

태백선 제천~쌍용1공구 복선전철 두학터널 및 송학터널 - 석회암 지대의 터널 설계 및 시공 -



문상호
GS건설 기술본부 지반팀 대리



나승훈
GS건설 기술본부 지반팀 차장



이상필
GS건설 기술본부 지반팀 부장

1. 개요

태백선 제천~쌍용 1공구는 충북 제천시 일대에 계획된 총 연장 14.29km의 복선전철 건설공사로서 터널은 그림 1과 같이 두학터널(460m), 송학터널(5,985m)과 송학터널의 3개 사갱(1,475m)으로 이루어져 있으며 각 터널들은 NATM 공법으로 계획되었다.

당 공사구간이 위치한 충북 북동부(단양, 제천) 지역은 강원 남부(영월, 평창, 정선, 삼척) 지역과 더불어 고생대 초에 바다에서 퇴적된 조선누층군의 대석회암층군에 속하는 우리나라의 대표적인 석회암 지역으로, 본 고에서는 터널 굴착 중 발견된 석회암 공동의 설계와 보강 사례에 대하여 소개하고자 한다.

2. 지질특성 및 석회암 지대 현황

본 공사구간의 지형은 산릉과 계곡이 NNW-NNE 방향으로 배열되어 조사지역의 NE 방향인 영월지역으로 연속되고 있다. 당 구간의 석회암 지대는 그림 2와 같이 고생대에 속하는 석회암을 불규칙하게 관입한 화강암류로 구성되어 있는 것으로 설계 당시 조사되어, 노선은 석회암 지대를 우회하도록 설계되었다. 그러나 터널굴착 결과, 석회암 공동은 터널의 갱구비탈면과 얇은 심도의 터널 내에서 비정형적인 형상으로 나타나는 것으로 확인되었다.

3. 송학터널 시점 갱구비탈면의 공동보강

송학터널 시점 갱구비탈면의 쏘일네일 천공 중 그림 3

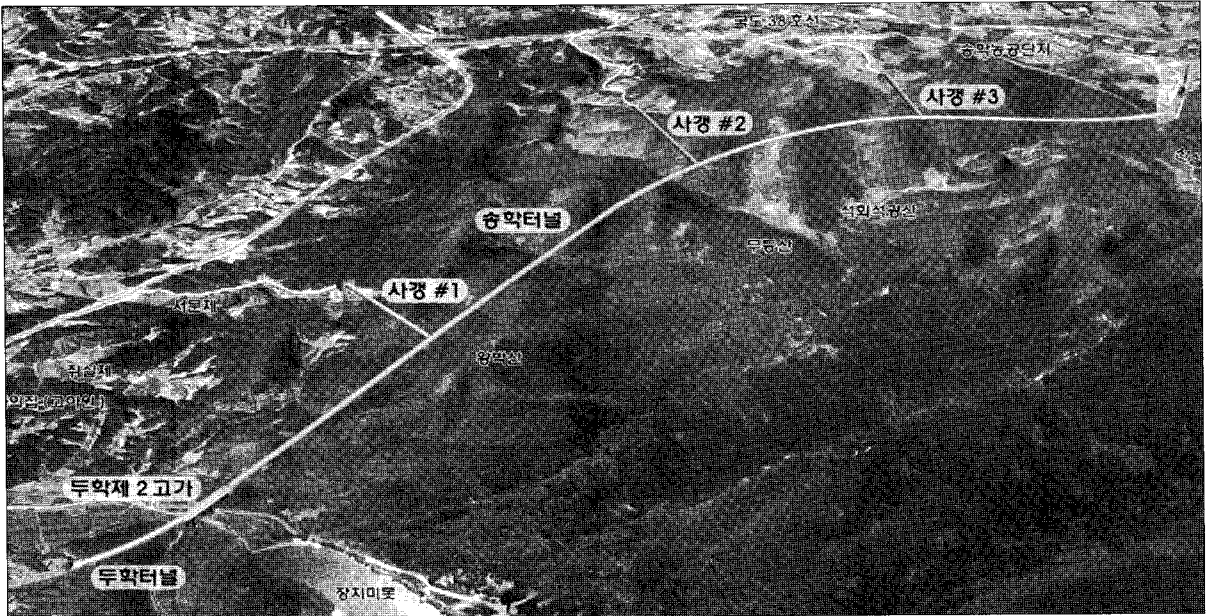


그림 1. 태백선 제천~쌍용1공구 두학터널 및 송학터널



그림 2. 원 설계 석회암 지대 현황

과 같이 석회암 공동으로 추정되는 천공 무저항 구간이 발견되었다. 천공 시 파악된 공동은 터널 위상부에 높이 약 10m, 넓이 약 10m, 깊이 최대 1m 정도의 비정형적인 형태로 파악되었다.

일반적으로 깎기비탈면은 사면안정화 공법에 의하여

안정한 상태를 유지할 수 있다. 하지만 당 현장의 경우와 같이 사면 내에 석회암 공동이 존재하는 경우는 공동에 지하수가 유입되면 과대한 수압이 작용하여 대규모 비탈면 슬라이딩이 발생할 수 있다.

따라서, 원 설계상 비탈면 보강을 위한 록볼트, 쏘일네

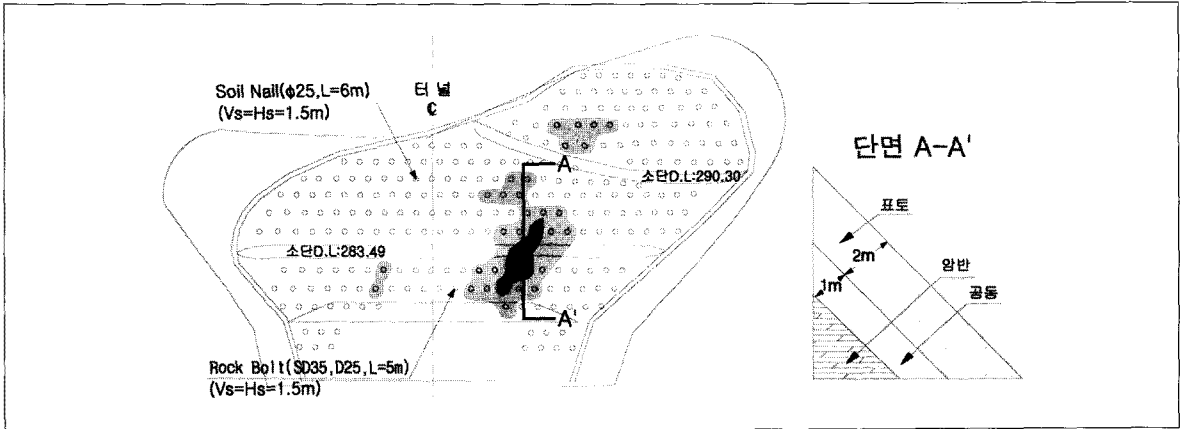


그림 3. 송학터널 시점 갱구부 석회암공동 및 단면 A-A' 현황



그림 4. 송학터널 시점 갱구부 석회암 공동 보강

일, 슛크리트 보강을 실시함과 동시에 천공 시 확인된 석회암 공동의 보강을 위하여 그림 4와 같이 추가로 시멘트밀크 그라우팅을 실시하여 사면 안정성을 확보하였다.

4. 두학터널 내 석회암 공동 보강

두학 터널굴착 중 그림 5와 같이 좌측 어깨부에서 석회암 공동이 발견되었다. 터널 내부의 석회암 공동은 공동의 크기 및 형상을 정확하게 판단하기가 어렵고 터널 천단부 아칭영역에 공동 존재 시 응력집중 및 이에 따른 소

성영역 증대로 터널 안정성에 문제가 생길 수 있다.

이 공동들은 석회암의 용식작용에 의해 형성되면서 내부가 상부의 토사와 전석으로 채워진 것으로 확인되었고 굴착과 동시에 15~20m³의 토사와 직경 3~5cm의 전석이 터널 내로 유입되어 터널의 안정성 확보를 위하여 신속한 보강이 필요하였다.

따라서 임시 보강책으로 공동의 입구부를 슛크리트로 충전하고 공동입구에 서로 교차되도록 추가 록볼트(L=4m)를 시공함으로써 공동의 입구를 봉합하여 추가의 붕락을 방지하였다. 그리고, 그림 6과 같이 공동 상부에 천공을 실시하고 주입용 파이프를 삽입하여 그라우팅

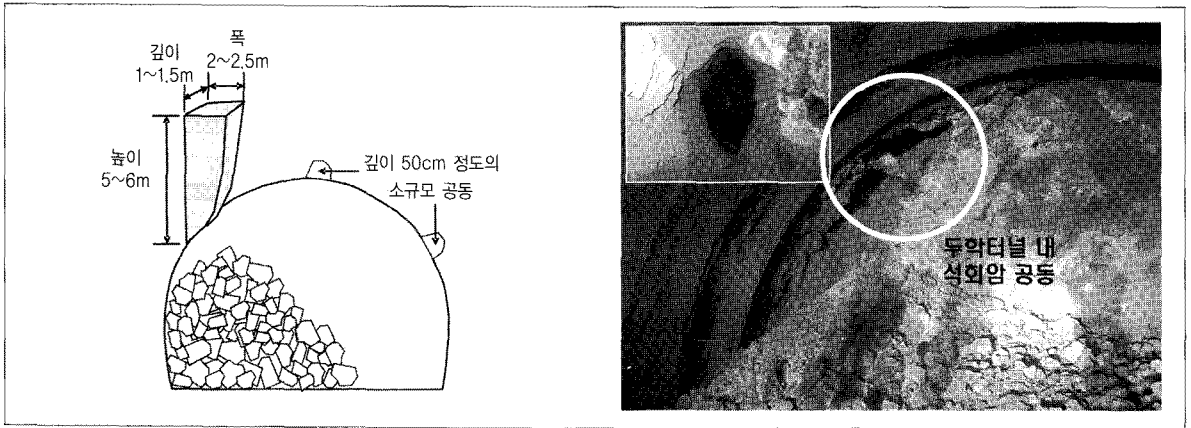


그림 5. 두학터널 석회암 공동(STA.5K+737)

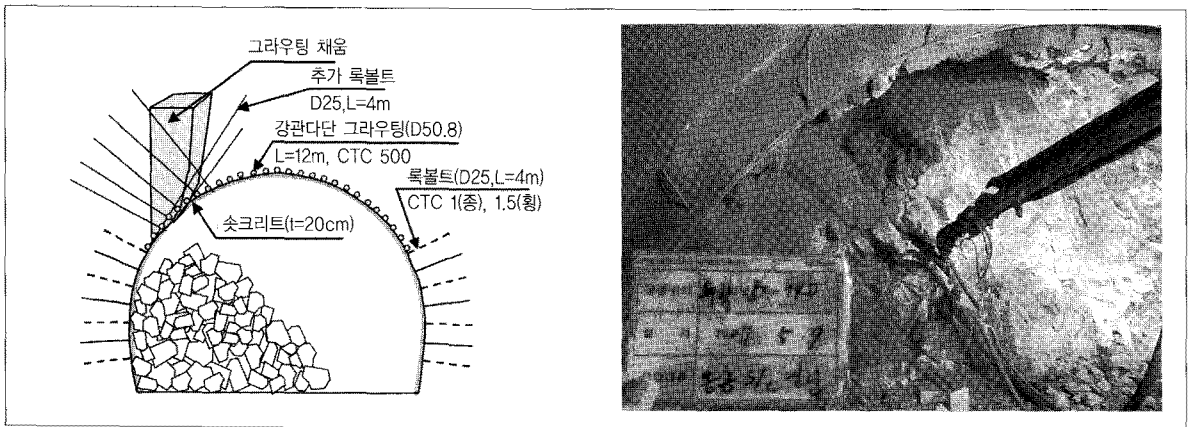


그림 6. 두학터널 석회암 공동 보강

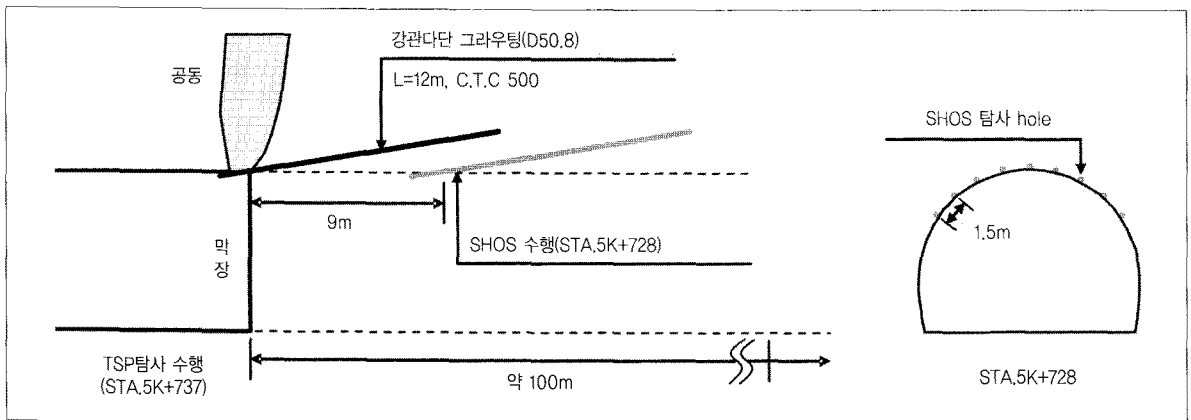


그림 7. 석회암 공동 보강 및 조사 모식도

로 공동을 완전히 충전하였다. 또한, 공동인근 터널의 아칭영역 형성을 위하여 강관다단 그라우팅(D=50.8mm, L=12m, C.T.C 500mm)을 실시하였다.

또한, 막장전방의 지반을 파악하기 위하여 그림 7과 같이 TSP(Tunnel Seismic Prediction) 탐사를 실시하여 약 100m의 잔여굴착 구간에 대한 암질 및 공동 존재여부를 파악하였고 석회암 공동에 대한 정밀한 탐사를 위하여 1.5m 간격으로 SHOS (Slim Hole Optical Scanner) 탐사를 실시하였다. 탐사결과, 추가의 석회암 공동이 존재하지 않음을 확인한 후 석회암 공동 구간에 대한 굴착을 재개하였다.

5. 맺음말

태백선 제천~쌍용 1공구는 우리나라의 대표적인 석회암 지역을 관통하는 복선철도 건설공사로서 석회암 지대를 사전에 완벽히 조사하는 것이 현실적으로 어려웠으며, 실제로 공사 수행 중 천층 지반에서 석회암 공동이 출현하였다. 석회암 공동의 보강에는 시멘트 밀크 그라우팅 채움과 강관다단 그라우팅 보강을 실시하여, 공동부분을 채우고 추가로 강관을 이용해 보강함으로써 원지반의 강도를 최대로 이용하는 NATM 설계개념에 부합하도록 하였다. 또한, TSP 탐사와 SHOS 탐사를 실시하여 추가의 공동여부를 파악하였다. 현재까지 석회암 공동구간은 안전하게 굴착하는 중이며, 추후에 발견될 수 있는 공동에 대하여 주의하며 굴착을 진행하고 있다.