고정하고 호이스트 등을 이용하여 운반차를 들어 올려 교체하는 것이다. 이동식은 체리 피커용 궤도를 부설하여 막장에서 교차시킬 수도 있고 천공용 발판으로도 이용할 수 있으며 보통 단면 직경이 3.0m 이상인 경우 사용된다. 이보다 내경이 작으면 100 ~ 200m 간격으로 고정식 체리 피커를 설치하여 교차시키는 것이 좋다.
- 다. 카 패서에 의한 교차 방식은 슬라이드 궤도를 본선 궤도와 함께 설치하여 빈 운반차를 슬라이드 궤도상으로 옮겨 이동시켜 적재된 운반차의 뒤쪽으로 본선 궤도에 올려놓음으로서 교차하는 방식으로서 이러한 방법을 반복하여 운반차 전체를 교차시킨다.
- 라. 트레인 로더 방식은 막장에서 버력 운반차를 1대씩 교차하지 않고 운반차들을 연결한 채 벨트 컨베이어의 아래에 끌어 넣어 갱구측의 운반차부터 죽재를 시작하여 차례대로 적재하는 방식이다. 제작비가 체리 피커보다 3 ~ 4배 이상 비싸며 터널의 길이가 긴 경우에 경제성이 있다.
- 마. 이동분기기는 조립된 가동식 복선궤도로서 본선 궤도 위에 올려놓고 로커 쇼벨로 끌어 당겨 이동시킨다. 양단부에는 운반차가 오를 수 있게 선단 궤도를 장치한다. 궤도 중간에 사용하는 경우와 막장에서 사용하는 경우가 있으나 수로터널에서는 대부분 단면이 작아 막장에 복선의 궤도 부설을 위한 여유가 없기 때문에 막장에서의 교차용으로는 잘 사용되지 않는다.

## 용배수로 수로터널 공사

### ③ 기관차

가. 기관차는 축전지 기관차와 디젤 기관차가 있다. 최근 배기가스 처리장치의 발달 및 환기설비의 발달에 따라 경비가 싼 디젤 기관차가 사용되기 시작하여 대규모 단면의 터널에서 사용되고 있으나 수로터널은 단면이 작고 비교적 길이가 긴 길기 때문에 배기가스 처리문제로 축전지 기관차가 많이 사용되고 있다.

나. 기관차의 견인력은 운반차의 용량과 터널의 구배를 고려하여 결정한다.

### 3.3.3.3 버력 버림

- (1) 갱내의 버력운반방식은 일반적으로 궤도방식이므로 갱구에서 옮겨실는 수가 있다. 이런 경우 갱구 부근에 버력받이 시설(버력 옮겨실기 시설)을 설치할 필요가 있다.
- (2) 버력받이 시설은 버력운반차 전도 설비와 트랙터 쇼벨(tractor shovel)로서 트럭에 실는 경우가 많다. 또한 버력받이 핀 및 플레이트 피더(plate feeder) 또는 에이프론 피더(apron feeder) 등을 설비하는 수도 있다. 이외에도 작업갱이 사갱 또는 수직갱의 경우 버력운반차를 감아 올리는 장치도 필요하다.

### 3.3.4 터널 내 운반

- (1) 터널 내 운반방식은 지반조건, 환경조건, 터널단면의 크기, 연장, 경사, 굴착공법, 굴착방식, 안전성, 운전효율 등을 고려하여서 가장 적합한 방식을 선정하여야 한다.
- (2) 터널 내 운반기기의 크기는 터널 내를 안전하게 통과할 수 있는 것이어야 하며, 제동장치 및 연결 등의 기능은 항상 정상적인 기능을 갖도록 정비하여야 한다.
- (3) 궤도방법으로 운반하는 경우는 탈선 등의 장애가 발생하지 않도록 궤도의 설치 및 보수를 시행하여야 하고 일반 차량에 의한 경우는 항상 노면을 보수하여 양호한 노면이 유지되도록 하여야 한다.
- (4) 운반작업은 운행관리 규정을 정하고 운전원, 유도원, 기타 관계자에게 안전 운행에 관한 교육을 실시하고 중간 작업장을 통과할 경우는 경고음, 신호등으로 경고하여야 하며 후진 운전인 경우는 반드시 유도원을 배치하여 유도하여야 한다.
- (5) 운반차량에 의한 배기가스가 작업환경에 나쁜 영향을 미치지 않도록 시공 중 환기대책을 강구하여야 하며 긴 터널은 공사감독자(또는 감리원)의 상시 점검이 가능하도록 점검기록부를 설치하여야 한다.

## 3.4 터널 지보공

### 3.4.1 일반사항

- (1) 터널지보공은 강지보재, 뽑어붙임 콘크리트, 철망, 록볼트, 콘크리트 라이닝 등으로 구성되며 필요에 따라 이들을 조합시켜 적합한 방법으로 적절한 시기와 순서에 따라 시공하여야 한다.
- (2) 굴착면 주변 지반은 뽑어붙임 콘크리트, 철망, 록볼트 및 강지보재 등의 조합에 의한 시공으로 안정을 이루도록 하여야 하며 지반 변위가 일정한 값으로 수렴되었다고 판단되는 경우에 콘

크리트 라이닝을 시공하여야 한다.

- (3) 지보공의 시공은 지보공이 기능을 잘 발휘하도록 시공하여야 하며 지반의 이완이나 침하가 발생되지 않도록 굴착 후 곧 바로 설치하여 지반과 밀착 혹은 일체화시켜 지반을 안정시켜야 한다.
- (4) 터널의 지보공은 「건설기술진흥법」에 의하여 「국가기술자격법」에 따른 기술사(관계전문가)에게 구조적 안전성을 확인받아야 한다.

### 3.4.2 자재

#### 3.4.2.1 강지보재

강지보재의 형상은 뽑어붙임 콘크리트와 일체가 될 수 있는 형상이어야 하며 재료로는 구조형 H형강, U형강, 격자지보(lattice girder) 등을 사용할 수 있다.

#### 3.4.2.2 뽑어붙임 콘크리트(Shotcrete)

뽑어붙임 콘크리트의 배합은 시방배합을 원칙으로 하며 조기 및 장기강도, 시공성 등을 고려하여 사용재료의 배합은 현장배합시험 결과에 따라 조절할 수 있다.

#### 3.4.2.3 록볼트(Rockbolt)

록볼트는 통상 구조용 철근이나 강관 혹은 팽창성 강관을 사용할 수 있으며 지반과 일체로 거동하도록 설치하여야 한다.

### 3.4.3 시 공

#### 3.4.3.1 강지보재

- (1) 강지보재는 지반조건, 굴착방법, 굴착단면의 크기 등을 감안하여 신속히 시공할 수 있는 대책을 강구하여야 한다.
  - ① 기초지반은 침하가 생기지 않도록 대책을 강구하여야 한다.
  - ② 아치작용을 충분히 하고 원지반을 튼튼히 지지할 수 있도록 설치하여야 한다.
- (2) 강지보재는 굴착면이나 뽑어붙임 콘크리트에 밀착되어 콘크리트 라이닝의 소요 두께가 확보될 수 있도록 시공오차 및 지반 변형량을 감안하여 제작하여야 한다. 또한 지보재는 상호간 양호하게 연결하여야 한다.
- (3) 강지보재는 소정의 위치에 정확하게 설치하여야 하며 이를 위하여서는 강지보재의 바닥 지지부에 버팀목이나 췌기를 사용할 수 있다. 굴착면이 튀어나와 강지보재의 설치가 불가능할 경우는 튀어나온 부분을 제거한 후 설치하여야 한다.
- (4) 강지보재의 연결부는 후속 연결시공의 시공성을 감안하여 시공하고 필요한 조치를 취하여야 하며 가능한 한 막장에 근접시켜 굴착 후 즉시 설치하여야 한다.
- (5) 기설치된 강지보재는 설치간격, 형상, 상호간의 연결부처리 확인 등에 대한 정기적인 점검을 실시하여야 한다.

### 3.4.3.2 뿔어붙임 콘크리트(Shotcrete)

- (1) 뿔어붙임 콘크리트는 강지보재가 필요치 않은 양질의 암반에 있어서 표면 박리의 탈락방지를 위하여 지보재로서의 뿔어붙임 콘크리트와 영구 구조물로서의 뿔어붙임 콘크리트 라이닝으로 나눌 수 있다.
- (2) 굴착 후 암반의 강도가 크고 굴착면이 신선, 견고, 치밀할 경우 지보재 사용여부는 시행기관과의 협의에 따르며 지보재 사용 시는 가능한 한 뿔어붙임 콘크리트를 주재로 하는 NATM 공법을 적용토록 한다.
- (3) 뿔어붙임 콘크리트는 건식, 습식 또는 섬유보강 중에서 작업환경과 공해, 작업여건에 따라 가장 적합한 방법을 선정하여 공사감독자(또는 감리원)의 승인을 받아야 한다.
- (4) 굴착면이나 이미 타설한 뿔어붙임 콘크리트면에 용출수가 있을 경우는 적절한 용출수 대책을 강구한 후 뿔어붙임 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (5) 뿔어붙임 콘크리트 타설기계는 내압에 대하여 안전하며 또 기계의 특성, 시공조건 등을 검토하여 선정하여야 하고, 소정의 배합재료를 연속하여서 압송할 수 있는 것을 선정하여야 한다. 또한 뿔어붙임 콘크리트 타설기계는 굴착면 인접부까지 접근이 가능하여야 한다.
- (6) 뿔어붙임 콘크리트 타설은 굴착 후 가능한 한 신속히 하여야 하며 기존 뿔어붙임 콘크리트면에 타설하는 경우는 약화된 부분을 제거하고 물로 깨끗이 청소한 후 타설하며 강지보재가 있는 경우는 콘크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의하여서 뿔어붙여야 한다.
- (7) 뿔어붙임 콘크리트를 타설한 후 저온, 건조, 급격한 온도변화 등 해로운 영향을 받지 않도록 보호 또는 양생을 하여야 한다.
- (8) 뿔어붙임 콘크리트의 타설 작업 시에는 철망, 철근, 강지보재 등의 배면에 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며 철망, 철근은 뿔어붙임 콘크리트 타설로 인하여 이동, 진동 등이 생기지 않도록 고정하여야 한다.
- (9) 뿔어붙임 콘크리트 두께가 두꺼운 경우는 적절한 두께로 여러 층으로 나누어 타설하고 뿔어붙임 콘크리트가 지반과 밀착됨과 동시에 뿔어붙임 콘크리트 각 층 상호간에도 밀착되어야 하며 반발된 뿔어붙임 콘크리트가 혼합되지 않도록 주의하여서 시공하여야 한다. 특히, 상반 작업시 바닥에 떨어진 반발된 콘크리트는 모두 제거하여야 한다.
- (10) 뿔어붙임 콘크리트 타설 작업원은 골재의 반발이나 분진의 위해가 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 하며 건식의 뿔어붙임 콘크리트 작업장은 필요에 따라 분진처리를 하여야 한다.

### 3.4.3.3 록볼트(Rock bolt)

- (1) 록볼트는 굴착 후 가능한 한 조기에 설치하는 것을 원칙으로 하며 막장면에 근접하여 시공하고 절리의 발달상태에 대응하여 시공하는 것이 바람직하다.
- (2) 록볼트 천공은 소정의 위치, 지름, 깊이를 확보하도록 하고 원칙적으로 굴착면에 직각으로 천공하고 주절리면이 파악되는 경우 절리면에 직각으로 천공하여야 한다.
- (3) 록볼트 구멍은 삽입 전에 돌가루 등이 남지 않도록 청소하여야 하며 록볼트는 삽입 전에 유해

한 녹 기타의 이물질이 부착되지 않도록 하여야 한다.

- (4) 록볼트의 조이기는 록볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위 내에서 충분한 힘으로 조여야 하고, 프리스트레스 록볼트는 조이기를 실시한 후 1일 정도 후에 다시 조여야 하며 또 그 이후에도 정기적으로 점검하여 이완되어 있는 경우는 다시 조여야 한다.
- (5) 록볼트의 정착재료는 유동성 및 접착성이 우수하고 조강성을 가지며 장기안정성이 있는 것이어야 한다.
- (6) 용출수가 있는 경우 원칙적으로 용출수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 하며 용출수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우 급결제 등을 사용하거나 팽창성 강관 록볼트를 사용하는 것이 바람직하다.
- (7) 록볼트는 그 기능과 지반조건을 고려하여 시공하고 소정의 정착력이 얻어지도록 시공관리하여야 한다.

## 3.5 콘크리트 라이닝공

### 3.5.1 일반사항

#### 3.5.1.1 거푸집

- (1) 거푸집의 구조는 1회마다의 타설량, 타설길이, 타설속도 등을 고려하여 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견딜 수 있는 것이어야 한다.
- (2) 이동식 거푸집은 이동성이 좋고 견고한 구조가 되도록 설계하고 제작하여야 하며 콘크리트 투입 및 타설상태 확인, 안전조치 등을 원활히 수행할 수 있도록 필요한 작업구를 두어야 한다.
- (3) 조립식 거푸집은 조립과 해체가 용이한 구조를 하여야 하며 강제패널 합판 및 지지목재 등은 걸림턱을 충분히 확보하여 콘크리트 타설 중 구조적인 문제점을 유발하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 거푸집의 설치는 측량을 실시하여 정확한 위치에 설치하여야 하며 조립, 설치가 완료된 거푸집은 콘크리트 타설에 앞서 공사감독자(또는 감리원)의 검사를 받아야 한다.
- (5) 거푸집은 타설한 콘크리트가 필요한 강도에 달할 때까지 해체하여서는 안 되며 거푸집을 떼어낼 때 콘크리트가 부착되지 않도록 사전에 적절한 조치를 취하여야 하며 거푸집은 해체 후 곧바로 청소와 손질을 하여야 한다.
- (6) 측면판은 콘크리트의 압력에 견디는 구조로 하여 콘크리트가 새어나가지 않도록 굴착단면에 밀착시켜야 하며 틈새가 없도록 하여야 한다.

#### 3.5.1.2 철근 조립

- (1) 철근의 조립은 스페이서를 사용하여서 철근의 피복을 정확하게 하여야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝을 철근으로 보강하여야 할 경우는 보강 목적에 부합되어야 하며 콘크리트타설 전 공사감독자(또는 감리원)의 검사를 받아야 한다.

### 3.5.2 자재

#### 3.5.2.1 콘크리트 라이닝(Concrete lining)

- (1) 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 하여 사용재료, 타설방법 등을 고려하여서 결정하여야 한다.
- (2) 배치 플랜트 배합 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물질의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 하며 원칙적으로 교반기가 부착된 운반차를 사용하여야 한다.
- (3) 콘크리트 펌프의 기종은 콘크리트의 종류, 품질, 환경을 포함한 배관조건, 치기장소, 1회치기량, 치기속도 등을 고려하여 선정하여야 한다.

#### 3.5.2.2 그라우팅(Grouting)

주입 파이프의 재료는 KS D 3507(배관용 탄소강관) 규격에 적합한 것이어야 하고 주입재는 일반적으로 기포제 및 모래를 혼합한 시멘트 페이스트를 사용하며 표준배합은 공사시방서에 따른다.

### 3.5.3 시 공

#### 3.5.3.1 콘크리트 라이닝(Concrete lining)

- (1) 배합된 콘크리트는 비빈 후 가능한 한 빨리 타설하여야 하며 충분히 다져야 한다. 비빈 후 타설이 완료될 때까지의 시간은 외기 온도가 25℃ 이상일 경우는 1.5시간, 저온이고, 습윤 상태일 때는 2시간을 초과하여서는 안 된다.
- (2) 인버트 콘크리트를 타설하기 전에는 굴착면 또는 뿔어붙임 콘크리트면을 청결히 하고 배수를 충분히 하여야 하며 콘크리트의 건조 수축으로 인한 균열을 방지하기 위해 적절한 간격으로 시공이음부를 두어야 한다.
- (3) 콘크리트 타설 시에는 재료분리가 발생하지 않도록 하여 구석구석까지 골고루 채우며, 2단치기 콘크리트를 치는 경우에는 밑층의 콘크리트가 굳기전에 윗층의 콘크리트를 쳐야 한다.
- (4) 건조 수축에 의한 균열이 발생하지 않을 길이로서 정해진 1구획의 콘크리트는 연속하여 타설하여야 하며 재료분리가 일어나지 않는 타설속도를 유지하여야 한다.
- (5) 콘크리트 타설은 좌우대칭이 되도록 하여 거푸집에 편압이 발생되지 않도록 하여야 하며 바이브레이터 등을 이용하여 다짐을 하고 적절한 온도로 양생하여야 한다.
- (6) 콘크리트의 다지기에는 내부 진동기를 쓰는 것을 원칙으로 하되, 내부 진동기의 사용이 어려울 때는 공사감독자(또는 감리원)의 검증을 받은 외부 진동기를 사용할 수 있다.
- (7) 여굴 발생에 따르는 콘크리트 지불선 및 콘크리트 물량은 설계도서 및 물량내역서에 따른다.

#### 3.5.3.2 그라우팅(Grouting)

- (1) 그라우팅은 원지반 또는 뿔어붙임 콘크리트 배면과 콘크리트 라이닝 사이의 공극을 메우고, 암의 단층, 파쇄대나 연약지반을 보강하고 누수방지 등을 위하여 시행한다.
- (2) 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물을 제거하여야 한다.
- (3) 주입은 콘크리트 라이닝 시공 후 콘크리트 라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 달한 후

- 되도록이면 조기에 실시하여야 한다.
- (4) 주입에 있어서는 원지반에 악영향을 주지 않고 또한 기시공된 콘크리트 라이닝에 편압이나 과다하중이 걸리지 않도록 하여야 하며 기설 배수공을 막지 않도록 주의하고 소정의 압력에 달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.
  - (5) 주입작업이 완료된 주입공은 마개로 막아야 한다.
  - (6) 주입종료의 확인은 주입압력, 주입량 등에 의하며 이들만으로 확인이 어려운 경우는 보링 등으로 주입결과를 조사하여 공사감독자(또는 감리원)의 지시에 따라야 한다.
  - (7) 연약지반 보강을 위한 그라우팅은 지반조사를 근거로 주입재, 주입범위, 주입방법을 결정하고 대책을 강구하여 주입재로 인하여 환경오염이 되지 않도록 한다.

## 3.6 배수 및 방수공

### 3.6.1 일반사항

- (1) 굴착공사 초기부터 지하수유입에 대비하여 충분한 배수설비를 계획하고 배수불량에 따른 지반 이완이나 작업환경이 나빠지지 않도록 조치하여야 한다.
- (2) 터널공사 중 또는 완공 후의 용수 및 배수처리를 위한 유공관, 맹암거를 설치하고 콘크리트 라이닝의 누수를 방지하기 위하여 뿔어붙임 콘크리트의 완성면과 콘크리트 라이닝 사이에 배수 및 방수시설을 설치한다. 또한 개착 터널 구간은 콘크리트 라이닝 외측면에 배수 및 방수 시설을 한다.
- (3) 방수재의 사용목적은 콘크리트 라이닝을 모든 침투수로부터 보호하고 침투수가 터널 내부로 유입되지 않도록 하기 위하여 뿔어붙임 콘크리트와 콘크리트 라이닝 사이에 설치한다.
- (4) 콘크리트 라이닝에 작용하는 수압을 완전히 해소시킬 수 있도록 충분한 배수시설을 갖추어야 한다.

### 3.6.2 자재

- (1) 방수재료는 내구성, 인성 및 유연성이 풍부하고 콘크리트 라이닝 시공에 의해 파손되지 않아야 한다.
- (2) 방수막이 손상되거나 봉합이 불량하여 라이닝 타설 후 누수발생이 확인된 경우에는 시정보완이 어려우므로 사전에 손상부위에 새로운 방수막을 덧붙여 용융접합을 하는 등 대책 수립을 잘 하여야 한다.

### 3.6.3 시 공

#### 3.6.3.1 배수시설

- (1) 터널공사에 유입된 지하수를 처리하지 않을 경우 지반의 연약화 및 터널 내 작업환경을 현저히 저하시킬 수 있으므로 시공중 2% 정도의 경사를 유지시켜 자연배수가 되도록 하며 자연배수가 되지 않는 부위는 펌프 등을 이용하여 배수시켜야 한다.
- (2) 유공관, 맹암거 및 콘크리트 배수로는 영구 구조물로서 충분한 통수능력을 확보하여 원활한

## 용배수로 수로터널 공사

배수가 되도록 설치하여야 한다.

- (3) 유공관과 연결되는 배수구는 유지관리가 용이하도록 일정한 간격으로 집수구 등의 시설을 설치하여야 한다.

### 3.6.3.2 방수시설

- (1) 지하수의 유입이 발생할 경우는 뿔어붙임 콘크리트와 콘크리트 라이닝 사이에 방수막을 설치하여 유입수를 차단하여야 한다.
- (2) 방수공에 앞서 뿔어붙임 콘크리트면과 록볼트 두부의 요철(凹凸)을 완만하게 정리하여야 한다.
- (3) 방수막은 뿔어붙임 콘크리트의 면에 밀착하여 부착시켜 콘크리트 라이닝 시공 완료 시까지 불룩하게 늘어지지 않도록 하여야 한다.
- (4) 방수막 이음부는 콘크리트 타설 시의 충격에 견디는 구조 및 방법에 의하여 연결하고 공기시험(air test)이나 진공시험(vacuum test)과 같은 봉합검사를 시행하여 접합상태를 확인하여야 한다.

## 3.7 계측

- (1) 계측은 시공의 안전성을 확인하고 조기에 자료를 수집하여 시공에 반영하여 경제적이고 안전한 시공이 될 수 있도록 실시하여야 한다.
- (2) 설계도면 및 공사시방서에 표기된 계측기기를 구비하고 공사감독자(또는 감리원) 입회 하에 전문 기술자에 의해 지정된 위치에 각 기기별 설치지침서에 따라서 정확하게 설치하여야 한다.
- (3) 계측은 일상적인 시공관리를 위한 일상계측과 지반거동의 정밀분석을 위한 정밀계측으로 분류하며 계측항목별 평가.
  - ① 일상계측 : 일상적인 시공관리상 반드시 실시하여야 할 항목으로서, 터널 내·외 관찰조사, 내공변위 측정, 천단침하 측정, 록볼트 인발시험 등이 이에 포함된다.
  - ② 정밀계측 : 지반조건에 따라 일상계측에 추가하여 선정하는 항목으로서, 지중변위 측정, 록볼트 축력 측정, 콘크리트 라이닝 응력 측정, 지표·지중침하 측정 등이 이에 포함된다.

### 3.7.1 관찰·계측의 일반사항

- (1) 공사의 안전성과 설계의 타당성을 확인하기 위하여 굴착에 의한 터널 주변의 원지반 거동과 각 지보공 부재의 효과를 바르게 파악하는 것이 중요하다. 그러나 사전에 얻은 원지반의 정보에는 한계가 있으므로 설계단계에서는 원지반을 추정하여 설계를 한다. 수치해석을 이용하여 설계하는 경우에도 원지반이나 뿔어붙임 콘크리트, 록 볼트 등의 지보공 부재의 효과에 대하여 불명확한 점이 있다. 그러므로 시공중의 관찰, 계측에 의해 실제 주변 원지반의 거동이나 지보공 부재의 효과를 바르게 파악하여 이를 근거로 설계·시공법의 수정을 한다.
- (2) 공사의 안전성 확인은 터널 자체의 구조물로서의 안전성을 확인하는 것 뿐 아니라 토피가 작

은 터널을 시공하는 경우 지표까지 이완될 우려가 있으므로 터널굴착이 주변의 구조물에 끼치는 영향을 파악하는 것도 필요하다. 널판공법에서는 일반적으로 동바리나 널판 및 라이닝의 변위를 관찰하는 정도지만 뿔어붙임 콘크리트. 록 볼트 공법의 경우는 원지반 자체가 갖고 있는 지지기능을 충분히 활용하기 위하여 관찰. 계측이 보다 중요시된다.

### 3.7.2 관찰·계측항목의 선정

관찰. 계측항목은 원지반의 조건에 따라 굴착시에 생기는 현상을 예측하여 대책을 세우기 위하여 필요한 것을 선정한다. 작은 단면의 터널에서는 굴착 직후의 원지반 거동이 중요하므로 갱내 관찰조사와 내공변위 측정을 하지만 파쇄대와 같이 원지반의 조건이 나쁜 경우에는 록 볼트의 축력 측정도 필요하게 된다.

### 3.7.3 관찰

관찰은 막장에서 지질의 관찰, 기 시공구간에서 동바리. 라이닝의 점검, 터널 상부의 지표관찰로 분류할 수 있다.

#### 3.7.3.1 막장관찰

- (1) 시공중에는 원칙적으로 굴착에 의하여 막장이 새로 나타날 때마다 지질상황의 변화를 확인하여 설계. 시공의 타당성을 판단한다. 특히 용출수가 시공에 미치는 영향은 크기 때문에 용출수량이나 위치 변화에 유의한다.
  - ① 지질구조 : 암석의 관찰, 지층과 절리의 방향, 경사
  - ② 원지반의 분류 : 풍화. 변질의 정도, 단단한 정도, 갈라진 틈의 방향. 간격. 층사이의 물질의 유무와 성질
  - ③ 단 층 : 위치와 방향. 경사, 파쇄의 정도
  - ④ 용출수 : 위치와 양, 탁도
  - ⑤ 막장의 자립성 : 압편. 압괴의 박락, 붕락 등
- (2) 또한 막장에서 암반의 물성을 보다 정확하게 파악하기 위한 간이 시험으로서 간이 탄성과 측정, 점하중시험, 슈미트 록 햄머(schmidt rock hammer) 시험 등이 있다.

#### 3.7.3.2 기 시공구간의 점검

- (1) 기 시공구간에 대해서는 아래와 같은 사항을 점검하고 주의 깊게 관찰한다.
  - ① 뿔어붙임 콘크리트
    - 가. 원지반과의 부착
    - 나. 균열(발생위치, 종류, 폭, 길이 등)
    - 다. 용출수장소와 상태, 용출수량
  - ② 록 볼트
    - 가. 타설위치, 방향

## 용배수로 수로터널 공사

- 나. 록 볼트, 지압판의 이완
- 다. 베어링 플레이트의 원지반으로 침몰
- 라. 머리부의 파단
- ③ 강제 동바리
  - 가. 변형, 좌굴위치, 상황
  - 나. 뿔어붙임 콘크리트와의 일체화 상황
  - 다. 직선부의 침하
- ④ 콘크리트 라이닝
  - 가. 균열(발생위치, 종류, 폭, 길이 등)
  - 나. 용출수장소와 상태, 용출수량
  - 다. 변위가 인지된 경우에는 변위의 위치, 종류, 규모, 기구 등을 기록하고, 필요에 따라 위치도, 스케치 등을 작성

### 3.7.3.3 지표의 관찰

계곡부 등 토피가 작은 터널의 시공시에는 굴착에 의한 영향이 지표까지 미쳐서 지표침하나 지하수의 고갈 등이 발생할 수도 있으므로 터널상부의 지표상황도 관찰 조사한다. 공사에 의한 영향을 정확히 파악하기 위하여 시공 전부터 영향이 미칠 것으로 생각되는 범위에 대해서 충분한 조사를 해 두는 것이 바람직하다.

## 3.7.4 내공변위의 측정

### 3.7.4.1 계측위치

내공변위와 막장의 상황 변화를 가능한 한 빨리 파악하는 것이 그 후의 합리적인 시공으로 이어지기 때문에 시공의 초기단계에서는 계측단면을 조밀하게 설치한다. 내공변위 측정은 일반적으로 30 ~ 50m 정도의 간격으로 한다. 어느 정도 상관관계가 파악되고 지질이 양호하여 변화하지 않는 경우에는 갱내 관찰조사를 주로 하고 단면을 적게 할 수 있다. 그러나 지질이 나쁜 경우에는 조밀하게 설치한다.

### 3.7.4.2 측정빈도

일반적으로 변위나 응력변화의 비율은 굴착 직후에는 크지만 시간이 경과하고 막장이 멀어짐에 따라 감소해 가는 경향이 있으므로 막장에 가까운 지점에서의 측정은 초기단계에서 조밀하게 측정빈도를 정한다. 작은 단면의 터널에서는 굴착직후의 거동이 중요하므로 적어도 굴착후 1일간은 1회 굴진마다 측정하는 것이 바람직하다. 변위가 안정되어감에 따라, 또한 막장에서 멀어짐에 따라 점차 감소시킨다. 변위속도 등이 변화한 경우에는 측정빈도를 조밀하게 한다. 초기 값은 이후 측정치의 기준이 되므로 막장으로부터 가까운 위치에서 조기에 측정한다.

## 3.7.5 관찰·계측결과의 정리

- (1) 터널의 굴착에 따른 주변 원지반과 지보공 등의 거동을 나타내는 관찰 및 계측 결과는 정확히 파악할 수 있게 그림, 표 등에 알기 쉽도록 정리한다. 막장부근은 역학적으로 불안정하여 원지반의 거동이 뚜렷하며 작은 단면의 터널에서는 막장부근에서의 판단이 보다 중요하므로 이에 대응할 수 있도록 관찰.계측결과를 속히 정리한다.
- (2) 결과의 정리는 지형.지질의 특기사항, 지보공의 시공시기, 시공상황 등 계측항목 이외의 유의사항을 병기하여 상호의 관련과 대비하기 쉽도록 정리하고 종합적, 객관적인 평가를 용이하게 할 수 있도록 한다.

### 3.7.6 관찰·계측결과의 설계·시공 반영

관찰.계측결과를 설계.시공에 반영시키는 목적은 시공의 안전성을 확인하여 경제적인 터널을 건설하는데 있다.

#### 3.7.6.1 막장관찰

막장관찰은 실제의 원지반 상태가 설계시에 계획한 원지반의 분류와 일치되는지를 판단하고 일치하지 않는 경우에는 실제의 원지반에 적합한 터널형의 지보공으로 신속히 변경한다. 또한 막장이 안정되지 못하고 용출수가 많은 등의 거동을 나타낼 때는 대책을 강구한다.

#### 3.7.6.2 내공변위의 측정

내공변위 측정결과의 평가는 변위량, 변위속도, 변위가속도 관리기준을 설정하고, 그 범위내에서 거동이 안정하는지의 여부를 판단한다. 관리기준으로서의 수치는 각 현장의 상황에 따라 일정하게 정해지는 것이 아니므로 공사초기 단계나 작업갱에서 충분히 관찰.계측을 하여 적절한 값을 정한다.

## 3.8 부대시설

### 3.8.1 일반사항

#### 3.8.1.1 조명

- (1) 작업장소와 통로에는 적절한 조명설비를 설치하여야 하며 막장 또는 작업장소는 70룩스 이상, 그리고 통로 전역에 걸쳐서 조도 50룩스 이하인 곳이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (2) 가능한 한 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 하여야 하며 작업중 분진이나 매연 등으로 인하여 조도가 떨어질 경우에 대비하여야 하고 위험한 장소에는 경계 표시등을 설치하여야 한다.
- (3) 비상시에 필요한 조도를 확보할 수 있도록 예비 전력을 설치하여야 하며 조명기구는 파손되지 않도록 하기 위하여 조명에 지장을 받지 않는 철망으로 보호하여야 한다.

#### 3.8.1.2 환기

## 용배수로 수로터널 공사

- (1) 발파 후의 가스, 분진 및 내연기관의 배기가스를 터널 외부로 배출하기 위한 터널 내 환기는 자연환기를 기대할 수 없는 곳에서는 기계환기를 하여야 하며 기계 환기방 식에는 송기식, 배기식 및 이를 조합하는 방법을 적용할 수 있다.
- (2) 지반에서 가스가 나오는 경우는 산소 결핍 등에 주의하고 필요한 경우는 환기와 급기 등을 실시하며 계측기 설치 등 필요한 조치를 강구하여야 하고 안전관리자나 공사감독자(또는 감리원)의 지시에 따라야 한다.
- (3) 폭약 및 장비로부터 배출되는 유해가스 발생량 산정은 폭약이나 장비 제조업체에서 제품의 제원으로 제시하는 기준치를 근거로 하여 산정하고 유해가스의 규제 목표 농도는 근로 환경 관계법규에 제정된 기준치를 따른다.
- (4) 먼지의 발생이 최소가 되도록 모든 여건을 개선하여야 하며 터널내 작업원은 방진 마스크를 사용케 하여 먼지로 인한 인체에의 영향을 최소화 되도록 조치하여야 한다. 또한 적절한 온습도 조절이 가능하도록 하여 쾌적한 작업환경을 유지하도록 노력하여야 한다.

### 3.8.1.3 시공중 환경보존

- (1) 시공 중 소음, 진동 지반 및 구조물 등의 변형, 대기 및 수질오염, 운반작업에 의한 교통장애 등 환경에 미치는 영향을 최대한 억제하여야 한다.
- (2) 모든 작업원에게 환경보존의식을 고취시킬 수 있는 교육을 정기적으로 수행하여야 한다.
- (3) 기계소음이 심한 곳에는 방음 피복과 방음벽을 설치하고 발파시간의 제한, 제어발파(smooth blasting)와 같은 특수한 발파방식의 적용 등으로 소음발생을 규제하고, 차량의 운행시간 등을 제한하여 소음과 진동 피해를 최소화 하여야 한다.
- (4) 지하수원 고갈에 대한 대책을 수립하며 오염된 배수에 관하여는 침전조를 설치하고 정화하여 방류하여야 한다.
- (5) 소음, 진동, 대기 및 수질오염 방지 등 환경보존을 위한 대책 수립은 공사 착공 전 공사감독자(또는 감리원)와 협의하여야 한다.

## 3.8.2 시 공

### 3.8.2.1 안전시설

터널시공에서는 시공의 안전과 작업원의 건강관리 등을 위하여 안전시설을 갖추어야 한다. 갱외의 보안시설은 지상공사와 다른 점이 없으므로 갱내의 안전시설에 대해서만 기술한다.

### 3.8.2.2 조명시설

갱내조명은 직접 작업하는 막장 및 라이닝 콘크리트 타설장소와 차량의 통행에 사용되는 구간으로 구분된다. 전자에서는 작업의 안전과 작업환경을 양호하게 하여 작업능률의 향상을 꾀하기 위하여 투광기를 사용한다. 후자에서는 차량사고의 방지와 동바리의 변위 관찰 등을 위하여 필요한 조도를 얻을 수 있도록 백열등 또는 형광등을 설치한다.

### 3.8.2.3 환기시설

- (1) 굴착작업에 따른 발파 후의 가스 및 분진, 디젤기관의 배기가스, 작업자의 호흡 또는 자연발생하는 유해가스에 의한 오염이나 시계의 제한에 대해 안전하고 위생적인 환경을 확보하기 위하여 적절한 환기를 한다.
- (2) 환기대상이 되는 주된 항목은 다음과 같이 분류한다.
  - ① 메탄( $\text{CH}_4$ ) 등의 자연발생에 의한 가연성가스
  - ② 유화수소( $\text{H}_2\text{S}$ ), 아황산가스( $\text{SO}_2$ ) 등의 자연발생에 의한 유독가스
  - ③ 디젤기관의 배기가스와 발파가스에 의한 일산화탄소( $\text{CO}$ ), 질소산화물( $\text{NOX}$ ), 매연 등
  - ④ 주로 작업자의 호흡에 의한 탄산가스( $\text{CO}_2$ )
  - ⑤ 뿜어붙임 콘크리트, 굴착작업 등에 의한 분진
  - ⑥ 산소결핍 공기
- (3) 또한 가스의 발생상태에 대해서는 항상 주의하여 적절한 관리를 하고 정기적으로 농도를 측정하여 기록해 둔다.
- (4) 굴진방식과 환기계획의 관계
  - ① 도갱선진방식으로 굴착하는 경우
 

가. 도갱선진 방식에서는 선진도갱부의 환기관이 전단면 굴착부 부분에서 중단되기 때문에 이 부분의 환경을 가능한 한 개선하는 것이 필요하다. 도갱단면은 송풍관의 공간을 고려하여 계획한다.
  - ② 전단면방식 또는 벤치 컷 방식으로 굴착하는 경우
 

가. 전단면방식 및 벤치 컷 방식에서는 굴착작업이 막장에 집중되기 때문에 환기도 막장 부근을 집중적으로 계획한다. 또한 라이닝 병행의 경우는 중간에 거푸집이 존재하므로 환기효율을 떨어뜨리지 않도록 계획한다.
  - ③ 기타
 

가. 작업갱으로서 횡갱, 사갱 혹은 수직갱을 설치하는 경우는 통풍관의 공간을 고려하여 단면을 계획한다.
- (5) 환기량의 산출
  - ① 발파후 가스에 대한 소요 환기량
 

가. 발파후 가스에 대한 소요 환기량(Q)은 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{k \cdot P \cdot W}{a \cdot t} \quad (3.8-1)$$

여기서,  $Q$ : 소요환기량 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$P$ : 표준 발생치 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$W$ : 1회 발파당 폭약사용량 ( $\text{kg}$ )

$a$ : 허용농도( $\text{ppm}$ )

$t$ : 소요환기시간 (=발파대피시간) ( $\text{min}$ )

$k$ : 환기계수 ( $k=0.4/R$ )

$R$ : 송기식은 1, 송배기 병용식은 0.7

## 용배수로 수로터널 공사

허용농도  $\alpha$ 는 일산화탄소(CO)는 50ppm, 일산화질소(NO)는 25ppm을 기준으로 한다.

나. 디젤기관을 사용하는 경우 소요 환기량

(가) 디젤기관에서 배출되는 배기가스는 일산화탄소(CO), 질소산화물(NO<sub>x</sub>)등이 있다. 일산화탄소의 정화장치는 발달되어 있으나 질소산화물의 정화대책은 아직 실용화되어 있지 않다. 그러므로 배기가스 중의 농도는 질소산화물이 높고 허용농도도 질소산화물이 낮아 환기대상을 질소산화물로 한다. 질소산화물의 허용농도는 이산화질소(NO<sub>2</sub>)가 질소산화물에 차지하고 있는 비율이 10% 이하로 추정되므로 질소산화물은 전부 일산화질소(NO)로 간주하고 25ppm으로 한다.

다. 호흡으로 인한 오염에 대한 소요 환기량

(가) 작업자의 호흡에 의한 오염대상은 탄산가스(CO<sub>2</sub>)로서 소요 환기량은 1인당 최저 3m<sup>3</sup>/min이다.

라. 오염원이 중복되는 경우의 소요 환기량

(가) 갱내의 주된 공기오염원은 발파후의 가스, 디젤기관차의 배기가스 및 작업원의 호흡 등으로 막장에서 발파와 디젤기관차가 중복되는 일은 거의 없기 때문에 자연발생 가스 또는 산소부족 등의 우려가 없는 갱내에서 오염원이 중복되는 경우의 소요 환기량은 ①, ②에서 구한 소요 환기량 중 최대 값에 ③에서 구한 값을 가산하여 구한다.

(나) 원지반에서 자연발생하는 유해가스, 뿜어붙임 콘크리트의 시공에 따른 분진 혹은 높은 온도도 필요에 따라 고려한다. 디젤기관을 사용하는 경우의 소요 환기량 각각의 기계 가동률을 고려하여 구하여도 좋다.

### (6) 팬 및 송풍관

#### ① 새는 바람

가. 송풍관으로 송풍하는 경우 파손이나 이음매의 불량 등으로 새는 바람은 피할 수가 없다. 새는 바람의 비율은 송풍관의 설치방법 등에 따라 각기 다르다. 송풍관의 100m당 새는 바람의 목표치는 다음과 같다.

(가) 경질관 (스파이럴(spiral)강관 등) : 1.5%

(나) 연질관 (비닐송풍관 등) : 1.5 ~ 4%

#### ② 팬의 풍량

가. 새는 바람이 있는 경우 팬의 풍량은 다음 식으로 구한다.

$$Q_F = Q_a / (1 - m) = Q_a / (1 - \beta L / 100) \quad (3.8-2)$$

여기서,  $Q_F$ : 팬의 풍량 (m<sup>3</sup>/min)

$Q_a$ : 소요 환기량 (m<sup>3</sup>/min)

$m$ : 송풍관 전체의 새는 바람의 율

$\beta$ : 송풍관의 100m당 새는 바람의 율

$L$ : 송풍관의 연장거리 (m)

③ 팬 동력 및 송풍관

가. 팬 동력 및 송풍관의 규모는 다음 식으로 구한다. 송풍관에 곡선부, 확대, 축소부가 있는 경우에는 이들도 고려한다.

$$v = \frac{Q_F}{60a} = \frac{Q_F}{15\pi \cdot D} \quad (3.8-3)$$

$$h = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \quad (3.8-4)$$

$$H_1 = \frac{Q_F \cdot h}{6,120} \quad (3.8-5)$$

$$H_2 = \frac{H_1}{\eta} \quad (3.8-6)$$

여기서, $v$ : 송풍관내의 평균유속 (m/s)	$g$ : 중력가속도 (9.8m/s <sup>2</sup> )
$a$ : 송풍관의 단면적 (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ : 공기의 비중량 (일반적으로 1.2kg/m <sup>3</sup> )
$Q_F$ : 팬의 풍량 (m <sup>3</sup> /min)	$H_1$ : 팬의 이론동력 (kW)
$h$ : 압력손실 (mmH <sub>2</sub> O)	$H_2$ : 팬의 축동력 (kW)
$\lambda$ : 압력손실계수	$\eta$ : 송풍기 효율
(경질관 ----- 0.025)	(축류팬 40 ~ 70%)
(연질관 ----- 0.035)	(곤돌라형팬 75 ~ 85%)
$L$ : 송풍관의 길이(m)	(원심팬(다익)40 ~ 55%)
$D$ : 송풍관의 직경(m)	( / (터보) 55 ~ 70%)
	(원심송풍기40 ~ 75%)

(7) 환기방식의 선정

① 배기식

가. 배기식 집중방식

(가) 공사의 전구간에 걸쳐 필요한 환기용량의 팬을 갱외에 일괄적으로 설치하고 송풍관의 흡입구를 막장부근에 설치하여 발생가스를 송풍관을 통하여 배기하는 것으로 다음과 같은 특징이 있다.

- ㉞ 발파 후 막장에서 발생하는 가스는 송풍관을 통하여 직접 배기되어 갱도 전체를 오염시키지 않는 이점이 있다.
- ㉟ 작업의 진척에 따라 송풍관만을 이어가는 것으로 막장의 청정화가 이루어지나 발파에 의한 송풍관의 파손방지 또는 송풍관 연장시 작업의 집약화를 위하여 막장에서 흡입구가 30m이상 떨어질 경우에는 막장가스를 균등하게 흡입하는 것이 곤란하므로 일반적으로 국부적인 순환 팬의 병용이 필요하다.

나. 배기식 연속직열 방식

(가) 비교적 소형의 축류팬을 송풍관의 중간에 설치하고 진척에 따라 송풍관을 점차 접속하여 늘려가면서 발생가스를 송풍관을 통하여 배기하는 것으로 다음과 같은

## 용배수로 수로터널 공사

특징이 있다.

- ㉓ 축류팬의 소요동력은 팬에 접속한 송풍관의 길이에 따른 용량으로 되지만 집중 방식과 비교하여 접속장소가 증가하기 때문에 바람이 새기 쉽다.
- ㉔ 기타는 배기식 집중방식을 참조한다.

### ② 송기식

#### 가. 송기식 집중방식

- (가) 설비는 배기식 집중방식과 거의 같지만 송풍관의 배기구를 막장부근에 설치하여 갱구에서 신선한 공기를 송풍관을 통하여 막장에 보내고 발생가스는 갱도를 통하여 배출시키는 것으로 다음과 같은 특징이 있다.
- ㉓ 막장부근에서 발생하는 가스는 갱도를 통하여 배출되기 때문에 갱도 전구간이 오염되어 중간에서 라이닝 작업 등이 이루어질 경우에는 배기식 집중방식에 비해 좋지 않은 상태가 된다.
- ㉔ 배기식 집중방식과 같이 송풍관을 작업의 진척에 따라 연장하여 막장을 정화하지만 배기구와 막장과의 거리가 30m 이상 떨어지는 경우 송기된 신선한 공기가 막장까지 도달하기 어려우므로 배기구를 가능한 한 막장에 가깝게 하거나 국부 순환용 팬의 겸용이 필요하다.

#### 나. 송기식 연속직열 방식

- (가) 설비는 배기식 연속직열 방식과 같지만 신선한 공기는 송풍관을 통하여 막장에 송기되고 발생 유해가스는 갱도를 통하여 배출한다. 이 방식의 특징은 배기식 연속직열 방식 및 송기식 집중방식을 참조한다.

### ③ 송·배기 겸용식

#### 가. 송·배기 겸용 집중방식

- (가) 배기식 집중방식과 송기식 집중방식의 두 방식을 함께 사용하는 환기설비로서 송기계의 팬은 배기계의 팬보다 능력을 크게 하여 송기계의 배기구를 배기계의 흡입구보다 갱구측으로 적당한 위치에 설치하여 공사진척에 맞추어 각각의 송풍관을 이어 간다. 이 방식의 특징은 다음과 같다.
- ㉓ 배기식 집중방식과 송기식 집중방식의 단점을 보완할 수 있다. 따라서 갱도가 길 경우 혹은 횡갱, 사갱, 수직갱을 지나 본갱이 굴착되는 경우 또는 굴착속도의 향상에 따라 발생가스량이 증가하는 경우 등에 있어서 작업환경의 악화 방지에 이 방식이 우수하다.
- ㉔ 이 방식은 전단면 굴착의 경우에 적합하다. 도갱선진 굴착 등의 경우는 전면굴착 작업장소 혹은 라이닝 작업장소에서 송풍관을 중단해야만 할 경우가 많으므로 불리하다.

#### 나. 송·배기 겸용 집중방식

- (가) 배기식 연속 직열 방식과 송기식 연속직열 방식의 두 가지 환기설비로 구성되었다. 특징은 송·배기 집중방식 및 배기식 연속직열 방식, 송기식 연속직열 방식을 참고한다.

### 3.8.2.4 배수시설

터널공사에서 배수가 불량한 경우에는 동바리의 지지 기반을 이완시킨다거나 운반로가 불량해져 작업환경을 열악하게 하고 작업상 위험을 증가시킬 뿐 아니라 작업능률을 저하시키므로 배수에 주의한다. 배수방법으로는 배수구에 의한 자연배수와 배수구와 펌프를 병용하는 경우가 있으나 공사규모, 용출수량을 충분히 고려하여 계획한다. 특히 펌프배수의 경우 펌프용량 및 양정에 어느 정도의 여유가 있도록하고 고장 시를 대비하여 예비펌프를 비치한다. 사갱, 수직갱, 하향기울기 구간을 시공하는 터널에서는 정전시의 사고대책을 강구해 둔다.

### 3.8.2.5 통로

- (1) 작업기계 등에 의한 사고방지를 위하여 작업자가 안전하게 통행할 수 있는 통로를 설치한다. 통로는 작업자가 운전중의 작업기계와 접촉위험이 없도록 충분한 공간을 확보하고 동시에 항상 안전한 보행이 가능하도록 노면을 정비하는 한편 적절한 조명을 시설한다. 그리고 통로도 궤도부지 또는 운반로와는 울타리, 안전로프 등으로 구분되는 것이 바람직하다.
- (2) 갱내 운반이 궤도방식일 경우는 운행하는 차량과 측벽 또는 장애물과의 간격은 한쪽에서 0.6m 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이 간격을 확보하기가 곤란한 작은 단면의 터널에서는 명확하게 식별할 수 있는 대피소를 적당한 간격으로 설치하던지 혹은 신호설비의 설치, 감시인의 배치 등으로 운행중의 차량 진행방향에 작업자 등의 출입을 통제하는 조치를 강구한다.
- (3) 그리고 추락, 전도 등의 재해방지를 위하여 기울기 15° 이상의 가설도로에는 발판이나 미끄럼 방지시설을 하고 추락의 위험이 있는 장소에는 난간을 설치한다. 난간은 높이 110cm로서 중간에 가로대를 설치하는 것이 바람직하다. 수직갱내의 가설도로가 길이 15m 이상의 것은 10m 이내마다 대피 또는 상호 교차할 수 있는 공간을 둔다. 또한 사다리를 사용할 때는 기울기를 80° 이내로 하고 사다리 상단은 바닥에서 60cm를 돌출시킨다. 수직갱이나 사갱 등에서 권양장치와 작업자와의 접촉에 의한 위험이 있을 때는 판막이로 격벽을 설치한다.

### 3.8.2.6 안전점검

- (1) 시공 중에 원지반, 동바리, 작업환경, 기계, 설비 등에 변위나 결함이 생기고 이것들이 작업 습관이나 바쁜 업무로 소홀하게 방치되어 뜻하지 않은 사고가 발생하는 수가 있다. 이와 같은 사고를 방지하기 위하여 적절한 안전점검을 해야한다.
- (2) 안전점검의 내용은 공사의 상황, 사용기계, 설비 등에 따라 다르지만 법규에 정해진 것 외에 공사의 실정에 따라 내용을 보완한다. 특히 필요하다고 생각되는 항목에 대해서는 책임자 또는 지명된 점검자가 점검을 한다.
- (3) 주된 점검항목은 아래와 같다.
  - ① 원지반 : 막장에서의 뜬돌이나 균열발생의 유무, 라이닝 미설시 구간의 변위 유무, 가연성가스 및 유해가스의 발생유무 및 용출수 상태 등
  - ② 동바리 : 뿔어붙임 콘크리트의 균열이나 박리의 유무, 록 볼트의 정착상태, 강재 동바리의

## 용배수로 수로터널 공사

침하나 변형 등

- ③ 작업환경 : 통로, 환기설비, 조명설비, 배수설비, 연락통보설비, 긴급피난설비, 구호용구 등의 정비 상황 등
  - ④ 설비기계 : 운반로, 궤도, 주행차량, 기계류 등의 정비상황
- (4) 효과적인 점검을 위하여 점검대상별로 실시시기를 정하여 점검표를 작성하는 것이 바람직하고 결과는 보존하여 둔다. 점검결과 이상이 발견되면 즉시 보수하거나 적절한 조치를 강구한다.

### 3.8.2.7 노동위생

#### (1) 분진

- ① 굴착, 버력적재, 버력반출, 뿔어붙임 콘크리트 등의 작업에는 다량의 분진이 발생하며 장기간 분진을 흡입하면 진폐에 걸릴 위험이 있다. 작업환경의 정비개선을 위하여 분진의 농도를 정기적으로 측정하여 실태를 파악하는 것이 바람직하다.
- ② 분진대책은 발생원에서 분진의 발생을 방지하는 것을 기본으로 하지만 발생원에서 처리할 수 없는 분진에 대해서는 집진기로 포착, 배제하여 가능한 한 확산을 방지하고 충분한 환기를 하여 신선한 공기로 희석하는 등의 조치가 필요하다. 이러한 대책으로도 충분하지 않을 경우는 방진 마스크의 사용, 분진 작업시간의 단축 등을 검토한다.

#### (2) 소음

- ① 소음은 음성의 인식 및 생리기능에도 악영향을 미쳐서 장기간 소음에 노출되면 소음성 난청을 일으키는 원인이 된다. 청력저하의 정도는 음의 크기가 클수록 또 시간이 길수록 커지며 또한 음의 크기가 같으면 고주파성분이 저주파 성분에 비하여 유해성이 크다. 소음장해의 방지책으로는 소음이 보다 적은 설비기계, 작업방법을 선정하여 소음원이 되는 설비기계에 적절한 소음장치를 설치하여 소음을 줄이는 것이 기본이다. 시간이 길고 소음성 난청의 우려가 있는 경우에는 귀마개 등의 보호장치를 한다.

#### (3) 진동

- ① 착암기에서의 진동이 작업자의 손이나 팔에 가해져서 말초신경 장애나 손이나 팔의 뼈 및 관절의 변형 등 진동장해를 일으킬 우려가 있다. 이와 같은 진동장해의 방지책은 진동발생이 가능한 한 적은 또는 효과 있는 방진장치가 설치되어 있는 기계 및 공구를 선정하고 구체적인 작업계획을 수립하여 진동되는 작업시간을 적절히 관리한다.

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	박태선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설티브
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희익	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

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

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

표준시방서  
KCS 67 20 50 : 2018

## 용배수로 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.