

원주~강릉간 초장대 철도터널 설계사례

김선홍, 문연오, 김기림 ((주)유신)
박연준 (수원대학교), 이정기 (수원대학교 박사과정)

1. 서론

원주~강릉간 철도건설사업중 대관령 구간을 통과하는 초장대터널인 대관령터널(L = 21.755 km)은 국내 최장대터널로 평창동계올림픽 개최전 개통을 위한 공기단축, 환기·방재부분의 최적시스템 도입, 청정 산악구간의 환경피해 예방을 고려한 친환경 설계 및 경제성 확보에 설계주안점을 두어 실시설계가 이루어 졌다.

따라서 본 논문에서는 대관령 터널계획에 대하여 상기의 설계주안점을 중심으로 기본설계와 비교하여 소개하고자 한다.

2. 현장여건

대관령 터널은 대관령을 통과하는 지형조건에 의하여 연장 약 21,755m의 초장대 터널로 기본설계시 단선병렬 TBM 형식으로 계획되었으나, 실시설계시 공기, 경제성 및 방재 안전성 등을 고려하여 경사터널 3개소를 포함한 복선 NATM 형식 터널로 변경하여 계획하였다. 과업지역은 지형학적으로 중년기 양상의 험준한 산악지대 내 하천이 발달한 지형으로 오대천과 월정천이 노선과 인접하여 북동에서 남서방향으로 흐르고 있으며, 옥천습곡대를 따라 NE 방향의 단층이 오대천을 따라 발달되어 있다. 기반암은 주라기 화강암류의 흑운모화강암과 반상화강암이 넓게 분포하고 국부적으로 규장암이 EW 방향으로 발달되어 있다.

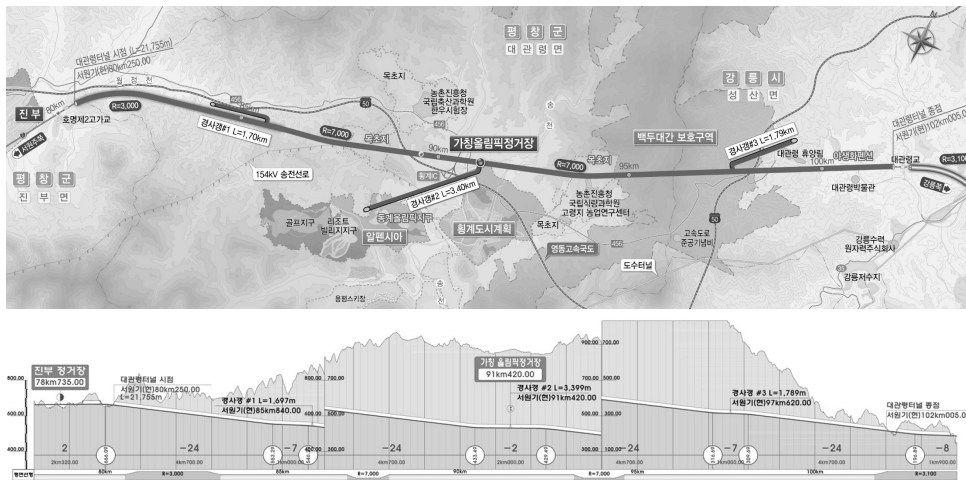


그림 1. 대관령 터널 현황도

3. 주요검토사항

3.1 터널 형식 및 단면 검토

대관령 터널은 기본설계에서는(2006.12) 설계속도 200km/h의 일반철도터널로써 초장대 터널에 적합한 환기방재 성능을 확보하기 위하여 단선병렬단면형식을 채택, 신호장 구간의 구난역 기능 부여, 원활한 제연을 위한 3개의 환기구설치 등을 계획하였으며, 양호하고 균질한 암반조건과 TBM 적용에 경제성이 충분한 터널연장이 확보되어 TBM 굴착방법을 적용하였다. 이후 민자 적격성 검토(국토해양부, 2007) 및 타당성 재검증 단계에서 공사비 절감, 공사기간 단축 및 열차고속화에 유리한 복선터널형식으로 변경되었으며, 실시설계에서 시설규모(최소), 공중단순, 공기단축, 비용절감, 환기방재시설 성능 및 시공 Risk 최소화 등 시공효율성 및 경제성을 전반적으로 만족하는 복선터널 NATM 공법으로 결정하였다.

터널단면은 건축한계뿐만 아니라 궤도중심 간격 및 전차선 높이, 공동구 규모 등 시스템분야 인터페이스 조건과 이명감, 미기압 등의 공기역학 등을 고려하여 결정하였으며, 2011년 4월 감사원 지적사항인 공동구 보도면의 상향 조정을 통하여 터널 하부굴착면과 배수구 바닥면과의 단차를 제거한 “굴착면 일체식 단면”을 반영하여 본선 표준단면을 결정하였다.

또한, 경제성 확보 및 시공성 향상을 위하여 일반구간, 에어조인트구간, 에어섹션구간을 구분하여 터널단면을 계획하였으며 에어섹션구간은 경사터널과 본선터널 접속부의 확폭단면과 통합하여 적용하였다.

표 1. 터널 단면형식 검토

구 분	기본설계-단선병렬(TBM : Ø9.6m)	실시설계-복선터널(NATM)
터널 개요도		
설계 기준	<ul style="list-style-type: none"> · 설계속도 : 200km/h · 운행차량 : 새마을, 무궁화, 화물 	<ul style="list-style-type: none"> · 설계속도 : 250km/h · 운행차량 : EMU, KTX II
시설물 현황	<ul style="list-style-type: none"> · 구난신호장 : 1개소 · 교차통로(본선/신호장) : 60/20개소 · 수직구 : 3개소 · 변전설비(SP,SSP) 수직구내 설치 	<ul style="list-style-type: none"> · 가칭 올림픽 정거장 : 1개소 (구난역 기능 수행) · 구난대피용 경사터널 : 3개소 · 변전설비(SP,SSP) 경사터널내 설치
터널 형식		
	· 단선병렬(내공단면 47.31 m ² × 2EA) TBM 터널 형식	· 복선(일반철도 내공단면적 66.12 m ²) NATM 터널형식

3.2 공기단축방안

대관령 터널은 초장대터널로 계획단계에서 예상치 못한 지반의 불확실성 등으로 인한 기술적인 측면과 민원, 환경 등의 사회적인 측면에 의해 노반공사 공기가 길어질 수 있는 위험요소를 갖고 있다. 따라서 이러한 불확실성에 대한 대비책으로 터널 굴착·콘크리트 라이닝 병행시공 공법, 터널내 건설장비조합 최적화, 장공발파 등 공기단축계획을 수립하였다.

터널 굴착·콘크리트 라이닝 병행시공 공법은 그림 2와 같이 발파진동영향에 의한 타설중인 콘크리트의 안정성 확보를 위하여 굴착부 막장과 라이닝에 일정한 이격거리를 두고 굴착 및 지보공과 라이닝을 동시에 시공하는 방법으로 경주-감포 2 국도건설공사, 경부고속철도 금정터널 등 다수의 장대터널에서 적용사례가 있으며 대관령 터널구간 적용시 약 10개월의 공기단축효과가 있는 것으로 검토되었다.

또한, 그림 3과 같이 4-Boom 점보드릴, 대용량 3.5m³ 페이로더 및 25 ton 덤프트럭을 적용한 터널내 건설장비조합 최적화와 암질이 양호한 지보패턴 적용구간에서 1회굴진장을 증대시켜 굴진 속도 향상시키는 장공발파공법 적용을 통하여 공기단축이 가능한 것으로 검토되었다.

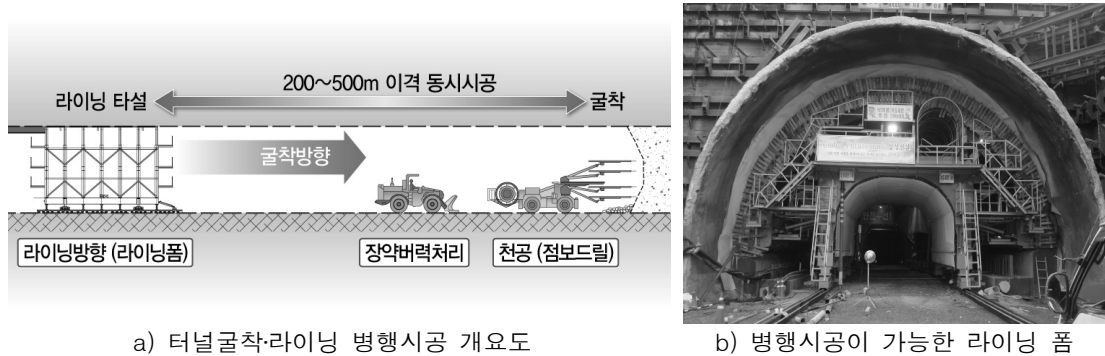


그림 2. 터널굴착·콘크리트 라이닝 병행시공 공법

유사시의 공기만회대책으로는 경사터널 분기를 계획하였다. 경사터널 분기계획은 대관령 터널 구간 지형특성상 경사터널 설치위치가 제한되어 있고 연장이 길어 그림 3과 같이 기존의 경사터널을 분기하여 터널시공개소를 증설시키는 계획으로 약 9개월의 공기단축효과 발생 및 대피통로 추가 확보로 방재대피기능이 향상되는 것으로 검토되었다.



그림 3. 건설장비조합 최적화

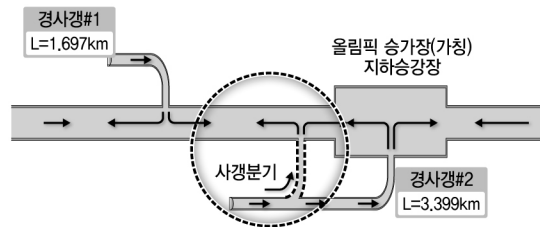


그림 4. 경사터널 분기계획

3.3 환기방재 검토

기본설계시에는 방재기준 미정립에 의한 고속철도기준(2005)적용으로 터널연장별 방재시설물 설치하여 과다방재설계 및 합리적인 방재설계의 신뢰성이 미흡하였으나, 실시설계시 “철도시설 안전기준에 관한 규칙, 2011” 및 “철도시설안전세부기준, 2011”적용으로 QRA를 통한 적정수준의 합리적인 방재시설을 계획하여 정량적, 객관적 방재설계 및 설계신뢰성을 확보하였다.

표 2. 방재시설 계획

구분	기본설계	실시설계	검토결과
터널현황	<p>대관령신호장 수직구#1 (L=190m) 수직구#2 (L=430m) 수직구#3 (L=90m) 5,085 6,660 8,340 3,860 21,895m</p>	<p>방재구난지역(5개소) --- 경외 대피동선 사경 대피통로#1 올림픽 정거장 사경 대피통로#3 사경 대피통로#2 5,590 5,580 6,200 4,385 21,755m</p>	<p>Frequency of N or more Fatalities 0.1 0.01 1E-3 1E-4 1E-5 1E-6 1E-7 1E-8 1E-9 1 10 100 1000 10000 Number of Fatalities N Unacceptable 실시설계(복선터널) 기본설계(단선명림) Acceptable ALARP (PHI)</p>
대피로	폭 1.5m 편측설치	폭 0.8m 양측 설치	실시설계시 사회적 위험기준을 만족하면서 방재비용 절감 가능
대피통로	350m 간격의 교차통로 설치	경사터널 대피통로 3개소 설치	
배연설비	수직구 환기소 3개소(화재강도10MW)	경사터널 환기소 3개소(화재강도15MW)	
기타	연결송수관 전연장 적용	본선/경사터널 안전지역 3개소	

환기방식은 양방향으로 열차가 운행하는 복선터널에 적합하며 급배기 방식에 비하여 풍도단면적 최소화 및 운영시간 단축으로 사업비의 절감이 가능한 PUSH-PULL방식을 선정하였다.

표 3. 환기계획

기본설계(급배기 방식)	실시설계(PUSH-PULL 방식)
<p>배기 급기 배기 급기 배기 급기 환기소#1 환기소#2 환기소#3 24%</p>	<p>배기 급기 배기 급기 배기 급기 환기소#1 환기소#2 환기소#3 23%</p>
·환기소별 급기 및 배기운전을 동시에 수행	·환기소별 급기 또는 배기운전을 동시에 수행

4. 결론

본 논문은 국내 최장대터널인 대관령 터널에 대하여 평창동계올림픽 개최이전 개통을 위한 공기단축방안, 초장대터널에 대한 최적의 환기방재 시스템 계획 및 경제적인 설계방안을 설계사례를 중심으로 소개하였으며 본 고를 통하여 추후 초장대 철도터널 설계시 참고자료로 활용되기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 한국철도시설공단, 2011, 원주~강릉 철도건설 노반실시설계 보고서
2. 최원일, 최정환, 문연오, 김선홍, 유호식, 2008, 고속철도 터널의 정량적 위험도 분석(QRA)을 위한 세부기준에 관한 고찰, 한국암반공학회 제18권 제6호
3. 국토해양부, 2011, 철도시설 안전기준에 관한 규칙