

アスファルト舗装表面研削供試体の初期性能と耐久性の一検討

Study on Initial performance and Durability of Surface grinding Asphalt pavement Test pieces

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○正 員 佐藤 圭洋 (Takahiro Sato)  
(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 上野 千草 (Chigusa Ueno)  
(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 白戸 義孝 (Yoshitaka Shiroto)  
(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 丸山記美雄 (Kimio Maruyama)

1. はじめに

ダイヤモンドカッタによりコンクリート舗装表面を薄層で研削し、すべり抵抗性等を改善する研削工法がある。この工法は、国内では主に既設のコンクリート舗装を対象として施工されてきており、これまでアスファルト舗装に適用された事例はほとんどない。この理由として、アスファルト舗装が摩耗ですべるという課題がコンクリート舗装と比較して少ないことや、アスファルト舗装の冬期路面対策としての研削方法や研削深さの品質規格が未確立であることなどが考えられる。

しかし、積雪寒冷地のアスファルト舗装は冬期には凍結して滑りやすい路面になることから、このような路面にダイヤモンドカッタによる表面研削工法を適用すれば、路面に溝（凹凸）を形成させることによって路面摩擦力や排水能力の向上が見込まれ、冬期路面対策としての効果が期待できる。また、アスファルト路面がたわみ、わだちが形成された時、ダイヤモンドカッタによる表面研削工法による路面は、既存技術に比べてコストが安く、短時間で平坦性を復活させられるなどの利点が考えられる。さらに、騒音の低減などの機能の向上も期待できる。そこで、この工法のアスファルト舗装への応用を試みた。

アスファルト舗装にダイヤモンドカッタによる表面研削処理技術を適用するにあたっては、最大粒径、配合、アスファルトバインダの影響により、コンクリート舗装と同様の研削方法では良いテクスチャ、持続性が形成できない可能性がある。そのため、アスファルト路面に適した研削方法の検討が必要と考えられる。そこで、表面研削処理を施したアスファルト舗装供試体を用いて、研削初期、ホイールトラッキング試験後において、すべり抵抗値、きめ深さを測定した結果について報告する。

2. 試験用供試体の表面研削形状及び種類

室内試験で使用した供試体は、タイプ 1（従来のコンクリート舗装に用いられているダイヤモンドカッタによる表面研削処理：スぺーサ間隔 2.35mm、切削深さ 3mm）、タイプ 2（アスファルト用グラインダーによる表面研削処理：スぺーサ間隔なし、切削深さ 3mm）、タイプ 3（タイプ 2 にスぺーサを挿入した表面研削処理：スぺーサ間隔 2.35mm 挿入、切削深さ 3mm）の 3 種類に加え、比較のため無処理の 4 種類とした。

各タイプ別のカッタの研削形状とそれにより想定される供試体の研削表面の形状イメージを図-1 に示す。タイプ 1 は、排水機能を持たせた深溝とその間の浅溝を組

み合わせた形状をしており、深溝の間に 9 個の浅溝があるタイプとした。既存の国道で多数施工されているタイプである。タイプ 2、タイプ 3 は通常のダイヤモンドカッタによる研削形状より凹凸が小さい形状をしている。これらのタイプは、削る量が少なくなるのでカッタの消耗費が安くなり、施工費が安く抑えられる可能性がある。また、産廃処分費の抑制、施工速度の向上などの利点も考えられる。しかし、実績は少ない形状である。

また、母体となる舗装供試体のアスファルト混合物の種類は、表-1 のとおり北海道の国道において主に使用

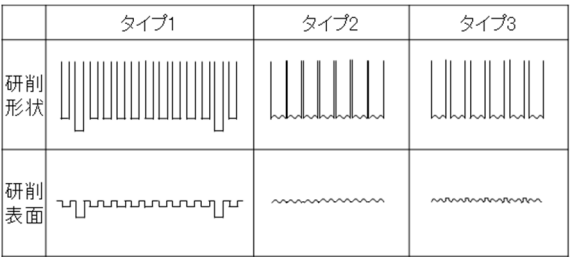


図-1 カッタの研削形状と供試体の研削表面のイメージ

表-1 室内試験で使用した供試体の種類・配合

| 混合物種類         | バインダ  | 最大粒径 (mm) | 表面処理                   | 備考  |
|---------------|-------|-----------|------------------------|-----|
| 密粒度アスコン13F    | StAs  | 13        | タイプ1、タイプ2、タイプ3、無処理の4種類 | 一般部 |
| 密粒度ギャップアスコン   | 改質 I  | 13        | タイプ1、タイプ2、タイプ3、無処理の4種類 | 勾配部 |
| 細密粒度ギャップ13F55 | 改質 II | 13        | タイプ1、タイプ2、タイプ3、無処理の4種類 | 重交通 |
| SMA           | 改質H   | 13        | タイプ1、タイプ2、タイプ3、無処理の4種類 | 新規  |
| ポーラス          | 改質H-F | 13        | タイプ1、タイプ2、タイプ3、無処理の4種類 | 排水性 |

タイプ1:ダイヤモンドブレードのスぺーサ間隔2.35mm、切削深さ3mm  
タイプ2:アスファルト用グラインダーによる研削、切削深さ3mm  
タイプ3:タイプ2にスぺーサ2.35mm挿入

| 混合物 名称                    | 密粒度13F     | 密粒度ギャップ13 | 細密粒度ギャップ13F55 | SMA13 | ポーラス13 |
|---------------------------|------------|-----------|---------------|-------|--------|
| バインダ                      | stas80-100 | 改 I       | 改 II          | 改 H   | 改 H-F  |
| 骨材配合 (%)                  |            |           |               |       |        |
| 砕石 6 号                    | 41.5       | 49.5      | 42.0          | 60.5  | 79.0   |
| 砕石 7 号                    | 7.0        | 14.5      | 14.5          | 8.0   | —      |
| スクリーニングス                  | —          | —         | —             | 6.0   | —      |
| 粗砂                        | 29.0       | 8.0       | 6.0           | 13.5  | 16.0   |
| 細砂                        | 12.0       | 17.5      | 27.0          | —     | —      |
| 石粉                        | 10.5       | 10.5      | 10.5          | 12.0  | 5.0    |
| 植物性繊維                     | —          | —         | —             | 外割0.5 | —      |
| As 量 (%)                  | 5.9        | 5.5       | 5.9           | 6.8   | 5.1    |
| 基準密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.397      | 2.395     | 2.371         | 2.369 | 2.087  |
| 理論密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.474      | 2.475     | 2.454         | 2.432 | 2.502  |
| 空隙率 (%)                   | 3.1        | 3.2       | 3.4           | 2.6   | 16.6   |

されている密粒度 13F (StAs)、密粒度ギャップ (改質 I 型)、細密粒度ギャップ 13F55 (改質 II 型)、ポーラス (改質 H-F 型)、密実な SMA (改質 H 型) の計 5 種類とした。使用した供試体の数は各タイプ 2 個を基本とした。

### 3. 表面研削供試体の性能測定

#### 3.1 表面研削形状の状態確認

表-1に示すアスファルト舗装供試体 (40cm×40cm×5cm) 33個 (混合物別: 密粒度=6個、密粒度ギャップ=7個、細密粒度ギャップ=7個、SMA=6個、ポーラス=7個) (タイプ別: タイプ1=10個、タイプ2=10個、タイプ3=8個、無処理=5個) について、表面研削後の目視・突起部寸法の測定により、タイプ別の供試体の表面研削形状の状態を確認した。各タイプ別の供試体の表面研削形状は図-2に示すとおりである。また、供試体についてノギスにより溝深さについて測定したほか、細密粒度ギャップ供試体を代表として、タイプ別に、溝幅、溝間隔 (上面幅)、溝深さ、凸部本数をノギスにより計測したので、その結果を表-2に示す。

#### 3.2 研削初期の性能の測定

アスファルトを削ったときの初期性能 (すべり抵抗) として、各混合物別に、削り方の違い (タイプ1、タイプ2、タイプ3) によりどの程度の性能の向上がみられるのかを把握するため、CTメータによりきめ深さ [MPD] の測定、及び DF テスタによるすべり抵抗値 [RSN (60km/h)] の測定を行った。測定結果をそれぞれ図-3、図-4に示す。

図-3より、各混合物種類において、タイプ1が最もきめ深さが大きく、タイプ2とタイプ3は同程度もしくは、タイプ3のほうが若干きめ深さが大きい結果となっている。また、表面に空隙のあるポーラスについては、タイプ2とタイプ3は無処理よりもきめ深さが低下したが、それらを除けば、無処理供試体よりもタイプ1~3の研削供試体のほうがきめ深さが大きい結果となった。SMA (改質H型) のタイプ1のきめ深さが大きくなった理由としては、バインダとして改質H型を使用していることで、研削したときの凸部分が高いまま保持されたことによるものであると考えられる。図-3には示していないが、DF テスタ後の測定では、研削供試体であるタイプ1のきめ深さの低下がタイプ2やタイプ3と比較して大きかったため、初期性能のみで性能を判断することはできないと考えられる。

図-4より、きめ深さの結果と同様に、タイプ1が最もすべり抵抗値が大きく、次いでタイプ2とタイプ3が同程度となった。タイプ1についてはきめ深さがタイプ2とタイプ3と比較して大きかったことから、すべり抵抗値もそれに応じて大きめの値となっている。ただし、タイプ1の混合物ごとのきめ深さの大小とすべり抵抗値の大小を比べると、SMA (改質H型) のように、きめ深さが大きくても、すべり抵抗値が他のタイプよりも小さい値となるケースもある。この要因は、きめが深すぎるとかえって凸部が折れるか、もしくは変形してしまうことで、

すべり抵抗値の保持が難しくなるからであると考えられる。そのため、アスファルトを研削するための最適な溝形状の検討が必要であることがわかった。また、供試体の種類による違いよりも削り方の違いのほうが、すべり抵抗値やきめ深さ等に及ぼす影響が大きいことがわかった。

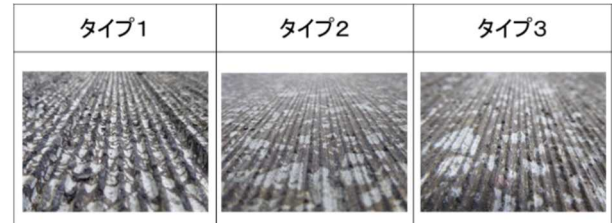


図-2 各タイプ別の供試体の表面研削形状

表-2 室内試験で使用する供試体の種類

|                | タイプ1 | タイプ2 | タイプ3 |
|----------------|------|------|------|
| 溝幅 (mm)        | 3.0  | 2.2  | 1.4  |
| 溝間隔 (上面幅) (mm) | 2.0  | 0.8  | 0.8  |
| 溝深さ (mm)       | 2.4  | 0.4  | 0.5  |
| 凸部本数 (本/m)     | 175  | 278  | 370  |

※タイプ1は大小の溝の内、小の溝の値

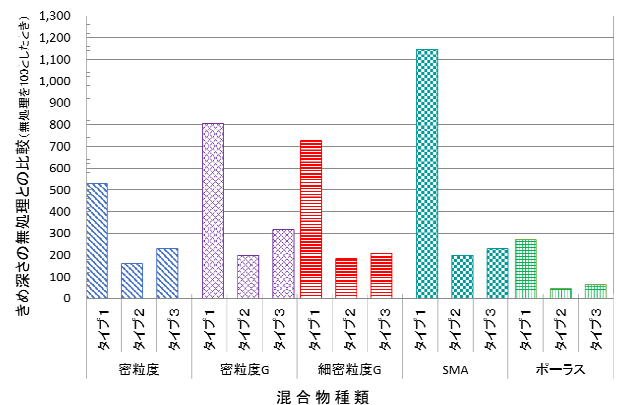


図-3 きめ深さの測定結果 (無処理との比較)

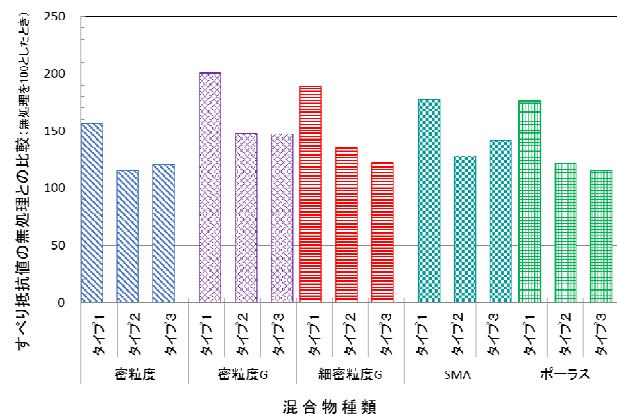


図-4 すべり抵抗測定結果 (無処理との比較)

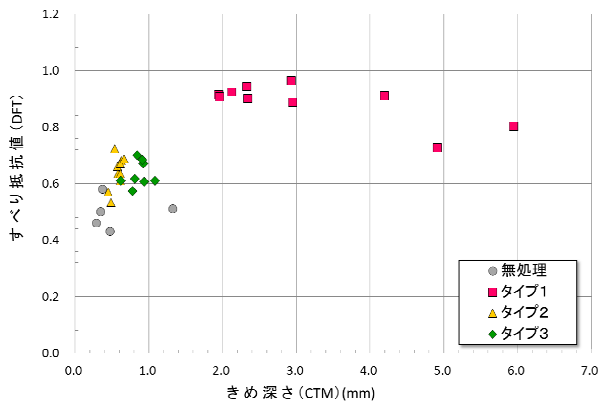


図-5 きめ深さとすべり抵抗値の関係（表面処理種）

図-5にきめ深さとすべり抵抗値を整理した結果を示す。全体としては、きめ深さが大きいとすべり抵抗値が大きい傾向にあるが、タイプ1のようにきめ深さが大きすぎると、すべり抵抗値が下がるケースも存在する。各タイプ別に程度の差はあるが、無処理の供試体よりも研削処理により舗装表面に溝形状を形成させることで、きめ深さを大きくし、すべり抵抗性を向上させることが可能であると言える。

なお、アスファルト舗装のバインダH型以上に対しては、タイプ1では施工で深く削られた時に、品質に問題が生じる可能性がある。よって、品質の確保の点からはタイプ2とタイプ3が適していると考えられる。そのため、このタイプ2とタイプ3をもとに、タイプ1のようにすべり抵抗性が向上し、かつ、排水機能に優れた研削形状となるよう改善が必要であると考えられる。

### 3.3 ホイールトラッキング試験後の性能の測定

表面研削形状及び種類の異なる各供試体について、ホイールトラッキング輪荷重トラバース走行による表面研削形状の耐久性を確認する試験を行った。試験に使用した供試体は表-1のうち、密粒度のタイプ1～3の3個、密粒度ギャップのタイプ1～3の3個、細密粒度ギャップのタイプ1～3の3個、SMAのタイプ2～3の2個、ポーラスのタイプ3の1個の計12個とした。各供試体ともホイールトラッキング輪荷重走行（60℃、トラバース走行1時間）後にCTメータによりきめ深さ及びDFテストによるすべり抵抗値を測定した。試験条件は表-3のとおりである。測定結果をそれぞれ図-6、図-7に示す。

図-6より、タイプ1のきめ深さの低下割合が大きく、タイプ1では、ホイールトラッキング輪荷重走行により、溝の凹凸形状が大きく変形する様子が確認された。また、タイプ2、タイプ3とも走行前よりも走行後のほうがきめ深さが減少した。いずれのタイプにおいても、走行後の研削表面の凹凸形状は、溝の上面から潰され、凸部分が大きく消失した形となっている。

図-7より、タイプ1、タイプ2、タイプ3とも、ホイールトラッキング後のすべり抵抗値は約30%低下したことがわかる。特にタイプ1のホイールトラッキング後のすべり抵抗値の低下が大きかった。タイプ2、タイプ3については、ほぼ同様の結果となった。

図-8にきめ深さに対するすべり抵抗値の残存率（WT走行後／研削初期）を示す。タイプ2、タイプ3ではすべり抵抗値の残存率がタイプ1と比較して高く、タイプ2と

表-3 試験条件

| 試験温度<br>(°C) | 走行時間<br>(min.) | 接地圧<br>(MPa) | 走行速度<br>(回/min.) | 走行距離<br>(mm) | トラバース<br>速度<br>(mm/min.) | トラバース<br>幅<br>(mm) |
|--------------|----------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| 60           | 60             | 0.63         | 42±1             | 350          | 100                      | 350                |

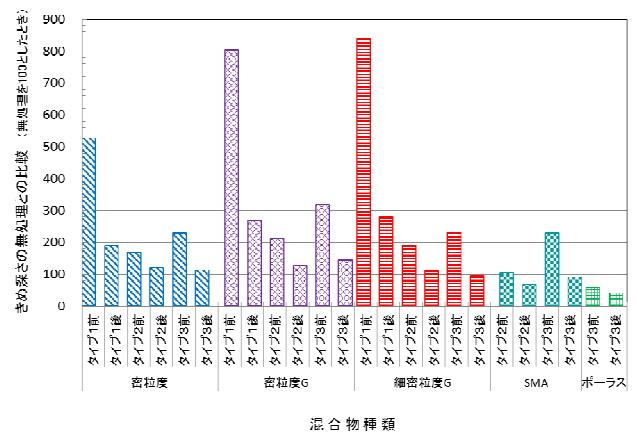


図-6 ホイールトラッキング試験後のきめ深さの測定結果（無処理との比較）

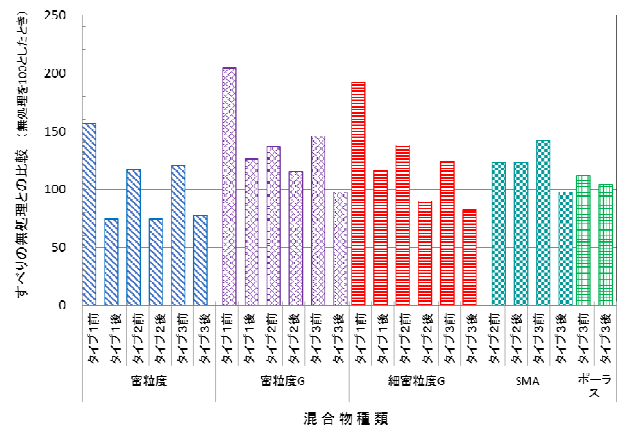


図-7 ホイールトラッキング試験後のすべり抵抗値の測定結果（無処理との比較）

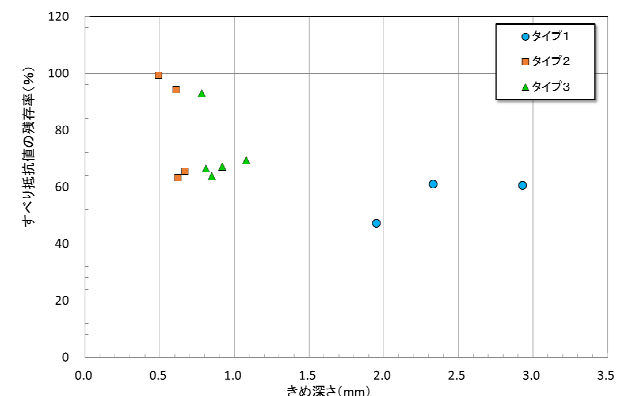


図-8 きめ深さに対するすべり抵抗値の残存率（WT走行後／研削初期）

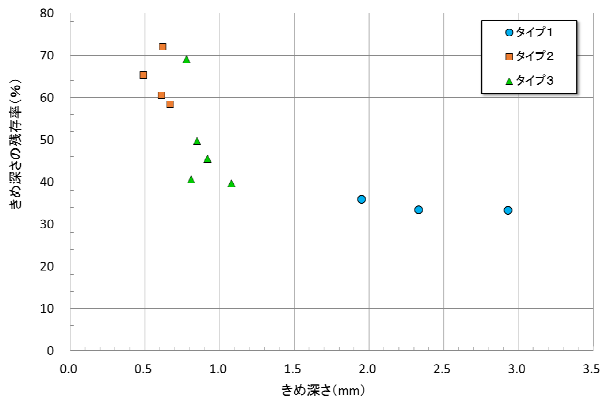


図-9 きめ深さの残存率 (WT 走行後／研削初期)

タイプ3を比較するとほぼ同様の結果となった。また、図-9にきめ深さの残存率 (WT走行後／研削初期) を示す。きめ深さの残存率は、タイプ2が高い結果となった。

### 3.4 溝タイプの比較

タイプ1による研削は、試験後のきめ深さ、すべり抵抗値が、タイプ2やタイプ3と比較して大きく、溝の持続性をより高めることができれば、すべり抵抗性能の発揮という観点においてより望ましいと考えられる。溝形状の流動による変形が起りにくい配合のアスファルト混合物やバインダ種に対し適用するのが望ましいと考えられるが、その場合、性能を期待して過度に研削の凹凸深さを大きくすることは、かえって溝の耐久性の観点から逆効果であり、走行荷重に対する溝折れや変形への抵抗性を考慮した研削深さの設定が必要になってくると考えられる。

一方、タイプ2とタイプ3がタイプ1より高めの残存率となったのは、タイプ1の溝深さがタイプ2とタイプ3と比較して大きく、より垂直に切り立った形状をしているのに対し、タイプ2とタイプ3は、タイプ1より溝深さが小さく、溝の形状がゆるやかであるため、溝直下の母体となる供試体本体に溝から荷重を分散しやすく、これにより変形への抵抗性が高まったことがその理由と考えられる。また、タイプ3よりもタイプ2できめ深さの低下割合が小さいものが多くみられたのは、タイプ2の表面凹凸形状の凸部分が均一であったため、走行荷重に対して、均一な溝全体で変形に抵抗したことで、溝上面部に係る荷重が分散し、凸形状がより大きいタイプ3と比較して変形が少なかったのではないかと考えられる。このため、流動による変形をより考慮しなければならないアスファルト舗装においては、凹凸形状の変形抵抗持続性の観点から言えば、タイプ2の形状のほうがより望ましいと考

えられる。

### 3.5 アスファルトバインダによる比較

アスファルトバインダの違いによる表面研削形状の持続性について、目視確認により以下のことが伺えた。ストレートアスファルトはいずれのタイプも研削形状がつぶれやすかった。改質H型、改質H-F型はタイプ1の場合、突起部分が高くなり過ぎ安定性が確保しづらかったが、タイプ2とタイプ3の場合は骨材の突起部分が走行後も表面に多く残っており、初期形状からの持続性が比較的安定していた。また、改質I型と改質II型はどのタイプであっても適切に削られ、上記と同様に持続性が比較的安定していた。このことから、タイプ1については改質I型、II型、タイプ2とタイプ3については改質I型、II型、H型、H-F型への適用が可能と考える。

### 4. まとめ

表面研削処理を施したアスファルト舗装供試体を用いて、研削初期、ホイールトラッキング試験後において、すべり抵抗値、きめ深さ等を測定した。測定結果から以下のことがわかった。

- 1) 舗装表面を薄層で研削し、溝形状を形成させることで、すべり抵抗値の向上がみられること、また、配合による違いよりも削り方の違いのほうが、すべり抵抗値やきめ深さ等に及ぼす影響が大きいことがわかった。
- 2) コンクリート舗装と同様の研削形状 (タイプ1) では初期性能が優れ、研削形状をアスファルト舗装用に工夫したタイプ2、タイプ3ではすべり抵抗値の残存率がタイプ1と比較して高く、タイプ2とタイプ3を比較するとほぼ同様の結果となった。きめ深さの残存率は、タイプ2が高い結果となった。
- 3) きめ深さが大きいほうがすべり抵抗値は大きくなりやすいが、研削処理においてきめ深さを大きくしすぎるとは、アスファルト舗装の流動性を考慮した場合、研削形状の持続性の観点で望ましいことではなく、ある一定程度のきめ深さにすることが、アスファルト舗装における研削処理においては必要となる。

今後は、初期性能に優れ、研削形状やすべり抵抗値が持続し、さらに排水機能や凍結路面 (ツルツル路面) になりづらい研削形状について、検討を進めたい。

### 参考文献

- 1) 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、2017.2