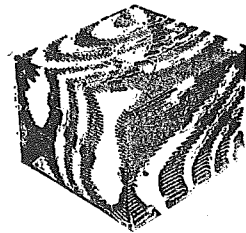


もう1~2個しか残っていない。

ところで、本州四国連絡橋の建設工事では、海峡部では、中央径間1,000mクラスの吊橋や400mクラスの斜張橋など長大橋を10橋施工中であり、陸上部では、道路・鉄道の施工延長は合わせて約100kmに及んでいる。しかしこの陸上部では、トンネルはきわめて少ない。トンネルらしいトンネルといえば、児島・坂出ルートにおける岡山県下での鉄道トンネルであり、それは3.6kmの福南山トンネルのほか2本のトンネルだけである。しかしながら、長さは約200mと短い、非常に珍しい約400m²の大断面トンネルが1つある。それは鷲羽山トンネルである。

このトンネルは、岡山県の南端にあり、すぐさま下津井瀬戸をまたぐ中央区間940mの吊橋につづいている。このルートの橋梁は、鉄道併用橋であり、上段を道路4車線、下段を在来線・新幹線の複複線が走るという大断面構造となっている。したがって、これに接している鷲羽山トンネルは、吊橋の大断面をそのまま内空断面とする設計となるため、他に例のない大きなものとなった。鷲羽山の地質は主に花崗岩であるが、比較的低い丘陵地で、土かぶり最大30mと非常に薄い。公団では、トンネル工学・岩盤力学の専門家の意見を求めながら、いろいろな断面形・トンネル工法の比較を行い、さらに安定性の検討を加えて最終案を選択した。それは、めがねを2つ重ねたような複断面案であり、4つ目トンネルとも呼んでいる。

それは、鉄道部の下段双設トンネルと、道路部の上段双設トンネルとで構成され、掘削断面積は合わせて400m²となり、また両者の中間岩盤の厚さは、3~6mにすぎない。したがって上下左右の近接施工となるが、掘削の手順としては、下段から上段へ、そして左右のトンネルもそれぞれ雁行させることとし、およそ5年の工期ですでに着工している。さらには、吊橋の鷲羽山側のアンカーは、長さが約80m、断面積が最大約200m²の2本のトンネルによる設計となった。これが上述の本トンネルをはさんで両側に接し、38°の傾斜で鷲羽山につきささる格好となっている。合わせて6本のトンネルは、長さは短く片押し施工となり、いわゆる長いトンネルのような貫通式は不要だが、この珍しく大きいトンネルの無事完成のあかつきには、どんな感激とセレモニーが待っているか、今から思いめぐらしているところである。



道路トンネルの防災とその動向

縣 保 佑*
水 谷 敏 則**

1. はじめに

昭和54年4月に、道路トンネル技術基準(49.11.29)のうち、非常用施設に係る基準について改正されたので、

その背景、改正の要点、今後の展望について述べる。

2. 非常用施設に関する基準の変遷

道路トンネルの非常用施設に関する基準は、昭和42年

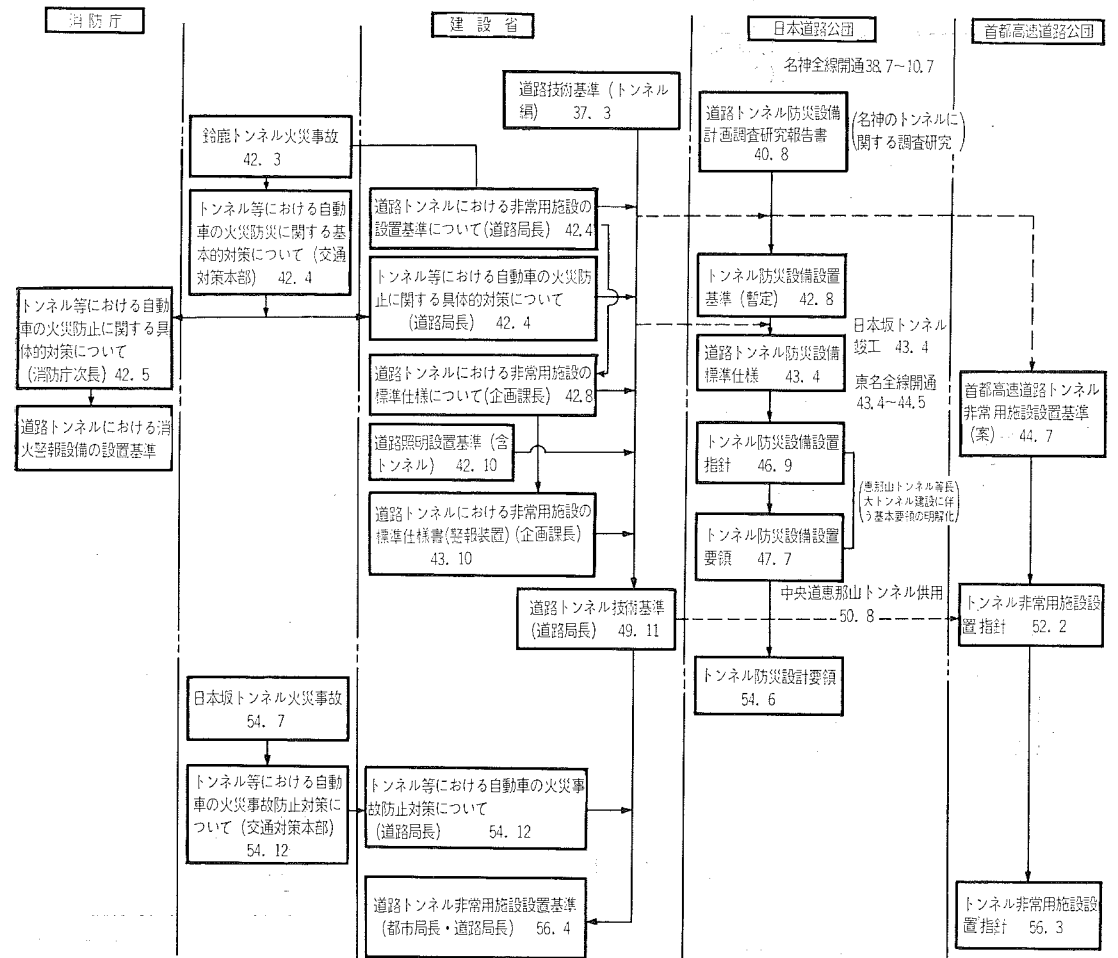


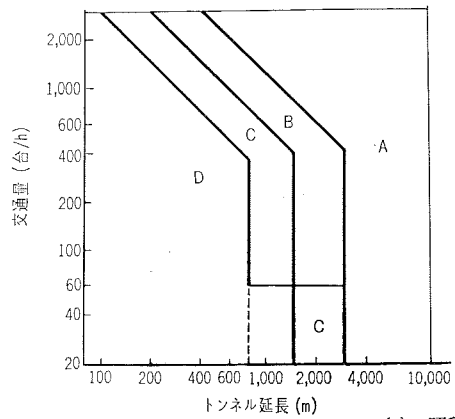
図-1 トンネル非常用施設に関する基準の変遷

* 建設省道路局国道第二課課長補佐
** " 土木研究所トンネル研究室長

の鈴鹿トンネルにおける火災事故を契機として制定されたが、その後、49年の道路トンネル技術基準の改正時と、54年の東名日本坂トンネルの火災事故後に改正された。これらと他機関の基準などの経時的な関連は図-1のとおりである。

3. 現状と改正の要点

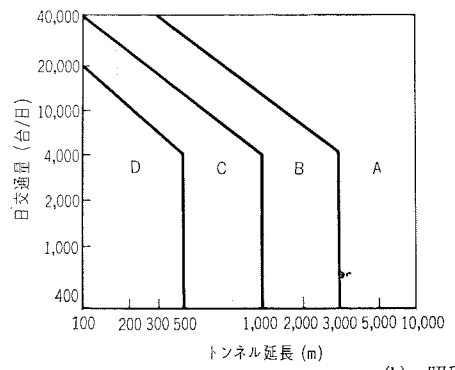
昭和42年4月の通達以来、内容がどのように変更されてきたのかを具体的に示すと図-2のようになる。すなわち、今回の改正の要点は、等級区分にAAを設け、主と



(a) 昭和42年4月の通達

トンネルの等級	A	B	C	D
非常警報装置	○	○	○	
通報設備	○	○	○	
消火器	○	○		
消火栓	○			

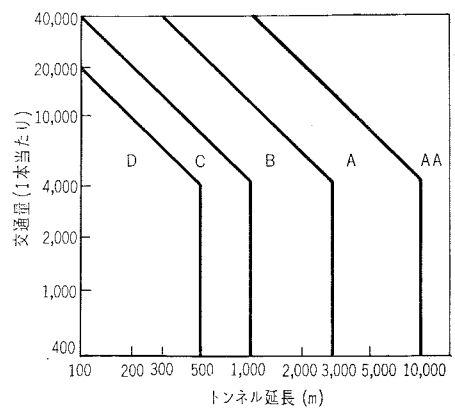
注) ○：原則として設置



(b) 昭和49年11月の通達

非常用施設	トンネル等級			
	A	B	C	D
通報装置	○	○	○	
非常警報装置	○	○	○	
消火設備	消火器 ○	消火器 ○		
	消火栓 ○			

注) ○：原則として設置



(c) 昭和56年4月の通達

非常用施設	トンネル等級				
	AA	A	B	C	D
通報・警報設備	非常電話 ○	非常電話 ○	非常電話 ○	非常電話 ○	
	押ボタン式通報装置 ○	押ボタン式通報装置 ○	押ボタン式通報装置 ○	押ボタン式通報装置 ○	
	火災検知器 ○	火災検知器 △			
	非常警報装置 ○	非常警報装置 ○	非常警報装置 ○	非常警報装置 ○	
消火設備	消火器 ○	消火器 ○			
	消火栓 ○	消火栓 ○			
避難設備	誘導表示板 ○	誘導表示板 ○	誘導表示板 ○		
	排煙設備または避難通路 ○	排煙設備または避難通路 △			
その他の設備	給水栓 ○	給水栓 △			
	無線通信補助設備 ○	無線通信補助設備 △			
	ラジオ再放送設備または拡声放送設備 ○	ラジオ再放送設備または拡声放送設備 △			
	水噴霧設備 ○	水噴霧設備 △			
	監視装置 ○	監視装置 △			

注) ○：原則として設置、△：必要に応じて設置。

図-2 トンネル防災用等級区分と対応する設備

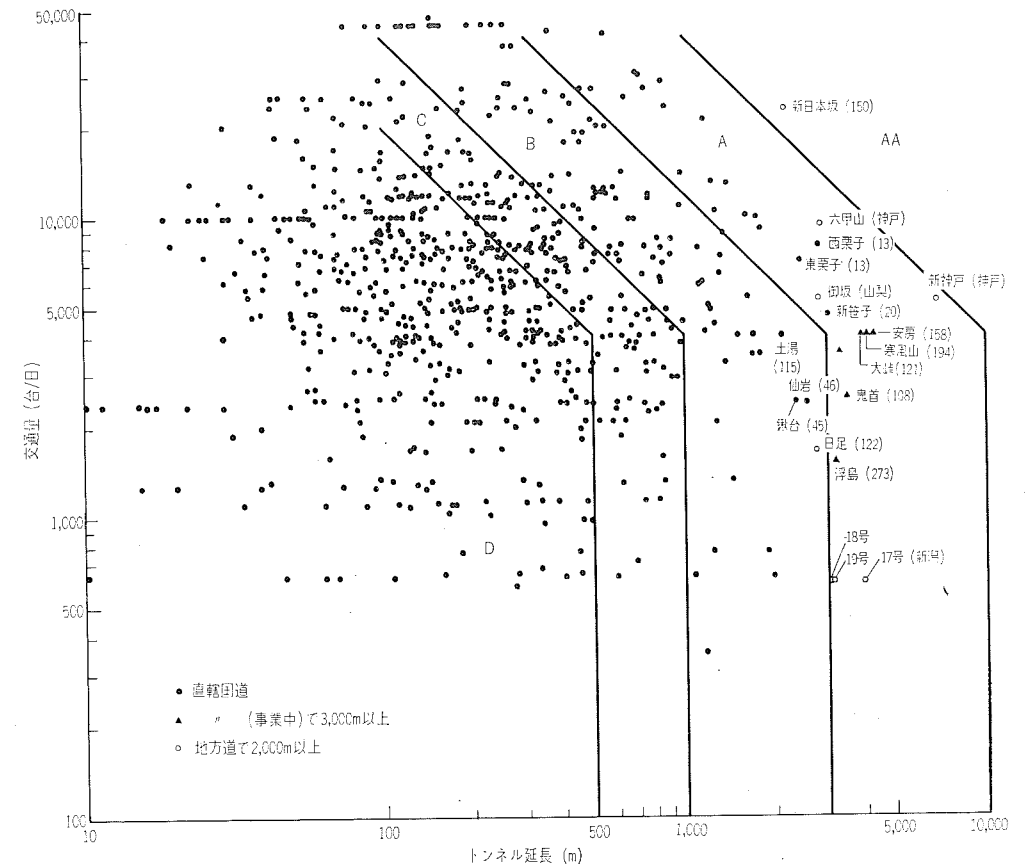


図-3 直轄国道トンネルの非常用施設等級別分布

して高速道路の長大トンネルに対する設備の充実をはかったこと、非常電話の設置がC以上に義務づけられたこと、避難誘導設備を充実したこと、Aにおいても必要に応じてAA級に準じた設備とすることができるようになったことである。

日本道路公団の管轄についてみると、AAが8本(4%)、Aが20本(9%)、Bが75本(35%)、Cが48本(22%)、Dが65本(30%)となっており、53年度末での工事中および計画中を加えると、AAが23本(2%)、Aが159本(15%)、Bが353本(32%)、Cが260本(24%)、Dが288本(27%)となる。

昭和54年7月現在、一般国道には4,314本のトンネルがあるが、これを現行の防災等級に分けると、AAが1本、Aが29本(0.7%)、Bが150本(3.5%)、Cが286本(6.6%)で、残り約89%がDとなっており、一般国道について示すと図-3のような分布となっている。

トンネル内の火災事故の記録については、49年4月から54年3月までの5年間に直轄国道で4件発生しており、その発生率は1兆台km当たり1.28件となっている。日

本道路公団および首都高速道路公団のトンネルにおける火災事故記録は表-1のとおりであり、52年から55年までの5年間の東名名神における火災事故6件については、その発生率は1兆台km当たり5.67件となっている。

次に、これらの火災事故を含めて、トンネル内でのいろいろな事故に関連して、その非常用施設がどのように利用されたかを調べると、その一部は表-1のようである。通報設備についてみると、高速道路および一般道路のトンネルのうち、非常電話、押ボタン、および火災検知器のついたトンネル25本での昭和55年1月から6月までの半年間に発生した事故759件(内火災2件)については、第1報に使用された設備は、非常電話が699回、押ボタンが1回、火災検知器0回で、第2報では、非常電話が313回、押ボタン、火災検知器はともに0回となっている。これに対し、この期間の誤報は、非常電話が6回、押ボタン4回、火災検知器が27回で、しかも、火災検知器については2回の火災事故とも第2報まで検知していない。このことから、火災検知器は格段の改良努力が要求されているといえる。また、非常電話は、この2回の

表-1(a) トンネル内火災事故記録 (日本道路公団)

No	トンネル名 (道路名)	トンネル 延長(m)	交通形態	火災発生 年月日	出火地点	出火車両	使用された		損害状況	備考
							通報設備	消火設備		
1	仙人 (国道285号)	2,500	対面交通	35. 12. 5	トンネル30m入る	大型トラック	通行者の口笛	トンネル外に持ち出し 消火器	全焼	
2	天王山 (名神)	1,453.8	一方交通	38. 9. 8	上り線39.4KP	小型トラック	非常電話	消火器(運転手)	電気配線の一部焼損	
3	梶原第一 (名神)	814.1	"	38. 9. 15	下り線34KP	乗用車	"	"	一部焼損	
4	天王山 (名神)	1,389.8	"	39. 5. 20	下り線39.1KP	"	非常電話	道路管理者 (バトカー携行消火器)	"	
5	大津 (名神)	432.3	"	39. 9. 12	上り線60.5KP	大型トラック	"	"	"	
6	関門 (国道2号)	3,461	対面交通	39.		普通トラック	"	道路管理者 (バトカー携行消火器)	"	配線より出火
7	"	"	"	42. 8. 11		大型トラック	非常電話, 火災検知器	道路管理者携行消火器 および消防車, 化学消 防車2台の出動	大型トラック1台全焼(軽回車およびトラ ックに類焼し, おのおの半焼)	
8	梶原第一 (名神)	739.1	一方交通	44. 8. 26	上り線中央	小型トラック	押ボタン式通報機	消火器2本(運転手)	一部焼損	
9	小仏 (中央道)	1,619	対面交通	45. 3. 10	上り線39.4KP	大型トラック	火災検知器	消火器, 消火栓, 水噴 霧および消防車出動	エンジン部全焼	48年12月より一方通行となる
10	天王山 (名神)	1,453.8	一方交通	45. 3. 15	上り線中央	普通トラック	非常電話	消火器2本(運転手)	"	
11	関門 (国道2号)	3,461	対面交通	46. 8. 11		小型トラック	"	消火器4本	"	洗滌中, 大型トラックが大型トラックに 追突し, 小型トラックのガソリンタンク が破損し, ガソリンに引火
12	興津 (東名)	521	一方交通	46. 8. 29	下り線出口より10m 入る	乗用車	非常電話	消火器4本, 消防車 出動	全焼	
13	清見寺 (東名)	780	"	46. 11. 14	上り線出口より5m 入る	小型トラック	"	消火器2本	"	積荷製紙原料より出火
14	三ヶ日 (東名)	461	"	46. 12. 21	上り線	大型トラック	押ボタン式通報機	消火器1本, 消火栓	半焼	
15	仙人 (国道283号)	2,500	対面交通	47. 3. 6	入口より500m 入る	大型バス	非常電話	消火器	一部焼損	
16	都夫良野 (東名)	1,650.9	一方交通	52. 5. 16	上り線出口より 500m入る	普通トラック	非常電話, 火災検知器	消火栓	荷台とフレーム間の積荷角材(木)にマフ ラーの過熱で出火	

No	トンネル名 (道路名)	トンネル 延長(m)	交通形態	火災発生 年月日	出火地点	出火車両	使用された		損害状況	備考
							通報設備	消火設備		
17	梶原第一 (名神)	739.1	一方交通	52. 7. 23	上り線	乗用車	非常電話	消火器, 消火栓	エンジン部全焼	
18	"	814.1	"	52. 12. 8	下り線出口より 200m入る	"	非常電話, 火災検知器	消火器5本, 消火栓 2台(通行者, 消火)	全焼	
19	草那山 (中央道)	8,489	対面交通	53. 6. 13	71KP 西坑口より約2km	大型トラック	火災検知器, 押ボタン 式通報器	消火栓(出火車両運 手が操作)	幌と積荷の一部焼損	作業灯の漏電により幌が燃焼
20	網掛 (名神)	1,943	"	53. 7. 31	79.8KP トンネル中央	"	洗滌検知器	消火栓, 消火器	工具箱が焼損	マフラーの過熱により工具箱が燃焼
21	日本坂 (東名)	2,045	一方交通	54. 7. 11	下り線 西坑口より約400m	乗用車	火災検知器, 非常電話	水噴霧, 消防隊出動	"	死者7名, 負傷者2名, 大型トラック4 台乗用者2台の追突事故により乗用車の ガソリンタンク破損引火
22	天王山 (名神)	1,453.8	"	54. 8. 29	上り線496.3KP 出口より約100m	普通トラック (4.5t)	火災検知器, 非常電話	水噴霧, 消防隊出動 消火器(4本)(車両携 行消火器)	タイヤ1本全焼(左前輪)	整備不良によりブレーキが半分かかった状 状態で過熱して引火
23	日野山 (北陸道)	1,556	"	54. 10. 9	上り線中央	小型トラック (2t)	ITVによる監視中に 発見	消火器(2本) (事故当事者消火)	エンジン部一部焼損	
24	梶原第一 (名神)	739.1	"	55. 4. 17	上り線出口より約200m (500.869KP)	普通トラック (4t)	火災検知器	消防隊出動	普通トラック全焼, 大型トラック(10t) に類焼, トンネル内は約280m焼損	出火車両運転死亡, 普通トラック(貨 料18t, 約200本積荷)が側壁に衝突し 構内出火

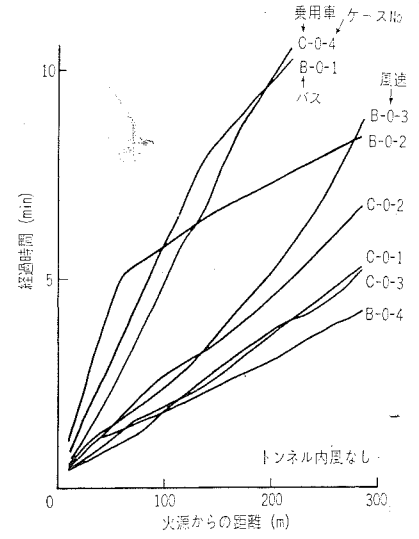


図-4 煙先端速度

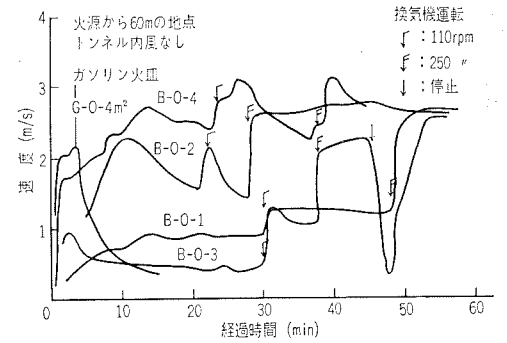


図-5 熱気流速度の経時変化

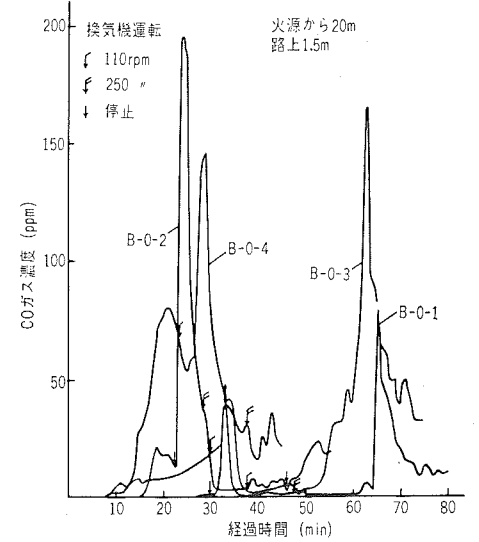


図-6 COガス濃度の経時変化

表-1(b) トンネル内火災事故記録(首都高速道路公団)

No	トンネル名	トンネル延長(m)	火災発生年月日	出火地点	出火車両	使用された		損害状況	備考
						通報設備	消火設備		
1	羽田	300	39. 8. 29	下りトンネル入口	乗用車	バトカー・備付消火器1本	消火器1本	エンジン部	オイルパン割れ
2	千代田	1,900	40. 3. 31	内回り三番町口から200m	普通貨物	非常電話	通行車の消火器	エンジン部にあった毛布1枚	
3	"	"	41. 5. 21	(以下不詳)	(以下不詳)	(不詳)			サイドブレーキ不要備
4	汐留	270	8. 10	内回りトンネル出口	普通貨物	(不詳)			ブレーキ不要備
5	"	"	42. 1. 24	"	"	(不詳)			
6	羽田	300	4. 25	下り	貨物	非常電話	消火器(中管備内もの)	エンジン部・運転席全焼	(消防隊出動) 自走可機
7	汐留	270	6. 8	上りトンネル入口部	大型貨物	非常電話		サイドブレーキ	
8	赤坂	500	43. 3. 18	(以下不詳)	(以下不詳)				
9	霞が関	780	6. 12		ミキサー車	非常電話	消火器	サイドブレーキ焼損	(消防隊出動)
10	千代田	1,900	44. 2. 1	内回り三番町入口	大型乗用車	"	通行車の消火器	フェンダー・リアシャフト	
11	霞が関	780	9. 10	内回り本線合流手前	普通貨物	"	通りがかりのタクシーの消火器	マフラー付近	(消防隊出動)
12	千代田	1,900	10. 26	下り車道分流の先	"	"	消火栓・消火器3本	エンジン部・運転席全焼	(")
13	"	"	45. 1. 9	内回り三番町口から300m	小型四輪	"	消火器3本	積荷ボヤ	
14	霞が関	780	2. 22	内回りOFFランプ分流点	"	"	消火器・車道備付消火器	全焼	(消防隊出動)
15	羽田	300	5. 23	上り	普通貨物	"	消火器4本	積荷がもえる	(")
16	霞が関	780	10. 19	外回りトンネル中央部	"	"	消火器2本	"	(消防隊出動) 燃焼もれ
17	赤坂	500	46. 3. 29	下りトンネル入口部	タクシー	手動報知機	消火器2本	全焼	
18	霞が関	780	48. 10. 30	内回りトンネル出口	乗用車	"	消火器1本	運転席シートおよび毛布をこがした	信号機運用
19	千代田	1,900	11. 30	上り車道合流	大型貨物	非常電話	通りがかりのタクシーの消火器	一部焼損	(消防隊出動)
20	"	"	49. 3. 9	上り平河町~車道間	大型貨物	非常電話	消火器5本	後輪タイヤ	(")
21	"	"	3. 16	内回り車道分流手前	貨物車	"	"	積荷がもえる	運転手が自分で消火
22	"	"	3. 24	内回り車道分流先三宅方面	乗用車	非常電話	"	"	
23	"	"	7. 6	外回り三宅~車道間	乗用車	"	"	"	
24	"	"	9. 6	下り車道分流の先	"	"	"	"	
25	霞が関	780	10. 26	外回りOFFランプ分流部の本線	タクシー	料金所より内線電話	消火器1本	全焼	(消防隊出動)
26	"	"	50. 1. 2	内回りトンネル中央部	乗用車	内線電話	消火器1本	全焼	配線がショートして自走不能
27	汐留	270	3. 30	内回りトンネル出口	大型貨物	非常電話	消火器1本	全半焼	(消防隊出動)
28	赤坂	500	4. 4	上りトンネル入口部	普通貨物	"	消火器1本	全半焼	(")
29	霞が関	780	9. 2	外回りトンネル出口部	乗用車	"	"	全半焼	(消防隊出動)
30	汐留	270	52. 6. 11	外回りトンネル中央部	"	手動報知機	消火器1本	全半焼	(")
31	東京港	1,325(3本線)	54. 5. 12	乗入入口より200m	トラック(2t)	自動火災感知器	消火器1本	荷台用シートが燃えた	(") 遮突

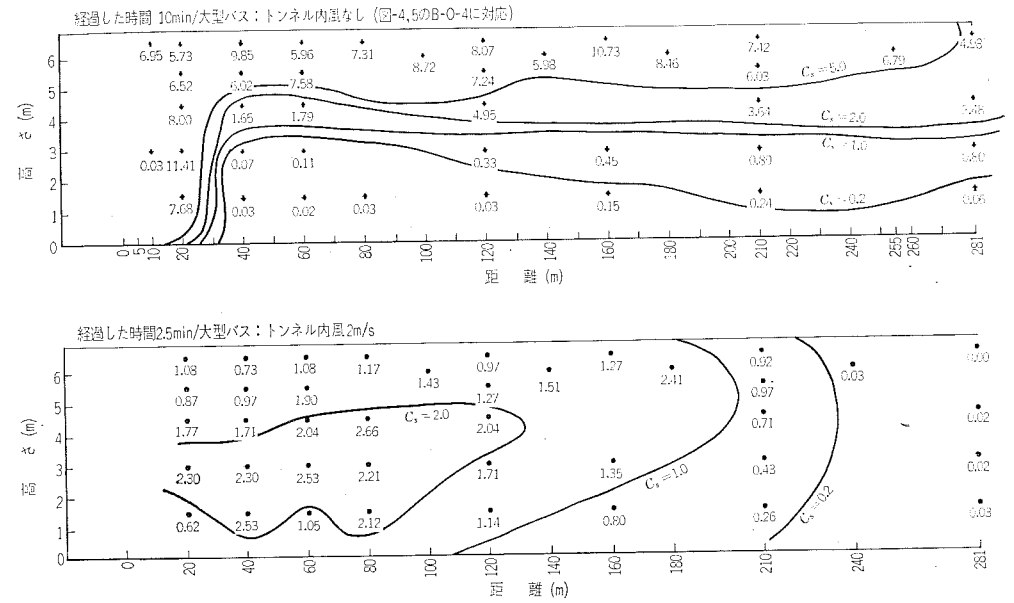


図-7 トンネル内風と減光係数(大型バス火災)

火災にも第1報として使用されており、他の種々の事故とも合わせて利用頻度は高く、今回、これが明確に規定されたのは当然といえよう。

以上は、等級区分、具体的な施設設備の内容についてであるが、これらは、単にトンネル内のとくに火災事故対策の一部を構成しているにすぎず、また、その設置にあたっては施設設備の運用方法というソフトウェアを明確にしておく必要があるが、今回の改正では道路トンネルの防災における非常用施設の位置づけ、運用について新たに章を設け、これらについての理解がさらに深まるようにしている。

すなわち、トンネルの防災対策には、予防対策と事故発生時の対策とがあり、予防対策としては、広報活動、各種の法的規制を遵守させるための措置、交通管制、トンネルの線形、構造、換気設備、照明設備に関するものが含まれ、事故発生時の対策には、非常用施設の設置およびその運用、避難、救助、消火活動が含まれる。

事故発生時の対策は、その効果が最大限に発揮されるよう、日常の維持管理、および警察、消防の関係機関との連携、共同訓練がとくに重要である。

4. 今後の動向

昭和39年7月、日本道路公団が関門トンネルで、42年6月には首都高速道路公団が霞が関トンネルで、43年10

月には、建設省土木研究所が本格的な実車実験を行って以来、かなりの数にのぼる実トンネルおよび模型トンネルによる実験が行われてきたが、これらの実験や実際の火災事故の経験から、管理者や一般の通行者による消火、避難、救助活動は火災初期に限られ、非常用施設もこれに重点を置いたシステムとすることが重要であることが認識されてきた。また、トンネル内の火災においても、これらの活動が煙の影響をもっとも強く受けることが明らかとなり、土木研究所の実大トンネル実験も、煙の挙動に主眼を置いて実施されている。

大型バスの火災実験によれば、トンネル内に縦流風速がなければ火災発生後10分でも、1.5mの高さで視界は十分保たれているが、2m/s以上の風速があると、ただちに視界不良となっており、また、水噴霧についても、類焼防止効果や冷却効果が認められるものの、その攪拌効果によって風速のある場合と同様の逆効果もある。したがって、基準の総則にも述べられているように、人命の確保を第一として、初期消火や、避難、救助活動を実施できるよう、明確で具体的な目的と運用方法をもった非常施設の設置を考えた場合、交通形態や換気設備、トンネル内風速、火災規模との関連で十分な説明がなされていない水噴霧設備についての研究が、今後のもっとも大きな課題であるといえるだろう。