

荒島第2トンネルの水噴霧設備における 施工・維持管理について

末崎 拓人¹・伊藤 亘佑²

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 施設管理課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

²近畿地方整備局 近畿技術事務所 技術活用・人材育成課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1)

本報告は、大野油坂道路荒島第2トンネル消火設備新設工事において施工した水噴霧設備についての施工事例及びその後の維持管理についての概要を報告するものである。この水噴霧設備は近畿地整管内においては国道2号城山トンネルと国道158号荒島第2トンネルにしか設置されておらず、また、先述の2トンネルでは環境も大きく異なるため、今後の参考事例になり得ると考え報告する。

キーワード 水噴霧設備, 改築, 維持管理

1. はじめに

福井河川国道事務所では、国道158号中部縦貫自動車道(総延長61.4 km)の改築事業を推進しており、その一区間として大野油坂道路(延長35 km)の大野IC～九頭竜IC間(延長19.5 km)が2022年度から2023年度にかけて開通した。本報告の対象である荒島第2トンネルは同区間に位置(図-1)し、延長4,988 mと大野油坂道路を構成する10本のトンネルの中で最長である。表-1にトンネル諸元を示す。

本トンネルは「道路トンネル非常用施設設置基準」においてトンネル等級がAAとされ、水噴霧設備の設置が原則となっていることから、同設備を導入した。この水噴霧設備は、近畿地方整備局管内では国道2号城山トンネルに次ぐ2例目であるが、先事例とは交通量や道路構造等の条件が異なる。

そのため、本トンネルでの維持管理に関する考察は、今後の重要な参考事例になり得ると考え、ここに報告するものである。

表-1 トンネル諸元

延長[m]	4,988
全幅員[m]	13.5
通行方式	対面通行(剛性中分)
車線数[車線]	2
設計交通量[台/日]	9,400
設計速度[km/h]	60
トンネル防災等級	AA
非常駐車帯	有り

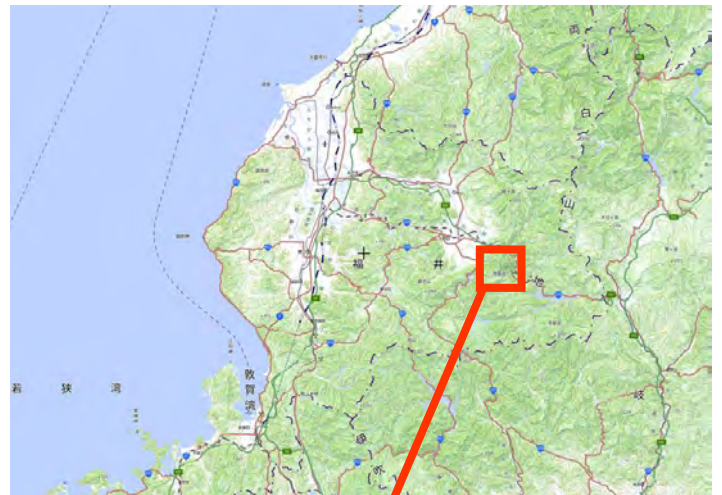


図-1 位置図

2. 荒島第2トンネルにおける水噴霧設備概要

(1) 設備概要

水噴霧設備は、火災時に水噴霧ヘッドより微細な粒子状の水を放水して、その冷却作用、水蒸気による窒息作用等の相乗的效果を利用して火勢を抑制するとともに、火災時に発生する熱でトンネル施設が損傷しないよう冷却保護、ふく射熱をしゃ断して消火活動を容易にし、あわせて車両の延焼を防止するための設備である。水噴霧設備は、自動弁装置、水噴霧ヘッド、水噴霧ポンプ、ポンプ制御盤、貯水槽、配水管等から構成され、防災受信盤によって制御される^{※1)}。図-3に設備概要図を示す。



図-2 水噴霧設備の操作画面

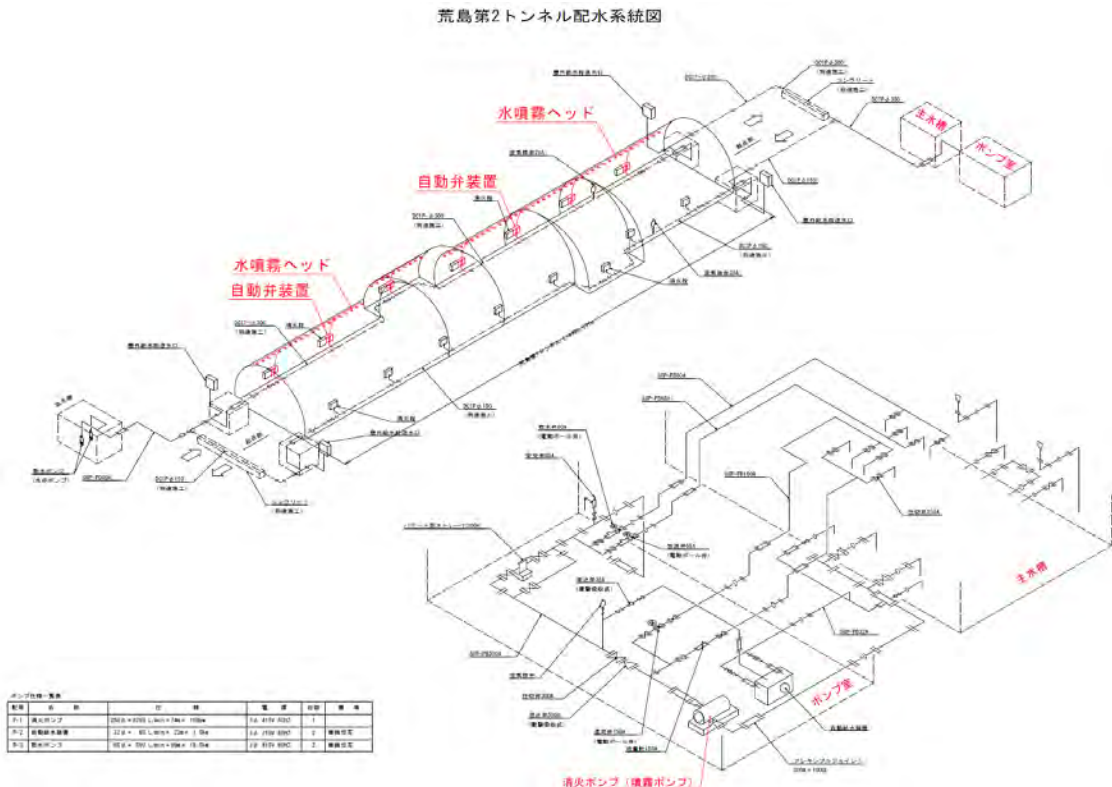


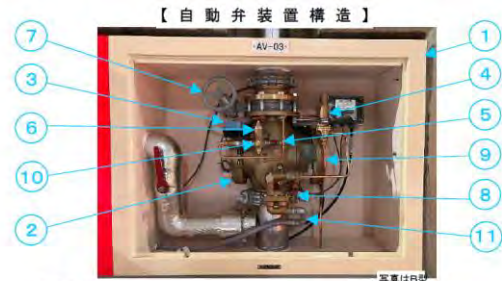
図-3 設備概要図

本トンネルでは、1区画50mとして、合計100区画をトンネル内に設定しており、1区画あたり自動弁装置は1台、水噴霧ヘッドは10個取り付けられている。一度に放水可能な区画は2区画、合計100mである。

a) 自動弁装置

火災感知装置の動作信号又は放水区画選択押ボタン操作などの遠隔操作により、トンネル内水噴霧の放水区画を自動で制御する弁装置である。

水噴霧ヘッドから放水することなく自動弁の開閉試験が出来る試験用の弁と配管を有している。図-4に自動弁装置構造を示す。



番号	名称	説明
(1)	自動弁格納箱	自動弁の格納箱
(2)	自動弁(本弁)	水噴霧の放水を制御する弁
(3)	パイロット弁	遠隔により自動弁の開閉を制御する
(4)	圧力調整弁	自動弁2次側の圧力を調整する
(5)	手動起動弁	現場にて手動起動する為の弁
(6)	止め弁	パイロット弁の補修用及びメンテナンス用
(7)	テスト用制水弁	水噴霧ヘッドより放水することなく自動弁の開閉試験を行う為の弁
(8)	排水ユニット	自動弁2次側の配管内の残水を自動的に排水する為のもの
(9)	圧力スイッチ	水噴霧放水を表示する為のもの
(10)	排気弁	自動弁1次側の配管内の空気を排気するためのもの
(11)	排水管	排水用の配管

図-4 自動弁装置構造

b)水噴霧ヘッド

トンネル内で発生した火災に対し微細な粒子状の水を噴出するためのノズルである。トンネルの断面形状や車線幅によって放水水量や放水形状が変化するため、適切なヘッドを設置する必要がある。本トンネルにおいては近投・遠投・超遠投を組合わせた3種組合せヘッド(図-5)を採用し、監視員通路～監視員通路までの路面幅に放水できるようにしている。また、平常時は粉塵等の流入によるノズルの目詰まりを防止するため、防塵用キャップが取り付けられている。このキャップは放水圧力で外れるように設計されている。

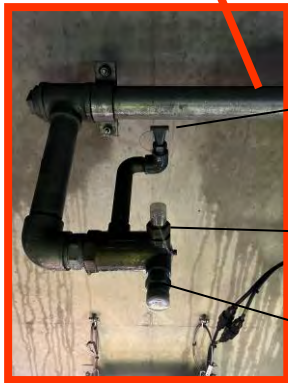


図-5 水噴霧ヘッド

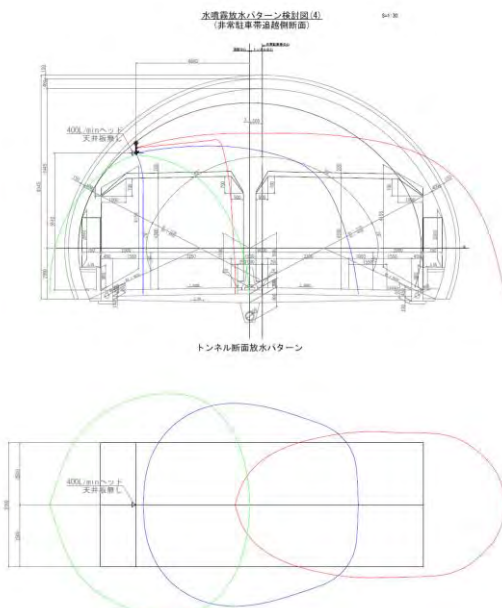


図-6 水噴霧放水パターン

凡例 赤線：超遠投放水範囲
青線：遠投放水範囲
緑線：近投放水範囲

3. 水噴霧設備の維持管理について

道路機械設備の維持管理は、道路法に「予防保全の観点も踏まえた点検を含む維持・修繕の実施」が明記されており、「道路管理施設等点検整備標準要領(案)」※2)に基づき実施する。水噴霧設備に関する同要領の点検項目を表-4に示す。

表-4 水噴霧設備の点検項目及び頻度

項目	内容	月点検	年点検
水噴霧装置	配線	E	E, T
	自動弁動作確認	-	D
	放水ヘッド	-	E, M
	配管, ストレーナ	-	E, C, X

凡例 E: 目視
T: 増締
D: 動作確認
M: 測定
C: 清掃
X: 取替

火災が発生した場合に機能が正常に作動することを満足するため、予防保全の観点からもこの基準に基づき点検を実施することが望ましいことは明らかである。しかし、この基準を荒島第2トンネルにそのまま適用するには、費用面に加え、複数の課題が存在した。

(1) 点検に伴う課題

a) 時間的制約

点検にて、自動弁及び放水ヘッドの動作確認のためには実放水テストが不可欠であるが、1放水区画のトンネル内空間に微細な水の粒子を均一に放射するため、交通規制等を行わないと実施できない。また、放水に伴い、粉塵等の流入を防止する水噴霧ヘッドの防塵用キャップが外れてしまうため、再度それを取り付ける作業も発生する。これら一連の点検作業を100区画全てで行おうとすると相応の期間交通規制を行う必要がある。また、先述したとおり、建築限界内に一様に放水されるため、全面通行止めになってしまう。しかし、本トンネルにおいて全面通行止めは年間の維持作業のために設定される約10日間の夜間通行止め期間(リフレッシュ工事)に限られる。当然、この期間中は他の多様な点検・作業も並行して行われるため、水噴霧設備の点検に割り当てられる時間は極めて限定的であった。特に実放水を伴う点検は、当該区画で他作業を不可能にすることから、緻密な工程調整が求められる。これらに加え、供用開始後初

の点検であるため作業の所要時間が見通しにくい点も影響した。

b) 貯水量の問題

本トンネルでは消火設備及び水噴霧設備の水源をトンネル湧水としている。主水槽の容量は消火栓、給水栓及び水噴霧器において所定の送水量を40分送水可能な容量(424 m³)、取水槽の容量は揚水する2時間程度の量(71 m³)に設定されている。ノズル1個あたりの基本放水量は360~390 L/minであり、ノズルは1放水区画あたり10個設置されているため実放水テストの際に多量の水量を消費する。このことから、連続して行うことができる実放水テストの回数には限りがあった。また、交通解放時には規定の貯水量を満足する必要があるため、再度貯水が完了する時間も考慮する必要があった。夜間通行止め中の作業時間は8時間程度であり、上記から貯水量という観点からも課題が存在した。

(2) 課題解決に向けた対応

先の課題を踏まえ、城山トンネルにおける点検手法・頻度について調査を実施した。その結果、複数年に分けて全区画の実噴霧点検を行っていることが判明した。

調査結果と本トンネルの制約条件を勘案し、荒島第2トンネルにおける点検方針を以下の通り定めた。まず、目視・触診・打音等の簡易点検は毎年全区画で実施する。一方、実噴霧を伴う機能点検は、全100区画を5年で1周する計画とし、年間20区画ずつ実施することとした。この年20区画という設定は、所要時間が見通しにくい初回点検において、限られた作業時間内で確実に完了できる規模として暫定的に定めたものである。

実際に令和6年度の点検では実放水テストを2日、10区画ずつに分けて行った。実際の作業時間は放水開始から放水終了後まで、1区画あたり15分程度であった。また、10区画の点検が終了した後の主水槽の水位を計測したところ、約70 cm降下していた。主水槽の底面積は115 m²であるから10区画の放水に伴って減少した水量は80.2 m³であると推定できる。トンネル湧水からの取水量は7.18 m³/minであるから、約12分で放水以前の水量に戻ると考えられる。

上記のとおり作業効率は想定を上回り、理論上はこの実績に基づき、点検準備・片付けに1時間ずつかかるとすると実際の作業可能時間は6時間程度と見積もられ、1日に点検可能な区画は24区画と考えられる。この放水に伴う放水量は192 m³であり、再度この水量が貯水されるまでに掛かる時間は30分程度であるから、交通解放時までに規定の水量を満たすことについても問題ないと考えられる。

この令和6年の点検実績を踏まえ令和7年度は点検区画を30区画程度に拡大する予定であり、将来的には全区画の点検周期をさらに短縮していく計画である。



図-7 実噴霧点検の様子

(3) 自動弁装置の分解整備について

自動弁装置の分解整備は10年周期とされているが、当然分解整備期間中には当該区画は使用不能になってしまう。しかし、トンネル非常用施設の特性上、使用不能な期間が存在することは許されない。また、分解整備を行わずにいることも、予防保全の観点から望ましいことではない。

このような状況下で非常用施設としての機能を損なわず、適切な維持管理を行うための手法として予備品を用意しておくことが考えられる。しかし、100台全てに予備品を用意して同時に分解整備するというのはコスト面から考えると現実的ではない。

この課題の解決案として、10台分の予備品を用意することを検討中である。1年目は1~10区画の自動弁装置を予備品と入れ替えて、既設品を分解整備する。次年度は11~20区画の自動弁装置を前年度分解整備した自動弁装置と入れ替る、というように点検と同様区画を限定して分解整備することを計画中である。

5. まとめ

本報告では、大野油坂道路の荒島第2トンネルに導入された水噴霧設備の概要、供用開始後の維持管理において、実放水を伴う点検作業が大きな課題となることを示した。具体的には、全面通行止めが可能な時間は極めて限定的であるという「時間的制約」、そして、水源であるトンネル湧水の貯水能力に起因する「貯水量の問題」である。

これらの課題を克服するため、先行事例を参考に複数年にわたって全区画の点検を完了させる計画を立案した。そして、初年度の点検作業を通じて、実際の作業効率や放水に伴う貯水量の変化に関するデータを収集・分析した。

初年度の点検実績を分析した結果、当初の想定を上回る効率で作業を進められることが確認され、時間的制約および貯水量に関する課題は、工夫次第で解決可能であるという見通しを得た。

この実績に基づき、次年度以降は点検計画をさらに最適化し、より短い期間で全区画の機能点検を完了させるこ

とを目指す。

近畿地方整備局管内において導入事例が少ない水噴霧設備について、特有の制約条件下で効率的な維持管理手法の確立に向けた具体的な道筋を示した本報告が、今後の同種設備の維持管理計画を策定する上で、有益な参考資料となれば幸いである。

6.参考文献

- ※1) 公益社団法人 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【付属施設編】
- ※2) 国土交通省：道路管理施設等点検整備標準要領(案)