

弾性インターロッキングブロック舗装のすべり抵抗の改善

Improvement on skid resistance of elastic interlocking block pavement

(株) 日本製鋼所室蘭研究所 ○ 正 員 吉田 茂 (Shigeru Yoshida)
北海道開発土木研究所 正 員 池田 憲二 (Kenji Ikeda)
北海道開発土木研究所 正 員 畑山 朗 (Akira Hatakeyama)
(株) 日本製鋼所室蘭研究所 正 員 小枝 日出夫 (Hideo koeda)

1. はじめに

近年、寒冷地における冬期間の路面状況は、スタッドレスタイヤの普及により各地にミラーバーンと呼ばれる非常に滑りやすい凍結路面を出現させる。これに伴ったスリップ事故や交通渋滞が多発し、道路管理の面から早急な対策が求められている。これらの問題に対し、タイヤ、道路、除雪方法などの様々な分野で凍結路面対策が行われている。その中で最も効果的な対策としてロードヒーティングが普及しているが、その工事および維持管理などの面で多額の費用を要することから、よりコストの低い対策が求められている。

これに対して、物理系凍結抑制舗装の一つとして、ゴムチップ成形体を用いた弾性舗装材¹⁾が考案されている。このゴム弾性舗装材の特長は、一般のアスファルト舗装材に比較して大きなたわみ性を有していることであり、そのため路面に形成した氷膜に対して優れた破碎効果を示すことが知られている。著者らはこの弾性舗装材に注目し、基礎実験等によりその効果や適用性について検討を行ってきたが、重車両に対する路盤への固定強度および耐久性に問題があることが明らかとなっている。そこで平成12年度にその改良策として、従来のパネル形式からインターロッキングブロック（以下ILB）形式²⁾に構造を変更し、移動載荷試験³⁾やすべり抵抗試験等の実証試験を行った。なお、弾性ILBだけでは湿潤時のすべり抵抗が低いことが懸念されるため、摩擦ブロックとして同形のコンクリートブロックを面積比率33%の割合で併設した。その結果、固定強度と耐久性に関しては良好な結果が得られたが、湿潤時のすべり抵抗に関してはアスファルト舗装に比較して十分な摩擦係数が確保できていない。

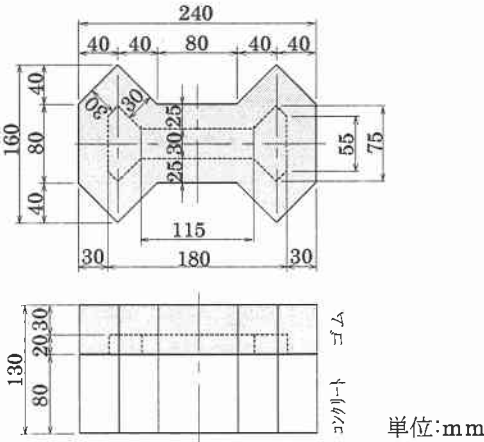


図-1 弾性ILBの基本構造

そこで、弾性ILB舗装の湿潤時のすべり抵抗を改善するために、1) ゴムブロックの空隙率、2) 摩擦ブロックの表面粗度、に関して検討および改良を行った。本論文では、これら改善策の効果を確認するために、実際に改良したブロックを敷設し、すべり試験車によるすべり抵抗試験および普通乗用車による急制動試験等を行った。

2. 弾性インターロッキングブロック（弾性ILB）の概要

2.1 弾性ILBの基本構造

図-1に弾性ILBの基本構造を、また図-2にその外観を示す。ブロックは総厚さが130mmのI型形状であり、コンクリートブロックの上面にゴムブロックを接着剤により固定したものである。ゴムおよびコンクリートブロックには、固定強度を向上させるために20mmのはめ合い部を設けている。本弾性ILBは、従来のILBと同様の方法で施工が可能であり、ブロック間のロッキング効果により道路基盤に固定される。

2.2 ブロックの諸元

表-1および表-2にゴムブロックおよび摩擦ブロックとして使用したコンクリートブロックの諸元を改良前

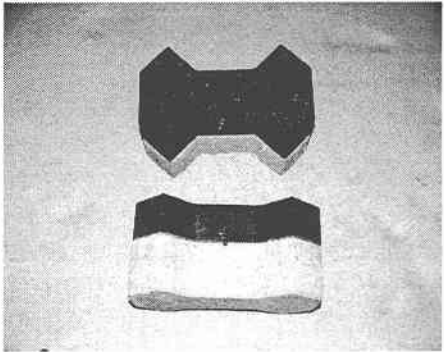


図-2 弾性ILBの外観

表-1 ゴムブロックの諸元

	空隙率 (%)	ゴムチップサイズ	バインダー量 (Vol%)	動摩擦係数 (DF 40km/h)
改良材	20	2~4mm (60%)	10	0.20
従来材 (平成12年実施)	10	1~2mm (40%)	10	0.08

表-2 摩擦ブロックの諸元

	製造方法	表面状態	動摩擦係数 (DF 40km/h)
改良材	型枠反転式 一層成形	ブラスト処理	0.79
従来材 (平成12年実施)	型枠反転式 二層成形	モルタル層	0.46

の舗装材と比較してそれぞれ示す。ゴムブロックは、廃タイヤを4mm以下の大きさに粉碎したゴムチップにウレタン樹脂製のバインダーを混合し、高温で加圧成形することにより製造される。ゴムブロックの改良点は、湿潤時のすべり抵抗を改善するために、空隙率を10%から20%へ増加させたことである。空隙率を増加させることにより、動摩擦係数が約2倍に向上することを事前に実施したDFテスターによるすべり抵抗試験により確認している。

一方、摩擦ブロックとして使用したコンクリートブロックには、高振動加圧方式により製造された舗装用ブロックを用いている。その形状および外観を図-3および図-4にそれぞれ示す。摩擦ブロックの改良点は、湿潤時のすべり抵抗を改善するために、表面をブラスト処理により粗面化したことである。図-5に摩擦ブロックの表面での状況を改良前の施工材と比較して示す。表面を粗面化することにより、湿潤時の摩擦係数が約1.7倍向上することをDFテスターによるすべり抵抗試験で確認している。

2.3 ゴム弾性パネル

ゴム単体でのすべり抵抗（摩擦ブロックが無い状態でのすべり抵抗）を把握するために、パネル形式の弾性舗装材についてもすべり抵抗試験を行った。ゴム弾性パネルの形状および寸法を図-6に示す。なお、ゴム弾性パネルの材料構成比および空隙率等の諸元は、弾性ILBのゴムブロックとすべて同一である。

3. 試験施工および評価試験

3.1 試験施工概要

湿潤時のすべり抵抗を改善するための改良を施した弾性ILBを、北海道開発土木研究所所有の角山実験場に敷設し評価試験を行った。施工区間は、図-7に示す幅3m×総延長21mの区間であり、この区間に図-1に示す弾性ILBを敷設した。ただし、湿潤時のすべり抵抗を向上させるために、ゴムを付与していないコンクリートだけの摩擦ブロックを面積比33%の割合で混合して敷設している。また、弾性ILBに隣接する幅1m×総延長20mの区間にゴム弾性パネルを敷設した。図-8および図-9に施工終了後の弾性舗装の外観を示す。

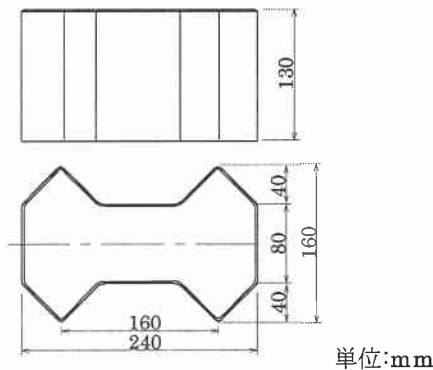


図-3 摩擦ブロックの形状

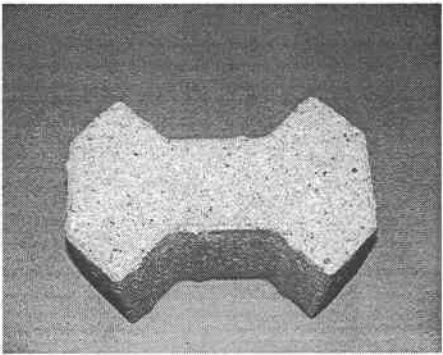
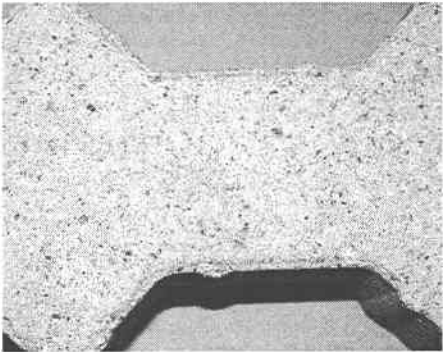
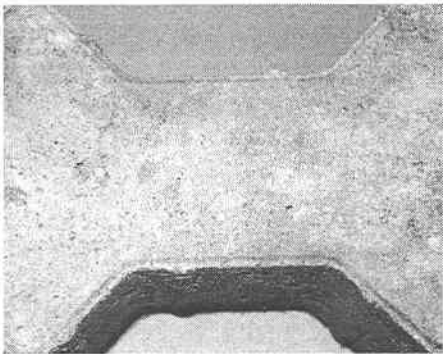


図-4 摩擦ブロックの外観



(a) 改良材の表面状況



(b) 従来材の表面状況
(平成12年実施)

図-5 摩擦ブロックの表面状況

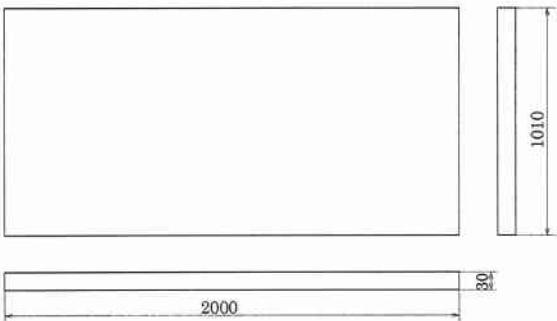
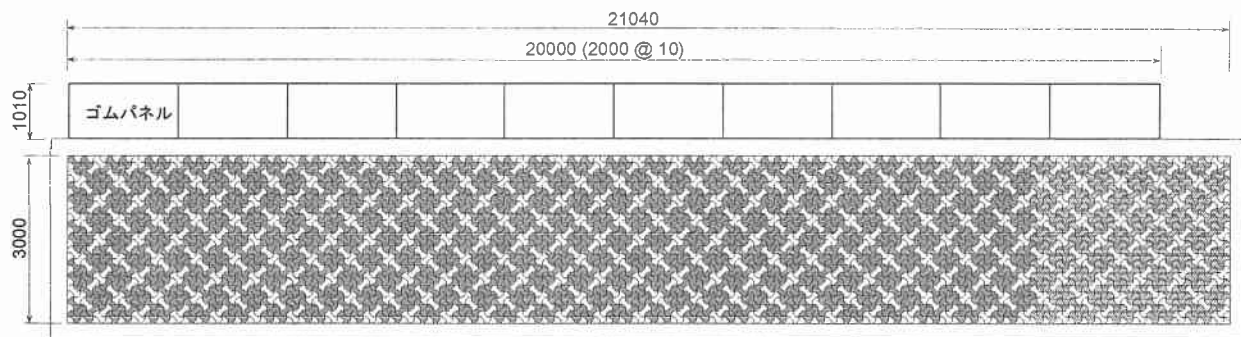


図-6 ゴム弾性パネルの形状および寸法



図－7 試験施工区間(角山実験場)

3.2 すべり抵抗試験

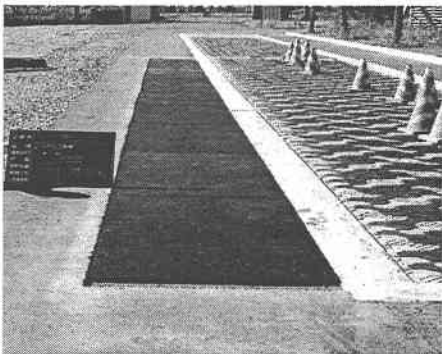
一般に、ゴムを使用した弾性舗装材は湿潤時のすべり抵抗が小さく、アスファルト舗装に比較して制動距離が大きくなることが知られている。本弾性舗装では、コンクリートブロックを摩擦ブロックとして配置することで、湿潤時におけるすべり抵抗の向上を図っている。さらに、ゴムブロックの空隙率を従来よりも増加させ、摩擦ブロックの表面を粗面化する改良を行っている。そこで、この効果を確認するために、すべり試験車を使用し縦すべり摩擦係数を測定した。路面条件は、弾性ILBおよびゴム弾性パネル舗装ともに乾燥と湿潤路面の2種類とし、測定速度は40 km/hとした。また比較のために、アスファルト路面での測定も行っている。

表－3にすべり摩擦係数の測定条件および測定結果をまとめて示す。また図－10に、すべり摩擦係数の測定結果を各舗装材で比較して示す。

改良した弾性ILB舗装の摩擦係数は、乾燥路面ではアスファルト路面と同程度の値（約0.83）を示し良好である。また、湿潤路面では約0.46の摩擦係数であり、従来材に比較して0.1程度向上していることが確認された。これは、ゴムブロックの空隙率を増加させたことおよび摩擦ブロックの表面を粗面化したことによる効果と考えられる。空隙率の増加はゴムブロックの剛性を低下し変形を容易にするため、タイヤと路面との接触面積が増加し摩擦係数が向上するものと推定される。また、空隙の増加によりゴム表面の排水性が向上したことも摩擦係数向上の要因と考えられる。さらに、摩擦ブロックについても表面の粗面化により排水性が向上しているものと考えられる。一方、ゴム弾性パネルでの摩擦係数測定結果より、ゴム単体における湿潤時の摩擦係数は約0.38であることが確認された。したがって、弾性ILB舗装の摩擦係数に対する摩擦ブロックの寄与は0.1程度であると推定さ



図－8 弾性ILBの外観

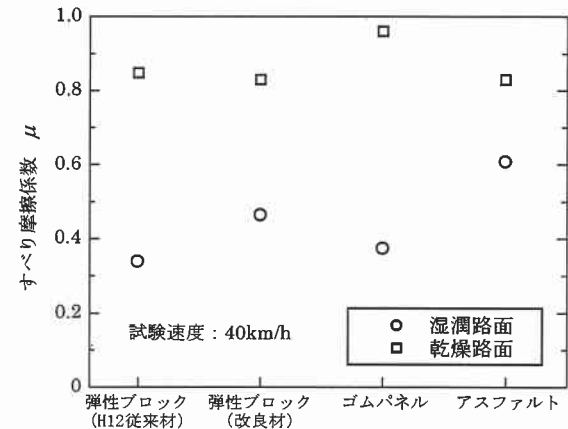


図－9 ゴム弾性パネル舗装の外観

表－3 すべり摩擦係数測定結果

測定路面	路面条件	路面温度 (℃)	速度 (km/h)	すべり摩擦係数	
				平均値	
弾性ブロック 区間	乾燥	気温 : 22 ゴム部 : 28 コンクリート部 : 26	39	0.792	0.830
			40	0.853	
			38	0.800	
			39	0.873	
	湿潤	気温 : 22 ゴム部 : 23 コンクリート部 : 23	40	0.520	注1
			38	0.555	
			39	0.479	
			42	0.461	
ゴムパネル 区間	乾燥	気温 : 23 ゴム部 : 35	40	0.969	0.960
			40	0.972	
			39	0.940	
	湿潤	気温 : 22 ゴム部 : 23	39	0.443	注1
			39	0.377	
			40	0.373	
アスファルト	乾燥	気温 : 22	40	0.814	0.814
	湿潤	AS : 23	41	0.607	0.607

注1) 完全な湿潤状態になっていないものと判断し、データとして採用せず



図－10 各路面におけるすべり摩擦係数の比較

れる。

上記のように、改良した弾性ILB舗装の湿潤時の摩擦係数は向上したが、アスファルト路面の摩擦係数(約0.6)には至っていない。したがって、より安全な舗装材とするためには更なる改良が必要であると考えられる。

3.3 急制動距離試験

弾性ILB 区間において、普通乗用車による車輪ロック時の制動距離を測定した。路面条件はすべり抵抗試験と同様に乾燥および湿潤路面の2種類とし、試験速度は30, 40, 50 km/h の3条件とした。ただし、乾燥路面における試験速度 50 km/h での測定に関しては、ゴムブロックの端部に軽微な損傷が生じたため測定を中止した。図11に試験の状況を示す。

表－4 に急制動距離の測定条件および測定結果をまとめて示す。また図－12に、急制動距離の測定結果を各舗装材で比較して示す。弾性ILB舗装部での制動距離は、乾燥状態ではアスファルト路面よりも小さく良好である。一方、湿潤状態では、従来材に比較して若干向上しているものの、アスファルト路面と比較すると1～4 m 程度制動距離が大きくなっており、その差は試験速度が大きいほど顕著である。

4. まとめ

弾性ILB舗装の湿潤時におけるすべり抵抗の改善を目的に、ゴムブロックの空隙率および摩擦ブロックの表面粗度に関して検討および改良を行った。これらの改善策の効果を確認するために、実際に改良したブロックを敷設し、すべり試験車によるすべり抵抗試験および普通乗用車による急制動試験等を行った。以下に得られた主な結果を示す。

- 1) 改良した舗装材の湿潤路面におけるすべり摩擦係数は約0.46であり、従来材(0.34)に比較して0.1程度摩擦係数が向上したが、アスファルト路面(約0.6)と比較すると0.15程度低い。
- 2) 改良した舗装材の摩擦係数が向上したことにより、ゴムブロックの空隙率増加および摩擦ブロックの粗面化の効果が確認された。
- 3) 本弾性舗装材の湿潤時の制動距離は改良により向上したが、アスファルト路面と比較すると1～4 m 程度大きく、その差は試験速度が大きいほど顕著である。
- 4) ゴムブロックの空隙率を10%から20%に増加したことにより、耐久性が減少した。

参考文献

- 1) 岩本, 小野, 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), pp166-171, 1999.
- 2) 小枝, 池田, 三田村, 小野: 凍結路面対策用ゴム弾性舗装材の開発, 土木学会北海道支部論文報告集, 第57号(A), pp144-148, 2001.
- 3) 小枝, 池田, 三田村, 小野: 移動載荷試験によるインターロッキングブロック舗装の耐久性評価, 第56回年次学術講演会概要集, 論文番号 V-002

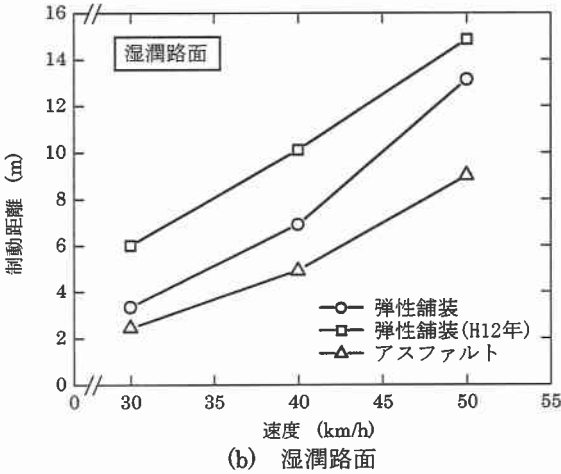
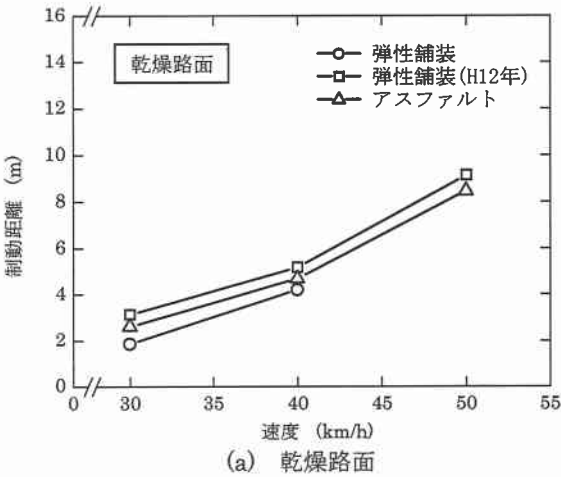
表－4 制動距離測定結果

測定路面	路面条件	路面温度	速度 (km/h)	制動距離 (m)					平均値 (m)
ゴム弾性舗装	乾燥	気温 23℃	30	1.8	1.9	1.7	1.9	2.0	1.9
		ゴム部 35℃	40	3.6	4.5	4.3	3.5	5.1	4.2
		コンクリート部 28℃	50	実施せず					
	湿潤	気温 23℃	30	3.1	3.3	3.3	3.9	3.1	3.3
		ゴム部 32℃	40	6.6	7.8	7.3	6.0	6.8	6.9
		コンクリート部 30℃	50	13.9	13.0	11.2	12.6	15.0	13.1

<試験車主要諸元>
車種名: 三菱リベロ (E-CD5W)
車両総重量: 1230kg
駆動方式: 4WD-AT車
ブレーキング方式: 前輪 (ベンチレーテッドディスク), 後輪 (リーディングトレーリング)
タイヤ: 夏タイヤ 185/70R14 走行距離 120km
タイヤ空気圧: 2.0kgf/cm²
タイヤ溝深さ: 8.0mm



図－11 急制動距離試験の状況



図－12 急制動距離と速度の関係