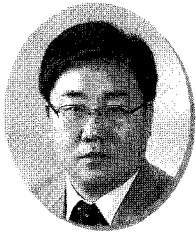


호남고속철도 제1-2공구 노반신설 기타공사 현장



이승복
삼성물산(주) 토목기술실
지하토목팀 부장



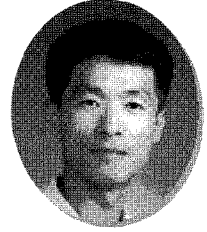
류주열
삼성물산(주) 토목기술실
지하토목팀 대리



장석부
삼성물산(주) 토목기술실
지하토목팀 부장



박두성
삼성물산(주) 호남고철
제1-2공구 현장소장



박점철
삼성물산(주) 호남고철
제1-2공구 공사과장

1. 개요

호남고속철도는 경부고속철도와 더불어 우리나라의 양대 기간망으로서 국토의 균형발전을 위한 통합 국가교통체계를 구축하기 위해 계획되었다. 이 중 호남고속철도 제1-2공구는 충북 청원군 강내면 저산리~충남 연기군 금남면 황룡리 일원을 통과하는 약 10km 구간으로써 현재 시공중이다.

당 구간의 시설규모는 토공(1,487m), 교량(3개소,

터널(3개소, 6,207m)로 구성되어 있다(그림 1 참조). 이 중 갈산터널은 당초 교량이었으나 소음, 생활권 분리 등의 민원을 반영하여 터널로 지하화한 구간이다. 갈산터널은 중부권 복합화물터널, 도로, 철도 등의 많은 구조물을 근접 통과하고 하천이 근접하며 저토피 구간이 많아 NATM, PRM(Pipe Roof Method) NATM, 일반 개착, 카린시안 공법 등의 다양한 터널공법이 적용되었다. 따라서 본 고에서는 갈산터널에 계획된 특수한 공법에 대하여 소개하고자 한다.

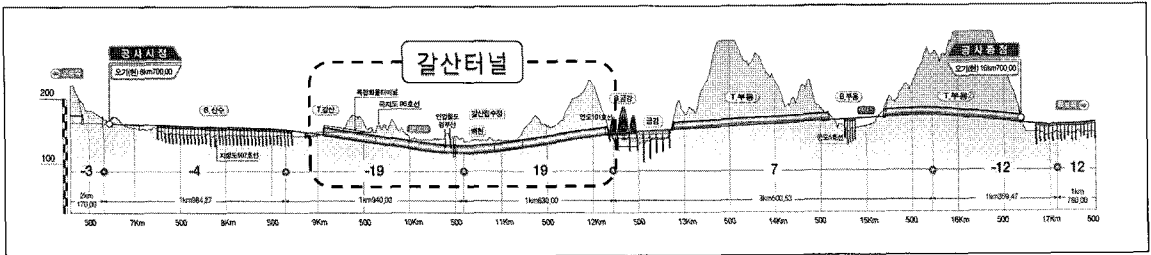


그림 1. 과업현황 종단면도

2. 현장개요 및 주요 고려사항

간에 대하여 설명한다.

2.1 갈산터널 개요

갈산터널 현황은 그림 2와 같고 각 주요구간은 표 1과 같이 9구간으로 구분된다.

2.2 현장 지질 특성

과업지역은 지체구조상 풍암-음성공주단층대와 영동 단층대 사이에 분포하며, 2차 단열대의 영향권에 속한다. 당 현장의 전체적인 분포암종은 선캠브리아기 편암류, 쥐라기 심성암류, 백악기 암맥류, 그리고 제4기 충적층이며 노선일대의 주암종으로는 흑운모편암, 반상화강암, 흑운모화강암이며, 갈산터널의 지질 및 지반 특성은 주요 구

2.3 갈산터널 주요구간별 고려사항

- (1) 개착터널 구간은 육상부와 하천부로 구분하여 상부 토피와 수압을 적용하여 단면을 결정하였으며 육상부의 중간개착 및 역구배구간과 같이 측구배수가 곤란한 구간은 토피와 수압을 고려한 단면 계획
- (2) 중부권 복합화물터미널과 백천 및 농경지를 통과하는 구간은 안전하며 경제적인 가시설 및 차수공법 계획
- (3) 중부내륙인입철도(2008. 12 준공)와 경부선(현재 공용중) 노반 하부 구간은 교량주변 보강, 지반보강 및 특수공법(PRM 공법)을 통하여 굴착터널로 하부를 통과하도록 계획

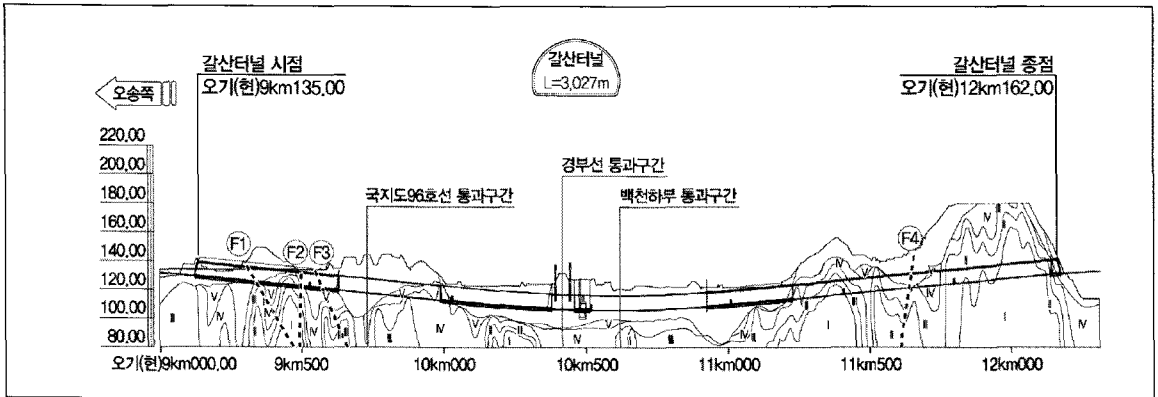


그림 2. 갈산터널 구간별 현황도

표 1. 갈산터널 구간별 주요현황 및 공법

구분	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간	6구간	7구간	8구간	9구간
공법	개착터널	개착터널	굴착터널	개착터널	굴착터널	개착터널	개착터널	개착터널	굴착터널
위치	9km135 ~9km300	9km300 ~9km630	9km630 ~9km990	9km990 ~10km380	10km380 ~10km460	10km460 ~10km515	10km515 ~10km925	10km925 ~11km230	11km230 ~12km142
주요 현황	중부권 복합 화물터미널 인접통과	중부권 복합 화물터미널 하부통과	국지도 96호선 및 산지부 통과	논지 하부통과	중부내륙 인입 철도 및 경부 선 하부통과	집수정 설치	지방도 591호 및 백천 하부 통과	논지 하부통과	산지부 통과
시공 방법	경사굴착	가시설 (+ pile+토류판)	NATM	경사굴착 (차 수공)	PRM NATM	가시설 (+ pile+토류판)	카린시안 공법	경사굴착 (차수 공)	NATM



(4) 백천하부 구간은 물길유지를 위하여 가축도를 이용한 1, 2차 단계별 시공을 계획하고, 부분개착 후 굴착하는 카린시안 공법을 적용하여 갈수기(8개월)내에 공기 확보가 가능하도록 계획

3. 터널설계 및 시공

3.1 농경지 하부 통과구간(4구간, 8구간)

오기(현)9km990~10km380(L=390m), 10km925~11km230(L=305m) 구간에서 농경지 하부 저토피 구간을 통과하므로 토피를 고려하여 개착터널공법으로 계획하였다.

(1) 4구간 지층현황

터널 천정부까지의 토피는 약 1.7~7.6m로 형성되어 있고, 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암의 순으로 구성되어 있으며 터널 심도의 지반은 풍화토 및 풍화암으로 형성되어 있다.

(2) 8구간 지층현황

농경지 하부 구간(8구간)은 터널 천정부까지의 토피는 약 0.0~3.5m로 형성되어 있고, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암의 순으로 구성되어 있으며 터널 심도의 지반은 풍화토 및 풍화암으로 형성되어 있다.

(3) 통과방안

굴착계획으로 Open Cut + 차수공을 적용하였으며, 주변 농경지 지하수위의 저하방지를 위해 사면 끝단부에서 Sheet Pile 차수벽 설치하였다. 개착터널은 기초지반과 성토 높이를 고려하여 단면두께를 t=800, 850, 900mm로 차등 적용하였다. 표 2에 차수공 계획도와 현장 시공 전경을 나타냈다.

3.2 중부내륙인입철도 및 경부선 통과구간(5구간)

갈산터널 중간부 오기(현)10km380~460(L=80.0m) 구간에 경부선 노반과 중부내륙화물터미널 인입철도 교량(백천고가)이 위치한다. 그 하부로 갈산터널이 위치하여 실시설계시에는 교각기초 보강공법으로 지상초고속분사공법과 비개착공법인 DSM 및 대구경보강 그라우팅으로 계획되어 있었으나 DSM뿐 아니라 TRcM, PRM을 비교·검토하여 최적의 공법을 선정하였다.

(1) 지층 및 지반현황

평지구간으로 하천지대를 인접하여 통과하며 지하수위는 G.L.-4.5~-6.3m로 터널구간 상부에 위치한다. 기반암은 반상화강암이며, 터널은 풍화대가 발달한 풍화토, 풍화암 구간에 위치하며 시추조사 결과 토사층이 12m 심도까지 형성되어 있고, 풍화암층이 32m 심도까지 형성되

표 2. 농경지 하부 통과구간 계획도 및 시공 전경

구분	차수공 계획도	시공 전경
개요도		

어 지반조건이 불량한 상황이었다.

(2) 주요 고려사항

본 구간은 경부선 노반 및 중부내륙인입철도 교각(백천교가) 하부에 터널이 위치하며, 백천이 인접해 있고 풍화대가 폭넓게 분포하고 있다. 따라서 터널의 안정뿐만 아니라 상부 교량 및 경부선 노반의 안정성 등을 고려하여야 되었다. 주요 고려사항은 표 3과 같다.

(3) 통과공법 비교·검토 및 공법 선정

경부선 노반과 중부내륙화물터미널 인입철도 교량(백천교가) 하부 터널 굴착계획에 대하여 DSM, PRM, TRCM을 비교·검토하여 최적의 공법을 선정하였다(표 4).

경부선 노반과 중부내륙화물터미널 인입철도 교량(백천교가) 하부 터널 굴착공법 검토결과와 지하수 유입 대응성과 안정성 등에서 유리한 중구경 강관 추진공법(PRM)을 적용하였다.

표 3. 5구간 주요 고려사항

구분	현황	문제점	고려사항
백천교가	<ul style="list-style-type: none"> 교량기초 선단과 터널 근접 터널 측벽과 일부 기초피일이 동일 수직선상에 위치 	<ul style="list-style-type: none"> 터널굴착시 상부교량 전체가 침하영향권일 가능성 있으므로 전체적 보강 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 막장 및 상부지반 이동으로 인한 상부 교각 및 경부선 노반 침하 발생 최소화
경부선 노반	<ul style="list-style-type: none"> 성토노반과 토사층이 터널 전단에 형성 	<ul style="list-style-type: none"> 운영중 철도 지반침하에 대한 안정성 확보 필요 	
터널굴착시 주변지반 안정성	<ul style="list-style-type: none"> 교량기초피일 단부가 풍화암층 1~2m 까지 근접 터널이 풍화암층에 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 지반 자립성 부족으로 인한 붕괴우려 및 다량의 지하수 유입 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 지하수 유출을 고려할 수 있는 차수 등의 대체가 가능한 공법 선정
기타	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 지층의 복합지반(지반조건 변화 가능) 터널굴착시 많은 보강 예상 	<ul style="list-style-type: none"> 지반변화 대응성 및 터널과 지상구조물 안정성 확보 및 경제성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 지반상태 확인이 가능한 굴착공법 및 경제성·안정성 확보 가능한 공법 선정

표 4. 경부선 및 인입철도 하부 터널 굴착 공법 비교·검토

구분	DSM	PRM	TRCM
개요도			
특징	<ul style="list-style-type: none"> DSM+대구경보강 그라우팅 ⇒ 막장 개방형 굴착 침하 과다 지하수 유입 대응성 취약 선행굴착 Side-Lot의 과다 굴착 	<ul style="list-style-type: none"> 중구경 강관추진(φ800 : 세미셴드) ⇒ 침하 최소화·안정성 우수 강관사이 그라우팅으로 지하수 유입 대응성 우수 다음 굴착공정 접속부와의 이질감이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 기존말뚝 간섭에 따른 백천교가 기초 불안정 및 침하과다 강관 추진중 지하수 유입 대응성 취약 다음 굴착공정 접속부에 대한 대책이 필요
적용		◎	



중부내륙인입철도 교량(백천교가) 기초 안정화 대책 공법도 초고압분사공법(RJP), RCD 파일 보강 및 기초부 확대공법, 마이크로파일 보강을 비교·검토하여 풍화암 구간에 시공이 가능하고 침하를 최소화 할 수 있는 RCD 파일 보강 및 기초부 확대공법을 적용하였다.

3.3 지방도 591호선 및 백천 하부 통과구간 (7구간)

7구간은 지방도 591호선 및 백천구간을 통과하는 구간으로 풍화대 심도가 깊고 터널 종단 심도가 낮아 일반적인 NATM 공법 적용시 터널 안정성 확보가 곤란하므로 저토피를 고려한 터널 공법의 적용이 필요하다. 또한, 백천구간은 하천 하부에서 이루어지는 공사 특성상 갈수기(10월~5월) 내에 공사가 완료되어야 하며 공사중에도 하

천의 흐름이 유지될 수 있도록 단계별 시공계획을 수립하여야 한다.

따라서, 지반조건이 불량한 저토피 구간에서의 터널 안정성 확보가 가능하며, 개착구간의 최소화로 백천구간의 갈수기내(10월~5월) 개착부 공사 완료가 가능한 카린시안 공법을 적용하였다.

(1) 카린시안 공법개요

저토피 구간의 터널 통과시 터널 상부토피를 먼저 굴착하고 크라운 아치(Crown Arch) 콘크리트 구조물을 시공한 다음 되메움을 실시한 후 터널을 굴착하는 공법으로 기존 개착공법의 사면 과다절취와 보강공법의 고비용 문제를 해결하고 터널 굴착시 상부토피의 붕괴를 방지하는 저토피 구간에서의 반개착 터널 공법이다.

터널 천단부 토피확보가 불가하여 통상적 굴착터널의 적용이 곤란한 구간, 주변여건(도로, 하천 등)에 의하여 완전개착 시공이 불가능한 구간, 터널중간 계곡부 등 대형장비 진입이 곤란한 구간, 개착으로 인한 자연 훼손 문제가 심각하게 발생하는 구간 등에 적용하는 것이 유리하다.

(2) 카린시안 공법 적용성 검토

적용사례, 공기 및 차수대책 등을 종합적으로 검토하

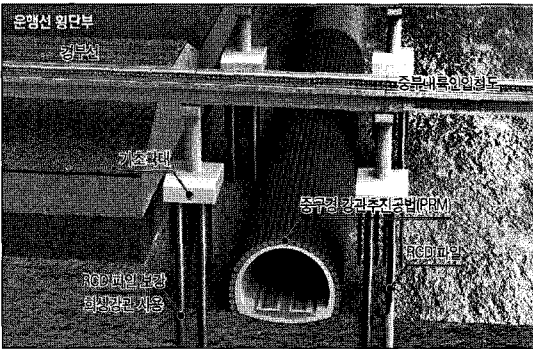


그림 3. 경부선 및 인입철도 하부 터널 굴착 계획

표 5. 카린시안 공법 적용사례

구분	국내사례	해외사례
개요도		
사례	<ul style="list-style-type: none"> 전라선 1공구(해룡터널) 계곡부 중앙선 3공구(월문터널) 계곡부 	<ul style="list-style-type: none"> NeuenBerg Tunnel 신칸센 아에히라 터널

표 6. 공기 및 차수대책 검토

구분	국내사례	해외사례															
개요도	<table border="1"> <thead> <tr> <th>공종</th> <th>2010</th> <th>2011</th> <th>2012</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>원안</td> <td>가시설 1단계 PC개착</td> <td>1단계 가시설</td> <td>2단계 가시설</td> <td>· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 11개월</td> </tr> <tr> <td>대안</td> <td>가시설 1단계 터널굴착 라이닝</td> <td>1단계 터널굴착</td> <td>2단계 터널굴착</td> <td>· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 5.5개월 · 터널굴착: 12개월</td> </tr> </tbody> </table>	공종	2010	2011	2012	비고	원안	가시설 1단계 PC개착	1단계 가시설	2단계 가시설	· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 11개월	대안	가시설 1단계 터널굴착 라이닝	1단계 터널굴착	2단계 터널굴착	· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 5.5개월 · 터널굴착: 12개월	
공종	2010	2011	2012	비고													
원안	가시설 1단계 PC개착	1단계 가시설	2단계 가시설	· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 11개월													
대안	가시설 1단계 터널굴착 라이닝	1단계 터널굴착	2단계 터널굴착	· 1단계: 6.5개월 · 2단계: 5.5개월 · 터널굴착: 12개월													
사례	<ul style="list-style-type: none"> · 카린시안 공법(대안공법) ⇒ 부분개착으로 갈수기내 갈산터널 개착부 공기 확보가 가능함 · 본선터널 굴착은 외부 기상 조건의 영향을 받지 않으므로 우기시에도 공사가 가능하여 공기에 영향이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> · 아치슬래브 표면에 벤토나이트 슈트를 부착하여 방수층 형성 · 공사중 슈트파일을 이용한 차수 계획 및 되메우기시 매물로 터널 굴착중 차수효과 기대 · 수리수문분석을 통한 가축도 계획 수립 · 공사중 필요시는 차수그라우팅 수행 															

여 본 구간에서의 카린시안 적용성을 검토하였다. 표 5에 적용사례, 표 6에 공기 및 차수대책 검토결과를 나타냈다.

카린시안 공법에 의한 터널 굴착시 아치 슬래브와 터널의 안정성 확보에 대한 대책을 마련하여 카린시안 공법의 적정성을 확보하였다. 아치슬래브 보강대책으로 기초의 저판 확대로 지지력을 확보하고 필요시 강관보강 그라우팅 및 기초콘크리트(t=10cm)보강으로 지지력을 추가적으로 확보했다. 본선터널을 1m씩 단계별 굴착 후, 즉시 격자지보 시공 및 숏크리트, 록볼트 시공으로 본선터널의 안정성을 확보하였으며, 아치슬래브에 의해 굴착중 천단 침하를 최소화했다.

4. 맺음말

본 고에서는 현재 시공중인 호남고속철도 제1-2공구 현장 중 갈산터널의 특수 굴착공법에 대해 소개하였다.

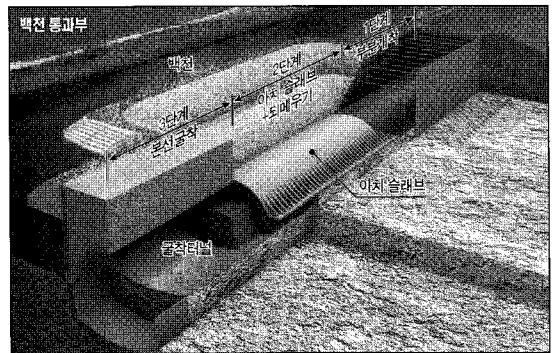


그림 4. 지방도 591호선 및 백천 하부 통과구간 공법

짧은 지면으로 각 공법에 대한 상세한 내용을 소개하지는 못하였지만 인접된 구조물이 다수 존재하는 당 현장은 각각의 공법으로 현재 순조롭게 공사를 진행중이다. 앞으로도 계측관리 등 인접구조물 및 터널의 안정성을 확보하며 공사를 마무리 할 계획이다.

마지막으로 여기에서 소개된 PRM, 카린시안 공법 등이 유사한 현장에서 도움이 되길 기대한다.