

既設舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法施工後の路面性状に関する一考察

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○佐藤 圭洋
丸山 記美雄

既設コンクリート舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法の試験施工が過年度に行われており、表面研削工法施工後のすべり抵抗値やきめ深さなどの路面性状を経年的に調査してきた。本報告では、施工後約10年経過後までの追跡調査を行った結果から、供用後のすべり抵抗値やきめ深さなどの路面性状の長期的な推移について明らかにし、過年度に表面研削工法を施工した区間の路面性状について考察を行ったので報告する。

キーワード：ダイヤモンドカッタ、表面研削工法、追跡調査、路面性状

1. はじめに

既設コンクリート舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法の試験施工が過年度に行われており、すべり抵抗値やきめ深さなどの路面性状が施工後に改善され、その後数年後に渡って改善の効果が継続していることが過年度に報告されている^{1) 2)}。一方で、表面研削工法施工後の長期供用に伴い、車両のタイヤによる摩耗作用やその他環境要因等によって、施工後の舗装路面性状は次第に変化していくと予想される。そのため、施工後の追跡調査を行い、対策の効果の持続性を把握し、長期的な路面性状を評価することが重要となる。そこで、過年度より、寒地土木研究所では、表面研削工法施工後のすべり抵抗値やきめ深さなどの路面性状を経年的に調査してきた。

本報告では、施工後約10年経過後までの路面性状の追跡調査を行った結果から、供用後のすべり抵抗値やきめ深さなどの路面性状の長期的な推移について明らかにし、過年度に表面研削工法を施工した区間の路面性状について考察を行ったので報告する。

2. 既設舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法の概要

既設コンクリート舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法とは、数mmピッチで組み合わせたダイヤモンドブレードの集合体により、コンクリート舗装表面を3mm程度の薄層で縦断方向に研削し、表面に出来る凹凸によってコンクリート舗装のすべり抵抗などの表面性状を改善する工法である。図-1にダイヤモンドカッタによる表面研削工法に用いるブレードおよび研削形状の例を示す。上図は3mm程度の薄層で研削する例、下図

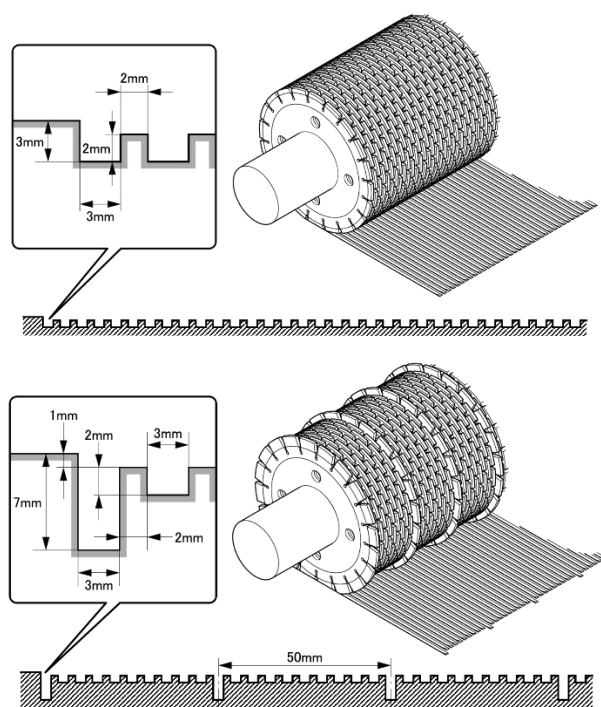


図-1 ダイヤモンドカッタによる表面研削工法に用いるブレードおよび研削形状の例（上：研削、下：研削＋グルーピング）



写真-1 ダイヤモンドカッタによる表面研削の仕上がり路面とフィン（背びれ）状の凹凸の例

は上図に50mm間隔でグルーピング溝が入った形で研削する例である。いずれもコンクリート舗装表面のすべりやすい層を除去するとともに、路面付近の粗骨材およびセメントモルタルに写真-1に示すようなフィン（背びれ）状の凹凸をつけ、その凹凸によってすべり抵抗性などの機能を発揮させるものである³⁾。

3. ダイヤモンドカッタによる表面研削工法施工区間

過年度にトンネル内コンクリート舗装のすべり抵抗値の低下が顕在化し、札幌開発建設部管内の現道においても路面のすべり抵抗値の低下が問題となっていた。その解決策として、国内のトンネルでは初となるダイヤモンドカッタによる表面研削工法（別名：ダイヤモンドグラインディング工法）によるすべり抵抗値の改善の試験施工が実施された。表-1 に施工区間の種類と調査の実施状況を示す。

2013年度施工区間は、トンネル内のカーブ区間に位置しており、後述する 2015 年度の施工区間と比較して坑口から近い区間に位置しており、先行して施工された区間である。本区間は、研削＋グルーピング（図-1 下図）の形状にて施工されている。2013年度施工区間では、すべり抵抗値は、2013年度の施工前から、また、きめ深さは、2013年度の施工後から経年的に調査を実施してきた。

2015年度施工区間は、2013年度施工区間に連続してトンネルの中央方向に設定した直線区間であり、比較工区を設けて3つの区間を施工している。一つ目は、ダイヤモンドカッタによる表面研削（ブレードの間隔 2mm ピッチ）を行った区間、二つ目は、ダイヤモンドカッタによる表面研削（ブレードの間隔 2.35mm ピッチ）を行った区間となっている。これらの区間はいずれも研削＋グルーピング（図-1 下図）の形状となっており、効果や持続性等に変化が見られるかを検証するために、ダイヤモンドブレードのピッチを 2.0mm と 2.35mm に変更した2つの区間を設けている。また、三つ目は、ショットブラストにより表面処理を行った区間としている。この区間は、文献⁴⁾により有効性が検証されているブラスト鉄玉を 2.0mm に改良したもの（従来は 1.3mm が標準）を使用して施工した区間となっている。本区間の施工では、コンクリートモルタルが完全に硬化した後の最大骨材粒径 40mm の既設のコンクリート舗装路面に対する表面処理を行ったものであり、北海道開発局管内の高規格幹線道路トンネル内で採用されている若材齢時ショットブラスト方式による骨材露出工法とは異なるものである。なお、若材齢時ショットブラスト方式による骨材露出工法とは、コンクリート打設後、コンクリートモルタルが完全に硬化する前に表面付近のモルタルをショットブラストによって除去し骨材を露出する（所定のきめ深さを得るために最大骨材粒径が 20mm の粗骨材を用いる）工法

であり、本区間で採用した表面処理工法とは異なる。以上、試験施工区間は同一トンネル内に連続した3区間となっており、各々100m ずつ施工されている。これら2015年度施工区間では、すべり抵抗値およびきめ深さを2015年度の施工前から経年的に調査を実施してきた。

2020年度施工区間は、トンネルの中央部分の直線区間においてすべり抵抗値の低下が顕在化していた区間をすべり抵抗値を回復する目的でダイヤモンドカッタによる表面研削（ブレードの間隔 2.35mm ピッチ）にて施工した区間である。この区間は研削＋グルーピング（図-1 下図）の形状となっている。本区間は、過年度と同様に、未対策区間の路面に対しダイヤモンドカッタによる表面研削（ブレードの間隔 2.35mm ピッチ）にて施工した区間となっており、延長約 750m 施工されている。2020年度施工区間では、すべり抵抗値およびきめ深さを 2019年度の施工前から経年的に調査を実施してきた。

表-1 施工区間の種類と調査の実施状況

	区間の種類	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
2013	【2013年度施工区間】 ダイヤモンドカッタによる表面研削工区、切削ピッチ2mm	施工前の調査	ダイヤモンドカッタによる表面研削施工後調査	供用1年目調査	供用2年目調査	供用3年目調査	供用4年目調査	供用5年目調査	供用6年目調査	供用7年目調査	供用8年目調査	供用9年目調査	供用10年目調査
	調査の実施	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2015	【2015年度施工区間】 ダイヤモンドカッタによる表面研削工区、切削ピッチ2mm												
	【2015年度施工区間】 ダイヤモンドカッタによる表面研削工区、切削ピッチ2.35mm			施工前の調査	施工後調査	供用1年目調査	供用2年目調査	供用3年目調査	供用4年目調査	供用5年目調査	供用6年目調査	供用7年目調査	供用8年目調査
	【2015年度施工区間】 ショットブラストによる表面処理工区、投射密度200kg/m ² 、ブラスト玉2mm												供用9年目調査
	調査の実施			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2020	【2020年度施工区間】 ダイヤモンドカッタによる表面研削2.35mm							表面研削施工後調査	供用1年目調査	供用2年目調査	供用3年目調査	供用4年目調査	
	調査の実施							○	○	○	○	○	○

4. 追跡調査結果と考察

(1) 2013年度施工区間

2013年度施工区間のすべり抵抗値の調査結果を図-2に示す。対策後にすべり抵抗値は大きく回復し、有効な対策効果が得られているといえる。その後も、施工から11年経過まで供用に伴い経年的な低下が見られるが、すべり抵抗値は、概ね横ばいで推移している。道路維持修繕要綱⁵⁾では交通量の多い一般道路においてはすべり抵抗値が 0.25 を下回ると維持修繕が必要とされる目安とさ

れているが、それを上回った形で推移してきており、安全な走行に問題ないレベルで推移していると言える。ただし、近年は0.25を下回る箇所も一部見られるようになってきたことも確認できた。このため、今後も長期的な持続性を観察する必要がある。

2013年度施工区間のきめ深さの調査結果を図-3に示す。きめ深さもすべり抵抗値と同様、施工から11年経過まで経年的な低下が見られるが、概ね横ばいで推移している。

2013年度施工区間における施工後11年目までの路面状態の目視観察結果を以下に述べる。経年的な路面の観察において、対策後（施行直後）にすべり抵抗値が上昇しているが、この理由として、表面研削により路面上に細かく削られた骨材部分が露出しており、これがタイヤと路面の間のすべりを防ぐ役割を果たしていたことが確認できた。その後、早い段階で弱いモルタル部は除去され、骨材が削られた状態での露出が持続するが、この研削された骨材部分も徐々にではあるが、供用に伴い繰り返し受ける車のタイヤの摩耗作用によって、すり減っていく。これに伴って、すべり抵抗値も徐々にではあるが、低下傾向を示していたものと考えられる。なお、横断位置によって路面状態は異なっており、施工後11年目の路面状態の観察した結果から、OWP部（Outer Wheel Path：外側車輪通過位置）、BWP部（Between Wheel Point：車輪中央位置）、IWP部（Inter Wheel Path：外側車輪通過位置）の路面状態に違いが見られた。目視調査により、外側・内側車輪通過位置のOWP部やIWP部においては、経年的に露出した骨材がすり減ってきていることを確認しており、BWP部においては、初期に削られた骨材の状態が比較的初期の状態を保ったまま残存していることを確認している。これは、供用に伴いタイヤの繰り返し通過作用を受けている部分と受けていない部分の違いであると考えられる。以上のことから、OWP部では繰り返し摩耗作用を受け、すべり抵抗値やきめ深さが徐々に低下してきている一方で、BWP部については摩耗作用が少なく、骨材のすり減りがあまり生じないため、表面研削形状が比較的保持されているものと推察さ

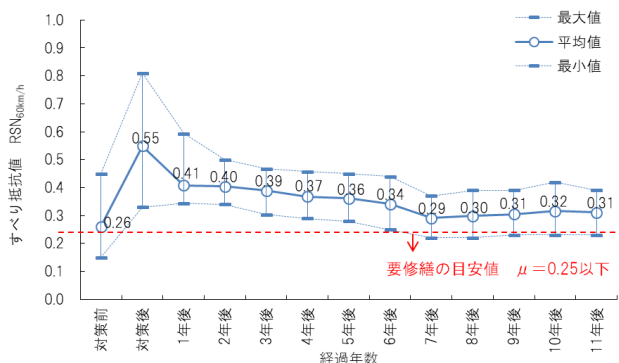


図-2 すべり抵抗値（2013年度ダイヤモンドカットによる表面研削工区、切削ピッチ2mm、2013年度からの推移）

SATO Takahiro, MARUYAMA Kimio

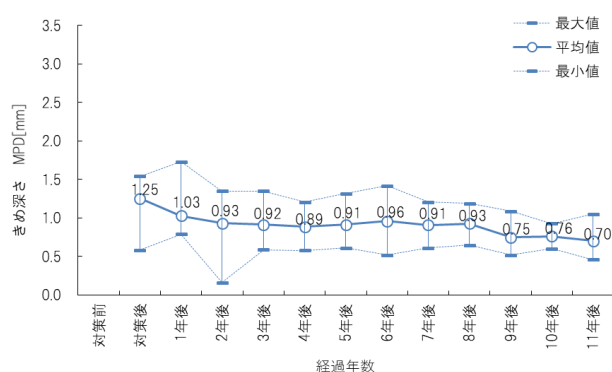


図-3 きめ深さ（2013年度ダイヤモンドカットによる表面研削工区、切削ピッチ2mm、2013年度からの推移）

れる。

(2) 2015年度施工区間

2015年度施工区間のすべり抵抗値の調査結果を図-4～図-6に示す。いずれの区間も施工後はすべり抵抗値は大きく回復し、有効な対策効果が得られているといえる。すべり抵抗値は、いずれの工法も供用に伴い低下する傾向が見られる。いずれの工法も施工後の9年経過時点では、すべり抵抗値は0.25以上観測されている。3つの区間のすべり抵抗値測定結果の推移を比較すると、ダイヤモンドカットによる表面研削を行った区間のすべり抵抗

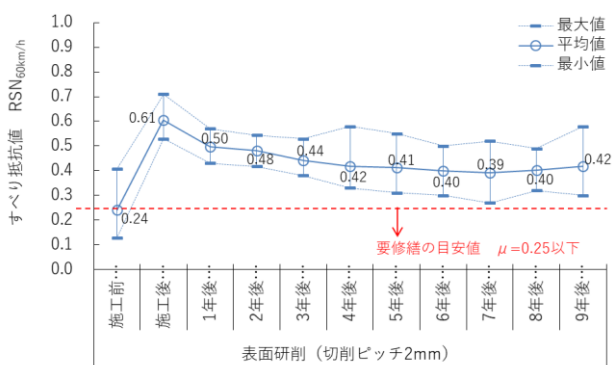


図-4 すべり抵抗値（2015年度ダイヤモンドカットによる表面研削工区、切削ピッチ2mm、2015年度からの推移）

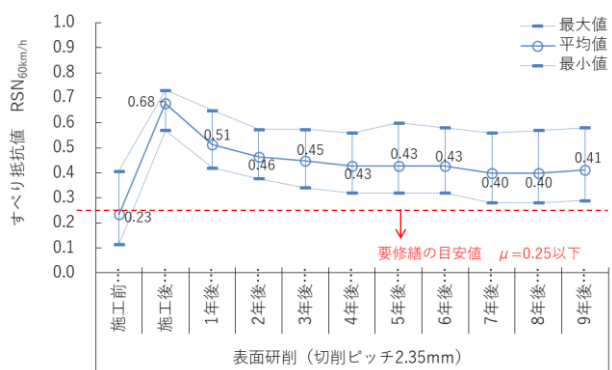


図-5 すべり抵抗値（2015年度ダイヤモンドカットによる表面研削工区、切削ピッチ2.35mm、2015年度からの推移）

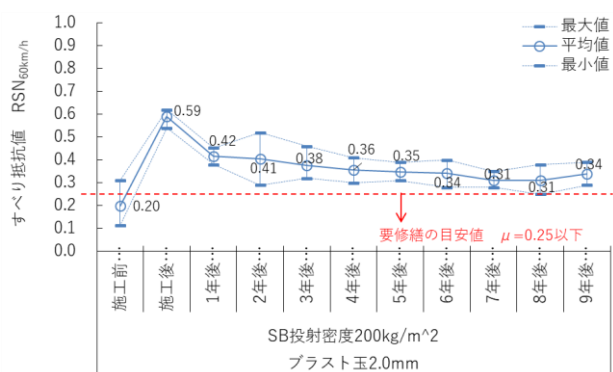


図-6 すべり抵抗値（2015年度ショットブラストによる表面処理工区、投射密度 200kg/m^2 、プラスト玉 2.0mm 、2015年度からの推移）

値は、ショットブラストによる表面処理を行った区間よりも、若干高い値で推移していることが読み取れる。また、ダイヤモンドカッタによる表面研削のブレードの間隔 2mm ピッチと、 2.35mm ピッチのすべり抵抗値の推移を比較すると、供用後数年間は 2.35mm ピッチの方が多少大きい傾向も見られたが、長期的に見るとほぼ同程度の値となっている。

2015年度施工区間のきめ深さの調査結果を図-7～図-9に示す。きめ深さもすべり抵抗値と同様、施工から9年経過まで経年的な低下が見られるが、近年は概ね横ばいで推移している。

2015年度施工区間における施工後9年目までの路面状態の目視観察結果を以下に述べる。経年的な路面の観察において、施行後にすべり抵抗値が上昇しているが、この理由は先に述べたとおりである。きめ深さについては、研削+グルーピングによる施工のため、深めのグルーピング部分は、経年的な摩耗作用は受けておらず、きめ深さの値が低下しない理由として挙げられるが、研削部分の凹凸も11年経過後も低下は緩やかになっていると考えられる。なお、横断位置によって路面状態は異なっており、9年目の路面状態の観察結果からも、OWP部およびIWP部の路面については、経年的にすり減ってきていることを確認した。また、BWP部では、OWP部およびIWP部と比較して、すり減りはあまり生じておらず、骨材のすり減り作用が少ないことから、表面研削形状が比較的保持されているものと推察される。

(3) 2020年度施工区間

2020年度施工区間のすべり抵抗値の調査結果を図-10に示す。施工前にはすべり抵抗値は 0.21 程度であったが、施工後（供用1ヶ月後）にはすべり抵抗値は 0.55 程度となり、施工後にすべり抵抗値が向上していることが確認できた。その後、供用に伴い、1年後から4年後までのすべり抵抗値は、若干の低下を伴いながら横ばいで推移している。

2020年度施工区間のきめ深さの調査結果を図-11に示

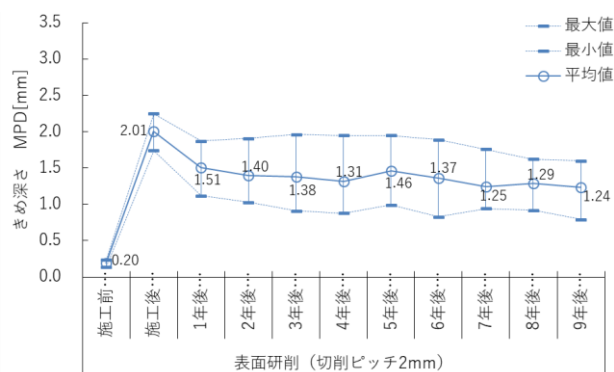


図-7 きめ深さ（2015年度ダイヤモンドカッタによる表面研削工法工区、切削ピッチ 2mm 、2015年度からの推移）

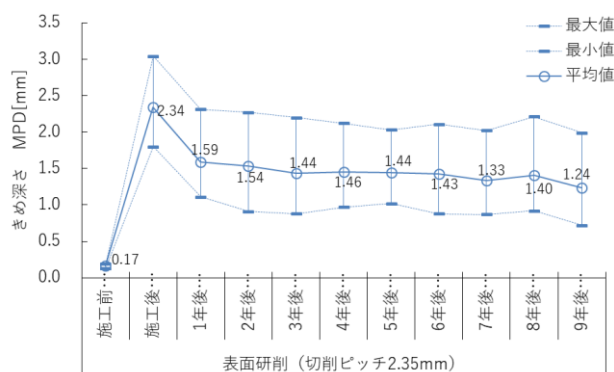


図-8 きめ深さ（2015年度ダイヤモンドカッタによる表面研削工法工区、切削ピッチ 2.35mm 、2015年度からの推移）

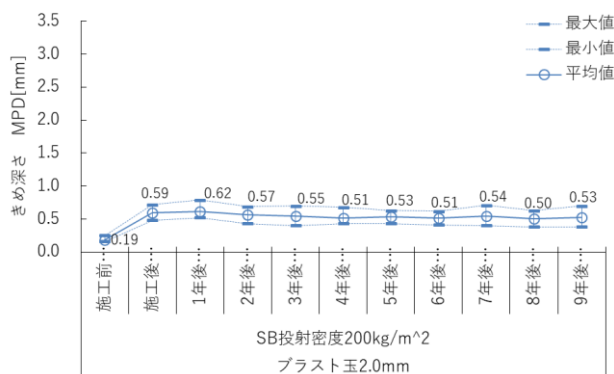


図-9 きめ深さ（2015年度ショットブラストによる表面処理工区、投射密度 200kg/m^2 、プラスト玉 2.0mm 、2015年度からの推移）

す。きめ深さもすべり抵抗値と同様、施工から9年経過まで経年的な低下が見られるが、近年は概ね横ばいで推移している。

2020年度施工区間においても目視にて路面状態の推移を観察している。施工後4年目までの路面状態の観察結果を以下に述べる。過年度施工区間での調査と同様に、施工4年目の観察結果からは、OWP部およびIWP部では、路面の表面の凹凸がタイヤの摩耗作用によって徐々にすり減ってきていることが確認でき、すべり抵抗値やきめ深さの値に影響を及ぼしたと考えられる。一方で、

BWP部のすり減りはあまり生じていないことが確認でき、これまで述べた別区間と同様に、BWP部では骨材のすり減り作用が少ないことから、表面研削形状が比較的保持されているものと推察される。

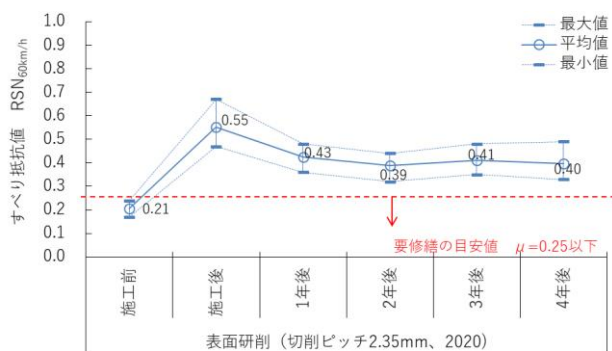


図-10 すべり抵抗値（2020 年度ダイヤモンドカッタによる表面研削工区、切削ピッチ 2.35mm、表面研削施工の前年度の 2019 年度からの推移）

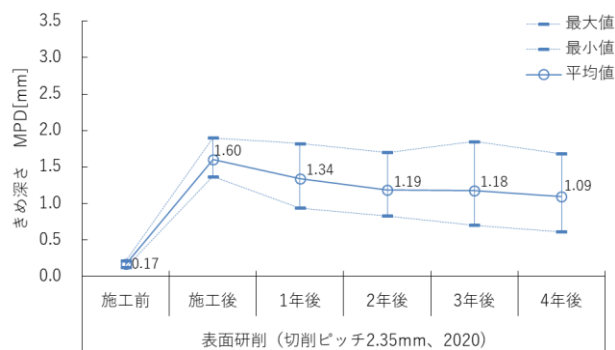


図-11 きめ深さ（2020 年度ダイヤモンドカッタによる表面研削工区、切削ピッチ 2.35mm、表面研削施工の前年度の 2019 年度からの推移）

5. まとめ

既設コンクリート舗装路面に過年度にダイヤモンドカッタによる表面研削工法の試験施工を行った区間等の路面性状の追跡調査を実施した。これまでの調査結果から、ダイヤモンドカッタによる表面研削工法施工後の路面性状の推移については、施工後に路面性状は大きく向上・回復し、その後の供用によりタイヤ走行による摩耗作用を繰り返し受けることですべり抵抗値は徐々に低下しつつも、全体としては微減もしくはほぼ横ばいで推移していることから、施工から約 10 年と長期にわたり供用された路面性状としては十分なものと評価できる。

6. おわりに

試験施工後の 10 年以上の長期間にわたる調査に際して、フィールド提供のご協力を頂いた北海道開発局札幌開発建設部の関係者皆様に感謝の意を表す。

本調査により、ダイヤモンドカッタによる表面研削工法が路面のきめ深さ、すべり抵抗値の改善・回復に有効であり、その後の 10 年程度の推移について検証することができたと考えている。今後も追跡調査を行い、更なる検証を実施しつつ、ニーズがある箇所への適用に向けて、その普及に努めていきたい。

参考文献

- 1) 東英俊、後藤節也、井谷雅司：トンネルコンクリート舗装の摩擦係数低下回復—摩擦係数低下の現状と対策工法実施の報告—、第 57 回（平成 25 年度）北海道開発技術研究発表会、2014。
- 2) 井谷雅司、上野千草、大浦正樹：トンネル内コンクリート舗装の摩擦係数低下要素と粗面化技術による対策効果、第 60 回（平成 28 年度）北海道開発技術研究発表会、2017。
- 3) 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所：既設コンクリート舗装路面へのダイヤモンドカッタによる表面研削工法施工マニュアル(案)、令和元年 9 月。
- 4) 中村和博、松本大二郎、佐藤正和、神谷恵三：コンクリート舗装のすべり抵抗回復工法に関する研究、土木学会論文集 E1（舗装工学）、Vol.70、No.3、pp. I-197- I-204、2015。
- 5) 道路維持修繕要綱、（社）日本道路協会、S53.7