

開粒度充填舗装の効果と適用性に関する検討

佐藤 大¹・岳本秀人²・鈴木 徹³

¹正会員 独立行政法人 北海道開発土木研究所（〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

²正会員 独立行政法人 北海道開発土木研究所（〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

³世紀東急工業株式会社 技術研究所（〒329-4304 栃木県下都賀郡岩舟町静和2081-2）

積雪寒冷地である北海道の排水性舗装は、タイヤチェーン、除雪によって飛散した骨材等による空隙つまりで、早期に騒音低減機能が低下することが問題となっている。その対策として現在、舗装体の耐久性向上や排水性舗装に代わる低騒音舗装の開発が行われている。開粒度充填舗装はその対策の1つで、上部空隙に予防材を充填することにより空隙つぶれ、空隙つまりの抑制、また、空隙と弾性体の相乗効果による騒音低減機能の持続性向上が図られるとともに、さらに、凍結抑制効果も期待できる工法である。

本報告は、この開粒度充填舗装について室内試験、試験施工を実施し、その効果と適用性について検証した結果を報告するものである。

Key Word : open-graded joint pavement, traffic noise countermeasure, road freezing countermeasure, rubber chip

1. はじめに

北海道の国道において、騒音低減を目的として排水性舗装を施工しているが、排水機能や騒音低減機能の持続性が約2～3年と短いことが問題となっている¹⁾。この原因として、土砂による空隙つまりに加えて、タイヤチェーンや除雪等による摩耗や骨材飛散など寒冷地特有の路面損傷が影響していると考えられる²⁾。開粒度充填舗装は排水性舗装の空隙に予防材を充填することで、空隙つぶれ、空隙つまりを抑制し、騒音低減機能の持続性の向上、さらに凍結抑制機能が期待できる工法である³⁾。

そこで、室内、試験施工の結果を基に、開粒度充填舗装の効果と適用性について検証を行った。

2. 本工法の概要

本工法の断面図を図-1、予防材に用いる材料の標準性状を表-1に示す。

母体とする排水性混合物は、積雪寒冷地への適用と予防材の充填等を考慮し、最大粒径13mm、目標空隙率を20%に設定した。アスファルトには、通常使用されている高粘度改質アスファルトを使用した。

予防材は、ゴムチップとバインダ(ウレタン樹脂)を混合したものである。また、母体と予防材の付着を高めるため、バインダと同じウレタン樹脂のプライマを予防材の充填前に散布している。

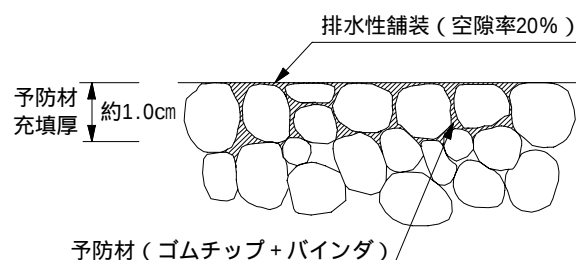


図-1 開粒度充填舗装の断面図

表-1 予防材に用いる材料の標準性状

ゴムチップ性状			
形状	比重(g/cm ³)	原料	硬さ(度)
1.0mm以下 (粉末)	0.40	スタッドレスタイヤ (カット粉砕)	30 : 20 -20 : 24
バインダ性状			
粘度(Mpa・S)	密度(g/cm ³)		
4,000 [25]	1.05 [20/4]		

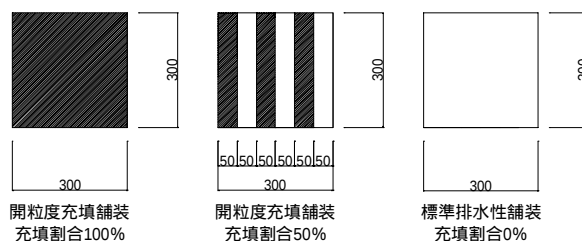


図-2 供試体詳細図

3. 室内試験

開粒度充填舗装の耐久性，供用性および凍結抑制効果について評価するため，単位面積当たりにも占める予防材の割合（以下，充填割合）が異なる供試体を用いて各種試験を行った．

供試体の詳細図を図-2 に示す．

(1) 室内試験内容

耐流動性

評価項目：動的安定度（DS）

試験機器：ホイールトラッキング試験機

試験方法：舗装試験法便覧別冊(3-1-1)

耐摩耗性

評価項目：すり減り量

試験機器：ラベリング試験機

試験方法：舗装試験法便覧別冊(3-1-3T)

透水性

評価項目：浸透水量

試験機器：現場透水量試験器

試験方法：舗装試験法便覧別冊(1-1-3T)

すべり抵抗性

評価項目：動的摩擦係数

試験機器：DF テスタ試験器

試験方法：舗装試験法便覧別冊(4-1-1T)

凍結抑制機能

評価項目：舗装面と雪氷層との層間付着力

試験機器：建研式引張強度試験器

試験内容：舗装面からの雪氷のはがれやすさを氷着強度として評価する．

(2) 室内試験結果

a) 耐久性

耐久性試験結果を図-3 に示す．

一般的に排水性舗装は，耐久性を高めるため，高粘度改質アスファルトを使用している．標準排水性舗装の動的安定度試験を行ったところ，動的安定度（DS）は 6,000 回/mm 以上と大きな値が得られていた．開粒度充填舗装の動的安定度（DS）は，標準排水性舗装と同等の値を示し，また，予防材の充填割合による差もほとんど見られないことから，開粒度充填舗装の耐流動性は，母体排水性舗装によって決定されるといえる．

すり減り量は，開粒度充填舗装が標準排水性舗装より小さい値を示し，予防材の充填割合が増大するほど小さくなる傾向が見られた．

このことから，開粒度充填舗装は耐摩耗性に優れているといえる．

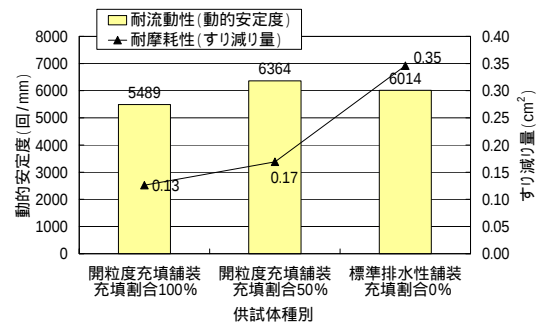


図-3 耐久性試験

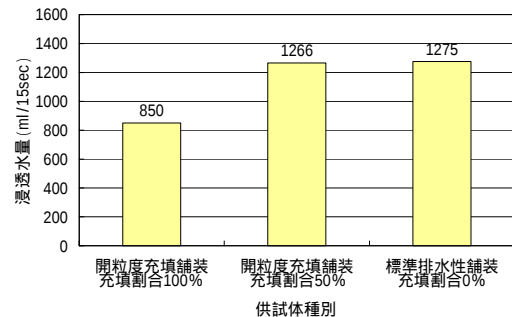


図-4 透水性試験

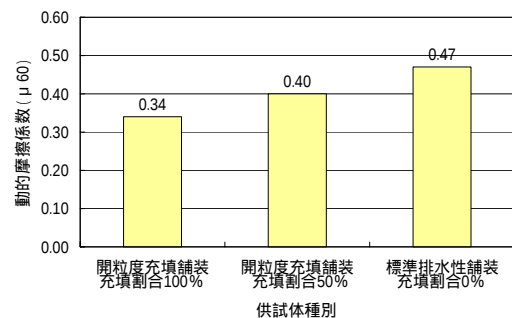


図-5 すべり抵抗性試験

b) 透水性

透水性試験結果を図-4 に示す．

北海道の排水性舗装は，骨材飛散などの耐久性向上を目的に空隙率を 17% に設定しているため，浸透水量は 800ml/15sec 以上を標準としている．開粒度充填舗装は，予防材を充填するにあたり，母体の排水性舗装の空隙率を 20% に変更している．

開粒度充填舗装の浸透水量は，充填割合 50% では，標準排水性舗装と同等の値を示しており，充填による影響は見られなかった．充填割合が 100% になると，浸透水量の低下が見られたが，800ml/15sec 以上の値を示していることから，透水機能は十分確保されているといえる．

c) すべり抵抗性

すべり抵抗性試験結果を図-5 に示す．

開粒度充填舗装の動的摩擦係数は，標準排水性舗装より小さく，予防材の充填割合が増加するほど小さい値を示していた．これは，開粒度充填舗装の表

面に付着した予防材の主成分はゴムチップであり、湿潤時におけるすべり抵抗性が若干小さいため、充填割合の増加によって、ゴムチップの影響が大きくなり、動的摩擦係数が小さくなったと推測される。

d)凍結抑制機能

凍結抑制機能を検証するため、氷着強度試験を行った。この試験は、供試体に氷着させた治具の付着力を建研式引張強度試験器により測定し、最大付着力と治具の氷着面積からはがれやすさ（氷着強度）を算出することで、機能を検証するものである。

氷着強度試験条件を表-2に示す。また、機能比較として、排水性舗装と細粒度ギャップアスコン 13F55（改質型）についても同様の試験を行った。

凍結抑制機能試験結果を図-6に示す。

開粒度充填舗装の氷着強度は、細粒度ギャップアスコン 13F55（改質型）、標準排水性舗装と比較して小さい値を示し、路面から雪氷がはがれやすい傾向が見られた。細粒度ギャップアスコン 13F55（改質型）の値を 100 とした氷着強度比は、標準排水性舗装で 64%，開粒度充填舗装で 4%程度の値を示し、本工法は凍結抑制効果が高いといえる。

4 試験施工

(1)試験施工概要

実路における適用性を把握するため、一般国道 275 号札幌市東区東苗穂において試験施工を実施した。

開粒度充填舗装の施工は、排水機能の確保や経済性を考慮し、図-7に示すように車両走行部であるわだち部とした。舗装種別として、予防材を全面配置（幅 70cm，充填割合 100%）したもの、縦断方向に

充填部と未充填部を交互に 5cm 間隔（幅 75cm、充填部 50%）で配置したものの 2 種類の開粒度充填舗装、また、図に示していない未配置（充填割合 0%）の標準排水性舗装を施工して計 3 種類とした。

調査は、路面状況の把握として目視による観察、供用性調査として室内試験と同様に現場透水量試験と動的摩擦抵抗試験、また、騒音低減効果の調査として沿道騒音測定と路面騒音測定、さらに、凍結抑制機能調査としてすべり摩擦係数測定を行った。

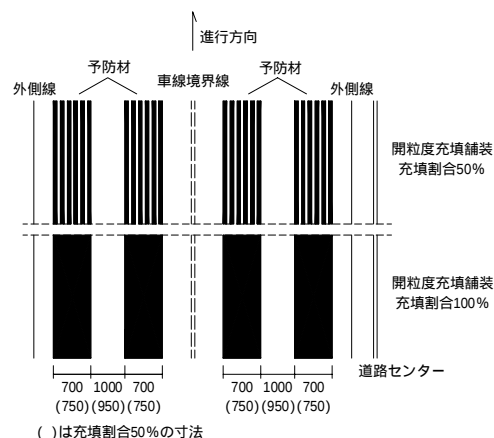


図-7 予防材配置図



開粒度充填舗装（充填割合 100%）



開粒度充填舗装（充填割合 50%）



標準排水性舗装（充填割合 0%）

【施工直後】

【施工 13 ヶ月後】

写真-1 路面の変化状況

表-2 氷着強度試験条件

項目	条件
不織布の厚さおよび材質	ポリエステル t=5mm
氷着時の治具の上載荷重	治具の総重量：1.6kg（2kPa）
氷着用の水	上水道水
使用治具	φ10cm鋼製治具に不織布を貼り付けたもの
ハンドル回転数	60r.p.m（引張速度：13mm/min）
養生時間	4時間

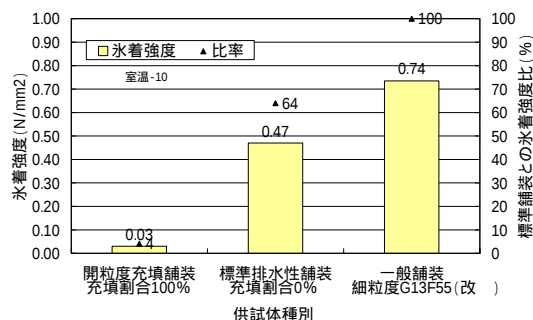


図-6 氷着強度試験

(2) 試験施工結果

a) 目視による観察

路面の変化状況を写真-1 に示す。

施工直後は室内試験と同様、開粒度充填舗装の表面に予防材の付着が若干見られたが、供用後すぐに消失し、空隙に充填された予防材は飛散することなく残っていた。しかし、時間経過とともに空隙に充填した予防材が飛散したり、骨材とともに離した箇所が見られ、そこに空隙つまりが発生している状況が確認された。標準排水性舗装については、時間経過とともに、土砂などによる空隙つまりの進行と表面骨材の角欠けが数多く見られ、施工 13 ヶ月後においては、空隙はほとんど見られなかった。

b) 現場透水量試験

現場透水量試験結果を図-8 に示す。

開粒度充填舗装の浸透水量は、施工 7 ヶ月、13 ヶ月後とも標準排水性舗装より小さい値を示し、その差は時間経過とともに大きくなる傾向が見られた。充填割合 50% の開粒度充填舗装の浸透水量を充填割合 100% と比較すると、施工 7 ヶ月後においては同等の値を示していたが、施工 13 ヶ月後では、大幅に低下して透水効果をほとんど見込めない状況であった。この原因として、未充填部の空隙つぶれ、空隙つまりの進行や、予防材が保有する空隙が通行車両の荷重等により減少する圧密作用による影響が、充填割合の違いにより異なるためと推測される。

c) 動的摩擦抵抗試験

動的摩擦抵抗試験結果を図-9 に示す。

開粒度充填舗装の動的摩擦係数は、標準排水性舗装より小さい値を示しており、時間経過においてもその傾向はほとんど変わらなかった。同一充填割合においては、速度変化による差はほとんどなく、充填割合が大きいもののほど値は小さくなる結果となったが、道路構造令で定められている視距から計算される摩擦係数⁴⁾を満足しており、特に問題はないと判断される。

d) 路面騒音測定

車両走行時における騒音の低減効果を把握するため、路面騒音測定を行った。測定に使用した路面騒音測定車は、普通乗用車の後輪後方にマイクロフォンを設置し、車両走行 (50km/h) 時のタイヤ/路面騒音を測定する簡易式の測定装置で、同時に車両の速度、路面温度等の測定を行い、路面騒音測定値を算出するものである⁵⁾。

路面騒音測定結果を図-10 に示す。

開粒度充填舗装と標準排水性舗装の路面騒音値を

比較すると、施工直後で約 4dB(A) 以上、施工 7 ヶ月後で約 3dB(A) 以上、施工 13 ヶ月後で約 2dB(A) 以上の差があり、開粒度充填舗装の優位性が見られた。

e) 沿道騒音測定

沿道における騒音の低減効果を把握するため、沿道騒音測定を行った。測定については、道路照明柱に騒音計を設置して夜間騒音を計測している。

沿道騒音測定結果を図-11 に示す。

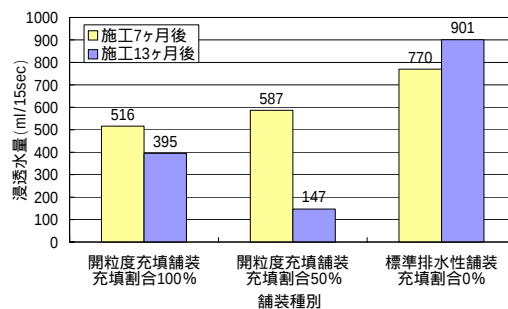


図-8 現場透水量

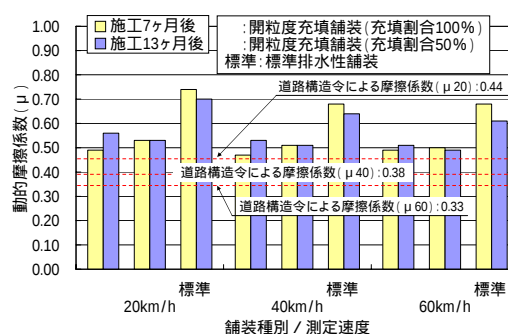


図-9 動的摩擦係数

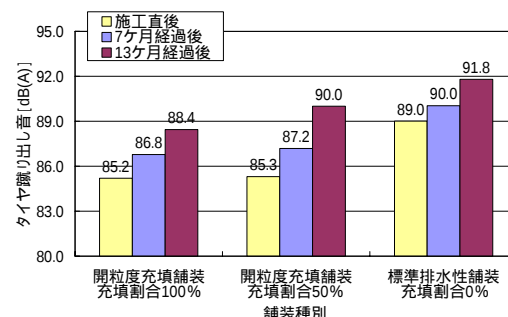


図-10 路面騒音測定

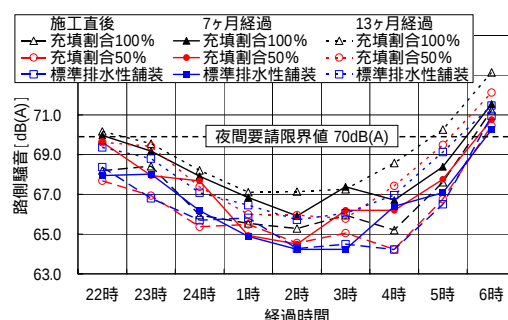


図-11 沿道騒音測定

施工前の夜間沿道騒音値は、要請限度である70dB(A)を超える値を示していた。施工後は6時台を除いて、ほぼ要請限度を下回る値となり、時間経過における状況も同様の結果であった。開粒度充填舗装の沿道騒音の低減効果は、標準排水性舗装より小さく、充填割合が大きいほど小さい値を示した。

一般的に道路交通騒音は、定常走行時のタイヤ/路面騒音と加速走行時におけるエンジン音や駆動騒音に分類される。路面騒音測定はタイヤ/路面騒音の計測であり、沿道騒音測定はこれら道路交通に係わるすべての騒音を計測したものである。

開粒度充填舗装を標準排水性舗装と比較すると、路面騒音における低減効果は大きい。沿道騒音の低減効果は小さい傾向が見られたことから、予防材を充填することによって、タイヤと路面が接触する時に発生するタイヤ/路面騒音の低減効果は大きくなるが、排水性舗装より空隙が少なくなるため、車両走行時におけるエンジン音や駆動騒音の吸収効果が低下し、沿道騒音の低減効果が見られなかったと推測される。

f)凍結抑制機能測定

開粒度充填舗装の凍結抑制機能を把握するため、冬期路面におけるすべり摩擦係数測定を行った。

当該地域は、測定前日から約17cmの降雪があった。気温は降雪時-4程度を示していたが、時間とともに低下し、すべり摩擦係数測定時の気温は-8以下と、凍結防止剤散布による融雪効果の減少が予想される低温域⁵⁾まで低下している状況であった。

測定に使用したすべり試験車(写真-2)は、SFT(Saab Friction Tester)と呼ばれるもので、車両後方に連結した試験輪の速度と、車両の走行速度の差によって発生する縦すべり摩擦係数を連続的に測定しており⁶⁾、空港の誘導路等のすべり摩擦係数測定で広く使用されている。また、機能比較として排水性舗装についても同様に測定を行った。

測定結果を図-12に示す。

開粒度充填舗装のすべり摩擦係数は、排水性舗装より大きく、充填割合が大きいほど大きくなる傾向が見られた。SFTの冬期路面におけるすべり摩擦係数の管理目標値は、一般道は規定されていないが、空港の誘導路等は0.40以上が良好⁷⁾とされており、開粒度充填舗装は、この値を満足していた。

路面状況を観察すると、開粒度充填舗装の充填割合100%は、表面の凍結もほとんどなく露出し、充填割合50%についても、表面の未充填部空隙に凍結が見られたが、充填部では雪氷が付着することなく露出していた。しかし、標準排水性舗装は、空隙の凍結と表面全体に雪氷が付着している状況であった(写真-3)。



写真-2 すべり摩擦係数測定車

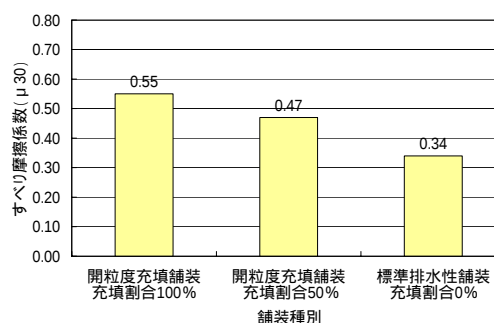


図-12 すべり摩擦係数測定



開粒度充填舗装（充填割合 100%）



開粒度充填舗装（充填割合 50%）



標準排水性舗装（充填割合 0%）

写真-3 路面状況

5. まとめ

これまでの調査結果から、開粒度充填舗装に関して明らかになったことについて以下に示す。

- (1)開粒度充填舗装は、標準排水性舗装より耐摩耗性に優れており、予防材の充填割合が増大するほど、その効果は大きくなると考えられる。
- (2)開粒度充填舗装の浸透水量は、室内試験において、予防材の充填割合が大きいほど小さい値を示していたが、時間経過における空隙の変化が小さいため、透水機能はある程度確保することができると推測される。
- (3)開粒度充填舗装の動的摩擦係数は、予防材の充填割合が大きいものほど、動的摩擦係数が小さくなる傾向を示していたが、時間経過とともにその差はほとんどなくなることがわかった。
- (4)開粒度充填舗装は、標準排水性舗装と比較して、路面から雪氷がはがれやすい傾向にあり、凍結抑制効果が高いと考えられる。
- (5)開粒度充填舗装は、路面騒音の低減効果、および持続性効果は高かったが、沿道騒音においては、すべての状況において標準排水性舗装より騒音低減効果が小さいことから、道路交通の騒音源の違いにより、開粒度充填舗装の騒音低減効果が小さくなることが予想されることから、詳細な調査が必要である。
- (6)開粒度充填舗装は、冬期路面におけるすべり摩擦係数の改善効果が見られることから、冬期路面対策として有効であると考えられる。

6 今後の課題

今回の報告は、積雪寒冷地における排水性舗装の騒音低減機能の低下対策を目的に考案された開粒度充填舗装の適用性について調査したものである。長期的な供用性や効果の持続性等の検証は済んでいないが、現段階においては、排水性舗装よりも路面騒音低減効果、その機能の持続性は高いと考えられる。しかし、沿道騒音低減効果については明確に現れなかったことから、さらなる継続的な調査が必要である。また、機能の持続性についての追跡調査、予防材のはく離による影響調査を行い、さらに、凍結抑制効果による車両の走行性調査を進め、新たな知見を得た段階で報告したい。

参考文献

- 1)早坂保則，岳本秀人，山村芳久：排水性舗装の表面強化工法と補修材の適用について，第46回北海道開発局技術研究発表会，2002
- 2)佐藤大，岳本秀人，安倍隆二：北海道における排水性舗装の機能低下に関する一考察，土木学会第58回年次学術講演会概要集，第 部門，pp.1319-1320，2003
- 3)鈴木徹，山崎剛，永渕克己，山田真一，早坂保則：凍結抑制・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，道路建設，pp.40-45，2003
- 4)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2004
- 5)北海道開発局：冬期路面管理マニュアル（案），1997
- 6)市原薫，小野田光之：路面のすべりとその対策，技術書院，pp.10-11，91-93，1999
- 7)ICAO: International Standards and Recommended Practices, Aerodromes, Annex 14, Vol. 1, Aerodrome Design and Operations, pp.307-308, 1997

ANALYSIS OF THE BENEFITS AND USABILITY OF OREN-GRADED JOINT PAVEMENT

Ooki SATOH , Hideto TAKEMOTO , and Toru SUZUKI

The noise-reduction performance of drainage pavement in Hokkaido deteriorates early. In the cold, snowy climate, voids in the pavement which are scattered by tire chain and snow ploughing. As an alternative, low-noise pavement made using more durable materials is being developed. The open-graded joint pavement is a low-noise pavement in which voids are filled with protective materials in the upper part of the pavement. It mitigates the crushing closed and clogging of the voids. The noise-reduction performance is extended by the synergic effect between the voids and elastic materials. Also, ice prevention can be expected.

This report discusses the benefits and usability of open-graded joint pavement as determined in an indoor experiment and an experiment to verify its performance.