

절취 최소화를 통한 친환경적인 갱구부 설치방안



설승환
한국도로공사
전략기술부 과장



소승섭
(주)삼보기술단
지반공학부 전무이사



김동현
(주)삼보기술단
지반공학부 부장

1. 개요

터널은 밀폐된 공간에 설치되는 선형구조물로서 터널진 출입부에 접속되는 갱구부에서 폭원의 감소, 터널벽의 위압감, 휘도 변화에 수반되는 순응성저하 등에 의해 교통흐름의 연속성 확보가 어려운 면이 있다. 또한, 지반공학적 측면에서 터널 갱구는 지반조건이 불안정하여 터널 굴착이나 지표면 변화 등으로 인한 비탈면 붕괴가능성이 높으며, 편도압으로 인한 국부적인 응력집중이 발생하여 구조물의 안정성에 문제가 초래될 수 있는 구간이다. 따라서, 터널의 갱구부는 자연경관과 인공구조물과의 조화로움을 도모하여 주행차량의 쾌적성 및 안전성을 적절하게 유도하고, 자연환경의 보전을 위한 상태구조물로서의 기능을 최대한 확보하여 도로의 이용자 및 일반인들에게 도로를 상징하는 하나의 기념비로서 랜드마크(Land Mark) 기능을 갖추도록 계획되어야 한다. 그러나, 터널 갱구부의 처리가 안정성과 경제성 위주의 설계 및 시공에 치중함에 따라 과도한 절취구간이 발생되어 자연복원이 불가능하고 주변경관과의 부조화된 근원적인 환경피해가 발생되고 있는 실정이다.

최근의 설계개념이 환경파괴를 최소화하는 터널계획

의 증대와 깎기비탈면 높이를 20m 이내로 규정하는 경우가 증대하고 있는 추세로 본 고에서는 터널 갱구부 설계시 환경 보전 및 복원에 대한 적극적인 처리방안을 정립함으로써 자연과 융화되는 친환경적인 갱구부계획이 이루어질 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를위해 우선적으로 국내 갱구부 설계요령과 문제점 분석 및 국내외 갱구부 설계사례를 조사하고, 이를 토대로 갱구부 설계시 환경피해를 최소화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 갱구부 영역 및 위치선정

2.1 설계요령 분석

갱구부는 일반적으로 토피가 낮고 지반의 아칭효과가 발휘되기 어려운 범위까지를 말하고, 그림 1에서 보듯이 토피 1~2D(D는 터널의 최대폭)를 확보할 수 있는 범위를 표준으로 한다.

갱구부는 지형적으로 열악하여 갱구 설치시의 절토나 터널굴착에 의한 비탈면 붕괴가 유발될 수 있으며, 공용시에 상재하중이나 토압변화의 영향을 받는 경우도 있다.

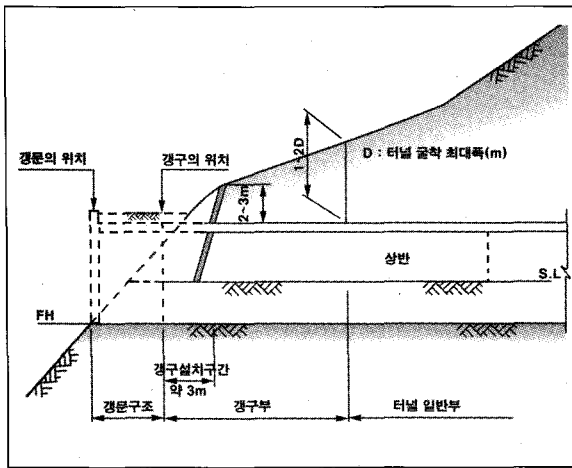


그림 1. 갱구부 개요도

따라서, 갱구부 영역을 선정하는 문제는 보강구간 설정과 관련하여 매우 중요한 문제이나, 현장별로 지형·지반조건이 서로 상이하므로 일률적인 적용이 어렵다. 국내 산지 지형을 고려해 볼 때 종단경사 30°를 기준으로 30° 이상되는 지반경사를 갖는 지형은 대부분 토사층이 2~3m로 얇고 굴착즉시 연암 이상의 암질이 확보되는 경우가 많다. 그러나 30° 이하의 지반경사를 갖는 지형에서는 토사층이 두꺼워 천단부 지반보강을 시행해야하는 경우가 발생하게 된다.

따라서, 갱구부 계획시에는 자연조건에 대한 사전조사와 공용시의 발생가능한 문제점 등을 고려하여 구조적인 안정성과 경제성, 환경성등을 종합적으로 검토하여 갱구부의 위치선정을 하여야 하며, 갱문의 위치 및 형식은 일반적으로 갱구부의 위치에 따라 결정되어진다. 참고로 국내에서 제시되고 있는 갱구부의 위치선정시 고려사항은 다음과 같다.

■ 갱구부 위치선정 기준 (터널설계기준, 1999)

- 터널 중심축선을 지형경사면과 가급적 직교하도록 하며, 이 경우 경사면 하단보다 상부지역에 갱구부가 계획될 때에는 공사용 도로를 확보하도록 하며, 인접

구조물과의 관계 등을 고려하도록 한다.

- 터널 중심축선이 지형 경사면에 대해 사각으로 진입하는 경우엔 비대칭 절취 경사면이나 갱문이 형성되게 되므로 횡방향 토피 확보 여부와 편토압에 대한 검토가 요구된다.
- 터널 중심축선과 지형경사면이 평행한 경우는 가급적 피해야 하며, 골짜기 쪽의 토피가 극단적으로 얇아질 경우가 있으므로 천구간에 걸쳐 편토압에 대한 검토와 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.
- 골짜기에는 일반적으로 지질구조대가 발달하고 있어 애추 등 미고결층이 두껍게 분포되어 있고 지표수 유입과 지하수위가 높을 때가 많으므로 터널 중심축선이 골짜기로 진입하는 경우는 최대한 피하도록 한다.

■ 갱구부 위치 및 갱구연결 (도로설계요령, 2001)

- 갱구는 필수록 경사면과 직교하는 위치에 만들며, 공사용 설비의 배치에 대해서도 고려한다.
- 갱구 설치시 토피는 최소 2~3m 정도를 확보한다. 또 절토면은 필요에 따라 슛크리트나 록볼트에 의한 보강을 하여 충분한 경사면의 안정성을 확보한다. (갱구 설치에는 일반적으로 절토가 따른다. 이 때 갱구설치가 갱구 경사면에 미치는 영향, 주변 경관과의 조화, 갱구부의 시공법 등을 고려하여 적당한 토피를 확보해야 하나 일반적으로는 이제까지의 실적을 토대로 최소 2~3m 정도를 확보한다.)

2.2 갱구부 위치선정의 문제점

지형과 터널축선과의 교차방식은 도로 선형의 문제이지만 현행 기준에서 권고하는 직교형을 기본으로 하여도 타당할 것으로 판단된다. 그러나, 설치위치에 관한 사항은 토피고 2~3m되는 지점에 갱구설치는 급경사 저풍화대 구간에서나 적용 가능한 기준으로 판단되며, 기타구간 적용시에는 갱구 안정에 심각한 위험을 초래할 수 있으며

표 1.

번호	관계	공학적 특성	적용성
1	경사면 직교형	가장 이상적인 위치관계	작업공간확보 문제
2	경사면 경사교차형	비대칭절취경사면과 편토압문제	편토압 보강
3	경사면 평행형	가장 위험 / 편토압 위험	토사층 깊게 발달
4	능선 평행형	터널양측 토피가 매우 얇아짐	-
5	굴짜기 진입형	자연재해 발생가능성 높음	자연재해 대비

과다한 보강비가 불가피할 것으로 사료된다. 즉, 다양한 상황에 대한 적용이 어려운 면이 있다. 현재 설계는 일반적으로 터널천단부에 토사선이 존재할 때 그 위치에 갱구를 선정하는 것을 지양하는 경향이 있으며, 천단부 안정을 고려하여 대부분 토피고가 1~2D 이상 되는 위치 및 압선 이하에 갱구를 선정하기 때문에 기존 지반이 상당히 절취된 이후에 갱구를 형성시키고 있다. 이는 환경훼손 최소화라는 개념보다 갱구의 안정성을 우선적으로 고려하기 때문으로 사료된다.

즉, 설계기준을 엄격하게 적용한다면 토피고가 2~3m 되는 위치에 갱구를 설치하여 자연환경 훼손을 최소화할 수 있으나, 안전성 및 경제성에 치우친 결과로 환경 훼손 면적의 과다한 증가를 초래하고 있는 실정이다. 결국 지형의 과다한 훼손은 낙석이나 눈사태 등의 자연기상재해에 따른 주행차량의 안전성 및 쾌적성을 저해하고, 굴착구간에 대한 복구기준이 없어 주변경관과 부조화되는 결과를 초래한다.

2.3 지형·지반별 검토모델

절취를 최소화할 수 있는 갱구부 영역 및 위치설정을 효율적으로 검토하고자 지형 및 지질에 따라 다음과 같이 분류하였다.

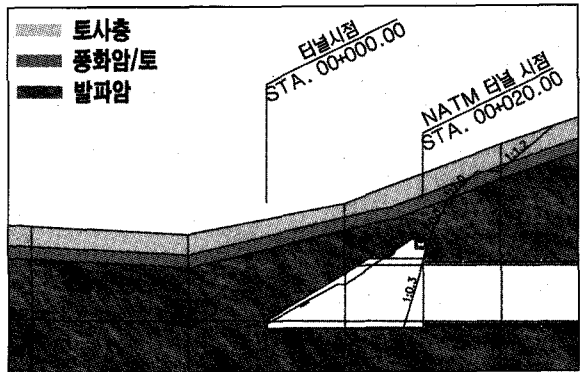
2.3.1 지형조건에 따른 분류

터널 중심축선과 경사면과의 관계설정은 노선의 결정뿐만 아니라 갱구부 설치에 있어서 가장 우선적이고 기본

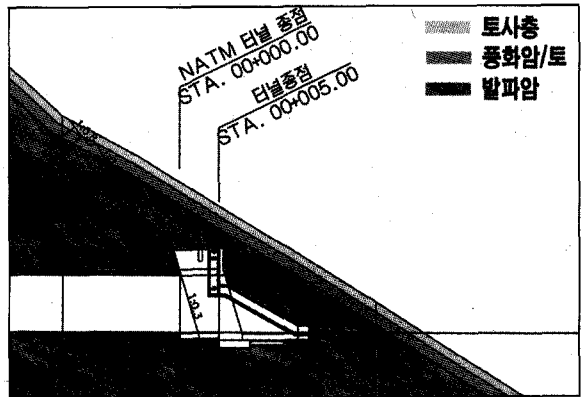
적인 검토사항으로 다음과 같이 분류되며, 이 중에서 설계에 가장 많이 적용되는 ①, ②의 경우를 주된 고려 대상으로 설정하였다. (표 1 참조)

2.3.2 지형경사도에 따른 분류

터널 갱구부 종단비탈면의 고저는 터널 갱구부 위치결



완경사



급경사

정 및 이에 따른 비탈면의 절취에 영향을 주는 직접적인 요인 중에 하나로서 약 30°를 기준으로 급경사 지형과 완경사 지형으로 다음과 같이 구분할 수 있다.

완경사일 경우에는 원통절개형등의 돌출형 갱문 적용이 일반적이며, 이로 인한 개착터널 시공으로 절취부 복토가 수반되어지며, 원지형과 유사한 복토계획 수립으로 환경피해 최소화 방안을 검토할 수 있다. 급경사일 경우에는 면벽형 갱문의 시공이 일반적이며, 갱구 배후 사면 절취고의 제한 또는 토피고의 제한으로 환경피해 최소화 방안을 검토하고자 한다.

2.3.3 지반조건에 따른 분류

일반적으로 갱구부 및 개착구간은 지반(지층)조건에 의해 위치 및 보강영역이 결정되어진다. 토사층이나 풍화토(암)층이 깊게 발달한 경우에는 개착후 뒷채움과 보강공법 적용으로 인한 경제성 검토가 병행되어야 할 것으로 생각된다.

3. 갱구부 설계 및 시공사례 분석

3.1 국내 터널 갱구 현황

기 시공된 터널을 중심으로 갱구부 위치선정, 개착부의

범위 등을 조사하여 국내 터널 갱구부 설계의 일반적인 현황 및 문제점을 파악하고자 154개 터널에 대해 분석을 수행하였다.

3.1.1 터널갱구부와 지형과의 관계

지형조건에 따른 현황을 파악하기 위하여 지형경사도 및 지형과 터널의 교차방식을 선정하여 분석하였다. 개략 조사의 성격상 구분이 어려울 골짜기 진입형은 경사면 경사교차형으로 분류하였으며, 급경사 직교형과 완경사 직교형이 전체의 70.13%, 경사면 경사교차가 19.5%를 차지하고 있어 국내 터널은 일반적으로 경사면 직교형 혹은 경사교차형으로 시공되어 큰 무리는 없는 것으로 판단된다. (표 2 참조)

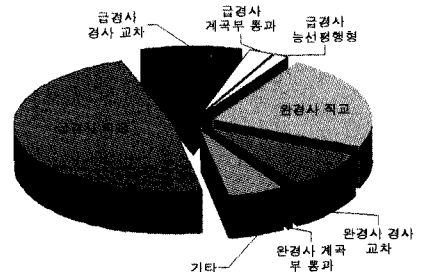
3.1.2 터널의 개착부 범위

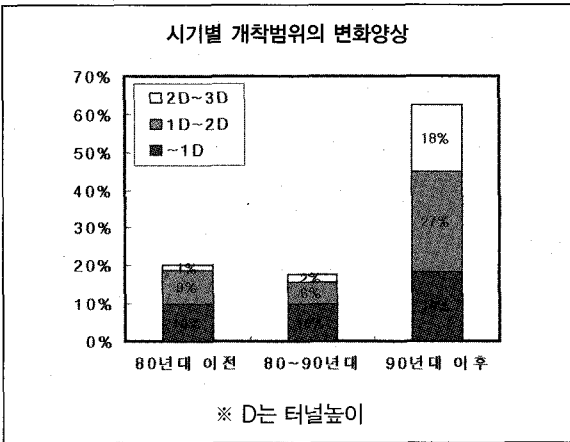
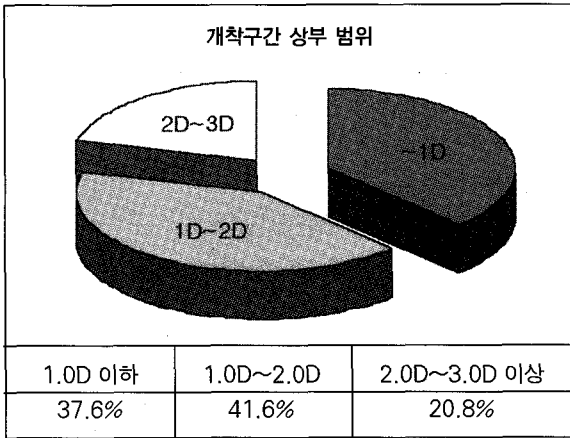
터널 개착부의 범위는 시기별로 0~1.0D, 1.0D~2.0D, 2.0D~3.0D의 세가지로 구분하여 분석하였으며, 국내 기시공 터널의 개착구간 범위는 2D 이하가 약 79.2%정도임을 알 수 있었다. 그러나, 90년대 이후 준공된 터널의 경우 법면높이가 높아 2D~3D 이상의 산림파괴가 심한 경우가 18%정도로 종종 발생하고 있음을 알 수 있다.

개착구간의 증가 원인은 설계기준은 토피고 2~3m에서 NATM시점이 결정되도록 하고 있지만, 현행 설계패턴은 지반자체의 지보력을 최대한 이용할 수 있는 곳에 갱

표 2.

번호	지형과의 관계	점유 백분율
1	급경사 직교	47.40
2	급경사 경사 교차	10.40
3	급경사 계곡부 통과	2.60
4	급경사 능선평행형	1.30
5	완경사 직교	22.73
6	완경사 경사 교차	9.09
7	완경사 계곡부 통과	0.65
8	기 타	5.83





구부를 위치시키기 위하여 발파암 1.0D 이상이 확보되는 곳에 NATM시점을 결정하므로 풍화심도가 깊은 국내 산악지형의 특성을 고려해볼 때 과다한 개착부가 불가피하게 형성되는 것으로 보인다.

3.2 최근 터널설계 현황

실제 지형과 도로선형이 만나는 과정에서 발생하는 갱구부의 비정형화된 특성을 도출하여 절취 최소화방안에 반영하고자 최근 2~3년 사이에 설계가 수행된 30개 터널을 대상으로 조사를 수행하였다.

3.2.1 갱구 토피고 분석

갱구 상부의 토피고를 분석한 결과 대부분의 터널이 1.0D 이상으로 설계되었으며, 약 2.0D 안팎(1.5~2.5D)이 분석대상 터널의 47%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이중 2.0D 이상의 대규모 절취사면이 발생하는 경우도 47%로 갱구사면의 훼손정도가 심각한 수준임을 알 수 있다. (표 3 참조)

3.2.2 지형경사각별 토피고의 분포

경사각이 20°~30°일 때, 과다한 개착(2.5~3.0D)이 발생함을 알 수 있으며, 이는 경사각이 완경사일 경우에 토사층의 심도가 깊어 절취가 과다하게 발생함을 나타낸다고 볼 수 있다. (표 4 참조)

3.3 국내 도로터널 시공현황

현재 시공중인 고속도로 19개 터널의 갱구부 절취고를 조사하였으며, 그림 2에서 보는 바와 같이 대부분의 경우 21m를 상회하는 것으로 분석되어 갱구부에 대각기 비탈면이 발생하는 것으로 조사되었다.

기시공된 터널 및 설계, 시공중인 터널에 대해 분석을 수행한 결과 갱구부가 설치되는 곳의 토피고는 2D정도인 것으로 파악되었다. 이는 각종 설계요령에서 제시하고 있는 토피고 2~3m를 상회하고 있으며, 이와 더불어 절취

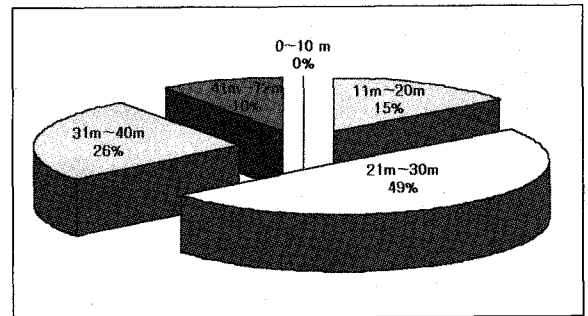


그림 2. 고속도로 터널 갱구부 절취고 현황

표 3.

	토피고	백분율
1	1.0D 이하	10.00%
2	1.0 ~ 1.5D	13.33%
3	1.5 ~ 2.0D	18.33%
4	2.0 ~ 2.5D	28.33%
5	2.5 ~ 3.0D	18.33%
6	3.0D 이상	11.68%

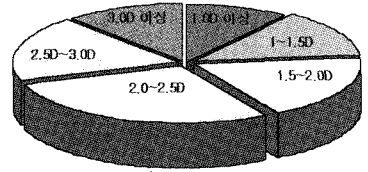


표 4.

	토피고	경사각 20° 이하	경사각 20° ~ 30°	경사각 30° 이상
1	1.0D 이상	1.7%	3.3%	5.0%
2	1.0 ~ 1.5D	6.7%	3.3%	3.3%
3	1.5 ~ 2.0D	11.7%	5.0%	1.7%
4	2.0 ~ 2.5D	8.3%	8.3%	11.7%
5	2.5 ~ 3.0D	5.0%	11.7%	1.7%
6	3.0D 이상	0.0%	3.3%	8.3%

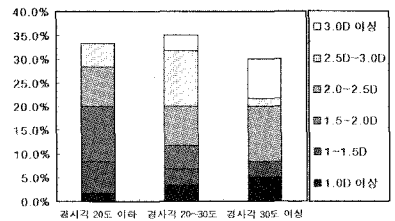


표 5. 갯구부 표준패턴(천석터널)

설계 패턴	강아치 지보공				S/C두께 (cm)	라이닝 콘크리트 두께(cm)			와이어메쉬	보조공법
	상반부	하반부	인버트	중방향CTC(m)		아치부	측벽부	인버트부		
갯구부	H-200	H-200	-	1.0	25	35	35	50	상·하반부	휘플링, 강관다단

고 20m 이상의 대각기 비탈면이 발생하는 것으로 나타나 환경훼손이 심한 것으로 조사되었다. 따라서, 갯구부 계획시 친환경적인 시공이 가능하도록 인식의 전환 및 적용 가능한 기준정립이 필요한 것으로 생각된다.

3.4 해외 갯구부 설계사례

해외에서의 갯구부 설계 및 시공사례를 파악하기 위하여 일본의 천석(千石)터널을 대상으로 검토를 수행하였다. 본 터널의 갯구 천단부 지반조건은 시점부에 신기에 추퇴적물이 중점부는 고기~신기에추퇴적물이 존재하는 다소 불량한 것으로 나타났으나, 갯구 천단의 토피고는 지금까지 공사실적에 따라 2~3m를 확보하는 지점에 설치하는 것으로 조사되었으며, 표 5 및 그림 3과 같이 천단

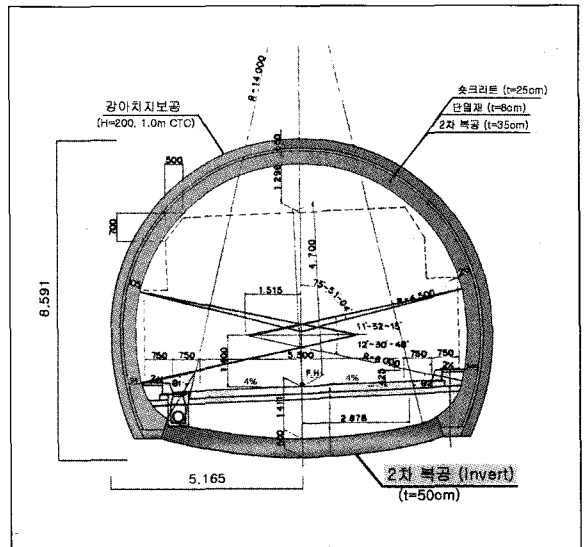
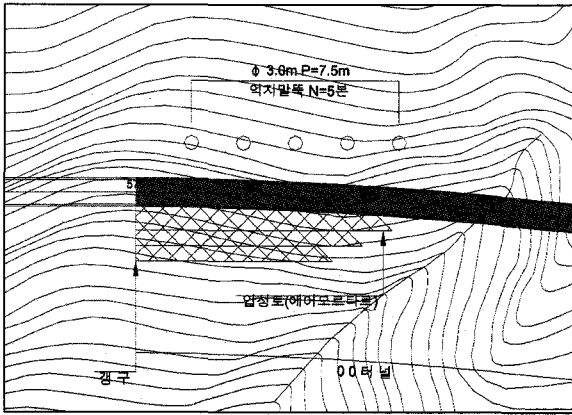
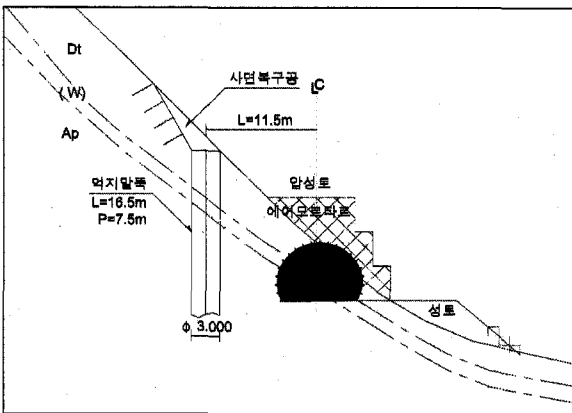


그림 3. 갯구부 표준단면도 (천석터널)



(a) 평면도



(b) 횡단면도

그림 4. 천석터널 갱구부 보강도

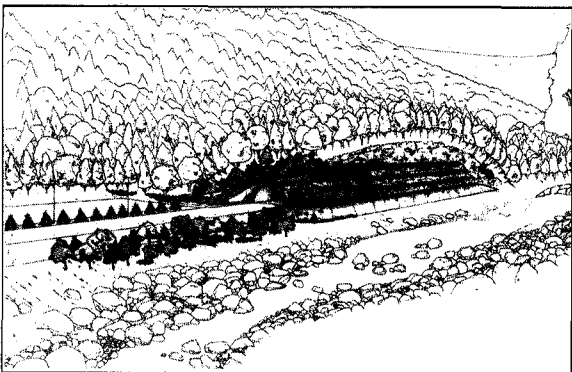


그림 5. 천석터널 갱구현황도

부 안정을 위하여 휘폴링, 강관다단 그라우팅등의 각종 보조공법을 사용한 것으로 나타났다.

일본에서의 갱구부 보강은 터널 천단부 보강은 국내에서와 유사하나 특별한 경우를 제외하고 인버트 시공을 표준으로 하고 있다. 또한, 그림 4와 같이 압성토 지역은 애머모르타르를 이용하여 고결시켰으며, 비탈면 활동을 방지하기 위하여 역지말뚝을 시공하여 보강하였다.

천석터널의 설계개념은 그림 5의 개요도에서 보는 바와같이 절취면적이 줄어들어 환경훼손을 최소화시킬 수 있는 방법으로 판단된다. 다만, 터널 및 갱구 비탈면에 대한 보강공사비가 과도하게 소요되는 측면이 있어 여과없이 그대로 적용하기에는 다소 무리가 따르는 것으로 보이며, 경제성 측면을 고려하여 절충하는 방안이 현실적인 방안이라 사료된다.

4. 절취 최소화 개념을 도입한 경제성분석

4.1 적용터널 현황

환경훼손의 정량적 평가 및 훼손의 저감 정도를 알아보기 위해 현재 시공중인 연장 370m의 OO터널을 대상으로 표 6과 그림 6과 같이 갱구위치를 변화시켜 자연환경 보존 및 복원에 따른 토공, 보강설계 내용에 대해 경제성을 비교, 검토하고자 하였다.

표 6. 토피고에 따른 갱구위치

이식CASE	개요	토피고	비고
CASE 1	현행 갱구 설계를 대상	1.2D	현 시공위치
CASE 2	갱구부 대각기 비탈면 (20M) 미발생	0.7D	추천(안)
CASE 3	NATM 터널 시점 토피고를 3M로 제한한 경우	3m	최소화방안

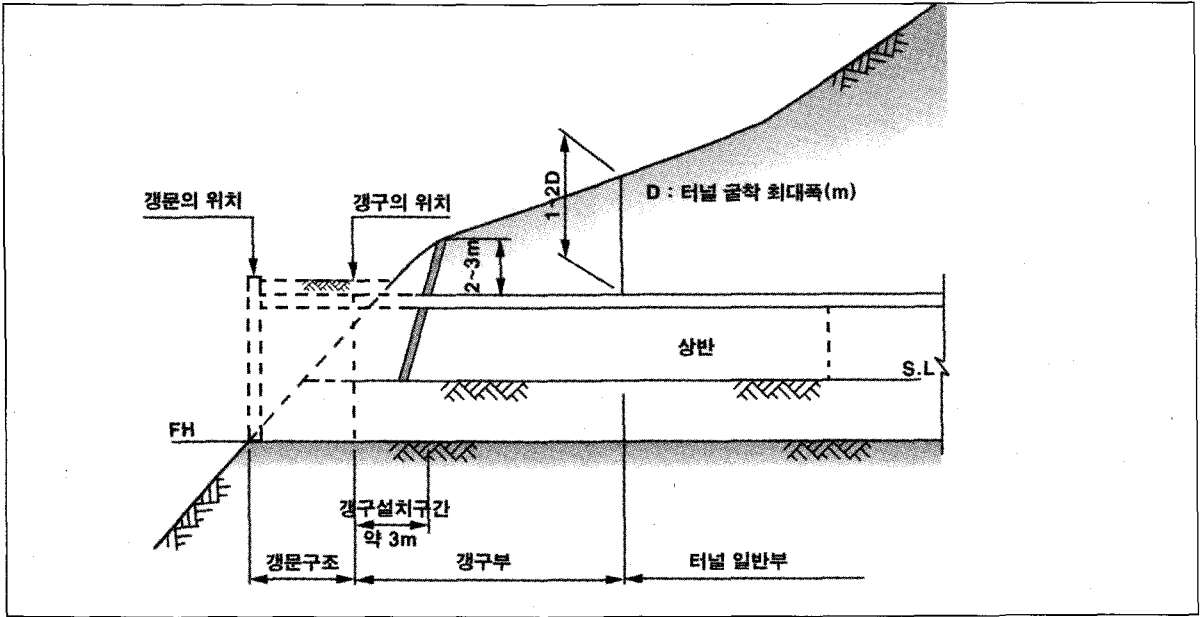
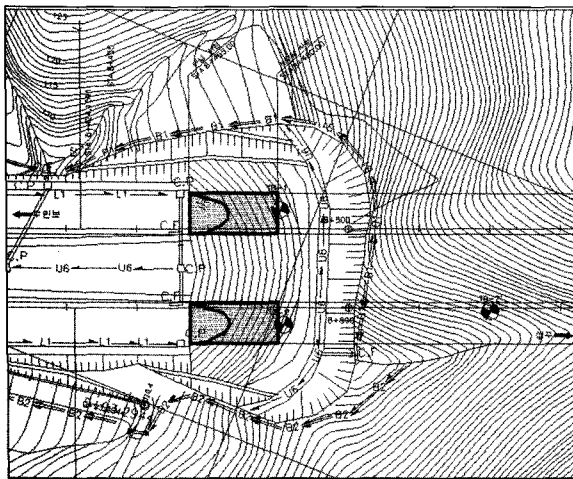
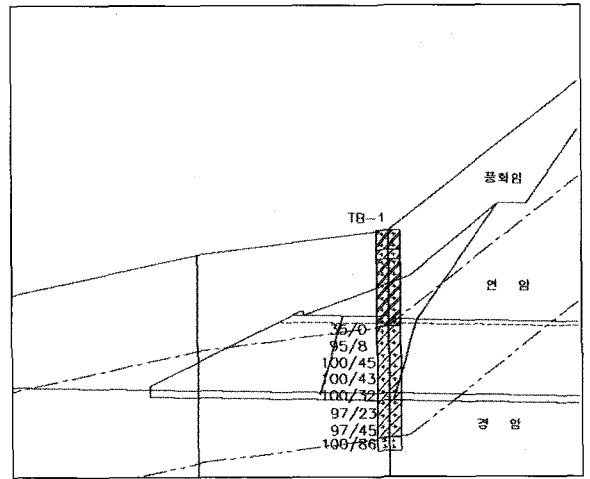


그림 6. 갭구 위치 현황



(a) 지형조건(평면현황)



(b) 지반조건(종단현황)

그림 7. 갭구부 지형 및 지반조건

갭구부 지형은 그림 7과 같이 경사면 직교형으로 편도 압 영향은 거의 없는 것으로 판단되며, 토사층이 없으며,

암층이 발달한 양호한 지층상황이다.

표 7. 갱구 위치별 검토결과

구분	CASE 1	CASE 2	CASE 3
개요	현행 갱구 설계	갱구부 비탈면 높이: 20m	갱구 토포고: 3m
최대 비탈면 높이 (m)	37.32	20.00	11.80
갱구부 공사비 (백만원)	1,245	1,268 (증 23)	1,598 (증 353)

4.2 검토결과

검토 터널이 위치하고 있는 지형 및 지질조건은 암층이 발달하고 있어 갱구 형성에 전체적으로 유리한 것으로 판단되며, 기 설계된 갱구 위치는 암층 토포고 1.0D 이상을 확보하도록 되어 있다. 또한, 갱구 배후 사면의 절취고가 30m를 넘는 대절토사면이 발생하는 것으로 나타나 절취를 축소하여 보다 환경친화적인 개념의 도입이 가능할 것으로 사료된다.

갱구부 절취 최소화를 위한 방안으로 갱구 배후 사면 절취고를 20m로 제한했을 경우의 갱구 위치 및 토포고를 3m로 최소화하였을 경우의 절토고를 검토한 결과 배후 사면 절토고는 약 12m 내외로 낮출 수 있는 것으로 파악되었다. 다만, CASE 3의 경우는 보강영역의 증가로 공사비가 353백만원 정도 증가하여 경제성 측면에서 불리하며, CASE 2가 환경훼손 저감도 가능하면서 경제성도 확보할 수 있는 것으로 사료된다. (표 7 참조)

5. 갱구부절취 최소화를 위한 검토

5.1 지형·지반조건별 갱구부 설치방안

지형조건별로 갱구부 설치방안 검토는 크게 경사도 30°를 기준으로 하여 급경사와 완경사로 분류하였으며, 지질조건은 개략적으로 고풍화대와 저풍화대로 구분하였으며, 표 8에 각각의 개요도와 특징 및 절취최소화 방안에 대해 기술하였다.

급경사지형의 경우 절취량은 적은 반면 훼손 면적이 과

다하게 발생하는 경향이 있다. 따라서, 갱구비탈면의 경사 조정이나 보강공법의 적용을 통하여 무한비탈면의 발생을 방지하고 훼손범위를 최소화하여 자연지형의 보전을 우선시하는 방안이 고려되어야 할 것으로 사료된다. 환경사지형의 경우는 갱구 앞구간에서 절취가 과다하게 발생할 가능성이 있으므로 개착터널 설치에 대한 검토가 필요하며, 이 때 원지형 상태를 재현하는 복원계획을 수립하는 것이 필요하다.

5.2 환경훼손 최소화를 위한 복토계획

완경사이며 풍화대 심도가 깊은 구간의 갱구 위치 선정 시 원지반에 대한 깎기량이 과다할 수 있으며 이 경우 일정 연장의 개착터널을 계획후 원지형에 가까운 복토를 시행함으로써 과다한 원지반깎기에 따른 환경훼손을 최소화해야 한다.

복토시 고려가능한 개착터널의 연장 및 이에 따른 개착터널의 안정성 검토를 위하여 콘크리트라이닝의 두께

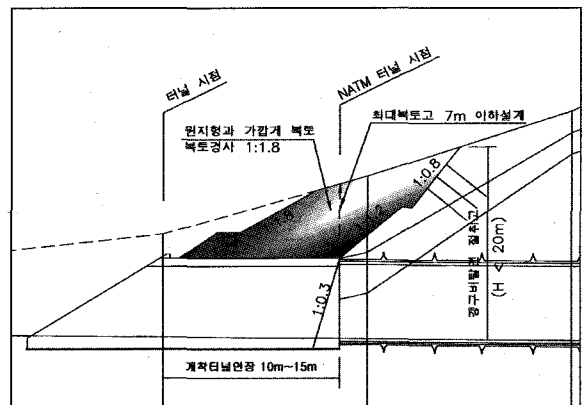


그림 8. 복토고 해석개요도

표 8. 지형·지질조건별 절취최소화 방안

단면	현행설계	절취최소화(안)	특징
1			<p>【급경사 고풍화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이상 • 토사층 0.5D 이상 • 토사/리핑암에 갯문설치 • 보조공법의 자립성 확보 • 약 1.0D 이내 법면보강 • 보조공법비용 추가 불가피
2			<p>【급경사 저풍화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이상 • 토사층 0.5D 이하 • 발파암에 갯문 설치 • 보조공법 자립성 확보용이 • 법면보강비용 축소로 경제성 양호
3			<p>【급경사 암반노출】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이상 • 토사층 0.1D 이하 • 발파암에 갯문설치 • 일부산악지형에서 발생 • 현행설계패턴으로도 가능 • 개착최소화로 비용절감 큼
4			<p>【완경사 절취 고풍화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이하 • 토사층 0.5D 이상 • 갯구 천단 상부에서 깎기구간 상부가 위치 • 갯문설치 위치는 지질조건에 따름 • 법면보강 불가피
5			<p>【완경사 절취 저풍화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이하 • 토사층 0.5D 이하 • 갯구 천단 상부에서 깎기구간 상부가 위치 • 갯문설치 위치는 지질조건에 따름

단면	연행설계	절취최소화(안)	특징
6			<p>【원경사 고공화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이하 • 토사층 0.5D 이상 • 개착구간에 토사층이 위치하게 되므로 보조공법 비용이 과다하고 적용보조공법의 자립도가 확보되어야 함 • 갹문설치 위치는 지질조건에 따름
7			<p>【원경사 저공화대】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지형경사 30° 이하 • 토사층 0.5D 이하 • 갹문설치 위치는 일반적으로 발파암 구간에 위치함 • 보조공법 비자립구간이 적어 개착부 최소화에 따른 경제성 충분

표 9. 개착터널 복토고 검토 해석 결과

복 토 고	5m		7m		10m
사용철근량	주철근 D22@125	주철근 D19@125	주철근 D22@200	주철근 D22@125	주철근 D22@125
안정성 확보	가능	불가능	불가능	가능	불가능

80cm를 만족하는 복토고를 결정하고 이 경우 가능한 개착터널 연장을 검토하였다. 해석조건은 그림 8과 같이 복토경사를 1:1.8로 하였으며, 작용하중은 자중, 수평 및 연직도압, 차량하중, 온도하중, 지진하중등의 하중조합을 적용하였다.

해석 결과 표 9에 나타난 바와 같이 복토고 7m일 경우가 개착터널 라이닝(T=80cm)의 안정성을 만족하는 한계 복토높이로 분석되었으며 (주철근 D22@125, 전단철근 D13@200), 개착터널 연장은 약 12.5m이다. 따라서, 개착터널의 연장은 복토경사를 고려하여 비탈면 소단 및 배수시설 등을 감안하여 최소 10~15m를 상회하도록 계획하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

5.3 환경훼손 최소화를 위한 갱구부 계획(안)

이상에서 검토한 바를 토대로 갱구부 계획시 선형계획, 자연지형의 보존을 위한 갱구부 위치 설정, 갱구환경 복원을 위한 복토계획등에 관하여 환경훼손 저감을 위한 방안을 제시하고자 한다.

5.3.1 도로선형 계획시 고려사항

도로의 선형계획시 갱구의 위치는 가급적 경사면과 직교하는 위치에 설치하도록 하며, 노선 선형상 제약을 받아 직교하기가 어려울 경우 터널 축선과 등고선과는 60° 이상의 교차각도로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 터널의 길이를 짧게 하려고 갱구를 계곡 또는 산중

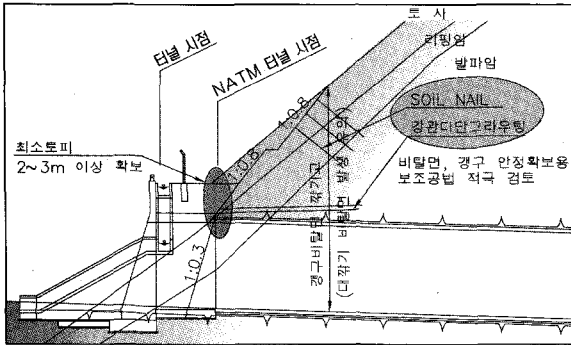


그림 9. 자연지형 보존 설계요령을 도입한 갱구 설계 예

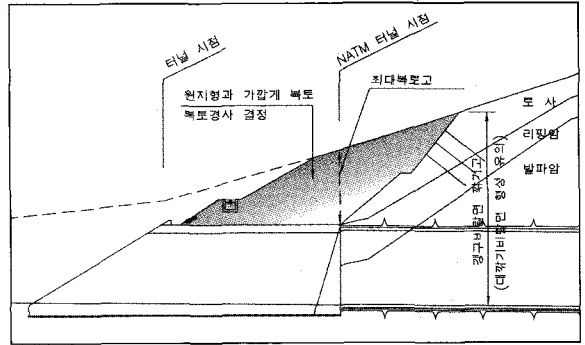


그림 10. 원지형 복원 개념도

양 등으로 깊게 위치하지 않도록 계획하여 경사면의 불안정한 요인이 발생하지 않도록 하여야 한다. 부득이한 경우 갱구설치 훼손구간에 대한 복원방안을 검토하여 반영한다.

형, 지반 조건의 경우에는 자연복구계획을 통한 복원방안을 수립하여 환경피해를 최대한 방지하여야 한다. 복원계획은 갱문 형식에 따라 다를 수 있으며, 기본적으로 절취구간과 원지형이 연속된 지형을 이룰 수 있는 복원계획(복토)이 가능하도록 갱구위치를 선정하여야 한다.

5.3.2 자연지형의 보전을 위한 고려사항

갱구의 위치는 안정된 원지반의 이완이 최소화하도록 선정하는 것을 기본으로 하며, 갱구 경사면에 미치는 영향, 주변 경관과의 조화, 갱구부의 시공법 등을 고려하여 적당한 토피가 확보될 수 있도록 계획하여야 한다. 최소 2~3m 토피가 확보되는 지점으로부터 토피고 1D(D:터널 최대폭)를 확보하는 범위내에서 지형·지질 조건 등을 검토하여 훼손면적이 최소화될 수 있도록 최적의 위치를 선정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

6. 결론

최근 친환경적인 건설문화에 대한 관심이 높아짐에 따라 터널에 대한 수요가 늘어나고 있는 추세이므로 터널계획 단계에서 터널의 상징적인 구조물이라 할 수 있는 갱구부가 구조적인 안정성을 확보함은 물론이러니와 주변 경관과의 조화를 이루어 인간과 자연이 공존할 수 있는 자연친화적 개념의 도입이 필요하다고 할 수 있다.

또한, 비탈면 불안정을 발생시킬 수 있는 절취고 20m 이상의 대각기 비탈면(갱구 배후 비탈면, 좌우측 비탈면 포함)을 가급적 발생시키지 않도록 하며, 이 때 갱구비탈면 및 갱구 천단부의 안정성을 위해 시공성과 경제성을 만족하는 보조공법 적용을 적극적으로 검토하여야 한다.

갱구부의 처리는 교통흐름의 연속성을 도모하고 자연과 융합된 도로의 경관을 창출함으로써 이용객에게 좀 더 쾌적한 주행여건을 제공하는데 중요성이 있다. 다만, 다양한 지형·지질조건 등 설계인자의 다변성으로 갱구부 처리에 대한 일률적인 기준의 설정은 어려운 실정이므로 환경적 측면을 고려하여 과다한 훼손규모를 축소시킬 수 있는 적극적인 대안의 검토가 필요한 실정이다. 따라서, 본 고에서는 갱구부 주변의 훼손이 최소화되도록 도로선

5.3.3 개착터널 구간의 자연복원을 위한 복토계획

터널설치시 발생하는 원지형의 변형은 피할 수 없으나, 갱구위치 조정을 통해 과도한 훼손을 방지할 수 없는 지

형 계획시 가급적 지형과 직교되는 위치로 하는 것이 바람직할 것으로 검토되었다. 또한, 갱구 위치는 토피고 2~3m를 확보하는 위치와 1D를 확보하는 구간내에서 선정할 수 있으며, 효과적인 자연 보존 또는 복원계획을 위해서는 가급적 원지반의 형태를 유지하는 복토계획이 수립되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), "도로설계편람 I", 제 6 편 터널
2. 대한터널협회(1999), 터널설계기준
3. 한국도로공사(1995), 고속도로 터널설계실무자료집
4. 한국도로공사(2001), "도로설계요령", 제 4 권 터널편
5. 한국암반공학회, (주)삼보기술단(1999), 터널갱구모음집

제 3차 터널 기계화 시공기술 심포지움 개최 및 원고모집 안내

한국터널공학회는 새로 발족한 기술위원회인 기계화 시공 기술위원회의 주관으로 2002년 제 3차 터널 기계화 시공기술 심포지움을 아래와 같이 개최하고자 합니다.

터널의 기계화, 자동화 설계·시공분야와 관련한 원고를 모집하오니 회원여러분의 많은 참여를 바랍니다.

- 일 자 : 2002년 9월 25일(수)
- 장 소 : 한국과학기술회관 대강당
- 초 록 마 감 : 2002년 8월 20일
- 원고접수마감 : 2002년 9월 10일
- 원고작성형식 : 한국터널공학회 홈페이지를 참조(www.tunnel.or.kr)
- 문의 및 접수처

한국터널공학회(Tel : 02-2203-3442)

이성원(한국건설기술연구원)

Tel : 031-910-0226 e-mail : swlee@kict.re.kr