

KR C-12080

Rev.1, 16. September 2013

갱 구 부

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. 갱구부 설계 일반	2
3. 갱구부 설계	3
4. 갱문 설계	4
 해설 1. 갱구부 설계일반	6
1. 갱구부 정의	7
2. 갱구위치 선정	8
2.1 위치선정을 위한 지형특성 검토	8
2.2 갱구위치 선정	9
2.3 갱구부 환경 검토	10
해설 2. 갱구부 설계	11
1. 지형 및 지반조건의 고려사항	11
2. 깎기 비탈면 안정설계	11
2.1 조사	11
2.2 경험적인 갱구비탈면 설계	12
3. 갱구비탈면의 안정 대책	13
4. 갱구비탈면 보강 및 보호공법	14
4.1 보강공법	14
4.2 보호공법	15
4.3 비탈면붕괴 및 낙석대책	15
5. 토류 가시설 설계	15
6. 갱구부 지보형식 선정	15
7. 갱구부 굴착공법	19
8. 보조공법의 적용	19
해설 3. 갱문	21
1. 위치선정	21
2. 갱문형식 선정	22
3. 조정 설계	25
3.1 터널갱문부의 조정설계 개념	25
 RECORD HISTORY	27

1. 용어의 정의

- (1) 경사 : 층리면(지층면), 단층면, 절리면 등의 지질 불연속면이 수평면에 대하여 최대 로 기울어진 각도를 말하며, 경사방향은 주향과 항상 직교하게 나타나며, 진북을 기준으로 측정.
- (2) 계측 : 터널굴착에 따른 주변지반, 주변구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위.
- (3) 굴착공법 : 굴진면 또는 터널굴착방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착 공법, 분할굴착공법, 선진도갱굴착공법 등.
- (4) 굴착방법 : 굴진면의 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법
- (5) 록볼트(Rock Bolt) : 굴착암반면의 보강을 위하여 삽입하는 볼트이며, 암반을 일체화 함으로써 원지반의 안정을 위하여 설치한다. 록볼트의 정착방식에는 선단정착방식, 전면정착방식 및 병용방식.
- (6) 불연속면(Discontinuities In Rock Mass) : 모든 암반 내에 존재하는 절리, 퇴적암에 존재하는 층리, 변성암에 존재하는 엽리, 대규모 지질구조와 관련된 단층과 파쇄대 등 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄하여 일컫는 말.
- (7) 쏫크리트(Shotcrete) : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 부착시켜 시공(타설)하는 콘크리트.
- (8) 용출수 : 터널의 굴착면으로부터 용출되는 지하수.
- (9) 인버트(Invert) : 터널단면의 바닥 부분을 통칭하며, 원형터널의 경우 바닥부 90°구간의 원호 부분, 마제형 및 난형 터널의 경우 터널 하반의 바닥 부분을 지칭한다. 인버트의 형상에 따라 곡선형 인버트와 직선형 인버트로 분류하며, 인버트 부분의 콘크리트라이닝 타설 유무에 따라 폐합형 콘크리트라이닝과 비폐합형 콘크리트라이닝으로 분류.
- (10) 절리 : 암반에 존재하는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로서 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것을 말하며 성인은 암석 자체에 의한 것과 외력에 의한 것.
- (11) 지반 : 건설공사에 관련한 지구의 표층 부분이며, 구조물의 기초나 굴착 등의 대상이 되는 부분.
- (12) 지반조건(Ground Condition) : 터널주변 지반의 지형, 지질, 수리·수문 조건 등.
- (13) 지보재 : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭.
- (14) 지보패턴 : 터널굴진면의 지반 상태와 터널 천단부 및 그 상부의 지반 상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 적용되는 지보 형태를 말하며, 터널굴



착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 꾀하기 위하여 설치하는 숏크리트, 록볼트, 강지보공과 보조공법 등을 조합한 것.

- (15) 천장부(Crown) : 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간.
- (16) 측벽부(Wall) : 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간.
- (17) 토피 : 터널 천장으로부터 지표까지의 연직두께.
- (18) 편압 : 터널 좌우 또는 전후 방향으로 불균등하게 작용하는 지반압력.

2. 갱구부 설계 일반

- (1) 갱구부는 일반적으로 갱문구조물 배면으로부터 터널길이 방향으로 터널직경의 1~2 배 범위 또는 터널 천장부로부터 토피고 3~5m에서 터널직경 1.5배의 토피고가 확보되는 범위까지로 정의한다. 단, 원지반 조건이 양호한 암반층 또는 붕적층, 충적층 등의 연약토 사층에서는 별도의 구간을 갱구부 범위로 정의할 수 있다.

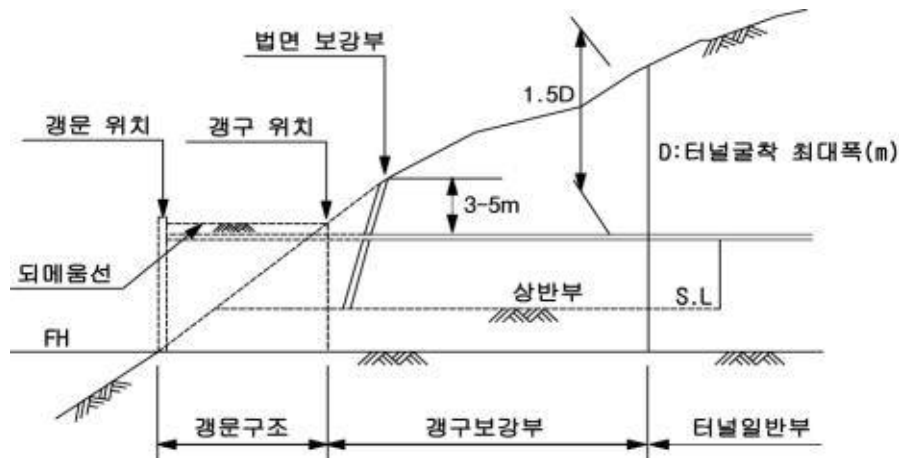


그림 1. 갱구부의 범위

- (2) 갱구부는 터널 본선부와는 달리 지형, 기상, 입지조건, 근접시설물 등의 외적조건에 크게 영향을 받기 때문에 이를 고려하여 구조 및 시공법을 선정해야 한다.
- (3) 갱구부의 설계에는 아래의 사항들을 검토하여 안정성을 확보하고 환경훼손을 최소화할 수 있도록 해야 한다.
 - ① 갱구의 위치 및 설치방법
 - ② 갱구부의 범위
 - ③ 갱구부의 굴착공법, 지보구조, 보조공법과 콘크리트라이닝 구조
 - ④ 갱구비탈면의 안정검토와 필요한 사면 안정공법
 - ⑤ 갱구비탈면의 지표수 및 지하수 배수 대책

- ⑥ 기상재해의 가능성과 필요한 대책공법
- ⑦ 갯구 주변의 구조물에 미치는 영향

3. 갯구부 설계

- (1) 갯구부의 위치는 지형이나 기상的影响을 크게 받으므로 다음과 같은 특성을 고려하여 설계해야 한다.
 - ① 갯구부가 평지보다 높은 경사면 상부에 위치할 때에는 공사용 접근도로와 인접 구조물과의 관계 등을 고려하여 설계해야 한다.
 - ② 갯구부는 갯구부 깎기 최소화를 위하여 특수한 지형 및 지질조건을 제외하고는 갯구부 상단 토피 3~5m 또는 암토피고 1~2m 확보되는 지점에 갯구부를 형성하는 것을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.
 - ③ 터널 중심축선이 지형 비탈면에 대하여 사각으로 진입하는 경우에는 비대칭의 깎기 비탈면이나 갯문이 형성되게 되므로 횡방향 토피 확보 여부와 편압에 대한 검토를 해야 한다.
 - ④ 터널 중심축선이 골짜기로 진입하여 골짜기에 갯구부를 위치시키는 경우에는 수리·수문학적인 검토를 하여 지표수와 갯문 배면의 침투수가 원활하게 배수처리 되도록 해야 하며, 낙석, 산사태, 눈사태 등의 자연재해 발생 가능성에 대비해야 한다.
- (2) 갯구부의 위치는 깎기 비탈면의 안정과 자연 지형 보존을 위하여 땅깎기를 최소화할 수 있는 위치로 선정해야 하며 갯구위치별의 깎기량에 대한 경제성, 시공성, 경관성, 환경영향 등을 비교 검토해야 한다.
- (3) 갯구부의 설계는 비탈면의 안정성, 지반의 지내력, 터널중심 축선과 비탈면의 관계, 갯구비탈면 땅깎기 및 터널의 안정성 등을 검토해야 한다.
- (4) 갯구부 비탈면의 기울기는 지반조건에 따라 안전한 기울기를 선정해야 하며, 필요시 비탈면 안정성 확보를 위한 보강공법으로 설계해야 한다.
- (5) 갯구부 상부의 토피가 얇고, 지반 자체의 지보력 형성이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 상재된 전토피 하중이 지보재에 작용하는지의 여부를 검토해야 한다.
- (6) 갯구부는 누수, 결빙 등이 발생하기 쉽기 때문에 적합한 방수 및 배수조치를 해야 하며, 갯구부에 작용하는 하중 및 기상조건에 따른 영향을 고려하여 콘크리트라이닝의 철근 보강여부, 동상방지층, 제설 및 방설시설의 적용여부를 검토해야 한다.
- (7) 갯구부에서 지반상태가 불량하여 지진에 의한 영향이 예상될 경우에는 지진하중에 의한 영향을 검토해야 한다.
- (8) 갯구부의 지반 특성상 지반이완과 비탈면 붕괴가 발생될 위험이 있는 경우에는 낙석 방지와 비탈면을 안정시키는 보강대책을 수립해야 한다.



- (9) 터널 중심축선과 비탈면의 위치관계에서 3차원 거동이 예상되거나 편압이 작용하는 경우에는 터널 안정 해석 시 이에 대한 검토를 해야 하며, 안정성이 확보되지 않는 경우에는 압성토와 땅깁기로서 지반압의 균형을 맞추도록 하거나 불균형의 응력 발생에 대비한 보강대책을 제시해야 한다.
- (10) 갱구부 인접지표부에 침하의 제한이 필요한 시설물이 있는 경우에는 이에 대한 대책을 검토하여 안전한 공법으로 설계해야 한다.
- (11) 터널 갱구부 주위에 태풍 등의 영향으로 쓰러지거나 가지가 끊어져 열차운행에 지장을 줄 수 있는 수종은 식재하지 않도록 해야 한다.
- (12) 집중호우시 터널 갱구부 비탈면으로 대량의 지표수가 직접 유입되지 않도록 비탈면 어깨부에 산마루 측구를 설치하고, 비탈면에는 식생공 등의 비탈면 보호공을 시공해야 한다. 비탈면의 지질이 불량한 경우에는 옹벽 또는 비탈면보호블럭 등 영구시설물 설치를 고려해야 한다.

4. 갱문 설계

- (1) 갱문의 위치 선정시에는 기상 및 자연재해에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 갱문 배면의 지형, 지반조건, 땅깁기 및 비탈면의 안정성 등을 검토해야 하며, 갱구부 주변의 유지관리시설과의 관계와 터널 외부의 구조물형식을 고려해야 한다.
- (2) 갱문은 비탈면에서의 낙석, 토사붕락, 눈사태, 지표수 유입 등으로부터 갱구부를 보호할 수 있는 기능을 갖도록 하고, 역학적으로 안정한 구조로 설계해야 한다.
- (3) 갱문의 형식은 터널의 사용목적에 적합하고 주변경관과의 조화와 유지관리상의 편의성을 고려하여 다양한 형식으로 적용할 수 있으며, 갱구부의 지형 및 지반조건을 고려하여 다음과 같이 선정해야 한다.
 - ① 갱문 형식은 지형 및 지반조건, 급경사지 재해예방에 관한 법률에 제시한 경사도 등을 고려하여 결정하여야 한다.
 - ② 급경사지에 갱문이 형성될 경우에는 갱구부와 분리된 갱문구조물을 형성하는 **면벽형** 혹은 **중력형 갱문 적용을 우선적으로 검토하며**, 구조물은 갱문 배면의 지반압을 받는 토류 옹벽구조로 설계해야 한다.
 - ③ **완경사지에 갱문이 형성될 경우에는** 갱구부와 연속된 갱문 **구조물인 돌출형의 적용을 우선적으로 검토하며** 지형 및 지반조건, 주변환경 등을 고려하여 형상을 선정해야 한다.
 - ④ 해빙기와 집중호우 시 낙석, 눈사태, 산사태로부터 이용자의 안전을 확보할 수 있도록 갱문 형식을 선정해야 한다.
- (4) 터널에서 설계속도 고속화에 따라 주변지역에 공기압(미기압)의 영향이 우려되는 경우에는 이를 고려하여 갱문형식을 정하여야 한다.

- (5) 갯문의 구조 설계는 소요하중 외에 지진, 온도변화, 콘크리트의 건조수축 등의 영향을 고려해야 하며, 갯문 구조물 기초의 안정성도 검토해야 한다.
- (6) 갯문 구조물의 일부로서 터널과 연결된 복개식 터널 구조물은 개착 구조물로 간주하여 설계해야 하며 편압이 작용할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여 설계해야 한다.
- (7) 갯문구조물과 본선티널의 접합부는 분리구조로 하고 적합한 조인트를 설치해야 하며, 재질이 서로 다른 두 종류의 방수막이 접합되는 경우, 방수막 상호간 접합이 용이한 재료를 선정하여 사용한다. 특히 접합부에는 누수에 대비하여 구조물 횡방향으로 도수로를 설치하여 유도배수해야 한다.
- (8) 갯구부 개착구조물 설치 시 원지반의 특성을 감안하여 바닥 슬라브의 설치 여부를 검토해야 한다.
- (9) 돌출형(원통절개식) 및 면벽형 갯문 상부에는 낙석방지, 유지보수요원의 안전한 통행을 위하여 안전난간 등의 보호시설을 설치해야 한다.



해설 1. 갱구부 설계일반

갱구를 설계할 때는 갱구 부근의 지형, 지반조건, 지하수, 기상 등의 자연 조건과 민가, 인접구조물의 유무 등 사회적 조건 파악에 힘쓰고 비탈면의 안정, 기상재해의 가능성, 주변 경관과의 조화, 열차의 주행에 미치는 영향을 고려하여 갱구부의 위치, 갱문 구조, 유지관리용 시설 등의 설계를 적절히 해야 한다.

여기서 말하는 갱구부 설계란 터널의 갱구부, 갱문 및 그 전후 선로 구간의 일부 설계를 총괄한 것이다.

갱구부는 일반적으로 원지반의 지형·지질 조건이 불안정하거나 터널 굴착시 지표면 변화 등으로 슬라이딩, 경사 붕괴, 편토압을 발생시킬 경우 그 대책이 어려우므로 설계시에 적절한 대책을 수립해야 한다. 갱구부의 설계는 사전 조사의 정밀도나 원지반 상태의 추정에 한계가 있으므로 일반설계를 참조하여 비탈면이나 지표면에 미치는 영향을 예측하고 그 결과를 설계에 반영시켜야 한다.

갱구부의 설계에는 자연조건 이외에도 주로 토피가 작은 터널 위에 구조물 등이 있거나 민가에 근접한 터널 갱구가 계획되는 등의 사회적인 조건이 가해질 경우가 있다. 따라서 갱구부의 설계에서는 터널의 시공이 이들에 미치는 영향을 파악하고 특수한 시공법의 채택, 대상 구조물의 보강 등 필요에 따라서는 환경 보전상의 대책을 고려해야 한다.

터널 갱구부도 원지반 그 자체가 구조체이므로 원지반을 가급적 이완시키지 않는 굴착방법을 선택해야 한다. 부득이하게 안정성이 염려되는 원지반에 갱구를 만들 때에는 원지반을 우선 안정시킬 수 있는 보강대책을 수립해야 한다.

갱구의 설계에는 터널의 규모에 따라서 유지관리용의 제반 시설을 고려해야 한다. 또한 예측하지 못한 현상의 발생에 대해 정확한 대책을 강구할 수 있도록 갱구부 계측체제를 충분히 해 두어야 한다.

갱구부의 설계에는 아래의 항목을 검토해야 한다.

- ① 갱구의 위치
- ② 갱구부로 시공되는 범위
- ③ 갱구 설치 방법
- ④ 갱구부의 지보구조와 보조공법
- ⑤ 갱구비탈면의 안정성 확보에 필요한 비탈면 안정공법
- ⑥ 기상재해의 가능성과 필요한 대책공법
- ⑦ 지표면 침하 등 갱구 주변의 구조물에 미치는 영향

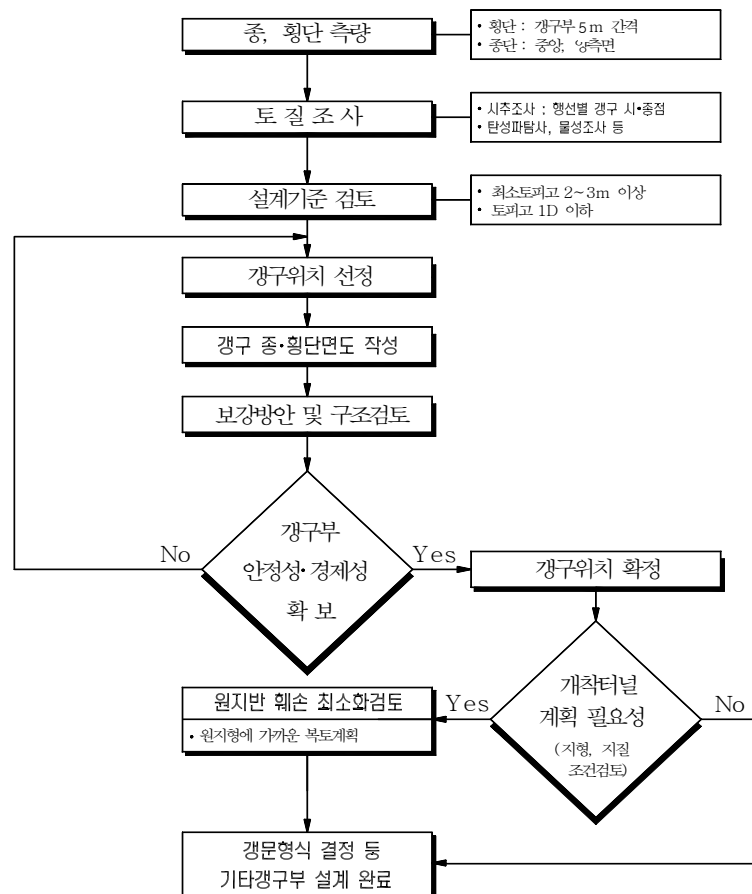


그림 2. 갱구부 설계 흐름도

1. 갱구부 정의

갱구부의 범위는 각 터널에 따라 지형, 지질 및 노선의 위치 등 설계조건이 다르기 때문에 일률적으로 정의하기는 곤란하나 터널의 시 종점부에서 터널시공이 비탈면이나 지표면에 영향을 미칠 수 있는 범위를 갱구부라 칭하기도 하고 설계의 합리화, 단순화를 위해 다음과 같이 정의하기도 한다(<그림 3>).

보통의 갱구부는 갱문 배면에서 갱내부 주변 지반의 그랜드 아치의 형성이 가능한 1.5D(D는 굴착폭)의 토피가 확보되는 범위로 한다. 단 원지반 조건이 양호한 암석일 때와 토사층일 때에는 각 터널의 원지반 조건을 고려하여 별도로 그 범위를 정한다.

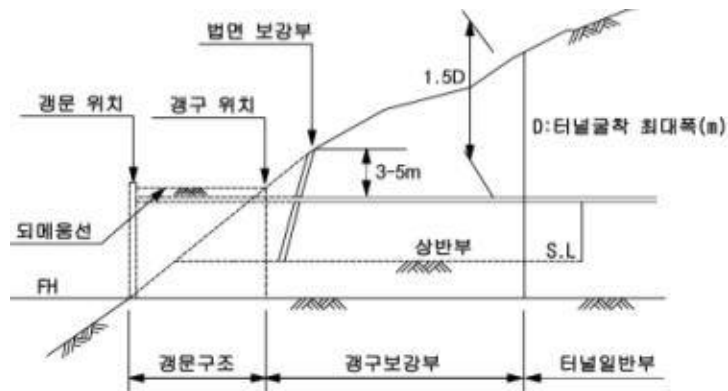


그림 3. 표준적인 갱구부의 범위

2. 갱구위치 선정

2.1 위치선정을 위한 지형특성 검토

터널 갱구부의 위치계획은 지형의 영향을 크게 받으므로 지형과 터널 중심축과의 위치 관계를 고려하여(<그림 4>) 수립하며 그 일반적인 특성은 다음과 같다.

2.1.1 비탈면 직교형 : ㉠

비탈면과 직교하여 진입하기 때문에 좌우토압의 균형이 유지되어 안정적인 구조물 설계가 가능하다. 비탈면이 급경사일 경우 대절토 굴착이 불가피하다.

2.1.2 비탈면 경사 교차형 : ㉡

터널 축선이 비탈면에 대해 비스듬하게 진입하기 때문에 비대칭의 깎기 비탈면이나 갱문이 될 수가 있다. 유동 압반인 경우는 편토압이 작용할 수가 있으므로 편토압에 대한 검토가 필요하다.

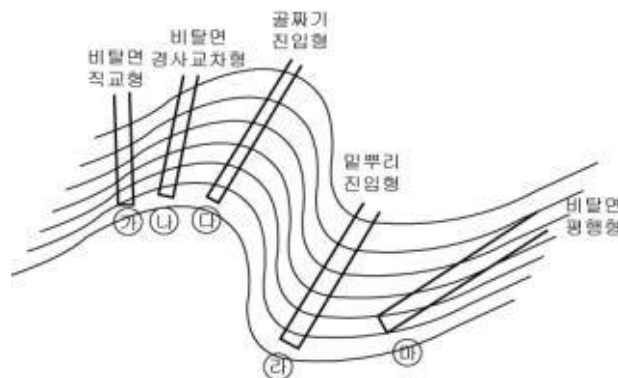


그림 4. 터널 중심축선과 지형과의 관계

2.1.3 비탈면 평행형 : ㉢

경사 교차가 극단적일 때이며 긴 구간에 걸쳐 골짜기 쪽의 토피가 극단적으로 얇아질 때가 있어 편토압에 대해 특별한 배려가 필요하게 된다. 편토압 문제가 많아 가급적 피해야 할 위치 관계이다.

2.1.4 밑뿌리 진입형 : ㉠

터널 양측면의 토피가 극단적으로 얇아질 때가 있어 횡단면의 검토가 요구되며 암선의 좌우 비대칭일 경우가 많고 암선이 깊게 될 경우가 많기 때문에 지반조사를 철저히 해야 한다. 선형상으로는 갱구부의 굴착량이 최소가 되어 경제적이며 지반조건상으로 문제가 없다면 바람직한 방법이다.

2.1.5 골짜기 진입형 : ㉡

일반적으로 테일러스의 미고결 퇴적층이 두텁게 분포하고 지표수의 유입과 지하수위가 높을 때가 많다. 또한 토사류, 눈사태 등의 자연 재해가 발생하기 쉬운 관계이다. 가급적 피해야하나, 부득이하게 계획되었을 경우 지표수의 배수처리, 낙석, 산사태, 눈사태 등의 자연재해 발생에 대비해야 한다.

2.2 갱구위치 선정

설계시 갱구위치는 토피고 3~5m가 확보되는 지점으로부터 토피고 1.5D 내에서 지형·지반조건 등을 검토하여 환경훼손이 최소화될 수 있는 위치를 선정하여야 하며 선정시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 갱구의 위치는 안정된 원지반의 이완이 최소화하도록 선정한다.
- 갱구비탈면에 미치는 영향, 주변 경관과의 조화, 갱구부의 시공법 등을 고려하여 적당한 토피가 확보될 수 있도록 계획하여야 한다.
- 터널 천단부에서의 토피고를 기준으로 최소 3~5m가 확보되는 지점으로부터 1.5D 내에서 지형·지질 조건 등을 검토하여 훼손구간이 최소화될 수 있도록 최적의 위치를 선정해야 한다(단, 연약토의 발생 등 특수여건에 대하여는 환경적 가치에 대한 경제성을 비교·검토 후 위치결정).
- 갱구비탈면 및 천단부의 안정성을 확보하기 위한 보조공법의 적용에 대하여 구조검토를 시행한다(3D FEM 해석 등).

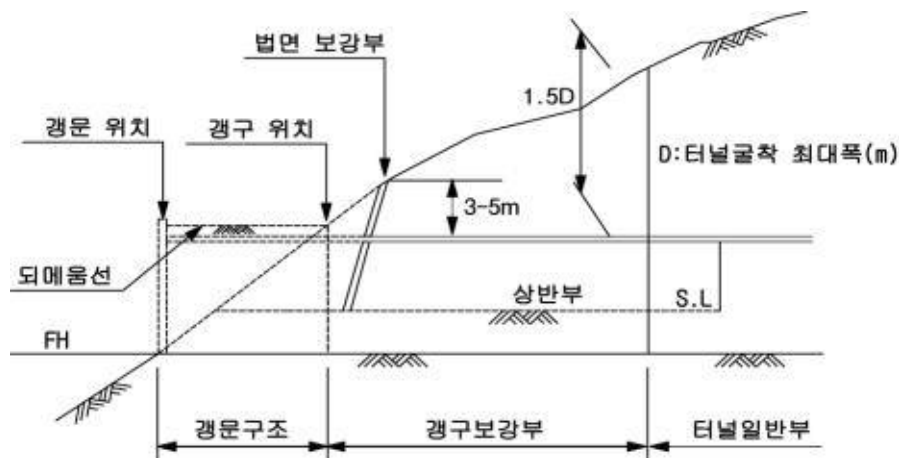


그림 5. 갱구부 위치 선정



2.3 갱구부 환경 검토

갱구부의 설계시에는 지반조건과 사회적 조건 이외에도 자연환경에 대한 검토가 충분히 이루어져야 한다.

갱구위치는 실제 지형·지반조건에 맞는 사전조사를 통하여 적절한 위치에 선정하여야 하나 공사비의 변동으로 인한 검토여건이 제한되어 있고 터널연장의 축소로 추가 환경훼손이 발생하는 사례가 많다. 즉, 지형의 과도한 훼손은 자연 기상재해(낙석, 눈사태 등)에 따른 주행열차의 안전성 및 쾌적성을 저해하고, 영구적으로 지형이 단절되는 주변경관과의 부조화된 결과를 초래할 수 있으므로 철저한 검토가 필요하다.

해설 2. 갱구부 설계

1. 지형 및 지반조건의 고려사항

(1) 갱구는 가급적 비탈면과 직교하는 위치에 만들며, 터널공사용 굴착장비 및 설비의 배치공간도 고려한다.

(2) 갱구 설치시 토피는 최소 3~5m 정도를 확보한다. 또 깎기면은 필요에 따라 숏크리트나 록볼트에 의한 보강을 하여 충분한 비탈면의 안정성을 확보한다.

갱구의 설치위치는 노선 선정상 제약을 받아 비탈면과 직교하기가 어려울 때도 있으나 이 때에도 터널 축선과 비탈면의 등고선과는 60°이상의 교차각도로 하는 것이 바람직하다. 또 갱구부 위치선정에 있어서는 가설, 공사용 도로의 설비계획을 충분히 감안 할 것과 높이나 계곡, 강과 평면적으로 교차하는 것은 적극 피해야 한다.

갱구 설치에 있어서는 갱구비탈면의 안정도, 지내력, 터널 축선과 비탈면과의 관계, 시공법 등을 충분히 검토한 후 적절한 설계를 해야 한다. 일반적으로 갱구비탈면은 원지반 조건이 불안정 하거나 자연 기상재해의 영향을 받기 쉬운 경우가 많다. 따라서 설계 시에는 갱구 설치에 따른 원지반의 안정을 손상시키지 않도록 원지반의 이완을 극소화 시켜야 한다.

갱구 설치에는 일반적으로 깎기가 따른다. 이 때 갱구 설치가 갱구비탈면에 미치는 영향, 주변 경관과의 조화, 갱구부의 시공법 등을 고려하여 적당히 토피를 확보해야 하나 일반적으로는 지금까지의 실적을 토대로 볼때 갱구부 상단 토피 3~5m 또는 암토피고 1~2m 정도의 암피복 두께를 확보해야 한다(<그림 5> 참조).

(3) 산악터널의 갱문위치는 갱문 뒤 땅깎기 때문에 비탈붕괴 및 산사태 등 재해가 발생하지 않도록 현장조건에 적합한 곳으로 정하여야 하며, 낙석으로 인해 열차운행에 지장을 초래할 우려가 있는 지역에 대해서는 항구적으로 낙석에 의한 열차안전 운행에 지장이 없도록 터널길이를 연장하는 방안을 검토해야 한다.

2. 깎기 비탈면 안정설계

2.1 조사

갱구부 설계를 위한 깎기 비탈면의 설계단계별 및 시공 중의 지반조사는 다음과 같으며 상세조사 내용 및 방법은 「KR C-12020 터널 조사」를 따른다.

- (1) 기본설계 단계 : 예비조사(개략적인 지반분석 및 평가)
- (2) 실시설계 단계 : 본조사(상세조사로 최적설계자료 활용)
- (3) 시공 중 단계 : 보완조사(현장조건에 맞는 정확한 조사)



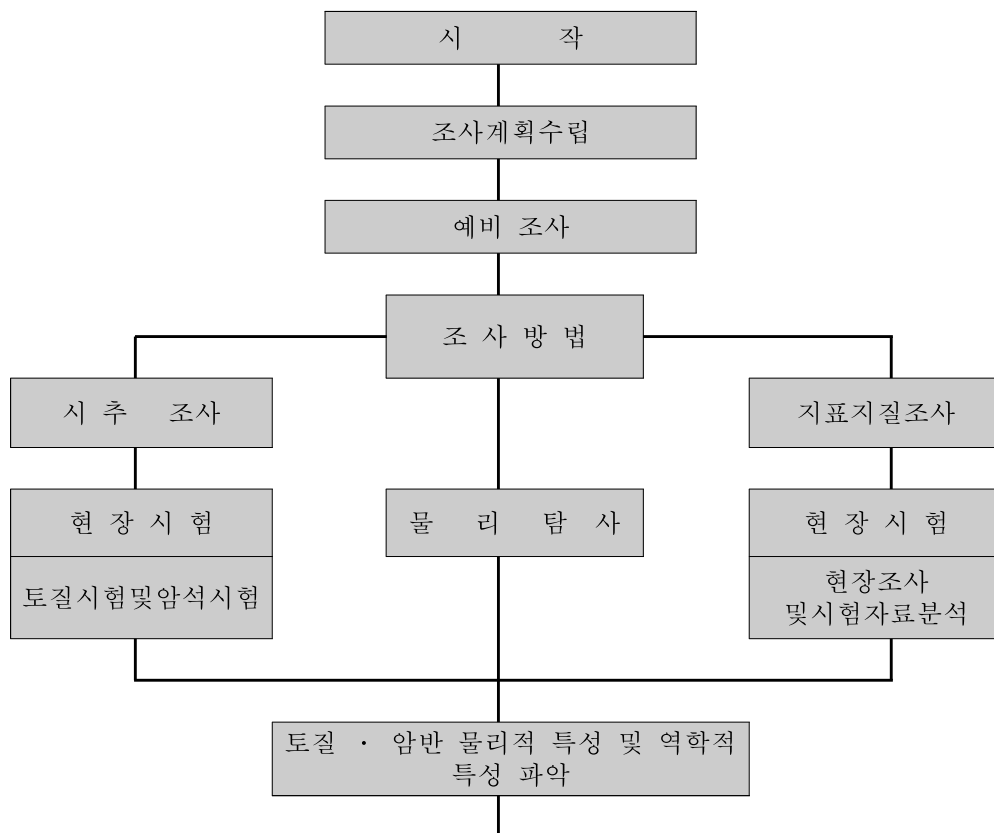
2.2 경험적인 갱구비탈면 설계

깎기 경사는 갱구 설치부의 시공성 및 원지반 조건에 따라 표준경사로 하는 것이 바람직하다. 비탈면 경사는 표준경사에 의해 계획한 후 이에 대한 안정성 검토를 실시하고 안정성이 확보되지 못한 경우에는 경사조정, 표면 보호공, 비탈면 보호공 등의 공법을 이용한 보강방안으로 비탈면의 안정화를 기해야 한다.

갱구부 비탈면이 양호한 암질이고 적당한 비탈면 경사로 놓여 있을 때는 그 비탈면에 직접 갱구를 만들 수가 있다. 터널축선이 갱구비탈면에 비스듬히 교차하고 불안정한 원지반 상태에 있을 때는 쌓기를 미리 시행하고 비탈면의 안정을 도모한 후 터널 굴착을 해야 한다.

또한 공사 중의 비탈면 안정을 위해 사용되는 보조공법에서 비탈면 슛크리트, 비탈면 보강 볼트, 원지반 주입 등이 있으나 이들의 설계방법은 다음과 같은 경험적인 방법에 의해 설계하고 있다.

- (1) 비탈면 슛크리트는 100mm 정도의 두께로 할 때가 많으며, 필요에 따라 철망을 병용하기도 한다.
- (2) 비탈면 보강볼트는 절리가 많은 원지반이나 풍화암에 대해 ①과 병용하여 사용될 때가 많다.



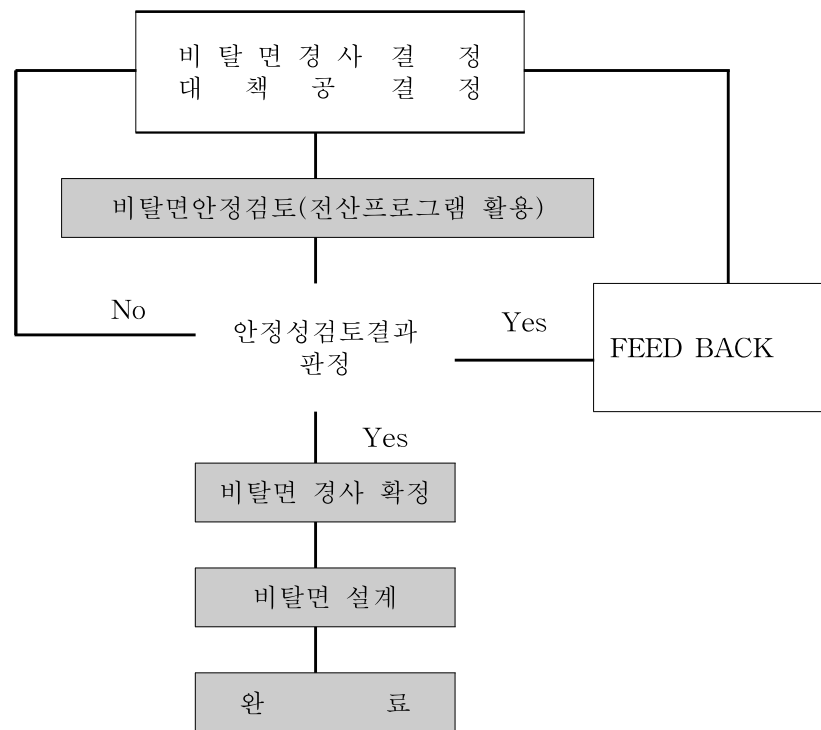


그림 6. 깎기 비탈면의 설계방법 흐름도

3. 갱구비탈면의 안정 대책

갱구비탈면은 조사된 지반상태에 따라 설계기준 경사를 적용하여 계획하고, 적절한 안정성 검토를 수행하여 그 결과에 따라 안정대책을 수립한다.

표 1. 안정검토를 필요로 하는 갱구부 깎기 비탈면

갱구부 지반 조건	안정 대책
침식에 약한 토질	수침시 전단강도에 의한 풍화토의 안정성 검토
고결도가 낮은 토사나 풍화암	배수대책과 안정검토
풍화가 급속히 진행된 암석	풍화가 빠른 암반에서의 안정검토
구성지반이 붕적층 혹은 퇴적층인 경우	배수대책과 안정검토
현재까지 랜드슬라이딩이나 산허리붕괴의 이력이 있고 불안정한 상태에 있는 지반	현장정밀조사 후 안정검토
지하수위가 높고 용출수가 많은 곳	배수대책과 안정검토
주변의 기존구조물(철탑 등)에 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우	보강대책

일반적으로 깎기 비탈면의 경우, 토층이 균질하다는 가정하에 안정해석이 이루어지고 있으나 암반비탈면의 경우, 불연속면의 조건에 따라 비탈면의 안정성 여부가 결정된다. 따라서 암반구간과 토사 및 풍화암구간을 구분하여 비탈면안정검토를 실시하



여야 하며, 특히 암반비탈면 해석시는 암반절리와 절리면의 협재물의 상태를 감안한 절리면의 강도정수를 산정하여 해석에 사용해야 한다.

토층 및 풍화암비탈면 안정해석은 비탈면안정 해석프로그램을 이용, 건기시와 우기시를 구분하여 해석을 실시해야 한다.

암반비탈면의 안정해석은 현장 노출암에 대한 지표지질조사 및 시추조사의 암반불연속면을 고려한 평사투영 해석에 의해 평면, 켜기 및 전도파괴에 대한 개략적인 안정성 평가를 수행한 후, 그 결과 파괴가능성 내지 잠재적 파괴가능성을 가진 비탈면에 대하여 한계평형해석을 수행하여 그 안전율을 산출해야 한다. 해석결과 안전율이 허용안전율에 미치지 못할 경우에는 비탈면경사를 조정하거나 보강대책을 수립해야 한다.

4. 갱구비탈면 보강 및 보호공법

4.1 보강공법

갱구비탈면의 보강 안정대책은 설계안전율을 확보하는 것을 의미하며, 억지말뚝공, 앵커공, 쏘일네일링공(Soil Nailing), FRP보강공 등과 같이 지반의 저항력을 증가시키는 저항력 증가법(억지공)이 일반적으로 <표 2>와 같이 적용되고 있다.

표 2. 갱구비탈면 보강공법의 종류와 적용성

공법 종류	공 법 개 요	적 용 성
억지 말뚝	<ul style="list-style-type: none"> · 활동토괴를 관통하여 말뚝을 지지층까지 일렬로 설치함으로써 비탈면의 활동하중을 말뚝의 수평하중으로 기반암에 전달 · 말뚝과 주변지반 사이의 상호작용에 의해서 지지력이 결정되며 여타 억지공법과 같이 이용됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 일반적으로 강관말뚝을 사용함으로써 공사비가 타공법에 비해 고가 · 공사비 측면상 매우 불리
앵커 공법	<ul style="list-style-type: none"> · 고강도 강재를 앵커재로 하여 시추공 내에 삽입하여 그라우트를 주입함으로써 앵커체를 지반에 정착시켜 앵커체 두부의 하중을 정착지반에 전달시키는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> · 일반적으로 많이 사용되는 공법으로서 적용효과가 양호하며 시공실적이 많은 편임
쏘일 네일링	<ul style="list-style-type: none"> · 인장응력, 전단응력 및 휨모멘트에 저항할 수 있는 보강재를 지반내에 조밀한 간격으로 삽입함으로써 원지반의 전체적인 전단저항력을 증가시킴 	<ul style="list-style-type: none"> · 비탈면의 얇은 파괴 우려시 적용성이 높은 공법으로서 공사비가 비교적 저렴하고 시공성도 좋음
FRP 보강공	<ul style="list-style-type: none"> · 원지반 천공후 FRP 보강재 내에 패커를 설치하여 압력에 의해 결합재밀크를 주입함으로써 주입재에 의한 지반의 고결로 원지반의 전단강도 증대와 보강재에 의한 네일링(Nailing) 효과를 동시에 얻는 공법 	<ul style="list-style-type: none"> · 풍화암 비탈면에도 적용이 가능하고 확실한 보강효과를 얻을 수 있음

4.2 보호공법

갱구부 암반비탈면 녹화공법은 자연복토공법, 녹생토공법, 텍솔녹화토공법, 암절개면 보호식재공법, 법면녹화 배토습식공법 등이 있으며, 각 공법별 특징과 적용성이 <표 3>에 설명되어 있다.

표 3. 갱구 암반비탈면 녹화공법의 종류와 적용성

구 간	개 요	적 용 성
자 연 복 토	자연토양을 주재료로 조성한 녹화 기반 토양을 액체상태로 비탈면에 분사 취부하여 녹화	<ul style="list-style-type: none"> · 생태 복원을 위한 산림표토 복원 · 표층붕괴 및 슬라이딩 억제 · 풍화암 및 발파암에 적용
녹생토 공법	식생이 불가능한 암반비탈면에 부착망을 앵커핀과 착지핀으로 고정시킨 후 토양개량제와 양잔디 씨앗을 혼합하여 뿌림	<ul style="list-style-type: none"> · 주요 경관지역 조기녹화와 낙석 방지 효과 · 발파암에 적용
텍솔녹화토 공법	녹생토공법과 유사한 토양개량제에 폴리에스터 연속장섬유를 추가 혼합하여 뿌림	<ul style="list-style-type: none"> · 주요 경관지역 조기녹화와 낙석방지 효과 · 화학섬유의 혼합으로 균열억제 · 토사, 풍화암, 발파암 모두 적용 가능
법면녹화 배토 습식공법	특정입도의 흙을 제조하고 알콜레진 601P 및 미생물 펄프를 이용하여 습식분사	<ul style="list-style-type: none"> · 주요경관지역 조기녹화 및 낙석방지 효과 · 토사, 풍화암, 발파암 모두 적용 가능

4.3 비탈면붕괴 및 낙석대책

갱구 깎기 비탈면이 장기간 풍화, 동결·융해, 집중호우로 인한 비탈면붕괴 및 균열로 낙석이 발생하여 철도운행시 사고위험과 유지보수의 어려움이 예상될 경우에는 설계 계획시 갱문(갱구 구조물) 상단에 낙석방지책이나 파라펫트 등을 사전에 계획해야 한다.

5. 토류 가시설 설계

갱구 계획으로 인하여 발생하는 토류가시설의 설계는 본 철도설계 지침 및 해설서 ‘제7장 지하구조물’을 따른다.

6. 갱구부 지보형식 선정

터널 갱구부의 설계는 다음과 같은 요인들에 의해 터널 일반부와는 달리 가급적 강한 지보구조로 설치하는 것을 기본으로 설계해야 한다.



- 갱구부는 토피가 적고, 적당한 그랜드 아치가 형성되기 힘들다.
- 원지반이 갖는 강도를 효과적으로 이용하기가 힘들다.
- 전 토피하중이 토압으로 지보공이나 라이닝에 작용할 때도 있으며 작용토압의 벡터는 터널 축방향과 횡단 방향에 월등하나 일정치가 않다.
- 간혹 지진 피해가 생길 때가 있다.

터널의 지보 구조는 각 터널의 원지반 조건, 시공법, 시공순서, 지보의 목적을 고려하여 슛크리트, 록볼트, 강지보재를 단독 혹은 병합하여 설계하는 것이 일반적이다.

따라서 여기서는 갱구부의 기본적인 지보구조 설계패턴을 제시하며, 각 터널의 갱구 특성에 맞추어서 적절한 보조 공법을 사용하여 설계하는 것을 원칙으로 해야 한다. 즉, 갱구부의 지보 구조는 갱속 터널 일반부의 설계, 시공법도 고려하여 강지보재 및 슛크리트를 주체로 하고 필요에 따라서 록볼트, 휘폴링을 원지반 조건에 따라 사용하기도 한다. 이들 지보 구조물의 설계방법은 「KR C-12030 터널 지보재」를 따른다.

갱구부의 지보 구조설계는 일반적인 사례로 <표 4>의 값을 표준으로 해야 한다.

표 4. 갱구부의 지보패턴 표준

굴착 공법	1회 굴진장	강지보재			슛크 리트 두께	록볼트		라이닝두께		휘폴링			프리 그라 우팅 강판 다단
		상반	하반	설치 간격		길이	설치 간격	측벽부 및 아치부	인버 트부	천공 길이	횡방향 간격	천공 각도 및 지름	
상·하 반분할 굴착	1.0m	규격은 터널 규모와 지반 상태에 따라 결정 (일반적 H=150사용)		1.0m	160mm (강섬유)	4m	1.5× 1.0m	300~ 400mm	필요 시 설치	4~ 6m	0.5 ~ 0.6 m, 120°	5~ 10°, Ø=46 mm	필요 시 채택

- (1) 록볼트는 레진형(Resin Type)과 모르타르형 2가지를 현장에서 시험시공을 거쳐 현장조건에 적합한 정착재료를 선정하여 사용할 수 있다.

표 5. 록볼트길이에 따른 레진 사용기준 “예”

록볼트 길이	레진형(Resin Type)			계
	0200	0203	0407	
	2배팽창, 초급결용	2배팽창, 급결용	4배팽창, 완결용	
3m	1본	1본	1본	3본
4m	1본	1본	2본	4본
5m	1본	1본	3본	5본

- (2) 록볼트의 재질은 SD350(항복점 350MPa 이상, 연신률 18% 이상)의 표준 이형철근을 원칙으로 해야 한다(지름 25mm인 경우 항복하중은 170kN 이상이어야 한다).
- 단, 강도가 양호한 암반에서 변위량 20mm 이상일 때에는 항복점이 500MPa 이상의 제품을 사용해야 한다. 또한 볼트의 지름은 25mm를 원칙으로 해야 한다.
- (3) 록볼트는 오거, 해머와 드리프트 등을 이용하여 1000RPM 이상으로 20~30초간 회전 시키면서 볼트를 삽입해야 한다.
- (4) 모르타르 배합표준

W/C	물	결합재
35 %	17.2kg	40kg

- (5) 휘폴링의 수량은 터널 단면내의 파쇄의 크기에 따라 설치수량을 가감할 수 있다.
- (6) 프리그라우팅은 파괴선(암괴의 활동가능영역)에 적합하게 사용하며, 암질에 따라 시행해야 한다.
- (7) 천공의 지름은 46mm, 길이는 4~6m로 한다.
- (8) 천공된 구멍은 그라우팅 전에 깨끗한 물로 깨끗이 청소해야 한다.
- (9) 그라우팅의 기본 재료는 결합재이며 결합재량은 그라우팅의 효과에 따라 빈배합에서 부배합의 범위로 변경할 수 있다.
- (10) 그라우팅 압력은 그 양에 의해 점진적으로 증가 될 수 있으며 그 최대치는 1MPa이다.
- (11) 발파작업은 최소한 마지막 그라우팅 작업후 24시간 이내에 재 작업을 하여서는 안 된다.
- (12) 그라우팅은 암질과 그라우팅 효과에 따라 그 양을 조절할 수 있다.
- (13) 갱구부 라이닝은 여러 가지 불확실한 하중이 작용할 수 있으므로 철근 콘크리트 구조로 설치하는 것이 바람직하다.



<표 10.10.4>에서 제시된 갱구부의 지보패턴 표준은 비탈면 붕괴나 지표면 침하의 원인이 되는 지내력의 크기, 편토압의 정도, 막장부 천단의 붕괴 가능성, 지하수의 영향을 충분히 고려해야 한다. 그리고 갱구부는 콘크리트라이닝을 철근으로 보강하기로 했으나, 갱문 뒷면 부근의 밝게 비치는 구간(갱구 설치부)은 상재하중, 갱문에 생기는 응력의 본체에 미치는 영향, 온도변화의 영향, 건조수축의 영향 등을 고려하여 철근 콘크리트 구조로 해야 한다.

갱구부는 온도변화가 크고 건조수축에 따른 균열이 생기기 쉬운 점, 누수에 따른 결빙 등이 안전주행에 지장을 준다는 점을 고려하여 방수공사를 하는 것을 원칙으로 해야 한다. 지보구조에 있어서는 방수공의 기능을 손상시키지 않도록 배려해야 한다. 또 강지보재는 지보공사가 단일체로 하중을 받는 것을 피하고 연속된 모양으로 하중을 받는 구조로 해야 하므로 지보공 상호간의 타이로드, 간격 고정 이음재로 견고하게 연결한 구조로 해야 한다.

갱구부는 일반적으로 원지반의 안정도가 낮고 터널 굴착에 따라 그 안정을 잃을 때가 있다. 따라서 보통의 지보구조로는 터널의 안정을 확보하기가 곤란한 때나 시공의 안정에 지장을 줄 염려가 있을 때에는 보조공법의 적용을 고려할 필요가 있다. 갱구부의 보조공법은 그 사용 목적에 따라 여러가지가 있으므로 적용에 있어서는 사용 목적, 경제성, 시공성을 충분히 검토하여 채택해야 한다. 일반적으로 사용되는 보조 공법을 시공할 때 예측되는 문제점으로는 <표 6>과 같다.

표 6. 갱구부 지보구조 설계시 예상되는 문제점과 보조공법

문제점 주요대책	슬라이딩	비탈면 붕괴	지표 침하	막장부 붕괴	편토압	지지력 부족	기타
경사면 보호 공	○	○					
옹벽	○	○			○	○	
까기 보호, 압 성 토	○	○			○		
수 직 볼 트	○	○			○		
앵커 공	○	○					
수 발 공(지표, 터널내)	○	○		○			웰포인트 공법, 수발시추
지반주입(지표, 터널내)	○	○		○		○	샷크리트, 록볼트
막 장 안 정 대 책			○	○			
임 시 폐 합(가인버트)			○	○		○	

주) ○는 일반적으로 사용되는 공법임

7. 갱구부 굴착공법

터널 갱구부의 굴착공법은 일반적으로 상·하반 분할로 굴착 한다. 그러나 원지반 조건에 따라서는 상반의 지내력이 부족하여 침하하고 터널의 안정이나 원지반의 안정을 손상시키기가 쉬우며, 상반의 지내력이 너무 부족하여 지보재의 침하가 우려될 때나 편토압이 심하게 작용한다고 예측될 때에는 상반을 추가로 분할하는 공법(측벽선진도갱 공법 등)을 적용해야 한다. 또한 지형상 편토압이 심하게 작용할 때는 상반 굴착 시 대응이 곤란하므로 토압에 저항할 수 있는 터널 구조로 계획하고 링컷(Ring Cut) 공법, 중벽분할(CD)공법 및 측벽선갱공법을 사용해야 한다.

8. 보조공법의 적용

굴착현장의 자립이 어렵고 시공 안전 및 주변 원지반의 안정을 심하게 손상시킬 염려가 있는 원지반에서는 현장 안정을 위해 보조공법 적용성을 검토해야 한다.

터널 굴착보조공법은 보강목적에 따라서 ‘지반강화 및 구조적 보강’, ‘지수 및 배수를 위한 공법’으로 크게 나눌 수 있고, 다시 ‘터널 천단부 지반의 안정’과 ‘막장면 지지’의 목적으로 구분할 수 있다. 한 가지 보조공법으로 보강 목적을 만족하기 어려운 경우에는 두 가지 이상의 보조공법들을 병용해야 한다.

지보가 그 목적과 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 굴착 후 지보를 시공할 때까지 지보 없이 굴착면이 안정을 유지하며 자립하고 있어야 한다. 이 굴착면의 자립시간(자립성)은 원지반의 공학적 성질, 굴착단면의 크기에 관계되며, 지보 없는 굴착단면이 커질수록 짧아진다. 따라서 지보의 시공에 필요한 충분한 자립 시간을 얻지 못할 때는 일반적으로 굴착단면을 작게 하여 터널을 몇 개의 부분으로 나누어서 굴착하는 시공 방법을 취한다(「KR C-12070 굴착, 해설2. 굴착공법」참조). 그러나 실제 원지반 상태는 일정하지 않고, 굴착 지점의 자립성이 나쁜 원지반을 만났을 때 시공법과 시공설비를 가급적 변경하지 않도록 각종 대책을 강구해야 한다.

굴착한 곳의 안정을 위한 보조 공법은 그 목적이 굴착할 곳의 천단 안정과 이미 굴착한 막장면의 안정으로 나누어 원지반 조건을 고려하여 설계해야 한다.

이들 보조공법은 굴착 중의 원지반 거동을 판단하고 신속하게 조치할 수 있도록 사전에 원지반 조건에 따라 몇 개의 공법으로 설계하는 것이 바람직하다. 또 갱구부와 같이 당초부터 보조공법과 조합하여 지보를 설계해야 할 경우에는 기본공법에서 설계한 다른 지보의 관계, 시공법, 시공설비 및 시공순서를 충분히 검토하여 합리적인 설계가 되도록 해야 한다.

용출수가 많고 자립이 어려워 천단의 붕괴, 표식 낙하가 심하다고 생각할 때는 굴착한 곳의 안정 대책과 관련하여 우선 웰포인트, 뿔 웰공법 등으로 지하수를 배제함으로써 굴착한 곳의 안정과 고결도를 유지할 수 있다.



각 보조공법의 중요도는 지반조건, 지하수 상황, 터널의 용도, 터널의 규모 등에 따라서 상이하기 때문에 구체적인 보강공법의 활용 목적과 평가 방법을 명확히 설정한 뒤 지반조사 결과에 따라 현장 여건에 필요한 공법을 선정하여야 하며 시공방법과 잘 부합하도록 충분히 검토해야 한다.

<표 7>은 터널 굴착시 국내에서 주로 적용되어온 굴착보조공법의 적용성을 개략적으로 보여주고 있는데, 합리적인 굴착보조공법의 적용은 현장 상황에 따라 2개 혹은 3개의 지반 보강공법을 목적에 따라 병용해야 한다.

표 7. 굴착보조공법의 적용성

대 책	목 적	공 법	원지반			비 고
			경암	연암	토사	
지반강화 및 구조적 보강	천단안정	파이프루프		△	△	
		경사 록볼트		△		
		휘폴링		△	△	
		강관보강형 다단 (1단) 그라우팅		△	○	
		약액주입공법			○	
	막장면, 바닥면 안정	막장면 슛크리트		△	○	
		막장면 록볼트		△	△	
		코어 핵		△	△	Ring Cut
		약액주입공법			○	
		가인버트		△	△	
용출수대책	지수/배수	약액주입공법	△	○	○	
		물빼기공	△	○	○	웰포인트, 뿔웰공법포함
		웰포인트공법			○	
		뿔웰공법			○	

주) ○ : 비교적 자주 사용되는 공법, △ : 보통 사용되는 공법

해설 3. 갯문 설계

갯문의 설계에서는 원지반조건, 주변경관과의 조화, 열차주행에 주는 영향, 유지관리상의 편의를 고려해서 갯문의 위치, 형식, 구조를 정한다. 특히 갯문 배면에는 낙석, 눈사태 등의 재해를 방지할 수 있는 대책을 고려해야 한다. 또한 갯구 비탈면은 주변경관과의 조화, 열차주행에 주는 영향을 고려하여 수정해야 한다. 또 자연 비탈면으로부터 본선으로 빗물이 들어오는 것을 막기 위해 적절한 배수공법을 적용해야 한다.

1. 위치선정

갯문의 위치는 배후의 지형, 지반조건, 단면의 크기, 인접하는 흙막이벽과의 관계, 갯문부위, 시공방법 등을 충분히 고려하여 적절한 위치를 선정해야 한다.

터널의 갯문은 일반적으로 갯구의 위치에 따라 결정될 때가 많다. 그러나 터널 개통 후에 낙석, 눈사태, 토사류 등의 자연 기상재해가 발생하기 쉬운 장소에 갯구를 설치할 때에는 이러한 재해와의 관계를 고려하여 갯문의 위치를 결정해야 한다. 특히 갯문의 위치 결정에 있어서는 다음 사항을 고려해야 한다.

- 갯문의 위치는 지형의 횡단면이 터널 축선에 대해서 가능하면 대칭이 되는 위치로 하고 편토압을 받지 않도록 해야 한다.
- 갯문의 위치는 높이나 시냇물과 교차하지 않도록 선정해야 한다. 그러나 부득이할 때는 충분한 배수 시설물을 만들어 물을 처리하고 터널에 나쁜 영향을 주지 않도록 해야 한다.
- 교량구조물과 근접할 때의 갯문위치는 원지반 조건을 고려하고 갯문기초의 지지력 분포범위와 교대의 굴착선과의 관련을 충분히 검토하고 터널에 나쁜 영향을 주지 않도록 해야 한다.
- 갯문의 위치결정에서는 갯구부근에 계획된 장래의 유지관리시설의 배치에 대해서도 고려해야 한다.

또한 인접구조물 등의 영향, 갯문에 연결되는 교량과의 위치관계 등을 고려하여 갯구의 위치를 결정해야 한다. 이외에도 갯문 부위는 시공에 있어서 불안정한 경우가 많으므로 시공 방법을 충분히 검토할 필요가 있다. 또한 시공시나 시공 완료후에 작용하는 토압, 상재하중, 지진 등의 영향을 받는 경우가 있으므로 철근 등의 보강, 인버트의 단면을 폐합하는 등의 설계도 검토해야 한다.

일반적으로 갯문의 위치를 산허리 깊숙히 선정하는 것은 갯문 배후 및 갯문에 접속하는 비탈면의 안정을 깨뜨리고 붕괴를 야기시켜 공사 진행이 매우 곤란하며, 장래 유지관리에 많은 노력을 요하게 되므로 가급적 피하는 게 좋다.

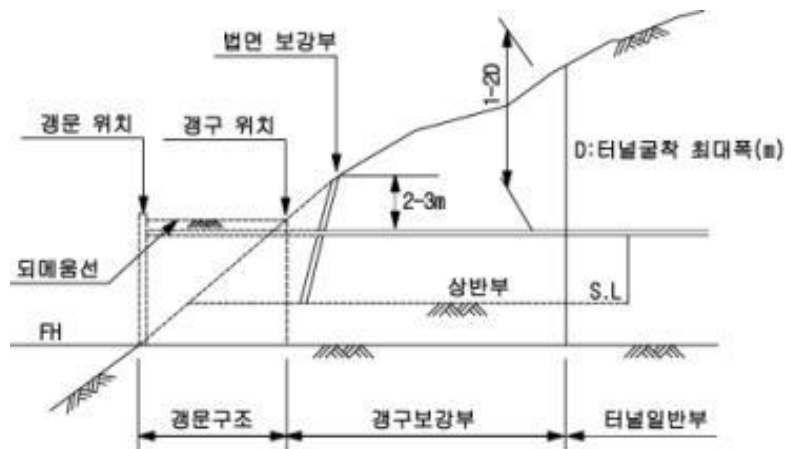


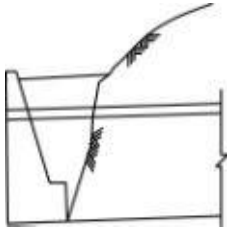
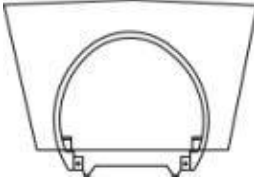
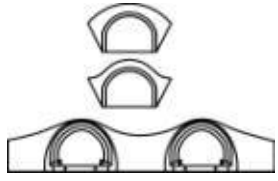
그림 7. 갯문위치

2. 갯문형식 선정

갯문은 지표 비탈면의 낙석 붕괴, 눈사태, 누수 등으로부터 갯문부를 보호하기 위한 것으로서, 갯문 자체에 변위, 침하 등이 생기지 않는 역학적으로 안정된 것이어야 하며 특히 열차 통과시 공기압의 감소 효과, 소음 방지, 갯문 자체의 미관, 주변의 조경 등을 복합적으로 고려해야 한다.

갯문의 종류는 크게 중력형, 면벽형, 돌출형이 있다. 중력형은 비교적 경사가 급한 지형에 많이 적용되며, 면벽형은 면벽에 작용하는 외력은 터널 축방향의 토압과 같으므로 흙막이벽으로 설계해야 한다. 돌출형은 갯구의 지형, 지질, 기상 등에 따라 터널의 라이닝을 채택하고 갯문 옹벽을 설치하지 않은 구조이므로 갯문부의 원지반을 이완시키는 일이 적고 안정성 및 미관이 좋으며 공기압의 감소 효과 등을 기대할 수 있는 매우 이상적인 형식이다. 한편 갯문부는 휨모멘트와 인장력이 작용하기 때문에 갯문 및 터널 콘크리트라이닝 설계시 필요에 따라 철근 등으로 보강해야 한다. 갯문의 종류와 특징에 대해서는 일본도로공단의 ‘설계요령’을 참고로 한 <표 8>과, 국내에서 <표 9>와 같은 형식의 갯문이 적용되고 있다.

표 8. 갱문의 종류와 특징

구분	중 력 형	면 벽 형	
	중력 · 반중력식	날개식	아치날개식
형식과 종류			
지반조건 에 의한 적용성	<ul style="list-style-type: none"> · 비교적 경사가 급한 지형이나 토류 옹벽 구조를 필요로 하는 경우 · 낙석이 많다고 예상되는 경우 · 배면 배수 처리가 용이한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> · 양측면을 깎기할 경우 · 배면 토압을 전면적으로 받는 경우 · 적설량이 많은 경우에는 방설공을 병용 	<ul style="list-style-type: none"> · 비교적 지형이 완만한 경우 · 좌 · 우측면의 깎기가 비교적 적은 경우
시공성	<ul style="list-style-type: none"> · 지반이 불량할 때는 깎기량이 많아지므로 배면깎기 비탈면의 안정 대책 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 지반이 불량할 때에는 깎기량이 많아지므로 배면깎기 비탈면의 안정 대책 필요 · 터널 본체와 일체화된 구조로 계획 	<ul style="list-style-type: none"> · 지형에 따라서는 일부 터널외 라이닝이 필요 · 다소의 쌓기 보호 필요
경 관	<ul style="list-style-type: none"> · 정면벽의 휘도저하를 고려할 필요 있음 · 중량감이 있어 안정감이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 정면벽의 휘도저하를 고려할 필요 있음 · 지형 상황에 따라서는 각을 줄이는 경우도 있지만 이화감(異和感) 방지 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 아치부의 곡선이 주변 지형과 조화 필요



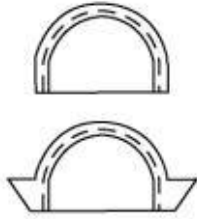
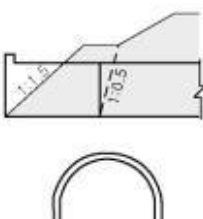
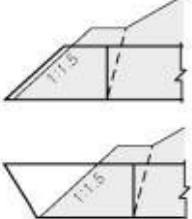
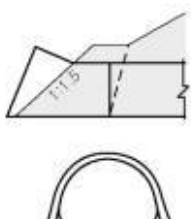
구분	돌 출 형			
	파라페트식	돌 출 식	원형절개식	벨마우스식
형식과 종류				
지반조건에 의한 적용성	<ul style="list-style-type: none"> • 능선끝단의 지형에서 좌우 구조물과 관계가 적은 경우 • 적설지에 가능 • 갭문 주변 지질이 비교적 안정되어 있는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 압성토를 시공할 경우 • 갭문 주변의 지반조건이 좋지 않을 경우 • 적설지에도 가능 • 갭문 주변 지형의 깎기 등 성형이 비교적 용이한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 갭문 주변의 지형이 완만한 경우 • 주변을 조정할 필요가 있음 • 적설지에는 날아들어오는 눈이 많이 쌓이기 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> • 지형 지질이 비교적 양호하고 갭문 주변이 열려 있는 곳에 가능 • 적설지에는 날아들어오는 눈이 많이 쌓이기 쉬움
시공성	<ul style="list-style-type: none"> • 터널 본체 구조물을 갭문까지 길게 연결필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 지형, 지질이 안정되어 있는 경우는 가장 경제적이지만 지반조건이 불량하여 압성토를 필요로 할 경우에는 두께를 두껍게 하여야 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 거푸집 및 배근 등 구조물 공사비가 고가 	<ul style="list-style-type: none"> • 특수 거푸집을 필요로 하고 공기도 상당히 필요 • 구조물 공사비가 고가
경관	<ul style="list-style-type: none"> • 면벽 구조가 아니기 때문에 터널 갭문 주변 지형과 비교적 일치함 	<ul style="list-style-type: none"> • 면벽 구조가 아니기 때문에 터널 갭문 주변 지형과 비교적 일치함 	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 지형을 조정함으로써 갭문과 조화를 이룸 	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 지형과 조화를 이룸

표 9. 갯문의 종류와 특징(국내)

구분	중 력 용 벽 식	원 통 절 개 식
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 터널 갯구부 시공이 용이 • 터널 상부 되메우기가 불필요 • 터널 상부에서 유하하는 지표수에 대한 배수 처리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 터널 진입시 위압감이 적음 • 주변 지형과 조화를 이루어 미관이 수려
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 인위적 구조물 설치에 따른 주변 경관과의 조화를 이루기 어려움 • 정면벽의 휘도 저하를 고려할 필요가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 갯구부 개착 터널 길이가 김 • 갯구부 터널 상부에 인위적인 쌓기 필요 • 터널 상부 지표수에 대한 배수 처리 필요
적용 지형	<ul style="list-style-type: none"> • 갯구부 지형이 횡단상 편측으로 경사진 경우 • 배면 배수 처리가 용이한 지형 • 갯문이 암층에 위치한 경우 • 갯구부 지형이 종단상 급경사인 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 지형이 편측 경사가 없고 갯문 전면 깎기가 적어 개착 터널 설치 후 자연스럽게 조화를 이룰 수 있는 지형

3. 조경 설계

3.1 터널갯문부의 조경설계 개념

- (1) 주변 수림대와 조화되게 식생을 복원하고 주변 지형지형과 터널 형태등 조건변화에 대응하여 식재
- (2) 갯구 상단부는 관목으로 입출구부를 보호하고 조기녹화와 유지관리가 쉬운 수종 선정
- (3) 터널 구조물에 접하여 관목을 열식 및 군식하여 낙석 및 토사 유출방지

3.2 식생

터널갯문부의 수목은 강한 바람에 따라 전도되거나 꺾이지 않는 수종을 선정해야 한다.

표 10. 바람의 피해에 불리한 수종

구분	수종명
쓰러지기 쉬운 수종	아카시,양버즘,버드나무,미류나무류
줄기가 꺾이기 쉬운수종	아카시나무,버드나무
가지가 꺾이기 쉬운나무	소나무,가시나무,잣나무,밤나무,녹나무



터널상단부 조정 식재간격은 수목의 특성을 고려하여 배치해야 한다.

표 11. 조정수목 시재간격(관목기준)

규격	균식(m*m당)	1열	2열
W=0.3m	16~18주	5~6주	9~10주
W=0.4m	9~10주	4~5주	7~8주
W=0.5m	5~6주	3~4주	5~6주

조정수종 선정시 토양,지형 기후등 주변 환경을 고려해야 한다.

표 12. 토양산도와 수목

토양산도	적응수종
4.0~5.5	호랑가시나무, 철쭉류, 싸리나무
5.0~6.0	치자나무
5.5~7.5	황매화, 죽도화, 팡팡나무, 개나리
6.0~7.0	장미, 사철나무
6.0~7.5	무궁화, 병꽃나무, 인동덩굴, 수수꽃다리, 회양목

해안가에 인접한 갯구부에는 내염성이 강한 수종을 선정해야 한다.

(1) 개착터널 구간의 자연복원을 위한 설계요령

- ① 터널공사로 인한 훼손부에는 자연복원방안을 수립하여 환경피해를 최대한 방지해야 한다.
- ② 복원계획은 기본적으로 깎기구간과 원지형이 연속된 지형을 이룰 수 있는 복원(복토)이 가능하도록 개착 터널의 규모를 결정해야 한다.
- ③ 개착터널 설계시 원지형에 맞추어 복토가 될 수 있도록 구조해석을 수행하여 개착 터널 및 갯문의 안정성을 확보해야 한다.

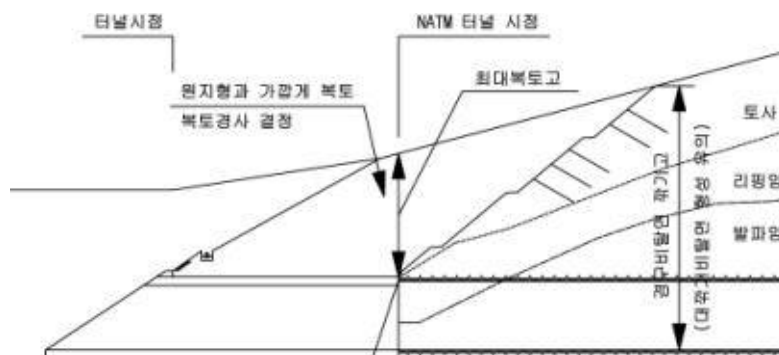


그림 8. 갯구부 복원 개념도

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) 창의혁신과제 “터널 갱구부 시공방법 개선을 통한 사업비 절감” 결과반영 (강원본부 건설처-7846, '13.6.3) 및 유지보수요원의 안전한 통행 및 낙석 방지 등을 위하여 갱문 상부에 안전시설 설치(설계기준처-2880, '13.9.16)