

서울 남부순환 도로, 관악터널 설계

지왕률, 박성록, 황기수, 정해성, 이철수
(주)침석엔지니어링

초록

서울시에 건설될 새로운 내부 남부순환 도로는 제2 성산대교와 서쪽의 주요 고속화 도로를 연결하는 초고속 도로망을 구축할 것이다. 노선연장은 지하구조물 10.4km를 포함하여 총 34.8km에 달한다. 도로망이 완성되면 수도 서울 중심가의 심한 교통체증은 상당부분 완화될 것이다. 공사비 7000억원에 이르는 대규모의 서울 남부순환 도로는 3차선 병렬터널 3개 공구를 포함하는 것으로 계획되어졌다. 이들 터널은 3차선, 일방향, 병렬터널로서 계곡부를 관통하며 굴착공법은 대부분 발파공법으로 계획되어져 있다. 가장 긴 관악터널은 지질조건이 복잡하며 따라서, 이런 지반에 적용성이 좋은 발파공법에 의한 굴착으로 계획되어졌다. 특히, 갱구부는 지질상태가 매우 불량하여 풍화암 자연상태로 설계하는 것이 불가능하였다. 설계자들은 터널 화재와 교통사고 등과 같은 터널내에서의 긴급상황에 대한 최적의 대책 수립에 중점을 두어야만 했다. 관악 터널 상부에 위치한 수로관을 통과하는 방법을 찾는 것이 당면 최대 관건이었다. 또한, 갱구부 주변지역의 환경을 보존하고 현장의 자연적인 아름다움을 유지하기 위하여 굴착량을 최소화하는 공법선택이 중요하였다.

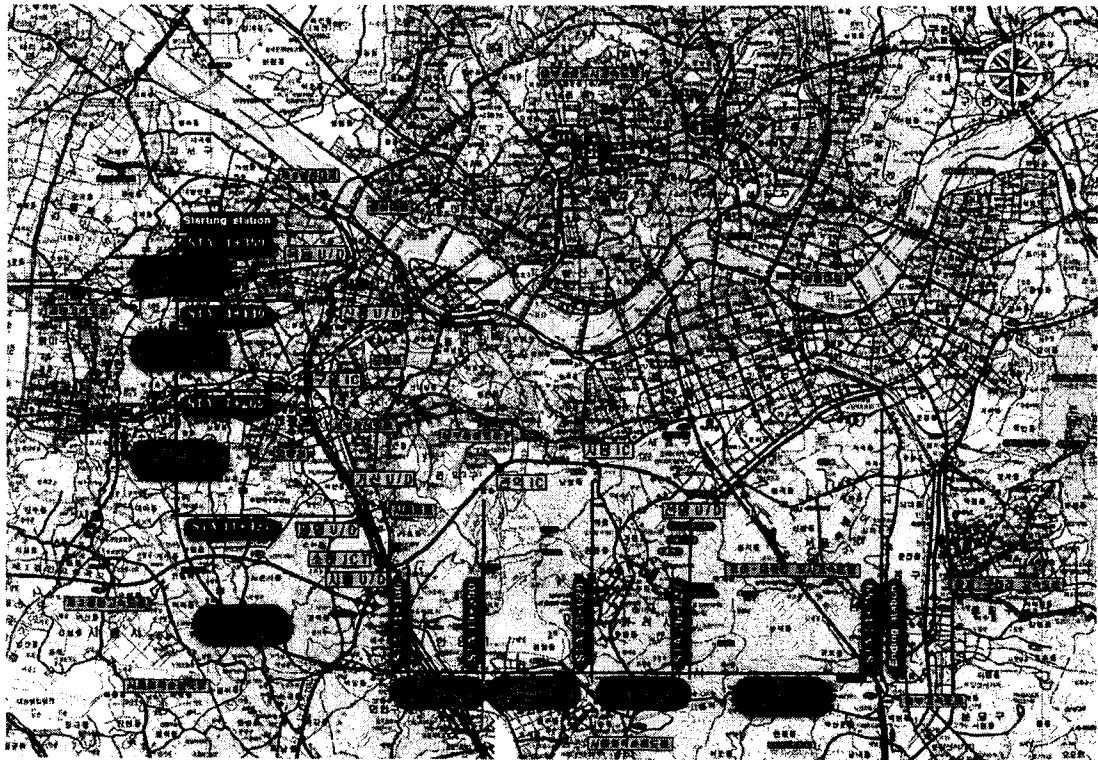


Figure 1. 서울 남부내부 순환도로에서 관악터널(5공구) 위치

1. 개 요

관악산 도시자연공원을 관통하는 새로운 관악터널은 남서울과 서쪽의 신림지역을 연결하는 내부연결망을 이루어 심각한 교통체증을 완화해 줄 것이다. 3000 억원의 대규모 공사비가 소요될 것으로 예상되는 관악터널은 3차선 병렬 터널로서 총길이 4.5km에 달한다.

터널은 지형적 악조건을 극복하고 도시의 경제적 미래운용을 위한 주요한 요소로서 평가되면서, 2008년 개통을 목적으로 제안되어졌다. 이 터널이 개통되면 서울의 서남을 가로지르는 데 필요한 소요시간을 30분 단축시켜 전체적인 교통속도를 향상시킬 수 있다. 또한 이 터널은 민자로 건설, 일정기간 운영 된 후 국가에 인도되는 사회기반시설이며 지금까지 국내에서 설계, 시공된 터널로서는 단일 최대 규모일 것이다. 터널 전노선은 울창한 산림으로 뒤덮인 경암 지반의 관악산을 관통하며 BOT 프로그램에 의해 설계되고 시공될 것이다.

2. 지반 조사

대단면 관악 터널은 도시자연공원 관악산의 경암 지반 하부를 관통한다. 따라서 지반의 지질구조, 물리적, 역학적 특성을 파악하고자 지표지질조사, 시추조사, 탄성과 탐사, 비저항 탐사, 현장시험을 포함한 다양한 지반조사가 수행되었다. 관악터널이 위치할 지반 대다수 구간의 암반은 프리캠브리아기 편마암과 화강암이며 RMR분류로는 “보통”에서 “매우 좋음”으로 분류 되어진다. 터널 대상 암반은 기본적으로 두 종류의 기반암으로 분류할 수 있는데 설계공구 전반부 지역은 프리캠브리아 편마암을 기반암으로 하며 중간 및 공구 종점부근은 프리캠브리아 화강암을 기반암으로 한다. 그리고 공구 중앙부에 단층이 존재한다. 이와 같은 조사 결과를 바탕으로 설계자들은 터널노선상의 대부분의 암반은 터널 시공과정중 주의를 요해야 하는 갱구부와 계곡부를 제외하고는 신선하고 괴상인 것으로 추정할 수 있었다.

3. 터널 갱구부 설계

관악산 도시자연공원내에서의 갱구부 설계는 산악굴착이 시작되면서 부딪힐 몇가지 주요한 문제를 내포하는 것으로 나타났다. 산악지역의 자연 지반을 최대한으로 유지 활용하는 방안, 저토피에 의한 구조적 결함, 암반내의 불연속면은 갱구부 설계에 있어서 많은 기술적 문제들을 내포하는 것이다. 그리고 지난 수십년간 증가되는 환경문제에 대한 관심이 자연환경 유지를 최대의 목적으로 하게 하였다. 유사 프로젝트에 적용된 갱구부 설계 사례를 비롯하여 터널 갱구부의 환경적, 건축학적, 경관적 측면들에 대한 다양한 방안들이 논의되어졌고 갱구부의 주변자연환경에 어울리는 경관설계에 초점이 맞춰졌다.

관악터널의 갱구부 설계를 위하여, 지질조건, 지형조건, 차량 운행, 주변 경관과의 조화, 유지관리의 편리성등이 설계 단계에서 충분히 고려되어졌다. 요금 지불을 위해 차량 속도를 줄이기 위한 요금소와 갱구부간의 최적의 거리를 유지하며, 관리사무소와 통제이트와의 편의성을 고려하여 터널 시점 위치가 선정되었다. 또한 갱구부와 관련하여 환기 시스템도 연구되었다.

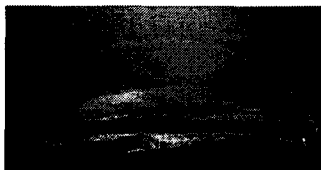
일반적으로, 갱구부 설계시 기능과 비용은 가장 중요한 요소가 되며 환경 피해 저감을 위

한 환경규제가 고려해야 하는 중요한 요소가 된다. 갱구부 사면의 절토량을 최소로 하면서 갱구부를 아름답게 설계하기 위하여 사면안정성에 대한 분석을 다각도로 수행하였다.

관악터널에서, 터널갱구부와 요금소간의 적정거리 유지를 위해 전면부에 인입테이퍼를 설치하였으며 종점부 갱구와 관악 인터체인지간의 적정 거리 유지를 위하여 속도조절 차선과 테이퍼를 설치하였다.

터널 갱구부 경관 설계는 경관설계 도입을 통한 한차원 높은 강남순환 도시고속도로의 건설, 지역의 역사, 문화, 생태계를 고려한 편리하고 아름다운 공공토목시설의 계획 및 설계, 도로에 친숙함과 풍요로움을 주어 쾌적하고 즐거운 도로 경관의 창출, 지역이미지를 반영하여 개성 있는 터널, 상징성 있는 터널 조성을 목적으로 하였으며 다음과 같은 요소들을 고려하였다.

- 조화성: 주행자 및 지역주민의 시점 고려,
주변환경과의 조화성(스카이라인과 자연스런 흐름)
- 특화성: 지역성을 통한 특화된 테마 부여, 진입, 관문적 이미지 부여로 인지성 강화
- 조형성: 구조물 심미성 및 조형성 부여,
질감, 음영, 시선 입사각 변화에 따른 외관변화 고려
- 기능성: 진출입시 시각적 위압감 최소화, 안전하고 쾌적한 도로 주행성 확보



**시골길을 걸으며
만나는
무지개를 형상화**

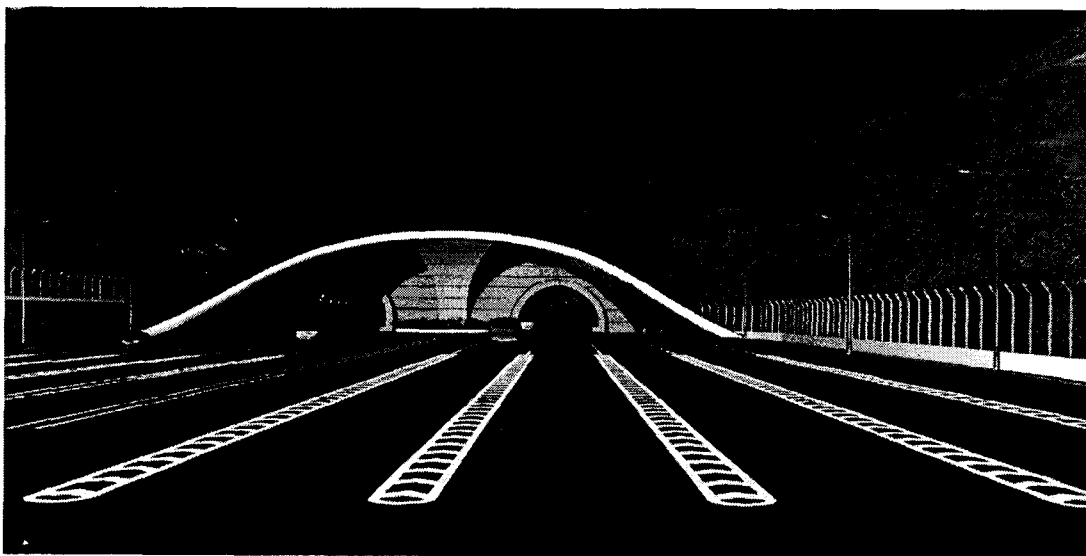


Figure 2. 관악 터널 시점 갱구부 경관설계 (1안)

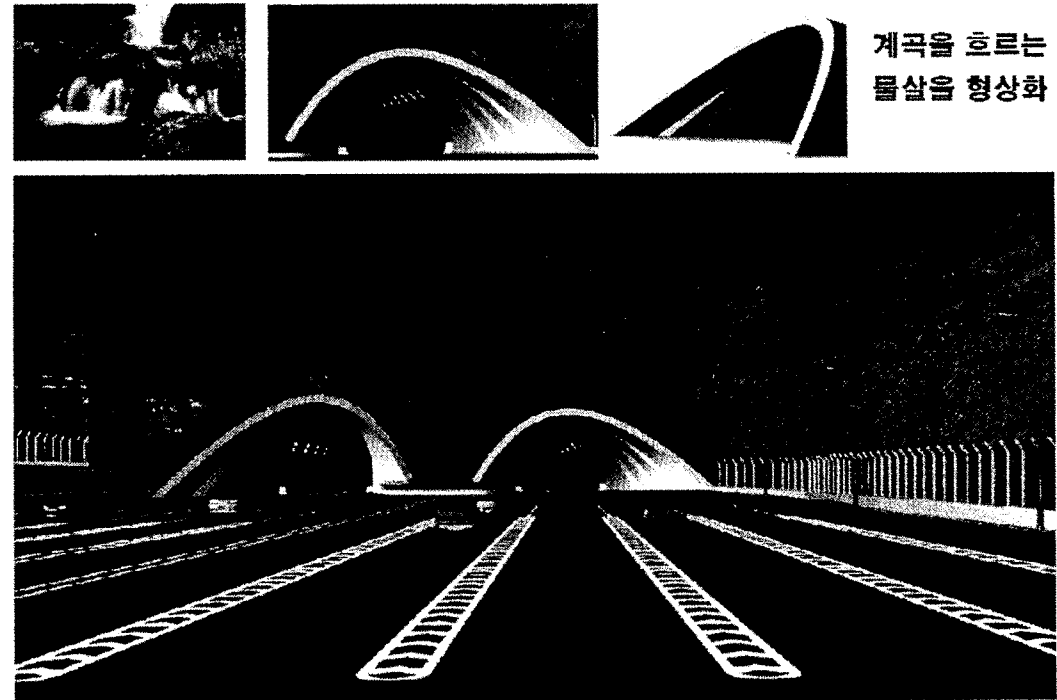


Figure 3. 관악 터널 시점 갭구부 경관설계 (2안)

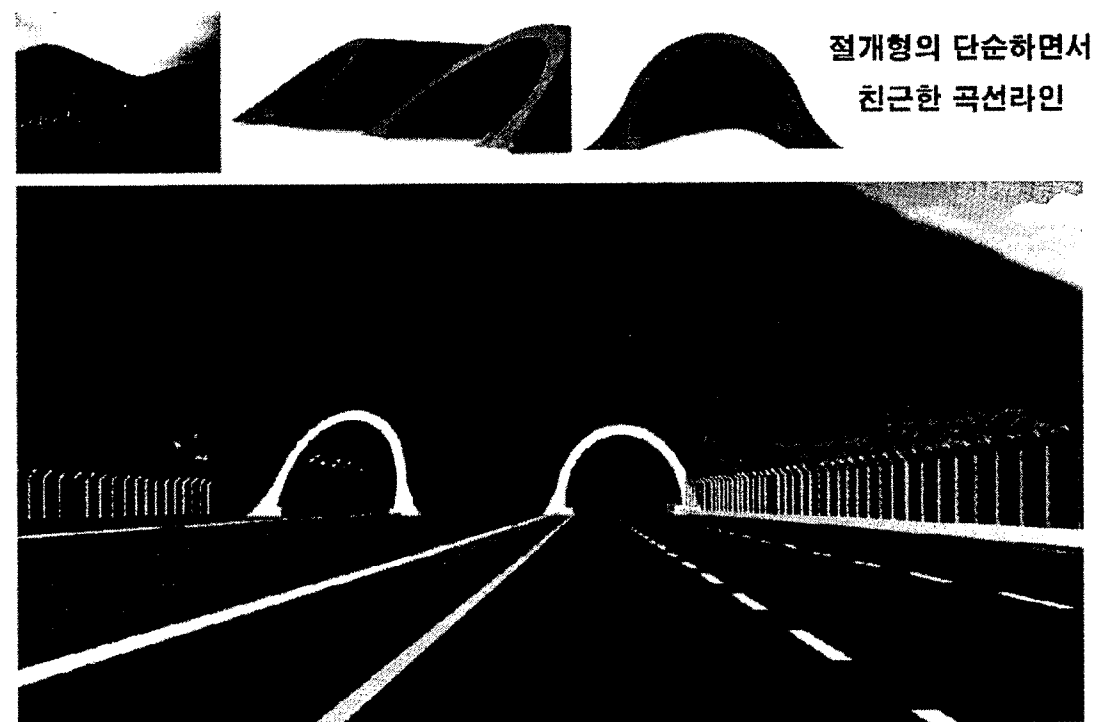


Figure 4. 관악 터널 종점 갭구부 경관설계 (1안)

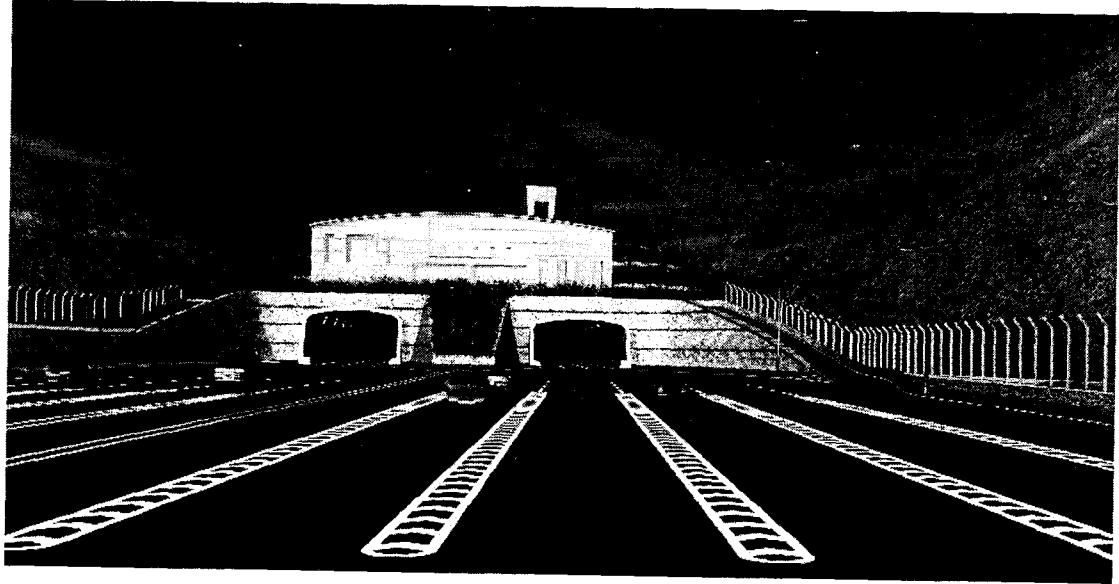
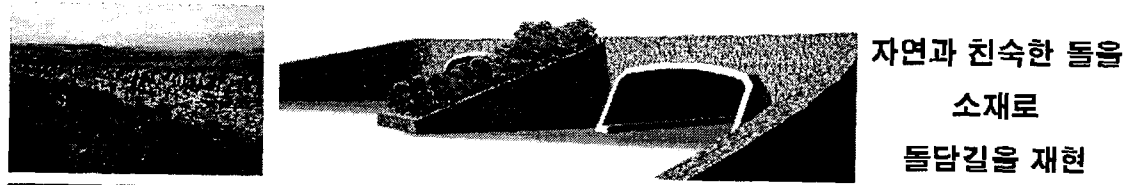


Figure 5. 관악 터널 종점 갱구부 경관설계 (2안)

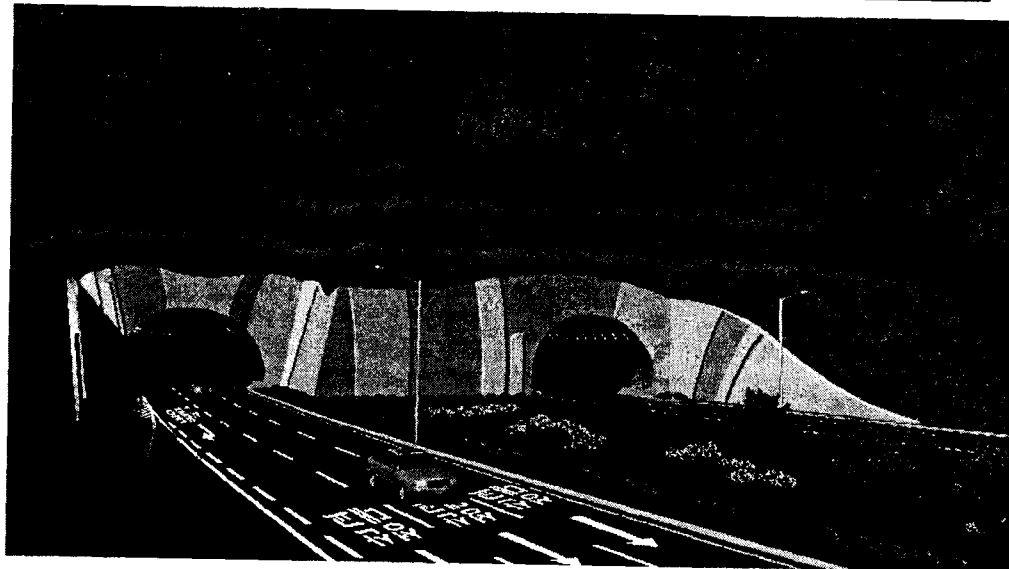


Figure 6. 신림터널 시점 갱구부 경관설계 (1안)

관악산의 산봉우리

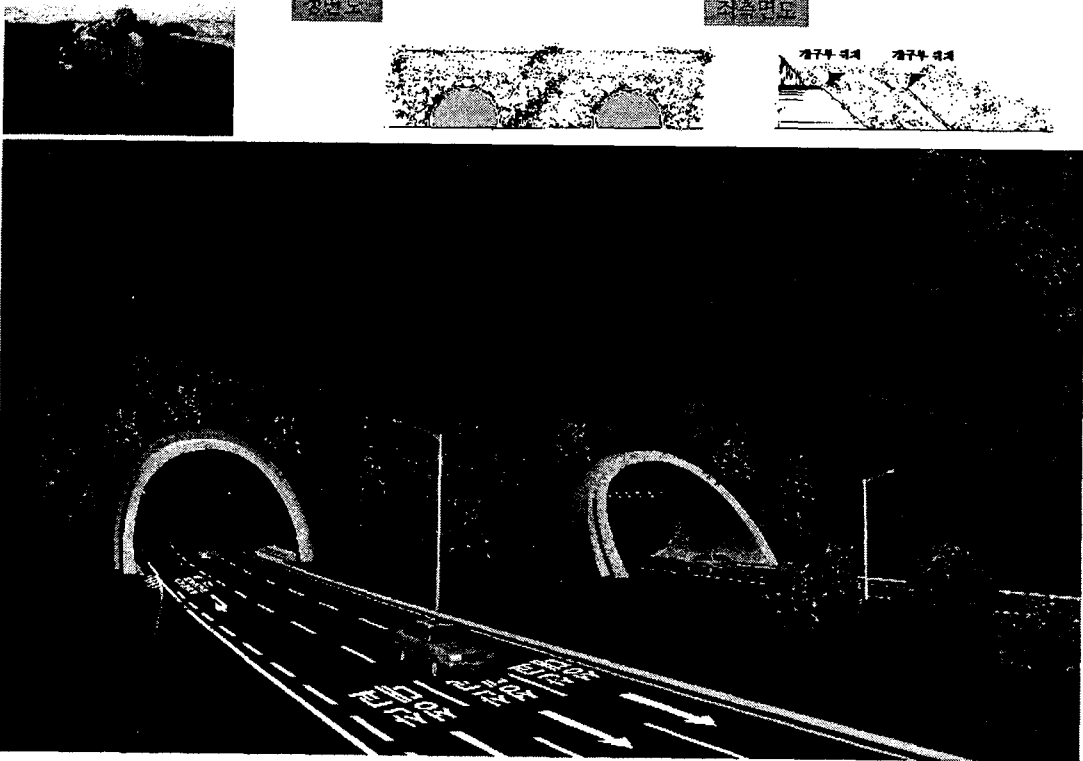


Figure 7. 신림 터널 시점 강구부 경관설계 (2안)

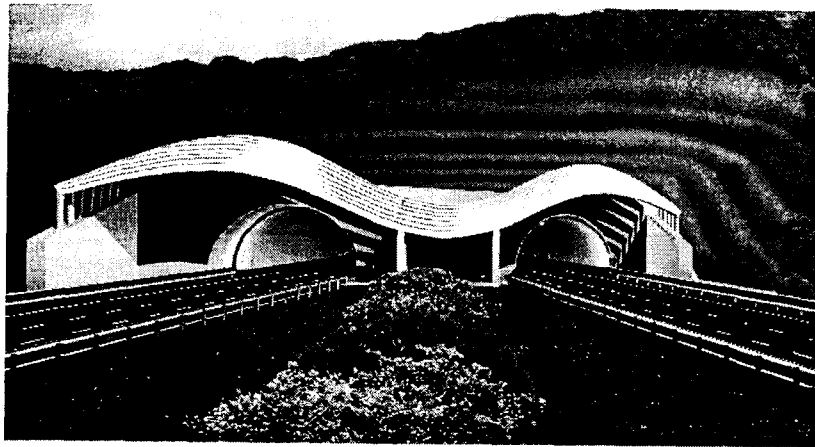
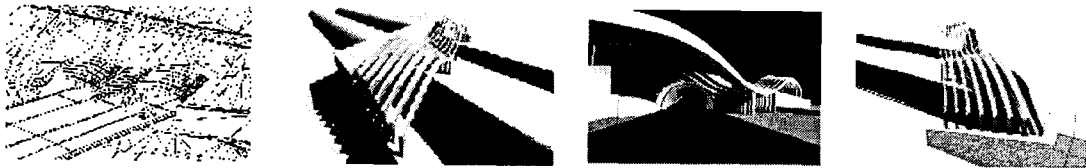


Figure 8. 서초 터널 시점 강구부 경관설계 (1안)

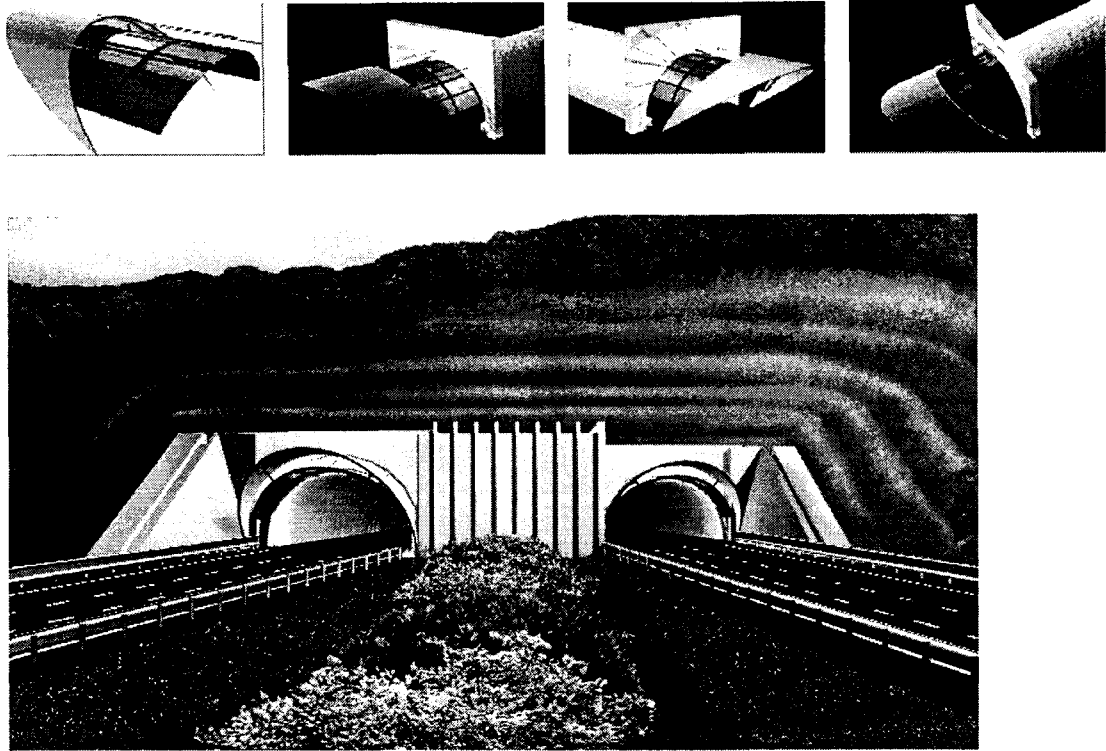


Figure 9. 서초 터널 시점 갱구부 경관설계 (2안)

4. 환기시스템

터널안전을 위한 긴급 구난 시스템은 터널 설계 초기단계에서부터 심도 있게 검토되어야 한다. 몽블랑 터널화재시 대부분의 희생자는 고온에 의해서가 아니라 질식에 의해 발생한 것으로 밝혀졌다. 따라서 CFD(Computerized Fluid Dynamics) 프로그램 시뮬레이션을 통하여 터널 화재시 연기의 거동을 심도 있게 분석하였다. 분석결과 차량 타이어, 브레이크에서 발생하는 먼지와 같은 차량 오염물질을 제거시키고 터널내에 있는 사람들에게 신선한 공기를 공급할 수 있는 환기시스템을 설계하는 것이 필요한 것으로 밝혀졌다. 환기 시스템은 화재와 같은 긴급 상황에 대처할 수 있는 충분한 용량을 갖춘 것이어야 한다. 또한 터널 화재와 교통사고 시 터널 시설물을 최대한 이용할 수 있으며 터널내부에 신선한 공기를 유지할 수 있는 시스템 설계를 위하여 노력하였다.

본 터널의 환기시스템은 수직구에 설치된 제트팬의 바람효과, 굴뚝효과를 이용한 종류식을 적용하였다. 종류식 환기 시스템은 대단면 일방향 교통터널에 적합한 형식으로서 공기는 원칙적으로 터널내부를 종 방향으로 흐른다. 이런 타입의 환기 시스템은 환기 덕트가 필요하지 않으며 시공이 매우 간단하고 경제적이기 때문에 본 장대터널에 적용된 것이다. 터널 내부에서 화재사고가 발생했을 경우, 가능한 한 신속한 진압을 위하여 장대 도로터널에서의 소방설비기준에 근거하여 스프링 쿨러를 설치하는 것으로 계획하였다. 또한 터널 내에 400m 간격으로 피난 연락갱을 설치하여 비상사태에 대비토록 하였다. 연기 배출에 필요한

최소 풍속 2.2m/sec가 터널 전구간에서 유지되도록 하였다.

5. 결론

다양한 요구조건을 만족시키기 위하여, 관악 터널은 자연 경관을 고품격화 하면서 유지관을 고려한 설계가 되도록 하였다. 또한 터널화재나 교통사고와 같은 비상사태 발생 시 희생자를 최소화 할 수 있는 긴급 구난 시스템을 적용하였다. 높은 수압을 받고 있는 기존 수로터널 하부 통과 굴착공법이 심도 있게 검토되었으며 자연 환경 보호를 위한 다양한 방안이 강구되었다. 또한 터널 시공에 따른 환경적 충격을 최소화하는 갱구부 설계가 되도록 환경적, 예술적, 경관적, 공학적 측면에서 심도 있는 검토가 수행되었다. 갱구사면의 굴착량을 최소화함으로써 자연환경을 최대한 유지하는 것이 가능하였다. 제트팬에 의해 생성된 공기가 터널 종방향으로 흐르는 종류식 환기시스템이 장대 대단면 터널인 관악터널에 적용되었다. CFD(Computerized Fluid Dynamics) 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통하여 터널내부에서 화재 발생시 연기의 거동을 분석할 수 있었으며 따라서 본 터널에 적용된 긴급 구난 가상 시나리오를 검토할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Luuk Swart, Gunnar Lötsbery, 2001, Ventilation systems and tunnel safety, Tunnel Management International, pp 14~21
2. Changwoo Lee, Hyo-Gyu Kim, 2001, On-site Application of a Vehicle Tunnel ventilation simulation. Vol 11, No.4, Journal of Korean Society for Rock Mechanics. pp 319~327
3. Headquarter of Safety & maintenance management of Metropolitan Government, Seoul, 2002, Construction of Southern express beltway in Seoul, detail design report (lot5)
4. S. Pelizza, D. Peila & L. Langella, 1988, Architectural and landscape evaluation of tunnel portals, Tunnels and Metropolices, ITA World Tunnel Congress in Brazil. pp 73~80
5. Wang Ruel JEE, (1997/June), Rock mechanical engineering to the design of underground tunnelling works at Bakun River Diversion Projects in Sarawak, Malaysia. Hydropower'97 Norway Trondheim
6. Wang Ruel JEE, (1997/October), Design of the reinforced concrete lining in Bakun Diversion Tunnels. 1st Asian Rock Mechanics Symposium, Seoul, Korea
7. Wang Ruel JEE, (1997/October), River Diversion tunnelling works of Bakun Hydroelectric Project in Sarawak, Malaysia. 1st Asian Rock Mechanics Symposium, Seoul, Korea
8. Wang Ruel Jee, Hong Young Shin, Jae Jin Choi, (June/1999), Rehabilitation of chimney cavity of river diversion tunnel, pp 713~720, Proceedings of the World Tunnel Congress'99, Oslo, Norway