

한국터널공학회
제3회 터널기술 토론회 자료집
(주제: 장대터널의 환기와 방재)

일시: 2010. 9. 29(수) 13:30 ~ 17:00

장소: 대치동 자이 갤러리 2층 AV Room

주최: 한국터널공학회

협찬: 대림산업, 대우건설, 동부건설, 두산건설, 삼성물산(주)건설부문,
쌍용건설, SK건설, GS건설, 현대건설 (가나다순)

 **(사) 한국터널공학회**

모시는 말씀

이번 제 3회 터널기술토론회는 사회적·기술적으로 관심이 높아지고 있는 “장대터널의 환기와 방재” 라는 주제를 선정하였습니다.

우리나라에서는 산악지형조건으로 인해 터널이 점점 장대화·대심도화되고 있습니다. 더불어 경제적이고 안전한 장대터널의 건설이라는 목표달성은 물론 운영과 관리 측면에서 장대터널의 환기·방재에 대한 수준과 관심도 높아지고 있습니다.

최근에 제기되고 있는 대도시권 지하심도 40~50m 이상의 지하공간에 건설되는 U-Smartway와 수도권 광역급행철도(GTX)의 계획 등으로 인해 장대터널의 방재기술에 대해 건설인들이나 일반 국민들의 관심도도 예전과는 다르다고 할 수 있을 것입니다.

유럽을 중심으로 한 선진외국에서는 영·불 해저터널(1996년), 몽블랑터널(1999년) 등과 같이 1990년대 후반에 발생한 대형 터널화재 사고들을 계기로 여러 연구조직들의 활발한 연구를 통하여 터널 환기와 방재기술을 지속적으로 발전시켜 오고 있습니다. 우리나라에서도 지하철화재 등 10건의 크고 작은 터널 화재사고들이 발생하였고, 터널이 길어지고 교통량이 증가됨으로 인해 화재 발생빈도도 증가되고 있는 것으로 보고되고 있기 때문에 환기와 방재기술에 대한 연구가 더욱 활발해져야 할 것 입니다.

국내에서는 아직도 장대터널에서 필요한 환기구, 환기탑 등과 같은 환기시설이 혐오시설로 인식되고 있지만 선진외국의 대도시권 지하도로 건설 프로젝트들에서는 차량에서 배출되는 각종 유해가스를 사전에 지하에서 포집·처리하여 배출하기 때문에 일반 지상도로보다도 훨씬 친 환경적이라는 인식을 가지고 있습니다. 요즘의 첨단 터널환기기술은 이산화탄소 저감효과 등을 포함하여 녹색성장(green growth)을 가능케 하는 기술이라고 할 수 있습니다.

이런 시기에 우리학회가 “장대터널의 환기와 방재” 라는 주제로 토론회를 개최하게 된 것을 매우 기쁘게 생각하며 본 토론회에 많이 참석하시어 허심탄회한 경험들을 서로 나눔으로써 터널기술 발전을 도모할 수 있는 계기로 삼아 주시기를 바랍니다. 감사합니다.

한국터널공학회 회장 김승렬

프로그램

13:30~14:00	등록																																							
14:00~14:05	환영사 및 축사	사회: 유충식 교수																																						
14:05~14:10	내빈 소개	사회: 유충식 교수																																						
14:10~14:40	주제발표: 서울시 지하철터널의 환기와 방재시스템	발표자: 이인근 (서울시 도시기반시설본부장)																																						
14:40~15:00	Coffee Break																																							
15:00~16:30	지정 토론회	사회: 김상환 교수																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>분야</th> <th>이름</th> <th>소속</th> <th>주제</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">도로</td> <td>이창우</td> <td>동아대학교</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내의 도로터널 환기기준 현황 및 향후 전망 환기관련 특수 기술 적용 사례 </td> </tr> <tr> <td>신태균</td> <td>유원컨설팅</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 환기설계 사례 지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안 </td> </tr> <tr> <td>이인기</td> <td>하경엔지니어링</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내 도로터널 방재기준 현황 및 향후 전망 </td> </tr> <tr> <td>유지오</td> <td>신흥대학</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 해외 선진국의 터널 방재기준 현황 및 향후 전망 (도로 터널) 성능위주설계(QRA) 적용현황 및 향후 전망 </td> </tr> <tr> <td>윤성욱</td> <td>GS건설</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 방재설계 사례 수분무/미분무 설비 소개 및 국내의 관련기준 현황 </td> </tr> <tr> <td rowspan="3">철도/ 지하철</td> <td>김봉섭</td> <td>국토해양부</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내외 철도터널의 환기/방재 설비 적용현황 </td> </tr> <tr> <td>김동현</td> <td>한국철도기술연구원</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 고속 및 광역철도 초장대터널의 공기역학적 문제 국내 철도터널 방재기준 현황 및 향후 전망 </td> </tr> <tr> <td>양태윤</td> <td>범창종합기술</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 지하철 환기 및 방재 시스템의 구성 지하철 화재 사고사례 소개 </td> </tr> <tr> <td>내화</td> <td>김홍열</td> <td>한국건설기술연구원</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 도로/철도터널 화재시 화재 강도 터널 내화관련 국내외 기준 현황 및 향후 전망 </td> </tr> <tr> <td>전기</td> <td>서상진</td> <td>상진기술엔지니어링</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내 터널 전기관련 기준 내용 소개 터널 통합 운영시스템의 발전 전망 </td> </tr> </tbody> </table>	분야	이름	소속	주제	도로	이창우	동아대학교	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 도로터널 환기기준 현황 및 향후 전망 환기관련 특수 기술 적용 사례 	신태균	유원컨설팅	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 환기설계 사례 지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안 	이인기	하경엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> 국내 도로터널 방재기준 현황 및 향후 전망 	유지오	신흥대학	<ul style="list-style-type: none"> 해외 선진국의 터널 방재기준 현황 및 향후 전망 (도로 터널) 성능위주설계(QRA) 적용현황 및 향후 전망 	윤성욱	GS건설	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 방재설계 사례 수분무/미분무 설비 소개 및 국내의 관련기준 현황 	철도/ 지하철	김봉섭	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 철도터널의 환기/방재 설비 적용현황 	김동현	한국철도기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 고속 및 광역철도 초장대터널의 공기역학적 문제 국내 철도터널 방재기준 현황 및 향후 전망 	양태윤	범창종합기술	<ul style="list-style-type: none"> 지하철 환기 및 방재 시스템의 구성 지하철 화재 사고사례 소개 	내화	김홍열	한국건설기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 도로/철도터널 화재시 화재 강도 터널 내화관련 국내외 기준 현황 및 향후 전망 	전기	서상진	상진기술엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> 국내 터널 전기관련 기준 내용 소개 터널 통합 운영시스템의 발전 전망 	
분야	이름	소속	주제																																					
도로	이창우	동아대학교	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 도로터널 환기기준 현황 및 향후 전망 환기관련 특수 기술 적용 사례 																																					
	신태균	유원컨설팅	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 환기설계 사례 지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안 																																					
	이인기	하경엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> 국내 도로터널 방재기준 현황 및 향후 전망 																																					
	유지오	신흥대학	<ul style="list-style-type: none"> 해외 선진국의 터널 방재기준 현황 및 향후 전망 (도로 터널) 성능위주설계(QRA) 적용현황 및 향후 전망 																																					
	윤성욱	GS건설	<ul style="list-style-type: none"> 국내의 대표적인 도로터널 방재설계 사례 수분무/미분무 설비 소개 및 국내의 관련기준 현황 																																					
철도/ 지하철	김봉섭	국토해양부	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 철도터널의 환기/방재 설비 적용현황 																																					
	김동현	한국철도기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 고속 및 광역철도 초장대터널의 공기역학적 문제 국내 철도터널 방재기준 현황 및 향후 전망 																																					
	양태윤	범창종합기술	<ul style="list-style-type: none"> 지하철 환기 및 방재 시스템의 구성 지하철 화재 사고사례 소개 																																					
내화	김홍열	한국건설기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 도로/철도터널 화재시 화재 강도 터널 내화관련 국내외 기준 현황 및 향후 전망 																																					
전기	서상진	상진기술엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> 국내 터널 전기관련 기준 내용 소개 터널 통합 운영시스템의 발전 전망 																																					
16:30~17:00	참석자 질의 및 토론																																							

목 차

[I. 도로터널 분야]

- [I-1] 이창우(동아대학교) - 도로터널 환기 현황 및 전망 1
- [I-2] 신태균(유원컨설팅) - 국내외 대표적인 도로터널 환기설계 사례 및 지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안 7
- [I-3] 이인기(하경엔지니어링) - 국내 도로터널 방재기준 현황 및 향후 전망 13
- [I-4] 유지오(신홍대학) - 해외 선진국의 방재기준 및 성능위주설계(QRA)의 현황과 향후 전망 17
- [I-5] 윤성욱(GS건설) - 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례, 물분무/미분무 설비 소개 및 국내외 관련기준 현황 23

[II. 철도/지하철 터널 분야]

- [II-1] 김동현(한국철도기술연구원) - 수도권 고속 및 광역급행철도의 공기역학 문제 ... 28
- [II-2] 양태윤(범창종합기술) - 서울시 지하철터널의 환기와 방재시스템 33


[III. 내화 분야]

- [III] 김홍열(한국건설기술연구원) - 터널 화재강도 및 내화관련 국내외 현황 40

[IV. 전기 분야]

- [IV] 서상진(상진기술엔지니어링) - 국내 터널 전기관련 기준 내용 소개 및 터널 통합운영시스템의 발전 전망 47

토론자료 1
도로터널 분야


 Dong-A University

도로터널 환기 현황 및 전망

2010. 09. 29. Wed

이창우
(동아대학교)

동아대학교 에너지자원공학과 지하공간환경연구소

 Dong-A University

국내외 도로터널 환기기준 현황 및 전망

- ▣ 환기기준 개정 배경

 - 차량의 엔진성능 향상으로 기준배출량 감소
 - 각국별 터널내 환경기준 강화에 따른 오염물질의 허용농도기준 강화
- ▣ 환기기준 개정 현황

 - 국내 -국토해양부 도로설계편람 터널편 터널 환기시설 설계기준(2010)
 - 일본 -동/서/중 일본 고속도로주식회사 터널 환기시설 설계기준(2006)
 - PIARC -PIARC 터널 환기시설 설계권고기준(2004)
- ▣ 새로운 환기시스템 등장

 - 차량엔진 개선에 따른 소요환기량 감소
 - 터널내외부의 환경 및 방재기준 강화
 - 환기설비기술의 발전 등

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University	
국내외 도로터널 환기기준 현황 및 전망	
	<p>▣ 도로설계편람(617. 환기시설)의 주요 개정내용</p> <p>(1) 설계 교통량 계산방법의 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국토해양부 도로용량 편람의 도로용량 적용 - 교통밀도 계산시 터널 특성별 차별화 - 국토해양부 도로용량 편람의 승용차 환산계수 적용 - 첨두설계시간 교통량 적용시 적용 차속 터널 특성별 차별화 <p>(2) 차량 배출량 기준의 완화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 환경부 2009년 1월의 제작차량 기준 적용 - 배출량 단위변환 방법 <p>(3) 차량 배출량 보정방법의 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 배출량 보정 기준속도의 개정 - 매연배출량에 비차량 배출분진 포함 - 차령 보정계수의 고려
Underground Space Environmental Eng. Lab	

Dong-A University	
국내외 도로터널 환기기준 현황 및 전망	
	<p>▣ 도로설계편람(617. 환기시설)의 주요 개정내용</p> <p>(4) 설계능도의 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설계능도의 강화 - 설계능도 적용차속의 개정 <p>(5) 소요 환기량 계산방법의 개정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유효승용차 환산 대당 점유비율 방법(EPP) 적용 - 최소 공기치환율 및 환기속도 고려 <p>(6) TAB 포함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목적, 수행항목/내용/절차 제시 - 최종보고서 필수 포함사항 제시
Underground Space Environmental Eng. Lab	

Dong-A University

국내외 도로터널 환기기준 현황 및 전망

■ 국내 설계기준의 지속적 검토 대상 과제

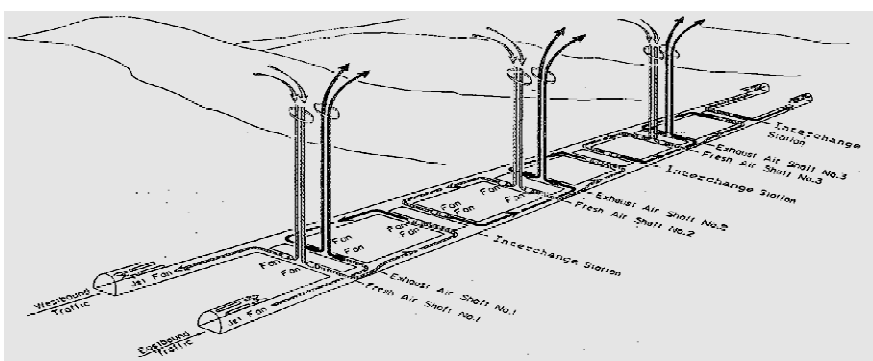
- (1) 공기역학적 계수의 변화
 - 벽면마찰계수
 - 슬립 스트리밍 효과
- (2) 제트팬 적용 가능성 증대
 - 제트팬 관련 기술발전
 - 임펄스 환기방식의 적용성 증대
- (3) 자연환기력의 정량화 필요
 - 자연환기력의 중요성 반영
- (4) 설계능도의 강화
 - NO_x 중 NO₂의 설계농도 강조
- (5) 보정계수의 연구 필요
 - 차속/구배/고도 보정계수의 개편 필요

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: 환기방식

■ Air Interchange Ventilation System (대만 쉘터널)



수직환기구 사이에 별도의 기류치환 공간을 두고 순환팬 설치
-> 상대적으로 깨끗한 터널의 공기를 반대터널로 공급

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: 환기방식

■ 호주 시드니 M5 East 터널 사례

CURRENT M5 EAST VENTILATION SYSTEM

The arrows show the direction of air flow.

- Air flow in western end of tunnels
- Air flow in eastern end of tunnels
- - - Fresh air in through tunnel portals
- - - Fresh air in through tunnel portals

중양부 급기 환기구를 통해 방향별 입출구부의 공기를 반대터널로 순환시키고 이를 터널 중앙부에서 다시 배기하여 모든 갭문으로 오염물질의 배출을 차단함

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: 환기방식

■ 호주 멜버른 Burnly 터널 사례

■ 홍콩 Nam Wan 터널

정상환기시 제트팬을 이용한 종류 환기방식 화재시 터널상부에 설치된 덕트를 통해 배연

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: Impulse Ventilation

■ Saccardo nozzle
(영국 Holmesdale터널)



■ Fresh-air impulse damper
(오스트리아 Katschberg 터널)





<장점>


- 터널 높이의 감소
- 유지관리의 용이(설비의 특성/접근성)
- 터널내 소음저감
- 높은 효율

Underground Space Environmental Eng. Lab

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: Impulse Ventilation

■ Banana Jet

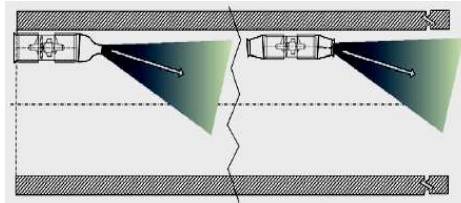


- "Coanda 효과" 의한 압력손실 25-50%저감

- 상대적으로 균일 풍속분포

- 유량 증대(체적기준 10-20%)

■ MoJet (Momentum Jet)




-Convergent nozzle부착

-추력증가(최대 20%)

-소음저감

-높은 효율

Underground Space Environmental Eng. Lab

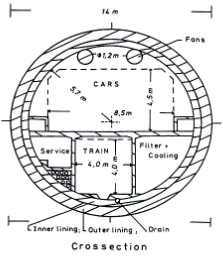

Dong-A University

환기관련 기술의 발전: 한일 해저터널 사례

■ JKTRI (한일터널연구회), 1988 - 액화공기(liquid air) 환기방식

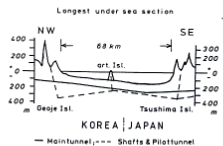
THE JAPAN - KOREA - TUNNEL

Full length of 250 km.



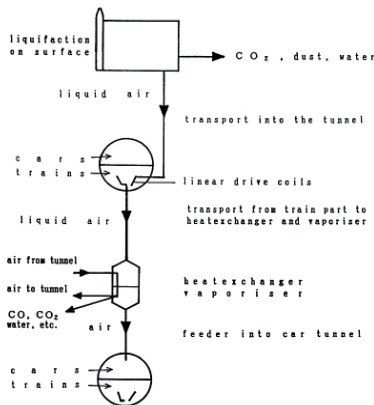
Crosssection

Longest under sea section



Profile

SCHEME FOR THE USE OF LIQUIFIED AIR IN THE JAPAN - KOREA TUNNEL



Underground Space Environmental Eng. Lab

2010 한국터널공학회 제3회 터널기술 토론회

장대터널의 환기와 방재

1. 국내외 대표적인 도로터널 환기설계 사례
2. 지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안

2010. 09. 29

발표자 : 신태균

유원컨설팅(주) 대표이사

장대터널의 환기와 방재

국내외 대표적인 도로터널 환기설계 사례

장대터널의 환기와 방재

1. 국내도로터널 환기설계 사례

● 신림~봉천터널

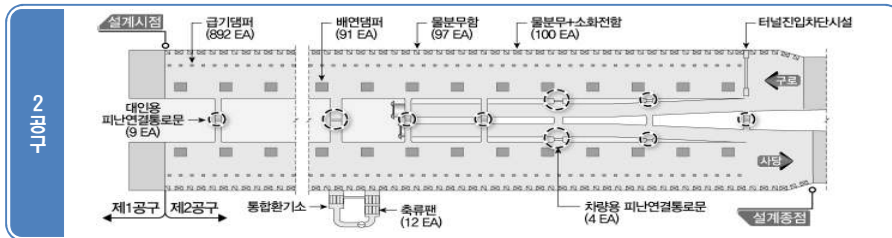
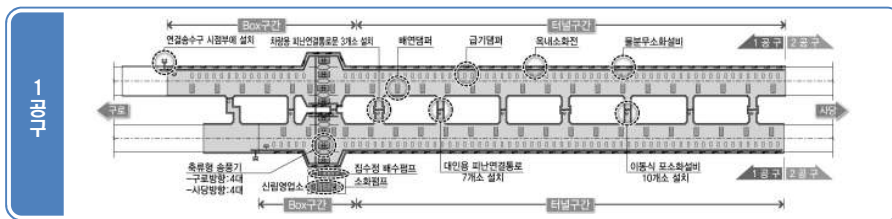


사업 개요

사업명	신림 ~ 봉천 터널 도로건설공사
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 서남부지역의 동서간선 도로망 체계확보 남부순환로와 강남순환도시고속도로의 연계로 주변 도로교통 혼잡완화
연장	L = 5.58 km
구조물현황	<ul style="list-style-type: none"> 터널 (3,989m), 지하Box (1,101m), 개착Box(239m), U-Type(300m), 영업소 1개소, 보조육교 1개소

장대터널의 환기와 방재

→ 신림~봉천 터널방재시설 배치계획



장대터널의 환기와 방재

강남순환 도시고속도로 6공구 신림터널

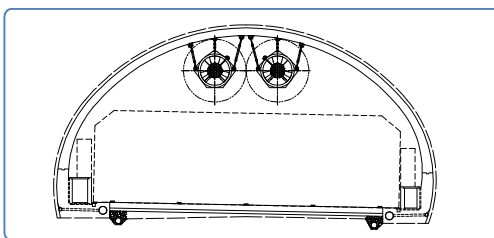


사업 개요

사업명	강남순환도시고속도로 건설공사 민간투자사업(5,6,7공구)
사업목적	강남지역 외곽의 동서간 교통을 원활히 하고 서울시 내부순환도로와 연계하여 체계적인 통합 간선 도로망 구축 수도권 주요간선도로와의 연계체계 확립으로 교통난 해소 및 도시의 균형적인 발전을 도모
연장	L = 12.4km(관악터널 4,990m, 신림터널 3,224m, 서초터널 2,620m)
구조물현황	터널4개소(10,413m), 지하차도2개소(421m), 교량2개소(650m), 영업소 2개소

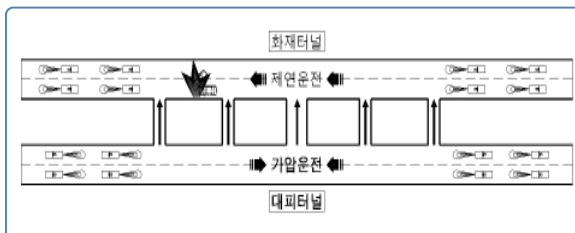
장대터널의 환기와 방재

환기계획



구분	적용계획
환기방식	제트팬 + 전기집진기 종류식
제연운전	<ul style="list-style-type: none"> 제트팬 : $\phi 1,530 \times 18$대 전기집진기 2개소 성산방향 : $240\text{m}^3/\text{s}$ 수서방향 : $320\text{m}^3/\text{s}$

제연운전계획



구분	적용계획
화재강도	20 MW기준 제연용량 산정
제연운전	<ul style="list-style-type: none"> 화재터널 → 제연방향으로 제트팬 가동 대피터널 → 터널 중앙으로 제트팬 가압운전

장대터널의 환기와 방재

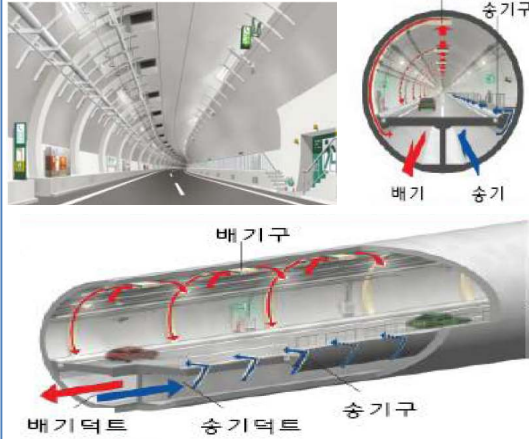
2. 국외터널 환기설계 사례

● 일본 동경 중앙환상선



- 일본 동경 도심 외곽을 순환하는 도로
- 중앙환상선 서부지역의 아마노테 터널
- 총 연장 11 km, 설계속도 60 km/h
- 출입구 5개소, 환기소 9개소

■ 환기방식 개요도 (6.7km구간)



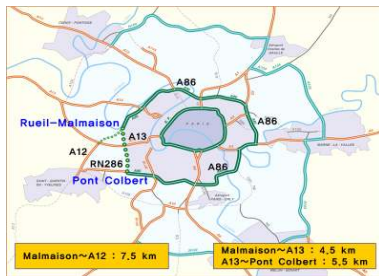
장대터널의 환기와 방재

5

● 프랑스 파리 A86

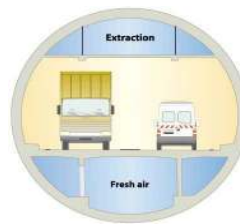
→ 터널 개요

■ A86 West Project

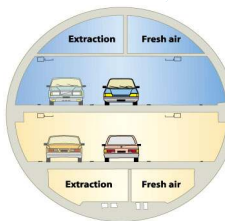


- 프랑스 파리 도심 외곽을 순환하는 도로
- A86 서쪽 구간을 연결하는 A86 West 프로젝트로서 A86 East 터널과 A86 West 터널로 구성
- A86 동터널 : 총 연장 10 km
- A86 서터널 : 총 연장 7.5 km

■ West Tunnel



■ East Tunnel



장대터널의 환기와 방재

6

지하도로 인근 대기환경 오염 저감을 위한 방안

장대터널의 환기와 방재

● 대기오염 저감 설비

구분	전기집진기 방식	제진필터 방식
개념도		
특징	<ul style="list-style-type: none"> 축류팬에 의해 터널 내부에서 발생된 입자를 집진실로 유인후 중력필터 및 전기 집진기에 의해 유도 포집됨 	<ul style="list-style-type: none"> 축류팬에 의해 터널 내부에서 발생된 입자를 집진실로 유인후 제진 필터를 통과시켜 제진 필터 상류면에 포집
적용 사례	<ul style="list-style-type: none"> 서울 우면산터널 부산 수정산 터널 서울외곽순환도로 사패산터널 	<ul style="list-style-type: none"> 서울강남순환 고속도로 관악터널 성남-판교 국도23호선 지하차도 신림~봉천 터널 설계반영

장대터널의 환기와 방재

● 대기오염 저감 설비

구분	탈초 방식	토양여과 방식
개념도		
특징	<ul style="list-style-type: none"> 축류팬에 의해 터널 내부에서 발생한 오염물질을 집진기를 통과하면서 매연, 분진을 제거하고, 탈초장치에 있는 NO₂ 제거제를 통과하면서 흡착시켜 제거 	<ul style="list-style-type: none"> 축류팬에 의해 터널 내부에서 발생한 오염물질을 토양처리시설로 유인하여 오존처리 후 토양을 통과시켜 제거함
적용 사례	<ul style="list-style-type: none"> 국내 현재까지 설계사례 없음 일본 수도고속 중앙환산 신주쿠선 일본 판교상생육교 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 현재까지 설계사례 없음 일본 니시노미야시 터널

● 오염 물질 저감시설 설치필요성

- 지하도로의 특성상 출구부 및 환기탑의 오염물질을 외부로 배출시 인접지역 대기오염 증가
- 요즘 문제시되는 NOx의 대기환경평가를 수행하여 오염물질 처리시설 필요시 설계적용
- 배기가스 처리시설을 설치하여 대기질을 환경기준치 이내로 처리함으로써 터널주변 주거지역에 대한 피해방지 및 민원요소 차단

국내 도로터널 방재기준 현황 및 향후 전망

2010. 9.



1. 방재시설의 목적

사
고
예
방

초기대응

피난대피

소화 및
구조활동

사고확대
방 지

- 도로구조/선형
- 교통시스템
- 운영
- 법적인 규제
- 준수대책

- 사고감지
- 비상경보설비
- 감시체계
- 초기소화설비
- 제연설비
- 진입차단시설

- 대피유도
- 피난대피시설
- 소방대 접근성
- 소화 활동 설비의 배치 / 운영

2. 사고사례로 본 터널 방재의 교훈

호남터널	계룡터널
연장 : 760m	연장 : 2,600m
<ul style="list-style-type: none"> □ 사고원인 : 고장으로 정차중인 마티즈 승용차를 포함한 4대 차량을 25톤 화물트럭이 돌음운전에 의한 추돌사고로 차량3대 화재발생. □ 피해현황 : 사망1명, 부상4명 / 5시간 차량통행 차단 □ 사고주요내용 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 11:45 추돌에 의한 화재사고 발생 ○ 터널내 소화기로 진화작업 실시 → 초기진화 실패 ○ 터널 전체 화재연기 확산 및 터널내 운전자 긴급대피 ○ 사고 1시간 후 출동 소방관에 의해 화재진압완료 (출동후 30분소요) ○ 사고 2시간 후 터널내부에서 외부 견인완료 ○ 오후 2시경 내부 1개 차로를 이용해 부분적으로 차량통행 재개 ○ 오후 5시경 터널 차량통행 재개 (사고 후 5시간 경과) 	<ul style="list-style-type: none"> □ 사고원인 : 차량운전자의 생활고 비관으로 인한 차량내 방화 및 자살시도 □ 피해현황 : 화재차량 전소 / 57분간 차량통행 차단 □ 사고주요내용 : <ul style="list-style-type: none"> ○ 11:28 터널관리사무소 내의 영상사고 감지시스템 (화면표시 및 경보발생시스템) 작동 / 터널화재 발생에 따른 터널관리자 출동 ○ 11:30 터널관리자 현장도착 및 소화시작 ○ 11:37 터널내 소화기 및 소화전을 이용한 화재진압 ○ 11:45 화재진압 완료 후 소방관 및 경찰 도착 ○ 12:20 경찰서 사고조사 및 화재차량 견인완료 ○ 12:25 차량 정상소통 재개
<ul style="list-style-type: none"> □ 영상사고감지시스템도입필요 □ 초기진화의 중요성강조 □ 화재시 전선단락 방지필요 □ 사고시 처리반의 현장도착시간 단축필요 	

3. 방재시설 설치기준

기존 기준	개선 기준
<ul style="list-style-type: none"> ■ 연장기준등급 	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">연장기준 등급 설정</div> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">위험도 지수 기준등급(1단계 상·하향 조정가능) (교통량/터널의 재반위험 인자)</div>

4. 터널연장기준 방재등급의 범위

등급	터널연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 기준등급
1	3,000m 이상 ($L \geq 3,000m$)	$X > 29$
2	1,000m 이상, 3,000m 미만 ($1,000 \leq L < 3,000m$)	$19 < X \leq 29$
3	500m 이상, 1,000m 미만 ($500 \leq L < 1,000m$)	$14 < X \leq 19$
4	연장 500m 미만 ($L < 500m$)	$X \leq 14$

※ 터널의 방재등급은 개통 후·최초 10년·향후 매 5년 단위로 실측교통량을 조사하여 재평가하여 방재시설의 조정을 검토 해야 함.

5. 터널 위험도 평가기준(1)

세부평가항목		범 위	위험도지수	
사고 확률	주행거리계 (교통량X연장) (대·km/tube·day)	8,000 미만	1.5	
		8,000 이상 ~ 16,000 미만	2.5	
		16,000 이상 ~ 32,000 미만	5.0	
		32,000 이상 ~ 64,000 미만	7.5	
		64,000 이상	10.0	
터널 특성	표고차 및 경사도	입출구 표고차(m)	10 미만	0.5
			10 이상 ~ 20 미만	1.0
		20 이상 ~ 30 미만	1.5	
		30 이상	2.0	
	진입부 경사도(%)	3.0 미만	0.5	
		3.0 이상	1.0	
	터널 높이(m)	7.5 이상	1.0	
		5.0 이상 ~ 7.5 미만	2.0	
		5.0 미만	3.0	
	터널 곡선반지름(m)	1,800m 이상	0.5	
1,800 미만		1.0		

-5-

5. 터널 위험도 평가기준(2)

세부평가항목		범 위	위험도지수	
대형 차량	위험물 수송 관련	대형차 혼입률	10 미만	0.5
			10 이상 ~ 17.5 미만	1.0
			17.5 이상 ~ 25 미만	1.5
			25 이상	2.0
		대형차 주행거리계 (대·km/tube·day)	500 미만	0.5
			500 이상 ~ 1,000 미만	1
			1,000 이상 ~ 2,500 미만	2
			2,500 이상 ~ 5,000 미만	4
	감시시스템	5,000 이상	6	
		있음	0	
	유도시스템	없음	1	
		있음	0	
			없음	1

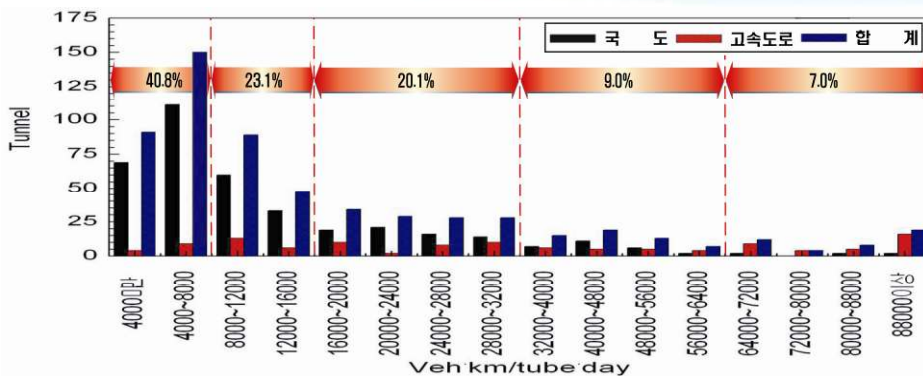
-6-

5. 터널 위험도 평가기준(3)

세부평가항목		범 위		위험도지수
정체 정도	서비스 수준	LOS A ~ LOS C		1
		LOS D		2
		LOS E ~ LOS F		3
	터널 내 합류·분류	대면통행		3
		없음		0
		있음		2
교차로·신호등·TG 등	없음		0	
	있음		2	
통행 방식	구분	시 설		-
		길어깨	중분대	
	일방통행	○	-	1
		×	-	2
	대면통행	○	○	3
		×	○	4
		○	×	5
×		×	6	

-7-

6. 방재 기준의 향후 전망



- 총주행거리계로 본 방재설비의 적정성(교통량이 한산한 터널의 비중이 63.9%임)
- 터널내부와 터널외부의 조도차 - 시각장애가 발생하지않고 경제적인 조명설비의 적정성
- 소형차전용에서 터널 높이와 제연의 관계 - 화재시 높이에의한 온도상승
- 터널내 합류 분기등의 허용에 따른 대책
- 단락발생이 없거나 부분적 단락을위한 전선설치방법

-8-

제 3 회 터널기술 토론회

해외 선진국의 방재기준 현황 및 향후 전망
 성능위주설계 (QRA) 적용현황 및 향후 전망

2010. 6

유 지 오 교수
 (신흥대학)

주요국가의 도로터널 방재기준

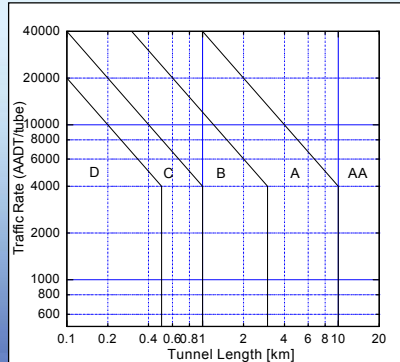
국가	제목	일자	발행 / 성격
이탈리아	1. Safety of Traffic in Road Tunnels with Particular Reference to Vehicles Transporting Dangerous Materials	1998.12	Ministry of Public Works / 정부회람
	2. Functional and geometrical standard for construction of roads	2001.11	Ministry of Infrastructure and transport / 부령
프랑스	1. Safety in the tunnels of National road network	2000.8	Circ2000-63A2 / 정부회람
	2. the regulation of traffic with dangerous goods in road tunnels of the national network	2000.11	Circ2000-82N2 / 정부회람
	3. Safety of infrastructures and transport systems	2002.1	Law2002-32 / Law
	4. Risk studies for road tunnels: Guide to methodology	2002	ESD / Guideline
스위스	1. Guidelines for the Design of Road Tunnels.	1995	ASTRA Road Tunnels / Swiss Federal Road's Office / 가이드라인
	2. Ventilation of Road Tunnels, Selection of System, Design and operation. Project	2002	ASTRA Ventilation / 가이드라인
독일	1. RABT Guidelines for equipment and operation of road tunnels	2002	RABT 02 / 이드라인
	2. ZTV Additional Technical Conditions for the Construction of Road Tunnels	1995 1999	ZTV - Tunnel / Technical addendum
오스트리아	1. Guidelines and Regulations for Road Construction - Ventilation, Fundamentals	1997	RVS 9.262
	- Ventilation, Calculation of fresh air demand	2002	RVS 9.261
	- Operational and safety measures, Structure	2002	RVS 9.262
			정부, 가이드라인
영국	1. Design manual for roads and bridges, Volume 2 Highway structure design (substructures and special structures) materials, Section 2 : Special structures, Part 9, BD 78/99 : Design of road tunnels, 1999	1999	BD 78/99 / 정부, 가이드라인
USA	1. NFPA 502 Fire Protection, Standards for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, National Fire Protection Association	1998	NFPA 502 / American National Standard, issued by Standards Council
	2. ASHRAE Handbook HVAC applications, 1991, part 13	1991	ASHRAE Handbook
일본	1. 도로터널비상용시설설치기준, 동해설	2002	일본 건설성 / 국가기준

주요국가의 도로터널 방재기준 특징

□ 일본

- 기본적으로 연장기준, Tube당 AADT가 2,000대를 초과하면 교통량을 고려한 등급을 정함
- 방재시설의 내구연한을 10년으로 고려함. 준공후 10년을 목표년도로 함.(매 5년 마다 등급조정)
- 1건/22,000,000 대km를 기준으로 등급에 반영

터널 등급	터널연장 상한치	주행거리계 (10 ³ 대.km/day, tube)	Return Year
D	500 m이하	2 이하	30
C	1000 m	4 이하	15
B	3000 m	12 이하	5
A	10000 m	40 이하	1.5
AA	10,000 m이상	40 이상	1.5



3

주요국가의 도로터널 방재기준 특징

□ 독일

- 터널연장(400, 600, 900m)에 따라 4등급으로 구분
- 조명시설, 제연시설, 터널정보표지판은 연장과 대형차량 혼입률을 반영한 세부기준
- 제연시설은 대면통행터널, 정체빈도가 높은 도심터널, 일방통행터널로 구분 함
- 화재강도 : 30~50MW(대형차 혼입률 15%이상), 20MW(15%이하)
- 대형차량의 주행거리계가 4,000 대.km/tube.day를 초과하는 경우 적용기준 강화
- 종류환기방식은 임계풍속에 의해서 환기용량을 정하고, 횡류환기방식은 연기발생량외에 부가 풍량을 고려함. 임계풍속을 화재강도별로 경사를 고려하여 Table로 제시

□ 프랑스

- 300m이상의 모든 터널을 적용대상으로 함
- 터널연장(300, 500, (800), 1000, 3000)에 따라서 설치대상을 정함.
- 제연설비 : 1000~1500 m의 대면통행터널 종류환기방식 금지
- 대형차량의 주행거리계가 4,000 대.km/tube.day를 초과하는 경우 적용기준 강화
- 저심도와 대심도기준을 15m로하고 있으며 심도가 15m이하의 터널은 외부탈출로를 시설하도록 함.

4

주요국가의 도로터널 방재기준 특징

□ 오스트리아

- 터널연장 및 교통량 등을 고려하여 잠재위험도를 정하고 이에 따라 터널등급을 구분함.
- 터널등급에 따라서 최소안전계수를 만족할 수 있도록 방재시설을 설치함.

위험인자	조건	지중치	운영 및 방재시설	계 수
통행방식	단방향 통행	1.0	감시센터	2.0
	대면통행	2.0	감시소	0.5
	완전폐쇄되지는 않았으나 중간 분리대로 분리한 경우	1.5	비디오 화상 전송시스템	0.5
교통흐름	정체빈도가 아주작음	1.0	교통정체 자동인식 시스템	0.5
	정체빈도가 높음	1.5	위험화물 자동인식 시스템	1.0
	터널시종점에 정체를 유발할 수 있는 조건	1.2	위험화물에 대한 통제 동과규정	0.5
	터널내 교차로가 있는 경우	2.5	갱구부에 소방대의 상주	1.0
화물차통행량	터널시종점 직전에 교차로가 있는 경우	2.0	자동화재 탐지기	1.0
	10이하	1.0	연기 감지장치	0.5
	10~50회	1.5	터널내 라디오 또는 제방송시설	0.5
	50이상	2.0		

주요국가의 도로터널 방재기준 비교 - 향후전망

터널연장	조사 대상	500	500	1000	3000	비고	
		이하	~1000m	~3000m	이상	A	B
소화설비	소화기	9	9	0	0		
	소화전	9	3	3	0		3
	물분무설비	7	0	0	1	0	6
경보설비	비상경보	9	3	1	1	0	2 2
	자동화재탐지설비	9	2	2	0	0	1 5
	비상방송	9	1	0	0	1	3 5
	비상전화	9	3	2	1	0	3
	입구정보표지판	9	2	2	1	0	- 4
	터널내 표지판	9	0	3	1	1	4
	라디오방송설비	9	1	2	2	1	1 2
피난설비	CCTV	9	2	2	1	-	4
	비상조명	9	3	0	0	0	- 6
	유도표지판	9	2	1	1	0	- 1
	피난연결통로	8	3	1	1	0	- 3
소화활동설비	비상주차대/차로	9	0	1	3	0	5 -
	제연설비	9	6	1	1	0	- 1
	무선통신설비	Radio rebroadcast					
비상전원	연결송수관설비	소화전					
	비상콘센트	비상전원공급설비					
비상발전원	무정전전원설비	방재시설이 설치되는 경우					
	비상발전설비	방재시설이 설치되는 경우					

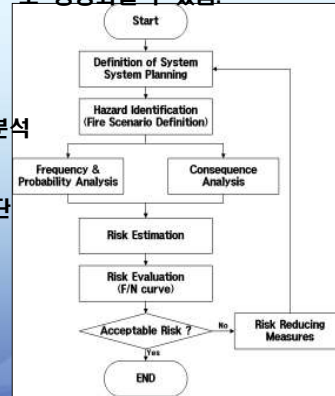
A : 적용 기준이 없는 경우
B : 적용연장에 대한 기준이 불분명한 경우

- 대피터널
 - 피난대피소(프랑스 50m²)
 - 외부탈출로(심도15이하)
- 휘발성 액체에 대한 배수
 - 터널경사/- 배수시스템
 - Sump/표면방수
- Lane Marker Light
- 사고감지수단
 - 장비(exit door, 소화기, 소화전) 개폐감지
 - 사고감지시스템
 - 차량속도감지시스템
 - 터널입구 열화상감지기
- 구조물 및 장비의 내화
 - 터널구조물에 대한 내화
 - 전력공급선 및 fan에 대한 내화

정량적 위험도 평가(QRA) 적용현황-개요

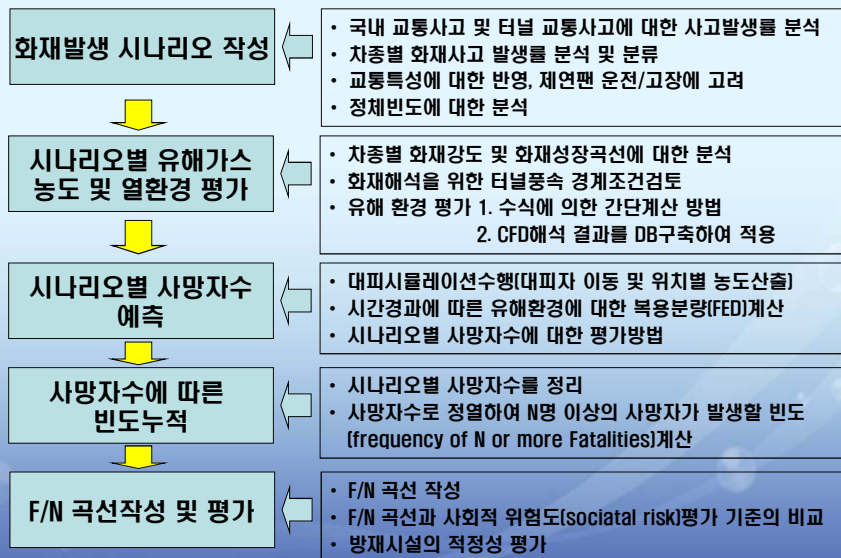
□ 정량적 위험도 평가란 ?

- 현행 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」에 등급이 완화되는 경우 정량적 위험도 평가를 실시하도록 규정함.
- 도로터널에서 위험도는 “ Σ 사고발생률 \times 사고결과”로 정량화할 수 있음.
- 정량적 위험도평가 개요
 - > 발생 가능한 사고시나리오를 작성
 - > 시나리오별 사고발생률과 사고결과(사망자수) 분석
 - > 위험도 “ Σ 사고발생률 \times 사고결과”로 정량화
 - > 사회적 위험도 기준과 비교하여 설계적합성 판단
 - > 기준을 만족하지 못하는 경우 방재시설 보완



7

정량적 위험도 평가(QRA) 적용현황-평가순서

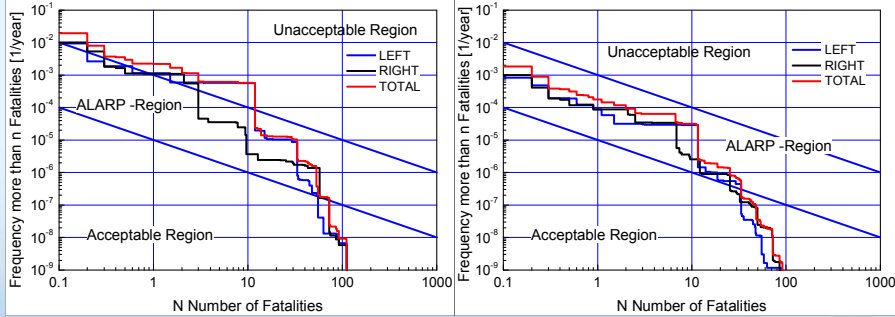


8

정량적 위험도 평가(QRA) 적용현황-적용예

□ 제트팬 미설치시

□ 제트팬 설치시



제연팬설비여부	방향	Risk Index	예상사망자/10,000년
미설치	00방향(->)	3.8646E-03	38.6
	00방향(<-)	8.7500E-03	87.5
설치	00방향(->)	4.6042E-04	4.6
	00방향(<-)	5.7300E-04	5.7

9

정량적 위험도 평가(QRA) 적용현황-영향인자

화재발생
시나리오
관련

- 적용 사고발생률(일반사고 화재사고 구분, 차종별 화재사고발생율)
- 화재발생 시나리오(Event Tree)
- 제연팬 고장률 및 정체빈도 (분석내용포함)

화재해석
대피해석
관련

- 화재강도별 화재성장곡선
- 화재시 유해가스 발생량 입력조건 (연기발생량, CO발생량 등)
- 화재해석결과
- 초기대피시간(감지시간, 경보발령시간, 대피결정시간등)
- 화재시 대피속도산정기준 (연기농도반영여부)

사상자수
추정

- 사상자 판정기준(시나리오별 ASET 및 REST산정기준 또는 FED산정기준)
- 대피자별 대피시간 및 사상여부를 판정하기 위한 값의 최종치
- 시나리오별 발생빈도 및 사상자수 추정결과

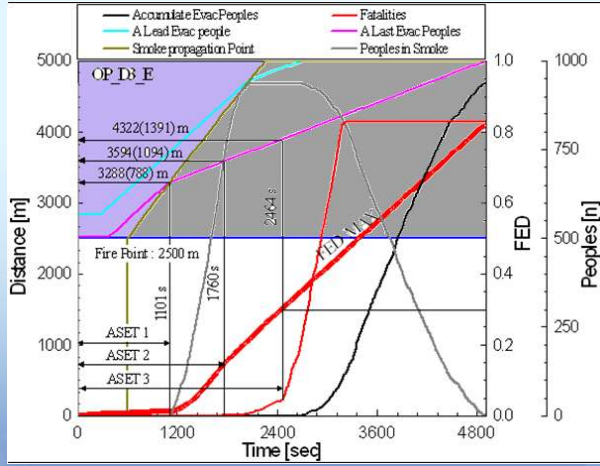
사회적
위험도
평가

- 사회적 위험도 평가기준
- F(Accumulated Frequency)/N(Fatalities): 누적사고 빈도/사상자수

10

정량적 위험도 평가(QRA) – 향후전망

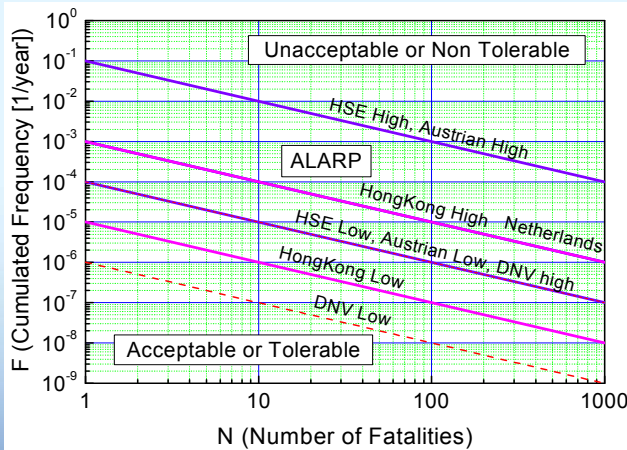
□ ASET 및 RSET비교 방법과 FED방법 비교



- ASET 과 RSET비교 모델 : :
RSET-ASET > 0 사상자로 판정
- FED 모델 : FED값이 0.30이상인 경우에 사망자로 판정
- ASET은 사망자 판정조건에 따라 달라짐.
 - ASET 1 : 연기가 덮치는 시점
 - ASET 2 : 등가사망자 발생 시점
 - ASET 3 : FED > 0.3초과 시점

11

정량적 위험도 평가(QRA) – 향후전망



ALARP : As Low As Reasonable Practicable
 HSE : 영국의 Health & Safety Executive,
 오스트리아 = OECD기준 일치
 DNV : Det Norske Vettas (노르웨이 선급협회)
 홍콩, 네델란드, 영국 위험물수송자량 관련기준(PHI)

12

2010 한국터널공학회 제3회 터널기술 토론회

장대터널의 환기와 방재

1. 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례
2. 물분무/미분무 설비 소개 및 국내외 관련기준 현황

발표자: GS건설 기술연구소 윤성욱 책임연구원





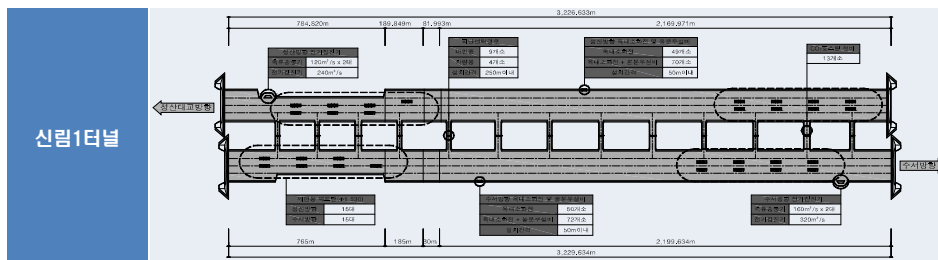
제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



1. 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례

신림 1 터널

소화기 · 옥내소화전	물분무소화설비	피난연락경문	제연설비
			
50 m 간격 설치	방수구역 : 50 m × 2구역	250 m 간격 설치	화재강도 : 20MW



제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



1. 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례

일본 중앙환상선:Yamate 터널



제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



1. 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례

프랑스 파리 A86 동터널



제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



1. 국내외 대표적인 도로터널 방재설계 사례

국내외 터널 방재설비 비교

소방시설의 종류		신림~봉천 터널	강남순환신림1터널	일본 중앙 환상선	프랑스 파리 A86	소방시설의 종류		신림~봉천 터널	강남순환신림1터널	일본 중앙 환상선	프랑스 파리 A86
소화설비	소화기구	○	○	○	○	피난대피설비 및 시설	비상조명등	○	○	○	○
	옥내소화전설비	○	○	○	○		유도표지등	○	○	○	○
	물분무설비	○	○	○	○(미분무)		피난연결통로	○(250m)	○(250m)	○(350m)	○(200m)
경보설비	비상경보설비	○	○	○	○	비상주차대	비상주차대	○	○	-	○(비상주차로)
	자동화재탐지설비	○	○	○	○		제연설비	○	○	○	○
	비상방송설비	○	○	○	○	소화활동설비	무선통신보조설비	○	○	○	○
	긴급전화	○	○	○	○		연결송수관설비	○	○	○	○
	CCTV	○	○	○	○		비상콘센트설비	○	○	○	○
	영상유고감지설비	-	-	○	○	비상전원설비	무정전전원설비	○	○	○	○
	라디오재방송설비	○	○	○	○		비상발전설비	○	○	○	○
	그레	○	○	○	○						
	진입차단설비	○	○	-	-						

제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



2. 물분무/미분무 설비소개 및 국내외 관련기준 현황

터널내 고정식 수계 소화설비 동향

구분	설치를 반대하는 입장	설치를 찬성하는 입장
주장내용	<ul style="list-style-type: none"> •물분무에 의한 가시도 저하 •연기의 성층화(Stratification) 교란에 따른 가시도 저하 및 질식 위험성 증가 •고가의 설비비 및 유지비 •화재는 주로 차량내부/엔진룸에서 발생하므로 고정식으로는 진화가 어려움 •유류화재 진압 시 고온의 증기 발생 및 폭연 가능성 (스프링클러 시스템) 	<ul style="list-style-type: none"> •대형 터널 화재사고의 증가 •화재규모 축소로 화연 발생량 감소 •화재규모 축소로 복사열 감소 및 주변 차량으로 화재전파 차단 •화재규모 축소로 소방관의 소방활동 용이 •화재규모 축소로 터널구조부 보호 •가시도 저하는 화재 주변부만 발생
주요 단체	PIARC 및 다수의 유럽국가	일본, 호주, 한국, 미국, 프랑스, 스페인

터널내 고정식 수계 소화설비 종류

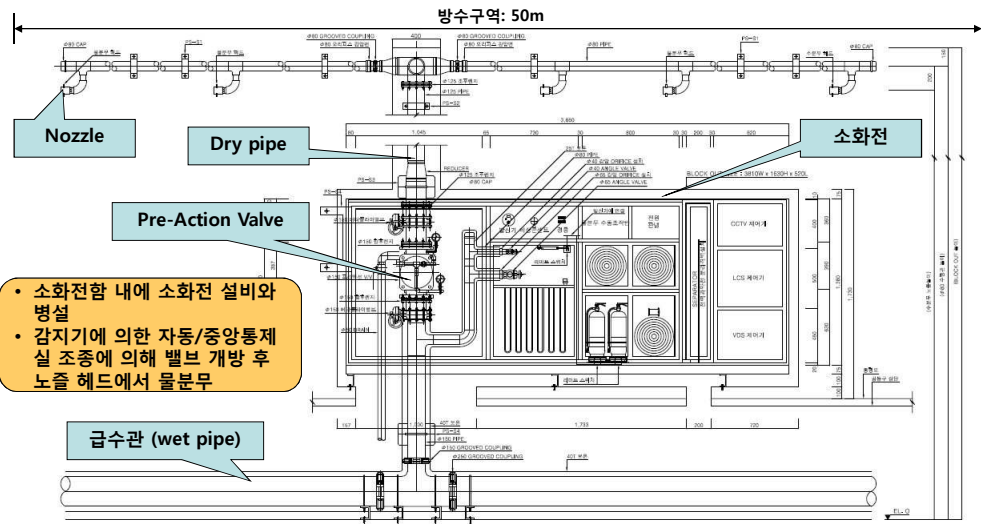
구분	스프링클러 Sprinkler	폼소화설비 Foam Water/CAF	물분무설비 Water Spray	미분무설비 Water Mist
방수밀도	20 L/min.m ²	2.4-3.8 L/min.m ²	6 L/min.m ²	0.8 L/min.m ²

제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



2. 물분무/미분무 설비소개 및 국내외 관련기준 현황

물분무 설비 시스템 구성



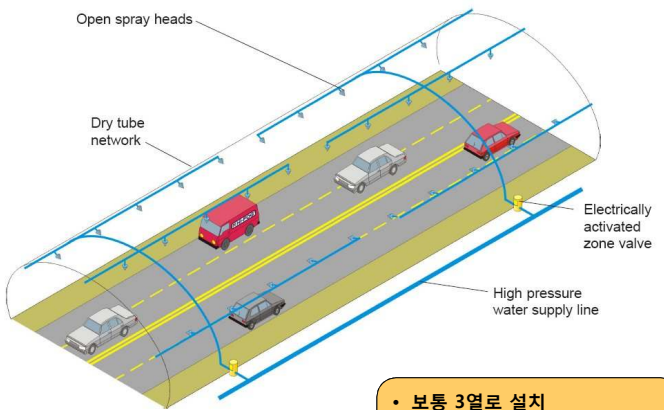
- 소화전함 내에 소화전 설비와 병설
- 감지기에 의한 자동/중앙통제실 조종에 의해 밸브 개방 후 노즐 헤드에서 물분무

제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



2. 물분무/미분무 설비소개 및 국내외 관련기준 현황

미분무 설비 시스템 구성



- 보통 3열로 설치
- 노즐은 3m 간격
- 고압용 특수 파이프 필요
- 작동 방식은 물분무와 동일함



A86 설치사례

제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



2. 물분무/미분무 설비소개 및 국내외 관련기준 현황

설비 비교 및 관련기준 현황

구분	물분무 설비	미분무 설비 (고압형, A86 사례)
구동장비	전기펌프	전기펌프
노즐선단 압력	약 12bar	약 70bar
물입자 크기	300 - 1,000 μm (?)	50 - 120 μm
노즐방수범위	12 m^2	25 m^2
방수 밀도	6 L/min. m^2	0.8 L/min. m^2
노즐설치간격	5m	3m
방수구역	50m * 2구역 동시살수	33m * 3구역 동시살수
배관	소화배관 겸용	별도의 고압 배관 설치
설치위치	측벽 1열	상부 3열
적용사례	죽령, 신림-봉천, 신림1,	A86, M30, 대구 경전철(차량내부)
관련기준	국내: 위험도지수 기준 1등급이상 (도로터널 방재시설 설치 및 관리지침, 국토해양부) 일본: AA급 기본/A급 권장 (도로터널 비상용 시설 설치기준, 일본도로협회)	N/A

제3회 터널기술 토론회, 장대터널의 환기와 방재, 2010. 9.29



토론자료 2

철도/지하철 터널 분야

수도권 고속 및 광역급행철도의 공기역학 문제

김동현 책임연구원 (한국철도기술연구원)



- 터널 연장이 약 40km~80km의 직선화 초장대 터널들이고, 지하역간 간격이 5km~10km임.
- 고속열차 운행에 대하여 국내에는 지하역사 승강장에서의 대기승객 이명감 기준(압력 쾌적도 기준)이 없음.
- 터널단면적과 수직궤 간격 설계에 따라 지하 승강장에 대기하는 승객들에게 압력파가 전달되어 불쾌감을 유발할 수 있으며, 30분 이상 대기하는 승객들에게 큰 고통으로 이어질 수 있음.

 한국철도기술연구원
Korea Railroad Research Institute

고속철도와 광역급행철도 혼용구간의 지하승강장 대기승객 이명감 문제 - 1

- 우리나라가 세계에서 두 번째로 지하정거장을 구비한 고속지하철도를 건설하는데, 설계속도 200~230km/h의 수도권 광역급행철도와 47% 구간을 혼용하는 설계속도 350km/h의 수도권 고속철도 건설임.
- 이 지하 혼용노선에는 지하정거장이 3개소나 설치되는 초장대 터널이기 때문에 지하정거장 대기승객의 이명감 문제가 반영된 터널단면적 사양을 결정해야 함.
- 고속열차가 초장대터널을 350km/h로 통과하는 경우에 도시철도의 지하철 승강장보다 공기압 변동량이 매우 크게 증가함.

 한국철도기술연구원
Korea Railroad Research Institute

고속철도와 광역급행철도 혼용구간의 지하승강장 대기승객 이명감 문제 - 2

- 홍콩은 지하철과 고속철도 지하역사에 대하여 대기승객 이명감 기준으로 $\pm 700\text{Pa}$ 을 채택하였음.
- 지하정거장 승강장에 스크린도어를 설치하는 경우에도 기밀설계를 하여야 하나 여의치 않으며, 광역급행열차의 정차 시에 스크린도어를 열어야 하기 때문에 지하승강장의 승객들은 공기 압력과 변동에 그대로 노출됨.

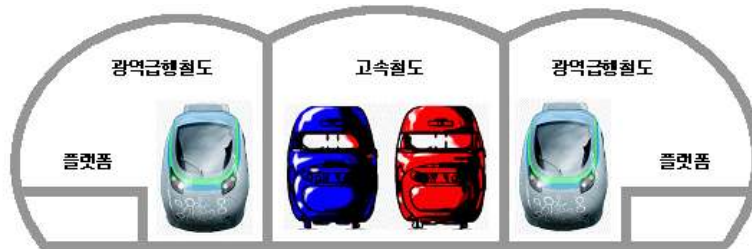
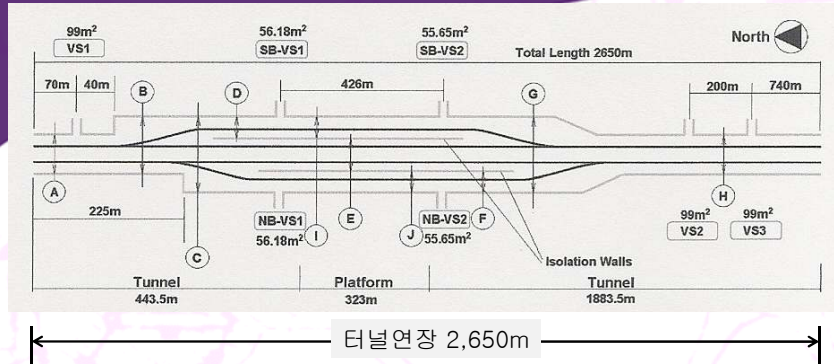


그림 1. 상대식 2홀4선에서의 궤도고립

고속철도와 광역급행철도 혼용구간의 지하승강장 대기승객 이명감 문제 - 3

- 상대식의 2홀4선 정거장이 비교적 선호도가 높으며 그림 1과 같이 중앙의 궤도 고립으로 고속열차 통과에 따른 소음과 열차풍을 차단시켜 줌. 그럼에도 불구하고 고립궤도가 있는 지하정거장의 경우 열차 피스톤 효과로 유도된 공기 압력변동과 기류가 열차 진행방향으로 전파되어 적절히 통제해야 할 필요가 있음.
- 이러한 공기압의 영향은 고립궤도를 가능한 길게 하거나 지하정거장 전후로 압력경감 수직관을 많이 설치하거나 터널에서 지하정거장까지의 터널 단면적 변화를 비대칭으로 급격하게 설계하는 경우에 매우 효과적으로 줄어 듦.
- 그러나 압력경감 수직관 설치는 추가 건설비와 용지보상, 지상간섭 문제 등이 있으므로 적절히 조절 필요.

지하승강장 대기승객 이명감 문제를 해결한 고속철도 지하역사 설계사례(홍콩)



- 중국 광저우 고속철도의 홍콩지역 연장노선
- 운행속도 300km/h (터널연장 2.65km 내에 지하역사 설치)
- 비대칭 구조 설계, 터널내 수직갱 3개소, 지하역사 내 환기갱 4개소
- 터널연장 2.65km 앞 뒤로 터널갱구 열림 조건임

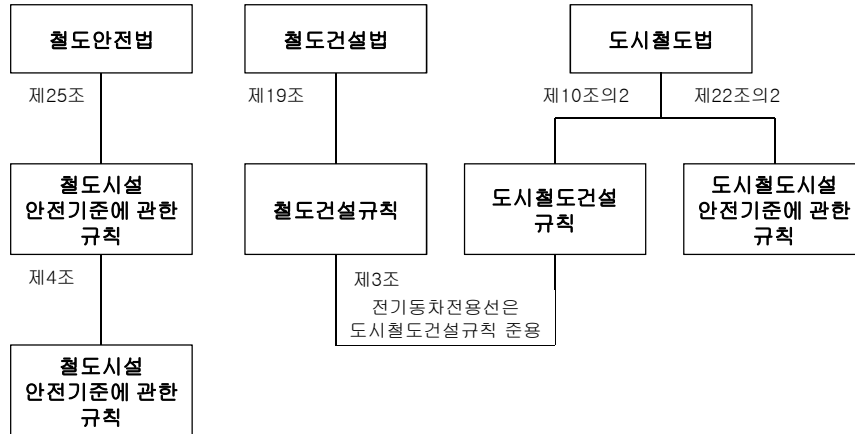
국내철도터널 방재기준 현황 및 향후 전망

철도분류 용어의 정의

철도의 종류	용어의 뜻
고속철도 ⁽¹⁾	열차가 주요구간을 시속 200 킬로미터 이상으로 주행하는 철도
광역철도 ⁽²⁾	2개 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 도시철도 또는 철도로서 대통령령이 정하는 요건에 해당하는 도시철도 또는 철도
일반철도 ⁽³⁾	고속철도와 “도시철도법”에 따른 도시철도를 제외한 철도
도시철도 ⁽⁴⁾	도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도·모노레일·노면전차·선형유도전동기·자기부상열차 등 궤도에 의한 교통시설 및 교통수단

- (주) (1) 철도건설법 제2조제2호
 (2) 대도시권 광역교통관리에 관한 특별법 제2조제2호나목
 (3) 철도건설법 제2조제4호
 (4) 도시철도법 제3조제1호

관련법규 현황 검토



광역철도 터널의 방재 기준의 방향 - 1

- 현재의 철도안전 관련법규는 크게 철도와 도시철도로 구분되어 제정되어 있음.
- 철도의 경우 대피통로, 배연설비 및 연결송수관설비 등의 주요 방재시설에 대해서는 정량적 안전성 분석을 수행하여 설치여부 및 시설규모를 결정하도록 되어 있으나, 도시철도의 경우 방재시설 별로 별도의 성능검토 없이 설치하도록 되어 있음.
- 세계적으로 방재시설은 성능기반설계기법을 통해 설치하는 추세에 있음. “철도시설 안전기준에 관한 규칙”에서 정하고 있는 안전성 분석도 대표적인 성능기반설계기법임. 도시철도의 경우에도 주요 방재시설에 대해서는 성능기반설계기법을 적용하여 설계하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

광역철도 터널의 방재 기준의 방향 - 2

- 광역철도는 2개 이상의 시·도에 걸쳐 운행되는 지리적인 특성상 구조적으로 철도와 도시철도의 기능을 모두 갖고 있습니다. 도시와 도시의 중간지역은 산악터널 형태로 건설되나, 도시지역 내에서는 지하역사와 지하역사를 지하터널로 연결하는 도시철도의 지하철 형태로 건설되므로 단순히 한 쪽 법규만을 일방적으로 적용하는 것에도 다소 문제가 있다고 사료됨.
- 광역철도는 구조적인 특성을 고려하여 산악터널 구간과 지하철 구간을 구분할 필요가 있으며, 산악터널 구간은 “철도시설 안전기준에 관한 규칙”을 적용하고, 지하철 구간은 “도시철도시설 안전기준에 관한 규칙”을 적용하는 방안도 고려될 수 있음.

광역철도 터널의 방재 기준의 방향 - 3

- “도시철도시설 안전기준에 관한 규칙”에서도 주요 방재시설에 대해서는 성능기반설계기법에 따라 설치여부 및 시설규모를 결정하도록 방재기준을 변경하는 것이 바람직할 것으로 사료됨.
- 도시철도의 경우 “도시철도시설 안전기준에 관한 규칙”이 새로이 제정되면서 기존의 “도시철도 건설규칙”과 일부 내용이 중복되어 있음. 기존 “도시철도 건설규칙”의 제6장(선로표지 등의 안전설비) 내용은 “도시철도시설 안전기준에 관한 규칙”의 제2장(선로시설) 내용과 유사하며, “도시철도시설 안전기준에 관한 규칙” 내용이 보다 구체적임.
- 따라서 “도시철도 건설규칙”의 제6장 부분은 추후 삭제되는 것이 타당하다고 사료됨.

BEC
www.bumchang.co.kr

2010 한국터널공학회 제3회 터널기술 토론회

서울시 지하철터널의 환기와 방재시스템

2010. 09. 29

발표자 : 양태운


BEC(주)범장종합기술

터널기술 토론회

BEC
www.bumchang.co.kr

1. 지하철 환기 시스템 및 열차풍 저감방안

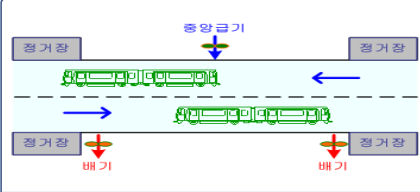
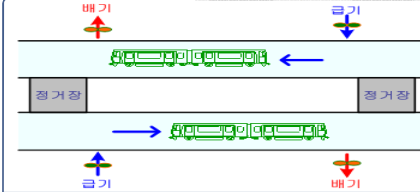
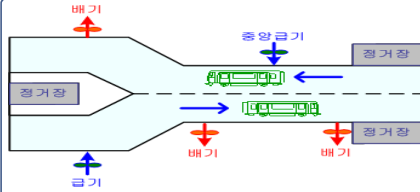
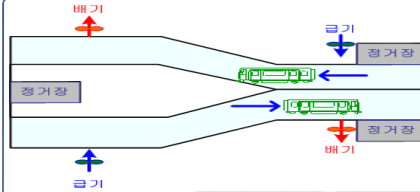
터널기술 토론회



www.bumchang.co.kr


1. 지하철 환기시스템

환기 방식

복선구간	단선구간
 <p style="text-align: center;">중앙급기 + 양단배기 방식</p>	 <p style="text-align: center;">종류식 환기방식</p>
혼합구간 (복선이 긴 경우)	혼합구간 (단선이 긴 경우)
 <p style="text-align: center;">단선 + 복선 혼합방식</p>	 <p style="text-align: center;">격벽 설치후 단선 환기방식</p>

터널기술 토론회

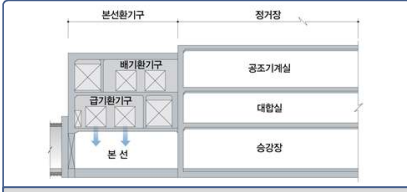

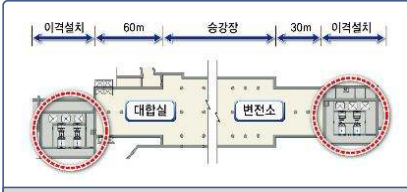
1



www.bumchang.co.kr

2. 지하철 방재시스템

본선 환기실 배치 방안

승강장과 인접설치	정거장 내부 설치
 <p style="text-align: center;">• 기본방식으로 전구간 환기가능</p>	 <p style="text-align: center;">• 지하3층 이상 및 대규모 정거장 내부의 유휴공간 활용 • 승강장 내부로 열부하 및 소음 전달방지 ↳ 급배기구는 승강장과 이격 설치</p>
승강장과 이격설치	
 <p style="text-align: center;">• 인접 기능실 구간 환기 미흡</p>	

터널기술 토론회

2

BEC
www.bumchang.co.kr

1.지하철 환기시스템

● 급행열차 통과시 열차풍 영향

승강장 열차풍 유입

시속 80km/h 급행열차 통과

후면 이중벽 등으로 열차풍 유입

천정재 탈락

기압 및 부압 발생

환기팬 정지

이상압력으로 모터 과부하 발생

스크린도어 충격

급행열차 통과 (80km/hr)

열차풍충격

도어 및 구조물 진동 발생

터널기술 토론회 3

BEC
www.bumchang.co.kr

1.지하철 환기시스템

● 열차풍 저감방안

열차풍압 저감풍도

열차풍 배출

급행열차풍 발생

분류리드수벽 설치

스크린도어

분쇄 기압도 완화

가동부 이중 브러쉬

열차풍 저감 풍도 시·중장부 설치

아풍으로 인한 시설물 보호 및 분진유입 저감

터널기술 토론회 4

BEC
www.bumchang.co.kr

2. 지하철 화재 사고사례 및 대책수립

터널기술 토론회

BEC
www.bumchang.co.kr

2. 지하철 방재시스템

화재사고원인

국내 화재발생요인

원인	비율
전기	20.8%
환기구 (담배꽂초)	37.5%
공사중 부주의	16.7%
기기 고장	13.0%
미확인	8.3%
방화	4.2%

- 환기구 담배꽂초에 의한 실내가연물 발화
- 누전 및 공사 부주의에 의한 사고 많음

국외 화재발생요인

원인	비율
전기	38.0%
미확인	32.0%
쓰레기	10.0%
방화	11.0%
기술적 결함	8.0%
충돌	1.0%

- 전기누전 등에 의한 발화
- 방화에 의한 화재비율이 높음

검토결과

- 국내 지하철 화재는 환기구 담배꽂초나 전기적인 요소에 의한 소규모 화재 발생이 많음
- 특히 방화에 의한 화재 발생은 화재규모 및 재산피해 증가로 대책 필요

터널기술 토론회 5



www.bumchang.co.kr

2.지하철 방재시스템

화재사고 사례조사

구분	화재개요	문제점 분석	비고
대구지하철 1호선 중앙로역	- 2003 02월 18 오전 - 192명 사망, 147명 부상 - 승객의 객차내 방화	- 차량내부 난연성 등급이 낮은 물질로 구성 - 비상대응 체계 미비 - 화재상황 오프으로 인근열차로 확산	
서울지하철 7호선 가리봉-온수역	- 2005년 1월 3일 오전 - 1명부상 - 승객의 객차내 방화	- 차량내 불연내장재로 교체 과정중 - 화재감지 미확인 상태로 운행 - 철산역 승객 하차 후 온수역에서 진화	
아르제바이젠 BAKU 울주도역	- 1995년 10월 28일 오후 - 300명사망 270명 부상 - 차량에서 원인미상 발화	- 차량내부 재질이 가연성 물질로 구성 - 기관사의 비상대응조치 미흡 - 출입문 고장 및 피난대피시설 미비	
영국런던 King Cross역	- 1987년 11월 18일 오전 - 31명 사망, 50명 부상 - 담배불로 E/S 에서 화재발생	- 러시아워와 겹쳐 큰 피해 발생 - 마감재가 가연성 물질구성 - 화재발생 신속인지 및 비상대응 미흡	

터널기술 토론회
6



www.bumchang.co.kr

2.지하철 방재시스템

방재시설 소개 - 1

피난대피로 확보	정전시 시야 확보	화재연기 배출
정거장 비상피난 계단	피난 유도 축광타일	Top Light 설치
		
본선 비상 피난계단	본선 거리표시 유도판	본선 환기팬에 의한 제연
		

터널기술 토론회
7



www.bumchang.co.kr

2.지하철 방재시스템

방재시설 소개 - 2




피난연결통로 신설

안전터널, 비상대피통로 추가설치, 비상시 보조대피통로

선 터널 내부 및 상대터널 신속대피를 위한 피난대피 환경개선

8

터널기술 토론회

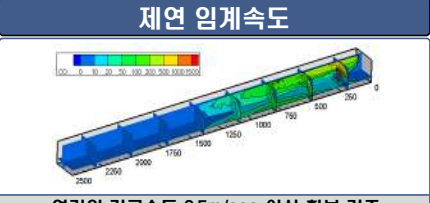


www.bumchang.co.kr

2.지하철 방재시스템

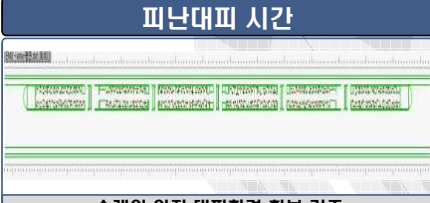
실계검증으로 안전성 확보

제연 임계속도



연기의 기류속도 2.5m/sec 이상 확보 검증

피난대피 시간



승객의 안전 대피환경 확보 검증

정량적 안전성 분석 (QRA)

```

    graph TD
      A[통계자료조사] --> B[사고시나리오작성]
      B --> C[사고빈도결정]
      C --> D[CFD&FED분석]
      D --> E[QRA 분석]
      E --> F{기준만족}
      F -- No --> B
      F -- Yes --> G[분석종료]
      H[위험기준선정] --> F
    
```

- 대규모이며 수송 수요가 많은 정거장은 필요시 QRA 수행으로 방재시설보강 필요

9

터널기술 토론회



감사합니다



BUMCHANG ENGINEERING CO., LTD

BEC(주)범창종합기술


서울특별시 영등포구 양평동5가 18
Tel:02.570.1500/Fax:02.570.1588

토론자료 3
내화 분야

터널 화재강도 및 내화관련 국내외 현황

2010. 09.

책임자: 김흥열

 한국건설기술연구원

Part-01 도로/철도터널 화재시 화재강도

Part-02 터널 내화관련 기준 국내외 현황 및 향후 전망

Part-01 도로/철도터널 화재시 화재강도

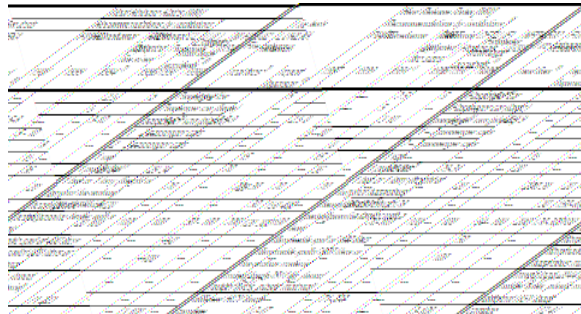
1.1 화재강도 : 열방출률 (Heat Release Rate)

실제 화재강도

- 터널화재시 대화장능 및 소화전비 등의 용량선정을 위해 적용하는 차량별 최대연방출률 (MW)
- 터널 화재시 화재진압을 위한 Fire Design 설계

도로터널

- 승용차 : ~5MW
- 버스(중합차) : ~20MW
- 트럭 : ~30~100MW
- 유조차 : ~300MW
- 소방방재청고시 제 2009-31호
"도로터널의 화재안전기준"
: 개인설비의 설계화재강도
50MW



* Reference : Fit Technical Report Part 1: Design Fire Scenarios

1.1 화재강도 : 열방출률 (Heat Release Rate)

철도터널

• 열치는 자량에 비해 화재강도의 밀도가 평범하거나 비교적 적음 (불연재료사용)

• 최근의 열차차량은 비교적 적은 열방출률으로 평가됨

• 실험적인 방법
: 객차 1량 - 최대 16.3MW(침대열차 포함)
: 지하철 객차 - 최대 35MW(EURAKA 499)

• 설계 적용 화재강도
: 독일 - 25MW (신형열차 6MW 고려 중)
: 호주 - 20MW
: 미국 - 최대 14.28MW (부분간 화재하중 고려)

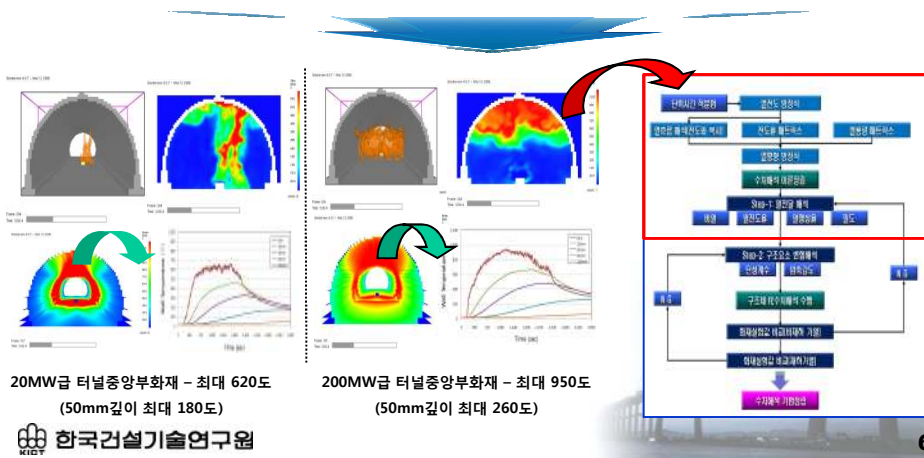
한국건설기술연구원

구분	차종	화재강도(MW)	비고	
실험적 방법	일반객차	6~13.5(평균 7.5 MW)	EURAKA 499	
		최대 16 MW	British Rail	
	Sprinter	최대 10 MW	British Rail 난연재사용	
	침대열차	최대 16.3 MW(평균 11.3 MW)	Thai Railway	
	기관차	고속	7 MW	TGV(화재시 풍속에 영향) 모형실험
		디젤	15~30 MW	British Rail(실험여부불명)
전기		30 MW	Hongkong MTR	
지하철 객차	최대 35 MW(평균 11.5 MW)	EURAKA 499		
설계 적용	일반객차	독일	25 MW	독일 설계기준 신형 차량에 대해서 6 MW 고려 중
		호주	20 MW	호주의 설계기준 신형 객차는 20 MW 이하로 추정
		미국	0.97~14.28	미국의 설계기준
	지하철차량		10~24	싱가폴
			5~10	홍콩
			7~17.6	영국
도시철도	10.8, 12.3, 13.2, 16.1, 18, 23.1, 31.1	미국		
연구 논문	일반객차		6~25/14 적용	Munro
			15	Ingason
			10	Mrtlinelli(이탈리아)
			15	Liu(중국)
	지하철차량	5	Pagan, LUL 적용	

1.1 화재강도 : 열방출률 (Heat Release Rate)

FE 수치 해석

- 터널 구조요소들의 대화성능 연구를 위한 해석기법을 정립하기 위해 터널 화재시 터널안의 공기온도 해석 수행
- 20MW 와 200MW 화재의 경우에 대한 터널 콘크리트 벽면 및 내부의 온도해석

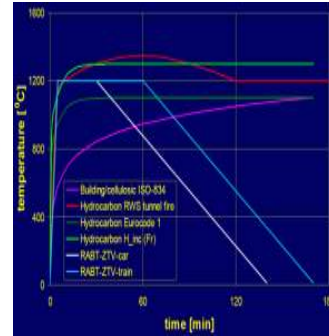
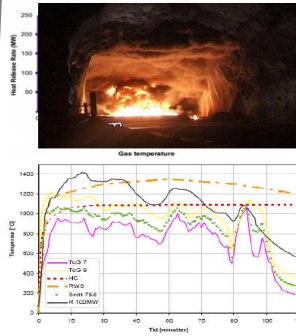


1.2 화재강도 : 시간-가열 온도곡선

- 시간당 열방출률(MW) + 최대온도 + 화재지속시간으로 평가된 화재시나리오
- 폭발, 구조물 손상 등 터널 구조물의 붕괴를 방지하기 위한 Passive Fire Protection Design 설계

대표적 터널 시간-가열 온도곡선

- ISO 834
: 최대 1030°C 2시간 내화시험
- Hydrocarbon (HC) 스웨덴
: 최대 1100°C 140분 내화시험
- RABT/ZIV-독일, 일본
: 최대온도 1200°C 10-30분간 지속
- MIC-프랑스
: 최대온도 1300°C 140분 내화시험



Part-02 터널내화기준 국내외 현황 및 향후 전망

2.1 터널 내화관련 기준 현황

내화성능에 대한 ITA 권고사항

구분	화재 차량대수	침매 터널	불안정 지반의 터널	안정지반의 터널	개착식 터널	환기 덕트	외부연결탈출구	상대터널 연결 탈출구	셸터
1	1-2	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO 30분	ISO 30분	ISO 30분
1	>3	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO60분	ISO 30분	ISO 30분	ISO 30분
2	1-2	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcinc 2시간	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간	ISO 30분	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간
2	>3	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcinc 2시간	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간	ISO 30분	RWS/Hcin c 2시간	RWS/Hcin c 2시간

EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2 -Structural fire design

- ISO, IIC 화재시나리오에 대한 기준만 언급되어 있음

EFNARC – Specification and Guidelines for Testing for Passive Fire Protection for Concrete Tunnel Linings

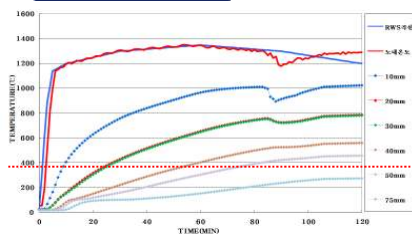
- 콘크리트 터널라이닝 시험체의 내화성능 평가를 위한 시험방법을 제시

2.2 터널 내화성능 평가를 위한 국내 연구현황

실험내용

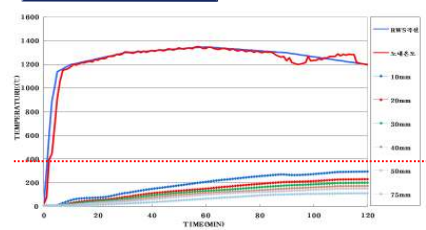
- 화재조건에 따른 내화성능 확보방안(PP혼입, 내화보드, 뽕칠)별 실증실험 – Small Scale fire test.
- 실험목적: 화재손상범위를 보호하기 위한 내화방안 유형별 최소 시공두께 도출.
- 실험조건: 화재강도-RWS Fire, 터널라이닝 강도-40MPa, 가열시간-120분, 평가기준 (ITA, 380°C)
상대습도-33.5% (5회 평균), 수분함유량-3.14%(3회 평균, ASTM C106), 재령-270일(9개월)

무 피복 조건



- ❖ 화재손상범위: 0mm ~ 50mm
- ❖ 최고온도: 1011°C(10mm)
- ❖ 내화성능: 9분(368°C)

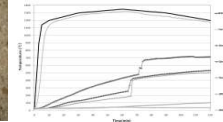
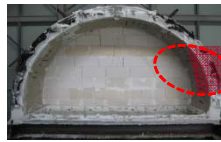
피복조건(19mm.보드)



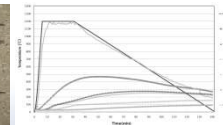
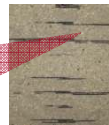
- ❖ 화재손상범위: 0mm
- ❖ 최고온도: 295°C(10mm)
- ❖ 내화성능: 120분(295°C)

2.2 터널 내화성능 평가를 위한 국내 연구현황

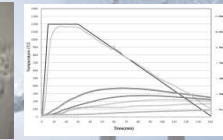
터널화재폭선(RABT, MHC, RWS)의 구현이 가능한 실구조 터널가열로를 개발하여 현장에서 적용되는 터널라이닝 세그먼트를 대상으로 터널화재시 콘크리트 구조물의 화재손상범위를 평가하였음.



RWS-폭렬저감재 혼입



RABT(Car)-폭렬저감재 무혼입



RABT(Car)-폭렬저감재 혼입

2.3 터널 내화기준 적립을 위한 향후 전망

터널 내화관련 기준 - 국내에는 전무한 실정

화재시나리오기준 적용

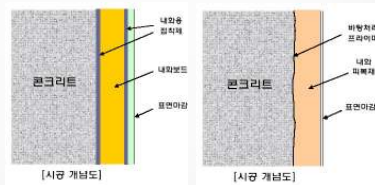
- 각국의 실정에 맞는 터널화재 시나리오를 개발하고 이를 적용하는 철도터널 설계기준을 제시
- 화재 철도터널의 용도와 철도적재물에 따라 적절한 내화설계를 반영

화재시 구조요소의 한계온도

- ITA(국제터널협회)에서 도출된 각 터널 구조요소별 화재실험 결과를 준용
- 콘크리트 구조체 - 380°C 이하로 보호
- 강재 구조요소 - 250°C 이하로 보호

터널 유형별 내화성능 확보방안

- 섬유혼입 공법 - 철도터널의 설계 하중이 낮은 경우 (1~20MW), 폭렬방지에 효과적이며 경제적
- 내화재를 사용한 열차단 방법 - 콘크리트 표면에 내화재를 부착하여 열전달 지연시키는 방법, 내화보드 부착과 뿔철도포방법이 대표적



내화보드 부착공법

내화뿔철재 도포공법



감사합니다.



토론자료 4
전기 분야

제 3회 터널기술 토론회

2010년 9월 29일

**국내 터널 전기관련 기준 내용 소개 및
터널 통합운영시스템의 발전 전망**

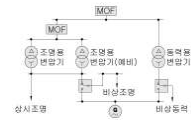
(사)한국터널공학회

상진기술엔지니어링 대표 서 상 진

제 3 회 터널기술 토론회

국내 터널 전기관련 기준 내용 소개

1. 국내 터널 전기관련 기준 내용

공종	기준 및 법규	내용												
수전 및 동력 설비	· 전기공급약관 제18조의 2(한국전력) ➡ 전기사용 계약단위	 <p>· 1전기사용장소에 2이상의 계약종별 이거나, 1전기 사용장소가 2이상의 전기사용계약단위로 구분될 경우는 2이상의 전기사용계약을 체결할 수 있다. (예1) 동력/조명 ➡ 모자계량방식 적용 (예2) 관리사무소 및 부변전실에서 22.9kV 각각 수전</p>												
	· 전기공급약관 제23조(한국전력) ➡ 전기공급 방식, 공급전압 및 주파수	<table border="1"> <thead> <tr> <th>계약전력</th> <th>공급방식 및 공급전압</th> <th>전압 및 주파수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100kW 미만</td> <td>· 교류 단상 220V 또는 삼상 380V</td> <td rowspan="4">AC 110V, 220V, 380V 60Hz</td> </tr> <tr> <td>100kW 이상~10,000kW 이하</td> <td>· 교류 삼상 22.9kV</td> </tr> <tr> <td>10,000kW 초과~400,000kW 이하</td> <td>· 교류 삼상 154kV</td> </tr> <tr> <td>400,000kW 초과</td> <td>· 교류 삼상 345kV 이상</td> </tr> </tbody> </table>	계약전력	공급방식 및 공급전압	전압 및 주파수	100kW 미만	· 교류 단상 220V 또는 삼상 380V	AC 110V, 220V, 380V 60Hz	100kW 이상~10,000kW 이하	· 교류 삼상 22.9kV	10,000kW 초과~400,000kW 이하	· 교류 삼상 154kV	400,000kW 초과	· 교류 삼상 345kV 이상
	계약전력	공급방식 및 공급전압	전압 및 주파수											
100kW 미만	· 교류 단상 220V 또는 삼상 380V	AC 110V, 220V, 380V 60Hz												
100kW 이상~10,000kW 이하	· 교류 삼상 22.9kV													
10,000kW 초과~400,000kW 이하	· 교류 삼상 154kV													
400,000kW 초과	· 교류 삼상 345kV 이상													
· 전기공급약관 제43조(한국전력) ➡ 역률에 따른 요금의 추가 및 감액	<p>· 기준역률이 60%까지 미달하는 때 1%당 기본요금의 1%를 추가, 95%까지 초과하는 때 1%당 기본요금의 1%를 감액</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>변압기 2차측 역률개선 콘덴서</th> <th>개별 전동기용 역률개선 콘덴서</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>· 22.9kV~380/220V 변압기 병크별로 역률 개선 캐패시터를 설치</td> <td>· 개별 전동기는 역률 개선 캐패시터를 설치하여 종합역률 90% 이상유지</td> </tr> </tbody> </table>	변압기 2차측 역률개선 콘덴서	개별 전동기용 역률개선 콘덴서	· 22.9kV~380/220V 변압기 병크별로 역률 개선 캐패시터를 설치	· 개별 전동기는 역률 개선 캐패시터를 설치하여 종합역률 90% 이상유지									
변압기 2차측 역률개선 콘덴서	개별 전동기용 역률개선 콘덴서													
· 22.9kV~380/220V 변압기 병크별로 역률 개선 캐패시터를 설치	· 개별 전동기는 역률 개선 캐패시터를 설치하여 종합역률 90% 이상유지													

공종	기준 및 법규	내용																								
동력 및 간선 설비	· 내선규정 1415-1절(대한전기협회) ➡ 전압강하	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">공급변압기의 2차측 단자 또는 인입선 접속점 이르는 사이의 전선 길이(m)</th> <th colspan="2">전압강하 (%)</th> </tr> <tr> <th>전기사업자로부터 제압으로 전기를 공급받는 경우</th> <th>사용장소에 시설한 전용 변압기에서 공급하는 경우</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120 이하전</td> <td>4 이하</td> <td>5 이하</td> </tr> <tr> <td>200 이하</td> <td>5 이하</td> <td>6 이하</td> </tr> <tr> <td>200 초과</td> <td>6 이하</td> <td>7 이하</td> </tr> </tbody> </table>	공급변압기의 2차측 단자 또는 인입선 접속점 이르는 사이의 전선 길이(m)	전압강하 (%)		전기사업자로부터 제압으로 전기를 공급받는 경우	사용장소에 시설한 전용 변압기에서 공급하는 경우	120 이하전	4 이하	5 이하	200 이하	5 이하	6 이하	200 초과	6 이하	7 이하										
	공급변압기의 2차측 단자 또는 인입선 접속점 이르는 사이의 전선 길이(m)	전압강하 (%)																								
		전기사업자로부터 제압으로 전기를 공급받는 경우	사용장소에 시설한 전용 변압기에서 공급하는 경우																							
120 이하전	4 이하	5 이하																								
200 이하	5 이하	6 이하																								
200 초과	6 이하	7 이하																								
· 내선규정 3220-4절(대한전기협회) ➡ 수전설 등의 시설	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>앞면 또는 조작계측면</th> <th>뒷면 또는 점검면</th> <th>열상호간(점검하는 면)</th> <th>기타의 면</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>특고압 배전반</td> <td>1.7m</td> <td>0.8m</td> <td>1.4m</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>고압 배전반</td> <td>1.5m</td> <td>0.6m</td> <td>1.2m</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>저압 배전반</td> <td>1.5m</td> <td>0.6m</td> <td>1.2m</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>변압기 등</td> <td>0.6m</td> <td>0.6m</td> <td>1.2m</td> <td>0.3m</td> </tr> </tbody> </table>	구분	앞면 또는 조작계측면	뒷면 또는 점검면	열상호간(점검하는 면)	기타의 면	특고압 배전반	1.7m	0.8m	1.4m	-	고압 배전반	1.5m	0.6m	1.2m	-	저압 배전반	1.5m	0.6m	1.2m	-	변압기 등	0.6m	0.6m	1.2m	0.3m
구분	앞면 또는 조작계측면	뒷면 또는 점검면	열상호간(점검하는 면)	기타의 면																						
특고압 배전반	1.7m	0.8m	1.4m	-																						
고압 배전반	1.5m	0.6m	1.2m	-																						
저압 배전반	1.5m	0.6m	1.2m	-																						
변압기 등	0.6m	0.6m	1.2m	0.3m																						
· 전기설비기준의 판단기준 제194조(대한전기협회) ➡ 케이블 트레이공사	<p>· 전선은 난연성 케이블시험 기준에 합격한 케이블 사용 ① 내화전선 : 750℃ ±5℃인 불꽃에 3시간 가열, 12시간 경과후 전선의 허용용량 3A 퓨즈가 단선되지 않을 것 ② 내열전선 : 810℃ ±10℃인 불꽃을 20분간 가한후 불꽃을 제거하였을 경우 10초이내 자연소화</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">내화 케이블</th> <th colspan="2">내열 케이블</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>· 0.6/1kV F-FR-8</td> <td>· 0.6/1kV NFR-8</td> <td>· F-FR-3</td> <td>· NFR-3</td> </tr> </tbody> </table>	내화 케이블		내열 케이블		· 0.6/1kV F-FR-8	· 0.6/1kV NFR-8	· F-FR-3	· NFR-3																	
내화 케이블		내열 케이블																								
· 0.6/1kV F-FR-8	· 0.6/1kV NFR-8	· F-FR-3	· NFR-3																							

제 3 회 터널기술 토론회

국내 터널 전기관련 기준 내용 소개

공종	기준 및 법규	내 용																						
도로 설비	· 전기설비기준의 판단기준 제225조(대한전기협회) ➡ 옥축 또는 옥외의 방전등 공사	· 가로등주 안에서 전선의 접속은 절연 및 방수기능이 있는 방수형 접속제를 사용하거나 적절한 방수함 안에서 접속																						
방재 예비 전원 소방 설비	· 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침(국토부) · 도로터널 조명시설의 설계 기준(국토부) · 도로안전시설 설치 및 관리지침(국토부) · 도로설계편람(국토부) · 터널설계기준(국토부) · 도로기전시설설치 및 유지관리지침(서울시) · 전기설비 주요방침 및 기준(도로공사) · 국가화재안전기준(소방방재청)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>공급 요건</th> <th>근거 규정</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>필수조명(비상발전기)</td> <td>· 기본부조명의 최저 1/2 이상 확보</td> <td>· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로안전시설 설치 및 관리지침</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">비상조명(UPS전원)</td> <td>· 최저 10lx 이상</td> <td>· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로터널 조명시설의 설계기준</td> </tr> <tr> <td>· 비상 조명등은 60분간 작동, 10lx 이상</td> <td>· 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603) · 도로설계편람</td> </tr> <tr> <td>방재전원(UPS전원)</td> <td>· 터널내 방재설비 전원공급 · 제어실 방재설비 전원공급</td> <td>· 도로터널 방재시설설치 및 관리지침</td> </tr> <tr> <td>제연설비</td> <td>· 비상발전기에서 전원공급</td> <td>· 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">전 기 소방설비</td> <td rowspan="3">· 감시상태 60분간 지속후 경보상태 10분 이상, 축전지 설비 설치 · 유도등을 20분 이상 작동 · 비상콘센트 비상전원공급</td> <td>· 비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201) · 비상방송설비의 화재안전기준(NFSC 202) · 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203)</td> </tr> <tr> <td>· 유도표시등 및 유도표지설비의 화재안전 기준(NFSC 303)</td> </tr> <tr> <td>· 비상콘센트설비의 국가화재안전기준(NFSC 504)</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	공급 요건	근거 규정	필수조명(비상발전기)	· 기본부조명의 최저 1/2 이상 확보	· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로안전시설 설치 및 관리지침	비상조명(UPS전원)	· 최저 10lx 이상	· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로터널 조명시설의 설계기준	· 비상 조명등은 60분간 작동, 10lx 이상	· 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603) · 도로설계편람	방재전원(UPS전원)	· 터널내 방재설비 전원공급 · 제어실 방재설비 전원공급	· 도로터널 방재시설설치 및 관리지침	제연설비	· 비상발전기에서 전원공급	· 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)	전 기 소방설비	· 감시상태 60분간 지속후 경보상태 10분 이상, 축전지 설비 설치 · 유도등을 20분 이상 작동 · 비상콘센트 비상전원공급	· 비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201) · 비상방송설비의 화재안전기준(NFSC 202) · 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203)	· 유도표시등 및 유도표지설비의 화재안전 기준(NFSC 303)	· 비상콘센트설비의 국가화재안전기준(NFSC 504)
		구 분	공급 요건	근거 규정																				
		필수조명(비상발전기)	· 기본부조명의 최저 1/2 이상 확보	· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로안전시설 설치 및 관리지침																				
		비상조명(UPS전원)	· 최저 10lx 이상	· 도로설계편람 · 도로터널 방재시설설치 및 관리지침 · 도로터널 조명시설의 설계기준																				
			· 비상 조명등은 60분간 작동, 10lx 이상	· 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603) · 도로설계편람																				
방재전원(UPS전원)	· 터널내 방재설비 전원공급 · 제어실 방재설비 전원공급	· 도로터널 방재시설설치 및 관리지침																						
제연설비	· 비상발전기에서 전원공급	· 제연설비의 화재안전기준(NFSC 501)																						
전 기 소방설비	· 감시상태 60분간 지속후 경보상태 10분 이상, 축전지 설비 설치 · 유도등을 20분 이상 작동 · 비상콘센트 비상전원공급	· 비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201) · 비상방송설비의 화재안전기준(NFSC 202) · 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203)																						
		· 유도표시등 및 유도표지설비의 화재안전 기준(NFSC 303)																						
		· 비상콘센트설비의 국가화재안전기준(NFSC 504)																						

5

제 3 회 터널기술 토론회

국내 터널 전기관련 기준 내용 소개

공종	기준 및 법규	내 용												
피뢰 설비	· 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제20조(국토부)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>주요 내용</th> <th>보호각계산</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>· 피뢰설비 : 낙뢰의 우려가 있는 건축물 또는 높이 20m 이상의 건축물</td> <td>· KSC IEC 62305의 공식에 인격 부속등급 설정</td> </tr> <tr> <td>· 피뢰시스템</td> <td>· 부속등급에 따른 뇌격거리 적용</td> </tr> </tbody> </table>	주요 내용	보호각계산	· 피뢰설비 : 낙뢰의 우려가 있는 건축물 또는 높이 20m 이상의 건축물	· KSC IEC 62305의 공식에 인격 부속등급 설정	· 피뢰시스템	· 부속등급에 따른 뇌격거리 적용						
	주요 내용	보호각계산												
· 피뢰설비 : 낙뢰의 우려가 있는 건축물 또는 높이 20m 이상의 건축물	· KSC IEC 62305의 공식에 인격 부속등급 설정													
· 피뢰시스템	· 부속등급에 따른 뇌격거리 적용													
· KSC IEC 62305(기술표준원)														
접지 설비	· KSC IEC 60364-5-54 (기술표준원) · 내선규정 1445절 (대한전기협회) · 내선규정 5220절 (대한전기협회)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>적용 기준</th> <th>설계 적용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>· KSC IEC 60364-5-54 · 내선 규정 1445절 · 내선 규정 5220절</td> <td>· 접지설비 및 보호도체 · 접지공사의 종류와 저항값 · 과전압에 대한 보호(SPD, 써지보호장치)</td> </tr> </tbody> </table>	적용 기준	설계 적용	· KSC IEC 60364-5-54 · 내선 규정 1445절 · 내선 규정 5220절	· 접지설비 및 보호도체 · 접지공사의 종류와 저항값 · 과전압에 대한 보호(SPD, 써지보호장치)								
	적용 기준	설계 적용												
· KSC IEC 60364-5-54 · 내선 규정 1445절 · 내선 규정 5220절	· 접지설비 및 보호도체 · 접지공사의 종류와 저항값 · 과전압에 대한 보호(SPD, 써지보호장치)													
· KSC 3703 터널조명기준(기술표준원) · 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침(국토부) · 도로터널 조명시설의 설계기준(국토부) · 도로안전시설 설치 및 관리지침(국토부) · 도로설계편람(국토부) · 터널설계기준(국토부) · 도로기전시설설치 및 유지관리 지침(서울시) · 전기설비 주요방침 및 기준(도로공사)														
터널 조명 설비		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>개요 및 기능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> <tr> <td>경계부</td> <td>· 터널입구 직후에 있는 장애물을 설계 속도에 대응한 시인거리(설계 속도 80km/h시 100m)로부터 인식하는데 필요한 배경을 주는 부분</td> </tr> <tr> <td>이행부</td> <td>· 자동차가 터널 입구로부터 시인거리만큼 떨어진 위치에서 주행을 시작하여 터널에 진입하기 직전까지 사이에 시인거리만큼 전방에 있는 장애물을 보기 위한 필요 배경을 주는 부분</td> </tr> <tr> <td>기본부</td> <td>· 순응이 어느정도 이루어진 상태로 거의 일정한 휘도를 유지하는 구간</td> </tr> <tr> <td>출구부</td> <td>· 주간에 지하도로 출구를 통해 보이는 야외의 높은 휘도에 의하여 일어나는 시각장애를 극복하기 위해 휘도배경을 주는 구간</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	개요 및 기능			경계부	· 터널입구 직후에 있는 장애물을 설계 속도에 대응한 시인거리(설계 속도 80km/h시 100m)로부터 인식하는데 필요한 배경을 주는 부분	이행부	· 자동차가 터널 입구로부터 시인거리만큼 떨어진 위치에서 주행을 시작하여 터널에 진입하기 직전까지 사이에 시인거리만큼 전방에 있는 장애물을 보기 위한 필요 배경을 주는 부분	기본부	· 순응이 어느정도 이루어진 상태로 거의 일정한 휘도를 유지하는 구간	출구부	· 주간에 지하도로 출구를 통해 보이는 야외의 높은 휘도에 의하여 일어나는 시각장애를 극복하기 위해 휘도배경을 주는 구간
		구 분	개요 및 기능											
		경계부	· 터널입구 직후에 있는 장애물을 설계 속도에 대응한 시인거리(설계 속도 80km/h시 100m)로부터 인식하는데 필요한 배경을 주는 부분											
		이행부	· 자동차가 터널 입구로부터 시인거리만큼 떨어진 위치에서 주행을 시작하여 터널에 진입하기 직전까지 사이에 시인거리만큼 전방에 있는 장애물을 보기 위한 필요 배경을 주는 부분											
기본부	· 순응이 어느정도 이루어진 상태로 거의 일정한 휘도를 유지하는 구간													
출구부	· 주간에 지하도로 출구를 통해 보이는 야외의 높은 휘도에 의하여 일어나는 시각장애를 극복하기 위해 휘도배경을 주는 구간													

6

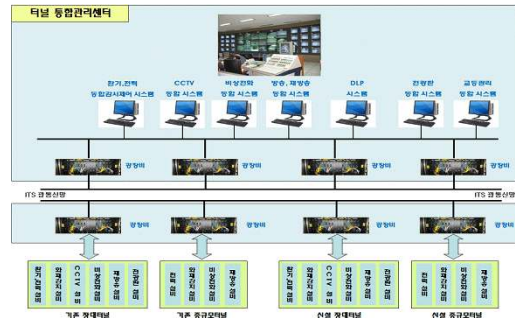
터널 통합 운영시스템의 발전 전망

1. 터널 통합운영 시스템 구축의 필요성

- 안전운전을 위협하는 요소의 증가
 - 지속적인 도로 건설 및 기존도로 현대화
 - 도로터널 증가
- 도로터널에 각종 방재시설 설치
 - 중규모 및 단터널(1,000m 이하) : 관리사무소 없음
 - 장대터널 (1,000m 이상) : 독립적인 감시제어 시스템 구축(운영방법 상이)
- 통합관리 시스템 구축 필요성 제기(도로터널방재시스템개선방안 연구보고서, 국토해양부, 2008.11)
 - 관리체계의 표준화
 - 선진화된 시설물 관리
 - 비상시 대응체계 강화
- 통합 유지관리시스템 구축 효과
 - 사고 예방 및 원활한 교통 소통
 - 신속한 사고탐지 및 피해 축소
 - 유지관리 인력 및 비용절감

[터널 통합운영 시스템 구축사례]

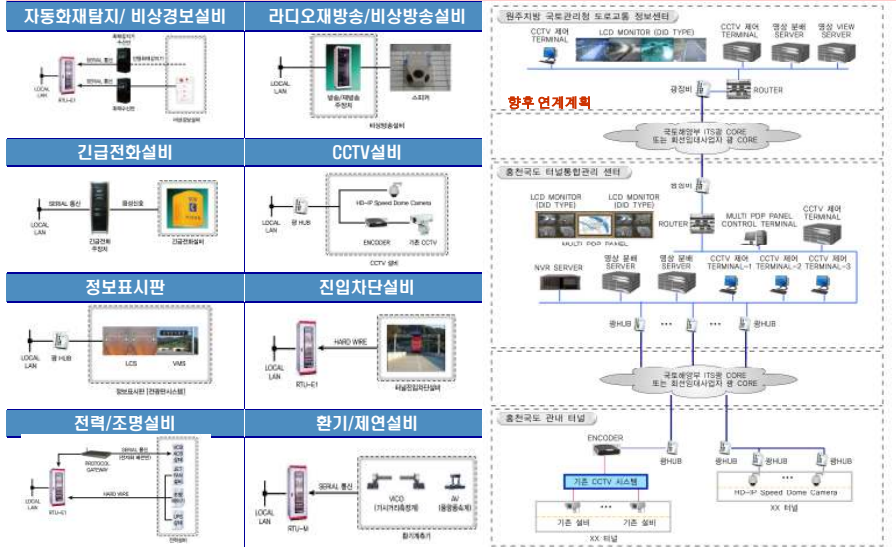
- 도공 대관령지사 터널 통합관리시스템
- 서울출천 민자고속도로 통합관리시스템
- 서울외곽고속도로 통합관리시스템
- 신대구 부산고속도로 통합관리 시스템
- 동충천 양양 고속도로 통합관리 시스템
- 흥천국도 통합관리시스템(실시설계완료)



2. 통합운영 대상 터널 시설물

설비명	기능	관리방법
전력/조명설비	터널의 전력 및 조명회로 상태를 감시 및 제어하는 설비	전력계측, 기기상태감시
무정전전원설비	전원장애를 극복하여 안정된 전력을 공급하는 설비	기기상태 감시
비상발전설비	전원장애 시 비상전력을 공급하는 발전 설비	기동/정지 감시
제연설비	화재 시 발생하는 Fan을 이용 연기를 제어하는 설비	기동/정지 및 상태감시
자동화재탐지설비	화재 발생시 자동으로 화재를 탐지하여 경보발생	화재경보 수신
비상경보설비	화재 발생 경보 신호(수동발신기)	비상경보 수신
비상방송설비	터널내 재해 발생시 터널내 보행자가 비상방송을 청취 할 수 있도록 하는 설비	원격방송
긴급전화설비	터널 내부 단말기와 통합관리센터 운영자와 통화를 위한 설비	전화수신, 발신유지 확인
CCTV설비	터널내 영상 감시를 위한 설비	영상감시/카메라제어
라디오재방송설비	지상전파가 도달하기 힘든 터널내 공간에 AM/FM 방송을 청취 할 수 있도록 하는 설비	할입방송, 방송상태감시
정보표시판	교통정보를 표시판을 통해 운전자에게 전달해 주는 장치	문자표출
진입차단설비	터널내 사고시 후속차량의 진입을 차단하는 설비	차단/해제 상태감시
영상유고검지시스템	터널내부 CCTV 영상을 이용한 유고 감지 시스템	사고검지

3. 국도터널 통합운영시스템 구축 사례 (실시설계 완료)



4. 향후 발전 방향

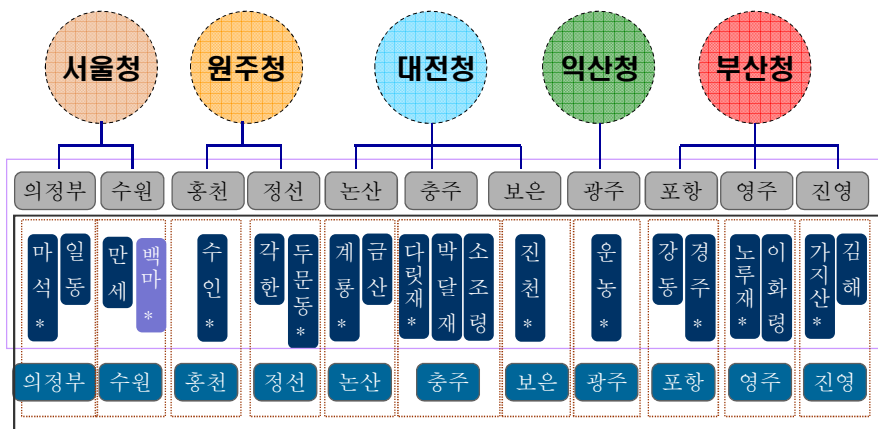
4.1 통합 운영 시스템 구축

- 향후 신설 터널 통합방안
 - 시공단계에서부터 인터페이스 장치를 구비토록 시설 표준화
 - 중규모 및 단 터널 : 시스템 주장치 레벨 통합
 - 장대터널 : 현장레벨(통합교통관리 합체) 통합
- 통합 네트워크 구축
 - 단기적 : 회선사업자 망 임대
 - 중 장기적 : 국도 ITS 시설과 연계한 자가 통신망 구축
 - 도로 시설물 통합 관리 : 도로변 절개면 낙석 감시 CCTV 등
- 법적인 정비
 - 전기사업법 제73조 및 시행규칙 제40조 : 국도 터널의 경우 2개 터널(고속국도 4개 터널)에 한하여 1명의 전기안전관리자가 관리 가능함(현재)
- 기타
 - 감시인력 및 점검인력 직무 표준화 및 정원 기준 마련
 - 표준화된 비상시 대응 매뉴얼 제정



4.2 국토해양부 터널 통합관리센터 구축계획(안)

현행 터널관리사무소 25개소, 유인관리사무소 19개소
 통합 통합 유지관리센터 11개소



주) *는 향후 통합유지관리센터 11개소 위치

● 준비위원

위원장: 김상환 교수 (호서대학교)

총괄간사: 박인준 교수 (한서대학교)

총무분과: 유충식 교수 (성균관대학교)

출판분과: 장수호 박사 (한국건설기술연구원)

행사분과: 김낙영 박사 (한국도로공사), 김동규 박사 (한국건설기술연구원)

홍보분과: 박인준 교수 (한서대학교)

● 토론회 협찬사

대림산업, 대우건설, 동부건설, 두산건설, 삼성물산(주)건설부문, 쌍용건설,
SK건설, GS건설, 현대건설 (가나다순)

주 의

1. 본 자료집은 한국터널공학회에서 발간한 제3회 터널기술 토론회 자료집으로서 무단복제를 금합니다.
2. 본 자료집 내용의 일부 또는 전부를 발췌할 경우에는 해당 발표자 또는 토론자에게 직접 문의바랍니다.
3. 본 자료집의 구매는 한국터널공학회 사무국으로 문의바랍니다.
(학회사무국: 02-3465-3663/3665)