

KR C-12100

Rev.1, 16. September 2013

# 연직갱 및 경사갱

2013. 9. 16



한국철도시설공단



## 경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

## 일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.  
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.

# 목 차

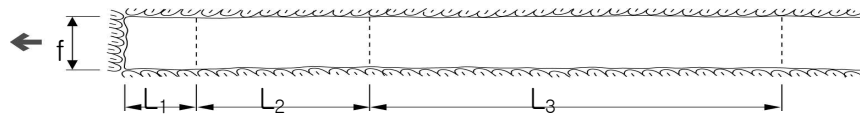
1. 용어의 정의 .....	1
2. 설계일반 .....	2
3. 연직갱 설계 .....	3
4. 경사갱 설계 .....	5
 해설 1. 연직갱, 경사갱 및 횡갱 일반사항 .....	8
해설 2. 연직갱 설계 .....	9
1. 단면설계 .....	9
1.1 위치선정 .....	9
1.2 단면 크기의 결정 .....	9
1.3 단면 형태 .....	10
1.4 방·배수공 .....	10
1.5 환기탑 계획 .....	10
2. 굴착공법 및 버력처리 .....	11
2.1 굴착공법 .....	11
2.2 연직갱 굴착장비 .....	15
2.3 굴진장 .....	18
2.4 발파공법 .....	18
2.5 버력타설 .....	19
3. 지보형식 계획 .....	19
3.1 강지보재 .....	19
3.2 슛크리트 .....	19
3.3 록볼트 .....	20
3.4 콘크리트라이닝 .....	20
4. 지하수 처리공법 계획 .....	22
5. 바닥 및 외부설비 계획 .....	22
5.1 설계시 고려사항 .....	22
5.2 배수설비 및 안전설비 .....	22
해설 3. 경사갱 설계 .....	25
1. 단면설계 .....	25
1.1 단면 크기의 결정 .....	25
1.2 경사 결정 .....	25



2. 굴착설계 .....	26
2.1 굴착방법 .....	26
2.2 굴진장 .....	26
3. 지보재 설계 .....	27
3.1 강지보재 .....	27
3.2 슛크리트 및 록볼트 .....	27
3.3 콘크리트라이닝 .....	27
4. 보조공법 계획 .....	28
5. 터널바닥 및 터널 외부설비 .....	28
6. 시공장비 선정 .....	28
해설 4. 횡갱 설계 .....	29
RECORD HISTORY .....	30

## 1. 용어의 정의

- (1) 굴진면(또는 막장면) : 터널굴진방향에 대한 굴착면을 말하며 거의 연직에 가까운 것이 대부분이다. 또한 굴진면 후방의 20~30m 구간의 굴착작업이 주체적으로 실시되는 영역을 굴착부(막장부).
- (2) 굴착공법 : 굴진면 또는 터널굴착방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착공법, 분할굴착공법, 선진도갱굴착공법 등.
- (3) 굴착방법 : 굴진면의 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법 등.



(f : 굴진면, L<sub>1</sub> : 굴진구역, L<sub>2</sub> : 굴착구역, L<sub>3</sub> : 후방구역)

그림 1. 굴진면과 굴착부

- (4) 기계굴착 : 브레이커(핸드, 소형, 대형), 굴착기, 전단면 터널굴착기계(TBM) 등을 이용하여 터널을 굴착하는 방식을 말하며, 전단면 터널굴착은 양호한 암반에서 전단면을 굴착하는 Open TBM 방식과 연암 이하의 지반에서 전단면을 굴착하는 쉴드(Shield) TBM 방식이 있음.
- (5) 너관 : 폭약 또는 화약을 기폭시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 침장약이 장전된 관체.
- (6) 록볼트(Rock Bolt) : 굴착암반면의 보강을 위하여 삽입하는 볼트이며, 암반을 일체화함으로써 원지반의 안정을 위하여 설치한다. 록볼트의 정착방식에는 선단정착방식, 전면정착방식 및 병용방식.
- (7) 록볼트 인발시험 : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험.
- (8) 바닥부 : 터널단면의 바닥부분.
- (9) 발파굴착 : 착암기나 점보드릴 등 천공장비에 의해 천공된 공에 화약을 장약하여 그 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법.
- (10) 배연(Smoke Exhaust) : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로부터 외부로 배출.
- (11) 버력 : 터널 굴착과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭.
- (12) 샷크리트(Shotcrete) : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 부착시켜 시공(타설)하는 콘크리트.
- (13) 스킵(Skip) : 연직갱을 통하여 버력 등을 운반하는 데 사용되는 운반용구.
- (14) 여굴 : 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 넓게 굴착된 것.



- (15) 용출수 : 터널의 굴착면으로부터 용출되는 지하수.
- (16) 주지보재 : 굴착 후 시공하는 지보재로서 보조지보재 및 콘크리트라이닝을 제외한 지보재의 총칭이며 강지보재, 슛크리트 및 록볼트 등으로 구성.
- (17) 지반 : 건설공사에 관련한 지구의 표층 부분이며, 구조물의 기초나 굴착 등의 대상이 되는 부분.
- (18) 지반조건(Ground Condition) : 터널주변 지반의 지형, 지질, 수리·수문 조건 등.
- (19) 지보재 : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭.
- (20) 지보패턴 : 터널굴진면의 지반 상태와 터널 천단부 및 그 상부의 지반 상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 적용되는 지보 형태를 말하며, 터널굴착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 꾀하기 위하여 설치하는 슛크리트, 록볼트, 강지보공과 보조공법 등을 조합한 것.
- (21) 초기응력 : 굴착 전에 원지반이 가지고 있는 응력.
- (22) 콘크리트라이닝 : 터널의 가장 내측에 시공되는 무근 또는 철근 콘크리트의 터널부재.
- (23) 틈새 : 불연속면에 대하여 수직한 방향으로 벌어진 거리.
- (24) 팽창성 지반 : 터널굴착 시 팽창으로 인하여 문제를 일으키기 쉬운 지반으로써, 제3기층의 열수 변질을 받은 화산분출물, 팽창성 이암 및 온천 여토 등.
- (25) 필러(Pillar) : 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽모양의 지반.
- (26) 함수미고결지반 : 신생대 3기말부터 제4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 물을 포함하고 있는 고결도가 낮은 지반.
- (27) 환기설비 : 터널 내 공기질을 유지하기 위하여 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배출하기 위한 설비.

## 2. 설계일반

- (1) 연직갱의 설계는 본선타널의 보조터널로서 연직이거나 연직에 가까운 터널에 적용해야 한다.
- (2) 경사갱의 설계는 본선타널의 보조터널로서 경사진 터널에 적용해야 한다.
- (3) 연직갱 및 경사갱의 설계 시에는 사전에 필요로 하는 지반조사를 실시하여 지반의 상태 및 특성을 파악하고 이를 설계에 반영해야 한다.
- (4) 연직갱에서는 특수한 작업기계를 사용하게 되므로 지형 및 지반조건에 적합한 장비를 선정하여 제시해야 하고, 지하수 유입에 대비하여 안정성, 시공성이 고려된 계획을 세워야 한다. 특히 동절기 시공 중 지표 부근의 누수로 인한 고드름 및 기타 낙하물에 대한 안전대책을 사전에 강구해야 한다.

- (5) 연직갱을 작업용으로 사용하고 공사 완공 후 타목적으로 전용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄, 매립 등의 적절한 방안을 제시해야 한다.
- (6) 경사갱의 설계 시에는 용도, 지반조건, 버력 및 기자재의 반출입, 터널 내부설비, 측량, 시공, 유지보수, 점검 시의 안정성 등을 고려하여 위치, 유효단면, 기울기, 수평부의 연장, 수평분기점의 위치, 본선 터널과의 교차각도 등을 정해야 한다.
- (7) 경사갱의 수평부 연장은 터널 내부설비 외에 측량의 정도, 버력설비, 차량의 교체작업 등을 고려하여 정해야 한다.
- (8) 경사갱과 본선 터널과의 교차각도는 직각을 표준으로 하되 연결부의 구조, 시공성, 차량의 선회반경 등 운행 조건을 고려하여 교차각도를 별도로 정할 수 있다.
- (9) 연직갱 및 경사갱의 위치는 용도, 지반 및 지형조건, 유입 지하수, 연장 및 유지관리를 고려하여 경제적으로 유리한 장소를 선정해야 한다. 유지 관리해야 할 연직갱의 경우에는 필요시 인력 및 장비수송용 승강기를 연직갱 내에 설치해야 하며, 심도에 따른 안전대책을 수립해야 한다.
- (10) 연직갱 및 경사갱을 작업용으로 사용하는 경우에는 본선 터널과 연결하는 갱저설의 배치, 측량, 완성 후의 처리 등을 고려하여 위치를 선정해야 한다.  
연직갱 및 경사갱을 환기, 배수, 공기압 저감용, 비상용 통로 등 본 설비로 사용하는 경우에는 향후 지하시설의 확장에 대비하여 위치를 선정해야 하며, 갱에서 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 검토해야 한다.
- (11) 연직갱 및 경사갱의 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입 지하수가 많을 것으로 예상되는 경우에는 지하수위 저하, 지수, 지반 강화 등의 보조공법을 계획해야 한다.  
차량의 터널 진입 시 발생하는 공기압 증가에 따른 이명감 및 공기 저항 증가 등을 해소하기 위하여 연직갱 또는 경사갱을 설계할 경우에는 사전에 필요로 하는 조사 및 검토를 실시해야 한다.

### 3. 연직갱 설계

- (1) 연직갱의 단면을 결정할 때에는 다음 사항을 고려해야 한다.
  - ① 연직갱의 단면은 용도에 따른 소요 내공단면, 시공법, 연직갱 내에 설치될 모든 설비의 배치, 반입 기자재의 크기, 지반조건 등을 종합적으로 고려하여 그 크기와 형상을 정해야 한다.
  - ② 공기압의 저감을 위하여 설계하는 연직갱의 단면은 본선 터널의 단면, 열차속도 등 관련사항을 고려하여 결정해야 한다.
  - ③ 환기용 연직갱은 본선 터널 내의 소요 환기량을 확보할 수 있는 단면적 이상이어야 하며, 연직갱의 단면은 연직갱 내 풍속이 20m/sec 이하가 되도록 결정해야 한다.





- ④ 작업용 연직갱의 설계 시에는 케이지(Cage), 스킵(Skip) 등의 버력처리설비 및 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류, 비상계단 등의 설치와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 단면을 결정해야 한다.
- ⑤ 지보설치 후의 연직갱 유효단면은 지하시설 건설공사를 가장 경제적으로 수행하기 위한 시간당 버력, 인원, 소요 자재 운반량과 반입할 장비, 설비의 크기, 시간당 환기량과 각종 설비, 지반조건을 고려하여 설계해야 한다.
- (2) 연직갱의 굴착 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
  - ① 연직갱의 굴착공법은 전단면하향굴착, 전단면상향굴착, 선진도갱 확대굴착으로 구분되며 연직갱의 용도, 심도, 단면크기, 지반조건, 입지 조건, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법 등을 선정해야 한다.
  - ② 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다.
  - ③ 연직갱 내 발파계획 시 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 설계해야 한다.
- (3) 연직갱 지보재 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
  - ① 연직갱 지보재는 지반조건, 함수대 유무, 단면형태, 심도, 시공법, 라이닝의 시기 등을 고려하여 안전하고 능률적으로 터널 내부작업을 수행할 수 있도록 설계해야 한다.
  - ② 강지보재의 크기와 간격 결정 시 연직갱 단면의 크기 및 지반조건 등을 고려해야 하며, 지반이 양호한 경우에는 강지보재를 록볼트와 슛크리트로 대체할 수 있다.
  - ③ 연직갱 지보재의 설계는 「KR C-12030 터널지보재」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있으며, 지반의 급격한 변화, 지하수의 유동성 등을 감안하여 안전측으로 설계할 수 있다.
  - ④ 슛크리트의 탈락방지를 위하여 철망이나 섬유보강 슛크리트를 사용해야 한다.
- (4) 연직갱의 라이닝 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
  - ① 라이닝에 사용되는 재료는 터널의 사용 목적에 적합한 것이어야 하며, 일반적으로 콘크리트 사용을 기본으로 하되 지반조건에 따라 콘크리트 블록(Concrete Block), 세그먼트(Segment), 라이너플레이트(Liner Plate) 등을 사용할 수 있다.
  - ② 라이닝의 길이 및 두께의 설계 시에는 연직갱의 용도에 적합한 단면의 크기 및 형상, 지반특성, 심도, 작용하중, 라이닝 재료, 시공법, 시공성, 기존 시공실적 등을 고려해야 한다.
  - ③ 지질구조가 복잡하지 않은 경우 적용하중이 균등하게 작용하는 것으로 간주하여 설계할 수 있다. 그러나 지질구조가 급격히 변하거나 지형 및 지반 특성상 현저하게 비대칭인 경우 편하중이 작용하는 것으로 설계해야 한다.
  - ④ 하향굴착 시 굴착, 발파, 버력처리 후 즉시 측벽을 라이닝으로 유지하는 경우에는 라이닝이 지반압을 받는 것으로 설계해야 하며, 불량한 지반의 경우에는 측벽붕괴

를 방지하기 위하여 라이닝 길이를 짧게 하고 강지보재를 추가하는 등 대책을 강구해야 한다.

- ⑤ 굴착과 라이닝을 20~30m 정도로 교대로 시공하는 경우에는 굴착 후 지반변형을 쏟크리트 등으로 억제하고, 지반 상태에 따라 일정 구간을 일시에 라이닝을 시공하는 것으로 설계할 수 있다. 라이닝의 설계 시 지반압은 라이닝이 받는 것으로 설계해야 한다.
  - ⑥ 쏟크리트와 록볼트를 시공하는 경우 콘크리트라이닝의 두께는 시공성, 단면의 크기 등을 고려하여 설계하고, 단면의 증감을 고려하여 두께도 적합하도록 증감시켜야 한다.
  - ⑦ 콘크리트라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성 및 양호한 시공성을 얻을 수 있도록 설계해야 한다.
- (5) 연직갱의 터널바닥설비 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
- ① 연직갱의 터널바닥설비에는 배수설비와 버력처리설비가 있으며 지반조건, 본선 터널의 시공법, 연직갱의 운반방법, 굴진공정 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 정해야 한다.
  - ② 공사 중 배수설비는 「KR C-12120 5. 공사 중 배수설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
  - ③ 배수설비 설계 시 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널내 배수관, 펌프장, 배전실 및 충전실, 재료적치장 등에 대하여 검토해야 한다.
  - ④ 연직갱 본체에 설치할 각종 부대시설 등은 지반조건, 운반방법 등을 고려하여 그 규모와 배치를 결정해야 한다.
  - ⑤ 안전설비로서 전화, 점멸장치, 사이렌 등의 비상용 경보장치와 소화기의 설치, 비상용 자재로서 가스마스크 등이 계획되어야 한다.
- (6) 연직갱의 터널외부설비 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
- ① 공사 중 발전설비는 「KR C-12120 환기 및 조명 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
  - ② 연직갱 내 과도한 지하수 유입으로 인하여 배수설비가 침수되는 경우에 대비하여, 인원탈출을 위한 케이지 권양기와 배수펌프의 전선을 별도계통으로 나누어 배선해야 한다.

#### 4. 경사갱 설계

- (1) 경사갱의 기울기 및 단면 결정 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
- ① 경사갱의 기울기는 용도, 연장, 본선 터널과의 위치 관계, 지반조건, 시공법, 공기, 운반방법의 특성, 환기방법, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 정해야 하며, 버력반



출용 경사갱의 경우에는 장비의 등판능력을 고려하여 계획해야 한다.

- ② 경사갱에서는 설치하는 설비의 반출입, 설치의 용이성, 유지보수, 점검 시의 안전성 등을 고려하여 기울기 및 연장을 정해야 한다.
- ③ 경사갱의 단면은 용도, 시공을 위한 운반설비, 작업용 통로 및 공사용 제설비의 배치 등을 종합적으로 고려하여 크기와 형태를 정해야 한다.
- ④ 작업용 경사갱의 단면은 버력반출설비, 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 정해야 한다.
- ⑤ 배수관은 지하수의 유입 상태에 따라 증설의 필요성이 발생하므로 여유를 갖는 배치가 되도록 내공단면을 확보해야 한다.

(2) 경사갱의 굴착방법 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 기울기 및 유효단면에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기, 배수 방법 등을 확립해야 한다.
- ② 경사갱의 굴착공법은 전단면내리막굴착, 전단면오르막굴착, 분할굴착, 선진도갱확대 굴착 등으로 구분되며 경사갱의 용도, 연장, 기울기, 단면의 형태 및 크기, 지반조건, 입지 조건, 굴착방향, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법 등을 선정해야 한다.
- ③ 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다.
- ④ 경사갱 내 발파계획은 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립해야 한다.

(3) 경사갱의 지보재 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 지보재는 시공법, 지반조건 등을 고려하여 굴착 후 지반의 자체 지보능력이 발휘될 수 있도록 설계해야 한다.
- ② 강지보재는 경사갱의 직각방향, 연직방향, 직각방향과 연직방향의 중간방향으로 설치할 수 있으며 초기응력 및 지반 상태를 고려하여 가장 적합한 방법으로 선택해야 한다.
- ③ 지보재와 지보패턴은 수평터널의 경우에 준하여 설계해야 하며, 경사갱의 특수성을 감안하여 수평터널의 지보재보다 안전측으로 설계할 수 있다.

(4) 경사갱의 라이닝 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 라이닝은 경사갱의 용도, 기울기, 지반조건, 시공법, 시공시기 등을 고려하여 설계해야 한다.
- ② 라이닝설계는 수평터널의 설계에 준하지만 기울기가 급한 경사갱이나 수압관로의 라이닝은 주변 지반의 상태 혹은 수압 크기 및 형태에 따라 적절한 두께와 구조를 확보하도록 해야 한다.
- ③ 라이닝두께는 단면의 형태와 크기, 라이닝에 작용하는 하중, 지반조건, 라이닝재료, 시공성 등을 고려하여 정해야 한다.

- ④ 라이닝두께는 일반적으로 경사갱에서는 하중의 크기에 견딜 수 있는 두께로 설계한다.
  - ⑤ 콘크리트라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성, 양호한 품질과 시공성을 얻을 수 있도록 설계해야 한다.
- (5) 경사갱의 터널바닥설비 설계 시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
- ① 경사갱 내부의 터널바닥설비는 배수설비와 버력처리설비 등이 있으며 지반조건, 본선 터널의 시공법, 경사갱의 운반방법 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 정해야 한다.
  - ② 버력처리설비는 기울기, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정해야 한다.
  - ③ 공사 중 배수설비는 「KR C-12120 5. 공사 중 배수설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (6) 경사갱의 터널외부설비로서 공사 중 발전설비 설계 시에는 「KR C-12120 환기 및 조명 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (7) 경사갱을 화재 시 배연통로로 이용할 경우 별도의 대피통로계획을 수립해야 한다.



## 해설 1. 연직갱, 경사갱 및 횡갱 일반사항

연직갱, 경사갱 및 횡갱은 장대터널 시공에 있어서 공사용 환기, 자재운반을 목적으로 하는 임시적인 것과 운영 중인 철도의 환기·방재용 통로 등으로 사용되는 영구적인 것으로 구분된다.

연직갱, 경사갱 및 횡갱 설계는 설치의 목적, 기능에 따라 공사용 설비 및 본선 터널 또는 다른 관련 설비와의 연계를 검토하여 위치와 단면 형상, 길이 등을 결정해야 한다. 여기에서 말하는 연직갱이란 수직이거나 수직에 가까운 터널을 말하며, 경사갱이란 경사진 터널을 말하며, 횡갱은 병렬하는 2개의 터널 사이에 설치하여 연결하는 터널을 말한다.

연직갱, 경사갱 및 횡갱은 일반적으로 작업갱으로 사용함을 목적으로 하며, 방재 및 환기 용도로도 사용할 수 있다. 최근에는 수평 갱구부의 민원발생, 환경보전 등의 필요에 따라 비교적 짧은 터널에서도 작업갱을 설치하는 예가 있으나, 산악 철도터널에서의 작업갱으로 연직갱, 경사갱 및 횡갱을 설치하는 예는 많지 않다.

연직갱, 경사갱 및 횡갱의 위치 선정은 사전에 시추조사, 물리탐사 등으로 충분히 지반, 지하수 상태 등을 조사하고 지형, 지질이 좋은 곳을 선정해야 한다. 이 경우 연직갱의 길이를 짧게 하는 것도 필요하지만, 주변지반의 조건을 우선적으로 고려하여 선정하는 것이 보다 중요하다.

그리고 시험구간의 시추코어로부터 대수층의 심도와 두께, 절리의 크기, 발달상태, 방향에 따른 투수계수의 변화, 간극률, 간극의 범위 등을 측정하여 대수층의 특성을 정밀하게 파악해야 한다.

이외에도 야외지반조사 및 지형조사, 지장물 조사 등을 통하여 시공 시 접근의 용이성과 굴착공법의 선정, 부대설비 설치를 위한 공간 등을 확보하기 위한 자료로 활용해야 한다.

## 해설 2. 연직갱 설계

### 1. 단면설계

#### 1.1 위치선정

연직갱 위치는 시공성, 경제성을 고려하여 토피가 얇은 곳을 선정하고 작업 부지확보를 위하여 농경지를 가급적 피하도록 하며, 시공 시 공사용 도로의 확보가 용이한 곳으로 선정해야 한다.

설계 시 다음조건을 고려하여 선정해야 한다.

- (1) 시공성, 경제성을 고려하여 가급적 심도가 얇은 곳
- (2) 시공 시 필요한 작업공간 및 운영 중 부대시설의 설치공간을 충분히 확보할 수 있는 곳
- (3) 공사용 접근도로의 확보가 용이한 곳
- (4) 환기목적일 경우 배출가스로 인한 주변 자연의 오염을 최소화 할 수 있는 곳
- (5) 연직갱과 접속되는 본선부의 지반조건이 양호하거나 최소한 보강으로 본선 및 연직갱의 안정을 확보할 수 있는 곳
- (6) 연직갱이 외부로 노출되는 지형이 강우, 강설, 토사 등의 유입으로 인하여 연직갱의 안정성 및 사용성에 영향을 미치지 않는 곳

#### 1.2 단면 크기의 결정

연직갱의 단면은 용도에 따른 소요내공단면, 시공법, 연직갱 내에 설치될 제설비의 배치, 반입 기자재의 크기, 지반조건 등을 종합적으로 고려하여 그 크기와 형상을 정해야 한다.

연직갱 단면을 결정할 때에는 다음사항을 고려하여 설계해야 한다.

##### 1.2.1 환기용 연직갱

터널 내의 소요환기량을 충분히 확보할 수 있는 단면적을 갖도록 설계해야 한다. 즉, 연직갱의 내공은 환기계획에 기초한 소요환기량에 대하여 환기용 통로(덕트)내의 풍속이 20m/sec(경제풍속) 이하로 되는 단면으로 결정해야 한다. 공기압의 저감을 위하여 설계하는 연직갱의 단면은 본선터널의 단면, 열차속도 등 모든 관련사항을 고려하여 결정해야 한다.

##### 1.2.2 작업용 연직갱

버력 반출설비 및 반입자재의 크기에 따라 작업용 연직갱 단면이 결정되는데, 소요의 운반량을 처리하기 위한 케이지(Cage) 및 스킵(Skip) 등의 버력처리 설비 및 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류, 비상계단 등의 설치와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 단면을 결정해야 한다.



### 1.3 단면 형태

연직갱의 형상은 연직갱의 길이와 주변 지반상태에 따라 결정되는데, 일반적으로 산악지형에서의 길이가 긴 연직갱의 경우는 지반압 및 안정성을 높이기 위하여 원형 단면으로 설계하는 경우가 많다.

<그림 2>는 작업용 원형 연직갱의 단면분할 계획 사례를 보여주는 그림이다.

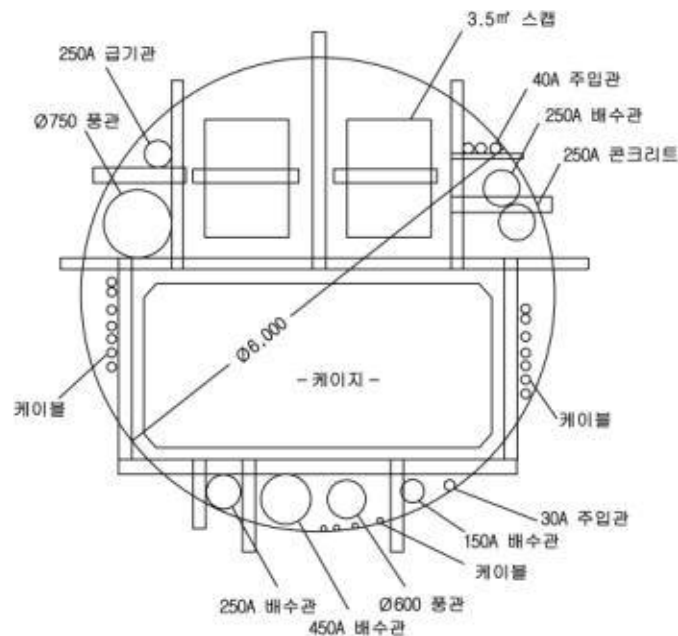


그림 2. 작업용 연직갱의 단면분할 사례

### 1.4 방·배수공

연직갱 주변의 지표수 및 배면수(지하수)가 연직갱 내부로 유입될 경우 겨울철에 고드름이 생성되어 연직갱 구조물의 손상과 낙빙에 의한 안전사고의 위험이 있고, 연직갱 깊이가 깊을 때에는 연직갱 구조물에 수압이 과대하게 작용하게 되므로 연직갱 주변에 방·배수 시설을 계획해야 한다. 방·배수시설로는 수평터널에서와 같이 복공과 숏크리트면 사이에 방수막과 부직포를 설치하여 누수를 예방하고, 주변에 환형의 유공관과 수직관으로 배면수(지하수)를 유도하여 본선 배수로에 연결 배수처리를 해야 한다. 유공관의 크기 및 설치 간격은 연직갱의 규모와 지반조건에 따른 발생유량을 산정하여 적용해야 한다.

### 1.5 환기탑 계획

연직갱을 환기용으로 이용 시 연직갱 자체시설의 보호와 연직갱을 통해 배출된 오염가스에 의한 주변환경 보호를 위하여 지상부분에 돌출 구조물인 환기탑을 설치해야 한다. 환기탑은 연직갱의 용도에 따라 급기용, 배기용, 급·배기용으로 구분되며 각각 기능에 따라 환기탑의 구조가 달라진다.

### 1.5.1 탑의 형상 결정 시 고려사항

- (1) 배기가스의 유효상승고를 크게 하기 위해 배기는 환기탑의 바로 상부에서 상향으로 방출토록 해야 한다.
- (2) 배출에 의한 손실을 적게 하기 위해 배출속도를 연직갱의 내부 풍속보다 조금 낮게 하고 배출부의 형상은 손실이 적게 되는 형상으로 해야 한다.
- (3) 배출속도는 하향 유동을 피할 수 있도록 자연풍속의 2배 이상으로 해야 한다.
- (4) 흡기와 배기의 혼입이 되지 않도록 해야 한다.
- (5) 흡기구는 새, 나뭇잎, 눈 등의 이물질이 흡입되지 않도록 해야 한다.
- (6) 흡기구는 적설에 의해 막히지 않도록 해야 한다.
- (7) 주위의 경관과 조화를 이루도록 미관을 고려해야 한다.

이상의 사항 등을 고려하여 환기탑의 용도 및 성능발휘에 적합하도록 설계해야 한다.

### 1.5.2 연직갱 송배기탑의 기본설계

환기탑의 배기구에서 분출하는 매연 및 일산화탄소 등 불순공기가 신선한 공기를 흡입하는 송기통로로 재흡입되지 않도록 환기탑의 형상, 송·배기구의 설치높이, 환기탑 설치위치의 지형을 고려하여 환기탑을 설계해야 한다.

## 2. 굴착공법 및 버력처리

### 2.1 굴착공법

터널공사에 있어서의 연직갱은 공사기간을 단축하기 위하여 굴진면을 증설하고 본갱의 버력 반출이나 자재의 반출입에 쓰이는 작업갱 외에 터널의 환기용으로서 이용된다. 그러므로 연직갱 굴착을 위한 장비는 용도면에서 연직갱 그 자체를 굴착하는 기계와 그 뒤의 본 터널 굴착시의 기계설비가 필요하게 된다.

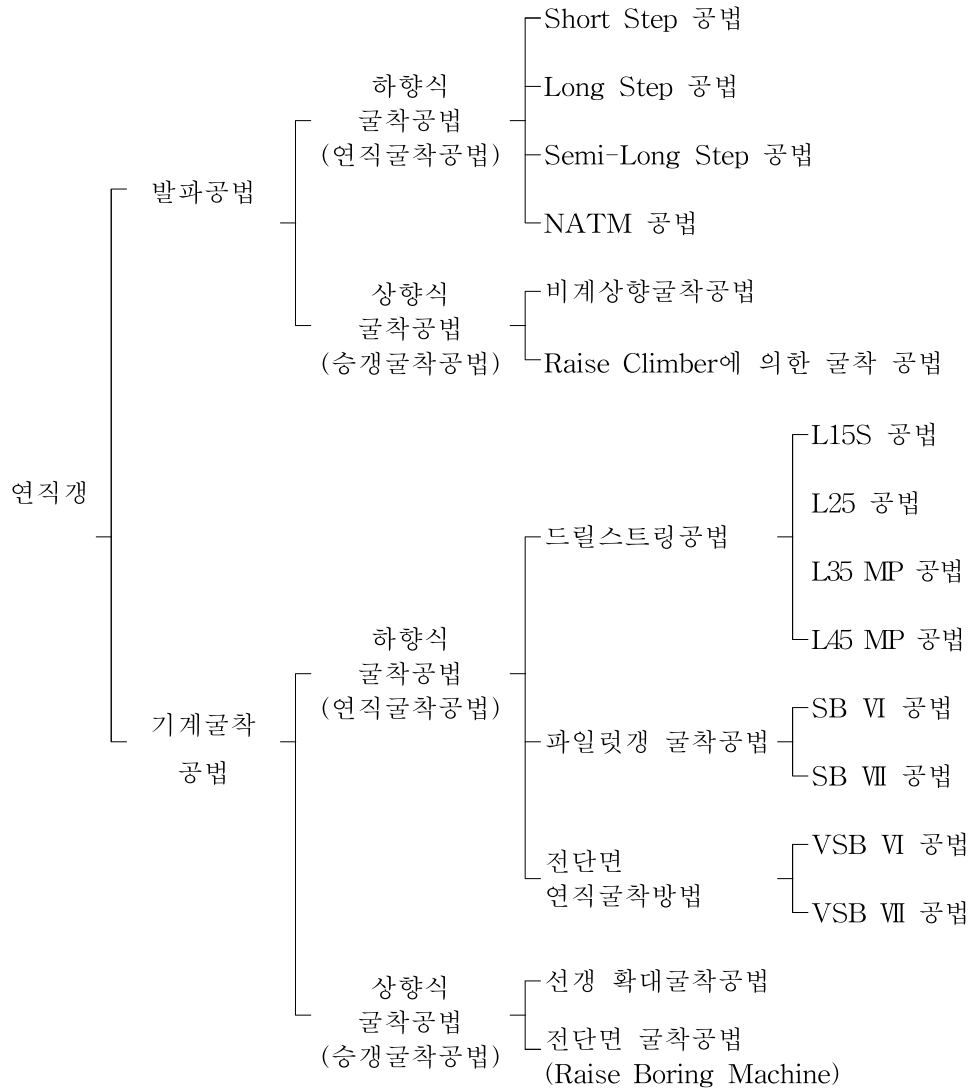
#### 2.1.1 굴착공법의 분류

연직갱의 시공법을 버력 처리 위치에 따라서 대별하면 <표 1>과 같다.





표 1. 연직갱의 시공법 분류



연직갱의 굴착공법은 전단면 하향굴착, 전단면 상향굴착, 선갱 확대굴착 등으로 구분되며, 연직갱의 용도, 심도, 단면 크기, 지반조건, 입지조건, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법을 선정해야 한다. 또한 연직갱내 발파 계획은 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립해야 한다.

최근 산악지역이나 장대터널에서는 수직 환기구 및 작업구 굴착을 위하여 NATM 공법과 RBM(Raise Boring Machine) 등을 이용한 굴착공법이 적용되고 있다.

#### (1) 병행 축벽법(竝行 築壁法)

양질인 암반에서 적용하는 방법으로 어느 정도 깊이까지 굴착 후 라이닝의 기초를 시공하고, 가설발판(Scaffold)을 작업대(作業臺)로 하여 상부에서는 콘크리트라이닝을 타설하고, 하부에서는 굴착을 진행시키는 공법이다.

## (2) 전단면 상향·하향 굴착공법

경암에 속하는 암반 내에 100~200m 정도의 연직갱 굴착 시 주로 적용하는 공법으로 이 방법은 RC(Raise Climber) 또는 RBM(Raise Boring Machine)과 같은 기계에 의한 전단면 굴착으로 설계할 수 있다.

또한 RBM을 이용하여 선진 굴착한 후 NATM 개념으로 확대 굴착하는 방법 연직갱을 적용할 수 있다.

위의 공법 중 적용암질, 굴착규모, 시공성 및 경제성 등을 고려해 볼 때 <표 2> 및 <표 3>과 같이 하향 굴착방법과 상향 굴착방법으로 구분하여 비교할 수 있다.

표 2. 하향 굴착방법

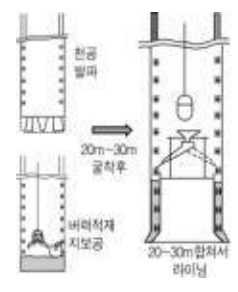
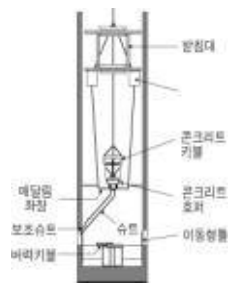
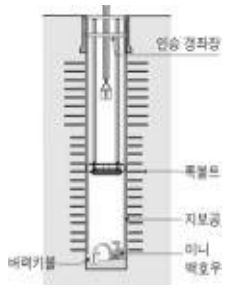
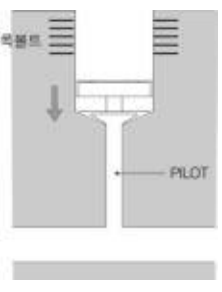
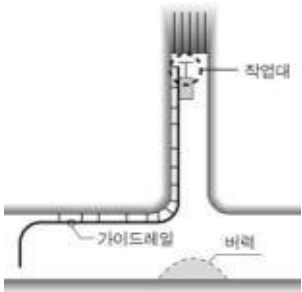
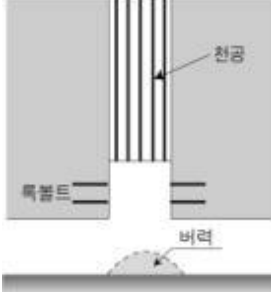
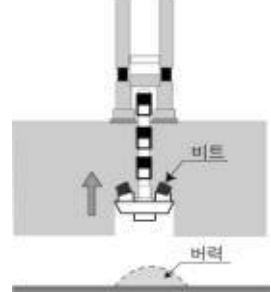
공법 항목	Long Step 공법	Short Step 공법	NATM 공법	전단면 연직갱 굴착기 공법
공법 개요				
시공 방법	1965년까지 일본에서는 연직갱 굴착시 대부분 이 공법을 채용했다. 지질상태에 따라 20~40m를 1 step로 해서 굴착해야 한다.	1 step을 1.2 ~ 2.5m로 짧게 하여 굴착한 후 즉시 그 부분에 복공을 해야 한다.	복공으로 콘크리트대신에 숏크리트와 록볼트를 사용하므로 지반의 변위를 막아서 연직갱 주변의 느슨함을 적게하며 아울러 암반의 내력을 강화시키면서 굴착해야 한다.	독일의 WIRTH사에서 제작되고 있는 기계를 사용하여 파일릿갱을 선시공한 후 상부에서부터 확공발파에 의해 버력을 낙하시키면서 굴착하는 방법이다.
공법 특징	지보공이 느슨해질 우려가 있어 현재는 거의 채용되지 않지만 갱구하부 굴착시에는 채용되고 있다. 지보공 설치 공사비가 추가로 소요된다.	지반이 불량한 경우를 제외하고는 지보공이 필요없다. 1 사이클 중에 복공을 해야 하므로 배치 플랜트설비가 필요하다.	배치 플랜트가 필요하지 않으므로 가설비가 비교적 간단하다. 용출수에 대해서는 사전대책이 필요하다.	지질이 좋지 않은 곳이나 복잡한 암반에서는 사용할 수 없다. 고가장비로 시공업체가 구입하기 곤란하다. 안정된 지질에서는 능률이 좋고 안전하다.
지질 조건	연암~경암 (불량 지질에 문제있음)	연암~경암 (지질에 대한 적용성이 큼)	연약지질~경암	중 경 암 (불량 지질 불가)
적용 심도	특별한 제한은 없다	특별한 제한은 없다	특별한 제한은 없다	467m (해외실적)
단면	ø 4.0m 이상	ø 4.0m 이상	ø 4.0m 이상	ø 4.5~6.5 (해외실적)
안전성	보 통	보 통	보 통	중 음



표 3. 상향 굴착방법

공법 항목	RC 공법	단 계 발 과 공 법	RBM 공법
공법 개요			
시공 방법	스웨덴 장비인 레이즈-크라이머를 사용해서 상향으로 파일럿갱을 선시공한 후 하향으로 확공발파를 반복해서 연직갱을 굴착해야 한다.	지상에서 본선터널을 향해 일정간격으로 시추(φ100mm)을 시추 후 상향으로 1.2~1.5m 만큼씩 발파를 반복해서 굴착하는 방법이다.	지상에서 유도공 천공후 갱밀 연결갱에서 리머(비트)를 부착하여 상향굴착해야 한다. 확공필요시 발파공법으로 하향굴착해야 한다.
공법 특징	이 공법은 소단면이기 때문에 유도갱으로 쓰이며 위에서 아래로 확공 굴착해야 한다. 본선터널의 시공이 끝나기 전에 연직갱 굴착을 할 수 없다.	장약량이 많이 소요되어 발파 소음과 진동이 크다. 시추횟수가 많아 공사기간이 길다.	레이스크라이머(RC) 공법과 같이 유도갱으로 이용되는데 굴착경은 φ1,450mm가 일반적으로 쓰이므로 확공발파시 유도갱이 막힐 우려가 있다.
지질 조건	중경암~경암 (균열이 많으면 불가능)	중경암~경암 (균열이 많으면 불가능)	연암~중경암 (붕괴, 팽창성지반 불가)
적용 심도	200m 이상	20~40m 이하	200m 이하
단면	특별한 제한은 없다.	특별한 제한은 없다.	φ 1.0~2.0
안전성	나쁨	약간 좋음	좋음

### 2.1.2 굴착공법의 특성비교

가.에 기술된 굴착방법 중 적용 가능성이 큰 하향 굴착공법(NATM 공법, 전단면 연직갱 굴착기 공법)과 상향 굴착공법(RC 공법, RBM공법)에 대하여 세부적으로 평가하면 다음과 같다.

표 4. 굴착방법의 장단점 비교

공법 항목		NATM 공법 (하향굴착)	전단면 연직갱 굴착기공법(하향굴착)	RC (상향굴착)	RBM (상향굴착)
특 징	장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특별한 기계장비가 필요없어 공정이 단순</li> <li>• 본선터널굴착과 별개로 작업이 가능하여 전체시공기간이 단축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여굴량이 적음</li> <li>• 버력반출 용이</li> <li>• 공사기간이 짧음 (연직갱 굴착만 고려시)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연직갱 상부에서 굴착을 위한 작업공간이 협소하거나 장비진입이 곤란할 경우 이상적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 버력반출 용이</li> <li>• 사고위험 적음</li> <li>• 여굴량이 적고 소음진동이 적으며 작업여건 양호</li> </ul>
	단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발파시 소음, 진동이 큼</li> <li>• 버력반출이 복잡하고 기계식 굴착방법에 비해 불리</li> <li>• 공사기간 길다(연직갱 굴착만 고려시)</li> <li>• 여굴량이 많음</li> <li>• 배수 처리 대책필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사고 위험 적음</li> <li>• 고가의 굴착장비 도입에 따른 경제성 결여</li> <li>• 연직갱 굴착단면 적변화에 따른 대응력 부족</li> <li>• 본선터널 굴착 완료 후 시행가능</li> <li>• 지반조건이 균질한 지반에 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상향 굴착작업중 암반붕괴 시 위험하고 작업환경 불량</li> <li>• 상향 발파굴착시 작업성이 불량 본선 굴착 완결 후 시행되므로 공사기간이 김</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본선터널 굴착 완료 후 시행가능</li> <li>• 균질한 지반조건에 가능함</li> <li>• 2차확공 작업시 필요한 확장 비트(<math>\phi 6.5m</math>)가 소요되고 재굴착에 따른 공기가 김</li> </ul>

## 2.2 연직갱 굴착장비

### 2.2.1 전면 파내려가기 공법

#### (1) 굴착장치

가장 일반적인 굴착장치로서 천공, 발파, 버력반출, 복공을 위에서 아래를 향하여 차례로 되풀이해 나가는 것으로서 굴착에 따라서 발생하는 버력을 모두 위로 감아올려서 갱 밖으로 처리해야 한다.

갱외설비는 <그림 3>과 같이 강재구조로서 망우 안에는 버력 반송장비, 버력 전도장치, 신호실, 소용돌이 검출장치, 헤드시프 등이 설치되어 있다. 망루의 높이는 배출 버력 전도 도어의 설치위치가 지상 8~9m 정도이며 그 위에 각 장치가 설치되고 다시 소용돌이에 대한 보안 거리를 잡으므로 25m 정도가 크게 된다.

국내에서 적용은 탄광 연직갱도가 약 800m 정도의 실적이 있으며 국외에서는 1000m 이상의 실적도 있다. 국내에서 지하철, 통신, 전력용 연직갱 등 깊이가 대부분 50m 내외실적이 많으며 75m 이내에서는 크레인으로 버력처리를 하는 것이 가능하다.

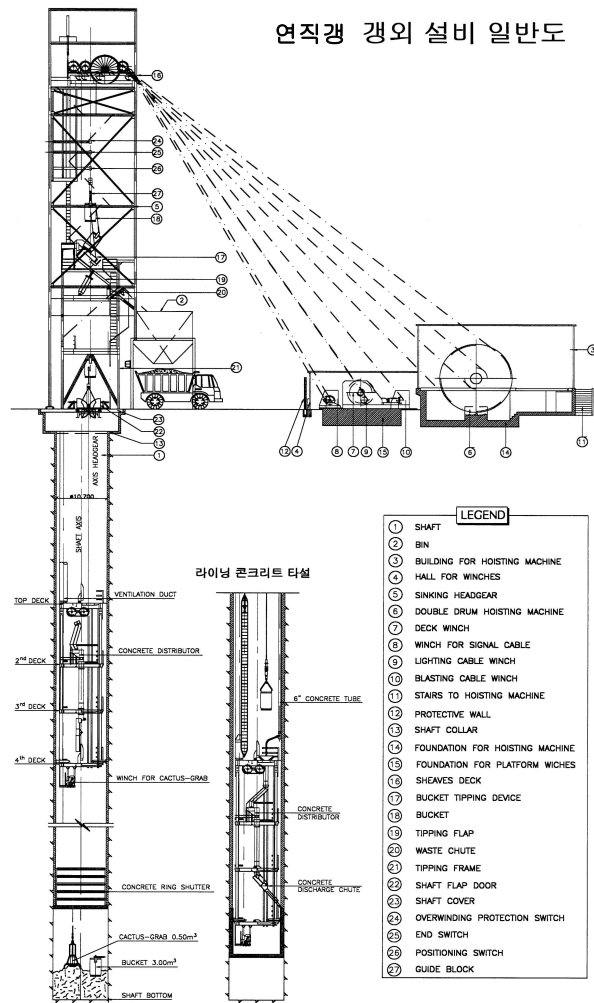


그림 3. 전면 파내려가기 공법 개요도

## (2) 버력 적재기

버력 적재기로서는 글러브, 샤프트마커, 터널사양 적재기가 있다.

### ① 글러브

글러브 버력 적재장치는 버력을 집어올리고 놓아주는 글러브와 이것을 오르내리는 글러브윈치 및 그 사이의 와이어로프, 매달음장치로 구성된다. 글러브는 6개의 강경한 발톱을 대구경실린더로 개폐하는 구조인 것으로 조작은 본체에 붙어 있는 공기의 개폐밸브에 의해서 하게 된다.

글러브 권상기는 선회함에 탑재하고 발판(Scaffold)에 설치된 5마력 정도의 에어모터에 의해서 주행시킨다.

### ② 샤프트마커

이 기계는 스웨덴의 알리막사에 의해서 개발된 장치로서 발판(Scaffold)에 유압굴착기의 붐과 어터치먼트를 설치한 구조로 되어 있으며 운전원이 발판(Scaffold) 위에서 조작하여 배출버력을 적재해야 한다.

### ③ 터널 사양 적재기

터널용 배출버력 적재기계는 비교적 큰 단면인 경우에 사용된다. 시공사례로서는 로커쇼벨 외에 소형의 유압굴착기 등이 있다.

국내에서  $\phi 6.8\text{m}$  이상의 연직갱에서는  $0.2\text{m}^3$ 급 유압굴착기를 많이 사용하고 있다.

### ④ 천공기계

일반적으로 쓰이고 있는 천공기계로서는 인력식 착암기, 언블레러 점보(렉타입), 샤프트점보(드리프터 타입)가 있으며 연직갱의 규모, 암질, 사이클타임의 길이 등의 조건에 맞는 기종을 선택해야 한다.

## 2.2.2 선갱 파 올라가기 공법

### (1) RC(Raise Climber)

스웨덴에서 개발된 상향 굴착용기계의 구성으로서는 작업용 발판으로 되는 플랫폼, 승강용게이지 및 이것을 지지하는 가이드레일, 승강용의 구동유니트로 되어 있다. 구동유니트는 압기식, 전동식, 디젤유압식이 있으며 인원의 승강은 게이지를 타고 승강용 모터를 조작해서 해야 한다.

국내에서는 양수발전소 수압관로터널 등에서 사용실적이 있으며, 해외실적도 많다. 시공높이는  $500\text{m}$  이내가 통상 적용되고 있다. 그 이상인 경우에는 중간에 작업터널을 두어 2단 굴착을 하는 것이 통상적이다.

### (2) RBM(Raise Boring Machine)

대구경의 시추기계로 굴착하는 연직갱 시공법으로서 기계의 구성은 굴착기본체, 유압파워유니트, 콘트롤유니트, 드릴로드, 비트, 송수펌프 등으로 되어 있다. 대표적인 방법은 지름  $250\text{mm} \sim 400\text{mm}$  정도의 시추공을 아래쪽으로 천공하고 이것을 파일럿(Pilot)공으로 해서 위로 향하여 리밍하는 것으로서 리밍의 마무리 지름은 통상 싱글헤드인 경우는  $\phi 800 \sim \phi 1,750\text{mm}$ 이다.

더블헤드인 경우는  $\phi 3,500\text{mm}$ 까지도 가능하다. 굴착할 수 있는 깊이는 암질 등의 조건에 따라 다르지만  $200\text{m}$  정도가 보통이며 해외에서  $500\text{m}$  정도 실적도 있다.

## 2.2.3 확대 파내려가기 공법

이 공법은 연직갱 지름이 큰 경우 레이스 클라이머나, RBM으로 굴착후 소정의 단면으로 확대하는 경우 사용된다. 이때 버력은 자유낙하로 하부 터널로 떨어지기 때문에 버력처리 비용은 매우 저렴하며 시공을 위한 지상설비는 전면 파내려가기 공법과 비슷하나 그 설비규모가 매우 소형으로 시공이 가능하다. 이때 시공하는 장비를 확공장비(Enlargement Equipment)라 하며 국내에서는 양수발전소 등에서 사용실적이 있다.

이 공법은 연직갱 하부에 버력처리를 위한 수평터널이 있어야 한다.



## 2.2.4 단계 발파공법(SBC공법)

이 공법은 대형드리프터 또는 다운저홀해머를 써서 상부에서 아랫쪽 갱도를 향해서 평행한 구멍을 천공하고 상부에서 폭약을 충전해서 아래에서 위를 향하여 분할 발파해서 버력을 아랫쪽 터널로 떨어뜨리면서 다단발파를 통해 파올라가는 공법이다.

특징으로서는,

- 범용의 천공기를 사용하므로 특별한 설비를 필요로 하지 않는다.
- 작업이 단순하다.
- 연직갱으로 사람이 들어가지 않으므로 안전성이 높다.

## 2.3 굴진장

전단면 기계화 굴착을 제외하고, 일반적으로 연직갱의 굴착은 지반조건 및 지하수 유입량의 대소에 따라 분할굴착 혹은 전단면 굴착공법으로 설계해야 한다.

천공은 연직갱 전용 점보드릴이나 수동식 착암기로 실시하며, 지하수 유입 개소 또는 불안정 지층에서는 기계화 설계가 불합리하다.

이때 1회 굴진장은 연직갱의 단면적, 지반상태 등에 따라 다르지만, 작업조건이 좋을 때는 약 3.0m 정도까지 실시한 사례도 있으나 대체로 약 1.2~1.5m 내외로 <그림 4>와 같이 분할굴착 혹은 전단면 굴착으로 설계해야 한다.

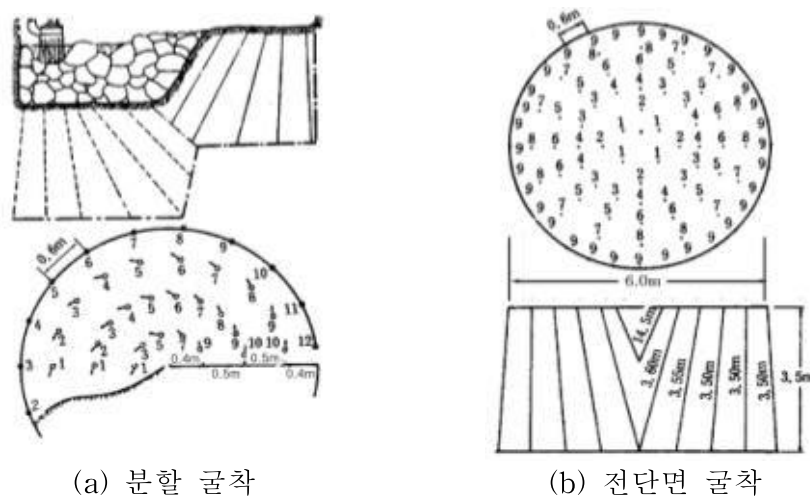


그림 4. 연직갱 굴착방법

## 2.4 발파공법

발파에 있어서 자유면을 증대시켜 폭파를 쉽게 하고 과다한 여굴을 감소시킴과 동시에 원지반의 이완을 최소로 억제하기 위해서는 발파패턴 선정이 매우 중요하다. 먼저 충분한 지표지질조사가 시행되어야 하며, 지층상태 및 특성, 지하수위, 굴착지름, 시공 가능 여부에 따라 검토되어야 한다. 발파패턴으로는 천공지에 심발공이 일

직선상에 놓이도록 한 V-Cut발파, 충분한 약량을 중심에 장약한 후 이를 중심으로 동심원을 그리며 배치되는 Parallel Hole-Cut, 자유면을 손쉽게 얻기 위해 대구경 천공기계를 연직갱 굴착부에 도갱을 파고 확장한 후 발파, 2자유면을 벤치커트법에 가까운 방법으로 굴착하는 방법 등이 있다.

## 2.5 버력타설

버력타설은 2m<sup>3</sup> 버킷에 굴착기(0.2m<sup>3</sup>)를 이용하여 적재하고 호이스트로 샤프트 지역밖으로 운반해야 한다.

버력처리는 신선한 암반이 나오도록 말끔히 처리하여 다음 공정에 차질이 없도록 해야 한다.

버력처리가 완료되면 연직갱 중심선에서 추를 내려 막장부 중심선 측량을 하고 굴착 예정선을 라인 마킹하여 과다 여굴을 방지해야 한다.

## 3. 지보형식 계획

연직갱의 지보재 설계는 콘크리트라이닝 또는 강지보재가 주지보재인 공법과 록볼트 및 슛크리트가 주지보재인 공법으로 나눌 수 있으며, 지반조건, 함수대 유무, 단면형태, 심도, 시공법, 라이닝의 타설 시기 등에 따라 안전하고 능률적인 터널 내 작업이 될 수 있도록 설계해야 한다. 기본적으로 슛크리트, 록볼트, 강지보재 등의 지보재의 설계는 본 편람 ‘10.5 터널지보재’에서 제시한 바를 준용해야 한다.

### 3.1 강지보재

일반적으로 병행 축벽법에서는 지보재의 설계가 불필요하지만, 지보재를 필요로 하는 지반이나 공법의 경우에는 원형 단면의 연직갱에서 3~4 조의 H형 강지보재 혹은 격자지보로 보강하고, 설치간격은 1.0~1.5m 정도로 설계해야 한다. 그러나 지반이 양호한 경우에는 강지보재를 록볼트와 철망으로 대체할 수 있다.

### 3.2 슛크리트

슛크리트의 두께를 결정하는데 있어서 일반적으로 적용할 수 있는 기준은 없는 실정으로 ‘10.5 터널지보재’에서 제시한 바를 준용하며, 통상 기존의 설계 및 시공실적을 감안하여 약 50~250mm로 설계해야 한다.

<표 5>는 한국도로공사에서 국내외 도로터널 지반별, 단면 크기별 본선 터널 단면을 위한 슛크리트 적용 실적을 요약한 표로서 경암 정도의 구간에서는 약 50mm, 환기탑 기초 갱구부의 구간은 약 150mm 정도를 적용할 수 있다고 제시하였으나, 이를 연직갱에 적용시에는 사전에 충분한 검토를 수행하여 설계하여야 할 것이다. 또한 슛크리트의 탈락방지를 위해 철망이나 섬유보강 슛크리트를 사용해야 한다.





표 5. 지반종류 및 단면 크기에 따른 숏크리트 두께 적용 범위

단면 크기 \ 종류	숏크리트 두께(mm)			
	경 압	연 압	풍화암	토 사
30m <sup>2</sup>	50	5~10	50 ~ 100	100 ~ 150
30~40m <sup>2</sup>	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	200 내외
40~80m <sup>2</sup>	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 250
80~120m <sup>2</sup>	50 ~ 100	100 ~ 200	150 ~ 200	250 내외

### 3.3 록볼트

연직갱에서의 록볼트 설계는 이에 대한 기준이 아직까지 제시된 바 없기 때문에 국내 터널 중 연직갱을 시공한 바 있는 터널 사례를 소개하면 다음과 같다.

- (1) GL 7.5~245m 구간 : D25, L = 4m, 수직 간격 2m, 수평하향 10°로 설치
  - (2) GL 245m~연결갱 상부 11m까지 : D25, L=3m, 수직간격 2m, 수평하향 10°로 설치
  - (3) 연결갱 상부 11m~연결갱 상부까지 : D25, L=4m, 수직간격 2m, 수평하향 10°로 설치
- 수평 터널과의 차이점으로는 연직갱의 심도에 따라 록볼트의 길이를 조절하였고, 수평방향을 기준으로 하여 하향으로 록볼트를 시공하였다.

### 3.4 콘크리트라이닝

콘크리트라이닝의 설계두께는 그 목적에 부합하도록 단면의 크기와 형상, 지반특성, 심도, 작용하중, 라이닝 재료, 시공법, 시공성, 기존 시공실적 등을 고려하여 결정해야 한다.

#### 3.4.1 작용하중

라이닝의 설계두께를 결정하는 방법은 본선 터널구간에서의 설계와 마찬가지로 외력으로서의 하중 특히 지반압 및 수압의 상태와 라이닝의 역학적 작용에 따른다. 지질 구조가 복잡하여 라이닝에 가해지는 작용하중의 정확한 예측이 곤란한 경우에는 지반압이 균등하게 작용하는 것으로 가정하여 설계할 수 있다. 그러나 외국의 연구 결과에 의하면, 굴착후 측벽 작업에 착수할 때에는 내공변위가 거의 수렴한 상태로서 측벽에는 거의 지반압이 작용하지 않는다고 판단하고, 라이닝의 두께는 정수압만을 대상으로 산정하고 있다.

#### 3.4.2 라이닝 설계두께

연직갱의 라이닝 두께 산정을 위한 설계방법들은 아래에 나열한 바와 같고, 이에 대한 내용의 설명은 관련문헌들을 참조하기 바란다.

- 탄성한계내의 응력상태에서의 두꺼운 원통으로 가정한 설계(Lame의 공식)
- Coulomb 소성상태에 의한 라이닝 두께 산정(Jaeger & Cook이 제안)
- 소성평형상태의 암반하중에 의한 라이닝 두께 산정(More 이론 확장)

참고로 지반의 변위가 수렴된 이후 라이닝을 타설하였을 경우 지반압은 무시할 수 있으나, 지하수가 정수압으로 작용할 경우 연직갱에서의 라이닝 두께를 산정하는 일반적인 공식은 다음과 같다(J.O. Bickel, T.R. Kuesel, and E.H. King, 1996).

$$t = r \left[ \sqrt{\frac{f / SF}{f / SF - 2P_o}} - 1 \right] \quad (1)$$

여기서,

$t$  : 라이닝 두께(mm)

$r$  : 연직갱 내경(mm)

$f$  : 콘크리트 압축강도(MPa)

$SF$  : 안전계수(약 2.5)

$P_o$  : 외압(정수압, MPa)

국내외 연직갱 시공 실적 및 이론에 의한 라이닝 설계두께는 하향 또는 상향 굴착 시 숏크리트와 록볼트를 시공하는 경우에 시공성, 단면 크기 등을 고려하여 약 200 ~ 400mm로 설계하며, 단면의 증감에 따라 설계두께도 적절하게 증감시키도록 해야 한다.

### 3.4.3 라이닝 설계시 고려사항

연직갱의 라이닝 설계시에는 다음사항들을 고려해야 한다.

- (1) 하향 굴착시 굴착, 발파, 버력 처리후 즉시 측벽을 라이닝으로 유지하는 경우에는 지반압을 라이닝이 전면적으로 받는 것으로 설계해야 한다. 따라서 불량한 지반의 경우에는 측벽붕괴를 방지하기 위해 라이닝 길이를 짧게 하고, 강지보재를 추가하는 등의 대책을 강구해야 한다.
- (2) 하향 또는 상향 굴착시 굴착과 라이닝을 20~30m 정도로 교대로 시공하는 경우에는 굴착 후 지반변형을 지보재로 일시적으로 방지하고 지반상태에 따라 일정 구간 일시에 라이닝을 시공하는 것으로 설계할 수 있다. 이때 라이닝의 설계시 지반압은 라이닝이 지지하는 것으로 설계해야 한다.
- (3) 라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요강도, 내구성 및 양호한 시공성을 얻을 수 있도록 설계해야 한다.
- (4) 라이닝에 사용되는 재료는 터널의 사용 목적에 적합한 것이어야 하며, 일반적으로 콘크리트 타설 공법이 사용되지만, 지반조건에 따라 콘크리트 블록, 세그먼트, 라이너 플레이트(Liner Plate) 등으로 설계할 수 있다.
- (5) 지하수의 유입이 많거나, 유황성분의 지하수가 있는 지역에서는 콘크리트라이닝의 부식을 고려해야 하며, 지수 및 지반강화를 위해 주입공법과 강재 라이닝 등의 설치 등을 고려해야 한다.



#### 4. 지하수 처리공법 계획

연직갱 굴착은 유입 지하수의 증가에 따라 시공능률, 안전성 등이 현저하게 저하된다. 따라서 굴착 작업 중의 용출수량 기준을 약 0.2m<sup>3</sup>/min으로 하고, 그 이상일 경우 유입 지하수처리 공법을 적용해야 한다.

일반적으로 연직갱에서의 유입 지하수처리 공법은 딥웰(Deep Well)공법이나 동결공법, 릴리프 홀(Relief Hole) 설치 등이 있으며, 지반이 연약하고 지하수의 유입수량이 과대하여 유도배수가 불가능한 경우에는 주입공법을 적용할 수 있다.

#### 5. 바닥 및 외부 설비 계획

##### 5.1 설계시 고려사항

연직갱 터널바닥설비의 설계는 스킵(Skip)에의 반출물 적재시 흘림과 유입 지하수처리, 케이지(Cage)의 여유 등을 고려하여 본 터널보다 깊게 굴착해야 하며, 그 깊이는 굴착방법에 따라 다르지만 케이지 방법의 경우 약 100 ~ 150mm, 스킵(Skip)방법의 경우 약 300mm 정도의 깊이가 필요하다.

그리고 본선 터널공사와 다른 터널외부설비로 운반용 권상기(Hoist)와 연직갱 조명, 정전시의 예비 발전기가 필요하다.

이외의 터널바닥 및 터널외부설비 설계시 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

- (1) 연직갱의 터널바닥설비에는 배수설비와 버력처리설비가 있으며, 지반조건, 본 터널 시공법, 운반방법, 굴진 공정 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 정해야 한다.
- (2) 연직갱 본체에 설치할 각종 부대시설 등은 지반조건, 운반방법 등을 고려하여 그 규모와 배치를 결정해야 한다
- (3) 연직갱과 본 터널과의 거리가 크게 되면 연락갱의 길이가 길게되어 공기 및 경제성 면에서도 불리하게 되므로 연락갱의 길이는 가급적 짧게 배치되도록 설계해야 한다.
- (4) 정전시 배수, 인원의 터널외부 출입을 위한 예비 발전설비의 용량은 예상 용출수량, 터널내 작업인원 등을 고려하여 배수펌프 및 케이지 권양기의 운전이 가능하도록 설비해야 한다.
- (5) 연직갱내 과도한 유입 지하수로 인하여 배수설비가 침수되는 경우를 대비하여, 배수펌프의 전선을 인원 탈출을 위한 케이지 권양기와 별도계통으로 나누어 배선해야 한다.

##### 5.2 배수설비 및 안전설비

- (1) 배수설비는 예상 유입 지하수량, 이상 출수, 펌프설비의 유지 및 보수, 고장시, 정전시 등을 고려하여 여유 있게 설계하며, 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널내 배수관, 펌프장, 배전실 및 충전실, 재료 적치장 등에 대해서도 검토해야 한다.

- (2) 연직갱의 심도가 깊어지는 경우 중계펌프를 설치하여 원활한 배수가 되도록 해야한다.
- (3) 비상용 경보장치(전화, 점멸장치, 사이렌 등), 소화기 설치, 비상용 가스마스크 등의 안전설비를 계획해야 한다.
- (4) 연직갱 통로에는 발판 미끄러짐 방지시설 등을 설치하고, 통로를 설치하는 때에는 다음 각 호의 사항을 준수해야 한다.
- ① 견고한 구조로 할 것
  - ② 추락의 위험이 있는 장소에는 안전난간을 설치할 것
  - ③ 연직갱에 가설된 통로의 길이가 15m 이상인 때에는 10m 이내마다 계단참을 설치할 것
- (5) 작업원의 추락 등에 의한 위험을 방지하기 위하여 안전난간을 설치할 때에는 다음 각 호의 기준에 적합한 구조로 설치해야 한다.
- ① 상부난간대, 중간난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성할 것
  - ② 상부난간대는 바닥면, 발판 또는 경사로의 표면으로부터 90cm 이상 120cm 이하에 설치하고, 중간난간대는 상부난간대와 바닥면 등의 중간에 설치할 것
  - ③ 발끝막이판은 바닥면 등으로부터 10cm 이상의 높이를 유지할 것
  - ④ 난간기둥은 상부난간대와 중간난간대를 견고하게 떠받칠 수 있도록 적정 간격을 유지할 것
  - ⑤ 상부난간대와 중간난간대는 난간 길이 전체에 걸쳐 바닥면 등과 평행을 유지할 것
  - ⑥ 난간대는 지름 2.7cm 이상의 금속제 파이프나 그 이상의 강도를 가진 재료일 것
  - ⑦ 안전난간은 임의의 점에서 임의의 방향으로 움직이는 100kg 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조일 것
- (6) 와이어로프 또는 달기체인(고리걸이용 와이어로프 및 달기체인을 포함)의 안전계수(와이어로프 또는 달기체인 절단하중의 값을 그 와이어로프 또는 달기체인에 걸리는 하중의 최대값으로 나눈 값)가 다음 각 호의 기준에 적합하지 않은 경우 이를 사용해서는 안된다.
- ① 근로자가 탑승하는 운반구를 지지하는 경우에는 10 이상
  - ② 화물의 하중을 직접 지지하는 경우에는 5 이상
  - ③ (가), (나) 이외의 경우에는 4 이상
- (7) 다음 각 호에 해당하는 와이어로프를 사용하여서는 안 된다.
- ① 이음매가 있는 것
  - ② 와이어로프의 한 꼬임에서 소선(필러선을 제외한다)의 수가 10% 이상 절단된 것
  - ③ 지름의 감소가 공칭지름의 7%를 초과하는 것
  - ④ 꼬인 것
  - ⑤ 심하게 변형 또는 부식된 것



- (8) 겨울철 연직갱 주변의 지표수 및 배면지하수 연직갱 내부로 유입시 고드름이 생성되어 낙빙에 의한 구조물 손상 및 안전사고의 위험이 있으므로 수시로 결빙방지 확인 및 고드름제거 등 구조물 손상 및 안전사고 방지 대책을 강구해야 한다.
- (9) 낙반 및 낙석 등의 위험이 있는 연직갱 내부에는 관계 작업원 외의 자의 출입을 금지시켜야 하며, 낙반, 출수 등에 의하여 산업재해발생의 급박한 위험이 있는 때에는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 대피시키야 한다.
- (10) 재해발생위험을 관계근로자에게 신속히 알리기 위한 비상벨 등 통신설비 등을 설치하고 그 설치장소를 관계근로자에게 주지시켜야 한다.
- (11) 발파공에 장전된 화약류를 점화시킬 때 사용하는 발파기를 사용함에 있어서 정전기에 의한 폭발등의 위험이 발생할 우려가 있는 때에는 확실한 방법으로 접지를 하거나, 도전성 재료를 사용하거나 가습 및 점화원으로 될 우려가 없는 제전장치를 사용하는 등 정전기의 발생을 억제하거나 제거하기 위하여 필요한 조치를 해야 한다.
- (12) 연직갱 건설작업에 있어서 붕괴 등에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 때에는 필요한 계측장치 등을 설치하여 위험을 사전에 확인하기 위한 조치를 해야 한다.

## 해설 3. 경사갱 설계

### 1. 단면설계

경사갱의 단면설계는 용도, 시공을 위한 운반 설비, 작업용 통로 및 공사용 제설비의 배치, **경사갱을 통한 각종 반·출입설비, 긴급 구난용 차량, 풍도설치여부** 등을 종합적으로 고려하며, **기울기** 및 연장은 설비의 반·출입, 설치용이성, 유지보수, 점검 시의 안전성 등을 고려하여 결정해야 한다.

#### 1.1 단면 크기의 결정

경사갱의 내공단면 크기는 반출물의 운반방법 및 반·출입 기계, 자재의 최대 치수를 검토하고, 급·배수관, 급·배기관, 작업통로(폭 0.7m×높이 2m), 각종 배선, **경사갱을 통한 각종 반·출입설비, 긴급 구난용 차량, 풍도설치여부** 등에 따라 결정된다. <그림 5>에는 반출물 운반방법에 따른 마제형 경사갱 단면과 부속설비의 배치 예를 보여주고 있다.

또한 배수관은 유입 지하수의 상태에 따라 증가시킬 수 있으므로 여유 있는 배치가 되도록 내공단면을 확보해야 하며, 기능상 요구되는 단면 형상과 시공상 필요한 단면 형상을 동시에 만족하도록 고려할 필요가 있다.

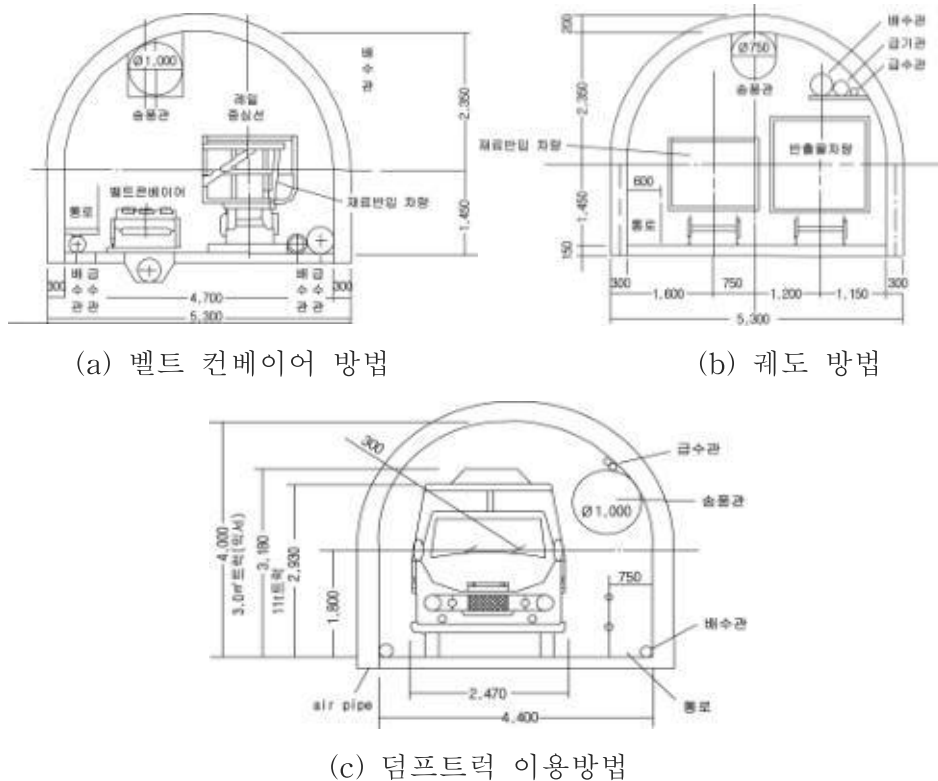
#### 1.2 경사 결정

경사갱의 경사는 용도, 연장, 본선 터널과의 위치관계, 지반조건, 시공법, 공기, 운반방법의 특성, 환기방법 등을 고려한 후 결정해야 한다.

경사갱의 사용 목적에 따라 경사를 다르게 적용할 수 있는데, 장대터널의 작업갱, 지하발전소 등의 공사용 경사갱의 경우 약 14°정도의 경사로 설계하며, 연락용 갱도 및 광산 등에서는 30°, 압력수로터널에서는 50°내외의 경사로 설계하기도 한다.

또한 버력의 반출방법에 따라서 경사 한계를 결정할 수 있는데,

- (1) 벨트 컨베이어 방법에서는 버력의 미끄럼에 따라 최대 18°까지 가능하지만, 일반적으로 1/4(약 14°)를 표준으로 하고 있다.
- (2) 궤도방법에서는 권양기의 출력과 안전성, 효율성을 고려하여 1/4(약 14°)를 표준으로 하지만 약간 큰 16°정도까지 허용할 수 있다.
- (3) 덤프트럭 이용방법에서는 덤프트럭의 주행성능과 경사갱 연장을 고려하여 1/8(약 7°)~1/12.5(약 4.5°) 정도를 표준으로 하고 있다.
- (4) 경사갱 공사시 출입을 위하여 안전통로를 설치해야 한다. 터널내의 통로는 최소 0.75m 이상의 폭을 확보하고 경사갱의 경사가 15° 이상인 경우에는 발판 미끄러짐 방지시설을 설치하며, 경사가 30°이상의 경우에는 계단을 설치해야 한다. 경사갱의 연장이 긴 경우에는 종업원의 수송설비를 설치해야 한다.



(a) 벨트 컨베이어 방법

(b) 궤도 방법

(c) 덤프트럭 이용방법

그림 5. 작업용 경사갱의 내공단면 예

## 2. 굴착설계

경사갱의 굴착공법은 전단면 하향굴착, 전단면 상향굴착, 선갱 확대굴착 등으로 구분되며, 경사갱의 용도, 연장, 경사, 단면의 형태 및 크기, 지반조건, 입지조건, 굴착방향, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법 등을 선정해야 한다.

### 2.1 굴착방법

굴착공법은 수평 터널 공사와 기본적으로 차이는 없으나 막장부의 유입 지하수처리 등 부분적으로 다른 점이 있으며, 일반적으로 터널바닥에 인접하는 갱도의 이용이 곤란하기 때문에 지표 상부에서 하향으로 굴착하는 방법이 주로 적용되고 있다.

굴착방법으로 인력 또는 발과 외에도 기계굴착방법도 고려할 수 있으며, 발과방법을 적용할 경우 지반 및 지하수 상태, 단면 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 발과패턴을 결정해야 한다.

### 2.2 굴진장

장대터널에서 작업갱을 설치하는 경우 단면의 크기는 약 20~23m<sup>2</sup> 정도가 많고, 특별히 지반조건이 열악한 경우를 제외하고 전단면굴착을 적용해야 한다.

1일 굴진장은 대상 지반의 상태와 굴착방법에 따라 차이가 있으나 국내외 시공 실적에 따르면, 평균 1.0~2.0m/일이고, 최대 4.0~9.0m/일까지 굴착한 사례가 있다.

### 3. 지보재 설계

지보재는 시공법, 지반조건 등을 고려하여 굴착 후 지반의 자체 지보능력을 발휘할 수 있도록 설계해야 하며, 수평 터널의 경우에 준하여 지보패턴을 설계하되 수평터널의 지보패턴 보다 다소 보수적인 지보가 이루어지도록 설계해야 한다.

#### 3.1 강지보재

작업용 경사갱 굴착시 강지보재 설치 방법은,

- (1) 연직방향 설치
- (2) 경사갱의 직각방향 설치
- (3) 직각과 연직방향의 중간 방향으로 설치할 수 있으며,

초기응력 및 지반상태를 고려하여 가장 적합한 방법을 선택해야 한다. 일반적으로 기존의 시공 실적에 의하면 중간각도로 설치하는 경우가 많으며, H형 강지보재의 규격은 H-100×100×6×8의 것을 사용하며, 원지반의 상태에 따라 0.9~1.5m 간격으로 설치해야 한다.

#### 3.2 숏크리트 및 록볼트

NATM개념의 터널공법으로 시공하는 작업갱에 대한 지보패턴 설계는 수평 터널공사에서 적용하고 있는 RMR 혹은 Q-시스템에 의한 암반 분류로부터 지보패턴을 결정하는 방법에 준하여 설계해야 한다.

기존의 시공된 사례들에 의하면, 숏크리트의 두께는 지반조건에 따라 50 ~ 150mm 타설하였으며, 철망을 설치하여 숏크리트의 부착성과 인장강도를 증가시키도록 하였다.

그리고 록볼트는 굴착 단면이 협소한 점을 고려하여 지름 $\phi$ 25mm, 길이 L=2.0~3.0m의 록볼트를 설치하였는데, 1단면당 록볼트 5~7개를 1.0~1.5m의 간격으로 설치하였다.

#### 3.3 콘크리트라이닝

**3.3.1** 콘크리트라이닝의 설계는 경사갱의 용도, **기울기**, 지반조건, **풍도설치 여부**, 시공법, 시공시기 등을 **고려해야 하며**, 전술한 바와 같이 경사갱에서의 콘크리트라이닝 설계도 수평 터널의 설계에 준하지만 특별히 급경사의 경사갱이나 수압관로의 라이닝에 대해서는 주변지반의 상태에 따라 적절한 두께와 구조를 확보하도록 해야 한다.

**3.3.2** 라이닝의 두께는 목적에 적합하도록 경사갱단면의 형태와 크기, 라이닝에 작용하는 하중, 지반조건, 라이닝 재료, 시공성 등을 고려해야 하며, 일반적으로 300~400mm로 설계하지만 300mm를 표준으로 하여 내압이 작용하는 경사갱에서는 하중의 크기에 적절한 두께를 정해야 한다. **다만, 지반조건, 풍도설치 여부, 사용용도 및 활용빈**





도 등을 종합적으로 고려하여 라이닝 삭제 또는 라이닝 두께를 변경할 수 있으나, 본선터널 접속부나 갱구부 30m 구간은 터널의 안정성을 고려하여 라이닝 타설을 원칙으로 한다.

**3.3.3 콘크리트 라이닝 타설구간**이 연약지반이거나 혹은 유입 지하수가 많은 지반에서는 인버트 폐합 콘크리트라이닝의 설치를 고려해야 한다.

**3.3.4** 콘크리트라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요강도, 내구성, 양호한 품질과 시공성을 얻을 수 있도록 설계해야 한다.

#### 4. 보조공법 계획

연직갱 및 경사갱의 굴착대상인 지층의 지반조건과 지하수를 확인하고, 대수층이 있거나 유입지하수가 많을 것으로 예상되는 경우에는 그 특성에 따라 시공 전 또는 시공 중에 지하수위 저하, 지수 및 차수, 지반보강 등의 보조공법을 적용해야 한다.

#### 5. 터널바닥 및 터널외부설비

경사갱 내부의 터널바닥설비는 지반조건, 본 터널의 시공법, 경사갱의 운반방법 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 결정해야 한다.

경사갱과 본갱과의 교차부의 형상은 반출능력에 따라 반출용 열차의 운반궤도를 별도 설치하는 경우와 직접 교차하는 경우가 있으며, 일반적으로 후자의 형식으로 시공한 사례가 많다.

또한 경사갱 수평부와 본 터널 및 운반궤도와 교차각도는 직각이 바람직하지만 운반궤도나 기계의 운행을 고려하여 30°~ 60°정도가 일반적으로 적용되고 있다. 이외에도 터널바닥 및 터널외부설비의 설계시 고려해야 할 점으로는 다음과 같다.

- (1) 버력처리 설비는 경사, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정해야 한다.
- (2) 배수설비는 예상 지하수 유입량, 이상출수, 펌프 설비의 보수, 고장시의 예비, 정전시 등을 고려하고, 양정, 용량 등에 충분한 여유를 두도록 설비용량을 정해야 한다.
- (3) 배수설비로서 경사갱 바닥의 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널내의 배수관, 펌프실의 규모, 터널외부의 유량계, 예비 발전설비, 등을 검토하고 이들 설비들을 유기적으로 연결하는 연락터널, 충전실, 재료적치장 등에 대해서도 검토해야 한다.
- (4) 경사갱의 터널외부설비의 설계시에는 자재 운반용 권양기와 정전 등 비상시를 대비한 예비 발전설비가 계획되어야 한다.

#### 6. 시공장비 선정

경사갱의 시공장비는 지반조건, 단면, 기울기, 안전성, 등판능력, 능률 등을 고려하여 선정해야 한다.

#### 해설 4. 횡갱 설계

횡갱의 설치간격은 ‘철도시설 안전기준에 관한 규칙’에 의거하여 안전성 분석을 통하여 결정하는 것을 기본으로 하며 공사용 횡갱은 현장여건, 시공성, 경제성 및 안정성 등을 종합적으로 고려하여 설치여부를 결정해야 한다.



## RECORD HISTORY

Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.1('13.9.16) 원주~강릉 철도건설 경사갱의 단면변화에 따른 콘크리트 라이닝 및 풍도 슬래브 구조검토 결과를 바탕으로 경사갱 단면 최적화 방안 마련(설계 기준치-2880, '13.9.16)