

城山トンネル水噴霧設備の運用と維持管理について

大谷 泰士¹

¹近畿地方整備局 企画部 技術管理課（〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44）

トンネル防災については、昨年の山陽自動車道八本松トンネル火災等を受けてトンネル防災への関心が高まっている中、姫路河川国道事務所管理の城山トンネル（AA 等級）においてのトンネル非常用設備（水噴霧設備）の運用及び維持管理について検討を行った内容を報告するものです。

キーワード トンネル防災，水噴霧設備，維持管理

1. はじめに

城山トンネルは姫路河川国道事務所管内の国道 2 号太子竜野バイパスに位置しており、日交通量 8 万 7 千台を有する近畿地方整備局管理区間唯一の AA 等級トンネルです。（図-1）

城山トンネルには道路トンネル非常用施設設置基準で AA 等級トンネルに設置が義務づけられている水噴霧設備が設置されており、適切な運用と維持管理が求められています。



図-1 城山トンネル位置図

2. 城山トンネル水噴霧設備の概要

一般的な水噴霧設備は、水噴霧用水槽に溜めた水をポンプにてトンネル内に圧送し、水噴霧ノズルより噴霧させるものであるのに対し、本設備は、設備の信頼性向上と維持管理コスト削減の観点から、水噴霧用水槽をトンネル地盤より約 100m 高い山上に設置することにより、ポンプ及び発電機を必要としない自然水頭圧により噴霧させる方式となっています。図-2 に城山トンネル水噴霧設備の概要を示す。トンネル内で車両事故等により火災が発生した際、火災検知器又は CCTV カメラ等により火災発生箇所を特定し、火点付近の水噴霧設備（100m 区間）を作動させます。

水噴霧設備は、水噴霧ノズルより微細な粒子状の水を放水し、冷却作用・水蒸気による窒息作用等により、火勢を抑制し消火活動を援助にすると共に、車両等の延焼を防止する役割を担っています。

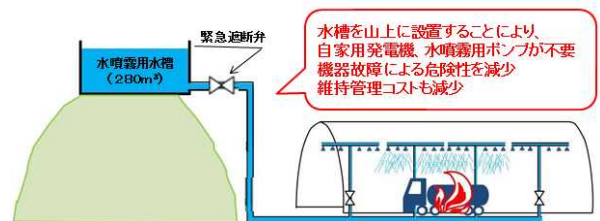


図-2 水噴霧設備の概要

本設備は、水噴霧用ポンプ・自家用発電機を削減しトンネル山上の水噴霧用水槽とトンネル内放水区間の自動弁、水噴霧ノズル等により構成されています。

水噴霧用水槽は、トンネル内の 100m（2 区間）に対し水噴霧を 40 分間放水できる容量（280m³）を確保しています。

水噴霧設備は、6L/min・m²の水量を高圧で放水する必要があるため、水噴霧主水槽は約100mの高低差を確保した位置に設置しています。（図-3、図-4）

事務所道路情報室に設置している遠方監視操作設備は、一画面で上下線トンネルを表示し火災検知区画がどの区画で、水噴霧設備が起動待機状態になっている事が一目でわかるようになっています。（図-5）

また、監視カメラの設置位置も画面に記載しており、火災発生区画はどの監視カメラで確認出来るかを迅速に判断出来るようにしています。

・管摩擦損失 32.1 m	・水噴霧機器圧力損失 必要噴霧圧力 65.5 m	・水噴霧に必要な高さ = 97.6 m
トンネル地盤が標高51.6mであることから水槽を設置する標高は下記のとおり 97.6 m + 51.6 m = 149.2 m		

図-3 必要水頭圧に対する水槽設置高さ



図-4 水噴霧主水槽設置状況



図-5 遠方監視操作設備画面

3. 水噴霧設備の運用について

現在の道路トンネル非常設備設置基準については1979年（昭和54年）に東名高速道路の日本坂トンネル事故火災（過去最大と言われる）を教訓にしてトンネル内での防災設備の重要性を再認識し、1981年（昭和56年）4月に作成されました。しかし、水噴霧設備の運用の要となる放水時期の判断については明確に定められてはいないのが現状です。

水噴霧設備はトンネルAA等級のみに原則設置が義務付けられており、目的機能はトンネル本体及び施設の防護となっていますが、冷却効果により火災地点の温度

を下げ、火災の延焼・拡大を抑制することにより消火活動の支援を行えることにもなっています。

水噴霧設備が設置されているトンネルでの火災事例は検討業務にて全国調査した結果では見受けられませんでした。A等級トンネル火災で水噴霧設備の必要性が報道された事例は、昨年3月に起こった山陽自動車道八本松トンネル火災が記憶に新しいところです。

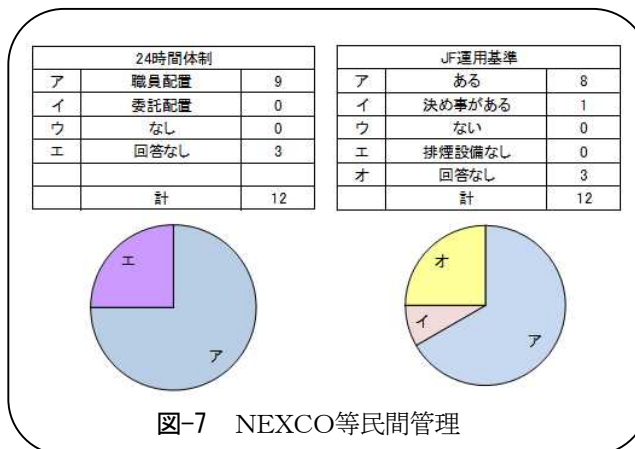
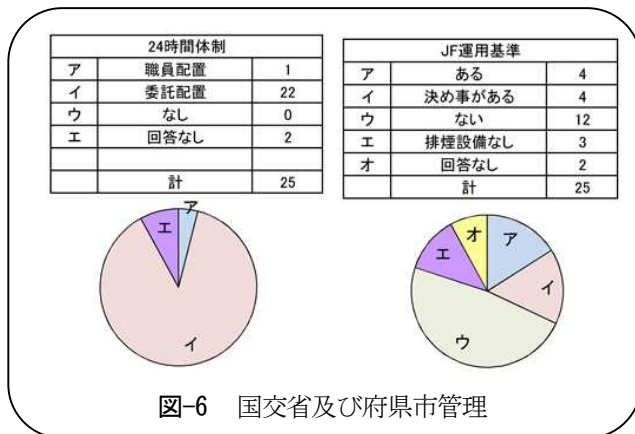
水噴霧設備は放水の判断が遅れることにより火災の拡大を招き大惨事につながる事が懸念されます。

しかし一方で、水噴霧の放水により煙の沈下が生じ、走行車両及び人の避難の障害となる可能性もあります。

したがって、火災検知器からの信号により自動放水を行うことは危険も伴い、煙の充満等により避難状況が明確に確認出来ない場合の放水は道路管理者にとって非常に難しい判断を迫られる事となります。

その事から、検討業務にて全国の水噴霧設備の運用状況を調査し、城山トンネルでの運用方法決定の参考としました。

まず、トンネル監視体制と換気設備等を含めた運用実態について整理しました。



NEXCO等の民間管理の監視体制は必ず職員が常駐しており、いつでも職員による設備作動の判断ができるのに対し、国交省等管理では、夜間の道路監視については道路情報管理員に委託している事が分かりました。

ジェットファン（以後JF）の運用も国交省等管理では火災時の運用が不明確であることが分かりました。

検討業務では、火災点からの避難者の坑外への脱出時間のシミュレーションも行い避難坑または坑口までの脱出時間を14分と推定しました。

以上の事を勘案し、城山トンネル水噴霧設備等の運用

を次のように定めました。

1. 火災発報があった場合は、道路情報管理員はカメラにて火災の事象を確認し、出張所長へ詳細状況を連絡し水噴霧設備等作動の指示を仰ぐ。
2. 設備作動の指示があった場合は、火災点の区画を事前確認しすぐに水噴霧の放水を開始する。
同時に進行方向へJFを正転運転させる。
(城山トンネルは一方向トンネルのため火災地点前方の車両停車は限りなく少ないとの判断に基づき決定)

なお、姫路河川国道事務所では年度当初に事務所道路情報室に設置している遠方監視操作設備の操作説明会を実施し新しく業務にたずさわる道路情報員や職員に対し操作マニュアルを使用し火災発生時の操作・火災時運用フローの確認を行う事としています。

また、防災ネットワークが遮断され事務所からの遠方設備操作が不可能となった場合でも、現地で設備操作を迅速に行えるよう道路維持工事の受注者に対して現地操作設備での操作手順の説明及び模擬操作訓練を行う事としており、あらゆる事態を想定しつつ火災が発生しても迅速な対応が行えるよう体制を整えています。

4. 水噴霧設備の維持管理について

水噴霧設備は、他の非常用設備比べて使用頻度が限りなく少ない設備ではありますが、いつ発生するか分からないトンネル火災時には確実に設備を作動させる必要性があり、設備には高い信頼性が求められています。

使用頻度が少ないとは言っても永久にメンテナンスフリーの機械設備はありません、設備数が増加するほど信頼性を確保するための維持管理費も多く必要となります。

城山トンネルの水噴霧設備は設計時からポンプ設備及び自家発電機を必要としない構造としており、ポンプ設備、自家発電機設備の維持管理費用のコスト削減も図っています。しかし一方で、山上主水槽周りに水道設備がないためトンネル坑口より山上まで水を圧送する小規模な取水ポンプ設備が設置されている事、山上主水槽からトンネル内までの配管に常に水頭圧がかかっている

る事により配管損傷時には主水槽内の水が噴出する危険性もあります。

そのため主水槽内の水位が下がった場合には、配管破損と感知しトンネル内への漏水を止める緊急遮断弁設備を設置しており維持管理の安全性を高めています。

また、トンネルの非常用設備の命となる防災受信盤や換気制御盤、50mピッチに配置している水噴霧自動弁（上下線で全48台設置）や25mピッチに設置している火災検知器（上下線で全104個設置）等についてはA等級以下のトンネルには原則設置義務とされていない設備であり通常管理のトンネル設備より年・月点検の費用も必要となります。

また、年点検で行う水噴霧の実放水試験点検では、国道2号バイパスには平行する迂回路道路がない事で県警高速隊の全面通行止許可が認められないため、1車線規制を行った上で、残りの1車線を頭抑え規制（追い上げ車と頭押さえ車の速度差を使って目的箇所所定の一次通行止め状態をつくる規制方法）にて規制し5～10分程度の通行止め状態をつくりその時間内で実放水試験を行うというコストの係る規制にて行っています。

全国の放水試験の方法を調査した結果ではほとんどのトンネルで全面通行止めにて放水試験を実施している事が確認出来ました。（図-8）

放水試験の方法		
ア	全線規制	15
イ	1車線規制	1
ウ	制限なし	4
エ	記載なし	3
オ	回答なし	2
	計	25

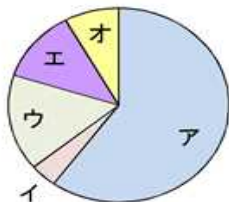


図-8 国交省及び府県市管理

しかし、城山トンネルでは先に述べた規制方法しか放水試験が出来ないため、1トンネル当り全区画の試験を行うには最低3日間の夜間規制が必要となります。

点検整備のコスト削減と設備の信頼性確認の双方を

勘案し、3年間で2トンネル全て（48区画）の実放水点検を行う事として点検整備を実施しています。

※ただし、本来は毎年全数の放水試験を行う事が望ましい事は言うまでもありません。

今後は定期点検整備で各設備の延命化を図りながら今後の維持管理及び更新費用の平準化を行っていく必要があります。

5. まとめ

今回は一事務所で運用や維持管理の方法等の全国調査を行いました。今後は維持管理コスト等も勘案した道路トンネル非常用設備設置基準の改定や、設備の運用についての全国基準などを設定していくことが望ましいと考えます。また、トンネル非常用設備（AA等級のような重要設備）の監視体制については、一事務所では24時間体制で職員を置き監視を行うことは現実不可能であり、重要設備設置路線については、本局道路管制センターでの監視等に切り替える等の検討もしていく必要があるのではないかと考えます。

維持管理費用については、現地の設置条件により大きく左右される事も多いですが、姫路河川国道事務所としては、今後の定期点検整備を通じて全線通行規制を行わない規制コスト削減に向けた点検方法も検討して行くこととしています。

起こってはならないトンネル火災ですが、有事の際には各非常用設備が有効に機能を発揮するために日頃から維持管理と設備の運用を理解し意識することが道路管理者としてとても重要だと考えます。

※本論文の内容は、著者の前所属である姫路河川国道事務所防災課における業務に基づくものである。

謝辞：これまで城山トンネル水噴霧設備設置に携わられた職員及び設計・工事関係者の皆さまに感謝の意を表します。

参考文献

1) 日本道路協会:道路トンネル非常用施設設置基準・同解説