

タイヤ／路面転がり抵抗と舗装の路面性状に関する検討

(独) 土木研究所 正会員 ○川上 篤史, 正会員 寺田 剛, 正会員 久保 和幸
(株) NIPPO 正会員 石垣 勉

1. はじめに

低炭素社会の実現に寄与する舗装技術（低炭素舗装技術）として、加熱アスファルト混合物の製造温度低下技術、リサイクル技術、長寿命化技術等が挙げられている¹⁾。しかし、近年、新たな低炭素舗装技術として、タイヤ／路面転がり抵抗を小さくすることによって自動車の燃費を改善し、CO₂ 排出量を少なくする舗装技術（低燃費舗装技術）が考えられている。この低燃費舗装は、既往研究²⁾においてコンクリート舗装は剛性が高いことから転がり抵抗が小さいと報告されているが、路面性状との関係は明確になっていないのが現状である。そこで、タイヤ／路面転がり抵抗と舗装の路面性状の関係を明らかにするため、各種舗装上で惰性走行試験を行うことによって転がり抵抗係数を求め、各種舗装の路面性状測定値との関係について検討したので報告する。なお、本検討は(独) 土木研究所と(株)NIPPO の共同研究「低炭素舗装技術の高度化に関する研究」に関連して実施したものである。

表-1 試験工区の概要

No.	工区名称	舗装種別	最大粒径 (mm)	測定延長 (m)	場所
1	CON	連続鉄筋コンクリート舗装	20	60	西直線路
2	密粒①13	密粒度アスファルト舗装	13	50	東直線路
3	密粒②13	密粒度アスファルト舗装	13	60	西直線路
4	排水①13	排水性舗装	13	60	西直線路
5	排水②5	排水性舗装	5	60	西直線路
6	排水③5	排水性舗装	5	60	西直線路
7	粗SMA①13	粗面SMA舗装	13	60	西直線路
8	粗SMA②5	粗面SMA舗装	5	60	西直線路
9	排水④20-13	排水性舗装	20-13	60	西直線路
10	排水⑤10-5	排水性舗装	10-5	50	西直線路
11	密粒③13	密粒度アスファルト舗装	13	60	東直線路
12	密粒④13	密粒度アスファルト舗装	13	60	東直線路
13	密粒度⑤13	密粒度アスファルト舗装	13	50	外周路
14	密粒度⑥13	密粒度アスファルト舗装	13	60	外周路
15	密粒度⑦13	密粒度アスファルト舗装	13	60	外周路

2. 検討方法

2.1 試験対象とした舗装路面

試験に用いた舗装路面は、国土技術政策総合研究所構内の表-1 に示す 15 工区を対象とした。No. 1～12 工区は試験走路内の直線部で、西直線路はコンポジット舗装構成、東直線路は水砕スラグ路盤である。縦断勾配は-0.03～0.05%の範囲にありほぼ同等である。No. 13～15 工区は外周路であり、No. 13 は OWP 部分が埋戻しされた状態、No. 14, 15 は上下線で隣接するひび割れが発生している。

2.2 各工区の路面性状

各工区の路面性状は、すべり抵抗（動的摩擦係数）、路面プロファイル、路面テクスチャを計測した。表-2 に測定結果を示す。

2.3 タイヤ／路面転がり抵抗測定

舗装路面の転がり抵抗の測定は、過去の研究結果³⁾を基に自動車の惰性走行法とし、JIS D 1015 自動車-惰性試験方法を参考に行った。試験条件を表-3 に示す。普通自動車を用

表-2 各工区の路面性状

No.	工区	すべり抵抗 (DFT)			路面プロファイル		路面テクスチャ(mm)			
		20 km/h	40 km/h	60 km/h	平たん性 σ (mm)	IRI (mm/m)	MPD ※1	SMTD ※2	MPD ※3	SMTD ※3
1	CON	0.68	0.66	0.64	0.99	1.67	0.4	0.23	0.9	0.92
2	密粒①13	0.69	0.65	0.61	2.69	3.41	1.16	0.59	1.45	2.18
3	密粒②13	0.77	0.73	0.68	0.7	1.41	0.58	0.28	0.85	0.78
4	排水①13	0.5	0.47	0.45	1.03	2.45	1.59	0.83	1.96	1.69
5	排水②5	0.61	0.57	0.54	1.57	1.81	0.89	0.45	1.25	1.46
6	排水③5	0.57	0.54	0.53	1.08	2.32	0.88	0.44	1.21	1.27
7	粗SMA①13	0.6	0.52	0.46	1.33	1.79	1.05	0.66	1.61	1.8
8	粗SMA②5	0.68	0.6	0.55	1.23	1.77	0.57	0.34	0.98	1.23
9	排水④20-13	0.59	0.58	0.58	1.65	2.34	2.41	1.14	2.91	2.42
10	排水⑤10-5	0.49	0.47	0.44	1	1.62	1.33	0.77	1.79	1.51
11	密粒③13	0.72	0.67	0.65	3.4	4.79	1.32	0.64	1.59	2.5
12	密粒④13	0.83	0.79	0.74	1.04	1.59	0.33	0.23	0.59	0.88
13	密粒度⑤13 ※4	0.64	0.61	0.59	4.48	5.96	0.47	0.33	0.87	3.54
		0.69	0.75	0.68	2.14	2.74	0.78	0.5	1.02	1.9
		0.65	0.66	0.62	3.31	4.35	0.57	0.42	0.95	2.72
14	密粒度⑥13	0.71	0.67	0.65	2.47	3.97	1.26	0.75	1.56	2.14
15	密粒度⑦13	0.69	0.66	0.61	1.72	2.65	1.59	0.62	1.86	1.97

※1:測定器 CTM, ※2:測定器 MTM, ※3:測定器 MRP2000, ※4:No.13工区は、OWPが埋め戻された箇所
で路面性状が異なるため、上段にOWP、中段にIWP、下段に平均値を記載

いて測定工区に指定速度で惰性走行を行い、経過時間および走行速度の変化を速度計により記録した。測定点での車速を変えた場合の時間を基に、減速度、試験速度および走行抵抗を算出した。最小二乗法により空気抵抗及び転がり抵抗に分け、式(1)により転がり抵抗を試験時車両重量で除算して転がり抵抗係数を求めた^{4), 5), 6)}。なお、この惰性走行試験による転がり抵抗係数の算出は速度に依存しない方法となる。

$$\mu r = (R - \mu aAV^2) / W \tag{1}$$

ここで、 μr ：転がり抵抗係数
 R ：走行抵抗[N]，
 μa ：空気抵抗係数[(km/h)²/Pa]
 A ：車両前面投影面積[m²]，
 V ：試験速度 [km/h]
 W ：試験時車両重量 [N]

3. 研究結果

各工区の転がり抵抗係数について、平均を 100 として小さい順に並び替えた結果を図-1、路面性状調査項目との相関を表-4 に示す。転がり抵抗係数は、路面テクスチャ（SMTD）と相関が高い（R=0.86）ことが確認され、PIARC によるプロファイルの分類にも一致する。一方、図から最大粒径が小さくなるほど転がり抵抗係数が小さくなる傾向にある。これは、骨材の最大粒径が同じ舗装であっても、路面のキメ深さや凹凸量が密粒度混合物系と開粒度混合物系、施工後の経過年数等によって異なるため、相関が高くなかったものと推察される。そこで、開粒度系（排水性、粗面 SMA 舗装）に限定して最大粒径と転がり抵抗の関係を整理した結果、図-2 に示すとおり高い相関（R=0.92）となった。また、すべり抵抗性は全区を通して転がり抵抗と関係性はなかった。

4. まとめ

本試算の結果、タイヤ／路面転がり抵抗は、①路面テクスチャと高い相関がある、②排水性および粗面 SMA に限定した場合は最大粒径と高い相関がある、③すべり抵抗性とは関連がないことが分かった。今後の低燃費舗装の方向性として、近年の排水機能の必要性を考えると、路面テクスチャが緻密でネガティブテクスチャを持った開粒度系の舗装の技術開発が望まれると考えられる。今後の課題として、タイヤ／転がり抵抗に影響を与える路面性状特性の更なる詳細な分析、転がり抵抗係数と実際の自動車の走行による燃費との関係について検討が必要と思われる。

参考文献

1) 日本道路協会：環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック，2009.6 2) G. W. Taylor, et al.：Effect of Pavement Structure on Vehicle Fuel Consumption - Phase III, National Research Council Canada, Canada, 2006 3) 渡邊一弘，井谷雅司，久保和幸：路面のきめと転がり抵抗に関する一考察，土木学会年次学術講演会，pp. 821-822，2011 4) 日本規格協会：JIS D 1015 自動車－惰行試験方法，1993 5) 日本規格協会：JIS D 1012 自動車－燃料消費率試験方法，2005 6) 山海堂：自動車の走行性能と試験法，2002. 3

表-3 惰性走行試験条件

試験条件	設定内容
工区延長	60m(一部工区50m)
測定点車速	20、40、60km/h
使用タイヤ	ブリヂストン SNEAKER SNK2 225/60R16
タイヤ空気圧	220kPa
測定回数	測定点車速1点につき10回程度
速度のサンプリング	精度:0.01km/h. 0.2秒間隔

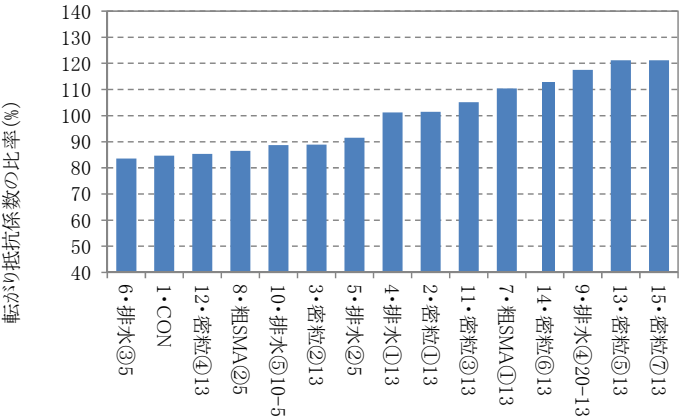


図-1 各工区の転がり抵抗係数の比率

表-4 路面性状調査項目との相関

路面性状の項目		相関係数
最大粒径(mm)		0.40
すべり抵抗(DFT)	20km/h	-0.05
	40km/h	0.00
	60km/h	0.02
路面プロファイル	平たん性σ(mm)	0.62
	IRI(mm/m)	0.61
路面テクスチャ(mm)	MPD※3	0.56
	SMTD※3	0.86

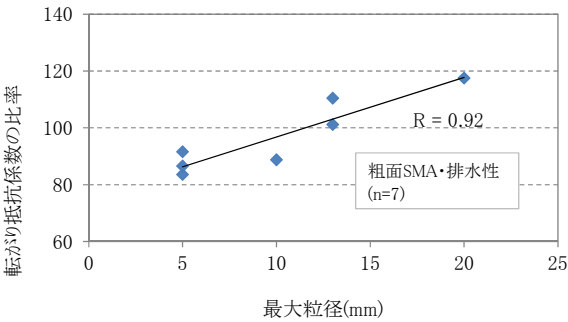


図-2 粗面 SMA・排水性舗装の最大粒径との比較