

●キャビテーション噴流を用いたトンネル内装板の清掃について Cleaning of tunnel interior facing plate with cavitation jet

中日本高速道路株式会社 八王子支社 非会員 三栖 翼和
中日本高速道路株式会社 八王子支社 会員 ○ 小川 澄

1. はじめに

中日本高速道路株式会社(以下 NEXCO 中日本)では道路上に落下する可能性のある構造物に対し、2重の安全対策として落下防止ワイヤを設置している。トンネル内装板についても本体取付構造の他、アイボルト及び落下防止ワイヤによる2重の安全対策が施されている。トンネル内装板は従来、回転ブラシを装着した壁面清掃車による清掃を行っていたが、ワイヤの設置により回転ブラシがワイヤを巻き込む危険性があるため、新たな清掃方法を必要としている。

2. 採用の背景

ワイヤ巻き込み防止のため非接触での清掃技術を必要としており、トンネル灯具清掃用に高速道路会社で開発・実用化を行ったキャビテーション噴流による非接触清掃を内装板清掃に利用できないか検討を行った。

3. キャビテーション現象

高圧の水を放出するとベルヌーイの定理により下流側では圧力が下がる。この時、飽和水蒸気圧より液体の圧力が低下することでキャビテーション現象による気泡が発生する。この気泡が消滅する際、大きな衝撃を発生させエロージョン(壊食)という現象を起こす。このエロージョンによる衝撃力を汚れの剥離に用いるのがキャビテーション噴流による非接触の表面清掃である。

4. 技術開発

4.1. 既存キャビテーション清掃機械の評価

NEXCO 中日本で利用しているキャビテーション清掃の機械はトンネル灯具清掃用として製作しており、幅 420mm の噴流を離隔 400mm (図-1) で用いることを想定したノズルとなっている。GL+2,500mm の高さまで設置されているトンネル内装板の清掃に使用する場合においては、作業のオーバーラップも考慮すると、相当な回数の回送を行う必要がある。高速道路では清掃の都度 IC 間を回送しなければならないため、極めて非効率的である。したがって回送回数を減らすことできる噴流幅の広いノズルの開発が求められている。

4.2. 既存ノズルの清掃幅

平成 31 年 3 月 5 日、中央自動車道 中野トンネル(下り線)にて既存ノズルの評価を行ったところ、離隔 800mm での有効清掃幅は 600mm 程度であるが、ノズルと壁面の離隔が 600mm を超えると噴霧がそれ以上拡散せず、清掃幅は広がらないことが判明した。

またトンネルには壁面に設置された非常用設備があるため浸水について調査したが、浸水した形跡は見られなかったため、キャビテーション噴流による設備破損の恐れはないと判断できた。

これにより広範囲噴霧ノズルの開発を行い、内装板清掃を試行することとした。

4.3. 広範囲噴霧ノズルについて

4.3.1 ノズルの設計

既存ノズルの噴霧扇形角度は 10 度であるが、ノズルから 600mm を超えると噴霧幅はほとんど広がっていないため、より噴霧扇形角度の広いノズルを設計することとした。ただし、水量を同様のまま扇型角度を広げた場合、噴霧が揮発及び拡散してしまい目標距離まで到達しない可能性があるため、水量を 2 倍にした遠投ノズルとして設計している。



写真-1 既存ノズルの噴霧

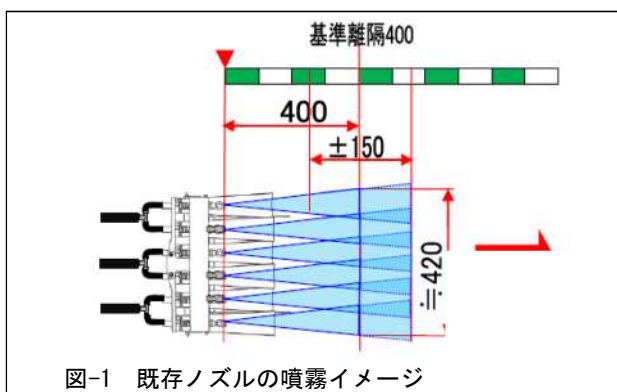


図-1 既存ノズルの噴霧イメージ

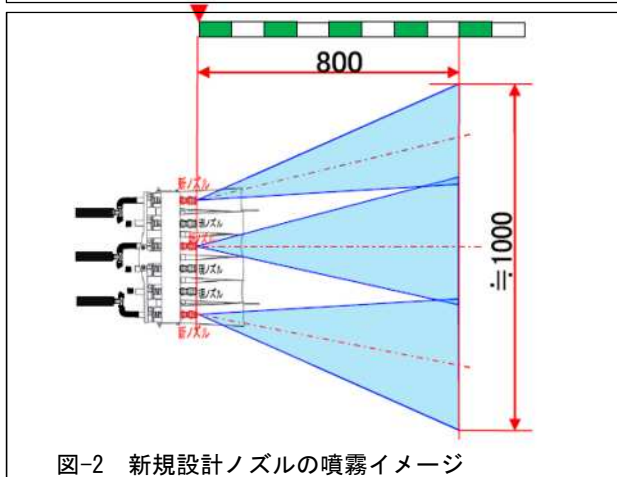


図-2 新規設計ノズルの噴霧イメージ

4.3.2. 新規設計ノズルの性能

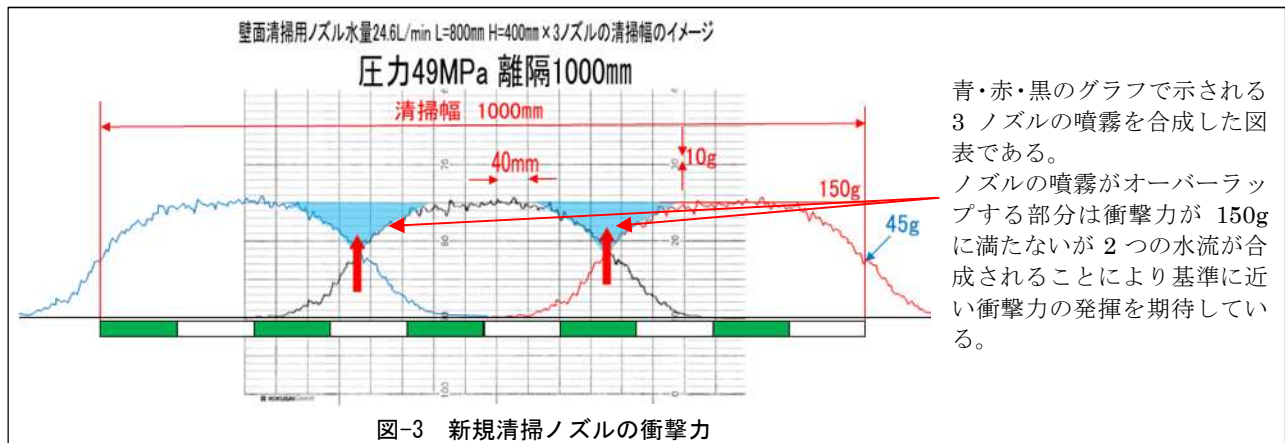


図-3は新規製作ノズル3個からなる灯具清掃ユニットの衝撃力を図示したものである。各ノズルの合成により約1,000mm幅で150gの衝撃力を発生させている。

5. キャビテーションによる試験清掃

令和元年11月18日 東富士五湖道路 籠坂トンネルにおいて部分的にトンネル内装板の試験清掃を行うこととした。

上段・中段・下段の3回に分け、時速20km/hでキャビテーション清掃を行い、清掃前後の反射率データを取得した。



写真-2 試験清掃状況

5.1. 反射率の回復

内装板の試験片を手拭きで清掃した場合の反射率は76%(=①)であるため、清掃前の反射率①、清掃後の反射率②として回復率 $(②-①) / (①-①) \times 100$ を計算したところ回復率は凡そ60~65%となっている。



写真-3 清掃後外観

5.2. 散水清掃との比較

落下防止ワイヤを設置後、中央自動車道のトンネルでは散水車による散水清掃を行っており、上下線で4日間作業している。キャビテーション清掃による日数を試験清掃及び水消費量から計算したところ、1日で可能であり、計算上の作業日数は1/4に減少する。なお、トンネル内装板の清掃による反射率回復については、散水車清掃での取得データがないため比較を行っていない。

6. 今後の展望と課題

試験清掃の結果により、散水清掃より作業時間が減少する予見性が得られたため、令和2年度に中央自動車道 富士吉田線又は東富士五湖道路のトンネルにて内装板清掃を行い評価する予定である。

また、トンネル内装板の有無はトンネル内の路面輝度計算に用いられており、内装板の汚れが激しい場合、照度設計の計算値と実態が乖離する可能性があるため内装板清掃による反射率の保守が課題となる。

7. 終わりに

現在の技術開発では、既存のキャビテーション清掃車を活用し最小限の改造で清掃の効果を検証している。既存車両ではタンク容量・ポンプ出力からこれ以上の改良が見込めないため、令和2年度のトンネル清掃にて高評価を得られた場合、ノズル数・噴霧範囲を広げた専用のキャビテーション清掃車両の開発等が今後の技術開発のターゲットとなる。



写真-4 キャビテーション TN 灯具清掃車

Keyword: キャビテーション噴流、トンネル内装板、維持管理

連絡先: 東京都八王子市宇津木町231 Tel: 042-691-1171 FAX: 042-691-5927