

'도로터널방재시설 설치 및 관리지침'의 주요 개정내용

■ 김 효 규 / (주)지앤비엔지, hgkim@gnbeng.com

2009년 8월에 행정규칙(국토해양부 예규)으로 승격된 '도로터널방재시설 설치 및 관리지침'의 적용과 관련하여 변경된 개정내용을 소개하고자 한다.

국토해양부에서는 '도로터널 방재시스템 개선 연구' 용역을 (사)터널공학회를 통해서 진행하였으며, 2009년 4월에 '도로터널 방재시설 설치 및 관리지침' 이 개정·공포되었다가, 2009년 8월에 '훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정' 에 따

라 행정규칙(예규)으로 승격되어 재공포되었다. 본 논고에서는 개정된 방재지침의 주요 내용을 살펴보고, 2004년 12월 기준과 비교분석을 통해서 변경된 부분을 개괄해 보고자 한다.

2004년 12월 '도로터널방재시설 설치지침'

도로터널방재시설 설치지침은 연장등급을 기준하여 위험도지수에 따른 터널등급을 고려하여 방재시설을 도시 및 지방지역에 따라 설치하도록 되

<표 1> 위험도지수 및 방재등급

위험 인자		범위	위험정도	위험도지수
①	AADT × 터널연장 (103 Veh · km/tube · day)	8 미만	매우낮음	1
		8 이상 ~ 16 미만	낮음	2
		16 이상 ~ 32 미만	중간	3
		32 이상 ~ 64 미만	높음	4
		64 이상	매우높음	5
②	경사도	1% 미만	낮음	1
		1% 이상 ~ 3% 미만	중간	2
		3% 이상	높음	3
③	대형차 혼입율	10% 미만	낮음	1
		10% 이상 ~ 25% 미만	중간	2
		25% 이상	높음	3
④	위험물수송에 대한 법적규제	위험물통행금지	없음	0
		제한없음	높음	2
⑤	정체정도	서비스수준 C 이상	낮음	1
		서비스수준 D 이상	중간	2
		서비스수준 E 이상	높음	3
⑥	통행방식	일방통행	낮음	1
		대면통행	높음	3

어있다. 세부적으로 방재등급의 계산방법은 터널의 길이에 따라 3000 m 이상을 1등급, 1000 m 이상 3000 m 미만을 2등급, 500 m 이상 1000 m 미만을 3등급, 500 m 미만을 4등급으로 분류하고, 6 가지 인자별로 위험도 조건에 따른 위험도지수를 구하여 총합을 계산하고, 이를 6으로 나눈 평균값이 2를 초과하는 경우 터널방재등급을 1단계 상향 조정 하도록 되어 있다. 6가지의 위험인자는 ① 교통량과 터널연장의 곱, ② 경사도(중단경사), ③ 대형차혼입률, ④ 위험물수송에 대한 법적규제 유무, ⑤ 정체정도(V/C 수준 혹은 서비스수준), ⑥ 통행 방식(일방향, 양방향 통행)로 구성되어 있으며 표

1과 같다. 방재시설 적용기준은 표 2와 같으며, 방재시설 설치위치 및 설치간격은 표 3과 같다.

2009년 4월 '도로터널방재시설 설치 및 지침'

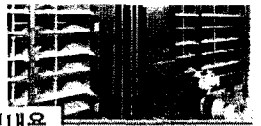
방재시설설치를 위한 터널등급은 터널연장을 기준으로 하는 연장기준등급과 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도지수기준등급으로 구분하며, 등급별 범위는 표 4와 같이 정한다.

터널의 방재등급은 개통 후, 최초 10년, 향후 매 5년 단위로 실측교통량을 조사하여 재평가하며, 이에 따라 방재시설의 조정을 검토할 수 있다.

〈표 2〉 방재시설 적용기준

방재시설		터널등급	① 지방지역의 일반통행 터널				② 대면통행 및 도시지역 터널			
			1등급	2등급	3등급	4등급	1등급	2등급	3등급	4등급
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	●	●	●	●	
	옥내소화전설비	●	●			●	●			
	물 분무설비	△				△				
경보 설비	비상경보설비	●	●	●		●	●	●		
	자동화재탐지설비	●	●			●	●	●		
	비상방송설비	●	●	●		●	●	●		
	비상전화	●	●	●		●	●	●		
	CCTV	●	●			●	●	●		
	라디오재방송설비	●	●	●	△	●	●	●	△	
	정보표시판	●	●			●	●			
피난 설비	비상조명등	●	●	●	●	●	●	●	●	
	유도표지판	●	●	●		●	●	●		
	피난 대피 시설	피난연락경	●	●	●		●	●	●	
		피난경					●	△		
		피난대피소					●	△		
비상주차대		●	●			●	●			
소화 활동 설비	제연설비	●	●			●	●	●		
	무선통신보조설비	●	●	●	△	●	●	●	△	
	연결송수관설비	●	●			●	●			
	비상콘센트설비	●	●	●		●	●	●		
비상전원 설비	무정전전원설비	●	●	●	●	●	●	●	?	
	비상발전설비	●	●			●	●	●		

〈범례〉 ● 기본설비 : 해당터널에 반드시 설치하여야 하는 설비
 △ 권장설비 : 설치의 필요성을 검토하여 필요시 설치하는 설비



<표 3> 방재시설 설치위치 및 설치간격

방재시설		설치위치와 설치방법	설치간격	
소화 설비	소화기구	주행차로 측벽에 격납상자를 설치하고 그 내부에 2개 1조로 하여 격납(대면통행 터널은 양측벽)	50 m 이내	
	옥내소화전 설비	주행차로 측벽설치	50 m 이내	
	물분무설비	측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	물분무 헤드 간격 : 4 ~ 5 m 방수구역 : 50 m 이내	
경보 설비	비상경보설비	소화기 또는 소화전함에 병설		
	화재탐지기	화재탐지기 최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위	
	비상방송설비	측벽설치 (피난연락갱, 피난대피소, 피난갱, 비상주차대 설치)	50 m 이내	
	비상전화	피난대피시설 (피난연락갱, 피난대피소, 피난갱, 비상주차대 설치)에 설치	250 m 이내	
	CCTV	측벽설치 (피난대피시설 및 터널 전구간 감시가 가능하도록 설치함)	200 ~ 400 m 간격	
	라디오재방송설비	터널 전구간에서 청취 가능하도록 설치		
	정보표시판	터널입구 정보표시판 : 터널전방 500 m 이내 차로이용규제신호등	400 ~ 500 m 간격	
피난 설비	비상조명등	야간 점등회로를 이용하여 설치		
	유도표시판	A	피난대피시설 부근	
		B	피난대피시설이 설치된 측벽설치	피난대피시설간에 최소 4개소 이상
	피난 대피 시설	피난연락갱	쌍굴터널(차단문 설치)	250 ~ 300 m 이내
		피난갱	본선터널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 함.	
		피난대피소	본선터널의 측벽이나 하부에 안전공간을 확보하여 설치	250 ~ 300 m 이내
비상주차대		주행차선 갓길, 대면통행 터널은 양측벽		
소화 활동 설비	재연설비	환기설비와 병용		
	무선통신보조설비	라디오 재방송 설비와 병용		
	연결송수관설비	송수구 : 터널입출구부, 방수구 : 옥내소화전설비와 병설	50 m 이내	
	비상콘센트설비	소화전함에 병설	50 m 이내	
비상 전원 설비	무정전 전원설비	시설별 설치	시설별	
	비상발전설비	별도로 구획된 실내에 설치		

<표 4> 터널연장기준 방재등급의 범위

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

터널 위험도지수 산정기준

- 터널 위험도지수는 주행거리계(터널연장 교통량), 터널제원(종단경사, 터널높이, 곡선반경), 대형차혼입률, 위험물의 수송에 대한 법적규제(대형차통과대수, 위험물수송차량에 대한 감시시스템, 위험물수송차량에 대한 유도시스템), 정체정도(터널 내 합류/분류, 터널전방 교차로/

신호등/TG), 통행방식(대면통행, 일방통행)을 잠재적인 위험인자로 하여 산정한다.

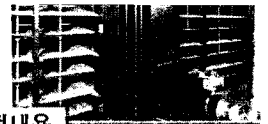
- 각 위험인자별 위험도 산정 세부기준은 표 5와 같이 정하며, 산정방법은 다음과 같다.

- ① 위험도지수기준등급은 일방통행의 경우, 터널류별로 산정하여 상하행 중 등급이 높은 것으로 터널등급을 정한다.

<표 5> 터널 위험도 평가기준

세부평가항목			범위	위험도지수
사고 확률	주행거리계 (교통량 × 연장) (Veh · 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
		진입부 경사도(%)	30 이상	2.0
			3.0 미만	0.5
	터널높이(m)		3.0 이상	1.0
			7.5 이상	1.0
			5.0 이상 ~ 7.5 미만	2.0
	터널곡선반경(m)		5.0 미만	3.0
			1,800 m 이상	0.5
1,800 m 미만			1.0	
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
			5,000 이상	6
		감시시스템	있음	0
			없음	1
		유도시스템	있음	0
			없음	1

<다음 페이지에 이어서>



<표 5> 터널 위험도 평가기준(계속)

	세부평가항목	범위		위험도지수
		길어깨	중분대	
정체 정도	서비스 수준	LOS A~LOSC		1
		LOS D		2
		LOS E~LOS F		3
		대면통행		3
	터널 내 합류/분류	없음		0
		있음		2
교차로/신호등/TG 등	없음		0	
	있음		2	
통행 방식	구분	시설		-
		길어깨	중분대	
	일방통행	○	-	1
		×	-	2
	대면통행	○	○	3
		×	○	4
		○	×	5
×		×	6	

- ② 주행거리계는 교통량과 터널연장을 곱한 값이며, 교통량은 목표 연도(터널 준공 후 20년 후)에 예상되는 연평균일교통량을 기준으로 하며 튜브당 교통량을 적용한다. 단, 중방향 계수는 고려하지 않는다.
- ③ 표고차는 입출구 표고와 터널의 최저지점과의 높이차로 터널의 구간별 경사도와 연장을 곱하여 이의 총합으로 구한다. 단, V자형 경사터널의 경우에는 위험도지수를 2로 한다.
- ④ 진입부 경사도는 터널 전방 1,000 m 구간에 대해서 거리가중평균으로 구한다.
- ⑤ 터널높이는 도상에서부터 터널 천장의 최대 높이로 하며, 횡류환기방식을 적용하는 터널과 같이 터널 천장부에 배연을 위한 유로를 설치하는 경우에는 유로의 높이까지를 터널부 높이로 한다.
- ⑥ 대형차혼입률은 도로설계 시 적용하는 대형차혼입률을 적용한다.
- ⑦ 대형차 주행거리계 산정을 위한 대형차의 기준은 중형트럭, 대형트럭, 특수트럭을 말하며, 연평균일교통량을 기준으로 하여 튜브

- 당 대형차통과 대수를 산정하고 여기에 터널 연장을 곱하여 주행거리계로 구한다.
 - ⑧ 위험물수송차량에 대한 감시시스템 및 유도시스템은 위험물 통과를 규제하거나 선도차량의 유도에 의해서 통과하는 시스템을 말한다.
 - ⑨ 터널진출부의 교차로/신호등 여부는 터널진출부에서 1,000 m 이내의 거리를 기준으로 한다.
 - ⑩ 길어깨는 최소폭원이 2.0 m 이상인 경우에 한하여 길어깨가 있는 것으로 한다.
 - ⑪ 중분대는 폭원 1 m 이상으로 이중가드레일 형식 이상의 안전성을 확보할 수 있는 경우에 한한다.
- 위험도지수기준등급은 연장기준등급에 대해서 다음과 같이 상향 또는 하향하여 적용한다.
- ① 위험도지수기준등급은 연장기준등급 대비 1단계를 상향 또는 하향할 수 있다.
 - ② 연장기준등급 대비 위험도지수기준등급의 상향 및 하향은 500 m 이상(연장기준 3등급 이상)의 터널에만 적용한다.
 - ③ 연장기준등급이 2등급 이상인 터널 중 위험

도지수기준등급이 3등급 이하로 평가되는 경우에는 정량적 위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보가 되는 경우에 등급을 하향할 수 있다.

방재등급별 설치계획

- 터널방재시설은 연장기준등급에 의해서 설치

하는 시설과 위험도지수기준등급에 의해서 설치하는 시설로 구분하며, 방재시설의 설치기준은 표 6과 같이 정하며, 다음과 같이 설치한다.

- ① 소방관련법에 의한 설치대상 방재시설 및 피난연결통로(●로 표시)는 연장기준등급에 의해서 설치한다.
- ② 소방관련법에 의한 설치대상 시설이 아닌

<표 6> 등급별 방재시설 설치기준

방재시설		터널등급				비 고	
		1등급	2등급	3등급	4등급		
소화 설비	소화기구	●	●	●	●		
	옥내소화전설비	●	●				
	물분무설비	○					
경보 설비	비상경보설비	●	●	●			
	자동화재탐지설비	●	●				
	비상방송설비	○	○	○			
	긴급전화	○	○	○			
	CCTV	○	○	△			
	영상유고감지설비	△	△	△			
	라디오재방송설비	○	○	○	△	△: 200 m 이상 4등급터널	
	정보표시판	○	○				
	진입차단설비	○	○				
	피난 대피 설비 및 시설	비상조명등	●	●	●	△	△: 200 m 이상 4등급터널
유도표지등		○	○	○			
피난 대피 시설		피난연결통로	●	●	●		
		피난대피터널(1)	○	△			
		피난대피소(1)	○	△			
비상주차대	○	○					
소화 활동 설비	재연설비	○	○				
	무선통신보조설비	●	●	●	△(2)		
	연결송수관설비	●	●				
	비상콘센트설비	●	●	●			
비상전원설비	무정전전원설비	●	●	●	△(3)		
	비상발전설비	●	●				

● 기본시설 : 연장기준등급에 의함

○ 기본시설 : 위험도지수기준등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

(2) 4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

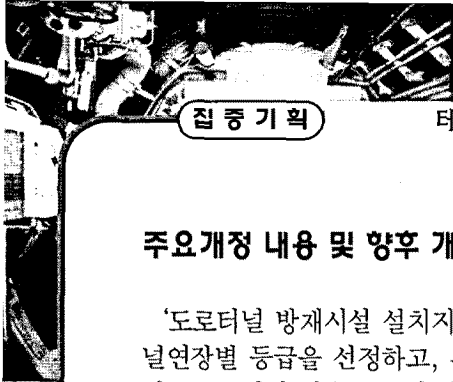


방재시설(○로 표시)은 위험도지수기준등급에 의해서 설치한다.

- 각 방재시설의 터널 내 설치위치 및 설치간격은 표 7을 적용한다.

<표 7> 방재시설 설치위치 및 설치간격

방재시설		설치위치와 설치방법	설치간격	
소화 설비	수동식 소화기	일방통행터널 : 4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽, 4차로 이상의 터널은 양쪽 측벽에 설치 대면통행터널 : 양쪽 측벽에 교차하여 설치, 격납상자를 설치하여 내부에 2개 1조로 비치	50 m 이내	
	옥내소화전설비	4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽 편도 2차로 미만의 대면통행터널은 한쪽 측벽 4차로 이상 일방통행터널 및 편도 2차로 이상의 대면통행터널은 양쪽 측벽	50 m 이내	
	물분무설비	측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	방수구역 : 25 m 이상, 3구역 동시방수	
경보 설비	비상경보설비	수동식 소화기 또는 옥내소화전함에 병설	50 m 이내	
	자동화재 탐지설비	최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위	
	비상방송설비	터널 측벽과 피난대피시설(피난대피터널, 피난대피소, 비상주차대)에 설치	50 m 이내	
	긴급전화	터널입구와 출구부, 터널 측벽과 피난대피시설(피난대피소, 피난대피터널, 비상주차대)에 설치	250 m 이내	
	CCTV	터널측벽설치(피난대피시설 및 터널 전구간 감시가 가능하도록 설치함)	터널내 : 200 ~ 400 m 간격 터널외부 : 500 m 이내	
	영상유고 감지설비	터널 전구간 감시가 가능하도록 설치간격을 정함	100 m 간격	
	라디오 재방송설비	터널 전구간에서 청취 가능하도록 설치		
	정보 표시판	터널입구 정보표지판	터널 전방 500 m 이내	
		터널진입 차단설비	터널 전방 500 m 이내	
		차로이용 규제신호등		400 ~ 500 m간격
피난 대피 설비 및 시설	비상조명등		야간점등회로를 병용하여 설치	
	유 도 표지등	A	대피시설 부근	
		B	대피시설이 설치된 측벽설치	약 50 m 간격
	피난 대피 시설	피난 연결통로	쌍굴터널(차단문 설치)	250 ~ 300 m 이내
		피난 대피터널	본선터널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 함.	
		피난 대피소	본선터널의 측벽이나 하부에 안전공간을 확보하여 설치	250 ~ 300 m 이내
비상 주차대	주행차선 길어깨, 대면통행 터널은 양쪽 측벽	750 m 이내		
소화 활동 설비	제연설비		환기설비와 병용	
	무선통신보조설비		라디오재방송설비와 병용	
	연결송수관설비		송수구 터널입출구부 / 방수구 옥내소화전설비와 병설	50 m 이내
	비상콘센트설비		소화전함에 병설	50 m 이내
비상전원 설비	무정전전원설비		시설별 설치	시설별
	비상발전설비		별도로 구획된 실내에 설치	



주요개정 내용 및 향후 개선사항

‘도로터널 방재시설 설치지침’ (2004)의 경우 터널연장별 등급을 선정하고, 위험도지수의 평균값이 2를 초과할 경우 등급의 상향을 결정하고, 연장이 500 m 미만의 4등급 터널의 경우는 등급의 상향을 고려하지 않도록 하였다. 또한 지방지역의 일방향통행 터널과 도시지역 및 대면통행터널로 구분하여 별도의 방재시설을 적용하였다.

반면 개정된 ‘도로터널 방재시설 설치 및 관리지침’ (2009)의 경우는 터널연장에 의한 등급과 위험도지수에 의한 등급을 별도로 구분하여 터널연장에 의한 등급은 소방관련법과 위험도지수등급에 의한 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침을 별도로 적용한 것이 변경된 개정내용이라고 할 수 있다.

구체적으로 개정된 주요내용을 살펴보면, 위험도지수의 산정법을 항목별로 세분화하여 설계단계에서 면밀한 검토를 수행할 수 있도록 하였으며, 3 km 이상의 장대터널에서는 배연시스템(집중배기 및 대배기구 방식)의 적용을 권장하고 있으며, 터널연장등급 2등급 터널이 위험도지수등급 3등급으로 판별된 경우 위험도평가(QRA)를 통해 방재등급의 하향을 고려할 수 있도록 하고 있다. 신규 추가된 방재시설물로는 영상유고감지설비와 터널 진입차단설비가 있으며, 물분무설비의 경우 기존에는 1등급이상의 터널에서 권장설비로 분류되었으나 개정된 방재기준에서는 위험도지수 1등급이상에서 적용하도록 변경되었다.

그러나 국내 최장대 터널인 인제터널의 경우, 터널연장이 약 11 km 임에도 위험도지수에 의한 등급은 2등급으로 선정되어 1등급에만 적용이 되는 물분무설비가 제외되는 문제점을 내포하고 있어 향후 이에 대한 개선연구가 필요한 것으로 사료된다.

그 외에도 1 km 이상의 터널에서 연장등급은 2등급이지만 위험도 지수등급은 3등급으로 적용되는 터널의 경우 경보설비에 해당하는 정보표시판, 진입차단설비와 피난대피시설의 비상주차대, 소화활동설비인 제연설비가 제외되는 문제점이 있다.

물론 이를 방지하기 위하여 “연장기준등급이 2등급 이상인 터널 중 위험도지수기준등급이 3등급 이하로 평가되는 경우에는 정량적 위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보가 되는 경우에 등급을 하향할 수 있다”라고 규정하였으나, 기본계획단계에서 정량적 위험도 평가를 실시하지 않은 경우 시설물의 적용에 대한 판단여부가 우려된다.

결론

향후 국내 도로터널의 건설수요에 대한 지속적인 증가와 더불어 방재기준도 지속적으로 강화될 것으로 예상된다. 또한 방재기준의 변경에 따른 이전 터널의 방재시설도 지속적으로 교체 혹은 신설되어야 할 것으로 예상된다. 더불어 방재시설관련 예산의 증설 및 유지보수비용 또한 꾸준히 증가될 것임을 감안한다면, 향후 방재시설의 합리적인 관리 및 유지보수 체계를 구축할 필요성이 제기된다.

최근 조사된 ‘도로터널 방재시설 정비 기본 조사·설계 보고서’에 따르면, 방재기준에 따른 방재시설의 설치도 중요하지만, 설치된 방재시설의 자연재해로부터의 보호, 오작동 없는 방재시설의 유지관리체계 구축, 합리적인 방재시스템의 운전 매뉴얼 확보, 기타 각종 방재시설의 고장수리 등이 필요한 것으로 분석된다. 따라서 향후 터널내 비상사태 발생시, 원활한 인명대피 및 소화활동을 위해 기 설치된 첨단 방재시설들의 오작동 없는 효과적인 사용이 무엇보다도 중요한 것으로 보인다. ㉔