

KCS 33 40 15 : 2024

지하유류 비축설비공사

2024년 8월 22일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 건축기계설비공사표준시방서에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기계설비공사 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
산업·환경설비공사표준시방서	• 산업·환경설비공사 표준시방서 제정	제정 (1999.12)
산업·환경설비공사표준시방서	• 산업·환경설비공사 표준시방서 개정	개정 (2001.8)
산업·환경설비공사표준시방서	• 산업·환경설비공사 표준시방서 개정	개정 (2007.9)
산업·환경설비공사표준시방서	• 산업·환경설비공사 표준시방서 개정	개정 (2012.12)
산업·환경설비공사표준시방서	• 산업·환경설비공사 표준시방서 개정	개정 (2012.12)
KCS 31 90 30 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KCS 31 90 30 15 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 31 90 30 15 : 2021	• 건설기준 적합성평가연구 결과에 따라 개정함	개정 (2021.2)
KCS 33 40 15 : 2024	• 대분류 재조정에 따른 코드번호 수정	개정 (2024.8)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 2024년 8월 22일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 건설산업과

관련단체 : 대한설비공학회

작성기관 : 국가건설기준센터

국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고 기준	1
1.3 공사 일반	2
1.4 현장 품질관리	3
1.5 타 지방서와 관계	8
1.6 수급인의 의무	8
2. 자재	9
3. 시공	9
3.1 굴착공사	9
3.2 암반보강공사	14
3.3 수직갱공사	30

1. 일반사항

이 기준에서 다루어지는 이외의 내용은 KCS 33 40 05(1)에 따른다.

1.1 적용범위

1.1.1 일반사항

이 기준은 지하 유류 비축시설 중 저장동굴(암반탱크)에 해당되는 것으로 굴착공사, 암반보강공사, 수직갱공사 등 이에 관련된 시설의 공사에 대한 기준을 제시하고자 한다. 본 공사는 토목공사에 해당되나 기존 토목 관련 시방서와 많은 부분이 상이하여 본 산업설비공사에 포함시킨다.

1.1.2 굴착공사

- (1) 지하 유류 비축시설 중 지하부분의 굴착공사에 적용하며 주요 공사 대상은 공사용 터널, 저유동굴, 수벽터널, 수직갱 및 펌프정 등이 있다.
- (2) 저유동굴은 대부분 단면이 타 터널에 비해 크므로 전단면 굴착보다는 Gallery, Bench-1, Bench-II, Bench-III 등으로 분할 굴착하도록 하여야 한다.

1.1.3 암반보강공사

- (1) 저유동굴
- (2) 공사용 터널
- (3) 수직갱 및 펌프정
- (4) 트럭 회차 공간
- (5) 기타(집수정, 변전소 등)

1.1.4 수직갱공사

지하유류비축설비 중 저유동굴에서 지상과 수직으로 연결되는 터널인 수직갱에 설치되는 설비에 대한 제반 사항을 기술한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

- 도시계획 관련 법규
- 위험물안전관리법
- 노동기준법(노동안전관리규칙, 노동보건관리규칙)
- 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률
- 산업안전보건법
- 환경보건법

- 지하수법

1.2.2 관련 기준

- KCS 11 00 00
- KCS 14 00 00
- KCS 27 00 00
- KDS 11 50 00
- 항만 설계 기준 및 공사 표준시방서
- 건설공사 품질관리규정

1.3 공사 일반

1.3.1 굴착공사

- (1) 설계도면 또는 공사감독자로부터 지시된 굴착 순서에 준하여야 한다.
- (2) 설계도서에 제시된 이외의 방법으로 시공하고자 할 때에는 그 굴착공법 및 작업 계획에 대하여 공사감독자의 사전 승인을 얻어야 한다.
- (3) 시공도중, 시공법이 현장의 상황에 부적당하다고 인정되는 때에는 안전한 방법으로 조치를 취함과 동시에 지체 없이 공사감독자에게 보고하고 소정의 절차에 따라 변경토록 하여야 한다.
- (4) 굴착 작업의 정확한 기록을 유지하여야 하며 소정의 양식에 의거 공사감독자에게 전일 작업 기록의 사본을 제출하여야 한다.
- (5) 굴착은 제어발파법(smooth blasting method)에 의하여 가능한 한 암반이 이완되지 않도록 신중히 시공하여야 하며, 천장부 및 측벽부의 붕락이나 막장의 붕괴가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (6) 굴착 시 가능한 한 여굴을 최소로 하여야 한다.
- (7) 벤치(bench) 굴착은 깎러리에 타설된 보강용 콘크리트(뿔어 붙이기) 및 지보공에 악영향을 미치지 않도록 시행하여야 한다.

1.3.2 수직갱공사

- (1) 모든 시공절차는 별도로 지적하지 않는 한 제작자의 추천에 엄격히 따라야 하며 본 표준서에 상세한 부분에 대한 언급이 없다고 하더라도 수급자는 적절히 설계된 시공을 할 책임이 있다.
- (2) 본 기준에 규정되지 않은 세부사항에 대해서는 수급자는 수직배관 공사 착수 전 상세한 시공 계획서를 작성, 제출 후 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (3) 시공 계획서에는 수직갱의 현 시공 상태의 정확한 측량 결과와 수직갱 배관설치를 위한 임시 구조물, 윈치 사용 계획, 수직갱내 작업자와 지상 작업자와의 통신방법 윈치 운전자의 신호, 비상시 대책, 중장비 사용 계획, 안전교육 등 제반 상황을 포함하여야

한다또한, 시공 계획서는 자재의 검수, 보관, 운반 시공 및 완성 검사방법까지 상세히 기술되어야 한다.

- (4) 원차 운전자는 유경험자로서 충분한 현지 적응을 거친 이후에 공사에 투입되어야 한다.
- (5) 수급자는 원활한 시공을 위하여 공사장 인근에 교통소통의 장애가 없는 일정한 장소에 일정량의 자재, 장비의 대기 등을 위한 공간 확보 및 교통안전 시설을 설치하여야 한다.
- (6) 수직배관 야적 시 코팅 부분에 손상이 가지 않도록 침목을 놓고 그 위에 T=10 mm 이상의 고무판을 깔아 경질의 이물질이 직접 수직 배관에 접촉되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 자재 적재 단수는 3단 미만으로 하여야 하며, 양쪽으로 기둥이나 스톱퍼를 세워 배관이 구르는 것을 방지해야 한다. 특히 자재와 자재가 서로 접촉하지 않도록 다루어져야 한다.
- (8) 야적이 완료된 배관자재는 설치가 끝날 때까지 비닐이나 천막을 사용하여 직사광선, 눈, 비, 해풍으로부터 보호되어야 한다. 특히 도장에 영향을 주지 않도록 적절히 보관되어야 한다.
- (9) 자재의 운반 시 와이어 사용은 절대 금하며 슬링 벨트를 사용하여야 한다.
- (10) 자재의 취급은 반드시 크레인으로 다루어져야 하며, 특히 들어 올릴시 동시에 2분 이상의 자재를 들어 올려서는 안 된다.
- (11) 수급자는 제작자의 도장 규격과 동일한 도장을 확보하여, 도장 손상부위 발생 즉시 보수하여야 한다.
- (12) 수직배관의 모든 작업은 설치 후는 보수가 지극히 어렵고 위험하므로 매 공종 마다 철저한 시공이 이루어져야 한다.

1.4 현장 품질관리

1.4.1 시공계획서

KCS 33 10 10(1.7)에 따른다.

1.4.2 제보고

KCS 33 10 10(1.7.15, 1.7.16)에 따른다.

1.4.3 공사용 가설물

공사용 가설물은 설계서 및 시방서에 명시된 대로 시행하되 이에 포함되지 않은 가설물은 사전에 발주자에게 관련계획서를 제출하여 승인을 받은 후 시행하여야 한다.

1.4.4 측량

시공측량 후 야장 혹은 측량 성과표를 발주자에게 제출하여 검측을 받아야 하며, 이미 설치한 기준점을 이동 또는 손상시켜서는 안 되고 만일 이동을 요할 때는 발주자의 승인을

받아야 한다.

1.4.5 용지의 사용

- (1) 발주자는 공사 수행에 필요한 충분한 면적의 용지를 확보하여 무상으로 수급인에게 제공한다.
- (2) 공사를 시행하기 위해 발주자가 제공한 용지 이외의 토지를 사용 할 때에는 사전에 그 토지의 사용, 보상 등에 관하여 발주자와 협의를 하여야 한다.

1.4.6 공사용 도로

- (1) 공사용 도로로써 사용하는 도로는 그 목적으로 사용하는 동안 이를 잘 유지하여야 한다.
- (2) 공사용 도로의 신설, 개량 및 보수 계획을 사전에 발주자에게 제출, 승인을 득하고 인허가 기관과 협의 필요한 절차를 시행하여야 한다.
- (3) 공사용 도로의 신설, 개량, 유지보수에 있어서 일반 대중에게 불편이 없도록 하고 공사용 도로의 공사 및 사용으로 제3자에게 끼친 손해 및 분쟁은 수급자 책임 하에 해결해야 한다.

1.4.7 재료관리

KCS 33 10 10(1.20, 2.9)에 따른다.

1.4.8 공사현장 관리

- (1) 공사현장이 서로 인접하였거나 동일 장소에서 시공하는 별도 공사가 있을 경우는 상호 협조하여 분쟁을 일으키지 않도록 해야 한다.
- (2) 공사 중 공사감독자 및 발주자의 허가 없이 유수 및 추락 등 교통의 방해가 되는 공사 행위 또는 공중에 해를 끼칠 만한 시공방법을 사용해서는 안 된다.
- (3) 공사현장에 일반인 및 노무자 출입의 감시, 풍기, 위생의 단속, 화재, 도난 기타의 사고 방지에 대하여 특히 유의하여야 한다.
- (4) 공사장 및 그 주위에 있는 지상 및 지하의 기존 시설에 대해 지장을 주지 않도록 유의하여 시공하여야 한다.

1.4.9 기계기구

- (1) 기계기구는 공정계획서 및 예정공정표에 나타난 작업량 이상의 용량을 가져야 한다.
- (2) 기계, 기구의 성능을 표시한 일람표 및 그 배치 계획도 등을 발주자에게 제출하여야 한다.

1.4.10 안전관리

- (1) 본 공사를 수행함에 있어 수급인은 안전관리에 만전을 기하여야 하고 공사 안전작업

- 규칙 및 기타 안전수칙을 준수하여야 하고 시공 중 제반 사고에 대하여는 수급인이 책임을 지고 수급인 부담으로 복구 및 변상하여야 한다.
- (2) 호우, 홍수, 태풍 등에 대한 기상예보 등에 충분히 주의하여 유사시에는 피해를 최소한으로 하기 위한 응급조치를 하여야 한다.
- (3) 공사에 필요한 보안조치는 발주자의 규정 및 관계법규에 따라야 하며 안전에 만전을 기하기 위한 조직, 계획, 점검, 훈련 등을 실시하여야 하고 필요한 제반시설을 갖추어야 한다.
- (4) 공사착수 전 보안시설을 하여야 할 사항은 일반적으로 다음과 같다.
- ① 출입금지 지역의 설정
 - ② 도로의 교통제한 또는 금지
 - ③ 폭약사용에 대한 위험표지
 - ④ 전기, 상하수도 및 통신 등 중요한 시설에 대한 보호
 - ⑤ 위생적 음료수의 확보
 - ⑥ 위생적 화장실과 배수시설
- (5) 도로의 교통을 제한하고자 할 때에는 다음 요령에 의하여야 한다.
- ① 교통제한 범위, 기간, 보안조치 등에 대하여 공사감독자를 경유하여 소정의 수속을 밟아야 한다.
 - ② 수속 완료 후 표지, 지시표 등의 필요한 보안시설을 완료하여 검사를 받은 후가 아니면 교통제한은 실시할 수 없다.
 - ③ 교통제한 기간은 가능한 한 단축하여야 하고 교통제한 중에 교통장애를 가능한 한 피하는 공법을 사용하여야 한다.
- (6) 작업장 내에서는 안전확보를 위하여 건설기술관리법령에 따른 관련 기준 및 지침을 준수하여야 한다.
- (7) 공사장에는 구급약을 상비함은 물론 소정규모의 의무실을 설치한다.

1.4.11 사고보고

토사의 붕괴, 낙반, 가설물 또는 구조물의 파손, 기타 공사계획에 미치는 사고나, 인명의 손상 및 제3자에게 피해를 주는 사고가 발생하였을 때 혹은 그러한 사고발생의 징조를 발견할 때는 응급조치를 취하고, 공사감독자에게 보고하여야 한다.

1.4.12 물의 오염방지 및 위생시설

- (1) 공사시행에 있어 하천, 저수지 등의 물의 오염을 방지하기 위해 적절하고 충분한 조치를 취하고 물의 오염 및 위생에 관한 법령을 준수해야 한다.
- (2) 노무자의 거주용 가설 주택과 제반 위생시설을 설치하고 유지 관리하여야 한다.

1.4.13 폭발물의 취급

화약류, 사용 및 취급은 총포·도검·화약류 등 단속법령에 규정된 사항을 준수하고 청구

표 및 반환표에 의해 일정한 취급소에서만 수불 하여야 한다.

1.4.14 측량표

- (1) 공사의 기준고는 설계도에 표시된 수준점(B.M)을 기준으로 해야 한다.
- (2) 측량표는 그 위치나 높이가 변동되지 않도록 적절한 보호를 해야 하며 공사 진행에 따라 이것을 존치 하지 못할 경우에는 공사감독자의 지시에 의해 이설 한다.
- (3) 측량표 중 중심말뚝, 교점, 곡선지점, 곡선중점 및 하천이나 도로의 거리표 등의 이설에 있어서는 정규의 위치를 찾아내기 위한 보조 말뚝을 반드시 설치하여야 한다.
- (4) 용지폭 말뚝 및 수준점 혹은 가 수준점은 이설해서는 안 된다.
- (5) 공사 시행 상 수위측정을 할 경우에는 가장 가까운 위치에 수위표를 만들어 상시 관측 할 수 있게 하여야 한다.
- (6) 착공 전 또는 착공 중 시공측량을 실시하여야 한다.
- (7) 측량오차는 허용범위 내에 포함되어야 하며 허용범위를 벗어난 경우의 책임은 수급인이 부담한다.

1.4.15 시공변경

- (1) 본 공사 시행 중 발생하는 일체의 시공변경에 대하여는 발주자의 사전 승인을 받아야 한다.
- (2) 발주자의 승인 없이 시행된 변경공사는 인정하지 않으며 이미 시행된 부분에 대하여 발주자가 시정지시를 할 경우 이유에 관계없이 발주자의 지시에 따라야 한다.
- (3) 공사 중에 다음과 같은 사항이 발생하여 터널보강이 요구될 때 발주자의 승인을 받아 시공하고 설계변경 시 반영한다.
 - ① 당초 설계된 노선 등 공사계획이 변경될 때
 - ② 지질구조가 설계와 상이할 때
- (4) 공사용 터널입구 및 수직갱 주변 현장 토질에 따라 공법을 조정할 수 있다.
- (5) 공사용 터널의 라이닝 및 철골보강 시행구간과 구조는 현장 암질에 따라 조정한다.

1.4.16 기록사진 및 비디오 촬영

착공 전 전경 및 시공 중인 중요한 부분의 전경을 사진 또는 비디오 촬영을 실시하여 그 사진첩을 2부 작성, 발주자에게 필름 또는 CD와 함께 제출하여야 한다. 사진 촬영 시 공사명, 공종, 시공위치, 측점번호, 설계치수 내용과 촬영일시가 포함되도록 하여야 한다.

1.4.17 용수량과 용수개소 자료

용수량과 용수 개소는 추정 값이므로 공사감독자 입회하에 주기적으로 측정하여 그 자료를 보관 유지하여야 한다.

암반보강공사저유 동굴 및 수직갱의 영구적인 안정성에 대한 품질을 보증하기 위하여 다음 사항을 준수한다.

- (1) 굴착 즉시 굴착 면 지질조사 실시하여 항 내 지질도와 보강 계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하고 승인을 받아야 한다.
- (2) 발파 후 보강 시기는 굴착공사의 성패를 좌우할 만큼 중요한 사항이므로 보강시기를 놓치지 않도록 보강계획서 검토 및 승인은 24시간 이내에 이루어지도록 한다.
- (3) 암반 굴착공사와 병행하여 공사감독자가 승인한 보강계획서에 의거 지체 없이 보강공사를 실시하며, 시공결과를 수시로 확인 점검하여 보강공사 완료 시 공사감독자에게 요청하여 검측을 받는다.
- (4) 보강공사 품질관리를 위하여 시방서에 명기된 각종 시험을 실시하고, 시험결과에 대하여 공사감독자의 확인을 받는다.
- (5) 보강공사가 완료된 동굴이라 할지라도 암반 거동 및 시공상태를 수시로 면밀히 계측, 감시하고 이상이 확인될 경우 즉시 공사감독자에게 보고하며, 동시에 추가로 보완공사를 실시한다.
- (6) 초기 보강계획은 기본조사 결과로 추정된 암반 분류 결과를 기준으로 암질등급분류기준(NMT Q-system)을 참조하여 산출한 수량으로, 실제 보강작업은 굴착 면 지질상태를 기준으로 작성한 보강계획서에 의거하여 실시한다.

1.4.18 암반보강공사 시험기구의 보유 및 시험실의 운영

본 기준에 규정된 각종 시험에 필요한 시험실과 다음의 시험에 필요한 시험기구 등을 비치하고 시험을 시행하되 시험실 운영은 공사감독자의 지시에 따라야 한다.

- (1) 원재료의 시험
 - ① KS L 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축 강도 시험 방법
 - ② KS F 2502 굵은 골재 및 잔골재의 체가름 시험방법
 - ③ KS F 2503 굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험방법
 - ④ KS F 2504 잔골재의 밀도 및 흡수율 시험방법
 - ⑤ KS F 2507 골재의 안정성 시험 방법
 - ⑥ KS F 2508 로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험
 - ⑦ KS F 2509 잔 골재의 표면수 시험 방법
 - ⑧ KS F 2510 콘크리트용 모래에 포함되어 있는 유기 불순물 시험 방법
 - ⑨ KS F 2511 골재에 포함된 잔 입자 (0.08 mm체를 통과하는) 시험 방법
- (2) 콘크리트 보강(샷크리트)의 품질관리 시험
 - ① KS F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험방법
 - ② KS F 2413 휨 강도 시험한 공시체로 콘크리트의 압축 강도를 시험하는 방법
 - ③ KS F 2422 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법
 - ④ 콘크리트 절단기
 - ⑤ 콘크리트 코어 채취기
 - ⑥ 콘크리트 보강재용 코어(샷크리트 core) 제작용 틀
 - ⑦ 콘크리트 보강분(샷크리트) 두께 측정용 수동드릴(hand drill)

(3) 암반볼트

- ① 인발 시험기(center hole jack)
- ② 토크렌치(torque wrench)
- ③다이얼 스트레인 게이지(dial strain gauge)

(4) 기타 품질관리를 위하여 필요한 기구 및 시험에 부대되는 일체의 장비 및 기구. 단, 장비 비치에 곤란하거나, 현장에서 시험하는 것이 어려울 때는 시료 채취방법, 시험의뢰 방법 등을 공사감독자와 협의하여 공인 기관에 의뢰하여 시험하여야 한다.

(5) 수직갱 품질 검사

표 1.4-1 수직배관 설치검사 기준

구분		검사 내용
1	수직배관 거치용 beam EL	+0 mm, -5 mm 이내
2	수직배관 진원도	송유관로 시방서 적용
3	수직배관 spool 길이	+3 mm
4	수직배관 수직도 정렬(fit-up)	pump 및 level gauge 설치 오차범위내
5	수직배관 용접부 비파괴	본 기준 3.4.4 참조
6	수직배관 내·외부 도장	하도: inorganic zinc primer 75 μm 이상 중도: coal tar epoxy 200 μm 이상 상도: coal tar epoxy 200 μm 이상
7	수직배관 용접부 내·외부 도장	상동
8	수직갱 수직배관 수직도	pump 및 level gauge 설치 오차범위내
9	수직배관 길이	설계 도면 기준
10	수직배관 기밀테스트	내압 기밀시험(가능한 배관)
11	수직배관 flange 평활도 및 EL.	설계 도면 기준

1.5 타 시방서와 관계

1.5.1 타 시방서의 준용

본 기준에 명기되지 않은 사항에 대하여는 KCS 33 10 10에 명기된 타 시방서(일반 및 표준시방서, 이하 같다.)를 준용한다.

1.5.2 타 시방서의 적용 배제

본 기준과 타 시방서의 내용이 상충할 때는 본 기준의 규정을 따른다.

1.6 수급인의 의무

수급인은 다음과 같은 의무를 이행해야 하며 만약 이를 이행하지 않을 경우 공사감독자는 시정될 때까지 보강공사와 굴착공사의 중지를 명할 수 있고 이에 따르는 불이익은 수급인이 부담한다.

1.6.1 보강공사 장비의 확보 및 숙련된 현장요원의 배치

보강공사에 필요한 장비를 충분히 확보하고 숙련된 현장요원을 배치하여 공정에 차질이 없도록 하여야 하며 공사감독자에게 장비 검열을 받아야 한다.

1.6.2 보강공사에 대한 우선 시공

보강 작업 계획서에 기재된 공종, 규격, 수량, 시공시한에 따라 보강공사를 타 공사에 우선하여 적기에 시공하여야 하며 품질관리에 만전을 기하여야 한다.

1.6.3 시공 및 시험기록의 유지 및 보고서 제출

보강공사 시공 및 시험에 대한 일체의 기록을 유지하여 공사감독자의 요구가 있을 때는 제출해야 하고, 공사 준공 시 보고서를 제출해야 한다.

1.6.4 계측

각종 터널의 계측에 대하여 계측 즉시 결과를 기록하여 공사감독자에게 제출하여야 하며 이상 유무는 즉시 보고해야 한다.

1.6.5 저유황유 사용

터널 내 환기를 원활하게 하여 작업환경을 개선하고 작업자의 안전을 도모하기 위하여 터널 내의 동굴 버력처리 장비에는 저유황유를 사용해야 한다.

2. 자재

KCS 33 40 05(2)에 따른다.

3. 시공

이 기준에서 다루어지는 이외의 내용은 KCS 33 40 05(3)에 따른다.

3.1 굴착공사**3.1.1 천공 및 발파 작업****(1) 표시**

작업 막장은 천공에 앞서 측량을 실시하여 터널의 크기 및 천공 위치 등을 도면에 의거 페인트 등을 이용하여 정확히 표시하여야 하며 천공 각도 유지를 위한 방향과 천공 깊이를 표시하여야 한다.

(2) 감지공(peeler hole) 천공 및 사전 지수작업

발파작업에 앞서 설계도면, 암반 보강공사 시공계획서 및 시공 상세도면에 의거 선진공 천공과 지수작업을 시행하여야 한다.

(3) 천공

공사용 터널 및 저유동굴 굴착작업은 유압천공기(hydraulic jumbo drill)를 사용하여 다음의 기준에 의하여 천공하고, 수직갱, 펌프정 및 기타 굴착 등의 천공은 공압 천공기 (leg drill)에 의하여 실시한다. 다만, 암반 이완이 예상되는 공사용 터널 입구부분 일부 및 굴착도중 균열대가 현저히 발달하여 암반 붕락의 위험이 우려되는 부분은 공사감독자의 승인을 얻어 공압 천공기에 의한 천공으로 변경할 수 있다.

- ① 발파공법(blasting pattern)
 - 가. supex-cut: 공사용 터널, 연결터널, 저유동굴 갤러리 부분 등
 - 나. 라이닝 벤치-컷(lying bench cut): 저유동굴 벤치부분
- ② 천공기별 사용 비트 구경사용
 - 가. 유압식 : \varnothing 45mm
 - 나. 공압식 : straight bit
- ③ 공 간격(burden and spacing) : 다음의 표에 따른다(시험발파를 통하여 발파 패턴 조정).

표 3.1-1 천공 기준

구분	저항선(M)	공간격(M)	비고
컷트홀(cut hole)			
컷스프레너드홀(cut spreader hole)			
스토핑홀(stoping hole-1)	1.15	1.40	하향
스터핑홀(stoping hole-2)	1.15	1.25	측방 및 상향
가이드라인홀(guide line hole)	1.15	1.25	
바닥공(Floor hole)	1.15	1.25	
측벽공(wall hole)	0.8	0.6	
천반공(roof hole)	0.8	0.6	

- ④ 천공장 및 발파당 굴진장(암반의 종류에 따라 변경)
 - 가. 공사용 터널, 연결터널, 저유동굴
 - (가) 천공 길이는 공사용 터널 및 연결터널은 3.4 m/회, 저유동굴은 4.3 m/회
 - (나) 발파 효율은 공사용 터널 및 연결터널은 91%, 저유동굴은 93%
 - (다) 발파 당 굴진장은 공사용 터널 및 연결터널은 3.1 m, 저유동굴은 4.0 m
 - 나. 수직갱, 펌프정, 기타굴착
 - (가) 천공 길이: 1.1 m/회
 - (나) 발파 당 굴진장: 0.8 m
- ⑤ 천공 작업 시 터널의 규격을 유지하기 위하여 바닥 공 및 콘터 홀(contour hole)은 천공 각도를 외측으로 약간 주어야 한다. 이때 너무 많은 각도를 외측으로 주면 많은 여굴이 발생하므로 사용 장비에 따라 천공을 가능한 한 적게 하여야 한다.
- ⑥ 천공 시 터널규격을 유지하기 위하여 바닥 공 및 콘터 홀(contour hole) 등은 천공 각도를 외측으로 약간 주어야 하며, 이때 너무 많은 각도를 외측으로 주어 여굴이 많이 발생하지 않도록하여야 한다.

- ⑦ 천공 작업 전에 반드시 잔류 화약의 유무를 확인하여야 하며 잔류 화약이 있을 때에는 이를 완전히 제거한 후 천공 작업을 하여야 한다.
- ⑧ 천공작업 중 과도한 용수나 가스의 분출, 급격한 암질 변화 등의 징후가 있을 때에는 즉시 천공을 중지한 후 적절한 응급조치를 취한 다음 즉시 공사감독자에게 보고하고 그 지시에 따라야 하며 소정의 절차에 따라 변경하여야 한다.
- ⑨ 천공 시에는 부서진 암편에 의한 공의 막힘을 방지하기 위하여 청소를 충분히 하여야 한다. 천공 작업자는 천공 작업 중 막장 및 뜬 돌 낙하에 유의하여야 하며 뜬 돌 발견 시에는 즉시 이를 제거하여야 한다.

(4) 장약

- ① 발파작업에 사용되는 폭약의 종류는 다음과 같다.
 - 가. 젤라틴(gelatine dynamite, GD): \varnothing 32 mm, L=460 mm, 0.375 kg/개
 - 나. 구리트(gurit, finex 1호): \varnothing 17 mm, L=460 mm, 0.110 kg/개
- ② 상기와 같은 폭약을 사용하는데 사용 부위별로 심발공에는 젤라틴 폭약을 사용하고 측벽공 및 천반공은 주변 모함의 균열 층을 적게 만들고 과도한 여굴을 예방하며 발파 마무리 면의 정밀성을 만족시키는 구리트를 사용하며 내부공과 하부공은 젤라틴 폭약을 사용한다.
- ③ 장약은 커트홀, 스톱핑홀, 측벽공, 바닥공, 천반공 등으로 구분하여 장약하며, 장약량은 각 부위별 공의 조건에 따른 도면에 의거 적정량을 장약한다.
- ④ 전기 뇌관은 심발공에는 밀리세컨드 전기뇌관을 사용하고 그 외공은 0.25초 간격의 지발 전기뇌관을 사용하며 각 선의 길이는 천공장 3.3~3.8 m에는 4.5 m, 천공장 1.6 m에는 2.5 m로 하며 천공장 1.1 m에는 2.0 m로 한다.
- ⑤ 장약에는 반드시 공 내를 깨끗이 청소한 다음 실시하며 뇌관은 점화 순서에 맞게 장진 하여야 한다.
- ⑥ 화약류를 장약할 때는 목재 장약봉을 사용하여 서서히 장약하여야 하고 특히 뇌관이 삽입된 폭약은 주의 깊게 다루어야 한다. 이때 장약봉의 길이는 반드시 천공장보다 긴 것을 사용하여야 한다.
- ⑦ 전기뇌관을 사용하므로 누전 기타 정전기에 특히 유의하여야 한다.
- ⑧ 장약 장소에 휴대하는 화약류의 수량은 당해 발파에 사용하고자 하는 예정량을 초과하지 말아야 한다.
- ⑨ 각 발파공은 장약한 다음 충전(tamping)을 철저히 실시하여야 한다.
- ⑩ 장약 작업을 완료한 다음 화약류의 잔품이 있을 때에는 지체 없이 당해 화약류를 저장 또는 보관 장소에 반납하여야 한다.
- ⑪ 한번 발파한 발파공에는 다시 장전하여서는 안 된다.
- ⑫ 화약류를 운반하거나 장전할 때에는 화기를 사용해서는 안 된다.

(5) 발파(점화)

- ① 장약이 완료되면 모든 공사용 장비를 발파 비산석의 영향이 미치지 않는 안전지대(50 m 이상)까지 대피하여 발파로 인한 피해가 없도록 하여야 한다.

- ② 발파 시 발파 개소를 통하는 모든 통로의 적절한 곳에 감시원을 배치하여 누구든지 발파 개소에 접근을 금지시키며 감시원은 경계 해제 시까지 위치를 이탈해서는 안 된다.
 - ③ 발파하기 전에 각 선의 연결을 이상이 없는지 테스트기로 검사하여 이상이 없을 때에 전기 발파기를 사용하여 발파해야 하며, 발파기 이외의 것으로는 발파하지 못한다.
 - ④ 발파(점화)를 하고자 할 때에는 미리 정한 위험 구역 내에 인원의 출입을 금지시키고 상기 항의 조치를 취한 다음 발파한다는 경고를 발하여 위험이 없음을 확인한 후 점화하여야 한다.
 - ⑤ 발파 작업은 화약류 취급 책임자의 책임 하에 실시하여야 한다.
 - ⑥ 발파 모선의 일단은 점화할 때까지는 발파기에서 떼어놓고 전기뇌관의 각 선에 접속하고자 하는 다른 끝의 2개의 심선은 장단이 있도록 하여 서로 합선되지 않도록 하여야 한다.
 - ⑦ 발파 작업이 완료되면 발파에서 발생한 유해 가스가 완전히 제거되지 않은 상태에서는 발파 개소에 작업자를 접근시켜서는 안 되며 발파 개소는 낙반, 불발 화약류, 기타 위험의 유무를 검사하여 위험하다고 인정할 때에는 출입을 금지시키고 제거하여야 한다.
 - ⑧ 발파공법(drilling and charging pattern)은 스웨덴 발파공법(Swedish blasting technique)에 의거 계산한 것으로 시험 발파를 실시하여 그 결과에 따라 조정할 수 있다.
 - ⑨ 발파 후 불발된 화약류를 확인하였을 때에는 총포·도검·화약류 단속법 시행령에 의거 안전하게 처리하여야 한다.
- (6) 뜯돌 제거(scaling) 및 살수
- ① 발파 작업이 완료되면 굴착 면을 포함한 막장 부근 일정구간에 대하여 부석 제거 작업을 실시하여야 하며 이와 병행하여 분진발생 방지를 위하여 파쇄암에 살수 작업을 하여야 한다.
 - ② 부석 제거 작업은 숙련된 기능공에 의하여 2~3 m 길이의 강봉 지렛대를 이용하여 실시하며 작업자는 필히 휴대용 전등을 사용하여야 한다.
 - ③ 부석 제거 작업 시 암면과 지렛대의 각도는 40° 이내로 하여야 하며 일정 간격을 유지토록 하며 낙하하는 부석에 의한 사고에 유의하여야 한다.
 - ④ 살수는 발파암이 비산된 위치로부터 막장으로 전진하면서 실시하며 분진이 발생되지 않도록 충분히 하여야 한다.
 - ⑤ 부석 제거작업은 막장 부석 제거작업(round scaling)과 동굴 부석 제거작업(after scaling)으로 구분하여 실시하며 막장 부석 제거작업은 매 발파 때마다 굴착 막장에서 실시하고 동굴 부석 제거는 기 굴착된 전 구간에 대하여 월 2회 이상 정기적으로 실시하여야 한다.

3.1.2 버력처리작업

- (1) 버력 적재 장비는 휠형 버킷 로더(wheel type bucket loader)를 사용하고 덤프트럭(dump truck)을 이용하여 운반하며 백 호우(back hoe)를 이용하여 처리(cleaning)한다.
- (2) 적재 운반 장비는 각 공사 개소별 버력의 량 및 조건에 따라 설계도서에 명시된 적정 용량의 장비를 사용하되 각 공사별 공정에 따라 발파작업에 차질이 없도록 선정하여 사용하여야 한다.
- (3) 버력 적재 시에는 발파 비산석이 흩어진 위치로부터(통상 막장으로부터 50 m 지점) 노면 정리를 실시한 다음 버력 적재에 착수한다.
- (4) 버력 적재에 있어서는 운반 도중에 버력이 떨어지지 않도록 과적을 피하여야 한다.
- (5) 적재 운반 작업 전이나 작업 중이라도 계속하여 막장을 면밀히 확인하여 낙반, 부서기 타 위험성이 있을 경우에는 이를 제거한 다음 적재 운반 작업을 실시하여야 한다.
- (6) 버력 적재 작업 중 분진이 다량 발생할 경우에는 계속하여 살수 작업을 실시토록 하여야 한다.
- (7) 운반 통로 상에 곡선부, 교차점, 분기점 및 교통이 빈번한 장소 등에는 경계등 혹은 교통 신호등 등 필요한 조치를 하여 혼잡 및 사고를 미연에 방지하여야 한다.
- (8) 적재 운반이 완료된 상태의 막장은 잔류 버력이 남지 않도록 하여야 하며 주 운반 통로도 통행에 지장이 없도록 하여 잘 정리되어야 한다.
- (9) 적재 운반이 완료된 막장은 청소를 충분히 하여 뜬 돌을 완전히 제거하므로 다음 발파 천공이 용이하도록 하여야 하며 청소작업으로 인한 버력도 완전히 처리하여 천공 작업에 지장이 없도록 하여야 한다.
- (10) 버력 적재 작업 중에는 적재 장비 작업 반경 이내의 통행을 금하며 부득이 접근하여야 할 때에는 적재 장비의 운전을 일시 중단하여야 한다.
- (11) 적재 운반 장비는 항상 점검을 철저히 하여 고장으로 인한 공사 공정에 차질이 없도록 하여야 한다.
- (12) 버력 처리장에서는 트럭 운반 작업을 원활히 하기 위하여 도자로 정지 작업을 하여 트럭의 원활한 소통을 유지해야 한다.

3.1.3 통기

- (1) 통기량은 작업자의 수, 발파 가스의 발생량, 내연기관을 사용하는 장비에서 발생하는 가스의 량 등에 의하여 결정하며 이는 작업에 지장이 없도록 하여야 한다.
- (2) 통기 방식은 송풍식으로 한다.
- (3) 송풍기 설치 위치는 터널에서 배기된 오염된 공기가 재 흡입되지 않도록 터널 입구에서 일정간격 이격되어야 하며 인근 도로에서 차량 통행 시 발생하는 분진이 흡입될 경우에는 살수 작업을 실시하는 등 적절한 조치를 하여야 한다.
- (4) 송풍기는 소요 통기량에 대하여 충분한 용량을 가져야 하며, 풍관은 누풍이 없도록 하고 작업 및 통행에 지장이 없도록 지정된 위치에 고정하여야 한다.
- (5) 풍관은 항내 설치 및 수리, 이설이 용이한 것으로 하여야 하며 발파 비산석이 미치지

않는 한 작업 막장에 근접 설치한다.

- (6) 풍관의 분기점에는 필요에 따라 각 7분기 지선으로의 풍량을 조절할 수 있는 조절 장치를 하여야 한다.

3.1.4 배수

- (1) 작업장소는 항상 배수된 상태를 유지하여야 한다.
- (2) 각 터널에는 그 일측 또는 양측에 배수로를 설치하여야 하며 수시로 청소하며, 배수를 원활히 하여야 한다.
- (3) 펌프 용량은 소요 배수량에 대하여 충분한 여유를 가져야 하며, 펌프는 굴착 및 시설 공사가 완전히 끝날 때까지 매일 24시간 가동될 수 있도록 정비 점검을 철저히 하여야 하고 고장 시에 대비하여 예비펌프를 설치하여야 한다.
- (4) 펌프는 정전 시에도 가동될 수 있도록 조치하여야 한다.
- (5) 배수관에는 유량계를 설치하여 매일 배수량을 측정하고 이를 기록 보관하여야 하며 그 사본을 공사감독자에게 제출하여야 한다.

3.1.5 조명

- (1) 주 운반 통로인 각 터널은 인원 장비가 안전하게 통행할 수 있도록 적절한 밝기로 조명되어야 한다.
- (2) 굴착 막장 및 각 작업 개소의 국부 조명은 작업에 충분한 조도를 얻을 수 있어야 하며 이동식이어야 한다(투광기 등).
- (3) 조명은 정전 시에도 가동될 수 있도록 비상 조치되어야 한다.
- (4) 터널 안으로 들어가는 인원은 개인별 또는 작업조별로 적절한 조도의 전등을 반드시 휴대하여야 한다.
- (5) 굴착공사 시 터널 내 안전점검, 각종시험 및 계측 등 특수목적을 위하여 차량에 부착하여 신속이동 가능한 특수 조명장치를 비치하여야 한다.

3.2 암반보강공사

3.2.1 암반볼트(abutment 볼트 포함)

(1) 공통사항

① 암반볼트의 시공목적

암반볼트의 공법은 암반 굴진공사 시 슛크리트만으로는 암의 붕락이나 붕괴를 방지할 수 없다고 예상되는 곳에 적용되 종류, 길이, 간격, 방향은 시공 상세도면을 공사감독자에게 제출하여 승인을 얻어 시공해야 한다.

② 암반볼트 시공 주의사항

암반볼트는 아래와 같은 기능을 수행할 수 있도록 설치되어야 하는데 가급적 볼트에 최대의 인장이 가해지도록 배치하여야 한다.

- 가. 봉합작용
- 나. 암반과의 일체작용 기능(내압작용)
- 다. 빔(beam)형성 작용
- 라. 아취(arch)형성 작용
- 마. 암반 보강 작용

(2) 재료

① 재료 저장

암반볼트 및 그 부속재료는 비가 많지 않는 창고에 종류별, 길이별로 저장하되 직접 땅에 닿지 않게 해야 한다.

② 볼트

가. 강재의 재질

암반볼트용 강재는 KS D 35 04 철근 콘크리트용 봉강의 4종 SBD 40 또는 동등 이상의 강재이어야 한다.

나. 규격

강재는 이형봉강 D25를 규격적으로 사용한다. 볼트의 길이는 3~9 m로써 0.5 m 단위로 비치해야 하며 작업계획서 기재된 길이에 따라 시공한다.

표 3.2-1 강재의 규격

구경	단위 중량 kg/m	공칭 직경 (d)mm	공칭 단면적 (s)cm ²	공칭 주장 (l)cm	마디간격의 평균최대치 mm	마디높이의 평균최소치 mm	양쪽리브 합계의 최대치 mm
D25	3.98	25.4	5.067	8.0	17.8	1.3	20

다. 단부의 형상

볼트의 단부는 암반볼트의 종류에 따라 아래와 같이 가공해야 한다.

(가) 레진 볼트

볼트용 강봉의 한쪽 선단은 레진의 교반 효과를 높이기 위하여 예각으로 절단하고 다른 쪽 선단은 너트 체결을 위하여 아래와 같은 나사로 가공해야 한다.

표 3.2-2 볼트 가공 기준

호칭경 d	나사부분 (KSB 0201, 미터 보통나사)					볼트 부분	
	외경 D	유효경 D2	내경 D1	피치 P	나사부분 높이 H1	나사부분 길이 S	말단돌출부 K (약)
M24	24.000	22.051	20.752	3	1.624	150 + 5 m/m	3

(나) 슬랙(slack) 볼트

볼트용 강봉의 선단은 볼트의 삽입을 용이하게 하기 위하여 예각으로 가공해야 한다.

③ 지압판(bearing plate)

암반면과 암반볼트 사이에 충분한 지압면적을 확보하여 응력을 암반으로 효과적

으로 전달하기 위하여 지압판이 사용되어야 한다.

가. 재 질: KS D 3503, 일반 구조용 압연 강재 SB41 또는 동등이상

나. 규 격: 150 × 150 × 6T

다. 중심 홀: ∅ 28

④ 베벨드 와셔(bevelled washer)

암반면과 암반볼트의 축이 수직에서 기울어졌을 때 지압판과 암반과를 밀착시키기 위하여 2개의 베벨드 와셔가 사용되어야 한다(반구면 판과 구면 너트가 사용될 수도 있음.).

⑤ 평와셔

베벨드와셔와 너트 사이에는 KS B 1326를 사용한다(내경 25 mm, 외경 48 mm, 두께 6T).

⑥ 너트

암반볼트를 조이기 위한 너트로서 KS B 1012 6각 너트 및 6각 낮은너트를 사용하며 규격은 아래와 같다.

표 3.2-3 너트 규격

머리의 높이 (H)	대변 길이, B	대면각 길이, C	D (약)
19	36	41.6	34

* 표면의 마무리-나사부분을 제외한 전면 흑피

(3) 레진 볼트

① 레진 볼트의 특성과 적용개소

가. 레진 볼트는 최근에 사용되는 가장 발달된 볼트로서 그라우티드 볼트(grouted bolt)와 텐션드 볼트(tensioned bolt)들의 장점을 각각 가지고 있다. 레진은 합성수지와 경화촉진제가 각각 분리되어 하나의 캡슐(capsule) 속에 수납되어 있다. 이것이 공 내에 넣어져서 볼트에 의하여 캡슐이 깨뜨려지고 볼트가 회전하여 교반되면 주재와 경화 촉진제가 혼합되어 경화된다.

나. 급속 경화형은 공저에 넣어져서 수분 이내에 볼트에 인장력을 가할 수 있도록 급속히 경화하고, 완속 경화형의 레진은 서서히 경화하여 그 나머지 부분을 충전하므로써 볼트의 부식을 방지한다.

다. 레진 볼트는 조기강도가 요구되는 장소와 발파의 영향이 미치는 곳으로서 동굴의 천장부와, 벽체부 중에서 용수가 있을 때에 사용될 수 있다.

② 레진의 종류

가. 선단 정착용

볼트에 인장력을 가하기 위하여 선단 정착용으로 사용되는 레진은 경화 시에 용적 증가가 없고 급속 경화 (초결 1분 이내, 종결 20분 이내, 3분 이내 총 강도의 50% 이상 발휘)하는 형이 사용되어야 한다.

나. 부식방지용

영구적으로 안전되어야 하는 터널에는 부식방지용으로 경화시간이 길고 (종결

시간 1시간 이상) 경화 시에 용적이 팽창하는 레진을 추가로 사용해야 한다.

다. 레진의 요구조건

- (가) 압축강도, 인장강도 및 부착강도(볼트 및 압과의 부착도) 가 클 것
- (나) 장기강도가 현저하게 떨어지지 않을 것
- (다) 선단 정착용은 경화시간이 짧을 것(3분 이내에 긴장할 수 있도록 총강도의 50% 이상에 도달할 수 있을 것)
- (라) 부식 방지용으로 팽창형을 사용할 때는 팽창비율이 규정치 보다 적지 않을 것
- (마) 기계에 의한 공 내 주입이 가능할 것(압축공기로 넣어질 때 포장의 파손이 없을 것)
- (바) 보관 가능한 기간이 길 것(6개월 이상)

③ 레진 볼트의 시공장비

갱내 작업의 안전성을 유지하고 작업 효율을 높이기 위하여 부득이한 사유가 있을 때를 제외하고 레진 볼트의 시공에는 천공, 레진 주입, 볼트 삽입 및 회전 너트 체결의 전 과정을 자동으로 수행하는 암반 볼터(rock bolter)를 사용한다.

④ 레진 볼트의 시공

가. 위치 선정

나. 천공

암반 볼터에 의하여 천공(구경=38 mm, $l=3$ m) 작업을 수행한다. 유압천공기나 공압 천공기를 사용할 수 있다.

다. 압축공기에 의하여 레진을 필요한 수만큼 공저로 쏘아 넣는다. 수동으로 할 경우는 PVC봉 등으로 삽입하며, 소요되는 레진의 총 수량은 아래와 같다.(이 수량은 사용하는 제품의 용량에 따라 조정될 수 있음.)

(가) 선단 정착용(보통, 급속경화 레진) : $\varnothing 22$, $l=380$, 1800 cc 2개

(나) 부식방지용(2배 팽창성 완속경화형): 5개

라. 볼트에 지압판, 베벨드 와셔(2개), 와셔, 너트를 끼운 채 공내로 삽입하면서 회전시켜 레진을 교반함. (30초-1분, 이때 레진의 초결 시간을 경과하여 교반 시켜서는 안 됨.)

마. 경화 (3분간)

바. 너트 체결(시계방향으로 회전-회전 우력(torque)값 19-24 kg-m)

사. 재조이기 및 볼트 두부의 보호

막장에 가깝게 설치된 암반볼트는 발파의 영향으로 인한 밀림현상으로 이완되는 수가 있으므로 발파 후 확인 및 재조이기를 실시해야 하며, 영구적으로 안정을 유지해야 하는 터널에 설치되는 볼트의 두부와 판, 너트 등은 부식방지를 위하여 숏크리트나 몰타르로 피복 하여 보호하여야 한다.

(4) 슬랙 볼트(slack bolt)

① 슬랙 볼트의 특징 및 적용개소

- 가. 슬랙 볼트는 주입재(dry mix paste)를 공 내에 주입된 후 볼트가 삽입되어 경화되면 볼트와 암반 사이의 부착강도에 의하여 지지하는 볼트로서, 철망(wire mesh)의 고정이나 작은 암반의 낙하방지를 위한 보강재이다.
- 나. 슬랙 볼트는 간단하고 염가이며 볼트 길이에 제한을 덜 받는 반면, 볼트에 인장력을 가할 수 없고 양생기간이 길며 누수 개소에는 사용이 불가능하다.
- 다. 슬랙 볼트는 시급을 요하지 않는 부분과 용수가 없는 부분, 장대 볼트가 소요되는 부분에 광범위하게 적용된다.

② 슬랙 볼트 시공

가. 천공

암반 볼트터 등의 장비를 이용하여 회전 충격식에 의해 천공한다.

(가) 최적 천공구경: Ø 45 mm

(나) 천공길이: (볼트길이 - 10 cm)

나. 시멘트의 혼합

(가) 소형 혼합기(혹은 인력)에 의하여 시멘트, 물, 혼화제 등을 혼합한다.

(나) 용기는 모가 나지 않은 것을 사용하고 재료 투입 시 물을 먼저 투입하며, 시멘트 1m³당 배합비는 다음과 같다.

표 3.2-4 시멘트 배합비

품명	수량	비고
시멘트	1,500 kg	
팽창혼화제	8.1 kg	사용하는 혼화제에 따라 결정되어야 함.
물	518 kg	27~30% 범위에서 현장에서 결정

(다) 시공의 난이도는 물, 시멘트 비에 민감하므로 재료의 계량을 정확하게 해야 한다.

다. 주입재 주입

(가) 혼합된 시멘트를 주입용 펌프(rotary pump, screw pump 또는 feeder를 사용할 수도 있음.)를 이용하여 공 내로 주입한다.

(나) 펌프는 토출구에서 0.4 ~ 0.5 MPa 이상의 압력을 얻을 수 있어야 하고, 공 내에 공기가 남지 않도록 공저에서부터 지수 작업해야 한다.

라. 볼트 삽입

볼트를 인력이나 망치나 공압 천공기를 사용하여 공저로 밀어 넣을 때 볼트를 회전시켜서는 안 된다.

(5) 암반 볼트의 시험

① 재료 시험

암반볼트의 원재료는 관계재료의 KS규정에 의한 시험을 필하여야 사용 할 수 있다. 단, 강재의 화학적 성분 분석과 물리적 성질은 원재료 제조회사의 시험성적서를 공사감독자에게 제출하고 현장에서는 규격과 외관의 검사로 대체할 수 있다.

② 뽑기 시험

가. 목적

시공된 암반볼트를 현 위치에서 뽑기 시험을 통하여 정착부의 강도와 볼트의 강도를 확인하고 하중과 변위와 관계를 알기 위하여 실시한다.

나. 시험 실시빈도

(가) 시공초기에 볼트의 종류마다 실시

(나) 암의 강도에 현저한 변화가 있다고 생각될 때(강도차이 30 MPa 이상)

(다) 기타 볼트의 강도를 알 필요가 있을 때

다. 시험 방법

(가) 시공된 암반 볼트의 끝에 연결 커플링을 사용하여 볼트를 연장하여 인발기와 결합하고 볼트가 빠질 때까지(또는 파단 될 때까지) 인장하고 이때 인장력과 변형량을 기록한다.

(나) 볼트가 빠질 때나 파단될 때 장비가 떨어져서 손상되지 않도록 주의한다.

③ 회전력(torque) 시험

가. 너트의 회전력과 그때 볼트에 가해지는 인장력을 알고 가하고자 하는 인장력에 대한 회전력 값을 계산하여 너트 조임 장구의 회전력 값을 고정하고 이미 시공된 암반볼트에 가해진 인장력을 회전력 측정기(torque wrench)로 측정

나. 시험 실시 빈도

(가) 시공초기에 볼트의 종류마다 실시

(나) 사용하는 볼트 나사와 너트 규격에 변경이 있을 때 실시

(다) 기타 시공된 암반볼트의 검사를 위하여 필요할 때

다. 시험방법

암반 볼트 뽑기 시험과 같은 상태에서 회전력 측정기에 나타난 회전력 값과 인장력을 기록하고 이것을 도표화하여 회전력과 인장력 관계를 구한다

3.2.2 숏크리트

(1) 일반사항

① 숏크리트의 타설방식은 건식과 습식이 있으며, 본 지방에서는 건식을 규격으로 한다.

② 숏크리트 타설장비에는 재료 운반장비, 혼합기, 분사노즐, 혼화제 주입장치 등이 필요하고 터널 내의 제한된 공간에서도 효율적으로 작업을 수행할 수 있어야 하며, 작업자의 안전과 품질의 향상을 위하여 분사노즐은 원격조정이 가능하도록 되어야 한다.

③ 숏크리트의 타설 시기

발파 후 동굴의 안정을 얻기 위하여 실시하는 숏크리트(초기지보)는 발파 후 가능한 한 빠른 시기에 실시되어야 하며, 터널을 영구적으로 안전하게 하기 위하여 추가로 실시하는 숏크리트 (영구보강)는 막장과 50 m이상의 거리를 유지하면서 실시하여야 한다(단, 수직갱의 숏크리트 작업은 상단 부에서부터 실시하는 것으로

한다.).

④ 슛크리트의 요구조건

가. 불입성(shootability)

탈락율을 최소로 하면서 상향으로도 뿜어 질 수 있어야 한다.

나. 높은 조기 강도

4~8시간 동안의 양생으로 지보할 수 있는 강도를 얻을 수 있어야 한다.

다. 장기강도

(가) 조기강도와 불입성을 좋게 하기 위하여 급결제를 사용하더라도 규정된 28일 강도를 얻을 수 있다.

(나) 내구성이 좋아야 한다.

라. 경제성

재료의 단가가 싸야 하고 탈락에 의한 재료손실이 적어야 한다.

⑤ 두께변동의 허용치

암반 면의 불규칙한 굴곡면 중 튀어나온 부분에서의 슛크리트 두께는 작업 지시서에 기재되는 두께의 80% 미만이어서는 안 되며, 슛크리트 전체두께의 평균치는 설계두께 이상이어야 한다.

(2) 재료

① 시멘트

가. 시멘트는 KS L 5201, 포틀랜드 시멘트의 제1종 보통 포틀랜드 시멘트가 사용된다.

나. 시멘트의 저장(KCS 14 20 00)

(가) 시멘트는 방습적인 구조로 된 사이로 또는 창고에 품종별로 구분하여 저장해야 한다.

(나) 지상 30 cm 이상 되는 마루에 쌓아 올려서 검사나 반출에 편리하도록 배치하여 저장해야 한다. 이때 13포 이상 쌓아 올려서는 안 된다.

(다) 저장 중에 약간이라도 굳은 시멘트는 공사에 사용해서는 안 된다. 장기간 저장한 시멘트는 사용하기에 앞서 시험을 하며 그 품질을 확인해야 한다.

(라) 시멘트의 온도가 너무 높을 때는 그 온도를 낮추어서 사용해야 한다.

② 골재

가. 골재의 채취 및 저장방법

(가) 골재는 선정시험에서 선정된 품질 이상의 것을 잔골재 및 굵은 골재 규격별로 분리하여 채취하고 저장하되 저장소는 배수가 잘되는 곳에 저장하고 사용할 때의 표면수는 6% 이하가 되도록 해야 한다.

(나) 우천 시에 사용하기 위하여 최소한 5일간 사용할 수 있는 지붕이 있는 골재 저장소에 설치해야 한다.

나. 규격 및 입도

(가) 골재는 천연골재로서 깨끗하고, 강하고, 내구적이고 적당한 입도를 가지며

먼지, 흙, 유기불순물, 염분 등의 유해량을 KS에 규정된 허용치 이상 함유해서는 안 된다.

(나) 세골재 및 조골재의 입도 규격은 아래와 같다.

㉞ 세골재 입도기준

표 3.2-5 세골재 입도기준

체번호	체를 통과한 것의 중량 백분율 (%)
10 mm	100
No. 4	95 ~ 100
No. 8	80 ~ 100
No. 16	50 ~ 85
No. 30	25 ~ 60
No. 50	10 ~ 30
No. 100	2 ~ 10

㉟ 굵은 골재의 입도 규격

표 3.2-6 굵은 골재의 입도 규격

체번호 \ 골재규격	8	7	67
	10 mm-No. 8	13 mm-No. 4	19 mm-No. 4
25 mm			100
19 mm		100	90 ~ 100
13 mm	100	90 ~ 100	
10 mm	85 ~ 100	40 ~ 70	20 ~ 55
No. 4	10 ~ 30	0 ~ 15	0 ~ 10
No. 8	0 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 5
No. 16	0 ~ 5		

다. 골재의 혼합

(가) 세골재와 조골재는 사용 전에 규정된 혼합 입도에 맞도록 정확하게 혼합되어야 한다.

(나) 혼합골재의 잔골재율은 60~70%로서 입도 규격(혼합골재의 체통과 백분율 (ACI 506.2-77 참조))은 아래와 같다.

표 3.2-7 혼합 골재 입도 규격

체번호 \ 골재규격	입도 1 최대치수 10 mm	입도 2 최대치수 13 mm	입도 3 최대치수 19 mm
19 mm	-	-	100
13 mm	-	100	80 ~ 95
10 mm	100	90 ~ 100	70 ~ 80
No. 4	95 ~ 100	70 ~ 85	50 ~ 70

No. 8	80 ~ 100	50 ~ 70	35 ~ 55
No.16	50 ~ 85	35 ~ 55	20 ~ 40
No.30	25 ~ 60	20 ~ 35	10 ~ 30
No.50	10 ~ 30	8 ~ 20	5 ~ 17
No.100	2 ~ 10	2 ~ 10	2 ~ 10

(다) 공사초기에는 장비에 대한 사용이 미숙한 상태이므로 입도 1의 혼합골재를 사용하고 작업자의 숙련도에 따라서 입도 2와 입도 3의 혼합골재를 사용하는 것이 좋다.

③ 숏크리트용 혼화제

가. 숏크리트는 타설 후 4~8시간만에 압을 지보할 수 있어야 하며, 높은 조기 강도를 얻기 위하여 조강제가 시멘트 중량의 3~5%로 혼합된다.(조강제는 탈락률을 감소시키는 효과도 있음.)

나. 혼화제는 염화칼슘이나 수용성 염인 탄산나트륨, 수산화칼슘 등이 흔히 사용되며, 염화칼슘은 원유중의 유화물 또는 해수중의 염분과 반응하는 수가 있으며 숏크리트에 매립된 보강재를 부식하므로 사용되어서는 안 된다.

다. 혼화제 요구사항

(가) 높은 조기강도를 낼 수 있어야 한다(8시간 후 5 MPa 이상).

(나) 장기강도와 내구성을 해치지 않아야 한다.

라. 습식 혼합에서 혼화제는 노즐에서만 혼합되거나 액상으로서 물에 희석되어 노즐에서 혼합될 수가 있으며, 골재에는 4~6% 표면수가 있으므로 이 표면수에 의하여 경화하는 것을 방지하기 위하여 노즐에서 혼합되는 것이 바람직하다.

마. 사용하는 혼화제에 대하여 시험성적서를 제출하고 현장시험을 통하여 공사감독자의 승인을 받은 후 사용해야 한다.

바. 혼화제는 시멘트와 같은 방법으로 저장되어야 한다.

④ S.F.R.S (steel fiber reinforced 숏크리트)

가. 강섬유는 이완된 압면을 지지하기 위하여 숏크리트 속에 매립되어 보강재로서 사용된다.

나. 강섬유 보강 숏크리트는 무근 숏크리트에 비하여 휨인성, 내충격성, 전단강도, 피로도 저항성의 증가 등으로 이완되어 떨어지려는 작은 압괴를 효과적으로 지지한다.

다. 강섬유는 건조한 상태에서 녹이 없어야 하고 기름이나 다른 이물질에 의한 오염이 없으며 표면이 코팅되지 않은 상태로 강섬유의 기본 물성은 형상비가 30~60 이며, 인장강도는 7,000 kg/cm² 이상이어야 한다.

라. 강섬유 보강 숏크리트 재령 28일 기준 휨인장강도는 40 kg/cm² 및 압축강도는 200 kg/cm² 이상이 각각 되어야 한다.

(3) 시공

① 준비작업

가. 장비, 전력, 용수, 압축공기 등에 대해 작업 개시 전에 장비를 점검하여 가동상태에 이상이 있는지를 확인하고 전력, 용수, 압축공기에 대해서도 점검하여야 한다.

(가) 공기압력: 4~6 Bar

(나) 물의 압력: 6 Bar

(다) 뿔어 붙일 면의 준비

(라) 암면은 부석제거를 실시하고 압축공기와 물을 분사하여 청소한다.

(마) 사용장비: 노즐(로봇이나 인력으로 청소)

(바) 압력: 0.3~0.4 MPa

(사) 암면과 노즐 사이 거리: 1~2 m

나. 슛크리트 면은 초기 경화가 끝나야 되며 들뜬 부분 등에서 떨어지는 시멘트 등은 제거되어야 한다. 가설용으로 설치한 와이어 메시 및 기타 시설물은 슛크리트 실시 이전에 철거되어야 하고, 슛크리트 중에 매립되는 암반볼트의 두부에 부착된 흙이나 기름은 청소되어야 한다.

다. 보강 슛크리트용 철망은 통상 1층 슛크리트 타설 후 설치하며, 암반 볼트가 있을 때는 별도의 판과 너트를 추가하여 철망을 고정하고, 암면과 밀착되게 하기 위하여 1m²당 3개소의 비율로 고정한다.

② 혼합

가. 터널보강 공사용으로 사용된 슛크리트의 배합은 일반적으로

(가) 시멘트: 15~20% (단위 시멘트량 300~500 kg)

(나) 잔골재: 30~40%

(다) 굵은골재: 40~50%

(라) 물 시멘트비: 0.3~0.5이다.

(마) 현장에서는 시방배합을 기준으로 각각 다른 배합에 의한 공시체에 의한 압축강도 시험을 통하여 설계기준 강도를 만족하는 최적의 배합비를 결정하여야 한다.

③ 뿔어 붙이기

가. 혼합비의 조절

(가) 작업자는 시멘트, 골재의 배합비와 혼화제의 혼합비 및 공기 압력을 조절해야 한다.

(나) 시멘트, 골재 배합 비는 공급속도를 가감함으로써 조절할 수 있는데, 설계된 배합 비와 같게 혼합되도록 기계 운전을 고정해야 하며 혼화제는 용적 펌프의 혼화제 :물비를 조절함으로써 노즐에서 물과 함께 주입되는데 설계 혼합비와 같이 주입될 수 있도록 고정되어야 한다.

나. 뿔어 붙이기

(가) 슛크리트의 품질과 탈락률은 뿔어 붙이는 사람의 숙련정도에 가장 큰 영

향을 받으므로 숙련된 현장요원에 의해 시공되어야 한다.

(나) 뽑어 붙이기에 있어서의 대략적인 기준과 방법은 아래와 같다.

(다) 암반면과 노즐과 거리

㉠ 1.0~1.5 m(철망이 설치되었을 때는 더 가까워야 한다.)

㉡ 뽑어 붙이는 각도: 암반면과 수직일 때 가장 탈락률이 적음.

㉢ 물시멘트비: 40~60% 범위에서 암반면의 누수정도와 탈락하는 양에 따라 작업자가 조절하여야 함.

다. 시공순서

수직벽은 아래에서 위로 천정은 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 시공

라. 시공두께

숏크리트의 시공두께는 암반의 요철로 인하여 깊은 곳은 두께가 크며 나온 곳은 두께가 얇다. 1층의 숏크리트 평균두께는 30 mm이며 1층이 숏크리트는 1회에 타설되어야 한다. 다만, 천정에서는 시공두께가 얇아질 수 있으므로 2~3회에 걸쳐 1층을 시공할 수 있는데, 다음 회의 뽑어 붙이기는 먼저 시공한 숏크리트가 초기 경화하여 떨어지지 않고 지지할 수 있는 한도 내에서 가능한 빨리 시행하여야 한다. 수회에 걸쳐 1층의 숏크리트를 타설 할 때 1층의 두께는 10 cm를 초과해서는 안 된다.

④ 마감 및 양생

터널 지보공으로 사용되는 숏크리트는 특별한 마감이나 양생이 필요 없으나, 동절기에 외기의 영향을 받을 수 있는 터널입구에 취부된 숏크리트나 터널내부가 건조한 곳에 취부된 것은 4일간 보온 또는 습윤 양생하여야 한다.

⑤ 탈락된 숏크리트의 제거

숏크리트 취부가 끝나면 탈락된 것을 제거해야 하며 이것은 재사용될 수 없다.

(4) 시험 및 검사

① 원재료 시험

숏크리트에 사용되는 원재료는 공사감독자의 입회하에 표준품셈의 선정시험 및 관리시험 기준에 따라 시험을 시행하고 합격된 재료에 한하여 사용할 수 있다. 단, 발주자가 공급하는 시멘트 및 KS 표시 품에 대한 선정 시험은 생략할 수 있다.

② 시공전 시험

가. 숏크리트의 품질관리를 위하여는 재료의 시험과 숏크리트의 강도시험이 실시되어야 한다.

나. 재료(시멘트, 잔골재, 굵은골재, 혼화제)의 시험은 건설표준 품셈의 선정시험 및 품질관리 기준에 의하여 시행되어야 하고 숏크리트의 강도 시험은 본 시방서에 의하여 시행되어야 한다.

다. 시험빈도

(가) 공사초기

- (나) 골재나 혼화제가 변경되어 배합 비를 수정할 필요가 있을 때
- 라. 시험방법
 시방배합을 기준으로 하여 몇 가지의 다른 배합 비와 물 시멘트 비에 대한 공시체의 강도시험을 하여 설계기준 강도를 만족하는 최적의 배합을 결정하고 현장에서의 변동률을 감안하여 공시체의 압축강도는 설계기준강도 1.20이 되어야 한다.
- 마. 공시체 제작방법
 (가) 목재로 제작된 패널 내부에 박리제를 칠하고 물로 적신 후 시공장비에 의하여 배합된 슛크리트를 뿜어 붙이고, 초결이 끝날 때까지 움직이지 않고 현장조건과 비슷한 상태로 양생시킨 후 공시체를 잘라내어 7일과 28일의 압축강도를 시험한다.
 (나) 패널: 크기 (가로×세로×길이) = 1 m×1 m×15 cm
 (다) 재질: 목재
 (라) 공시체: 크기 10 cm×10 cm×10 cm, 패널 1개당 6개 제작
 (마) 제작방법
 KS F 2422, 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법에 의한다.
- 바. 강도시험
 KS F 2422, 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법에 의한다.
- ③ 혼합비의 측정
 가. 측정빈도
 시멘트 공급기(trixer feeder screw)의 마모상태를 감안하여 사용시간 300시간마다 1회 실시
 나. 측정방법
 혼합기로부터 배출되는 시멘트+골재와 골재의 양을 각각 수회 측정하여 평균하여 산정
 다. 측정결과 보정
 측정결과 배합비가 시공배합과 상이할 때는 스크류에 덧붙이기 용접을 시행하거나 스크류 속도를 가감하여 조절한 후 재측정하며 이 과정을 시공 배합비와 같아질 때까지 반복한다.
- ④ 슛크리트 품질 관리시험
 가. 시험빈도: 슛크리트 50 m³에 대하여 1회 실시(1회당 3개의 시험 Panel)
 나. 시험방법: 슛크리트를 실시하는 지점에서 동일장비와 동일 배합비에 의하여 하향, 수직, 상향의 3개의 시험 판넬에 타설하고 현장과 비슷한 상태로 양생한 후 28일 강도를 시험한다.
 (가) 패널: 시공 전 시험과 같음.
 (나) 공시체: 시공 전 시험과 같음.
 (다) 강도시험방법: 시공 전 시험과 같음.

다. 판정기준

(가) 패널 1개당 제작된 6개의 평균치는 설계기준 강도보다 커야 함.

(나) 5개중 2개 이상의 설계기준 강도보다 작아서는 안 된다.

⑤ 숏크리트 두께의 측정

가. 측정

공사감독자가 정하는 비율에 의하여 무작위로 추출된 표본면적에 대하여 객관 타당성 있는 방법으로 실시한다.

나. 결과의 판정

평균두께는 설계두께 이상이어야 하며, 가장 적게 시공된 부분에서도 설계두께의 80% 미만이어서는 안 된다.

다. 재측정 및 재시험

측정결과가 기준에 미달되면 1개소에서 더 측정하고 이때도 판정기준에 미달되면 그 표본 면적으로 대표된 전면적을 재시공한다.

3.2.3 지수작업(grouting)

(1) 지수작업의 일반사항

① 지수작업 목적

선 지수작업(pre-grouting)은 파쇄대나 대수층에 이르러 누수가 예상될 때 굴착 막장에서 진행 방향에 대하여 굴착 이전에 미리 실시하는 방법으로 실시한다. 단, 수직갱 구간은 반드시 선 지수작업을 실시한다.

② 지수작업의 시공시기

지수작업은 굴착공사 이전에 실시하는 선 지수작업과 굴착공사 이후에 발견될 누수를 처리하는 후 지수작업이 있다. 후 지수작업은 암의 노출면이 크고 균열이 표면까지 발달되어 있어 지수가 어려우므로 선 지수작업으로 시공하는 것을 권장한다.

③ 지수작업에 있어서의 시방서의 탄력 적용

지수작업의 시기와 천공방법, 천공밀도, 주입재의 배합 비, 주입압력 주입시간 등은 현장의 암질과 균열의 방향 지하수의 상태 등에 따라 달라지므로, 시방서의 규정을 기본으로 하되 현장조건에 따라 공법을 달리 할 수도 있다. 공법을 달리 할 때는 공사감독자의 사전 승인을 받아야 한다.

(2) 선 지수작업

① 적용개소

파쇄대나 대수층에 이르러 누수가 예상될 때 굴착 막장에서 진행 방향에 대하여 굴착 이전에 미리 실시하는 방법으로서 공사감독자의 작업지시서에 의하여 지시하는 장소에서 실시한다.(단, 수직갱 구간은 반드시 실시한다.)

② 시공장비

지수작업에 필요한 장비와 기구는 혼합기, 교반기, 펌프, 압력계, 팩커(packer), 파

이프, 접합 부속품(fitting)과 기타 공급설비로 구성되며, 지수작업이 연속적으로 진행될 수 있도록 충분한 용량을 가지고, 정비가 완전히 되어 있어야 한다.

가. 혼합기

(가) 혼합기는 시멘트와 물과 혼화제를 일정한 비율로 섞어서 유동성을 가지게 섞는 기계로서, 원통 속에서 몇 개의 패들을 가진 축이 공기식 모터 또는 전동기에 의하여 회전함으로써 교반하는 형과, 원통 속에 원심펌프가 장치되어 있어 원심펌프의 고속 회전으로 교반하는 형이 있다.

(나) 혼합기로서 일반적인 요구조건은 아래와 같다.

(다) 배합하고자 하는 시멘트, 물, 혼화제를 배합 비대로 정확하게 배합할 수 있으며, 임의로 배합 비를 조절할 수 있을 것

(라) 시멘트 현탁액이 유동상태를 유지할 수 있도록 고속으로 교반할 것

(마) 펌프에 연속적으로 공급할 수 있는 충분한 용량을 가질 것

나. 교반기

교반기는 이미 혼합된 시멘트 현탁액의 침전을 방지하기 위하여 혼합기와 펌프 사이에 배치되며 형식은 교반기와 같으나 회전속도가 다소 느리다. 이것은 혼합기의 고장 시 교반기 대응으로 사용할 수 있으며, 소규모의 지수작업에서는 사용되지 않을 수도 있다.

다. 펌프는 소규모의 지수작업에 사용되는 수동펌프에서부터 다공식 지수작업(multi-hole 지수작업)에 사용되는 대형펌프가 있다.

(가) 왕복펌프(Reciprocating pump)

(나) 나선형 펌프(screw pump)

(다) 압력탱크 (air pot)

라. 주입재료를 용기에 넣고 압력을 가하여 배출구를 통하여 배출되는 재료를 주입하는 형식들이 있다. 지수용 재료는 보통의 유체에 비하여 점성이 크고 비교적 큰 입자를 포함하므로 왕복 펌프가 주로 사용되며 펌프로서 일반적 조건은 아래와 같다.

(가) 35 Bar (최고 주입압력 25 Bar+손실 10 Bar)이상의 압력까지 가능해야 한다.

(나) 100 L/min 이상의 충분한 용량을 가져야 한다.

(다) 배출량과 압력을 최고치에서 0까지 정확하게 연속적으로 조정 가능해야 한다.

(라) 지수 작업하는 공에 따라서 최고 압력으로 고정할 수 있어야 하고 펌프가 이 압력 이상으로 되지 않도록 바이패스 장치가 되어 있어야 한다.

(마) 다공식 펌프에서는 6개 정도의 공을 동시에 지수 작업을 할 수 있는 충분한 용량을 가져야 한다. 왕복펌프에서는 피스톤의 왕복운동으로 인한 압력의 맥동에 의한 압력 변동을 감쇠시키기 위하여 토출구측에 공기 감쇠기(air chamber, regulator)가 부착되어야 한다.

(3) 자재

① 시멘트: 암반 볼트 참조

② 점토와 벤토나이트

가. 미립의 점토와 벤토나이트는 다량의 물을 흡수하여 유동성을 가지며 밀도 (consistency)가 좋기 때문에 미세한 균열이나 긴 거리까지 주입이 가능하다. 자체 강도가 없기 때문에 시멘트 현탁액(시멘트+물)에 첨가하여 사용하면 효과가 높다.

나. 점토와 벤토나이트를 사용하고자 할 때는 규격과 배합 비에 대하여 사전에 공사감독자의 승인을 얻어야 하며 사용 48시간 전에 물에 침수시켜야 한다.

③ 물유리(water glass)등 화학제품

수효과를 높이기 위하여 물유리, 레진 등의 화학제품을 첨가하고자 할 때에는 공사감독자의 사전 승인을 얻어야 한다.

④ 선-지수작업의 시공법

가. 감지공 천공

지질조사 결과로 분류한 누수 2등급 및 3등급 구간에 이르면 정확한 대수층 위치와 누수 상태를 알기 위하여 굴착막장에서 진행방향으로 누수량을 측정할 감지공을 천공한다.

(가) 공수: 1막장당 2공

(나) 공연장: 200 m

(다) 공규격: 48 mm

(라) 천공방법유압천공기 연장용 봉(jumbo drill extension rod)을 사용하여 천공

나. 주수시험 실시

(가) 감지공을 청수가 회수될 때까지 청소한 후 주수시험을 실시한다.

(나) 주수시험으로 측정한 손실률을 기준으로 지수작업 실시 여부와 지수작업 주입압력 및 배합비 등을 결정한다.

다. 주수시험 순서

(가) 감지공 내 1~2 m 지점에 패커를 설치한다.

(나) 지수작업 펌프로 압력 물을 주입한다.

(다) 초기에는 0.5~0.6 MPa 압력으로 주입을 시작하며, 압력을 조금씩 증가시켜 암반의 안정을 해치지 않는 적당한 압력에 도달하면 같은 압력으로 계속 주입한다. 최종 주입압력은 일반적으로 지하수압에 0.5~0.7 MPa을 더한 압력을 가한다.

(라) 터널표면에 균열이 많아 물이 누수될 때는 톱밥, 형짚, 또는 나무 켜기로 막는다. 주수시험 결과는 아래와 같은 서식으로 기재하고 종료 후 공사감독자에게 제출한다. (전술한 압력으로 최소 15분간을 주입하면서 주입된 물의 양을 측정한 후 손실률을 계산한다. 결과는 아래 서식에 의하여 기

재하고 공사감독자에게 제출한다.)

표 3.2-8 주수시험 결과 서식

일자	공번	연장 (m)	압력 (MPa)	시험실시 시각		시간 (분)
				개시	종료	

(마) 손실량 측정 및 손실률 계산서 양식

지수작업 실시 여부 판단(손실률에 따라 지수작업 실시 여부를 결정한다.)

표 3.2-9 손실량 측정 서식

일자	공번	연장 (m)	압력 (MPa)	시간 (분)	주입량 (l)	손실률 (1/분 · kg/cm ² · m)

(바) $Q < 0.05 \text{ l / 분} \cdot \text{kg/cm}^2 \cdot \text{m}$

지수작업은 실시하지 않고 감지공은 1 : 0.5 시멘트 반죽(paste)으로 충전

(사) $Q > 0.05 \text{ l / 분} \cdot \text{kg/cm}^2 \cdot \text{m}$ 전면 지수작업 실시

(4) 후 지수작업

① 적용 개소

후 지수작업은 굴착이 진행되고 난 후에 발견되는 누수에 대하여 공사감독자의 작업지시서에 의하여 시공한다.

② 후 지수작업 시공

감지공 천공은 생략하며 그 밖의 과정은 선 지수작업과 같다.

③ 시공 유의 사항

후 지수작업 공은 균열에서 3~4 m 이상 떨어진 곳에서부터 시작하여 되도록 먼 거리에서 균열을 통과하도록 유의하여 천공한다. 암반 노출면이 크고 균열이 표면까지 발달되어 있어 1단 지수작업 방법으로 실시가 불가능한 경우에는 다단 지수작업 또는 약품 지수작업으로 처리한다.

(5) 약품(chemical) 지수작업

① 적용개소

암반의 균열이 미세하거나 지하수압이 크고 누출량이 많아 시멘트 지수작업으로 지수가 불가능할 경우 화학제품을 주입하여 고결시킨다.

② 시공장비

약품 지수작업용 장비는 믹서, 배합펌프, 측정기구 기록장치, 재료 저장 설비 이동 설비 등을 갖추어야 하고 주입압력 45 Bar 이상 되어야 한다.

③ 재료

가. 물유리 알칼리규산염 계통

나. 플라스틱 레진

다. 아스팔트(Asphalt) 유제

- ④ 시멘트+진흙+규산소다(sodium silicate)+나트륨 알루미늄에이트(sodium aluminate)등이 있으며, 원유에 의하여 영향을 받지 않아야 한다. 약품 지수작업을 실시하고자 할 때는 재료, 시공법에 대하여 현장에서 시험을 시행하고 공사감독자의 승인을 얻어야 한다.

3.2.4 라이닝 공법

(1) 적용범위

토포의 영향을 미치거나 풍화도가 심하여 굴진이 어려운 터널 입구에 적용하며 적용구간 및 구조는 시공 시 현장 지질 상태에 따라 변경해야 한다.

(2) 일반사항

터널공사 표준시방서 및 철근콘크리트공사 표준시방서의 기준에 따라 시공해야 한다.

- ① 가설받침 구조는 철재 구조를 사용하되 목재 동바리를 사용해서 통로를 막는 일이 없도록 하여 연속작업에 지장을 주지 말아야 한다.
- ② 철재 구조는 중량물이면서 변형되지 않도록 주의해야 하므로 철골공과 비계공을 담당할 숙련된 현장요원을 배치시켜야 한다.
- ③ 굴진 중에 붕락의 위험이 따르게 되므로 안전에 만전을 기하도록 하여야 한다.

(3) 라이닝 작업

- ① 철재 구조를 버력 처리 전이라도 가설 가능하면 즉시 세우도록 하되 하중의 편심 작용이 없도록 연직으로 세워야 하며 제작된 철재 구조가 변형되지 않도록 주의해야 한다.
- ② 암반의 붕락이나 붕괴의 위험이 따를만한 개소에는 직경 $\varnothing 10$ cm 이상의 통나무로 받치되 철재와의 공간은 췌기목으로 받쳐서 위험이 없도록 하여야 한다.
- ③ 인근 철재 구조와 상호 지지하도록 도면의 명시 내용과 같이 구조용 파이프를 현장 용접 연결을 해야 하고 라이닝 콘크리트를 충분히 다져서 소요 강도에 부족함이 없도록 시공하여야 한다.

3.3 수직갱공사

3.3.1 선행 작업

- (1) 수직갱 상부에 임시 구조물의 설치 및 중장비 작업이 가능하도록 정지작업을 하여야 한다.
- (2) 수직갱 및 pit에 대한 수직도 및 규격을 측정한 후 그 결과를 보고하여야 한다.
- (3) 임시 구조물의 설치를 위해 견고한 기초를 설치한다.
- (4) 콘크리트 belt level에 수직배관 거치용 빔을 설치하고 수직 및 수평도를 검측 한다.
- (5) 상부 임시 구조물(tower)은 최대 하중 및 안전성이 충분히 고려되어 설치되어야 하며 수급자는 구조 계산서를 제출하여야 하며, 작업자의 안전시설에 만전을 기하여야 한다.

- (6) 수직배관 거치용 받침대의 작업대는 수직갱 plug에 콘크리트 타설 후까지 수직 배관 전체 중량을 지지하여야 하며, 필요할 경우 공사 완결 후 수직갱 bunker floor의 콘크리트 거푸집용 구조물로 사용될 수 있도록 수정되어야 한다.
- (7) 수직배관 거치용 구조물은 수직배관과 수직도를 비교 측정 가능한 구조로 설치되어야 한다.
- (8) 수직갱내 파이프 가이드 서포트는 수직 배관 설치 이전에 인서트 플레이트를 록볼트에 용접하여야 한다.
- (9) 수직갱 내에는 항상 유입 지하수가 쏟아지므로 용접작업 전 충분한 대비책을 강구하여야 한다.
- (10) 용접 후 열이 완전히 식은 후 도장 및 양생 완료시까지 수분, 습기 등으로부터 철저히 격리되어 있어야 한다.
- (11) 습기나 수분이 용접부위에 닿을 경우 이는 용접부분에 깨짐을 발생시키므로 철저히 차단되어야 한다.
- (12) 인서트플레이트는 도장이 완료된 후 모르타르 그라우팅을 실시하고 검수가 끝난 후 수직배관 설치 작업을 착수할 수 있다.
- (13) 수직배관 작업 중엔 모든 공구는 줄로 묶어서 사용하여 동굴 내로 떨어지는 일이 절대 없어야 한다.
- (14) 용접 작업 시 특히 용접봉이 수직갱 내로 낙하하는 일이 없도록 철저한 관리를 하여야 한다.
- (15) 동굴 내 펌프정(pump pit) 주변은 비계나, 임시 철책을 설치하고, 경고용 줄을 매어 외부인이 pit 주변에 접근하는 일이 없도록 하여야 한다.
- (16) 입출하용 수직배관에 부착된 stiffening ring이 파이프 가이드 서포트에 간섭이 되지 않도록 미리 점검 되어야 한다.

3.3.2 수직배관 설치

- (1) 수직배관 길이 : 12 m/본(터널 내 공간 등 현장 여건상 필요시 6 m/본)
- (2) 수직배관에 부착된 리프팅 러그의 위치는 수직도를 결정하는 매우 중요한 사항이므로, 양쪽의 설치 표고를 정확히 확인하여야 한다.
- (3) 수직배관의 리프팅 러그 부착상태를 확인하고 리프팅 러그 클램프를 채운다.
- (4) 크레인을 이용하여 수직배관을 취급 할 때는 반드시 수직배관에 부착된 러그의 구멍 지름에 맞는 shackle을 사용하여야 한다. 이때 사용되는 shackle은 안전 승인 품이어야 한다.
- (5) 수평으로 보관된 배관을 들면 하단부가 지면에 접촉된 상태로 회전하게 되며 이때 배관 하단부에 도장부가 손상될 수 있으므로, 바닥에 충분한 넓이의 고무판을 깔아 손상을 방지하여야 한다.
- (6) 수직배관은 크레인을 이용하여 수직갱 내 설치위치로 이동시켜 서서히 하강시킨 후 수직배관 거치용 의 정위치 에 내려놓는다.

- (7) 운반된 배관을 조절하여 위치 및 수직도를 측정기기를 이용하여 고정한다.
- (8) (7)의 기 거치되어 있는 수직배관 위로 새로운 수직배관을 (2) ~ (7)까지의 순서에 의해 가설치한다.
- (9) 상·하단의 수직배관의 정확한 위치, 수직도의 조정이 끝나면 가용접을 실시한다.
- (10) 가용접 시 용접의 root gap의 편차가 전체의 수직도에 영향을 미치므로 gap을 일정한 간격으로 유지시켜야 한다.
- (11) 수직배관의 가용접, 본 용접은 반드시 2인 이상이 대각선 방향에서 동시에 실시하여 열팽창, 수축으로 인한 수직도의 변형발생을 최소화시켜야 한다.
- (12) 수직갱내에 설치되는 배관들은 여러 개가 동시에 설치되므로 설치순서를 적절히 조화시켜 상부 구조물에 편심하중이 걸리지 않도록 설치 순서를 미리 고려하여야 한다.
- (13) 가용접이 끝난 배관은 용접 시방서에 의거 용접을 실시하되 용접사 2인 이상이 대각선 위치에 같은 방향으로 이동하며 본 용접을 실시한다.
- (14) 본 용접이 완료되면 동력 공구¹⁾을 이용하여 용접부를 깨끗하게 한다.
- (15) 용접부를 깨끗하게 한 후 시공자는 용접부에 대한 육안검사를 실시한다.
- (16) 육안검사 후 비파괴 검사를 시방서에 의거 수행한다.
- (17) 비파괴 검사 결과 용접부분에 대한 합격 판정 후 용접부 도장공사 절차에 따라 도장공사를 수행한다.
- (18) 불합격 판정이 나면 해당 용접부위를 그라인더로 갈아낸 후 보수용접을 하고 재검사를 받아야 한다.
- (19) 용접부 도장이 끝나면 공사감독자 승인 하에 배관을 크레인으로 들어 다음 작업을 수행한다.
- (20) 크레인²⁾으로 들기 전 리프팅 러그 클램프를 수직배관 상단에 다시 설치 고정한다.
- (21) 크레인에 고정시킨 후, 수직배관 상단 가이드 구조물의 고정을 풀고 수직배관을 약간 들어 올린 다음 하단 수직배관에 설치된 리프팅 러그 클램프를 풀어 제거시킨 후 수직배관을 서서히 수직갱 내로 하강시킨다.
- (22) 상기 3.3.2(1) ~ 3.3.2(21)까지 작업 순서를 반복하여 수직배관을 설치한다.
- (23) 수직배관의 수직도는 펌프류 설치 및 유위계의 설치오차 범위 이내여야 한다.
- (24) 마지막 최상단의 수직배관은 정확한 설치 표고를 맞추기 위하여 수직배관의 길이를 확인 후 설치토록 한다.

3.3.3 용접부 도장

- (1) 용접부위 도장은 비파괴 검사 결과를 감독원으로부터 통보 받은 후에 실시해야 한다.
- (2) 도장부위는 전동공구로 깨끗하게 하여야 하며, 먼지, 습기, 흙 등 기타 일체의 이물질로부터 철저히 보호되어야 한다.
- (3) 도장 재료는 제조사로부터 제공된 규격에 의거 배합하여 붓 또는 스프레이 도장을 실시한다.
- (4) 내면의 도장부분은 스프레이 도장을 원칙으로 하며, 시공자는 내면의 용접부 청소 및

도장을 할 수 있는 적절한 장비와 공구를 준비하여야 한다.

- (5) 내면 도장용 장비 및 공구는 착공 전에 성능이 입증된 후에 사용할 수 있다.
- (6) 재 도장은 도료 규격에 의거, 도막 건조시간이 경과한 이후에 재도장을 하여야 한다.
- (7) 도장 후 표면 상태는 핀홀, 흘러내림, 이물질의 부착이 없도록 하여야 한다.

3.3.4 수직배관 내압 기밀시험

- (1) 수직배관 내압 기밀시험은 공사감독원과 협의하여 공기, 질소를 이용 각각의 시방에 의거 내압 및 기밀시험을 수행하며 이는 배관 내압 기밀시험 및 세척 상세 시방서에 따른다. 시험 압력은 각 수직배관 최상부의 압력을 의미한다.
- (2) 내압 기밀시험을 위하여 수직배관 하부에 상기 시험 압력을 견딜 수 있도록 막힘플랜지 혹은 캡을 이용하며 필요시 드레인 또는 통기 밸브를 설치하여야 한다. 시험 완료 후 하부 용접으로 인한 열영향부가 발생하였을 경우 용접부위로부터 약 100 mm 이상 길이는 절단하여야 한다.
- (3) 물로 내압 기밀시험을 실시할 경우 수직배관의 시험은 수직배관 지지대의 하중을 줄이기 위하여 가능한 각각 수행되어야 하며, 다른 수직배관에 시험용 유체를 채우기 전에 배수를 시켜야 한다.
- (4) 내압 기밀시험이 곤란한 배관(통기 배관, 유위측정관 등)은 방사선 투과시험을 1류 이상으로 실시하고 내압 기밀시험은 생략한다(spool piece 각각에 대한 압력시험은 제작자 공장 또는 현장에서 실시).

표 3.3-1 내압 기밀시험 기준

구분	시험검사대상	시험검사방법	판정기준	비고
원유토출배관	FULL	방사선투과시험	KS B 0845, 0888 1류 이상	WELDING 접합
VENT 배관	FULL	방사선투과시험	KS B 0845, 0888 1류 이상	WELDING 접합
LEVEL GAUGE CASING	FULL	방사선투과시험	KS B 0845, 0888 1류 이상	WELDING 접합
입하배관	FULL	방사선 투과시험 및 기밀시험	KS B 0845,0888 2류 이상	WELDING 접합
삼출수 배관 CASING	FULL	방사선 투과시험 및 기밀시험	KS B 0845,0888 2류 이상,	WELDING 접합
T/G CASING	FULL	방사선 투과시험 및 기밀시험	KS B 0845, 0888 2류 이상,	WELDING 접합
삼출수 토출배관	FULL	방사선 투과시험 및 기밀시험	KS B 0845,0888 2류 이상,	FLANGE 접합

- (5) 기밀시험이 끝난 후 각 수직배관에 대해 도면대로 최종 위치를 고정 후 플러그에 콘크리트를 타설한다. 이때 표고 고정 기준은 플러그 중심선으로 하고 상하부가 맞아야 하며, 콘크리트 플러그 부위에 보강용 철근이 설치되어 있는지 확인해야 하며 수직도를 한 번 더 점검하여야 한다.

3.3.5 유류 및 삼출수 펌프 설치

유류 출하용 및 삼출수 배출용 심정펌프 설치는 제작사의 매뉴얼을 철저히 준수하면서 설치하여야 한다.

3.3.6 수직배관 설치절차

표 3.3-2 수직배관 설치절차

단계	작업명	작업 내용
1단계	수직갱 굴착 및 보강	수직갱 수직도 검측 입회
2단계	pump pit 구조물 형성	pump pit 구조물 검측 입회
3단계	scaffold 제작 및 설치	배관 support 및 plug Embed plate 설치용 수직배관 support 설치용
4단계	배관 support 및 plug Embed plate 설치	배관 support 및 plug Embed plate 설치용
5단계	scaffold 재설치	pump pit에서 scaffold 철거 및 수직갱 상부 scaffold 재설치
6단계	수직배관 거치용 beam 설치	수직배관 거치용 beam EL 검측
7단계	수직배관 공사용 tower 설치	scaffold 및 kibble 이동용 winch 3대 설치 및 scaffold와 연결
8단계	수직배관 1단 설치	<ul style="list-style-type: none"> 수직배관 설치용 Crane 활용 수직배관 단계별 정리 정돈 수직배관 진원도 및 spool 길이 검측
9단계	수직배관 2단 설치	<ul style="list-style-type: none"> 수직배관 진원도 및 spool 길이 검측 수직배관 Tack welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 하강 수직배관 용접부 내·외부 도장 및 검측
10단계	수직배관 3~마지막 이전 단 설치	<ul style="list-style-type: none"> 수직배관 진원도 및 spool 길이 검측 수직배관 Tack welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 하강 수직배관 용접부 내·외부 도장 및 검측
11단계	수직배관 마지막 단 설치 (Final spool)	<ul style="list-style-type: none"> 수직배관 진원도 및 spool 길이 검측 수직배관 Tack welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 welding 수직배관 수직도 fit-up 검측 수직배관 하강 수직배관 용접부 내·외부 도장 및 검측 수직배관 leak Test 실시

12단계	수직배관 support 설치 (상단 →하단)	<ul style="list-style-type: none"> • support 부재 가공 및 도장 검측 • 수직배관 수직도 검측 • 수직배관 용접부 외부 도장 검측 및 보수
13단계	plug support 설치	<ul style="list-style-type: none"> • support 부재 가공 및 도장 검측 • 수직배관 수직도 검측 • 수직배관 용접부 외부 도장 검측 및 보수
14단계	pump pit support 설치	<ul style="list-style-type: none"> • support 부재 가공 및 도장 검측 • 수직배관 수직도 검측 • 수직배관 용접부 외부 도장 검측 및 보수 • scaffold 해체 및 철거 • 수직배관 길이 검측 • 수직배관 상부 Flange 평활도 및 EL. 검측
15단계	plug Con'c 타설	
16단계	수직갱 Bentonite 충전	<ul style="list-style-type: none"> • 수직갱 tower 해체 및 철거 • 수직배관 clamp 철거
17단계	수직갱 Cover 설치	수직갱 충수
18단계	pump 설치	원유, leak water, 수직갱 배수 pump

2021 집필위원

성명	소속	성명	소속
강영호	한국석유공사	박종문	(주)동명기술공단
박재철	(주)동해기술공사	성순경	가천대학교
신영기	세종대학교	이광현	(주)한국종합기술

2024 설비분야 대분류 분리에 따른 코드번호 개정

성명	소속	성명	소속
주영경	한국건설기술연구원		

2021 자문위원

성명	소속	성명	소속
변운섭	우원엠앤이	신현준	한국건설기술연구원

2024 건설기준위원회 및 국가건설기준센터

성명	소속	성명	소속
강철규	경기대학교	이영호	한국건설기술연구원
김명철	동부엔지니어링	김기현	한국건설기술연구원
김세동	두원공과대학교	김나은	한국건설기술연구원
김승원	뉴테크구조기술사사무소	김민관	한국건설기술연구원
김영진	한국건설기술연구원	김재훈	한국건설기술연구원
김창수	디엠엔지니어링	김태송	한국건설기술연구원
김태진	티아이구조기술사사무소	김희석	한국건설기술연구원
남기범	한국전기기술인협회	류상훈	한국건설기술연구원
류현희	NCS구조엔지니어링	안준혁	한국건설기술연구원
박지훈	인천대학교	원훈일	한국건설기술연구원
서병택	용인송담대학교	이상규	한국건설기술연구원
성순경	가천대학교	이소정	한국건설기술연구원
신영기	세종대학교	이승재	한국건설기술연구원
신영수	이화여자대학교	이승환	한국건설기술연구원
엄영호	(주)동명기술공단	이용수	한국건설기술연구원
유홍국	건일엠이씨	이원종	한국건설기술연구원
이복희	인하대학교	주영경	한국건설기술연구원
이주철	건일엠이씨	최봉혁	한국건설기술연구원
이철호	서울대학교	허원호	한국건설기술연구원
이태형	건국대학교		

2024 중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김영일	서울과학기술대학교	이영범	(주)수성엔지니어링
송상빈	한국광기술원	박영	한밭대학교
최영욱	한국전기연구원	박경윤	LG전자
주강필	SK에코플랜트(주)		

국토교통부

성명	소속	성명	소속
전인재	국토교통부 건설산업과	이종문	국토교통부 건설산업과
		이상민	국토교통부 건설산업과

(분야별 가나다순)

KCS 33 40 15 : 2024

지하유류 비축시설공사

2024년 8월 22일 개정

소관부서 국토교통부 건설산업과

관련단체 대한설비공학회

06130 서울 강남구 테헤란로7길 22(역삼동 635-4)과학기술회관 신관 902호

Tel : 02-554-8571~2 E-mail : hvac@sarek.or.kr

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

작성기관 국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

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

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

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

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

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