

## 도로터널 화재에 안전한가? - 도로터널 화재예방 대책 추진 -



**이인모**  
한국터널공학회 회장  
고려대학교 교수



**윤성배**  
건설교통부 도로환경팀  
사무관

### 1. 머리말

우리나라는 산지가 많은 지형특성 및 환경 친화적인 도로건설로 도로터널의 수가 빠른 속도로 증가하고 있다. 표 1과 같이 1997년 184개소에서 2006년에는 932개소로 748개소가 증가하여 연평균 45%의 증가율을 보

이고 있다.

또한 터널연장도 점점 증가하여 표 2에서 알 수 있듯이 500m이상의 터널이 전체의 52%, 장대터널(1,000m 이상)은 전체의 17%를 차지하고 있는 상황이다. 조사된 바에 따르면, 일반국도 및 고속국도에 건설중인 터널은 총 578개소에 달하며, 이중 장대터널은 22%나 되는 것으로 조사되고 있다.

표 1. 도로터널 증가추이 (단위:개소, km)

기준년도	1997년	2006년	증가수	증가율 (연평균)
계	184 (150)	932 (649)	748	407% (45%)
고속국도	65 (50)	402 (315)	337	518% (58%)
일반국도	49 (33)	272 (173)	223	455% (51%)
기타(특별시도, 지방도 등)	70 (67)	258 (161)	188	269% (30%)

\* ( )는 터널연장(km)

표 2. 연장별 터널현황 (단위:개소, km)

구 분	합 계	500m 미만	500m~ 1,000m	1,000m 이상
계	932(649)	444(137)	326(225)	162(287)
점유율	100%	48%	35%	17%
고속국도	402(315)	158(47)	162(113)	82(155)
일반국도	272(173)	138(47)	99(70)	35(56)
기타(특별시도, 지방도 등)	258(161)	148(43)	65(42)	45(76)

\* ( )는 터널연장(km), 2006년 말 기준

표 3. 국내 주요 도로터널 사고 현황

년도	터널명	연장(m)	사고원인	사고피해
1999	마성터널	1,450	대형화물차의 파손 타이어 과열 화재발생	교통제한 시간 30분
1999	남산3호터널	1,260	빗길 과속으로 승용차가 매표소에 충돌	1명 사망
2000	수리터널	1,882	소형화물차 우측터널 내벽에 충격후 전소	교통제한 시간 30분
2000	둔내터널	3,300	둔내터널 상행선 출구부 소형차 화재	3시간 이상 차량 정체
2001	장지터널	587	과속으로 승용차가 터널입구 옹벽에 충돌	1명 사망, 4명 중상
2001	다부터널	1,041	엔진부분의 합선으로 인해 승용차 화재	1시간만에 화재 진화
2001	마성터널	1,461	터널내 11중 연쇄 충돌사고 발생	1명 사망, 100여명 부상
2002	무안3터널	280	승용차가 터널 입구 측벽과 충돌	2명 사망
2002	남산1호터널	1,530	좌석버스의 자연발화	차량화재 20분간 지속
2003	옥천4터널	874	화물트럭 화재연기에 후속차량 10대 추돌	약 3시간 교통 통제
2003	홍지문터널	1,890	25인승 미니버스와 승용차 추돌화재	2시간 40분간 교통 통제
2003	옥천3터널	1,613	승용차가 터널 측벽 추돌, 6대 연쇄 추돌	10여명 부상
2003	안영2터널	600	1톤 화물차가 승용차, 관광버스와 추돌	5명 부상
2005	달성2터널	993	나이키 미사일 추진체를 운반하던 차량 발화로 인한 화재	터널의 화상구간이 약 470m로서 47%에 해당
2007	다부터널	1,041	안동방향으로 달리던 고속관광버스에서 엔진과열로 화재발생 ( '07.1.20, 07:40)	30분만에 진화

이렇게 터널개소 수가 증가하고, 터널연장이 길어짐에 따라 터널내 화재위험은 갈수록 높아지고 있는 상황이다. 이에 건교부에서는 그동안 발생한 터널내 화재원인을 분석하고, 터널화재 발생시 가장 효과적으로 대응할 수 있는 방안을 마련하기 위해 「도로터널 방재시스템 개선방안」을 2007년 7월 말부터 우리 한국터널공학회에서 주관하여 한국건설기술연구원, 도로학회, 한국화재소방학회 등과 공동연구에 착수하였으며, 이 연구내용에 대해 간략히 소개하고자 한다.

## 2. 도로터널 사고 현황 및 특성

### 2.1 도로터널 화재발생 현황

표 3에서 보여준 바와 같이 최근 발생한 총 15건의 사고중 9건이 화재로 진화되었으며, 달성 2터널의 사례에

서도 알 수 있듯이 위험물 탑재차량 사고시에는 대규모 피해가 발생할 확률이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 국외에서도 터널내 대형화재가 발생하여 막대한 재산 및 인명피해를 남긴 사실이 있다.(그림 1)

### 2.2 터널내 화재의 원인 및 특성

2007년 6월 2일(토)에 발생한 호남터널 화재, 2007년 6월 5일(화)에 발생한 통영2터널 화재처럼 터널내 화재는 주로 과속, 차선변경, 운전자 부주의 혹은 차량결함 등에 의한 교통사고에 의해 발생한다. 일반 도로에서 발생한 교통사고에 비해 터널 내에서의 교통사고는 차량이 터널벽면에 충돌하는 경우가 많아 터널내 교통사고가 대부분 화재로 이어지고 있다는게 전문가들의 의견이다.

터널화재는 터널이라는 밀폐된 공간 특성상 5분내 1,000℃ 이상으로 온도가 급상승하며, 차량연소로 유독



〈몽블랑 터널 화재〉

프랑스 / 1999년 / 사망 39명, 복구비용 3억\$



〈고타드 터널 화재〉

스위스 / 2002년 / 사망 11명, 복구비용 2천5백만\$

그림 1. 국외 터널사고 사례

가스 및 연기가 발생하여 화재장소로의 접근이 극히 제한된다는 특성이 있다. 또한 화재를 전달하는 인화성 물질은 차량으로 한정된다는 특징을 가지고 있다.

화전, 소화기구, 물분무 설비 등이 그 예라 할 수 있다. 이러한 건축물 화재 기준을 충족하기 위해 설치된 시설로 인하여 터널 건설비가 증가하는 반면에 효율성은 그에 미치지 못하고 있는 실정이다.

둘째로, 내화케이블 설치를 의무화 하였으나, 호남터널과 같이 대규모 터널화재 발생시 1,000℃ 이상 온도

### 3. 현 방재시설 설치 기준의 문제점

#### 3.1 방재시설 설치기준 현황

현 방재 시설기준은 도로터널 방재시설 설치기준(표 4)과 같이 터널의 여건을 감안하지 않고, 주로 연장별로 구분하여 건물화재 중심의 기준 및 대책을 적용하고 있으나, 도로터널의 특성인 연장성 및 협소성을 감안할 때 도로터널 화재에 대한 효과적인 대응이 어려운 것이 사실이다.

#### 3.2 현 기준의 문제점

첫째, 표 4에서도 알 수 있듯이, 현재의 관련법(소방시설 설치 및 유지관리에 관한 법률 등) 및 터널방재 기준에서는 건물 화재처럼 터널내에 화재가 발생할 경우, 진화의 개념을 도입하여 시설 기준이 제정되어 있다. 소

표 4. 도로터널 방재시설 설치기준 (지방지역의 일반통행 터널)

터널연장 (m)	500m	500m~1,000m	1,000m~3,000m	비 고
방재시설	미만	1,000m	3,000m	
소화설비	소화기구		소화전	
경보설비	라디오 재방송 설비	비상경보 설비, 비상방송 설비	자동화재 탐지설비, CCTV, 정보표지판	* 물분무 설비는 3,000m 이상 터널에 설치권장
피난 설비	비상 조명등, 피난 연락갱(권장)	유도 표지판, 피난 연락갱	비상 주차대	* 짧은 연장에 설치된 시설은 긴연장 터널에 기본설치
소화 활동 설비	무선통신 보조설비	비상 콘센트 설비	재연설비, 연결송수관 설비	
비상 전원 설비	무정전 전원설비 (UPS)	비상 발전설비		

표 5. 도로터널내 사고특성에 따른 개선방향

구분	사고특성 및 요인	개선방향
사고요인	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사고요인은 교통사고이며 단독보다 복합요인 작용</li> <li>- 사고후 2차적으로 벽면과 마찰 및 연쇄추돌에 의해 화재로 발생될 가능성이 큼.</li> <li>- 정비불량/과속/안전거리 미확보로 연쇄 추돌 발생 경향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>〈터널화재의 사전예방 대책〉</li> <li>- 운전자의 안전의식 준수 유도 및 정기점검 강화</li> <li>- 과속방지/차선변경/안전거리 확보 방안 마련</li> <li>- 대형차 및 위험물 적재 차량 통행 유도</li> </ul>
화재특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀폐공간 특성상 5분내 1,000℃ 이상 온도 급상승, 차량연소로 유독가스 및 연기배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>〈사후피해 최소화 대책〉</li> <li>- 초기화재 감지</li> <li>- 대형화재로 발전하기 이전 3분내 초기 진화 필요</li> <li>- 터널내 추가차량 진입 방지 및 승객의 신속한 대피유도</li> </ul>

가 상승할 경우, 단전의 위험이 있는 것이 사실이다.

마지막으로, 전기사업법에서는 일정규모 이상의 전기 시설에는 전기안전 관리자를 상주하도록 하였으나, 소규모 터널(관리사무소가 없는 터널)에서는 상주인력이 미 배치되는 등 현실과 맞지 않으며, 또한 터널 유지를

위한 위탁 관리비가 연간 약 200억원(고속국도 : 112억, 일반국도 : 71억원 등)이 소요되고 있으며, 향후 준공될 터널까지 고려하면 연간 약 400억원에 이르게 되어 관리방법의 혁신이 필요한 시점이라 말할 수 있다.

## 4. 개선방안

### 4.1 터널 내 방재기준 개선방안

도로 터널내 발생한 사고특성을 분석하여, 표 5의 도로 터널 내 사고특성에 따른 개선방향과 같은 개선방향을 도출할 수 있다.

### 4.2 터널화재의 사전 예방대책

도로터널 사고의 주요 원인은 교통사고이지만, 현재 사고를 사전에 예방할 수 있는 과속운행과 불법 차로변경 등의 단속시스템이 미비하고, 터널내 교통흐름의 실시간 전달이 미흡한 상황이다. 따라서 과속 및 차로변경 방지를 위한 구간무인단속시스템을 도입하여 안전운전을 유도할 필요가 있다. 또한, 일정규모(예 : 2,000m 이상의 초장대 터널)의 터널을 통과하는 대형 차량 및 위



출발 대기 라인에 있는 트럭

대형차량 통행 유도차량

그림 2. 대형차량 유도 해외사례(몽블랑 터널)

표 6. 터널사고 사전예방 문제점 및 개선대책

문제점	개선대책
- 도로터널화재의 주 원인인 교통사고 사전예방 시스템 미비 (과속운행과 불법 차로변경 등에 대한 단속 시스템 미비) - 터널내의 교통흐름 실시간 전달 미흡	- 장대터널(예 : 1,000m 이상)의 경우, 「구간무인단속시스템」 설치운영 (경찰청등과 협의·추진) ⇒ 과속·차선변경 단속(구간무인단속시스템 : 터널의 거리와 통과시간을 계산하여 과속을 단속) - 초장대터널(예 : 2,000m 이상)의 경우, 인화물질 적재차량은 별도 유도 차량 안내(경찰청 등과 협의·추진) - 정보표지판 등 터널내의 실시간 교통상황 전달체계 구축

험물 적재차량의 경우, 대형차량 유도 해외사례(그림 2)와 같이 별도 유도차량으로 이동하는 방안을 검토할 필요가 있다. 주요 문제점 및 개선대책은 표 6과 같이 요약할 수 있다.

### 4.3 사후피해 최소화 방안

터널내부에서의 화재는 건축물 화재처럼 진화가 아닌 '초기진화 및 대피' 라는 개념으로 접근해야 할 것이다. 이는 터널 내부의 인화성 물질은 차량으로 한정된다는 사실에 기인하며, 극단적으로 터널내 진입한 모든 차량이 불에 타더라도 국민의 생명보호에 중점을 기울여야 한다는 의미를 지닌다.

표 7에서와 같이 터널의 특수성을 감안한 화재 원인 및 특성을 고려하여 방재시설 설치비용을 최소화하는 한편, 방재시설의 실효성을 극대화하는 노력이 필요할 것이다.

### 4.4 통합 유지관리시스템 구축방안

터널의 장대화화 터널수가 증가함에 따라 최상의 터

표 7. 사후피해 최소화 방안

구분	현행기준	개선안
방재시설 설치기준	주로 터널연장에 따라 방재시설 설치기준이 제정됨	지역, 교통량 등을 추가 고려하여 방재시설 설치기준 보완
방재시설	장대터널 경우, 소화전 및 스프링쿨러 설치	자동차의 화재에 대해 효과 미흡(설치 필요 여부 검토)
전선 케이블	내화케이블(750℃, 3시간 유지) 사용 및 전선상단 배치 (터널 화재 시 최소 1,000℃ 이상 온도 상승으로 효과 미비)	화재시 단시간내 전소되지 않도록 공동구 등 전선의 설치방법 개선 (부분정전 허용)
사고 인지도	신속한 사고인지 불가 (현행 자동화재탐지설비)	'조기 화재감지→초기 진화→5분내 대피, 터널 진입차단'의 개념을 도입한 시스템 도입 검토(루프 및 영상 감지기 등)
차량진입 방지시설	화재시 차량진입 방지 시설 기준 없음	터널 입구에 커텐식 차단막 및 VMS 설치

널상태를 유지하여 사고를 예방하고 사고 발생시 효율적인 대처가 가능토록 하기 위해, IT기술을 활용하여 국토유지건설사무소 내 여러 터널의 중요 설비를 한 장소에서 통합적으로 관리할 필요가 있다. 통합관리를 시행할 경우, 유지관리비를 절감(예 : 영동고속도로 진부·둔내터널 등의 통합관리를 통한 인력 42명에서 16명으로 감축)할 수 있고, 재해 발생 시 전문인력에 의한 순찰 및 진화요원 투입으로 즉각적인 대처가 가능하여 재산과 인명피해를 최소화 할 수 있다.

### 4.5 관련법 제·개정

현행 터널 관련 법규 및 지침은 건설교통부, 산업자원부, 소방방재청등에서 별도로 제정되어 건설교통부의



표 8. 현행 유지관리체계 및 개선방안

구분	현행설치	개선안
유지관리	1km 이상의 터널에 관리사무소를 설치하여 유지관리비 매년 증가 * 연간 고속 112억, 일반국도 71억원 소요 (2006년 기준)	「최첨단 무인·원격 통합관리 시스템」설치로 관리의 효율성 제고
교통상황 파악	터널별 관리로 인해 전반적인 교통상황 파악 어려움	ITS를 활용한 터널 교통상황 파악 및 교통정보 공유
시설물 유지관리	터널 시설물에 대한 전반적인 유지관리 절차, 작업계획, 관리계획 및 터널시설물 상태 파악이 어려움	터널내 시설물 관리의 전산화 및 원격통합관리시스템 구축으로 종합적인 시설물 유지관리 가능
자동제어 시스템 표준화	각 터널별 자동제어시스템 제어방식 및 공급업체가 달라 보수유지비 증가	터널별 자동제어시스템 표준화로 기존 시스템 변경시 인터페이스 추가비용 최소화

설비 및 제도 개선방안이 타부처 소관의 법과 일치하지 않은 부분이 있는 것이 사실이다. 금번 연구결과가 소방 시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률(화재안전기준),

전기사업법, 전기설비기술기준 등에 공통으로 반영이 될 수 있도록, 도로관리의 총괄부처인 건교부가 주관이 되어 유관 부처와 긴밀한 협조체계를 유지할 것이다.

## 5. 설문조사

건설교통부에서는 위에서 논의한 사항에 대해서 관련 전문가 및 대국민 여론을 수렴하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 참여마당신문고, 건설교통부 홈페이지 등을 통해서 실시하였으며, 조사시기는 2007년 8월 8일~2007년 10월 5일까지 약 60일 간이었다. 총 398명이 참여하였고 설문 문항은 총 13개 문항으로 조사 하였으며, 조사결과는 다음과 같다.

### 5.1 국내터널 방재시스템에 대한 총괄 질의

1, 2항의 현재 터널내 방재설비가 화재에 대한 안전성 및 적합성을 묻는 질문에는 각각 44%, 42.2%가 “아니다”라고 답변하였고, “그렇다”라는 답변은 6.8%, 10.3%에 불과하였다. 3항의 유지관리 체계 및 방재시스

표 9. 관련법 제 개정

구분	현행법규	개선안
관리의 현실화	전기사업법 40조 : 전기안전관리자의 선임. 동일 노선의 고속국도에 설치된 2개소의 터널용 전기설비는 1인이 안전관리업무 수행 가능	본 과업 결과에 따라 터널군별 통합관리체계를 위하여 전기사업법 개정안 도출
다심케이블	전기설비기술기준 제194조 : 케이블 트레이에 시설할 수 있는 다심케이블의 수를 지정	터널내 케이블 설치공간의 협소로 최적 케이블 설치 수를 검토하여 기술기준에 반영
적정시설에대한 기술기준반영	터널내 설치되는 방재시설, 화재감지기, 제연팬, 소방용 케이블의 터널내 실제 실험 결과가 반영되지 않음	터널내 방재시설, 화재감지기, 제연팬, 소방용 케이블을 실제 터널내에서 실제 실험을 수행하여 적정 시설에 대한 기술기준을 작성하여 국가화재안전기준 등에 반영함
관련법규통일	소방방재청에서 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)을 고시 건설교통부에서 도로터널방재시설설치지침과 터널설계기준을 고시	터널내 방재시설의 설치지침, 터널설계기준의 제정은 건설교통부에서 수행하나 국가화재안전기준은 소방방재청에서 제정하므로 동일한 시설에 대한 입장이 서로 상이하므로 본 연구결과를 관련 법규에 반영

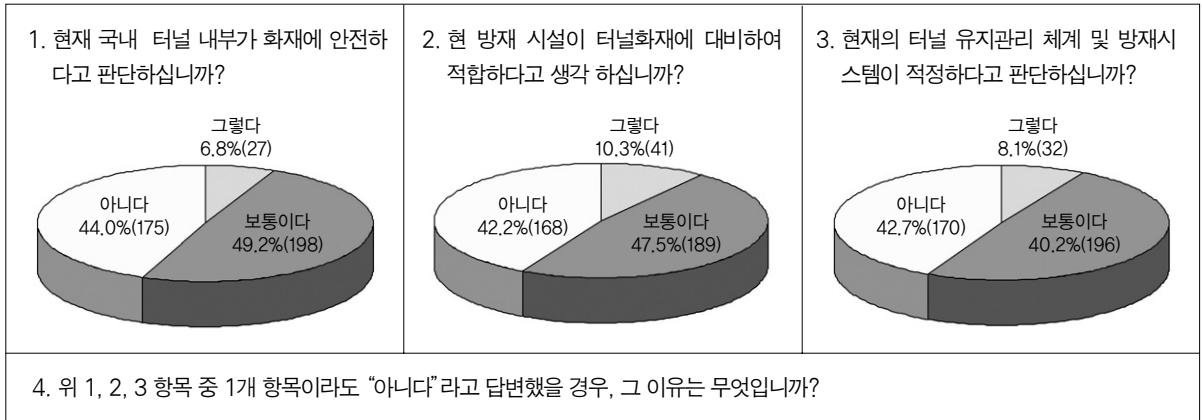


그림 3. 국내터널 방재시스템에 대한 총괄 질의

템의 적합성에 대한 질문에 42.7%가 “아니다”라고 답변하였고, 8.1%만이 “그렇다”라고 답변하였다. 4항에서는 1에서 3문항 중 한 문항이라도 “아니다”라고 답변한 답변자들의 주된 이유는 후속차량의 화재인지시설 부족, 화재시 대처방안에 대한 대국민 홍보 부족, 전문인력 미확보, 초기진압설비 미흡 등을 지적하였다.

### 5.2 도로터널 화재 예방대책에 대한 사전조사

5항의 과속 및 차선변경등의 방지에 대해서는 88.7%가, 6항의 영상유고시스템도입에 대해서는 87.7%가, 7항의 CCTV도입은 73.1%가 “확대설치가 바람직하다”고 하였다. 특히 6항의 기타 답변자 들은 영상유고시스템의 오작동에 의한 정확성 및 안정성 확보, 장대터널에 시험운영 후 점진적 확대가 필요하다고 하였으며, 기타 의견으로는 이런 시설보다 대피시스템 구축이 더 효과적 이라고 답하였다.

8항의 터널진입 차단막도입은 93.7%가 “찬성” 하였으며, 9항에서는 내화케이블보다 “일반케이블을 매입하는 방법을 강구하여 변경하는 것이 바람직하다”고 대답하였고, 기타의견으로 내화케이블을 매설하는 것이 더 안전하다는 의견과 시공성과 유지관리의 어려움을 지적하

였고, 어느 한 곳이라도 불에 탈 경우 누전으로 전체적으로 단전이 우려된다고 답 하였다.

10항의 5~8번 항목이외의 방재시설에 대한 자유기술에서는 터널내부 위험 및 감속을 위한 전광판설치, 방재 시설에 대한 홍보, 설비의 지속적 관리, 피난연락경 배치간격 축소, 터널내 과속방지 및 차선변경 방지 캠페인, 방재설비의 기준이 외국에 비해 강화되어 예산 과다 투입, 초기진압 시스템 도입 등을 기술하였다.

### 5.3 도로터널 통합관리시스템 구축 및 위험차량 유도에 대한 조사

11항의 무인원격 통합관리시스템 도입에는 72.1%가 “도입에 찬성” 하였으며 12항의 위험물질 적재차량의 “초장대터널 통과시 유도차량의 유도통과”를 71.6%가 찬성하였다.

기타 사후대책에 대한 총괄의견에서는 중규모 터널에 대한 통합관리, 긴급출동 시스템구축, 터널내 외장재 개선으로 단조로움에 의한 주의 산만방지, 무인시스템고장에 대비한 일정기술보유자 상주, 제연설비의 유효운도 상향조정, 방재시설투자보다 화재시 대피요령에 대한 교육이 효과적, 진입차단막 확대설치, 터널내 안전의

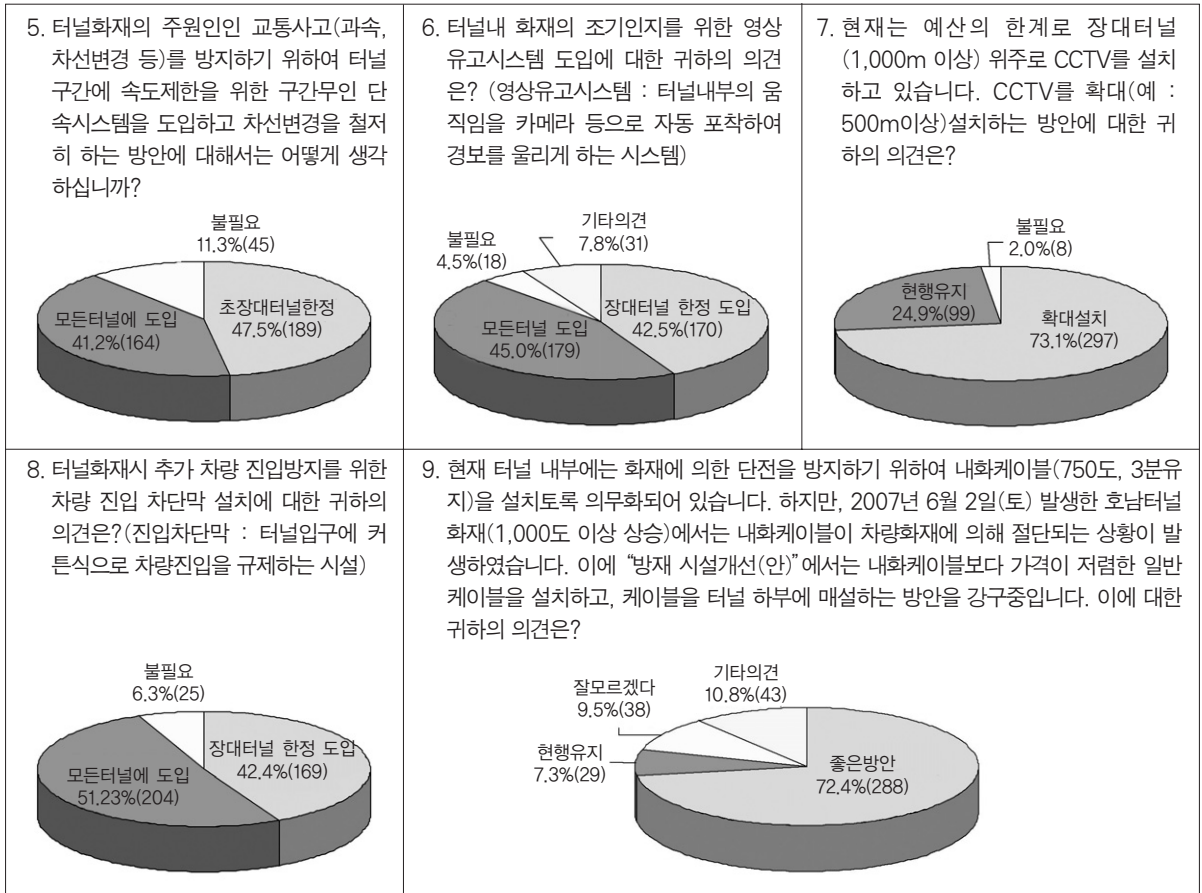


그림 4. 도로터널 화재 예방대책에 대한 사전조사

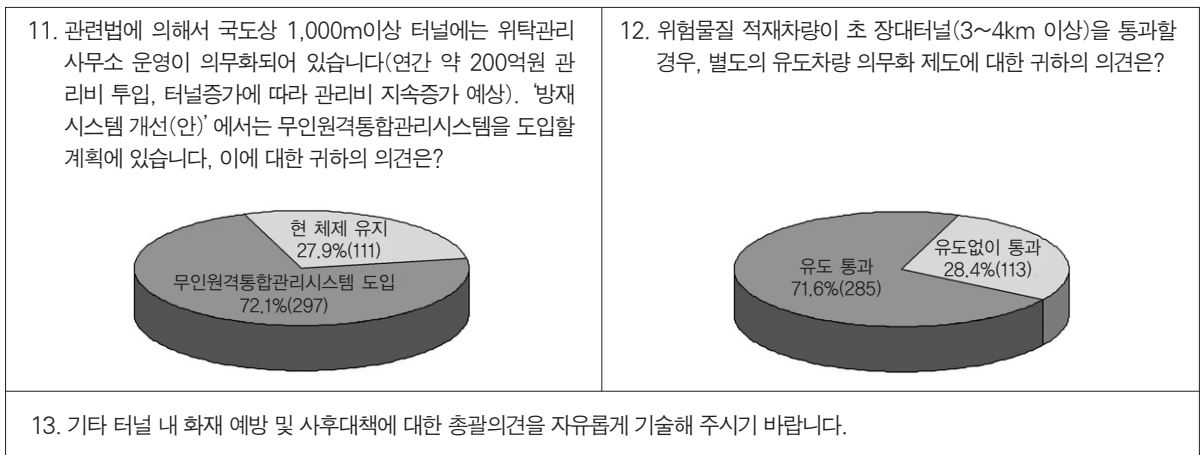


그림 5. 도로터널 통합관리시스템 구축 및 위험차량 유도에 대한 조사



무 불이행자 처벌강화 등이 필요하다고 답하였다.

## 6. 맺음말

지금까지 건교부에서 추진하는 도로터널 방재시설 설치기준 개선 및 통합관리 추진방향에 대하여 개략적으로 소개하였다. 본 연구는 도로 터널내 교통사고에 의해 발생할 수 있는 화재로 인한 인적, 물적 피해를 최소화하기 위하여 착수되었으며, 두 가지의 큰 방향으로 구분할 수 있다.

첫째로 현재의 방재시설 설치기준을 개선하여 사고의 사전예방과 사후피해 최소화 대책(조기진화, 추가진입 차단, 신속한 대피 등)을 마련하고자 한다.

둘째로, 현재의 터널 개별관리체계에서 통합 관리시스템을 도입함으로써, 저비용·고효율화를 유도할 예정이다.

본 연구가 성공적으로 마무리된다면, 터널내 교통사고를 획기적으로 감소시킬 수 있는 방안이 도출될 것이며, 도로 터널내 방재시설을 터널화재에 최적화시켜 불필요한 시설비를 감축하는 대신 그 효율은 극대화시킬 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 터널의 통합관리시스템이 도입되면 신속한 사고인지 및 사후대처가 가능해질 것으로 예상된다. 향후, 연구 추진과정에서 관련분야 종사자들의 지속적인 관심 부탁드립니다. 이만 마무리하고자 한다.