

## I-62

## 廃タイヤを用いた車道用弾性舗装の摩擦係数の改善について

(株) 日本製鋼所 ○正員 岩本 隆志

(株) 日本製鋼所 正員 小野 信市

(株) タイテック 正員 大久保 吉雄

開発土木研究所 正員 三田村 浩

## 1. 緒言

寒冷地における冬期間の路面は氷結により滑りやすくスリップ事故が多発する。特に、近年はスタットレスタイヤの普及で氷結路面が磨かれて非常に滑りやすいブラックアイスバーン、あるいはミラーバーンと呼ばれる状態になり早急な対策が求められている。筆者らはその対策として廃タイヤを冷凍粉碎したゴムチップを使ったゴムチップ板による車道用弾性舗装の検討を進めてきた。このゴムチップ弾性舗装は大きなたわみ性を持ち、これにより氷結路面の水膜が破壊されすべり摩擦係数が改善されることが確認されている。また、道路舗装材料として必要な耐摩耗性及び耐久性を備えている事がラベリング試験及び急制動試験により確認されている。<sup>1) 2)</sup> 一方、夏の湿潤路面におけるすべり摩擦係数はアスファルトと比較すると若干劣っていて制動距離が15%程度延長する。これは実用上問題ない範囲とも言えるが改善される事が望ましい。

そこで摩擦係数の向上を図るため表面に碎石からなる摩擦ブロックを埋め込んだゴムチップ板を試作し、これを使った試験舗装を実施してその摩擦係数の測定をおこなった。ここではこれら試験結果について報告し、摩擦ブロック入りゴムチップ板のすべり摩擦係数の改善効果について評価する。

## 2. 摩擦ブロック入りゴムチップ板

従来のゴムチップ板はすべり対策として表層のゴムチップ層に砂の骨材を混合している。砂を重量比で30%混合した場合、砂を入れない場合に比較して一定の効果が得られていた。しかし、砂の混合率を30%以上上げるとはゴムチップの結合力の低下を招くため耐久性の観点から好ましくないと考える。これに対して高い摩擦係数を持つブロックをゴムチップ板の表面に配置することですべり摩擦係数をより向上できると考えられる。本研究では摩擦係数がほぼ1である碎石からなる摩擦ブロックをゴムチップ板の表面に多数個配置して平均の摩擦係数の改善を図った。以下にその構造について説明する。

摩擦ブロック入りのゴムチップ板は事前にブロックを配置した型枠にウレタン樹脂のバインダーと混合したゴムチップを充填した後、120℃の高温で加圧成形して製造した。

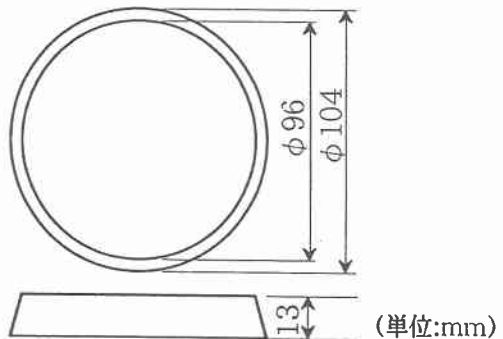


図1 碎石摩擦ブロックの寸法

Study on Improvement of Friction of Elastic Pavement Surface for Roadway Made of Recycled Rubber Chips from Waste Tires

by Takashi IWAMOTO, Shin-ichi ONO, Yoshio OKUBO, Hiroshi MITAMURA

摩擦ブロックは粒径約5mmの碎石とバインダーとして10%のエポキシ樹脂を混合し高温加圧成形したものである。図1にその寸法を、写真1にその外観を示す。ブロックは平均径100mm、厚さ13mmの円盤状で抜け出し防止のため15°のテーパをつけている。

図2に試作したゴムチップ板の構造を示す。ゴムチップ板は4mm以下のゴムチップを使用して密度0.95g/cm<sup>3</sup>で成形している。摩擦の向上のため上層20mmには10%の砂を混合している。ブロックは1m×1.5mのゴムチップ板に51個を千鳥状に配置している。全体の面積に占めるブロックの面積比率は25%である。

一方、摩擦ブロック入りゴムチップ板のたわみ性についてFEMによる解析を実施した。ゴムはOgden形式のエラストマとみなし、図3の圧縮試験の結果から得られる材料定数を使用した。また、碎石ブロックは弾性体とみなしその弾性係数は2,600kgf/mm<sup>2</sup>でゴムに対し十分大きい値とし、ポアソン比を0.167としている。図4に解析モデルを示す。荷重条件は乗用車制動時の輪荷重を想定して500kgfの鉛直荷重と400kgfの制動荷重（水平方向荷重）を与えた。拘束条件はマット下面を全面拘束した。図5に解析で得られた変形図を示す。最大変位は走行方向に7.4mm発生しており、本来の目的である氷結路の氷膜破壊の機能が維持されている事が判る。

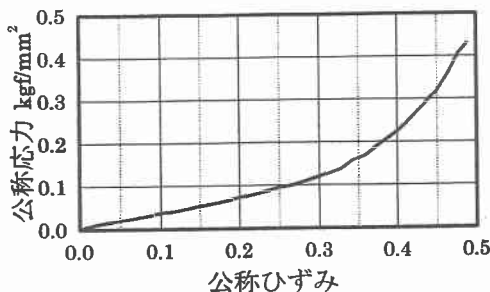


図3 圧縮試験による応力－ひずみ線図

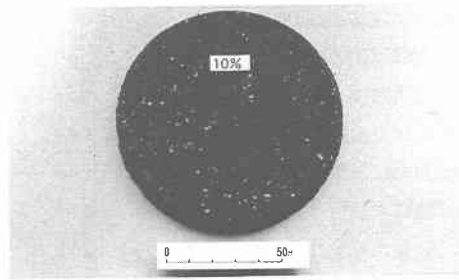


写真1 碎石摩擦ブロックの外観

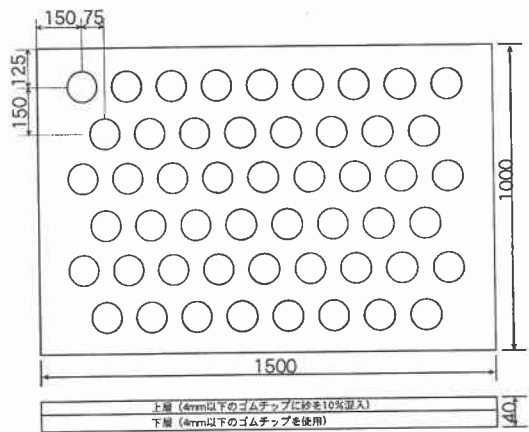


図2 摩擦ブロック入りゴムチップ板の構造

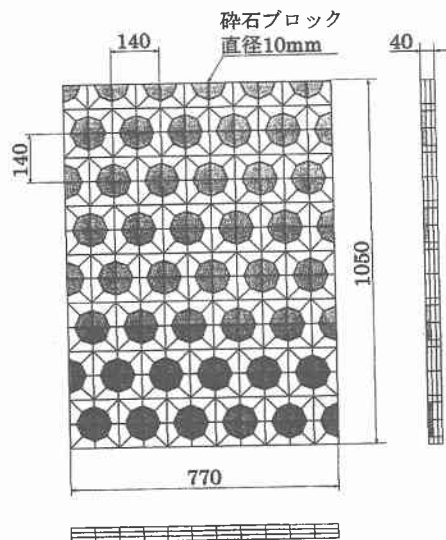


図4 FEM解析モデル

### 3. 碎石摩擦ブロック入りゴムチップ

#### 板弾性舗装の制動試験

##### (1) 試験舗装

試作した摩擦ブロック入りゴムチップ板のすべり改善効果の確認は開発局角山試験場に試験舗装を実施して各種制動試験により行った。試験舗装は幅員3.25mで全長20m行った。写真2に試験舗装外観を示す。

##### (2) 試験条件

すべり摩擦係数の測定は2方法で実施した。1つはすべり試験車を用いて制動力を測定する方法と、もう1つはタプレー減速度計を用いる方法である。

すべり試験車は試験輪を直接測定路面に所定の荷重で押し付け制動時の荷重等を測定するものである。表1に搭載されているすべり測定装置の主要諸元を、写真4にその外観と試験輪部分を示す。試験は散水車にて路面を湿潤状態にし、時速40km/hで試験輪荷重400kgf、すべり率100%（車輪ロック）で実施した。また、比較のために摩擦ブロックなしの従来のゴムチップ板舗装についても同条件で試験をした。

一方、時速30km/hで走行している乗用車に制動をかけ、全輪をロックしてすべらせ、その時の最大減速度をタプレー減速度

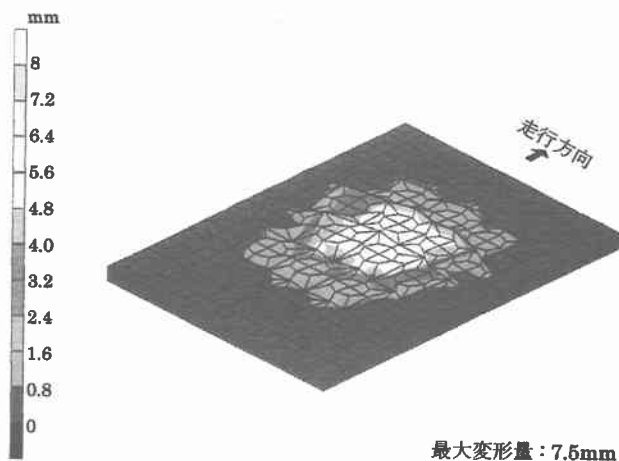


図5 FEM解析による変形図

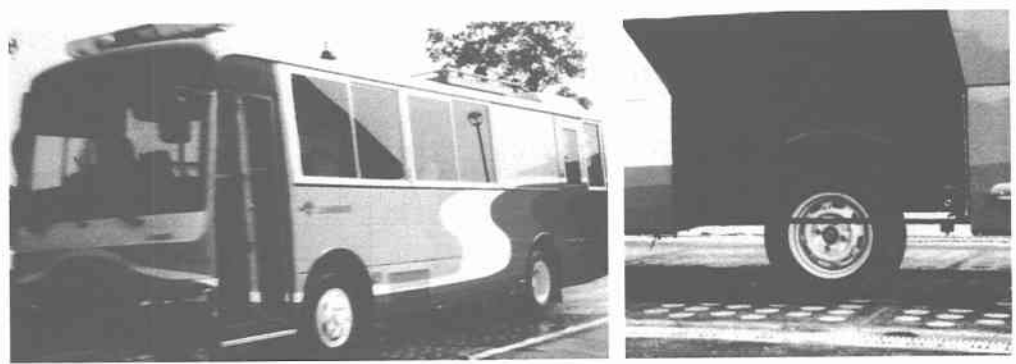


写真2 試験舗装外観

表1 すべり試験車搭載のすべり測定装置諸元

|         |    |                                     |
|---------|----|-------------------------------------|
| 測定装置形式  |    | 垂直昇降式縦横両用型                          |
| 測定速度    |    | 最大100km/h                           |
| 試験輪寸法   | 夏期 | 路面すべり測定用標準タイヤ<br>165SR13,195/70R14  |
|         | 冬期 | 冬期路面調査用標準タイヤ<br>165/80R13,185/70R14 |
| 試験輪載荷荷重 |    | 最大500kg（試験時:400kg）                  |
| 試験輪制動力  |    | 最大600kg（接地点換算値）                     |
| 試験輪載荷方式 |    | エアシリンダー方式                           |
| 試験輪制動方式 |    | エアブースターによる油圧ディスクブレーキ                |
| 舵角機構    |    | エアシリンダー方式                           |
| スリップ角機構 |    | 0°～30                               |
| 検出項目    |    | 縦すべり摩擦係数、横すべり摩擦係数                   |

計測定した。これは筆者らがゴムチップ板による弾性舗装の開発当初からすべり摩擦係数の測定に採用してきた方法で従来の測定値との比較をするために実施した。試験に使用した乗用車は車両重量が1, 230 kg, タイヤがサイズ185 70R14、空気圧2. 1 kg / c m<sup>2</sup>である。路面は散水車にて湿潤状態にしている。



(a) すべり試験車外観 (b) 試験輪部分

写真3 すべり試験車

(3) 試験結果

すべり試験車による各試験路面のすべり摩擦係数の測定結果を表2に示す。測定時の路面温度は30～32℃、水膜の厚さは0.02～0.05mmであった。

表2 すべり試験車による湿潤時のすべり摩擦係数の測定結果

| 測定路面                           | 路面状況 | 輪荷重, kgf | ステア角度 | 速度, km/h | すべり摩擦係数 | 平均値   |
|--------------------------------|------|----------|-------|----------|---------|-------|
| 摩擦ブロック<br>入り<br>ゴムチップ板         | 湿潤   | 392      | 0     | 37       | 0.515   | 0.526 |
|                                |      | 392      | 0     | 41       | 0.518   |       |
|                                |      | 396      | 0     | 41       | 0.497   |       |
|                                |      | 395      | 0     | 42       | 0.519   |       |
|                                |      | 397      | 0     | 39       | 0.579   |       |
| 従来ゴムチ<br>ップ板<br>(摩擦ブロッ<br>クなし) | 湿潤   | 372      | 0     | 37       | 0.411   | 0.405 |
|                                |      | 365      | 0     | 38       | 0.405   |       |
|                                |      | 356      | 0     | 39       | 0.413   |       |
|                                |      | 360      | 0     | 41       | 0.389   |       |

摩擦ブロックのないゴムチップ板の路面の摩擦係数は平均で0.405であるのに対し、碎石の摩擦ブロック入りゴムチップ板の路面は0.497～0.579で平均0.526であり、約3割のすべり摩擦係数の改善が図られている。この結果は摩擦係数が0.35のゴムマット表面に摩擦係数が1の碎石ブロックを面積率25%で配置した場合の計算上の平均摩擦係数が0.513（＝0.35×0.75＋1×0.25）である事とほぼ合致した結果であり、摩擦ブロックの効果が十分に示されている。

次にタプレー減速度計によるすべり摩擦係数の測定結果を表3に示す。路面状況は上記試験と同様である。また、参考まで試験時の制動距離も測定した。

表3 タプレー減速度計によるすべり摩擦係数測定結果

| 測定路面               | 路面状況 | 速度, km/h | 制動距離, m | すべり摩擦係数 | 平均値   |
|--------------------|------|----------|---------|---------|-------|
| 摩擦ブロック入り<br>ゴムチップ板 | 湿潤   | 30       | 4.8     | 0.94    | 0.882 |
|                    |      | 30       | 4.0     | 0.88    |       |
|                    |      | 30       | 4.2     | 0.88    |       |
|                    |      | 31       | 3.5     | 0.90    |       |
|                    |      | 31       | 3.3     | 0.81    |       |

測定結果は平均で0.882と高いすべり摩擦係数が得られている。図6に以前測定されたアスファルト路面と従来の摩擦ブロックのないゴムチップ板路面のタプレー減速度計によるすべり摩擦係数の測定結果<sup>2)</sup>との比較を示す。これによると、従来のゴムチップ板路面より平均0.1ポイント改善され、アスファルト路面のそれと同程度の値である事が判り、すべり試験車の試験結果と同様に摩擦ブロックによる改善効果が確認された。

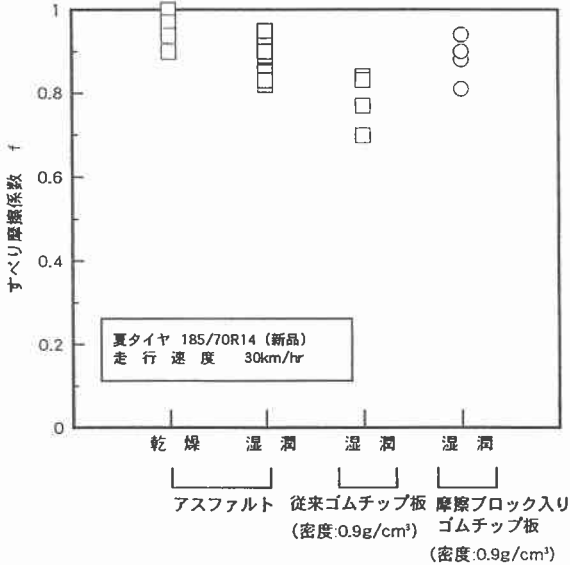


図6 タプレー減速度計測定結果

#### 4. 結言

ゴムチップ弾性舗装の夏の湿潤路面におけるすべり摩擦係数の改善を図るために砕石からなる摩擦ブロックを表面に配置したゴムチップ板を試作した。その改善効果を確認するため試験舗装を実施し摩擦係数の測定を行った。その結果アスファルトと同等の高いすべり摩擦係数を確保できることが判った。これはゴム弾性舗装の長年の課題であったすべり問題にひとつの解決策を提案できるものであり、ゴムチップ弾性舗装の実用化に弾みを与えるものと考えられる。

最後に本研究にご協力頂いた開発局土木研究所交通研究室の方々に深謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 小野、大久保、熱海、中井、小林：古タイヤを用いた弾性舗装のラベリング試験と実用化に関する研究、土木学会北海道支部 論文報告集 第54号(A)、1998. 2
- 2) 岩本、小野、大久保、三田村、佐藤、逢坂：廃タイヤを用いた弾性舗装の制動、耐久性試験について、土木学会北海道支部 論文報告集 第55号(A)、1999. 2