



터널공사 표준안전 작업지침-NATM공법

[시행 2023. 7. 1.] [고용노동부고시 제2023-36호, 2023. 7. 1., 일부개정]

고용노동부(건설산재예방정책과), 044-202-8938

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 고시는 「산업안전보건법」제13조에 따라 터널공사중 무지보공 터널굴착공사(NATM) 재해방지를 위한 작업상의 안전에 관하여 사업주에게 지도·권고할 기술상의 지침을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(용어의 정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 이 고시에 특별한 규정이 없으면 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령 및 시행규칙, 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따른다.

제2장 지반의 조사

제3조(지반조사의 확인) 사업주는 지질 및 지층에 관한 조사를 실시하고 다음 각 호의 사항을 확인하여야 한다.

1. 시추(보오링) 위치
2. 토층분포상태
3. 투수계수
4. 지하수위
5. 지반의 지지력

제4조(추가조사) 사업주는 설계도서의 시추결과표 및 주상도 등에 명시된 시추공 이외에 중요구조물의 축조, 인접 구조물의 지반상태 및 위험지장물 등 상세한 지반·지층 상황을 사전에 조사하여야 하며 필요시 발주자와 협의한 다음 추가시추 조사를 실시하여야 한다.

제5조(지반보강) 사업주는 작업구, 환기구 등 수직갱 굴착계획구간의 연약지층·지반을 정밀 조사하여야 하며 필요시 발주자와 협의한 다음 지반보강말뚝공법, 지반고결공법, 그라우팅 등의 보강 조치를 취하여 굴착 중 발생하는 붕괴에 대비하여 안전한 공법을 계획하여야 한다.

제3장 발파 및 굴착

제6조(일반사항) ① 설계 및 시방에서 정한 발파기준을 준수하여야 하며 이때에는 발파방식, 천공길이, 천공직경, 천공간격, 천공각도, 화약의 종류, 장약량 등을 준수하여 과다발파에 의한 모암손실, 과다여굴, 부석에 의한 붕괴·붕락을 예방하여야 한다.

- ② 발파대상 구간의 막장암반상태를 사전에 면밀히 확인하여 발파시방에 적합한 암질 여부를 판단하여야 한다.
- ③ 연약암질 및 토사층인 경우에는 발파를 중지하고 다음 각 호에 대한 검토를 하여야 한다.
1. 발파시방의 변경조치
 2. 암반의 암질판별
 3. 암반지층의 지지력 보강공법
 4. 발파 및 굴착 공법변경
 5. 시험발파실시
- ④ 암질판별 및 발파구간 인접구조물에 대한 피해 및 손상을 예방하기 위한 발파허용진동치는 「건설기술 진흥법」 제44조에 따라 정한 건설공사 설계기준 및 표준시방서 등 관계 법령·규칙에서 정하는 기준을 준수하여야 한다.
- ⑤ 삭제
- ⑥ 암질의 변화구간 및 발파시방 변경시에는 발파전 폭력, 폭속, 발파 영향력 등의 조사 목적으로 시험발파를 실시하여야 하며 시험발파 후 암질판별을 기준으로 하여 발파방식, 표준시방 등의 계획을 재수립하여야 한다.
- ⑦ 철도, 기존 지하철, 고속도로, 건축구조물 등 기존 구조물의 하부지반 통과 구간의 굴착은 관계법령을 준수하여야 하며 다음 각 호를 사전에 확인하여야 한다.
1. 발파의 경우 시험발파에 의한 진동영향력에 대하여 정밀검토를 하여야 하며 상부 구조물의 진동의 영향이 없는 범위내에서 발파를 시행하여야 한다.
 2. 발파의 경우에는 발파시방을 준수하여야 하며 풍화암 등 연약암반 및 토층 구간은 발파를 중지하고 수직·수평보오링 등 정밀조사를 실시한 후 암질 판별에 의한 굴착시방을 변경하여야 하며 다음 각 목에 대한 보강공법을 검토한 후 발주처와 협의에 의한 시공계획을 수립하여야 한다.
 - 가. 무진동 파쇄공법
 - 나. 쉴드공법
 - 다. 언더피닝 및 파이프 루핑공법
 - 라. 포아폴링공법
 - 마. 프리그라우팅공법
 - 바. 국부미진동 소할발파
3. 언더피닝 및 파이프루핑 보강의 경우 다음 각 목에 대하여 계획을 수립하여야 하며 시공중 안전상태를 확인하여야 한다.
- 가. 보강구간의 정밀토층, 지하매설물 등의 사전검토를 실시하여야 한다.
 - 나. 지반지지력구조 계산시 통과차량, 지진 등에 대한 충분한 안전율을 적용하여야 한다.
 - 다. 강재 지보구간의 경우 취성파괴에 대한 사전예방대책 및 볼팅구조의 접합부에 대한 구조상세 계획을 수립하여야 한다.
 - 라. 재크의 시험성과 합격품목 여부 및 마모, 작동 등의 이상유무를 확인하여야 한다.
 - 마. 언더피닝구간 등의 가설구조는 응력계, 침하계, 수위계에 의한 주기적 분석의 변위 허용기준을 설정하여야 한다.

바. 언더피닝구간 등의 토사굴착은 사전에 단계별 순서와 토량을 정확하게 산정하여야 한다.

사. 기계·장비 굴착에 의한 진동을 최소화하여야 한다.

아. 굴착중 용출수 및 누수상태 발생시 급결제 등의 방수 및 배출수 유도시설을 강구한 후 굴착 및 기타 작업을 실시하여야 한다.

⑧ 계측관리 시 다음 각 호의 사항을 측정하여 그 결과에 따른 보강대책을 마련하고, 이상이 발견되면 즉시 작업을 중지하고 장비 및 인력의 대피 조치를 하여야 한다.

1. 내공변위
2. 천단침하
3. 지중, 지표침하
4. 록볼트 축력측정
5. 슛크리트 응력

⑨ 삭제

⑩ 삭제

제7조(발파작업) 사업주는 터널공사에 필요한 발파작업에서의 재해예방을 위한 화약류의 취급, 운반, 사용 및 관리와 작업상의 안전에 관하여는 「발파 표준안전 작업지침」(고용노동부 고시)을 따른다.

제8조 삭제

제9조 삭제

제10조 삭제

제11조 삭제

제12조 삭제

제13조(버력처리) 사업주는 버력처리에 있어서 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 버력처리 장비는 다음 각목의 사항을 고려하여 선정하고 사토장거리, 운행속도 등의 작업계획을 수립한 후 작업하여야 한다.
 - 가. 굴착단면의 크기 및 단위발파 버력의 물량
 - 나. 터널의 경사도
 - 다. 굴착방식
 - 라. 버력의 상상 및 함수비
 - 마. 운반 통로의 노면상태
2. 버력의 적재 및 운반 작업시에는 주변의 지보공 및 가시설물등이 손상되지 않도록 하여야 하며 위험요소에는 운전자가 보기 쉽도록 운행속도, 회전주의, 후진금지 등 안전표지판을 부착하여야 한다.

3. 상기 1, 2호의 계획 및 안전조치를 취한 후 근로자에게 직업안전교육을 실시하여야 한다.
4. 작업장에는 안전담당자를 배치하고 작업자 이외에는 출입을 금지하도록 하여야 한다.
5. 버력의 적재 및 운반기계에는 경광등, 경음기 등 안전장치를 설치하여야 한다.
6. 버력처리에 있어 불발화약류가 혼입되어 있을 경우가 있으므로 확인하여야 한다.
7. 버력운반 중 버력이 떨어지는 일이 없도록 무리한 적재를 하지 않아야 한다.
8. 버력운반로는 항상 양호한 노면을 유지하도록 하여야 하며 배수로를 확보해 두어야 한다.
9. 갱내 운반을 궤도에 의하는 경우에는 탈선 등으로 인한 재해를 일으키지 않도록 궤도를 견고하게 부설하고 수시로 점검, 보수하여야 한다.
10. 버력반출용 수직구 아래에는 낙석에 의한 근로자의 재해를 방지하기 위하여 낙석주의, 접근금지 등 안전표지판을 설치하여야 한다.
11. 버력 적재장에서는 봉락, 붕괴의 위험이 있는 뜬돌 등의 유무를 확인하고 이를 제거한 후 작업하도록 하여야 한다.
12. 차량계 운반장비는 작업시작전 다음 각 목의 사항을 점검하고 이상이 발견된 때에는 즉시 보수 기타 필요한 조치를 하여야 한다.
 - 가. 제동장치 및 조절장치 기능의 이상 유무
 - 나. 하역장치 및 유압장치 기능의 이상 유무
 - 다. 차륜의 이상 유무
 - 라. 경광, 경음장치의 이상 유무

제14조(기계굴착) ① 로오드 헤더(Load Header), 쉬일드 머신(Shield Machine), 터널 보오링머신(T.B.M) 등 굴착기계는 다음 각 호의 사항을 고려하여 선정하고 작업순서등 작업안전 계획을 수립한 후 작업하여야 한다.

1. 터널굴착단면의 크기 및 형상
 2. 지질구성 및 암반의 강도
 3. 작업공간
 4. 용수상태 및 막장의 자립도
 5. 굴진방향에 따른 지질단층의 변화정도
- ② 제1항의 수립된 작업안전계획에는 최소한 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
1. 굴착기계 및 운반장비 선정
 2. 굴착단면의 굴착순서 및 방법
 3. 굴진작업 1주기의 공정순서 및 굴진단위길이
 4. 버력적재 방법 및 운반경로
 5. 배수 및 환기
 6. 이상 지질 발견시 대처방안
 7. 작업시작전 장비의 점검

8. 안전담당자 선임

- ③ 사업주는 제1항 및 제2항에서 수립된 직업안전계획에 준하여 작업을 하여야 하며 이를 작업자에게 교육하고 확인하여야 한다.
- ④ 작업자는 사업주로부터 지시 또는 교육받은 작업내용을 준수하여야 한다.

제15조(연약지반의 굴착) 사업주는 연약지반 굴착시에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

- 1. 막장에 연약지반 발생시 포아폴링, 프리그라우팅 등 지반보강 조치를 한 후 굴착하여야 한다.
- 2. 굴착작업 시작전에 뿔머붙이기 콘크리트를 비상시에 타설할 수 있도록 준비하여야 한다.
- 3. 성능이 좋은 급결제를 항상 준비하여 두어야 한다.
- 4. 철망, 소철선, 마대, 강관 등을 갯내의 찾기 쉬운 곳에 준비하여 두어야 한다.
- 5. 막장에는 항상 작업자를 배치하여야 하며, 주·야간 교대시에도 막장에서 교대하도록 하여야 한다.
- 6. 이상용수 발생 또는 막장 자립도에 이상이 있을 때에는 즉시 작업을 중단하고 이에 대한 조치를 한 후 작업하여야 한다.
- 7. 작업장에는 안전담당자를 배치하여야 한다.
- 8. 필요시 수평보오링, 수직보오링을 추가 실시하고 지층단면도를 정확하게 작성하여 굴착계획을 수립하여야 한다.

제4장 뿔머붙이기 콘크리트

제16조(작업계획) ① 사업주는 뿔머붙이기 콘크리트 작업시에는 사전에 작업계획을 수립 후 실시하여야 한다.

- ② 제1항 작업계획에는 최소한 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

- 1. 사용목적 및 투입장비
- 2. 건식공법, 습식공법 등 공법의 선택
- 3. 노즐의 분사출력기준
- 4. 압송거리
- 5. 분진방지대책
- 6. 재료의 혼입기준
- 7. 리바운드 방지대책
- 8. 작업의 안전수칙

- ③ 사업주는 제1항 및 제2항의 작업계획을 근로자에게 교육시켜야 한다.

제17조(일반사항) 사업주는 뿔머붙이기 콘크리트 작업시 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

- 1. 뿔머붙이기 작업전 필히 대상암반면의 절리상태, 부석, 탈락, 붕락 등의 사전 조사를 실시하고 유동성 부석은 완전하게 정리하여야 한다.
- 2. 뿔머붙이기 작업대상구간에 용수가 있을 경우에는 작업전 누수공 설치, 배수관매입에 의한 누수유도 등 적절한 배수처리를 하거나 급결성모르타르 등으로 지수하여 접착면의 누수에 의한 수막분리현상을 방지하여야 한다.

다.

3. 뿔어붙이기 콘크리트의 압축강도는 24시간 이내에 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상, 28일 강도 $200\text{kgf}/\text{kg}$ 이상을 유지하여야 한다.
4. 철망 고정용 앵커는 10m^2 당 2본을 표준으로 한다.
5. 철망은 철선굵기 $\psi 3\text{mm} \sim 6\text{mm}$ 눈금간격 사방 100mm 의 것을 사용하여야 하며, 이음부위는 20cm 이상 겹치도록 하여야 한다.
6. 철망은 원지반으로부터 1.0cm 이상 이격거리를 유지하여야 한다.
7. 지반의 이완변형을 최소한으로 하기 위하여 굴착 후 최단시간 내에 뿔어붙이기 콘크리트 작업을 신속하게 시행하여야 한다.
8. 기계의 고장등으로 작업이 중단되지 않도록 기계의 점검 및 유지 보수를 실시하여야 한다.
9. 작업전 근로자에게 분진마스크, 귀마개, 보안경 등 개인 보호구를 지급하고 착용 여부를 확인 후 작업하여야 한다.
10. 뿔어붙이기 콘크리트 노즐분사압력은 $2 \sim 3\text{kgf}/\text{cm}^2$ 를 표준으로 한다.
11. 물의 압력은 압축공기의 압력보다 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 높게 유지하여야 한다.
12. 지반 및 암반의 상태에 따라 뿔어붙이기 콘크리트의 최소 두께는 다음 각목의 기준 이상이어야 한다.
 - 가. 약간 취약한 암반 : 2cm
 - 나. 약간 파괴되기 쉬운 암반 : 3cm
 - 다. 파괴되기 쉬운 암반 : 5cm
 - 라. 매우 파괴되기 쉬운 암반 : 7cm (철망병용)
 - 마. 팽창성의 암반 : 15cm (강재 지보공과 철망병용)
13. 뿔어붙이기 콘크리트 작업시에는 부근의 건조물 등의 오손을 방지하기 위하여 작업전 경계부위에 필요한 방호조치를 하여야 한다.
14. 접착불량, 혼합비율불량 등 불량한 뿔어붙이기 콘크리트가 발견되었을시 신속히 양호한 뿔어붙이기 콘크리트로 대체하여 콘크리트 덩어리의 분리 낙하로 인한 재해를 예방하여야 한다.

제5장 강아아치 지보공

제18조(일반사항) 강아아치 지보공 설치시에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 강아아치 지보공을 조립할 때에는 설계, 시방에 부합하는 조립도를 작성하고 당해 조립도에 따라 조립하여야 하며 재질기준, 설치간격, 접합볼트 체결 등의 기준을 준수하여야 한다.
2. 강아아치 지보공 조립시에는, 부재운반, 부재전도, 협착 등 안전조치를 취한 후 조립작업을 하여야 한다.
3. 설계조건의 암반보다 구조적으로 불리한 경우에는 강아아치 지보공의 간격을 적절한 기준으로 축소하여야 한다.

제19조(시공) 강아아치 지보공 시공시에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 강아아치 지보공은 발파굴착면의 절리발달, 편암붕락 등 원지반에 불리한 파괴응력이 발생하기전 가능한 한 신속히 설치하여야 한다.
2. 강아아치 지보공은 정해진 위치에 정확히 설치하여야 하며 건립 후 그의 위치중심, 고저차에 대하여 수시로 점검하여야 한다.
3. 강아아치 지보공의 설치에 있어서는 지질 및 지층의 특성에 따라 침하발생이 우려될 경우 쐐기, 앵커 등의 고정조치를 강구하여야 한다.
4. 강아아치 지보공의 상호연결볼트 및 연결재는 충분히 조여야 하며 용접을 금하고 덧댐판으로 볼트-너트 구조의 접합을 실시하여야 한다.
5. 강아아치 지보공의 받침은 목재 받침을 금하고 철근류 및 양질의 콘크리트 블록등으로 고정하여야 한다.
6. 강아아치 지보공에 변형, 부재이완, 설치 간격불량 등의 이상이 있다고 인정되는 경우에는 즉시 안전하고 확실한 방법으로 보강을 하여야 한다.
7. 프리그라우팅 및 포아폴링 등의 보강작업시 사용되는 붕, 파이프 등에 의하여 강아아치 지보공이 이동하거나 뒤틀리는 것을 막아야 하며, 이 경우 설치오차는 수평거리 10cm 이내로 하여야 한다.
8. 예상치 못했던 막장의 구조적 불안정 등과 같은 비상에 상황에 대비하여 충분한 양의 비상용 통나무와 쐐기목, 급결제, 시멘트 등을 준비해 두어야 한다.

제6장 록 볼트

제20조(일반사항) 록 볼트 설치작업에 있어 작업전, 작업 중 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 록 볼트공 작업에 있어서는 작업전 다음 각 목의 사항을 검토하여 실시하여야 한다.
 - 가. 지반의 강도
 - 나. 절리의 간격 및 방향
 - 다. 균열의 상태
 - 라. 용수상황
 - 마. 천공직경의 확대유무 및 정도
 - 바. 보아홀의 거리정도 및 자립여부
 - 사. 뿔어붙이기 콘크리트 타설방향
 - 아. 시공관리의 용이성
 - 자. 정착의 확실성
 - 차. 경제성
2. 록 볼트 설치작업의 분류기준은 선단정착형, 전면접착형, 병용형을 기준으로 하며 작업전 설계, 시방에 준하는 적절한 방식여부를 확인하여야 한다.
3. 록 볼트 선정에 있어서는 2, 3종류의 록 볼트를 선정하여 현장부근의 조건이 동일한 장소에서 시험시공, 인발 시험 등을 시행하여 록 볼트 강도를 사전 확인하므로써 가장 적합한 종류의 록 볼트를 선정할 수 있도록 하여

야 한다.

4. 록 볼트 재질선정에 있어서는 암반조건, 설계시방 등을 고려하여 선정하여야 하며, 록 볼트의 직경은 25mm를 원칙으로 하여야 한다.
5. 록 볼트 접착재 선정에 있어서는 조기 접착력이 크고, 취급이 간단하여야 하며 내구성이 양호한 조건의 것을 선정하여야 한다.
6. 록 볼트 삽입간격 및 길이의 기준은 다음 각 목의 사항을 고려하여 결정하여야 한다.
 - 가. 원지반의 강도와 암반특성
 - 나. 절리의 간격 및 방향
 - 다. 터널의 단면규격
 - 라. 사용목적

제21조(시공) 록 볼트 시공에 있어서는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 록 볼트 천공작업은 소정의 위치, 천공직경 및 천공 깊이의 적정성을 확인하고 굴착면에 직각으로 천공하여야 하며, 볼트 삽입전에 유해한 녹·석분 등 이물질이 남지 않도록 청소하여야 한다.
2. 록 볼트의 조이기는 삽입 후 즉시 록 볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위에서 충분한 힘으로 조여야 한다.
3. 록 볼트의 다시조이기는 시공후 1일정도 경과한 후 실시하여야 하며, 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소정의 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우에는 다시 조이기를 하여야 한다.
4. 모든 형태의 지지판은 지반의 변형을 구속하는 효과를 발휘하고, 지반의 붕락방지를 위하여 암석이나 뿔어붙이기 콘크리트 표면에 완전히 밀착되도록 하여야 한다.
5. 록 볼트는 뿔어붙이기 콘크리트의 경과후 가능한 한 빠른시기에 시공하여야 한다.
6. 록 볼트의 천공에 따라 용수가 발생한 경우에는 단위면적 기준 중앙 집수유도방식 및 각공별 차수방식 등에 의하여 용출수 유도 및 차수를 실시하여야 한다.
7. 경사방향 록 볼트의 시공에 있어서는 소정의 각도를 준수하여야 하며, 낙석으로 인한 근로자의 안전조치를 선행한 후에 시행하여야 한다.
8. 록 볼트 작업의 표준시공방식으로서 시스템 볼팅을 실시하여야 하며 인발시험, 내공 변위측정, 천단침하측정, 지중변위측정 등의 계측결과로부터 다음 각 목에 해당될 때에는 록 볼트의 추가시공을 하여야 한다.
 - 가. 터널벽면의 변형이 록 볼트 길이의 약 6% 이상으로 판단되는 경우
 - 나. 록 볼트의 인발시험 결과로부터 충분한 인발내력이 얻어지지 않는 경우
 - 다. 록 볼트 길이의 약 반이상으로부터 지반 심부까지의 사이에 축력분포의 최대치가 존재하는 경우
 - 라. 소성영역의 확대가 록 볼트 길이를 초과한 것으로 판단되는 경우
9. 암반상태, 지질의 상황과 계측결과에 따라 필요한 경우에는 록 볼트의 중타 등 보완조치를 신속하게 실시하여야 한다.
10. 록 볼트 시공시 천공장의 규격에 따라 싱커, 크롤라드릴 등 천공기를 선별하여야 하며, 사용하기 전 드릴의 마모, 동력전달상태 등 장비의 점검 및 유지보수를 실시하여야 한다.

11. 록 볼트의 삽입장비는 시방규격의 회전속도(r.p.m)를 확인하고 에어오우거 등 표준모델의 장비를 사용하여야 한다.
12. 록 볼트는 시공 후 정기적으로 인발시험을 실시하고 축력변화에 대한 기록을 명확히 하여 암반거동의 기록을 분석하여야 한다.
13. 록 볼트 작업은 천공 및 볼트 삽입 작업시 근로자의 안전을 위하여 개인 보호구를 착용하여야 하며 관리감독자 및 안전담당자는 이를 확인하여야 한다.

제7장 콘크리트 라이닝 및 거푸집

제22조(콘크리트 라이닝) 콘크리트 라이닝을 시공함에 있어서는 시공전, 시공중 다음 각 호의 사항을 사전 검토하여야 한다.

1. 콘크리트 라이닝 공법 선정시 다음 각 목의 사항을 검토하여 시공방식을 선정하여야 한다.
 - 가. 지질, 암질상태
 - 나. 단면형상
 - 다. 라이닝의 작업능력
 - 라. 굴착공법
2. 굴착공법에 따른 라이닝공법의 선정은 다음<표 1>을 준용한다.

〈표 1〉 굴착공법에 따른 라이닝 공법

라이닝공법		굴착공법	
측벽선행공법	전단면 공법	아마치선행 공법	상부반단면 선진공법
측면도갱선진	상부반단면 공법	지설도갱선진	상부반단면 공법

3. 라이닝 콘크리트 배면과 뿔어붙인 콘크리트면 사이의 공극이 생기지 않도록 하여야 한다.
4. 콘크리트 재료의 혼합 후 타설 완료때까지의 소요시간은 다음 각 호를 기준으로 하여야 한다.
 - 가. 온난·건조시 1시간 이내
 - 나. 저온·습윤시 2시간 이내
5. 콘크리트 운반 중 재료의 분리, 손실, 이물의 혼입이 발생하지 않는 방법으로 운반하여야 한다.
6. 콘크리트 타설표면은 이물질이 없도록 사전에 제거하여야 한다.
7. 1구간의 콘크리트는 연속해서 타설하여야 하며, 좌우대칭으로 같은 높이로 하여 거푸집에 편압이 작용하지 않도록 하여야 한다.
8. 타설슈우트, 벨트컨베이어 등을 사용하는 경우에는 충격, 휘말림 등에 대하여 충분한 주의를 하여야 한다.
9. 굳지않은 콘크리트의 처짐 및 침하로 인하여 터널천정 부분에 공극이 생기는 위험을 방지하기 위해서 콘크리트가 경화된 후 시방에 의한 접착 그라우팅을 천정부에 시행하여야 한다.

제23조(거푸집구조의 확인) 거푸집은 콘크리트의 타설 속도 등을 고려하여 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견디는 구조이어야 하며 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 이동식 거푸집에 있어서는 다음 각목의 사항을 준수하여야 한다.

- 가. 이동식 거푸집 제작시에는 근로자의 작업에 지장을 초래하지 않도록 작업공간을 확보할 수 있는 구조이어야 한다.
- 나. 이동식 거푸집에 있어서는 볼트, 너트 등으로 이완되지 않도록 견고하게 고정하여야 하며 휨, 비틀림, 전단 등의 응력 발생에 대하여 점검하여야 한다.
- 다. 거푸집 이동용 궤도는 침하방지를 위하여 지반의 다짐, 편평도를 사전에 점검하고 침목 설치상태, 레일의 간격 등을 사전점검 하여야 한다.
- 라. 이동식 거푸집의 경우 설치 후 장시간 방치시 사용된 재크류의 나선파손, 유압실린더, 플레이트 등의 파손 및 이완 유무를 재확인하여야 하며 교체, 보완, 보강 등의 조치를 하여야 한다.
- 마. 콘크리트 타설하중 및 타설충격에 의한 거푸집 변위 및 이동방지의 목적으로 가설앵커, 썬기 등의 설치를 하여야 한다.

2. 조립식 거푸집에 있어서는 다음 각목의 사항을 준수하여야 한다.

- 가. 조립식 거푸집은 제작사양 조립도의 조립순서를 준수하여야 하며 해체시의 순서는 조립순서의 역순을 원칙으로 하여야 한다.
- 나. 조립식 거푸집을 해체할 때에는 순서에 의해 부재를 정리 정돈하고 부착 콘크리트, 유해물질 등을 제거하고 힌지, 재크 등의 활절작동 구간은 윤활유등으로 주입하여야 한다.
- 다. 조립과 해체의 반복작업에 의한 볼트, 너트의 손상률을 사전에 검토하고 충분한 여분을 준비하여야 한다.
- 라. 라이닝플레이트 등의 절단, 변형, 부재탈락시 용접 접합을 금하며 필요시 동일 재질의 부재로 교체하여야 한다.
- 마. 벽체 및 천정부 작업시 작업대 설치를 요하며 사다리, 안전난간대, 안전대 부착설비, 이동용 바퀴 및 정지장치 등을 설치하여야 한다.

제24조(시공) 거푸집을 조립할 때 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

- 1. 거푸집 조립작업의 시행 전 다음 각 목의 사항을 고려하여 타설목적에 적당한 규격 여부를 확인하여야 한다.
 - 가. 콘크리트의 1회 타설량
 - 나. 타설길이
 - 다. 타설속도
- 2. 거푸집의 측면판은 콘크리트의 타설측압 및 압축력에 충분히 견디는 구조로 하여야 하며 모르타르가 새어나가지 않도록 원지반에 밀착, 고정시켜야 한다.
- 3. 거푸집은 타설된 콘크리트가 필요한 강도에 달할 때까지 거푸집을 제거하지 않아야 하며 시방의 양생기준을 준수하여야 한다.
- 4. 거푸집을 조립할 때에는 철근의 앵커구조, 피복규격 등을 확인하고 철근의 변위, 이동방지용 썬기 설치 상태를 확인하여야 한다.

제8장 계 측

제25조(계측의 목적) 터널 계측은 굴착지반의 거동, 지보공 부재의 변위, 응력의 변화 등에 대한 정밀 측정을 실시함으로써 시공의 안전성을 사전에 확보하고 설계시의 조사치와 비교분석하여 현장조건에 적정하도록 수정, 보완하는데 그 목적이 있으며 다음 각 호를 기준으로 한다.

1. 터널내 육안조사
2. 내공변위 측정
3. 천단침하 측정
4. 록 볼트 인발시험
5. 지표면 침하측정
6. 지중변위 측정
7. 지중침하 측정
8. 지중수평변위 측정
9. 지하수위 측정
10. 록 볼트 축력측정
11. 뿔어붙이기 콘크리트 응력측정
12. 터널내 탄성과 속도 측정
13. 주변 구조물의 변형상태 조사

제26조(계측관리) ① 사업주는 터널작업시 사전에 계측계획을 수립하고 그 계획에 따른 계측을 하여야 한다.

② 제1항의 계측 계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 측정위치 개소 및 측정의 기능 분류
2. 계측시 소요장비
3. 계측빈도
4. 계측결과 분석방법
5. 변위 허용치 기준
6. 이상 변위시 조치 및 보강대책
7. 계측 전담반 운영계획
8. 계측관리 기록분석 계통기준 수립

③ 사업주는 계측결과를 설계 및 시공에 반영하여 공사의 안전성을 도모할 수 있도록 측정기준을 명확히 하여야 한다.

④ 계측관리의 구분은 일상계측과 대표계측으로 하며 계측빈도 기준은 측정 특성별로 별도 수립하여야 한다.

제27조(계측결과 기록) 사업주는 계측결과를 시공관리 및 장래계획에 반영할 수 있도록 그 기록을 보존하여야 한다.

제28조(계측기의 관리) 사업주는 계측의 인적 및 기계적 오차를 최소화 하기 위하여 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 계측시행에 있어 전문교육을 받은 계측 전담원을 지정하여 지정된 자만이 계측할 수 있도록 하여야 한다.
2. 설치된 계측기 및 센서 등의 정밀기기는 관계자 이외에 취급을 금지하여야 한다.
3. 계측기록의 결과를 분석후 시공 중 조치사항에 대하여는 충분한 기술자료 및 표준지침에 의거하여야 한다.

제9장 배수 및 방수

제29조(배수 및 방수계획의 작성) ① 사업주는 터널내의 누수로 인한 붕괴위험 및 근로자의 직업안전을 위하여 제3조 또는 제4조의 조사를 근거로 하여 배수 및 방수계획을 수립한 후 그 계획에 의하여 안전조치를 하여야 한다.

② 제1항의 시공계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 지하수위 및 투수계수에 의한 예상 누수량 산출
2. 배수펌프 소요대수 및 용량
3. 배수방식의 선정 및 집수구 설치방식
4. 터널내부 누수개소 조사 및 점검 담당자 선임
5. 누수량 집수유도 계획 또는 방수계획
6. 굴착상부지반의 채수대 조사

제30조(누수에 의한 위험방지) 사업주는 누수에 의한 주변구조물 침하 또는 터널붕괴로 인한 근로자의 피해를 방지하기 위하여 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 터널내의 누수개소, 누수량 측정 등의 목적으로 담당자를 선임하여야 한다.
2. 누수개소를 발견할 시에는 토사 유출로 인한 상부지반의 공극발생 여부를 확인하여야 하며 규정된 용량의 용기에 의한 분당 누출 누수량을 측정하여야 한다.
3. 뿔어붙이기 콘크리트 부위에 토사유출의 용수 발생시 즉시 작업을 중단하고 지중침하, 지표면 침하 등에 계측 결과를 확인하고 정밀지반 조사후 급결그라우팅 등의 조치를 취하여야 한다.
4. 누수 및 용출수 처리에 있어서는 다음 각 목의 사항을 확인후 집수유도로 설치 또는 방수의 조치를 하여야 한다.
 - 가. 누수에 토사의 혼입정도 여부
 - 나. 제3조 및 제4조의 조사를 근거로 배면 또는 상부지층의 지하수위 및 지질 상태
 - 다. 누수를 위한 배수로 설치시 탈수 또는 토사유출로 인한 붕괴 위험성 검토
 - 라. 방수로 인한 지수처리시 배면 과다 수압에 의한 붕괴의 임계한도
 - 마. 용출수량의 단위시간 변화 및 증가량
5. 상기 각호의 사항을 확인 후 이에 대한 적절한 조치를 하여야 한다.

제31조(아아치 접합부 배수유도) 사업주는 터널구조상 2중 아아치, 3중 아아치의 구조에 있어서 시공중 가설배수도 유도는 아아치 접합부 상단에 임시 배수 관로 등을 설치하여 배수안전조치를 취하여야 한다.

제32조(배수로) 사업주는 제29조에 의한 계획에 따라 배수로를 설치하고 지반의 안정조건, 근로자의 양호한 작업조건을 유지하여야 한다.

제33조(지반보강) 사업주는 누수에 의한 붕괴위험이 있는 개소에는 약액주입 공법 등 지반보강 조치를 하여야 하며 정밀지층조사, 채수대 여부, 투수성판단 등의 조치를 사전에 실시하여야 한다.

제34조(감전위험방지) ① 사업주는 수중배수 펌프 설치시에는 근로자의 감전 재해를 방지하기 위하여 펌프 외함에 접지를 하여야 하며 수시로 누전상태 등의 확인을 하여야 한다.

② 사업주는 터널내 각종 전선가설의 안전기준을 확인하여야 하며 근로자가 접촉되지 않도록 충분한 높이의 측면에 가설하여 수중 배선이 되지 않도록 하여야 한다.

③ 갱내 조명등, 수중펌프, 용접기 등에는 반드시 누전차단기 회로와 연결되어야 하며 표준방식의 접지를 실시하여야 한다.

제10장 조명 및 환기

제35조(조명) 사업주는 막장의 균열 및 지질상태 터널벽면의 요철정도, 부식의 유무, 누수상황 등을 확인할 수 있도록 조명시설을 하여야 한다.

제36조(조명시설의 기준) 사업주는 근로자의 안전을 위하여 터널 작업면에 대한 조명장치 및 설비를 확인하여야 하며 조도의 기준은 다음<표 2>를 준용한다.

〈표 2〉 작업면에 대한 조도 기준

작업기준	기준
막장구간	70LUX 이상
터널중간구간	50LUX 이상
터널입·출구, 수직구 구간	30LUX 이상

제37조(채광 및 조명) 사업주는 채광 및 조명에 대해서는 명암의 대조가 심하지 않고 또는 눈부심을 발생시키지 않는 방법으로 설치하여야 하며 막장 점검, 누수점검, 부식 및 변형 등의 점검을 확실하게 시행할 수 있도록 적절한 조도를 유지하여야 한다.

제38조(조명시설의 정기점검) 사업주는 조명설비에 대하여 정기 및 수시점검계획을 수립하고 단선, 단락, 파손, 누전 등에 대하여는 즉시 조치하여야 한다.

제39조(환기) 사업주는 근로자의 보건위생을 위하여 환기시설을 하고 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 터널 전지역에 항상 신선한 공기를 공급할 수 있는 충분한 용량의 환기설비를 설치하여야 하며 환기용량의 산출은 다음 각목을 기준으로 한다.

가. 발파 후 가스 단위 배출량을 산출하고 이의 소요환기량

나. 근로자의 호흡에 필요한 소요환기량

다. 디젤기관의 유해가스에 대한 소요환기량

라. 뿜어붙이기 콘크리트의 분진에 대한 소요환기량

마. 암반 및 지반자체의 유독가스 발생량

2. 발파 후 유해가스, 분진 및 내연기관의 배기가스 등을 신속히 환기시켜야 하며 발파 후 30분 이내 배기, 송기가 완료되도록 하여야 한다.
3. 환기가스처리장치가 없는 디젤기관은 터널 내의 투입을 금하여야 한다.
4. 터널 내의 기온은 37℃ 이하가 되도록 신선한 공기로 환기시켜야 하며 근로자의 작업조건에 유해하지 아니한 상태를 유지하여야 한다.
5. 소요환기량에 충분한 용량의 설비를 하여야 하며 중앙집중환기방식, 단열식 송풍방식, 병열식 송풍방식 등의 기준에 의하여 적절한 계획을 수립하여야 한다.

제40조(환기설비의 정기점검) 사업주는 환기설비에 대하여 정기점검을 실시하고 파손, 파괴 및 용량 부족시 보수 또는 교체하여야 한다.

제41조(재검토기한) 이 고시에 대하여 2016년 1월 1일 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 <제2023-36호,2023.7.1.>

이 고시는 발령한 날부터 시행한다.