

スパイクラベリング試験について

Pavement Wear Tests due to studded Tires

久保 宏* 熊谷茂樹** 佐藤彪弐***
山西信雄****小笠原 章****大類和昭****

室内で普通乗用車用スパイクタイヤを使用して、舗装の摩耗試験を行うスパイクラベリング試験機を試作した。これにより試験方法の設定、舗装の摩耗に与える温度や乾湿の影響、摩耗により強い舗装用混合物の改良、スパイクピンの数やタイヤの種類と摩耗の関係などを求めた。

この結果、スパイクラベリング試験による摩耗量は、温度の違いにより変化し、湿潤状態では増加する。アスファルト混合物の碎石量を増すことにより、摩耗量は減少することなどがわかった。

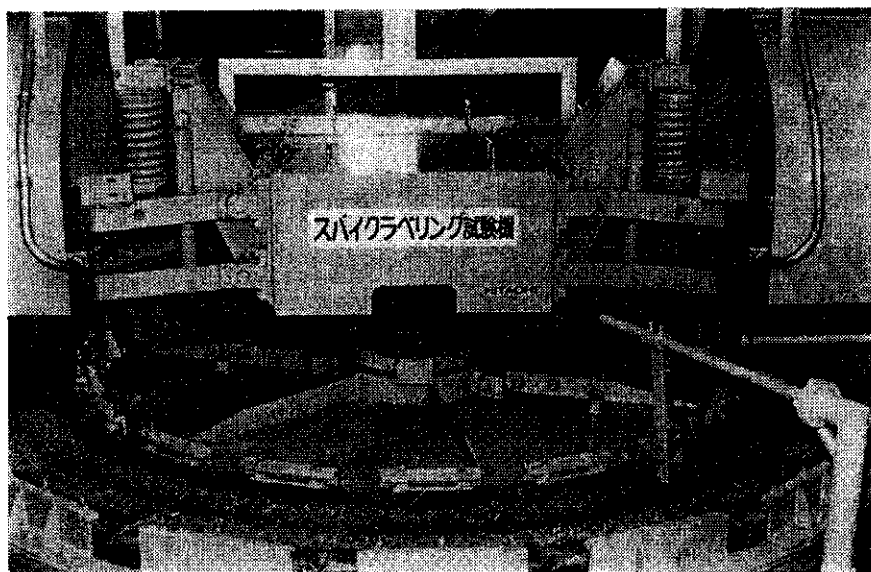
《摩耗；ラベリング試験；スパイクタイヤ；アスファルト混合物》

まえがき

近年、交通車両の増加とスパイクタイヤの普及によって舗装の摩耗が激しくなり、道路の横断方向にわだち掘れの形で摩耗が生じ、その補修費、交通安全性、春先のほこりの人体への影響などが問題になっている。これまで、室内摩耗試験は、タイヤチェーンを使用した試験機で行われてきた。しかし、交通車両の現状に即した機構

の試験機で、舗装側とタイヤ側から摩耗対策研究を行う必要に迫られてきていた^{1),2)}。このため、実際のスパイクタイヤを用いる「スパイクラベリング試験機」を試作して舗装摩耗の検討を始めた。

本報告では、そのような目的で製作した試験装置の紹介と温度、碎石量、乾湿、タイヤの種類などの舗装摩耗に与える影響に関する実験結果を述べる。



スパイクラベリング試験機本体

*舗装研究室長 **同室副室長 ***同室主任研究員 ****同室員

1. スパイクラベリング試験機の概要

試験装置は、アスファルト混合物やセメントコンクリートなど舗装材料を供試体として、乗用車用スパイクタイヤを油圧モータ、油圧ポンプにより1輪を駆動、他の1輪を制動させる。回転盤に円環状に18個の供試体を取りつけ、タイヤに所要荷重をかけて駆動し、供試体を

けらせる。それにつれて回転盤は一定速度で一定方向に回転し、スパイクによって供試体を摩耗させる装置である。また、タイヤは摩耗部分を拡大させて安定した摩耗作用を得るため、シフト機能を有している。スパイクラベリング試験装置を前ページ写真および図-1に示す。

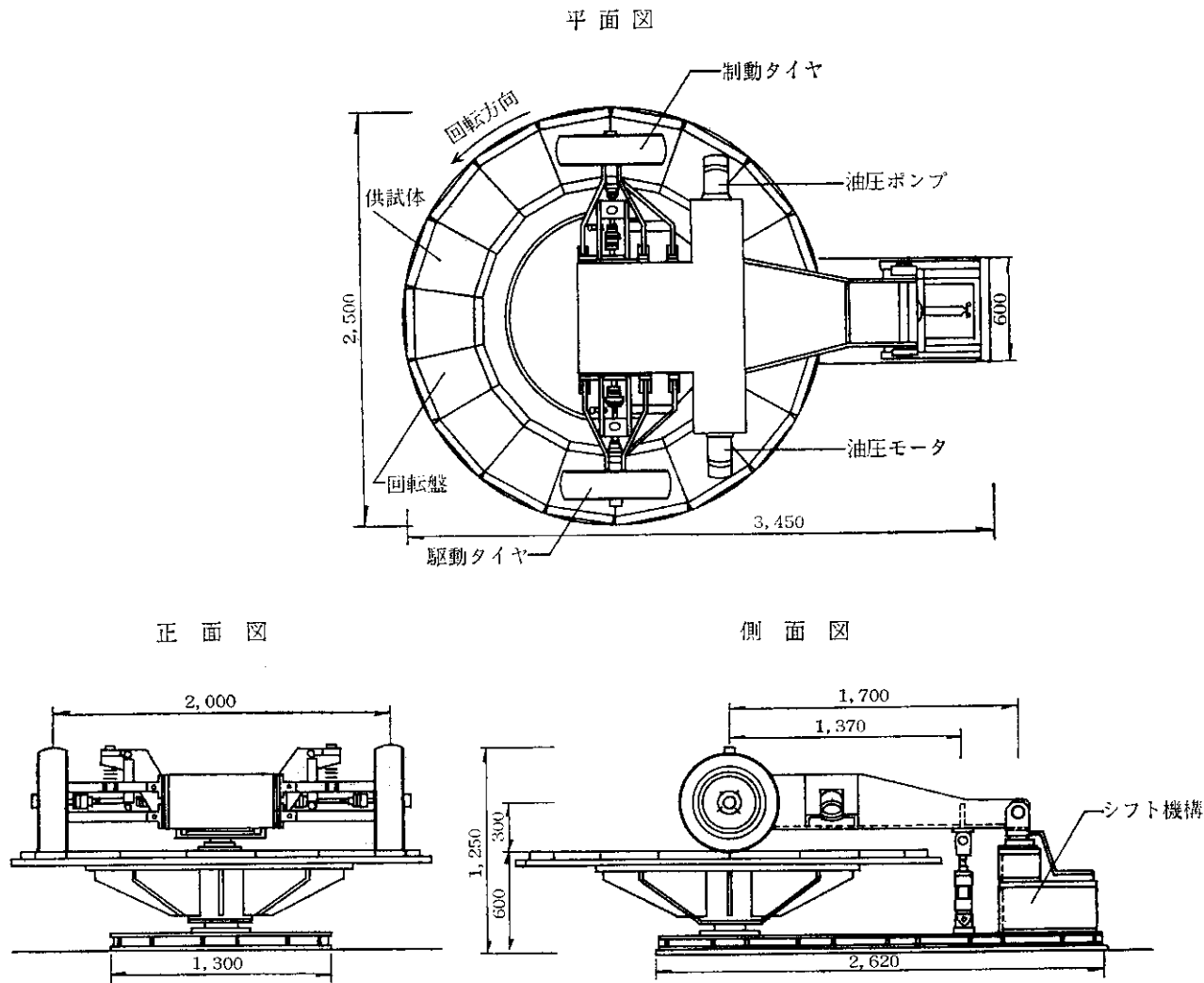


図-1 スパイクラベリング試験機本体概要図 (単位 mm)

試験装置は大きく分けて、試験機本体、油圧ユニット、制御盤、操作計測盤からなっている。試験室の温度は -20°C から $+30^{\circ}\text{C}$ まで任意に制御できる。

仕様

- ・走路直径 200 cm
- ・輪荷重 200~500 kg/輪
- ・走行速度 10~40 km/h
- ・トルク 10~22 kg・m
- ・標準タイヤ 6.15-13 または 6.95-14
- ・供試体 18個、上底 287 mm、下底 410 mm、高さ 350 mm、厚さ 50 mm の台形

- ・シフト ± 50 mm
- ・散水装置 10 l/min 程度

2. 試験方法

(1) 供試体作製方法

供試体作製は、ホイールトラッキング供試体作製方法に準じている³⁾。混合温度はセイボルトフロール度 85 秒、締固め温度はセイボルトフロール度 1,000 秒で、ローラコンパクタを使用して締固めた。碎石量 40% の供試体は線圧 20 kg/cm、碎石量 45~60% は線圧 30 kg/cm で、それぞれスチールローラ 11 回、ゴムローラ 22 回、スチ

表-1 スパイクラベリング試験条件

試 験 条 件	プ レ ロ ード	ラ ベ リ ン グ
温 度	+20°C	任 意
走 行 回 数	5,000 回	任 意
タ イ ヤ	バイアス夏タイヤ 6.15—13 4 PR	乗用車用スパイクタイヤ
空 気 圧	1.7 kg/cm ²	設計常用空気圧 (最大)
荷 重	320 kg/輪+タイヤ自重	320 kg/輪+タイヤ自重
速 度	30 km/h	40 km/h
ト ル ク	制動: 3 kg・m 駆動: 15~22 kg・m	制動: 7 kg・m 駆動: 11~21 kg・m
シ フ ト 量	±45 mm	±45 mm
シ フ ト 速 度	往復 40 秒	往復 40 秒

注) 走行回数: 回転盤の1回転で駆動タイヤ, 制動タイヤが各1回走行する。
 湿潤試験の場合は毎分3~4ℓの散水を行った。

ールローラ5回の順に転圧を行った。締固め度はマーシャル基準密度の100±1%以内となるよう作製した。

(2) スパイクラベリング試験方法

試験機の回転盤に18個の供試体をセットする。供試体セットの方法は、ゲージ付きの水平器で供試体面の高さを測って、高さの差を1mm程度に揃えて回転盤に並べ供試体を固定する。ラベリング試験の前に供試体面をならし、供試体と回転盤を確実に密着させるため夏タイヤでプレロードをかける。予備試験を行って決定したスパイクラベリング試験条件は表-1に示すとおりである。

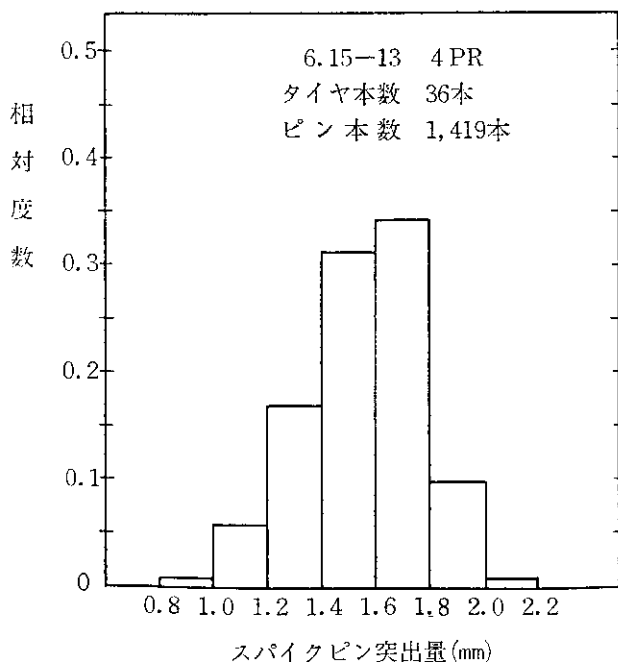


図-2 スパイクピン突出量の分布

ラベリング試験に使用するタイヤは、専用ゲージを用いてタイヤトレッド表面からのピン突出量を1本のタイヤの半数測定する。あらかじめ調べてある図-2の突出量分布のパターンと照合して、分布の大きく異なるものは使用しないことにした。これは、突出量がすりへり試験値に影響を及ぼすが、突出量を一定にすることは事実上不可能なためである。また、タイヤはラベリング試験1回ごとに新品を用いることとした。

使用したタイヤは、A社製、バイアススノースパイクタイヤ、6.15—13, 4 PR, 空気圧 1.7 kg/cm², ピンはB社製のロー付けピンタイプ、10—15, 78本打ちでこれを標準タイヤと称している。また、特に断わりのない場合走行回数は3万回である。この場合、走行回数は回転盤

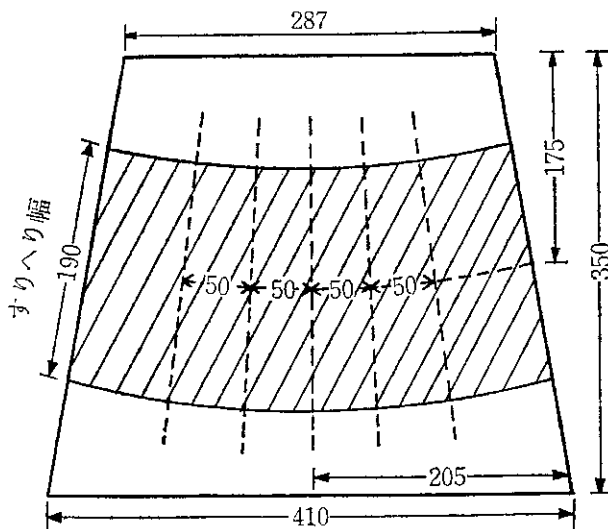


図-3 供試体断面測定位置図 (単位 mm)

の回転数であり、通過車輪数はその2倍となる。

なお、供試体の削り屑や散水した水は、回転の遠心力で飛散し供試体上にたまってはいない。

(3) すりへり量の測定方法

試験機に供試体を設置したままその上に自動断面積測定装置をセットし、1個の供試体について5面の断面積(図-3参照)を測定して平均する。プレロード後とスパイクラベリング試験後の測定値の差をすりへり量とする。すりへり量は一般に断面積で表示されることが多い

表-2 アスファルトおよび混合用 SBR ラテックスの性状

アスファルト

針入度 (25°C, 100 g, 5 sec)	87	
軟化点 °C	46.5	
伸度 (15°C) cm	150 (+)	
蒸発減量 %	0.02	
蒸発後の針入度 (原針入度に対して) %	89	
蒸発後の針入度比 %	98	
薄膜加熱減量 %	+0.03	
薄膜加熱後の針入度 %	69.9	
三塩化エタン可溶分 %	99.7	
引火点 °C	320 (+)	
比重 (25°C/25°C)	1.025	
粘度	(120°C)	798
	(140°C)	315
	(160°C)	140
	(180°C)	70.5

混合用 SBR ラテックス

全固形分 %	50.0
pH	10.6
ラテックス粘度 (BH タイプ) CP	144
結合スチレン量 %	22.9
凝固分 %	0.001
ラテックス比重	0.98
固形分比重	0.96

が、今回は平均すりへり深さに換算した値を用いた。

$$\text{平均すりへり深さ (mm)} = \frac{\text{すりへり断面積 (cm}^2\text{)}}{190 \text{ (すりへり幅 mm)}} \times 100$$

自動断面積測定装置は今回試作したもので、摩耗跡の始点と終点に端子を合わせて記憶させると、始点と終点間の距離、断面積、最深部の深さをデジタル表示する。

3. 使用材料と配合

使用材料の性状、混合物の骨材合成粒度は表-2~4に示すとおりである。

骨材の合成粒度は、北海道開発局道路・河川工事仕様書の細粒度ギャップアスコン粒度を基準にした。すなわち、粗骨材量40%の粒度をまず合成し、13~5mm、5~2.5mm 碎石の割合と砂の細粗の割合は変えないで粗骨材量を5%ずつ増して60%まで変化させた。

アスファルト量は、マーシャル試験から求まるアスファルト量の共通範囲の中央値とした。ゴム入りアスファルトのゴム量は、固形分で4%添加である。

マーシャル試験結果は表-5のとおりである。

表-3 使用骨材の性状

材料	産地	比重 (表乾)	吸水量 (%)	ロサンゼルスすりへり減量 (%)	安定性 (%)	通過重量百分率 (%)							
						20 (mm)	13	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.074
石粉	東鹿越	2.70									100	94	83
細砂	石狩シブ	2.740	1.35							100	78	5	0
粗砂	浜厚真	2.686	1.48					100	90	64	34	7	1
碎石	手 (2.5~5)	2.600	1.60	21.7	7.6	100	100	100	0				
	(5~13) 稲 (13~20)												

表-4 骨材の合成粒度

種類	合成粒度								
	フルイ目 (mm)	19.1	12.7	4.76	2.38	0.59	0.297	0.149	0.074
最大粒径 13mm	局細粒ギャップアスコン範囲	100	100~95	80~65	65~50	55~40	45~25	25~10	15~8
	砕石量 40 (%)		100	73	60	54	41	15	11
	45		100	69	55	49	38	14	11
	50		100	65	50	45	35	14	11
	55		100	62	45	40	31	12	9
	60		100	58	40	36	28	12	9
最大粒径 20mm	50	100	78	62	50	45	34	13	10
	55	100	76	58	45	40	31	12	9
	60	100	74	53	40	36	28	11	9

表-5 マーシャル試験結果

最大粒径		13 mm					20 mm		
砕石量	範囲	40%	45	50	55	60	50	55	60
安定度 kg	500 以上	628	722	852	1,009	977	898	930	1,062
空げき率 %	3~5	3.9	4.1	3.2	3.6	3.6	3.7	3.8	3.4
飽和度 %	75~85	80.8	78.6	82.2	79.3	78.6	79.0	77.6	78.1
フロー値 $\frac{1}{100}$ cm	20~40	36	40	39	32	38	30	28	32
中央 AS 量 %		7.2	6.6	6.4	6.0	5.7	6.0	5.7	5.2
密度 g/cm ³		2.330	2.340	2.364	2.364	2.368	2.368	2.369	2.392

4. 試験結果

スパイクラベリング試験の結果は、表-6のとおりである。このうちから走行回数3万回におけるすりへり量をストレートアスファルト（以下ストアスという）、ゴム入りアスファルト（以下ゴムアスという）に分けて図-4に示した。以下に取上げたすりへりに関係する要因と平均すりへり深さで表わしたすりへり量の関係を項目別に述ると次のようになる。

(1) 走行回数とすりへり量

試験温度0°Cでラベリング試験を行い、1, 3, 5, 7万回走行時に舗装のすりへり量を測定した。その結果を示したのが図-5である。

この図の1万回走行回数までのすりへり量からわかるように、摩耗の初期には供試体表面のアスファルトモルタル分が削られ、粗骨材が出揃うまですりへり量が大きいのが一般的な型である。しかし、1万回から7万回の

間のすりへり量は、走行回数にほぼ比例して増大している。タイヤトレッドやスパイクピンの傷みは、走行回数7万回で目立つようになる。このことから標準試験方法として、試験時間の短縮も考えて走行回数3万回を採用した。

(2) 試験温度とすりへり量

試験温度が+10, 0, -10°Cの場合のすりへり量は図-4の①, ②, ③のようになる。

同じ配合のもので比較すると、+10°Cと0°Cのすりへり量はほぼ同じで、-10°Cのすりへり量が最も小さな値を示している。

(3) 砕石量とすりへり量

砕石量（粒度上の2.5 mm以上粗骨材量）の舗装のすりへり量に与える影響を調べた結果が図-6である。

砕石量40~60%の範囲内では、多少のバラツキはあるものの一般に砕石量の多い方が舗装のすりへり量が小

表-6 スパイク・ラベリング試験結果一覧

バ イ ア ス													バイアス湿潤		ラ ジ ア ル							
															ピン 120本		80本					
最 大 粒 径		13 mm										20 mm		13 mm								
試験温度 °C		+10°C			±0°C			-10°C			±0°C		±0°C		±10°C		±0°C		±0°C		±0°C	
走行回数 万回		3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	3	5	1	3	1	3	1	3	3	
砕石量 40 (%)	スト	5.24	8.60	11.77	5.42	8.53	11.37	4.36	6.62	8.77	5.41	8.05			3.63	9.00	4.00	9.32	3.91	7.75	6.20	
	ゴム	5.04	8.66	12.34	4.84	8.05	11.11	3.73	5.83	7.65	5.18	8.01			2.85	7.32	3.87	8.90	4.25	8.65	6.29	
45	スト	4.83	8.03	11.07	5.14	8.27	11.05	4.22	6.45	8.89					2.89	7.53	3.37	7.90	3.51	7.48	5.75	
	ゴム	5.02	7.94	10.91	5.16	8.45	11.29	3.96	6.07	8.25					3.05	7.82	3.45	8.06	3.99	8.10	5.63	
50	スト	4.52	7.32	10.14	4.56	7.19	9.50	3.39	5.26	7.27			4.27	5.75	2.55	6.58	3.11	7.53	3.01	6.41	5.28	
	ゴム	3.91	6.46	9.15	4.26	7.13	9.74	3.15	4.90	6.67			3.88	5.49	2.58	6.68	2.97	7.50	3.20	6.61	5.44	
55	スト	4.21	7.00	9.44	4.29	6.92	9.32	3.64	5.42	7.19			3.72	5.00	2.72	6.95	2.66	6.45	2.96	5.89	5.54	
	ゴム	4.05	6.67	9.38	4.32	7.08	9.82	2.93	4.62	6.32			3.27	4.70	2.69	6.74	2.92	7.08	3.17	6.77	4.86	
60	スト	4.40	7.27	9.89	3.95	6.34	8.56	3.12	4.98	6.83			3.56	5.07	2.58	6.58	2.63	6.63	2.70	5.75	5.29	
	ゴム	3.84	6.46	8.93	3.63	6.03	8.45	2.82	4.36	6.04			3.34	4.88	2.21	5.68	2.95	6.79	3.15	6.53	4.92	

注) 数値は、平均すりへり深さ (mm) である。

ストはストレートアスファルト、ゴムはゴム入りアスファルトを意味する。

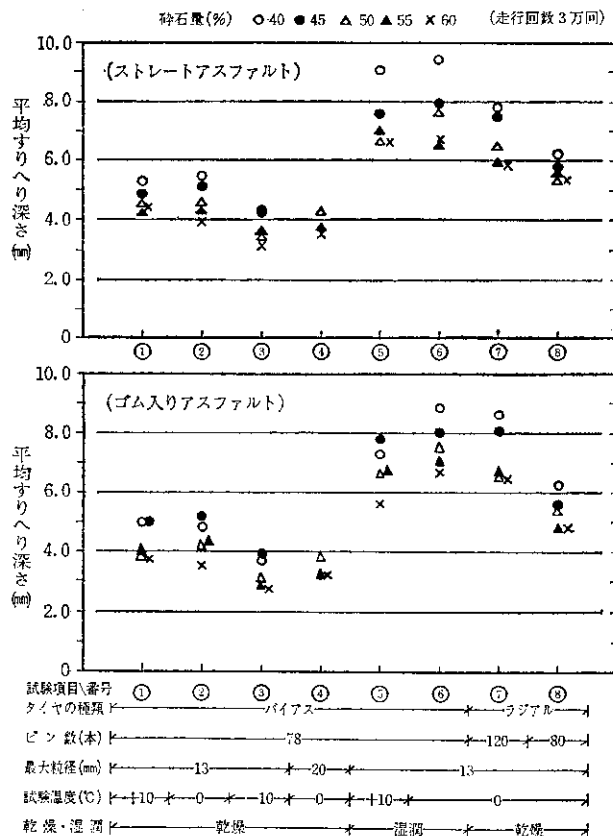


図-4 スパイクラベリング試験結果

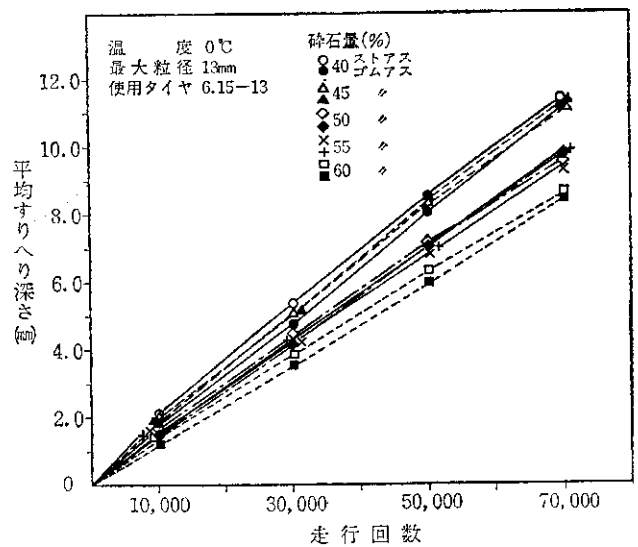


図-5 走行回数とすりへり量

さくるといえる。

また、ゴム入りアスファルトの耐摩耗性に関しては図-6 からわかるように、低温でのスパイクに対する効果はあるが、0°C 以上の温度になるとストレートアスファルトとの差はあまり明瞭ではない。

現在、北海道の国道舗装に一般的に用いられている細

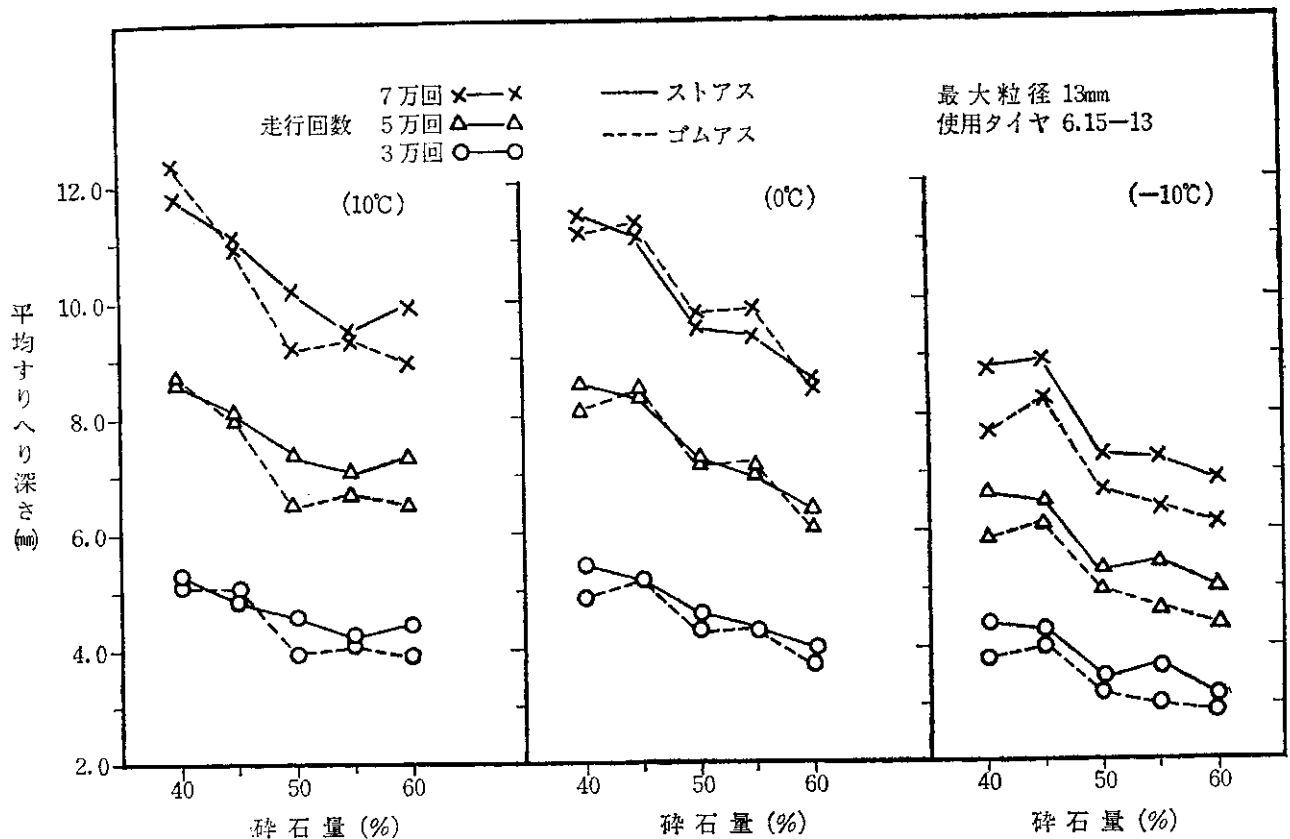


図-6 砕石量とすりへり量

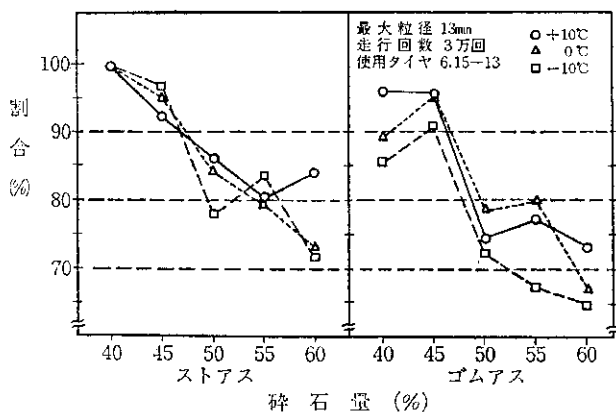


図-7 砕石量 40% (ストアス) に対する各砕石量のすりへり割合 (%)

粒度ギャップアスコンの配合⁴⁾は、ストアスで最大粒径 13 mm, 砕石量 40% となっているが、この場合のすりへり量を基準とし、砕石量 40, 45, 50, 55, 60%, ストアスおよびゴムアスの場合について百分率で表わしたのが図-7 である。チェーン式のラベリング試験の場合⁵⁾, 砕石量が 40% より多くなるとすりへり量が増大する傾向にあるのに対して、スパイク式ラベリング試験の場合のすりへり量は逆に小さくなる傾向にある。したがって、スパイクタイヤに対しては、砕石量を現在の細粒度ギャ

ップアスコンのものよりある程度増加させる方が耐摩耗性の混合物が得られるものと考えられる。

(4) 最大粒径とすりへり量

試験温度 0°C で砕石量 50, 55, 60% の混合物について、最大粒径 13 mm と 20 mm の場合のすりへり量は、それぞれ図-4 ② と ④ に示すとおりである。これから最大粒径 20 mm の方が耐摩耗性であることがわかる。

(5) 乾燥, 湿潤とすりへり量

毎分 3~4 ℓ の散水を行って舗装供試体を湿潤状態にし、+10, 0°C における舗装のすりへり量は図-4 の ⑥, ⑦ に示すものとなった。この結果を乾燥状態でのものである同図の ①, ② と比較すると、1.5~2 倍近く湿潤でのすりへり量が大きくなった。

(6) タイヤの種類とすりへり量

ラジアルスノースパイクタイヤの試験温度 0°C でのすりへり量を示したのが図-4 の ⑦, ⑧ である。

⑦ で示すラジアルタイヤは、A 社製の 155 SR 13, 空気圧 1.9 kg/cm², スパイクピンは B 社製のカシメピンタイプ, 10-13, 120 本打ちである。また、⑧ で示すラジアルタイヤのピン数 80 本は、普通のラジアルタイヤ (⑦) のピン数 120 本からピンを 1/3 抜き取ってパイアスの標準タイヤなみのピン数にしたものである。この実験

結果から、ラジアルのスパイクピン数をバイアスタイヤの場合程度に減少させることによって舗装の摩耗量は大きく減少することがわかった。また、バイアスタイヤとラジアルタイヤの違いによっても舗装の摩耗量は異なるが、試験方法も含めてさらに検討が必要である。

5. 標準ラベリング試験方法

今回の種々の試験結果からスパイクラベリング試験を行う場合の標準試験条件として、おおよそ表-7に示すものが得られた。このうち試験温度、散水について若干の考察を加えると次のようになる。

(1) 試験温度

スパイクラベリング試験の試験温度を定めるため、北海道の22地点における11月から4月までのスパイクタイヤ装着期間の平均気温を求めた⁶⁾。この結果は表-8に示すように、昭和52～55年度までの4年間の平均気温が -1°C となった。また、スパイクラベリング試験結果

表-8 冬期間の平均気温 (11～4月)

年 度 (昭和)	52	53	54	55	4年間の平均
平 均 気 温	-0.7°C	-1.4	-1.6	-0.6	-1.0

(2) 散 水

湿潤状態で試験をした方が舗装のすりへり量は大きくなることがわかったが、泥水による実験室の排水施設の目づまり、試験機の汚れ、作業性を考慮して、標準試験方法は乾燥状態とした。

6. ま と め

今回のスパイクラベリング試験結果について、取りまとめると次のようになる。

1) 砕石量について、砕石量を増加させるほどスパイクによる舗装の摩耗は小さくなり、砕石量40%の現在の細粒度ギャップアスコンに関しては砕石量をより多くした方が耐摩耗混合物となる。

2) 試験温度とすりへり量の関係では、 -10°C よりも 0°C と 10°C の場合の方がすりへり量は大きくなる。

3) 最大粒径13mmよりも20mmの方がスパイクタイヤに対しては耐摩耗混合物となる。

4) 路面条件は乾燥状態よりも湿潤状態の方がすりへり量は1.5～2倍程度大きくなる。

5) ラジアルスパイクタイヤにおいて、スパイクピンの数を減らすことによって舗装の摩耗はほぼ比例して小さくなる。

から -10°C より 0°C の方がすりへり量が大きいこと、作業のしやすさなどから試験温度は 0°C とした。

表-7 標準ラベリング試験条件

試 験 条 件	標 準 ラ ベ リ ン グ
温 度	$\pm 0^{\circ}\text{C}$ (乾燥)
走 行 回 数	30,000 回
タ イ ヤ	A社製 バイアススノースパイクタイヤ 6.15-13 4PR
空 気 圧	1.7 kg/cm^2
荷 重	320 kg/輪+タイヤ自重
速 度	40 km/h
トルク	制動: $7\text{ kg}\cdot\text{m}$ 駆動: $11\sim 21\text{ kg}\cdot\text{m}$
シフト量	$\pm 45\text{ mm}$
シフト速度	往復 40 秒

あ と が き

スパイクラベリング試験は、今回試験機導入後初めて行ったもので、まだ不十分であり、これからのデータ蓄積に負うところが大きい。

今後、現地切り取り供試体によって、実際の道路でのすりへり量とスパイクラベリング試験機によるものとの関連性を検討する予定である。さらに市販各種タイヤ、各種スパイクピンとすりへり量、新しいタイヤの表層混合物の開発、配合設計方法の確立など、早急に検討すべきことが山積している。したがって、積雪寒冷地舗装の摩耗対策の一環として、順次解決していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 久保 宏; 積雪寒冷地舗装の摩耗とその対策について, アスファルト, Vol. 22, No. 121 (1979年).
- 2) 日本道路公団試験所; 技術情報, 1971年10月.
- 3) アスファルト舗装要綱; 昭和53年, 改訂版.
- 4) 北海道開発局; 道路・河川工事仕様書.
- 5) 熊谷茂樹ほか; 粗骨材を含むアスファルト合材のすりへり試験について. 土木試験所月報第170号.
- 6) 日本気象協会北海道本部; 北海道の気象, 1976年～1979年.