

## V-27 骨材散布による冬期路面における滑り抵抗の改善について

室蘭工業大学 正会員 尾崎 諒  
同 同 志村政雄

## はじめに

スパイクタイヤによる舗装路面の摩耗と粉じんの影響は社会問題になっており、急いで解決しなければならない課題の一つである。スパイクタイヤに起因する問題の解決には色々な方法が考えられるが著者らは次の二つを課題としてきた。一つは、スパイクタイヤに対する摩耗に強い舗装材料の研究であり、もう一つは、凍結した道路でもスパイクタイヤを使わずに済むような路面状態を作り出すことである。このような観点から、昭和57年度に実施した本学土木工学科のプロジェクト研究の一部を分担し、「コンクリート系舗装材料の耐摩耗性、および冬期路面の滑り抵抗改善のための散布骨材に関する試験」の結果について昨年発表した。<sup>1)</sup> 後者の内容は圧雪路面における試験の結果であった。

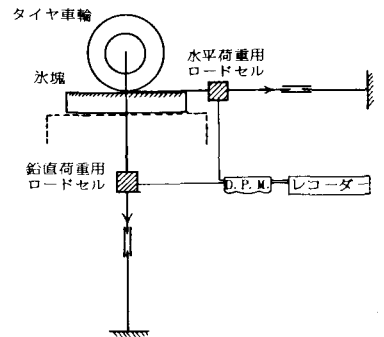
その後、昭和58年度に、室蘭市の好意により、アイスバーン状態の市道における走行滑り抵抗試験を実施することができ、さらに、北海道開発局土木試験所と日本自動車タイヤ協会の好意により、恵庭市にある近畿大学用地内に設置された日本自動車タイヤ協会のテストコースにおいて、完全な氷の上の走行滑り抵抗試験を実施することができた。その結果、粗い砕砂(2.5~5<sup>mm</sup>)や細かい砕石(5~10<sup>mm</sup>)を0.5 kg/m<sup>2</sup>以上散布することによって、氷上でもスパイクタイヤを使用せずにスノータイヤでスパイク以上の滑り防止効果を十分発揮することが確認された。

今年度、車粉問題は一層深刻になり、スパイクタイヤの期間規制の強化、さらには将来全面禁止も予想される中で、従来考えられてきた塩化カルシュームなどの凍結防止剤が使えず、アイスバーン上では砂の効果が全然ないことを考え合わせると、ロードヒーティング等に代わる「滑らない路面の確保」のための次善の策として、このような2.5~10<sup>mm</sup>の砕石の散布が安全対策上有効な方法として考えられるので、ここに発表する次第である。

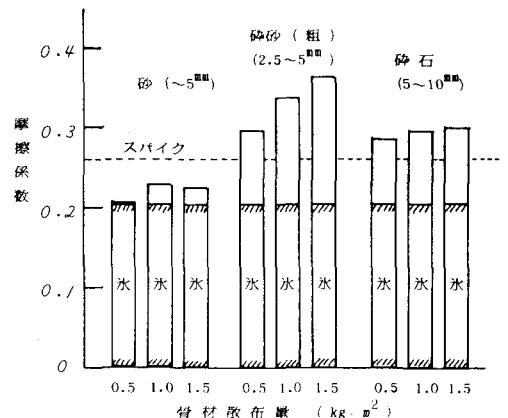
## 実験室における予備試験

現場における走行滑り試験に先立ち、実験室(ただし、屋外)における滑り摩擦係数の測定をおこなった。測定方法は前回<sup>1)</sup>と同じ要領で、図一に示すような簡単な手作りの装置を用いておこなった。ただし、今回は市販の氷を路面供試体として採用し、高温鉄盤で平滑に仕上げた氷の表面に散布骨材を敷き、その上にスノータイヤを着装した車輪をセットして、輪荷重に相当する約300kgの鉛直荷重をかけ、車輪を回転させずに氷の表面で水平方向に引張り、滑動時の水平荷重と鉛直荷重の比を記録紙上から求めて静的摩擦係数とした。使用したタイヤは後述の走行試験に用いた5.5-13-8PRのパイアス・スノータイヤで、空気圧2 kg/cm<sup>2</sup>のものである。

試験は、まず氷の表面の滑り摩擦係数を測定した後、2.5~5<sup>mm</sup>の砕砂、あるいは5~10<sup>mm</sup>の砕石を1 m<sup>2</sup>当たり0.5, 1.0, 1.5 kg散布した場合の滑り摩擦係数を測定した外、氷結路面上では効果が疑わしい5<sup>mm</sup>以下の砂を散布した場合の測定も行なった。なお、これらの結果と比較するため、スパイクタイヤの車輪



図一 静的すべり摩擦係数試験



図二 氷供試体によるスノータイヤの摩擦係数 (気温-2℃)

に取り替え、氷上でのスパイクタイヤの摩擦係数も測定した。なお、試験時の気温は-2℃である。

試験の結果は、図-2に示すように、2.5~5<sup>mm</sup>の粗い砕砂の効果が大きく、砂の効果はほとんど無いが、2.5~10<sup>mm</sup>の砕石を用いれば普通のスノータイヤでも、図中に点線で示したスパイクタイヤ以上の滑り防止効果があることが予想された。ただし、セッティングの際にタイヤのゴム表面が氷の表面に密着するためか、骨材を散布しない場合でも氷上におけるスノータイヤの静的滑り摩擦係数が0.2もあり、後述の現場における走行滑り摩擦係数に比べ、全般的に大きな値を示した。

室蘭の市道におけるアイスパーン上の走行滑り抵抗試験

上記のような実験室的予備試験の結果を踏まえ、現場における走行滑り抵抗試験を室蘭市高平町八丁平3号線で実施した。氷点下の気温のもとで圧雪路面に散水して凍結させ、加熱した鉄板で平滑に仕上げた延長約70<sup>m</sup>のアイスパーン状態の試験路面を用意し、気温-6℃および-9℃のもとで試験をした。ただし、この区間は縦断勾配が1.75%あるため、下り勾配を利用して試験を行なったので、走行速度は30<sup>km</sup>/hrとした。試験車は車両重量1050<sup>kg</sup>のライトバンであるが、試験時の総重量は1240<sup>kg</sup>であった。着装タイヤは5.5-13-8PRのスノータイヤで、空気圧は前輪が1.9、後輪が2.0<sup>kg</sup>/cm<sup>2</sup>である。

試験は、まず気温-6℃のもとでアイスパーン上の制動距離を2箇所所で数回測定した後、それぞれの個所に白老産の砕砂(2.5~5<sup>mm</sup>)あるいは砕石(5~10<sup>mm</sup>)を1<sup>m</sup><sup>2</sup>当たり0.5<sup>kg</sup>ずつ1.5<sup>kg</sup>まで散布し、各々の場合について2~3回ずつ測定を行なった。日を改め-9℃の気温のもとでアイスパーン上の制動距離を測定した後、普通の砂(5<sup>mm</sup>以下)を同じ要領で散布して測定を行なった。なお、比較のために、砂を撤去した後スパイクタイヤに履き替えてアイスパーン上のスパイクタイヤの走行滑り抵抗試験も行なった。これらの試験では、急ブレーキをかけた時の制動停止距離<sup>s</sup>を測定し、次式で滑り摩擦係数<sup>f</sup>と平坦路換算制動距離<sup>s'</sup>を求めた。

$$f = \frac{v^2}{2gs} + i = \frac{v^2}{254s} + 0.0175$$
$$s' = \frac{v^2}{2gf} = \frac{v^2}{254f}$$

表-1 氷結路面における滑り摩擦抵抗試験結果

| 散布骨材                          | 散布量<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | 制動停止<br>距離 <sup>s</sup> (m) | 滑り摩擦<br>係数 <sup>f</sup> | 平坦路換算<br>距離 <sup>s'</sup> (m) | 試験条件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 砕石砂<br>(2.5~5 <sup>mm</sup> ) | 0                           | 37.20                       | 0.113                   | 31.40                         | 室蘭市高平町112番地先<br>八丁平3号線 1300m附近<br>縦断勾配 i=1.75% (下り)<br>氷結路面<br>気温 -6℃<br>骨材散布面積 3 <sup>m</sup> ×30 <sup>m</sup><br>走行速度 v=30 <sup>km</sup> /hr<br>5.50-13-8prスノータイヤ<br>54年型ブルーバードバン<br>(1050+190=1240 <sup>kg</sup> )<br>$f = \frac{v^2}{2gs} + i = \frac{v^2}{254s} + i$<br>$s' = \frac{v^2}{2gf} = \frac{v^2}{254f}$ |
|                               |                             | 38.00                       | 0.111                   | 32.00                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 0.5                         | 28.50                       | 0.142                   | 25.00                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 26.40                       | 0.152                   | 23.40                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.0                         | 26.50                       | 0.151                   | 23.40                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 26.90                       | 0.149                   | 23.70                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.5                         | 28.20                       | 0.143                   | 24.80                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 27.70                       | 0.145                   | 24.40                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 砕石<br>(5~10 <sup>mm</sup> )   | 0                           | 37.60                       | 0.112                   | 31.70                         | 気温 -9℃<br>(他は上記と同じ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                               |                             | 37.30                       | 0.112                   | 31.50                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 0.5                         | 21.10                       | 0.185                   | 19.10                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 23.50                       | 0.168                   | 21.10                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.0                         | 17.90                       | 0.215                   | 16.40                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 20.60                       | 0.189                   | 18.70                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.5                         | 19.50                       | 0.199                   | 17.80                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 20.30                       | 0.192                   | 18.50                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 砂<br>(5 <sup>mm</sup> 以下)     | 0                           | 30.60                       | 0.133                   | 26.60                         | 気温 -9℃<br>(他は上記と同じ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                               |                             | 30.40                       | 0.133                   | 26.60                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 0.5                         | 30.60                       | 0.133                   | 26.60                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 24.90                       | 0.160                   | 22.20                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.0                         | 35.20                       | 0.118                   | 30.00                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 30.70                       | 0.133                   | 26.70                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               | 1.5                         | 32.40                       | 0.127                   | 27.90                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 32.90                       | 0.125                   | 28.30                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| スパイクタイヤ<br>(骨材散布せず)           |                             | 30.30                       | 0.134                   | 26.40                         | 気温 -9℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                               |                             | 28.40                       | 0.142                   | 24.90                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 27.90                       | 0.144                   | 24.50                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                               |                             | 27.20                       | 0.148                   | 24.00                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

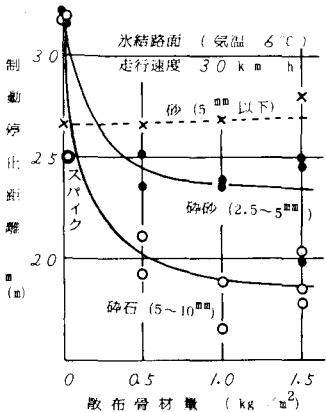


図-3 スノータイヤの制動停止距離

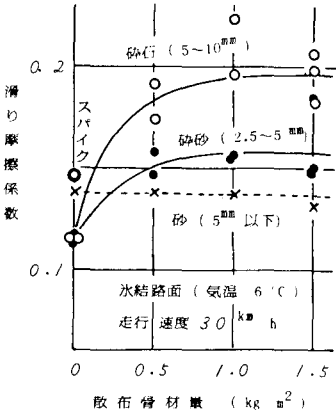


図-4 スノータイヤの滑り摩擦係数

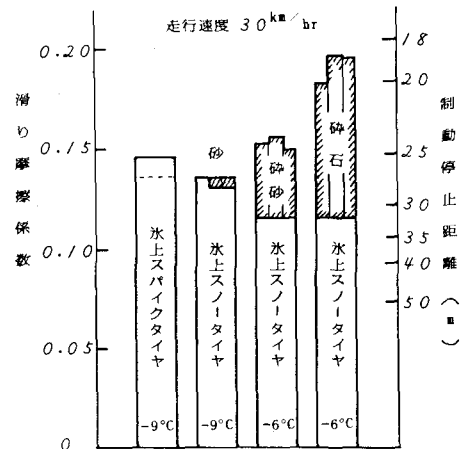
表一 / は試験の結果であるが、平坦路の場合に換算した制動停止距離は図一3のように、滑り摩擦係数は図一4のようになる。これをさらに図一5のようにまとめてみると、走行速度  $30 \text{ km/hr}$  の場合でもスノータイヤの制動停止距離は約  $32 \text{ m}$  と大きいが、粗い砕砂を散布することによってスパイクタイヤを用いた場合の値である  $25 \text{ m}$  以下に縮めることができ、砕石を散布した場合には  $20 \text{ m}$  以下に制動停止距離を縮めうることを確認した。なお、砂の場合には予想通り効果が全く無かった。結局、氷結路面におけるスノータイヤの滑り摩擦係数は  $0.1$  少々に過ぎないが、砕石の散布によって  $0.2$  程度まで高めることができ、滑り抵抗を少なくとも  $50\%$  以上改善できることが分かった。ところで、これらの結果は平滑に仕上げたアイスバーンの場合であって、加熱鉄板で仕上げる前に行なった凹凸のある氷結路面での試験では、スノータイヤでも滑り摩擦係数が  $0.25$  以上 (氷の温度  $-5^\circ\text{C}$ ) あり、時速  $30 \text{ km}$  の制動停止距離も  $14 \text{ m}$  程度であったことを付け加えたい。

#### 恵庭の氷上テストコースにおける走行滑り抵抗試験

その後、恵庭市にある近畿大学用地内に設置された、日本自動車タイヤ協会の氷上走行テストコースにおいて同様な試験を行なった。コースは広い平坦な氷盤なので走行速度を  $40 \text{ km/hr}$  に上げて試験をしたが、試験車、スノータイヤ、骨材などは室蘭の市道における実験で用いたものと同じである。ただし、骨材を散布する関係上、テストコースを最後に使わせていただいたので、気温は  $-2 \sim 0^\circ\text{C}$  の氷点下ではあったが、3月初めの晴天の中で試験を行なった。このため、骨材が太陽熱を吸収し氷の中に融け入ってしまうので、骨材散布後速やかに試験を行ない、測定回数を重ねる毎に5分、10分、15分……等のデーターとした。なお、骨材の散布量は、室蘭の試験結果から、 $1 \text{ m}^2$  当り  $0.5 \text{ kg}$  で十分と考え、散布量は  $0.5 \text{ kg/m}^2$  のみで試験を行なった。ただし、最後に砕砂と砕石の混合効果を期待し、砕砂を  $0.5 \text{ kg/m}^2$  散布した個所に砕石を  $0.5 \text{ kg/m}^2$  追加した場合の試験を付け加えた。

表一2に試験結果を記したが、これらをまとめて表わした図一6によれば、滑り摩擦係数が  $0.1$  位の良く滑る氷の上でも、砕砂あるいは砕石を散布することによって滑り摩擦係数が  $0.2$  程度になり、滑り抵抗が2倍位に改善され、時間が経って氷に骨材が食い込んだ状態では3倍以上の改善効果が期待できることが分った。しかも、これらの結果は骨材散布量が  $1 \text{ m}^2$  当り  $0.5 \text{ kg}$  という少量の場合の効果である点が注目される。また、砕砂散布後20分経過してから砕石を追加散布し、5分経った時の滑り摩擦係数は  $0.4$ 、10分経った時の滑り摩擦係数は  $0.6$  にもなり、 $2.5 \sim 10 \text{ mm}$  の砕石の効果を知る事ができた。

なお、骨材が氷の中に完全に埋没してしまうと滑り止め効果は無くなるが、この場合でも、骨材が熱を吸収して周囲の氷を融かし、氷盤を破壊して行く様子が観察された。



図一5 骨材散布量  $0.5 \text{ kg/m}^2$ 、 $1.0 \text{ kg/m}^2$ 、 $1.5 \text{ kg/m}^2$  の効果

表一2 氷上走行試験場における滑り摩擦抵抗試験結果

| 散布骨材                             | 散布量 ( $\text{kg/m}^2$ ) | 制動停止距離 (m) | 滑り摩擦係数 f | 骨材散布後時間 (分) | 気温 ( $^\circ\text{C}$ ) | 氷温 ( $^\circ\text{C}$ ) |
|----------------------------------|-------------------------|------------|----------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| 砕石 ( $5 \sim 10 \text{ mm}$ )    | 0                       | 60.90      | 0.103    | /           | $-2.0$                  | $-1.7$                  |
|                                  |                         | 63.50      | 0.099    |             |                         |                         |
|                                  |                         | 60.60      | 0.104    |             |                         |                         |
|                                  | 0.5                     | 40.80      | 0.154    | 5           | $-0.1$                  | 0                       |
|                                  |                         | 36.70      | 0.172    | 10          |                         |                         |
|                                  |                         | 20.00      | 0.315    | 15          |                         |                         |
| 砕砂 ( $2.5 \sim 5 \text{ mm}$ )   | 0                       | 60.30      | 0.104    | /           | $-2.0$                  | $-1.7$                  |
|                                  |                         | 59.90      | 0.105    |             |                         |                         |
|                                  |                         | (69.50)    | (0.091)  |             |                         |                         |
|                                  | 0.5                     | 31.90      | 0.197    | 5           | $-0.1$                  | 0                       |
|                                  |                         | 21.30      | 0.296    | 10          |                         |                         |
|                                  |                         |            |          |             |                         |                         |
| 砕石 ( $5 \sim 10 \text{ mm}$ ) 追加 | +0.5                    | 16.00      | 0.394    | 20+5        | 0                       | 0                       |
|                                  |                         | 11.00      | 0.572    | 20+10       |                         |                         |

試験場所: 恵庭市近畿大学用地内  
 日本自動車タイヤ協会、氷上走行テストコース  
 走行速度:  $v = 40 \text{ km/hr}$   
 試験車: 54年型ブルーバードバン (1050+250 $\approx$ 1300 $\text{kg}$ )  
 使用タイヤ: 5.50-13-8pr スタッドレス・スノータイヤ (空気圧:  $2 \text{ kg/cm}^2$ )  
 骨材散布面積:  $4 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 200 \text{ m}^2$   
 経断勾配:  $i = 0\%$  ( $f = \frac{v^2}{2gs} = \frac{v^2}{254s}$ )

## 北海道開発局土木試験所の試験車による測定結果

恵庭の氷上走行テストコースにおける上記の試験では、北海道開発局土木試験所の協力をいただき、道路研究室の滑り試験車による測定が同時に行なわれた。土木試験所の試験車と本学の試験車は交互に走行して測定を行なったので、各測定における測定時刻のずれは数分程度であったが、それでも経過時間の違いによる氷盤への骨材の融け入り具合に時々差が見られた。

表一3に、土木試験所道路研究室の好意により提供された測定結果を示す。これを前述した本学の試験車による結果(図一6)と比較すべくまとめると図一7のようになる。両者を比較すれば、氷盤上の滑り摩擦係数は約0.1で一致しているが、骨材を散布した路面の滑り摩擦係数は本学の試験車の制動停止距離から求めた値よりも大きくなり、砕砂の場合には0.4にも達している。試験車の機構の有無による滑り摩擦係数の算出方法の違いと測定時刻のずれを考慮すると、骨材散布による滑り抵抗改善の程度もほぼ似たような結果と見なす事ができる。

何れにしても、骨材散布による効果の程度はスパイクタイヤの使用による効果よりも数倍大きいことを示している。

### おわりに

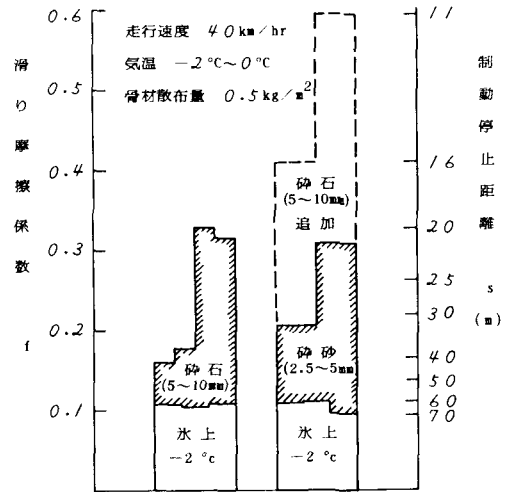
以上のように、氷結路面(アイスバーン)では、スノータイヤの場合でも、 $2.5 \sim 10 \text{ m}^2$ の砕石を  $1 \text{ m}^2$  当り  $0.5 \text{ kg}$  以上散布すれば、スパイクタイヤを使うよりもはるかに優れた滑り抵抗が得られるので、氷結路面個所への骨材散布システムの検討を望みたい。もし、このシステムが確立すれば、スパイクタイヤの必要が無くなるからである。多分、散布骨材の回収は現在問題になっているスパイクタイヤによる粉じんの回収よりも容易で、量的にも大して違わないことが予想される。

なお、氷結路面では、砂は滑り抵抗を改善するための効果が無いので注意して欲しい。

最後に、これらの試験を実施するにあたり、ご協力いただいた室蘭市、北海道開発局土木試験所、日本自動車タイヤ協会の関係各位に深く感謝の意を表します。

### 参考文献

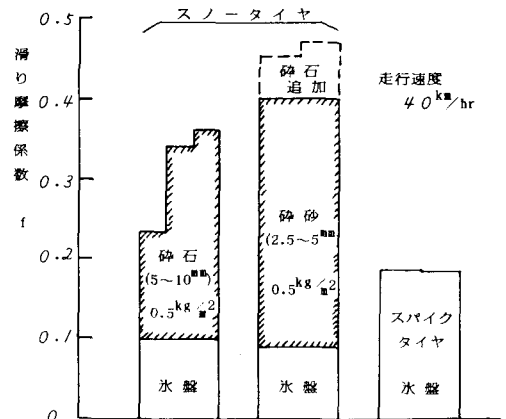
- 1) 尾崎 諒・志村政雄：舗装コンクリートの摩耗と冬期路面の滑り抵抗の改善に関する試験結果について、土木学会北海道支部論文報告集・第40号、昭和59年2月。



図一6 骨材散布後5、10、15分経過後の効果  
(恵庭市における氷上走行試験)

表一3 北海道開発局土木試験所の試験車による測定結果 (走行速度  $40 \text{ km/hr}$ )

| 測定<br>No. | 路面状態<br>骨材散布 | タイヤ<br>種類 | 滑り摩擦係数 |       |       | 備 考                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|--------------|-----------|--------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |              |           | 1      | 2     | 平均    |                                                                                                                                                                                                                               |
| 1         | 氷盤           | スノー       | 0.097  |       | 0.097 | 場所：恵庭テストコース<br>路面：アイスバーン(氷盤)<br>及び骨材散布氷盤<br>散布骨材：<br>砕石( $5 \sim 10 \text{ mm}$ )を $0.5 \text{ kg/m}^2$<br>砕砂( $2.5 \sim 5 \text{ mm}$ )を $0.5 \text{ kg/m}^2$<br>試験輪：5.60-13-4PR<br>輪荷重：350 kg<br>空気圧：1.7 kg/cm <sup>2</sup> |
| 2         | 氷盤           | スノー       | 0.073  | 0.098 | 0.086 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 3         | 氷盤           | スパイク      | 0.186  | 0.182 | 0.184 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 4         | 砕石           | スノー       | 0.231  | 0.234 | 0.233 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 5         | 砕砂           | スノー       | 0.379  | 0.422 | 0.401 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 6         | 5に砕石         | スノー       | 0.429  | 0.471 | 0.450 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 6'        | 4の融面         | スノー       | 0.338  |       | 0.338 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7         | 6の融面         | スノー       | 0.456  | 0.475 | 0.466 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7'        | 4の融面         | スノー       | 0.360  |       | 0.360 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7''       | 7'の終点        | スノー       | 0.297  |       |       |                                                                                                                                                                                                                               |



図一7 開発局の試験車による測定結果 (恵庭テストコース)