

安全性を追求した舗装材料の検討

—排水性舗装の耐久性向上—

平成14年10月

前田道路株式会社

1. はじめに

富士スピードウェイの全面リニューアル計画では、サーキットコースの一層ハイレベルな安全性の追求が求められている。

近年、わが国の道路整備においては、雨天時の自動車交通の安全性を確保すべく、道路公団を中心に排水性舗装が施工されている。その施工実績は、1987～1996で1,200万㎡であり、それ以後は施工量が多く集計不可能と報告されている。(舗装,pp.26～32(2001.11))しかし、排水性舗装の骨材飛散などの耐久性に対する懸念などから、排水性舗装はサーキットコースにおいてほとんど施工されていない。

そこで当社は、排水性舗装の耐久性について検討を行い、雨天時の走行安全性を追求したサーキットコース用の舗装材料を提案させていただきます。

2. 検討概要

2-1 使用材料

①骨材

使用骨材は、富士管内において排水性で国土交通省および日本道路公団に使用実績のある富士郡芝川町産の安山岩とする。

②アスファルト

- ・エポキシアスファルト(商品名:エポアスマン)
- ・高耐久高粘度改質アスファルト
- ・改質Ⅱ型アスファルト(密粒度アスファルト混合物)

③混合物

- ・排水性アスファルト混合物(13)、空隙率:15%
- ・排水性アスファルト混合物(13)、空隙率:18%
- ・排水性アスファルト混合物(13)、空隙率:20%
- ・密粒度アスファルト混合物(13)、75回突固め

2-2 評価方法

排水性アスファルト混合物(以下、排水性)の骨材飛散に対する評価試験およびサーキットコースへの適用基準は、いずれもまだ確立されていない。このため、耐久性の確認は、①据切り試験、②回転ラベリング試験③発進(摩耗)試験における、改質Ⅱ型アスファルト使用の密粒度アスファルト混合物(以下、密粒)との相対比較とした。密粒は、一般的に施工されているサーキットコース用舗装材料である。

①据え切り試験

据え切り試験は弊社独自の試験方法であり、図-1に据え切り試験機の概要を示す。タイヤによる供試体への据え切り動作は、モータにより供試体テーブルを「中央→左 45 度→中央→右 45 度→中央」の動作で回転させることにより行う。ここで、タイヤに加わる荷重は、空気調整バルブにて変えることが可能であり、実際に供試体に加わる荷重を制御装置のディスプレイにて見ることが可能である。

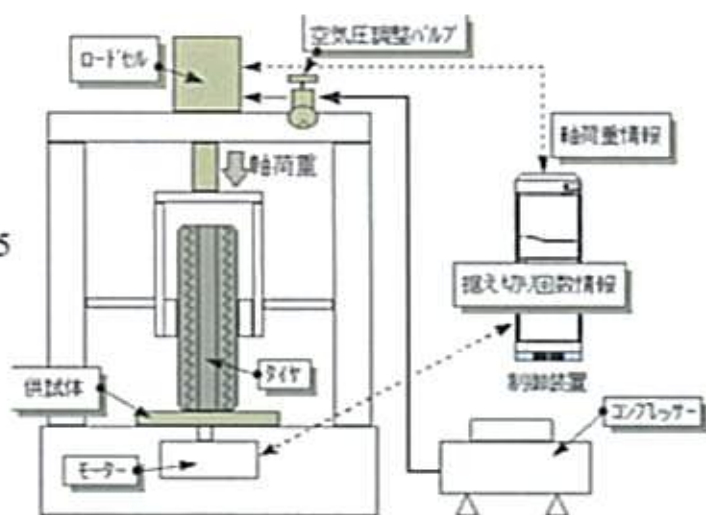


図-1 据え切り試験機概要

②回転ラベリング試験

舗装試験法便覧のラベリング試験方法（回転スパイクタイヤ型）は供試体のスパイクタイヤによる摩耗量を測定する試験であるが、今回はタイヤをスポーツタイプのラジアルタイヤに交換し回転走行時のタイヤ歪みによる摩耗量を測定する。

③発進（摩耗）試験

発進試験は、(財)日本自動車研究所が所有する路上タイヤ特性試験車を用い、タイヤを急発進させたときの摩擦熱および駆動・制動トルクによる路面の摩耗と摩擦係数を測定するものである。路上タイヤ特性試験車の外観を写真-1に示す。



写真-1 路上タイヤ特性試験車

2-3 検討手順

①事前調査

据切り試験（試験温度：60℃）によって、排水性と密粒の相対比較できる据切り回数および排水性の使用アスファルトをエポキシアスファルトと高耐久高粘度改質アスファルトから選定する。

②評価試験

F1サーキットコースの供用状況を踏まえた試験条件で、上記①、②、③の評価試験を行い、密粒と同等以上の耐久性を有する排水性の検討を行う。

3. 事前調査

3-1 据切り試験

据切り試験の試験条件および試験結果を表-1および図-2に示す。

表-1 据切り試験条件

バインダ種類	混合物種類	据切り回数	
		5回	10回
エポキシアスファルト	排水性：空隙15%	○	○
	排水性：空隙20%	—	○
高耐久高粘度改質アスファルト	排水性：空隙15%	—	○
	排水性：空隙20%	—	○
改質Ⅱ型アスファルト	密粒 75回突固め	○	○

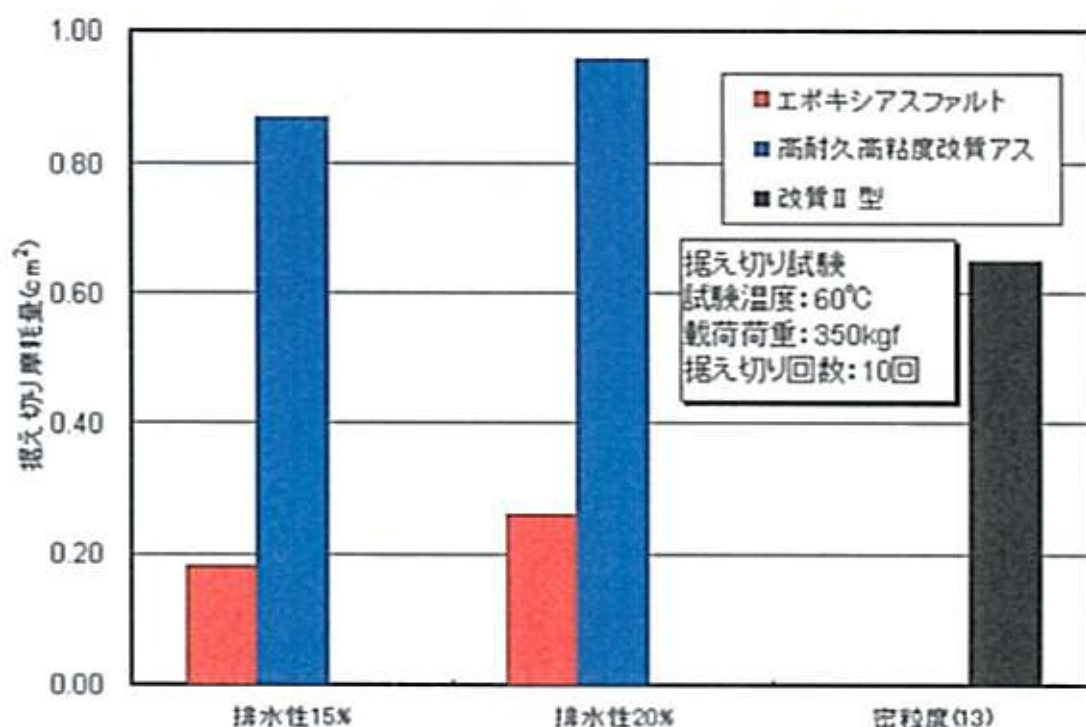


図-2 据切り試験結果

3-2 まとめ

- ①排水性の使用アスファルトは、改質Ⅱ型アスファルト使用の密粒を基準にした場合、通常の排水性で使われている高粘度改質アスファルトに比べ高品質の高耐久高粘度改質アスファルトよりも据切り摩耗量の小さいエポキシアスファルトが妥当と考える。
- ②据切り試験において、据切り回数が5回では排水性と密粒の差が明確とならないことから、据え切り回数は10回に設定する。

4. 評価試験

4-1 混合物の種類

- ①排水性（エポキシアスファルト）、空隙率：15 %
- ②排水性（エポキシアスファルト）、空隙率：18 %
- ③排水性（エポキシアスファルト）、空隙率：20 %
- ④密 粒（改質Ⅱ型アスファルト）、75 回突固め

4-2 試験条件

温度条件は、夏期の路面およびタイヤ温度を考慮して、室温：60℃、路面温度：80℃を目標とした。

①据切り試験

試験条件を表－2に示す。ここで、試験を実施する前に供試体中央部にライトを20分間照射させ、供試体中央部の表面温度が80℃以上となるようにした。写真－2、3に試験状況を示す。

表－2 据切り試験条件

項 目	試 験 条 件
供 試 体	ホイールトラッキング供試体
タイヤの種類	ブリジストン製 SF-248(65,R13)
タイヤの空気圧	0.20 Mpa
恒温槽内温度	60℃
供試体表面温度	80℃以上
軸 荷 重	350 kgf(3.43 kN)
据切り試験回数	10 回

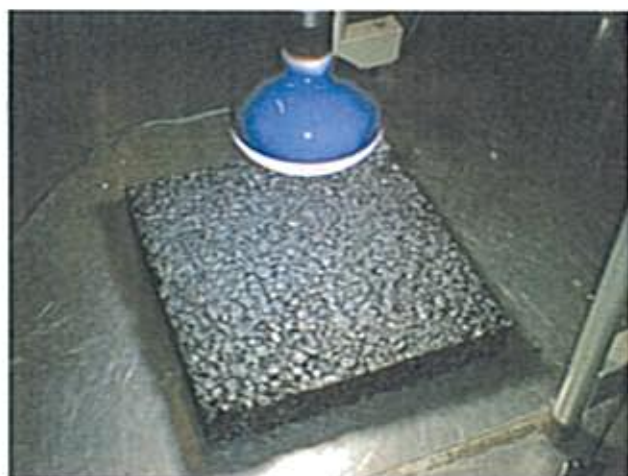


写真-2 ライト照射



写真-3 据切り試験状況

据切り試験結果を図-3に示す。

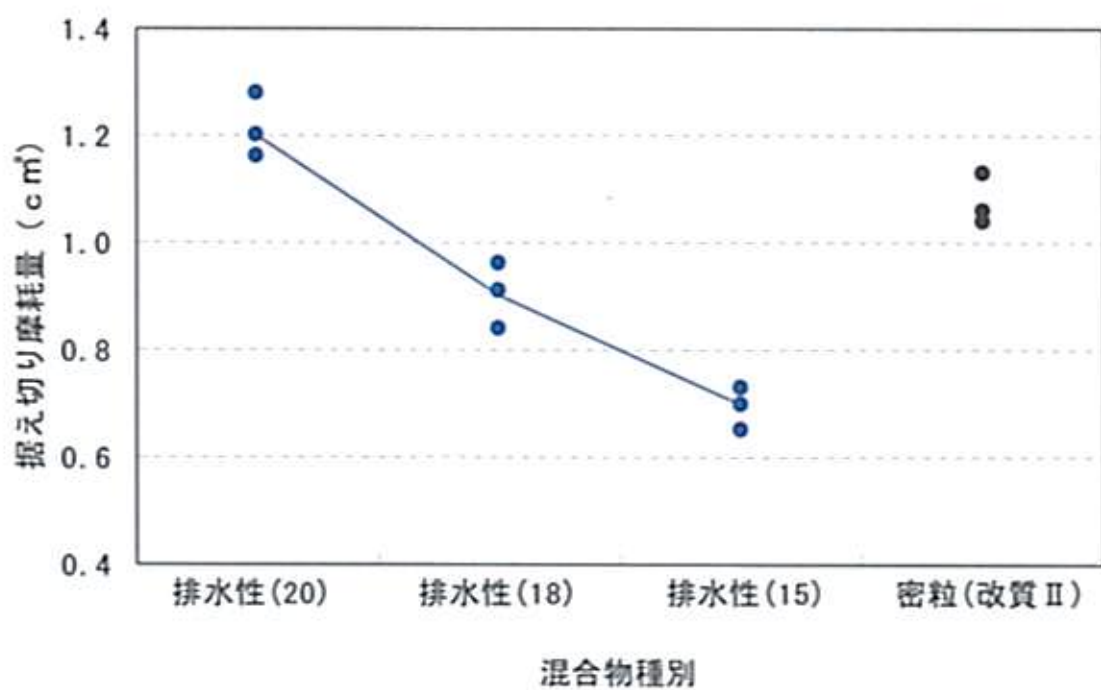


図-3 据切り試験結果

②回転ラベリング試験

試験条件を表-3に、試験状況を写真-4に示す。ここで、試験温度の設定は、室温を60℃に設定し、タイヤの前後にライトを照射し、タイヤ温度を80℃以上、路面温度を80℃程度となるようにした。

表-3 回転ラベリング試験条件

項 目	試 験 条 件
供 試 体	スパイクラベリング供試体
(寸 法)	(長辺:300,短辺:210,幅:300,厚:500mm)
タイヤの種類	ブリジストン製 PSR-05073 (50,VR13)
タイヤの空気圧	0.20 Mpa
回 転 半 径	500 mm
試 験 時 間	60 min
供試体回転速度	52 rpm/min
タイヤ回転速度	93 rpm/min
軸 荷 重	4.5 KN



写真-4 回転ラベリング試験状況

回転ラベリング試験結果を図-4に示す。

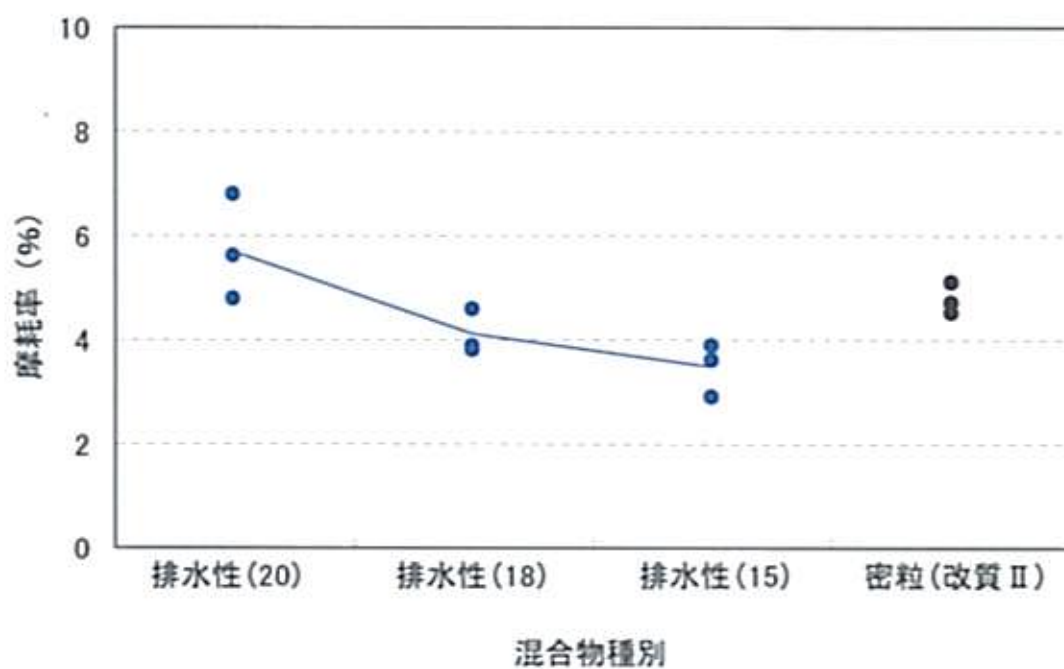


図-4 回転ラベリング試験結果

③発進（摩耗）試験

測定は、試験車を停止状態で以下の手順で実施した。

- 1) 試験タイヤを所定の空気圧に設定し、測定路面に所定の試験荷重で設置する。
- 2) 接地後、試験タイヤを徐々に回転させ、このときタイヤ軸に発生する駆動トルクおよび輪荷重、タイヤ回転数を測定する。
- 3) 駆動トルクをタイヤ半径で除して前後力とし、更に実荷重で除して摩擦係数とする。
- 4) これらの結果から、タイヤと試験路面の摩擦係数とタイヤ回転数の関係を求める。

試験条件を表－4に、試験状況およびタイヤの外観を写真－5および6に示す。

表－4 発進試験条件

項 目	試 験 条 件
供 試 体 形 状	500 × 500 × 50 mm
タイヤ の 種 類	POTENZA RE540S
〃 サ イ ズ	265/35ZR18
リ ム サ イ ズ	18 × 9.5JJ
空 気 圧	200 kPa
軸 荷 重	250 kg
タイヤ回転数	0 ～ 300、450 rpm



写真-5 発進摩耗試験状況



写真-6 使用タイヤ

発進摩耗試験結果を表-5および図-5に示す。また、タイヤ回転数と摩擦係数の関係は図-6に示すとおりである。

表-5 発進摩耗試験結果

試体 No.	混合物種類	アスファルト種類	発進条件	路面温度 (°C)	タイヤ温度 (°C)	供試体重量(g)			摩耗率 (%)
						試験前	試験後	摩耗量	
①	改質密粒アスコン	改質Ⅱ型As	0~300回転			29.702	29.662	40	0.135
②			0~450回転	100.0	96.0	29.762	29.713	49	0.165
③			0~300回転	88.0	77.4	29.755	29.725	30	0.101
④			0~450回転	84.0	102.7	29.709	29.648	61	0.205
平均			0~300回転					35.0	0.118
平均			0~450回転					55.0	0.185
①	排水性舗装(15%)	Ⅰ型キシAs	0~300回転	83.1	74.2	26.538	26.530	8	0.030
②			0~450回転	97.4	110.8	26.623	26.613	10	0.038
③			0~300回転	99.6	89.2	26.620	26.615	5	0.019
④			0~450回転	121.1	123.8	26.622	26.610	12	0.045
平均			0~300回転					6.5	0.024
平均			0~450回転					11.0	0.041
①	排水性舗装(18%)	Ⅰ型キシAs	0~300回転	82.9	86.3	25.515	25.510	5	0.020
②			0~450回転	144.0	124.0	25.674	25.642	32	0.125
③			0~300回転	99.2	106.3	25.656	25.656	0	0.000
④			0~450回転	127.8	117.0	25.758	25.745	13	0.050
平均			0~300回転					2.50	0.010
平均			0~450回転					22.5	0.088
①	排水性舗装(20%)	Ⅰ型キシAs	0~300回転	88.6	87.7	25.149	25.145	4	0.016
②			0~450回転	157.4	128.7	25.168	25.162	6	0.024
③			0~450回転	132.0	131.4	25.256	25.239	17	0.067
④			0~300回転	137.0	103.7	25.065	25.058	7	0.028
平均			0~300回転					5.5	0.022
平均			0~450回転					11.5	0.046

摩耗率(%)

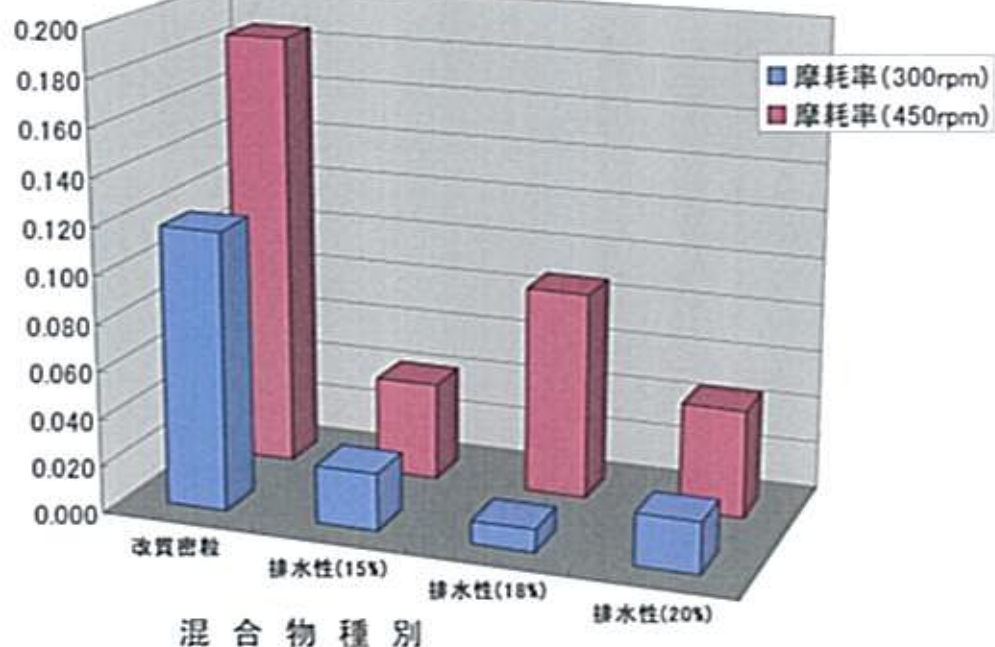


図-5 発進摩耗試験結果

試験の種類：発進
 タイヤ：POTENZA RE540S(モータースポーツ用)
 サイズ：265/35ZR18
 リム：18×9.5JJ
 内圧：200 kPa
 荷重：250 kgf
 タイヤ試験回転数：450 rpm まで

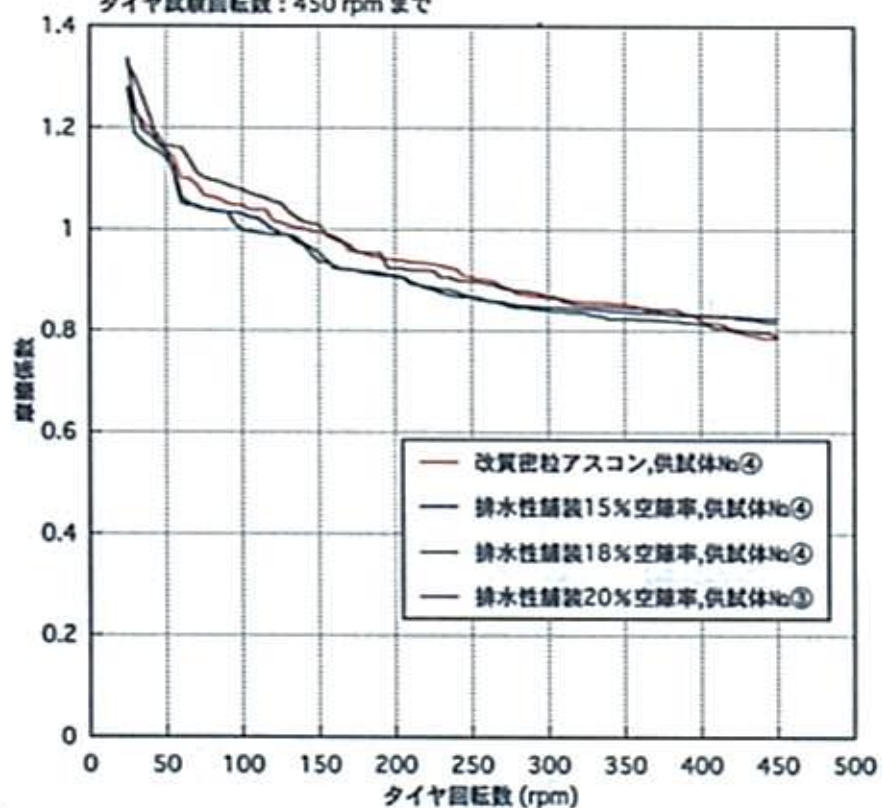


図-6 タイヤ回転数と摩擦係数の関係 (供試体の比較)

6. まとめ

排水性舗装の耐久性の検討において、据切り試験、回転ラベリング試験および発進試験結果から、密粒と同等以上の摩耗（骨材飛散）抵抗性を有する混合物は、エポキシアスファルト使用の排水性であった。

以下、サーキットコース用の排水性について考察する。

6-1 耐熱性

F1マシンのタイヤが白煙をあげるスタート時の路面温度は、かなりの高温が予想される。エポキシアスファルトは、現在市販されているアスファルトにおいて最も高い軟化点を有しており（下表参照）、発進試験においても、路面温度が150℃程度まで上昇しても摩擦熱による影響をほとんど受けなかった。

これらのことから、エポキシアスファルトはサーキットコース用のアスファルトとして最適と考える。

アスファルト種別	軟化点 (℃)
改質Ⅱ型アスファルト	60
高耐久高粘度改質アスファルト	90
エポキシアスファルト (エポアスマン)	140 以上

6-2 排水性

耐久性試験結果から、排水性の空隙率は18%以下であれば密粒と同等以上の摩耗抵抗性を有することが確認された。しかし、空隙率と透水係数には相関関係があることから、雨天時の走行安全性と摩耗抵抗性の両方を考慮した空隙率の設定が必要である。右図に、空隙率と透水係数の関係を示す。透水性を確保するためには、透水係数で 10^{-2} オーダーが必要であり、最大粒径13mmでは空隙率は12%以上が必要である。これらのことから、排水性の空隙率は15%を確保すれば、十分な排水機能と耐久性を有すると考える。

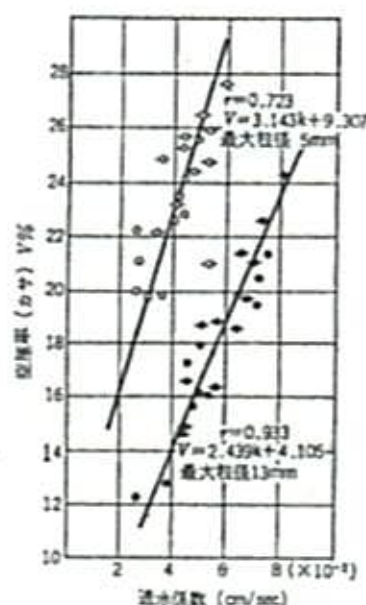


図-5 空隙率と透水係数の関係
(透水性舗装ハンドブックより引用)

6-3 すべり抵抗性

発進試験結果から、排水性の摩擦係数は乾燥路面で0.8以上と密粒と同等のすべり抵抗性を有している。また、雨天時には、密粒は路面に水膜を形成するため、すべり抵抗性が低下することが予想される。一方、排水性は排水機能を有していることから水膜を形成しづらく、すべり抵抗性の低下は密粒に比べ少ないと考える。

6-4 油漏れによる破損

「低騒音舗装のポットホール破損の実態と原因」(舗装 37 - 3 (2002 年))によれば、低騒音舗装(排水性舗装)の早期に発生する代表的な破損は、油漏れによるブリージングと骨材飛散である。面状ブリージングの発生要因は、自動車の排気とともに油分が滴下する→油分が表面から内部へ浸透し、舗装体内に滞在し、舗装内部からアスファルトをカットバックする→カットバックされ軟化したアスファルトが交通荷重、降雨、気温等の促進要因により舗装表面へと上がっていく→これによりブリージングが生じる→この後ポットホールへと進行すると考えられている。

このポットホールの実態調査において、エポキシアスファルト使用の排水性施工箇所(5箇所)ではブリージングの発生はないと報告されており、サーキットコースにおいても油漏れによる舗装の破損対策としてのエポキシアスファルトの使用は妥当と考える。