

# グルーピング系凍結抑制舗装の凍結抑制効果に関する実験的研究

Experimental Study on Anti-Freezing Effects of Grooving Type Anti-Freezing Pavements

北海学園大学	学 生 員	○芳賀 雄哉 (Yuya Haga)
北海学園大学		渋谷 拓司 (Takuji Shibuya)
北海学園大学大学院	学 生 員	田中 俊輔 (Shunsuke Tanaka)
北海学園大学工学部	正 員	武市 靖 (Kiyoshi Takeichi)
世紀東急工業株式会社	正 員	増山 幸衛 (Yukiei Masuyama)

## 1. はじめに

道路の雪氷管理においては、凍結抑制舗装の施工により、管理費用の軽減・管理水準の向上が期待できることから、より高い発現効果を持つ凍結抑制舗装が求められている。本研究で対象としたグルーピング系凍結抑制舗装は、物理的作用によるたわみ効果と化学的作用による融氷効果を持った舗装<sup>1)、2)、3)</sup>として開発されたものである。

グルーピング系凍結抑制舗装とは、舗装面にグルーピングを施し、そのグルーピング溝に廃スタッドレスタイヤ等を利用したゴムチップ、凍結防止剤 (CMA) およびウレタン樹脂等を主材料とした凍結抑制材を充填した凍結抑制舗装である。多くの施工事例<sup>4)、5)、6)、7)</sup>から凍結抑制効果が確認されているが、検討すべき課題も残されている。

本検討では、たわみ効果と化学的作用による融氷効果の、それぞれの複合作用について確認するため、まず、凍結防止剤を充填せずに物理的作用としてのたわみ効果を評価するための試験を行った。

評価は、低温室内の走行路面に氷板を作成し、繰り返し走行回数と氷板の剥離割合との関係を路面露出率により定量的に行った。

また、繰り返し交通荷重によるグルーピング溝および充填した凍結抑制材の性状変化を調べるために、繰り返し走行試験後の路面テクスチャの測定を実施した。

## 2. 試験舗装の種類

本検討では、密粒度舗装 13F (「密粒度」と略称) と排水性舗装 (「排水性」と略称) を比較舗装とし、試験舗装として用いた 3 種のグルーピング系凍結抑制舗装は、次に示す通りである。各舗装の表面状況を写真-1～写真-3 に示した。

- ①「タイプ G (ポーラス)」：母体舗装にポーラスを用い、9mm 幅のグルーピング溝に凍結抑制材を充填した舗装 (「タイプ G-P」と略称)
- ②「タイプ G (9mm)」：母体舗装に密粒度を用い、9mm 幅のグルーピング溝に凍結抑制材を充填した舗装 (「タイプ G-9」と略称)
- ③「タイプ G (12mm)」：母体舗装に密粒度を用い、12mm 幅のグルーピング溝に凍結抑制材を充填した舗装 (「タイプ G-12」と略称)



写真-1 タイプ G-P



写真-2 タイプ G-9



写真-3 タイプ G-12

## 3. 走行試験による露出率の測定

走行試験装置は写真-4 に示すように、バス型の第 5 輪によるトルク測定の滑り抵抗測定車とほぼ同様の仕組みを持つものである。恒温室内温度は $-20^{\circ}\text{C}$ から $+60^{\circ}\text{C}$ まで、最大走行速度は 10km/h、最大輪荷重は 5kN まで設定が可能である。低温室内に設置された 4 つの走行レーンの、各舗装面に氷板を作製し、繰り返し走行試験による路面露出率の測定を行った。



写真-4 走行試験装置

3.1 路面露出率の算定<sup>8)</sup>

路面露出率は、一般的に路面状況をデジタルカメラで撮影した画像と2値化した解析画像により画像全体のピクセル数に対する黒に判別したピクセル数の百分率で表すことができる。

しかし、氷板路面における舗装路面の露出率を求める場合、氷板は1mmと薄く透明であるため、2値化した際に光の反射などで氷板と舗装露出面とが判別しにくい。判別精度を向上させるために、走行回数毎に舗装表面に透明なラミネートシートを敷き、氷が剥離した箇所を油性のホワイトマーカーで塗りつぶし再度撮影した。

撮影した画像を2値化し、氷板を背景画像(白)、舗装露出面を対象画像(黒)として領域を分割した。2値化処理を行なうための閾値の設定には、判別分析法を用いた。露出した路面の面積(ピクセル数)を求め、解析画像の全面積(ピクセル数)に対する比として路面露出率とした。路面露出率B(単位:%)を算出するための式(1)を以下に示した。

$$B = \frac{\text{露出した路面の面積(pixel)}}{\text{解析画像全体の面積(pixel)}} \times 100 \quad (1)$$

3.2 試験条件

路面状況：氷板厚1mm  
 路面温度：-5℃、-10℃ 輪荷重：5kN  
 走行回数：0、50、100、500、1000回

3.3 試験結果

路面温度-5℃での露出率の測定結果を図-1に、氷板路面の走行回数に対する各路面の露出状況の変化を写真-5に示した。

-5℃についての試験では、図-1と写真-5より1000回走行で比較すると、凍結抑制材部分を中心に剥離し、露出率は15~30%になったのに対し、密粒度はほとんど氷板の剥離は見られなかった。

-10℃についての試験では、氷板の剥離はほとんど見られなかったが、タイプG-Pのみ僅かに剥離した。

乗用車程度の輪荷重による露出率の試験結果であることを考慮すると、路面温度-5℃では3種のグレーピング系凍結抑制舗装は凍結抑制効果の発現が期待できると考えられる。

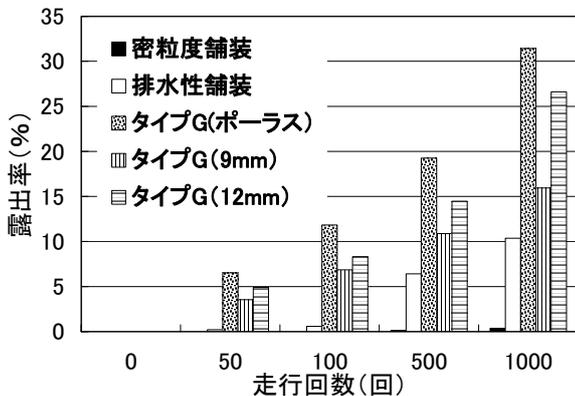
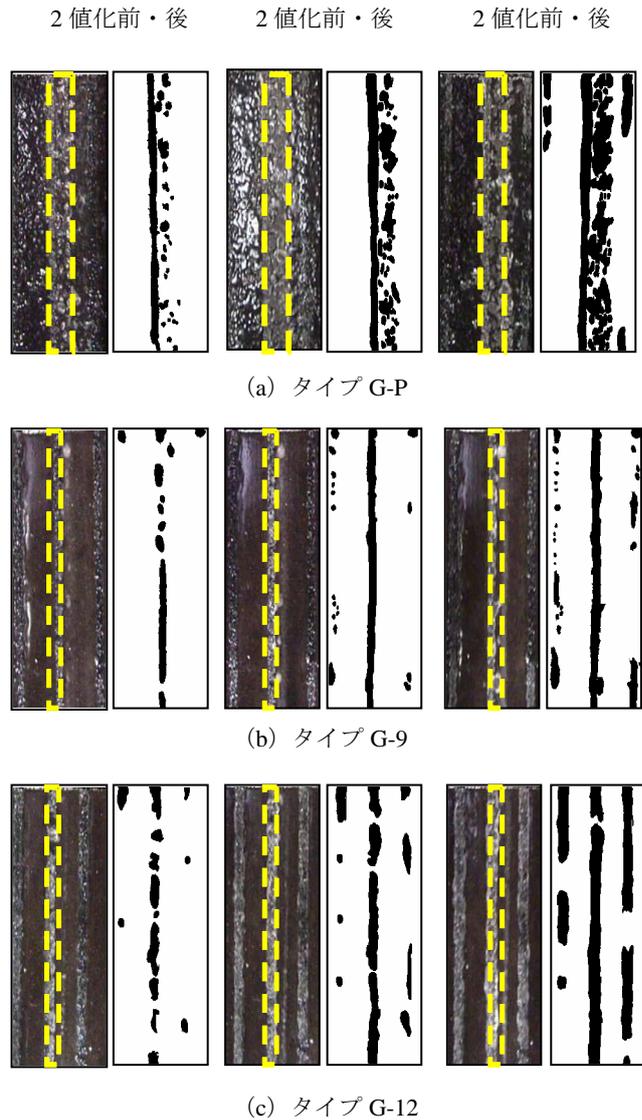


図-1 本検討の氷板路面の露出率 (-5℃)



走行回数 100回 500回 1000回

写真-5 (a) ~ (c) 本検討の-5℃氷板路面の走行回数に対する各路面の露出状況の変化 (破線内は凍結抑制材)

4. STメータによる路面のMPD(平均きめ深さ)の測定

写真-6に示したSTメータは、変位の測定原理として三角測量の原理を応用している。

路面に対し縦断方向に300mm、横断方向に100mmの範囲内で34本の側線で測定でき、路面を面的に評価することができる。また、60mm/secのスピードで0.1mmピッチの測定が可能である。

本研究では、低温室内に設置された3種のグレーピング系凍結抑制舗装について、施工直後と繰り返し走行試験後の路面テクスチャの測定を行い、特に、グレーピング溝に充填した凍結抑制材や溝の変形・破損などの性状変化を調べた。



写真-6 ST メータ

4.1 路面の MPD(平均きめ深さ)の測定

路面の MPD は、各舗装について走行回数毎に毎回同じ場所になるよう設置した。また、各舗装で3回測定し、その平均の値を MPD とした。路面の MPD を算出するための式 (2) を以下に、概略図を図-2 に示した。

$$MPD = \frac{\text{最大レベル(1番目)} + \text{最大レベル(2番目)}}{2} - \text{平均レベル} \quad (2)$$

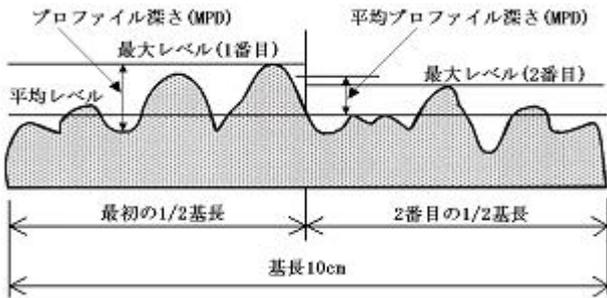


図-2 MPDの算出方法概略図<sup>9)</sup>

4.2 試験条件

- 路面状況：乾燥
- 路面温度：10℃ 輪荷重：5kN
- 走行回数：0、100、500、1000、3000 回

4.3 試験結果

グルーピング系凍結抑制舗装の測定結果を図-3 に、密粒度と排水性の比較舗装の測定結果を図-4 にそれぞれ示した。

図-3 に示すように、走行回数による MPD に大きな変化が見られない。3000 回程程度の繰り返し荷重を作用させても路面テクスチャに変化は見られず、今回の試験条件では、グルーピング溝の充填材の周辺部とアスコン部分全体の性状変化は見られなかった。

また、凍結抑制材部分に比べてアスコン部分の割合が大きいため、母体舗装にポーラスを用いているタイプ G-P の MPD が大きく、母体舗装に密粒度を用いているタイプ G-9 とタイプ G-12 が小さくなっている。

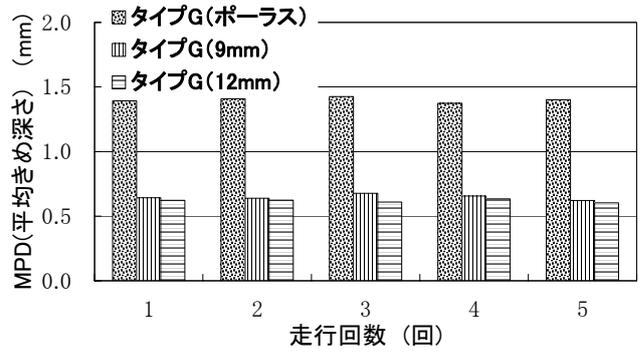


図-3 グルーピング系凍結抑制舗装の MPD

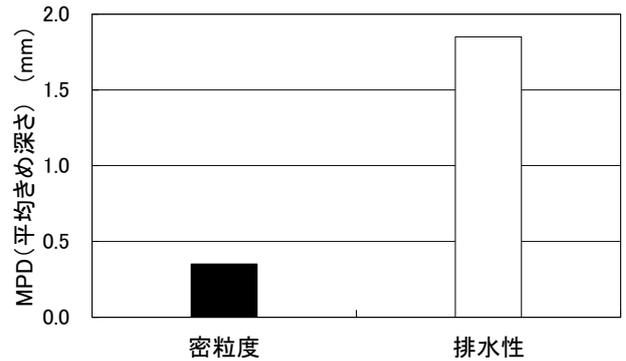


図-4 比較舗装の MPD

4.4 アスコン部分と凍結抑制材部分の MPD

ST メータは、アスコン部分と凍結抑制材部分を含んだ路面を1つの面として測定してしまう。アスコン部分と凍結抑制材部分の耐久性は大きく異なると考えられるので、測定データを用いてアスコン部分と凍結抑制材部分の MPD をそれぞれ算定した。

34 本の各側線のグラフを作成し、そのグラフからアスコン部分と凍結抑制材部分に側線を分けた。例としてアスコン部分と凍結抑制材部分の側線のグラフを図-5 に示した。

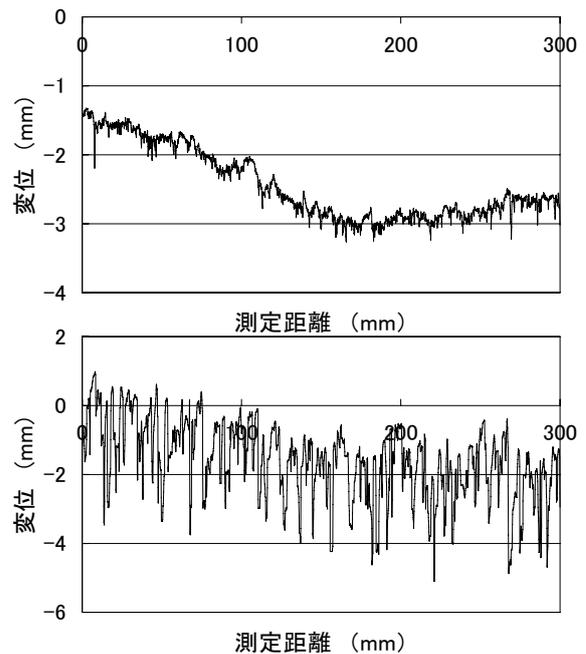


図-5 アスコン部分(上)と凍結抑制材部分(下)

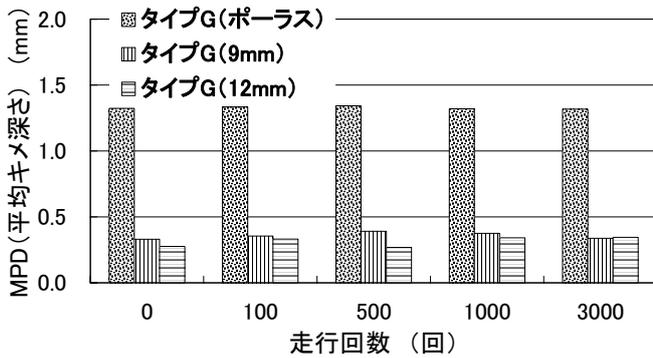


図-6 アスコン部分のMPD

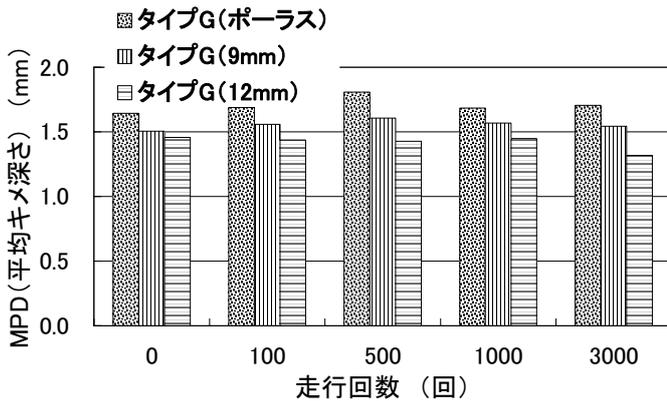


図-7 凍結抑制材部分のMPD

アスコン部分のみのMPDを図-6に、凍結抑制材部分のみのMPDを図-7にそれぞれ示した。

図-6と図-7より、アスコン部分、凍結抑制材部分ともに各走行回数によるMPDに大きな変化は見られなかった。アスコン部分に注目すると、母体舗装にポーラスを用いているタイプG-PはMPDが大きく、母体舗装に密粒度を用いているタイプG-9とタイプG-12はMPDが小さくなっている事がわかる。

このことからアスコン部分のみについては、タイプG-Pの方が路面のきめ深さが大きいので、粗面系舗装としての雪氷消耗効果が期待できると考えられる。

凍結抑制材部分に注目すると、また、排水性よりMPDが低くなっているが、凍結抑制材のたわみ特性から凍結抑制効果が期待できると考えられる。

## 5. まとめ

- (1) 透明な氷板路面でもラミネートシートを用いて剥離した箇所をホワイトマーカーで塗りつぶすことにより、2値化の画像解析を容易に行うことができた。
- (2) 路面温度 $-5^{\circ}\text{C}$ の氷板路面についての試験では、走行回数が増加することにより凍結抑制材部分を中心に氷板の剥離が確認され、タイプG-Pについてはアスコン部分まで剥離し、凍結抑制効果が確認された。
- (3) 路面温度 $-10^{\circ}\text{C}$ での試験では、比較舗装を含め、どのタイプの凍結抑制舗装もほとんど凍結抑制効果は見られなかった。
- (4) 今回の試験では、3タイプの凍結抑制舗装は、物理特性のみの評価であるので、化学特性を加えた本来のタイプでは凍結抑制効果の向上が期待できる。
- (5) 3000回までの走行回数では、MPDに大きな変化はなく、凍結抑制材部分についても、摩擦によって剥がれることもなくMPDに大きな変化は見られなかった。

## 【参考文献】

- 1) 早坂 保則 岳本 秀人：積雪寒冷地域におけるグルーピング工法の効果について、土木学会舗装論文集、pp261-269、2002
- 2) 御滝 毅、鈴木 徹、藤木 一雄：グルーピング溝を利用した凍結抑制舗装の検討について、北陸道路舗装会議技術報文集、pp203-206、2000
- 3) 鈴木 徹、山崎 剛、永渕 克己、山田 真一、早坂 保則：凍結抑制および骨材飛散抵抗性等を付加した多機能型排水性舗装の検討、第13回舗装技術に関する懸賞論文、道路建設、pp40-45、2003
- 4) 森安 聖、鈴木 徹、山崎 剛：機能拡大と施工合理化を図った積雪寒冷地用排水性舗装の施工事例、第10回北陸道路舗装会議技術報文集、pp106-109、2006
- 5) 山崎 剛、鈴木 徹、川岸 眞一：冬期以外のすべり対策にも配慮した凍結抑制工法について、第24回日本道路会議論文集一般、pp292-293、2001
- 6) 鈴木 徹、外城戸 忠、熊谷 敏雄：グルーピング溝を利用した凍結抑制舗装の供用性について、第23回日本道路会議論文集一般、pp518-519、1999
- 7) 山崎 剛、柴田 律雄、小塩 雄士：降雨時のすべり抵抗性を高めた凍結抑制舗装、第9回北陸道路舗装会議技術報文集、pp187-190、2003
- 8) 武市 靖、松田 謙治、溝渕 優：物理系凍結抑制舗装の改良に関する検討、土木学会舗装工学論文集、第11巻、2006
- 9) 増山 幸衛、片山 潤之助、草刈 憲嗣、岩井 茂雄、寺田 剛：解析方法の違いを考慮したテクスチャの評価に関する研究、土木学会舗装工学論文集、第9巻、pp.231-239、2004