

首都高中央環状線山手トンネルの 防災安全対策

首都高速道路株式会社 保全・交通部 管制技術グループ

1 はじめに

首都高中央環状線山手トンネルは、延長約 10km と都市内道路トンネルとしてはわが国でも最大級の延長を有している。また、利用交通量も多く、出入口・ジャンクションのための分岐合流部が複数箇所トンネル内に存在しているという道路形態であり、万が一の災害発生時に備えた防災安全対策の充実が求められた。

首都高速道路においてはこれまで多くの都市内トンネルの建設・管理の経験があるが、山手トンネルはこれまでに類のない規模であることから、従来の非常用施設の設置基準に加え、安全で安心なトンネルをめざし、国内最先端の様々な対策を施している。

本稿ではこの山手トンネルの防災安全の取り組みについて報告するものである。

2 都市内長大トンネル～山手トンネル～

首都高中央環状線は東京都心から約 8km に位置し、全計画延長 47km の環状道路である。

そのうち、山手トンネルは中央環状線西側にあたり、2007 年 12 月に 4 号新宿線～5 号池袋線間が開通し、2010 年 3 月に 3 号渋谷線～4 号新宿線間が開通した。ほぼ全線が山手通りの地下を利用した片側 2 車線、内回り・外回り別のトンネル構造となっている。

都市内長大トンネルである山手トンネルの防災安全の観点から見た特徴は、

- ① トンネル延長が長いこと。
- ② 予測日平均交通量が 6～8 万台と交通量が多いこと。
- ③ トンネル内に分合流を有すること。
- ④ 中央環状線の一部として、トンネル直近で他の路線とネットワークで繋がっていること。

等が挙げられる。



図-1 山手トンネル位置図

3 総合的な防災安全対策

前述の特徴を十分に踏まえ、トンネル防災安全の設備として国内最上級の AA 級の設備に加え、交通制御及び避難誘導の迅速かつ正確な実施の支援に資する独自の設備を設置している。(表-1 参照)

また、海外での事例をみると、十分な設備が設置されていても、実際の発災時にその運用を十分に行えなかったことが被害拡大につながっているケースもあることから、山手トンネルでは、構造物耐火、非常用施設の設置とともに、非常用施設の運用、交通運用、広報啓発活動と連携した総合的な防災安全に着目し対策を実施している(図-2 参照)。

表-1 山手トンネルに設置した防災安全設備

○非常電話	○ラジオ再放送設備
○押しボタン式通報装置	○拡声放送設備
○火災検知器	○監視用テレビ装置
○非常警報装置	○無停電電源設備
○トンネル用信号機	○非常用予備発電設備
○消火器	○緊急車両出入口
○泡消火栓	○Uターン路
○避難通路等	○非常口強調灯
○誘導表示板	○トンネル内警報板
○排煙設備	○トンネル内信号機
○給水栓	○交通異常事象検出装置
○水噴霧設備	○遮断機
○無線通信補助設備	○バイク隊の導入

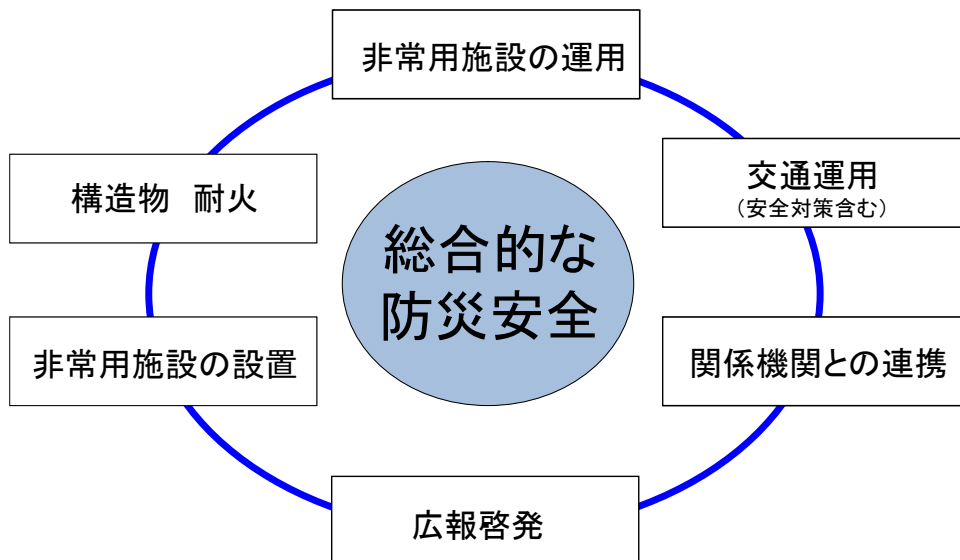


図-2 総合的な防災安全の考え方



写真-1 非常電話



写真-2 消火器・泡消火栓・給水栓・押しボタン式通報装置



写真-3 トンネル内警報板



写真-4 トンネル用信号機・遮断機

4 発災時の換気運用

山手トンネルの換気方式は図-3に示すような横流換気方式を採用している。火災時にはこの換気設備が排煙設備としての役割を果たす。

火災初期段階においては、交通状況や火災地点の上下流側両方に存在する避難者の状況に応じた換気運用を行い、滞留車両や避難者が存在する方向への熱や煙の拡散を極力抑制する。

また消防隊は火災地点上流側から現場に向かうため、後期段階では上流側における消火活動環境を確保することを目的とした換気運用を行う。

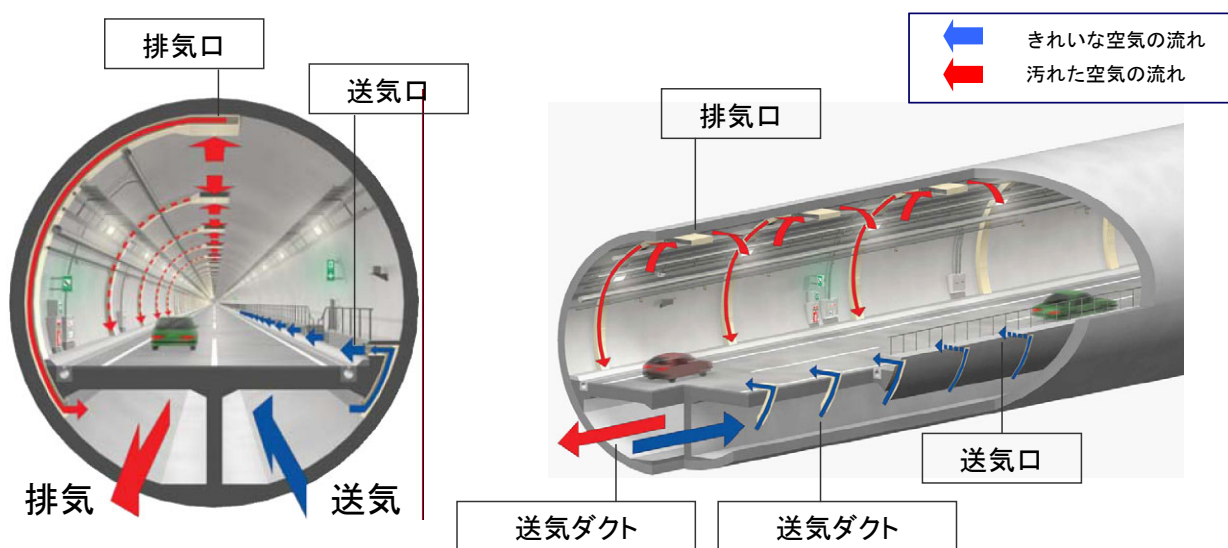


図-3 山手トンネルの換気方式イメージ

5 発災時の交通運用

山手トンネルは、火災発生時には発災側トンネル、非発災側トンネルともに全線通行止めの運用を行うこととし、火災状況を確認しつつ通行可能な箇所はその状況に応じて通行止めを順次解除する運用としている。発災時の交通運用は警察との綿密な連携を図り行うこととしている。発災時の交通運用に関わる取り組みについて紹介する。

(1) 早期の災害の検知

火災検知を行う手段として従来からの非常用施設（火災検知器、非常電話等）や交通管制施設（テレビカメラ等）により24時間の監視体制をとっているが、トンネル内では死角をつくらないように約100m間隔でテレビカメラを設置している。山手トンネルではこの多くの映像の監視を効率的に行い災害時に迅速に対応することを目的として、交通異常事象検出システムを導入している。

交通異常事象検出システムとは、テレビカメラの画像処理により走行状態の異常を自動的に検出し、交通管制室でモニターしている画像を固定するとともに、交通管制員に対し回転灯及び警告音により通知するものである。このシステムで事故や故障車を早期に発見し、迅速な対応を行うことにより、被害を最小限に抑えることや、他の交通の安全確保に資するなど、二次災害の防止が期待できる。

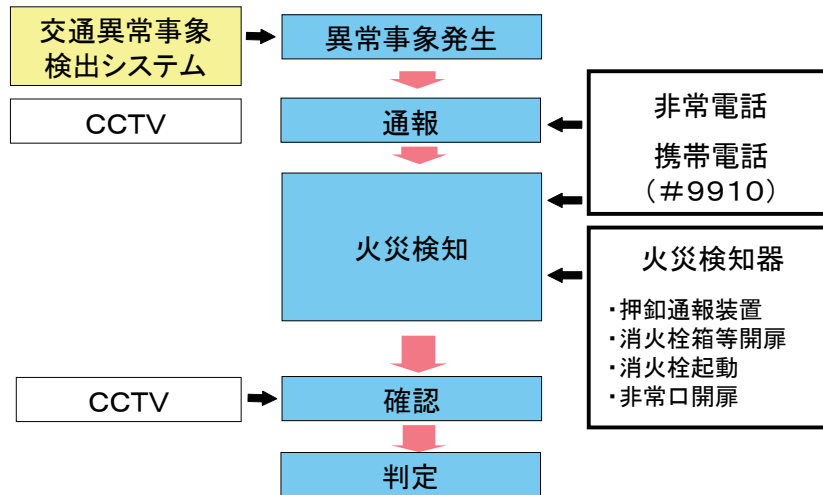


図-4 発災時の情報収集機器等



写真-5 交通異常事象検出システムの検出画面

(2) 迅速な情報提供

トンネル内で火災が発生した場合には、トンネル内への車両の進入を禁止し、併せてトンネル内の車両をできるだけ早く排出するような交通運用が必要である。発災直後に情報を迅速かつ確実に伝えられるように、従来のトンネル内ラジオ再放送に加え、トンネル坑口のみを設置している信号機及びトンネル警報板をトンネル内分岐部、Uターン路部、ジャンクション分岐部にも設置した。

トンネル警報板での情報提供内容は、より誘目性を高めるために点滅（交互）表示とし、また、「火災発生」「ここで出よ」（写真-3参照）などドライバーが取るべき行動を直接示すメッセージを使用することとした。

さらにトンネル坑口部には赤色のフラッシング（点滅灯）を設置し、発災時にはトンネル内全体が赤くなるようにした。これにより坑口手前に設置している信号機と併せて緊急性を強調し、坑口での停止誘導効果を高めている。

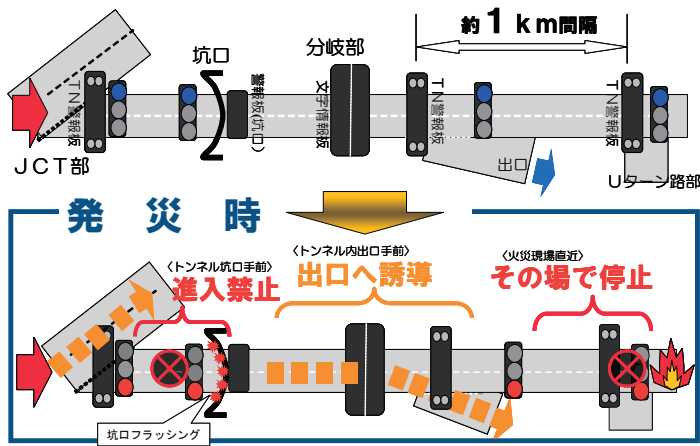


図-5 情報提供装置の配置と火災時の運用



写真-6 坑口部のフラッシング点滅状況

(3) バイク隊の創設

山手トンネルは交通量が多く、事故が発生すると急速に渋滞が発生することが予想されることから、早期に現地到達し現場の状況確認や避難者と車両の避難誘導を支援することを目的として、従来の四輪パトロールカーでの交通管理体制に加え、機動性の高い自動二輪車によるパトロール隊を日本で初めて導入した。



写真-7 バイク隊

(4) 迅速・確実な避難誘導

1) 車両から非常口までの避難誘導

非常口から先は安全空間であるため、出来るだけ早期に誘導することが最も重要である。火災時にはトンネル内の情報板や車内のラジオ再放送設備による緊急割込み放送により避難行動を開始していただき、車外に出た後、非常口誘導表示灯に従って非常口まで到達する。この際、遠くからでも非常口が視認できるよう位置を強調するための非常口強調灯（発災時に点滅）を設置した。また、非常口扉には従来の6倍の大きさの非常口を表示するピクトグラムを採用し、より認識しやすいデザインとした。

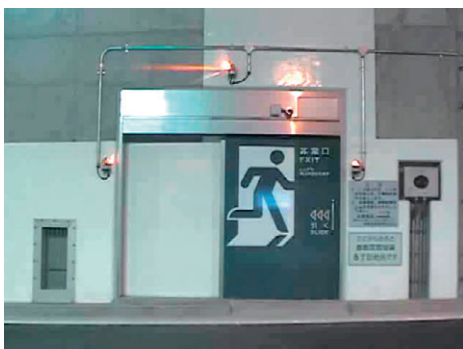


写真-8 非常口（非常口強調灯）



写真-9 非常口誘導表示灯



写真-10 非常口表示灯

また、拡声放送システムでは複数の拡声放送スピーカー（約 200m 間隔で設置）を同時に用いた時に課題となるマルチエコー現象の対策として、大型スタジアムやコンサートホール等で用いられている連続的時間遅延技術を導入することでより明瞭に指示が聞き取れるようなシステムとした。さらに道路構造の複雑な大橋ジャンクションでは、アナウンス音声の明瞭性をより向上させるために、音声背後方向に回り難いリアクティブ型スピーカを設置した。

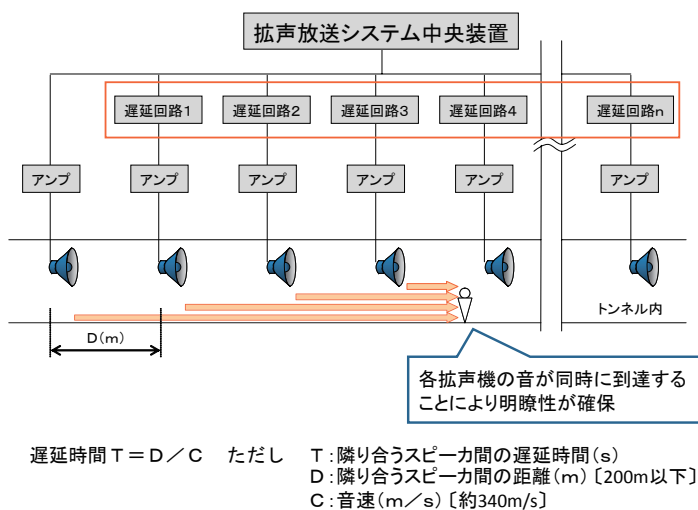


図-6 拡声放送システム（時間遅延の原理）

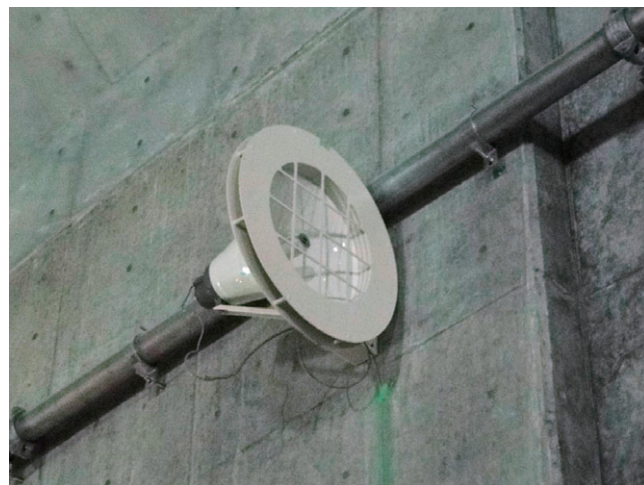


写真-11 リアクティブ型スピーカ（大橋ジャンクション）

2) 地上までの避難

非常口から先は安全空間であるが、最終的には誘導標識等に従い地上出口まで避難していただくことになる。しかし、経路の長い避難路もあり、不安感を抱かせることなく確実に誘導するために、わかり易い誘導標識のデザイン（路面表示、避難経路案内図）、避難を促すための放送設備や避難状況を把握するためのカメラおよび緊急電話を設置した。



写真-12 非常口内部の状況



写真-13 避難路の状況

6 通常時の交通管理

通常時の安全対策についても、大規模な災害を起こさないために重要であり、トンネル防災と併せて検討している。

トンネル内の安全対策の一つとして、トンネル内の照明について、本線部では自然光に近い白色の蛍光灯を採用して暗いイメージを払拭するとともに、出入口などの分合流部では黄色の高圧ナトリウム灯を追

加することで明るさを増し、ドライバーに注意喚起を促している。また、照明は進行方向に向けて照射するプロビーム照明を採用しドライバーの目に優しく前方視認性の高い設計とした。

また、カーブ警戒ゼブラ、薄層舗装、渋滞末尾表示板等の各種安全対策も実施している。さらに大橋ジャンクションでは、方向表示看板や舗装路面を行き先別に色分けすることでより安全で走りやすくなるための走行支援対策を施している。



写真-14 大橋ジャンクションの色による走行支援対策

7 広報・啓発活動

これまで道路を管理する立場からの防災安全対策について紹介したが、事故や火災が発生したときには、ドライバー自ら率先して避難行動を起こして頂くことが、トンネル防災安全性の向上に非常に大きな役割を占めることは言うまでもない。そのために必要な広報啓発活動として、パンフレットやポスター、ホームページ等様々な媒体を用いて多くの人にトンネル防災安全に係る情報が行きわたるように努めている。特に発災時の避難行動を率先して行ってもらうことを期待し、プロドライバー（タクシー、バス、トラックの運転手等）の方々への活動も重点的に行っている。

(首都高のトンネル防災 HP <http://www.shutoko.jp/service/safety/tunnel/index.html>)



図-7 パンフレットの一例 (山手トンネルスマートドライブマニュアル)

8 おわりに

本稿では中央環状線山手トンネルにおける防災安全対策の取り組みについて報告した。トンネル防災安全の確保には前述のとおり総合的な考え方が極めて重要であると考えている。中央環状品川線が完成すると山手トンネルは延長約18kmの長大トンネルとなる。更なる安全性確保のために、山手トンネルの運用経験を積み重ねそれを反映することが不可欠と考えている。