４１．凍結抑制舗装における
振動マカダムローラと振動タイヤローラの適用事例

酒井重工業㈱　事業推進部　○木村　公俊
福田道路㈱　中部支店　勝野　靖之
福田道路㈱　中部支店　田畑　雅浩

１．はじめに

積雪寒冷地に用いる凍結抑制舗装の一つとして，廃タイヤゴム粒子をアスファルト舗装に混入させ，物理的弾性効果により，氷結層の破壊ならびに積雪の剥離促進効果を発揮する凍結抑制舗装(以下，ゴム粒子入り凍結抑制舗装と称す）がある。このゴム粒子入り凍結抑制舗装はアスファルト量が多く，ギャップ粒度の骨材配合であるため，施工時には材料分離や温度低下などにより，緻密な舗装面を得られない場合もあり，その対策は重要な課題とされる。ゴム粒子入り凍結抑制舗装の施工マニュアル[1)]によれば，転圧には 10 t マカダムローラ（以下，マカダムと称す），7t 振動タンデムローラ（以下，振動タンデムと称す）と 15t タイヤローラ（以下，タイヤと称す）を組合せて，初期転圧から仕上転圧を行うこととされている。しかしながら，ゴム粒子入り凍結抑制舗装を用いる施工現場の多くは，冬期の気温が低くなる寒冷地および山間地であり，この時期に施工を行うと混合物の温度低下が著しく，標準的な転圧工程より迅速で効率的な転圧作業が必要となることもある。

本報文では，上記施工マニュアルに準じた施工法に対する，最近開発された振動マカダムローラならびに振動タイヤローラのゴム粒子入り凍結抑制舗装施工への適用事例を報告する。

２．提案転圧ローラの概要

今回の施工で使用した転圧ローラの特徴を以下にまとめる。また，各転圧ローラの車体寸法，運転質量，振動仕様（起振力等）については表-1,2 に示す通りである。

2.1 振動マカダムローラ（写真-1）

（酒井重工業製 MW700 型：NETIS KT-080028）

振動マカダムローラ（以下，振動マカダムと称す）は，従来のマカダムと比べて小型，軽量ながら全輪（3 輪）に振動機構を装備し，マカダムクラスでは最大の動線圧（1,079N/cm）を有する。また，左または右の前輪を独立して振動（通常振動と水平振動の切換式）できるので，舗装端部のみに振動を加えられる等，これまで小型振動ローラやプレートコンパクタによる人力仕上げ作業を省略し，迅速で安全な転圧作業を実現しうる特長を有する。

写真-1　振動マカダムローラ

表-1　振動マカダムローラの概要

機種		振動マカダム	
公称型式		MW700	
運転質量（kg）		8,730	
全長×全幅×全高（mm）		4,700×2,100×3,065	
締固め幅（mm）		2,100	
振動性能		通常振動	水平振動
起振力（kN）		90	145
振動数（Hz）		43	
振幅（mm）		0.6	
静線圧（N/cm）前輪/後輪		390/390	
動線圧（N/cm）通常	前輪	1,079	
	後輪	1,206	

2.2 振動タイヤローラ（写真-2）

（酒井重工業製 GW750 型：NETIS KT-070017）

振動タイヤローラ（以下，振動タイヤと称す）は，従来のタイヤと比べて小型，軽量ながら，4 段階の振幅を設定できる振動機構を装備している。最大振幅時には 25t タイヤローラと同等以上の締固め効果を得ることができる。この振動により，タイヤ固有のニーディング作用を助長させ，骨材の噛合せならびにモルタルの充填効果が向上する[2)]。

写真-2　振動タイヤローラ

表-2　振動タイヤローラの概要

機種	振動タイヤ			
公称型式	GW750			
運転質量（kg）	9,000			
全長×全幅×全高（mm）	4,540×2,200×2,975			
締固め幅（mm）	1,950			
振動性能	1 段	2 段	3 段	4 段
起振力（kN）	7.8	24.5	41.9	58.4
振動数（Hz）	40			
振幅（mm）	0.1	0.3	0.5	0.7

3．施工実施状況

3.1 試験施工条件

試験施工では，幅 2．5m，延長 16m の試験施工ヤードを設け，既設舗装上に仕上り厚さ 5 cm で敷きならしを行った。下表-3,4 に示す条件で転圧を行った後，締固め度ならびに表面のキメの違いを評価した。転圧条件は，初期転圧における振動の効果ならびに二次転圧に使用する転圧ローラの機種について検討を行った。また，混合物に関しては，中温化剤を用いた混合物（以下，ゴム粒子入り凍結抑制舗装（中温化）と称す）についても検討を行うこととした。

敷きならし温度は，実施工条件を想定して 2 時間程度の運搬，放冷を行い調整した。

表-3　各工区の転圧条件（1 工区，2 工区）

<table>
<tr><td></td><td>1 工区</td><td>2 工区</td><td rowspan="2">従来
（参考）</td></tr>
<tr><td>混合物</td><td colspan="2">ゴム粒子入り
凍結抑制舗装（標準）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">初期転圧</td><td colspan="2">振動マカダム
無振　2 回</td><td rowspan="2">マカダム
6 回以上</td></tr>
<tr><td>無振
4 回以上</td><td>水平振動
4 回以上</td></tr>
<tr><td>二次転圧</td><td colspan="2">振動タンデム
水平振動
6 回以上</td><td>振動タンデム
水平振動
6 回以上</td></tr>
<tr><td>仕上転圧</td><td colspan="2">振動タイヤ
振動　2 回以上</td><td>タイヤ
2 回以上</td></tr>
</table>

表-4　各工区の転圧条件（3 工区，4 工区）

<table>
<tr><td></td><td>3 工区</td><td>4 工区</td><td rowspan="2">従来
（参考）</td></tr>
<tr><td>混合物</td><td colspan="2">ゴム粒子入り凍結抑制
舗装（中温化）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">初期転圧</td><td colspan="2">振動マカダム
無振　2 回</td><td rowspan="2">マカダム
6 回以上</td></tr>
<tr><td>通常振動
4 回以上</td><td>水平振動
4 回以上</td></tr>
<tr><td>二次転圧</td><td colspan="2">振動タイヤ
振動（振幅 4 段）
6 回以上</td><td>振動タンデム
水平振動
6 回以上</td></tr>
<tr><td>仕上転圧</td><td colspan="2">振動タンデム
無振　2 回以上</td><td>タイヤ
2 回以上</td></tr>
</table>

3.2 試験施工時の敷きならしおよび転圧温度

試験施工時における敷きならしならびに転圧時の温度測定結果を表-5 に示す。試験施工当日の気温は 6℃，施工面の路面温度は 2~4℃であった。混合物温度は敷きならし直後から急激に低下していたので，転圧を迅速に実施する必要があった。

表-5　試験施工時の敷きならしおよび転圧温度

	標準（℃）	中温化（℃）
出荷温度	181	182
到着温度	177	174
敷きならし温度	156	138
初期転圧温度	144	123
二次転圧温度	111	85

４．試験結果

4.1 締固め度

各工区から採取した 5 箇所のコア供試体ならびに端部のコア供試体の締固め度を図-1 に示す。締固め度は，初期転圧が無振動の 1 工区に比べ振動転圧した 2～4 工区の方が高い。特に，振動マカダムの通常振動を加えた 3 工区では，一般的に混合物温度が低下しやすい端部においても，99.4%と非常に高い締固め度が得られた。この結果より，転圧温度の高い初期転圧において，鉛直方向への振動効果が大きい振動マカダムの通常振動で転圧することが，高い締固め効果を得るに有効であると考えられる。

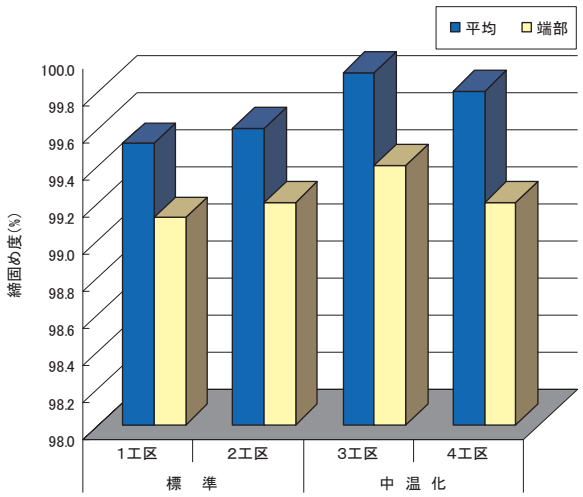

図-1　各工区の締固め度

4.2 キメ深さ

各工区のサンドパッチならびに MTM により測定したキメ深さの結果を図-2 に示す。締固め度と同様に 1 工区に比べ 2～4 工区の方が緻密なキメの路面が得られた（写真-3）。この要因としては，二次転圧時の振動タイヤ（振幅 4 段）による動的ニーディング効果が有効であったと考えられる。

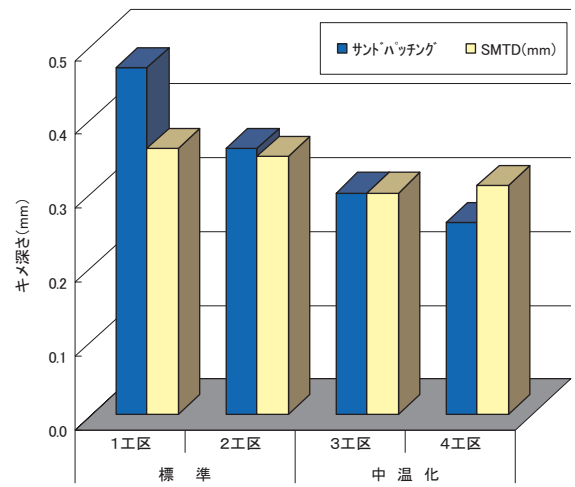

図-2　各工区のキメ深さ

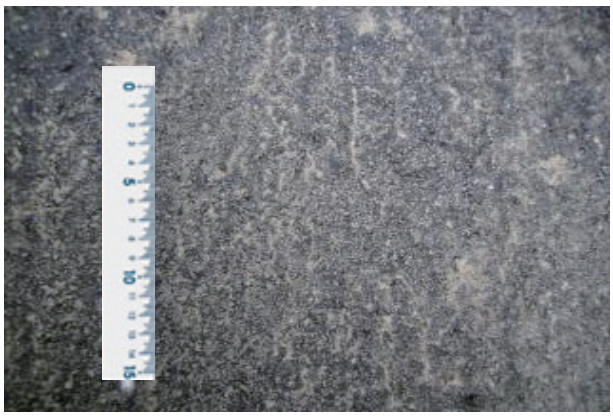

写真-3　3 工区での路面状態

4.3 路面観察結果

各工区において，初期転圧，二次転圧，仕上転圧時の表面状態を観察した結果を表-6 および表-7 に示す。表中の混合物の流動状態とは材料が流動し波打つ状態をいう。骨材の並びとは材料の流動が少なく，骨材の噛合せと表面のキメの細かさをいう。転圧後の路面状態とはローラマークの出現をいう。

表-6　各転圧工程における表面観察結果 1

工区	1 工区			2 工区		
	混合物の流動状態	骨材の並び	転圧後の路面状態	混合物の流動状態	骨材の並び	転圧後の路面状態
初期転圧	○	△	△	×	○	△
二次転圧	×	○	○	○	○	△
仕上転圧	○	○	○	○	○	○

◎:非常に良い ○:良い △:普通 ×:不良

表-7　各転圧工程における表面観察結果 2

工区	3 工区			4 工区		
	混合物の流動状態	骨材の並び	転圧後の路面状態	混合物の流動状態	骨材の並び	転圧後の路面状態
初期転圧	○	◎	△	×	○	△
二次転圧	○	◎	△	○	○	△
仕上転圧	○	◎	○	○	○	○

◎:非常に良い○:良い△:普通×:不良

初期転圧においては，各工区とも混合物が不安定でローラマークが出現すると共に水平振動を加えた場合は混合物が流動し波打つ状態が観察された。また，振動タンデムで水平振動を加えた 1 工区の二次転圧でも同様な状況がみられた。さらに，若干ではあるが表面にモルタル分が浮き上がる箇所も観察された。しかしながら，初期転圧にて振動マカダムの通常振動を加えた場合，流動は見られなかった。

二次転圧においては，振動タイヤにて振動転圧すると緻密なキメが得られたが，若干のローラマークも観察された。

仕上転圧においては，振動タンデムにより無振動で転圧することでローラマークを消すことができ良好な路面を得ることができた。

4.4 実施工結果

試験施工の結果で最も締固め結果が良好であった振動マカダムと振動タイヤの組合せ（3 工区の条件）により実施工を行った。写真-4 に示すように初期転圧から骨材の良好な噛合せが見られ，写真-5 に示すように二次転圧完了後，モルタルの充填効果が促進され路面全体で均一な表面性状を得ることができた。さらに，写真-6 に示すように縦ジョイント部では，既設舗装との接合面が滑らかで同一の高さにて仕上げを行うことができた。

写真-4　初期転圧後の路面

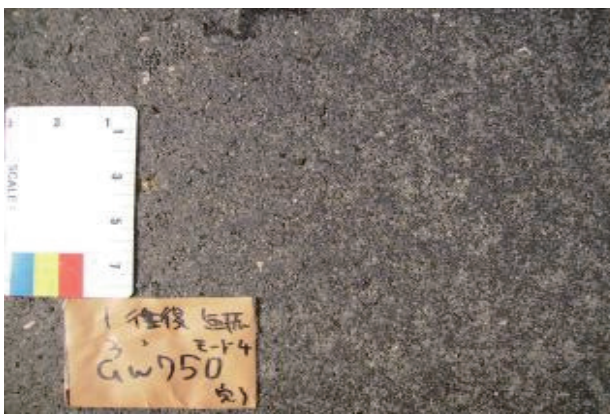

写真-5　二次転圧後の路面

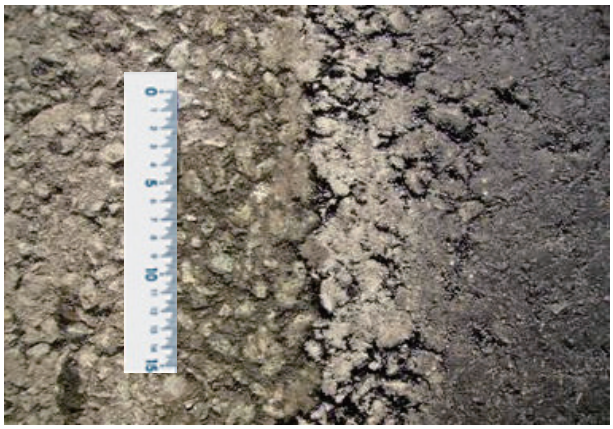

写真-6　縦ジョイント部

5．おわりに

本報文では，寒冷期の施工条件で温度低下により締固め不足が発生し易いゴム粒子入り凍結抑制舗装への振動マカダムおよび振動タイヤの適用性を検討した。その結果，振動マカダムおよび振動タイヤは，締固め度の確保ならびに緻密なキメを得るに有効であることが明らかになった。本技術が寒冷期の施工改善の一手法として役立つものと考える。

最後に，本試験の実施に関し，お世話になった福田道路㈱中部支店，機械センターおよび技術研究所，大林道路㈱エンジニアリング部および機械センターの関係者の皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

1)ゴム粒子入り凍結抑制舗装振興会：ゴム粒子入り凍結抑制舗装技術資料，平成 18 年 12 月

2)月本：性能規定工事における振動タイヤローラを用いた締固め度確保事例について，北陸道路舗装会議　2007