

# 육십령 터널 환기 및 방재설비 설계소개

남창호(주.범창종합기술, 대표이사), 신태균(주.범창종합기술, 부장)

## 1. 머리말

육십령 고개는 경상남도 함양군 서상면과 전라북도 장수군 계면면을 잇는 26번 국도상에 있으며 옛날부터 산적이 많아 이 고개를 넘기 위해서는 많은 사람이 모여서 가지 않으면 도둑에게 당하게 된다고 하여 고개를 넘어갈 사람이 육십명이 되도록 기다려 비로소 출발할 수 있었기에 육십령이라 이름이 붙어졌다고 한다. 고개높이는 734m 정도이고, 신라때부터 군사적인 요충지로도 유명하다. 특히 터널 시점측인 전라북도 장수군에는 임진왜란 때 진주성을 함락시킨 왜군의 장수 게야무라를 꺼안고 남강으로 뛰어들어 죽게한 당대의 기생 논개의 생가가 있어 더욱 유명하다.

현재 이곳에는 대전-통영간 고속도로 건설공사가 원활히 이루어지고 있어, 앞으로 2년후 2001년 말에는 이 고개에 대망의 터널이 준공된다.

육십령터널 공사는 한신공영과 한일건설이 공동으로 건설중에 있다.

육십령터널 환기 및 방재설비 설계는 그동안 기본설계, 실시설계 및 몇차례 변경설계를 거쳐 현재 시공중에 있다.

설계는 이미 '94년 5월에 기본설계(토목은 실시설계, 기계설비는 기본설계)를 완료했고 기계설비

실시설계는 한국도로공사 시설처에서 '96년 입찰을 실시하여 그해 12월에 실시설계를 완료했다.

그후 터널시공이 시작된 후에도 터널관련 제반 법규, 기준이 변경되어 불가피하게 이에 따른 변경설계가 2회에 걸쳐 시행되었다.

최종 마무리된 설계는 굴착작업중 발견된 사갱(일제시대때 작업하다가 종료된 것으로 알려지고 있음)이 1차 변경설계시 계획된 진주방향 전기집진기 설치위치와 우연히 일치되어 전기집진기대신 수직갱으로 환기방식이 변경되었다. 이런 변경설계는 여러 차원에서 해석할 때 매우 바람직한 현상이라 말할 수 있겠다.

전기 집진설비 수입 대신 이미 대부분 시공된 사갱을 이용하여 수직환기갱으로 활용한다는 것은 무엇보다도 신뢰도를 더 한층 높일 수 있고 시공의 편의성등을 고려할 때 모두 바람직한 설계라 생각된다.

본 원고는 육십령터널 환기설계 전과정을 소개하여 터널환기설비 설계시 적용되는 여러조건들에 대해 안전성 및 확실성을 가질 때까지 설계변경이 지속적으로 이루어지므로써 터널에 대한 설비의 최적화를 이룰 수 있을 것으로 생각되기에 이 글을 소개하고자 한다.

## 2. 현재 진행현황

육십령터널 공사는 지난 '97년 시공이 착수되어 2001년말 준공개통목표로 공사가 한창 진행중이다. 오르막구배인 진주방향터널은 사갱을 이용한 수직갱 송배기방식으로, 내리막구배인 대전방향터널은 젯트팬 종류식으로 환기설계가 완료되어 시공중에 있다.

환기설비계획중 단계별 설비건설계획은 개통후 10년간은 1단계 건설로 하였고 개통후 11년부터 20년까지 2단계 건설계획으로 되어있어 2001년 준공시에는 1단계 건설계획분의 환기설비가 시공될 계획이다.

## 3. 설계과정

### 3.1 설계개요

육십령터널 환기설비 및 방재설비는 '94년 기본

● 설계변경 내용요약

구분	기본설계 (94.5)	실시설계 (96.12)	1차 변경설계 (98.9)	2차 변경설계 (99.12)
교통량 (대/일)	43,712 (2021년)	43,712 (2021년)	74,128 (2021년)	74,128 (2021년)
연장 (m)	대전	3,160	3,146.22	3,171.22
	진주	3,160	3,145	3,170
구배 (%)	대전	⊖ 0.8	⊖ 0.8	⊖ 0.8
	진주	⊕ 0.8	⊕ 0.8	⊕ 0.8
내공단면 (m <sup>2</sup> )	대전	84.379	64.099	75.259
	진주	107.99	64.099	75.259
매연배출량 기준값 (q <sub>0</sub> <sup>T</sup> )	US Transient 88	US Transient 88	한국건설기준 (97.10)	한국건설기준 (97.10)
매연 소요환기량 (m <sup>3</sup> /s)	대전	571	569	446
	진주	1,018	1,015	647
환기방식	대전	횡류식	전기집진기부착 종류식	젯트팬 종류식
	진주	횡류식	전기집진기부착 종류식	수직갱 송배기 종류식
비 고			1단계 건설분 (2011년)만 적용	1단계 건설분 (2011년)만 적용

설계, '96년 실시설계, '98년 1차 변경실시설계, '99년 2차 변경실시설계가 이루어졌다.

각 설계의 주요 내용을 요약하면 앞의 표와 같다.

### 3.2 실시설계 내용요약

'96년 실시설계의 주요내용은 기본설계시 적용된 소요환기량 산출기법 수정 및 환기방식변경이 주요 내용이 된다. 기본설계시 적용된 환기량 산출 적용기법은 국내처음으로 PIARC(Permanent International Association of Road Congresses) 환기량 산출기법을 도입하였다. 이때 적용된 매연에 대한 기준배출량(q<sub>0</sub><sup>T</sup>)은 대체로 낮은 값인 US Transient 88 값을 적용하였으나 제반계수들이 대체로 높아 비교적 높은 환기량 값을 보이게 되었다. 실시설계 과정에서 환기량은 그대로 적용하였고 환기방식은 배기축소형 횡류식에서 교통환기력을 충분히 이용할 수 있는 종류식으로 변경되어 많은 에너지(전기동력)절감효과를 얻게 되었다.

● 매연배출량 기준값(q<sub>0</sub><sup>T</sup>)

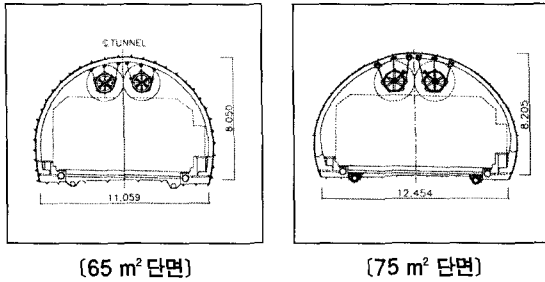
Emission Law	Control	q <sub>0</sub> <sup>T</sup> (V = 60 km/h), (m <sup>3</sup> /h · veh)				비 고
		truck weight (ton)				
		5	10	20	40	
No Law	no	80-130	160-250	300-400	400-600	
EEC R 49 + 24	no	80	160	240	280	
EEC R 49 + 24	yes	65	130	200	240	
EEC 88/77	yes	50	100	160	200	
US Transient 88	yes	50	100	160	200	기본, 실시설계
US Transient 91	yes	30	60	100	140	
US Transient 94	yes	20	40	70	110	
적용값		75	160	235	275	1, 2차변경 실시설계

### 3.3 1차 변경실시설계 내용요약

'97년 8월부터 '98년 3월까지 1차 변경실시설계가 진행되었다. 주된 변경사유는 한국도로공사가 '97년 10월에 제정한 "고속도로 터널환기 시설 설계기준" 적용과, '98년 2월에 개정된 방재설비

기준이었다. 이런 신규법규와 기준을 적용함으로써 많은 설비가 강화 또는 간단히 정리되었고 이때 환기설비에 큰 변화를 준 것은 내공단면이 65 m<sup>2</sup> 수준에서 75 m<sup>2</sup> 수준으로 확대변경된 터널확폭단면 적용기준이다. 즉, 터널내에도 갓길을 두어 비상시 긴급자동차가 터널내에서도 순조롭게 통행할 수 있는 조건을 주는 기준이었다. 따라서 환기설비

규모는 두 조건에 의해서 대폭 축소하게 되었다. 방재설비기준 역시 주요변경내용은 물분무설비 적용기준이 2000m 이상 터널급에서 4000m 이상 터널급으로 변경됨에 따라 물분무설비 관련 기기류가 삭제되어 공사비의 절감을 갖게 되었다.



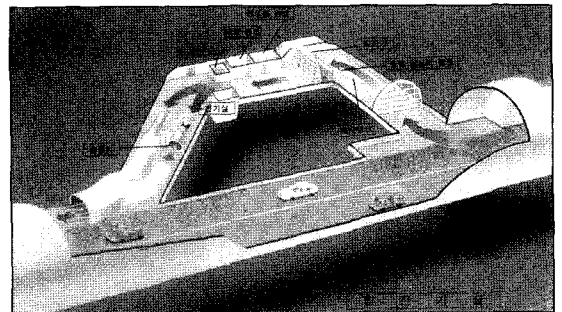
### 3.4 2차 변경실시설계 내용요약

'99년 8월부터 뜻하지 않은 2차 변경실시설계가 시작되었다. 터널굴착공사는 시점(대전방향측)과 종점(진주방향측)양터널 4개소에서 굴착공사가 진행되던중 대전방향터널 입구측에서 터널내부로 약 700m 굴착중 사갱이 발견되게 되었다. 사갱규모는 연장177m, 단면은4.4m×2.5m로 사각형의 BOX 형태였고 사갱방향은 터널본선을 사선(경사각 23°)으로 관통하여 본선보다 더 깊이 굴착되어 있었다. 대규모의 사갱을 건설한 결과가 된 것이다.

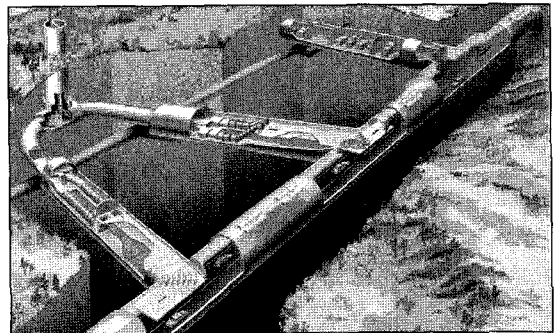
처음 발견당시 사갱내에는 지하수가 가득 차있어 굴착막장으로 홍수처럼 흘러내렸다. 현장을 수습하

● 한국도로공사 터널방재 기준표

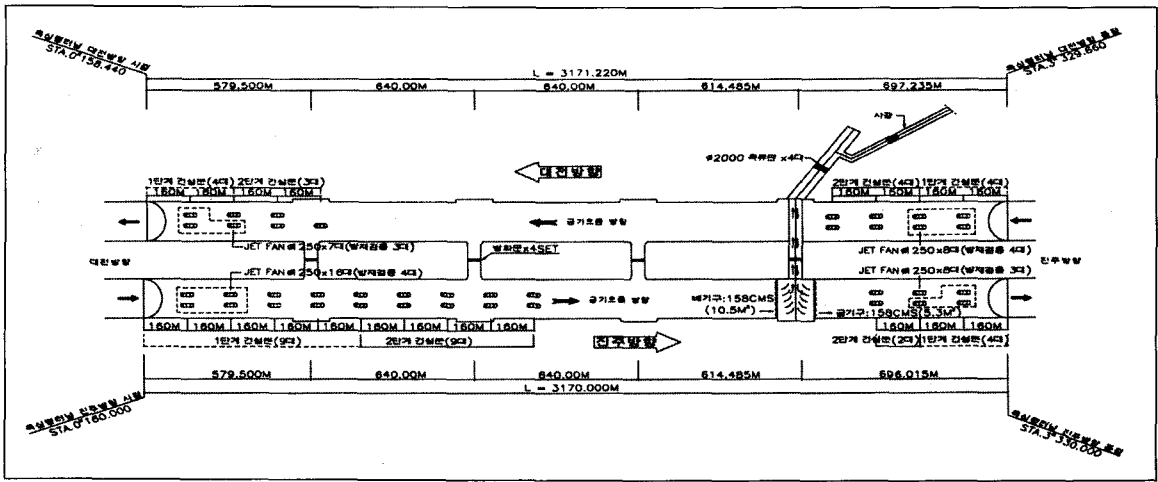
방재시설		터널연장(m)	4,000 이상	2,000 이상	1,000 이상	800 이상	500 이상	200 이상	200 미만
소방설비	소화설비	소화기구	•	•	•	•	•	•	•
		옥내소화전설비	•	•	•				
		물분무설비	•						
	경보설비	비상경보설비	•	•	•	•	•		
		화재감지기	•	•					
		비상방송설비	•	•					
피난설비	비상조명등	•	•	•	•	•	•	•	
	유도표시판	•	•						
	제연설비	•	•	•					
소화활동설비	무선통신보조설비	•	•						
	연결송수관설비	•	•						
	비상콘센트설비	•	•	•	•	•			
기타설비	통보경보설비	비상전화	•	•	•	•	•	•	•
		정보표시판(터널입구)	•	•					
	기타설비	비상전원설비	•	•	•	•	•	•	•
		라디오재방송설비	•	•	•	•	•	•	•
		CCTV	•	•	•				
		피난연락경	•	•	•				
비상주차대	•	•	•						
본터널 적용			↑						



전기집전기의 일반개념도



수직갱의 일반개념도



환기기 배치도

고 상황을 판단한 결과 맞은편 진주방향터널의 전기집진기 위치와 거의 일치한다는 것을 발견할 수 있어 새로운 차원의 검토가 본격적으로 시작됐다.

일반적으로 전기집진기와 수직갱 환기의 특징은 서로 다른 양상을 갖고 있다. 크게 볼 때 종류환기 방식에서 적용되고 고압의 분류효율을 이용한다는 것은 두방식 모두 동일하지만, 신선공기가 터널외부에서 유입되는 수직갱 환기방식은 모든 오염물질에 대해 희석내지 배기할 수 있는 것은 전기집진기방식과 다르다 즉, 터널내부에서 오염공기를 전기적으로 정화하여 재공급하는 전기집진기의 성능은 현재 기술로는 모든 오염물질을 정화하지 못하고 매진(매연, 분진)에 대해서만 가능하며, CO가스나 NOx가스는 정화하지 못하는 실정이다. 따라서 전기집진기대신 수직구 설치는 환기신뢰도 측면에서 매우 다행스럽다 할 수 있다.

#### 4. 향후 설계 변경방향

우리는 육십령터널에서 변경설계의 필요성을 절실히 느꼈다. 특히 터널규모가 크고 공사기간이 긴 장대터널일수록 변경설계가 꼭 필요할 것으로 판단된다.

더구나 우리나라처럼 설계 목표년도가 준공 후 20년을 계획한다는 것은 먼 장래에 대한 준비계획 차원에서는 필요하지만 설계단계에서 20년이란 건설시공 기간을 포함할 때 실제 25년 정도의 긴 세월을 뜻한다. 다행히 육십령터널은 시공과정에서 설계기준의 변경과 뜻하지 않은 시공조건 변경으로 몇차례의 설계변경이 되어 큰 의미에서는 다행스러운 일이 아닐 수 없다.

일본에서는 터널의 설계는 설계준공 후에도 지속적으로 이루어지고 있는것으로 알고 있다.

터널준공전 설계시의 교통량을 비롯한 모든 설계제원이 준공 후 변경된다면 지체없이 변경설계가 이루어지는 것으로 알고 있다. 이렇게 하는 것은 항상 터널요구조건에 대해 시기적절한 설비를 제공함으로써 건설차원에서 경제적이 될 수 있고 먼 장래용 설비를 미리 설치함으로써 발생하는 설비의 노후와 유지비의 낭비를 절감할 수 있다. 즉 예측에서 벗어나는 오차를 줄일 수 있는 방법이 될 것이다.

이런 지속적인 관심과 보완은 터널의 호흡이라 할 수 있는 환기설비와 기타설비에 대한 실질적인 최적화를 유지할 수 있고 경제적이고 효율적인 터널운영시스템은 지속적으로 유지 될 수 있을 것으로 생각된다.

● 국내 수직갱방식 설계비교

구분	육십령터널		둔내터널		죽령터널	
	대전방향	진주방향	상행(서울방향)선	하행(강릉방향)선	영주방향	제천방향
노선	대전~통영간 고속도로 대전~함양간 건설공사 제 10공구		영동고속도로 원주~강릉간 건설공사 제 6공구		중앙고속도로 영주~제천간 건설공사 제 9공구	
차로수(차로)	2	2	2	2	2	2
연장(km)	3.17122	3.170	3.3	3.3	4.52	4.51
구배(%)	-0.8	+0.8	+1.507	-1.507	+0.54%(2260m) -0.50%(2260m)	+0.50%(2260m) -0.54%(2250m)
내공단면적(m <sup>2</sup> )	75.259		65.5		64.099	
교통량(대/일)	74,128		52,476		37,947	
건설진행사항	시공중(2001년 준공예정)		준공완료 개통(1999. 12)		시공중(2001년 준공예정)	
환기방식	젯트팬 Ø1250×15대	수직갱 158m <sup>2</sup> /s×1개소 젯트팬 Ø1250×24대	수직갱 330m <sup>2</sup> /s×1개소 젯트팬 Ø1030×32대	젯트팬 Ø1030×26대	수직갱 160m <sup>2</sup> /s×1개소 젯트팬 Ø1030×12대	수직갱 150m <sup>2</sup> /s×1개소 젯트팬 Ø1030×12대

최근 설계되는 터널환기 설계기법중 대부분 5년 단위 단계건설을 계획하고 있다.

최근 한국도로공사 집계에 의하면 현재 1000m 이상급 터널이 3개소에 불과하지만 2003년에는 무려 44개 터널이 준공된다고 한다. 국내 설계기준상 1000m 이상 터널에는 화재발생시 제연용팬을 부착하게 되어있다. 즉, 환기팬 및 제연용팬이 설치되고 부가적으로 이팬을 제어하는 자동제어 설비가 설치되는 것이 의무화 되는 것이다. 이런점을 감안할때 40여개의 터널을 항상 최적상태로 유지하기 위해서는 지속적인 점검과 분석을 통해 그 결과를 유추하고 결과에 따른 변경설계가 필요하게 될 것이다.

환기설비의 핵심계수는 교통량이라 할 수 있다. 추정교통량으로 설계된 설비가 실제 교통량과 항상 일치하기는 어려울 것이다. 실제교통량을 충분히 분석하고 그 결과를 기 설계된 설비로 만족하는지를 항상 점검해야 할 것이고 그렇게 하기 위해서는 반드시 변경설계는 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 5. 맺음말

육십령터널 환기 및 방재설비에 대한 실시설계

및 변경설계 전과정을 기술하였다. 설계 혹은 건설 조건상 변경요인이 발생할 때마다 설비 최적화를 위해 설계를 변경한 것은 다행스럽게 생각한다. 그러나 아쉬운 점은 설계변경시 공사금액을 너무 의식하지 말아야 할 것이다. 기 계약된 금액내에서 설계변경을 하려는 점이 너무 강해 더 좋은 안이 있어도 건설비 때문에 축소되는 경향이 있는 것 같다. 터널 통행자에게 안전성과 편의성을 제공할 수 있다면 기 계약을 초월해서라도 시행됐으면 하는 것이 설계자의 희망이며 변경설계의 목표라 할 수 있겠다.

## 참고문헌

1. 고속도로 터널환기시설 설계기준  
- 한국도로공사 1997. 10
2. 고속도로 터널방재설비 기준개정  
- 한국도로공사 시설관리처 1997. 12
3. 육십령터널 보고서  
'94년 기본설계, '96년 실시설계  
'98년 실시설계보고서 - 한국도로공사
4. 한국도로공사 1999 업무통계