

多孔質弾性舗装の開発に関する
共同研究報告書

平成12年1月

建設省土木研究所	(財)土木研究センター
アサヒゴム(株)	東洋ゴム工業(株)
オカモト(株)	日東化工(株)
オーツタイヤ(株)	バンドー化学(株)
住友ゴム工業(株)	藤本産業(株)
(株)ディスカバリー	(株)ブリヂストン
東海ゴム工業(株)	横浜ゴム(株)

Copyright © 1999 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

多孔質弾性舗装の開発に関する 共同研究報告書

建設省土木研究所	オーツタイヤ(株)
交通環境研究室	住友ゴム工業(株)
舗装研究室	(株)ディスカバリー
道路研究室	東海ゴム工業(株)
交通安全研究室	東洋ゴム工業(株)
化学研究室	日東化工(株)
(財)土木研究センター	バンドー化学(株)
アサヒゴム(株)	藤本産業(株)
オカモト(株)	(株)ブリヂストン
	横浜ゴム(株)

要旨

廃タイヤのゴムチップをウレタン樹脂で固めた多孔質弾性舗装は、大きな騒音低減効果があるため、低騒音舗装として早期実用化を目指して、研究開発を行ってきた。しかし、多孔質弾性舗装はゴムを主材料としているため、通常の舗装材料と異なる性能の評価方法と、車道に適用するため安全性、耐久性を格段に向上させる必要があった。そこで、土木研究所とゴム材料に関する知識を持つゴム・タイヤメーカー 12 社が共同研究を行った。この中で室内試験による多孔質弾性舗装の性能の評価試験方法を提案するとともに、開発された多孔質弾性舗装が密粒舗装とほぼ同等の湿潤時すべり摩擦抵抗性や、高い耐久性をもつことを提案された試験方法により確認した。

キーワード：多孔質弾性舗装、低騒音舗装、ゴムチップ、湿潤時すべり摩擦係数、性能評価試験

目次

第1章	はじめに	1
第2章	技術用語	3
2.1	適用範囲	3
2.2	分類、用語及び意味	3
2.2.1	構造・設計	3
2.2.2	材料	4
2.2.3	特性・試験	5
2.2.4	施工	6
第3章	低騒音舗装概念の整理	8
3.1	舗装材における必要特性と問題点	8
3.2	PERSの基本構造	10
3.3	PERS材料の特性	11
3.3.1	ゴム材料	11
3.3.2	バインダー	11
3.3.3	添加剤	12
3.4	多孔質弾性舗装の騒音低減効果	13
3.4.1	騒音発生要因と騒音低減メカニズム	13
3.4.2	排水性舗装	14
3.4.3	多孔質弾性舗装の騒音低減メカニズムと性能向上	15
3.5	すべり抵抗性	17
3.5.1	摩擦係数低下メカニズムと対策方法	17
3.5.2	舗装材種とPERSの摩擦係数	17
3.5.3	多孔質弾性舗装の問題点（メカニズム） と材料としての考え方	18
3.6	排水機能	19
3.6.1	各種舗装材の排水機能の比較	19
3.6.2	多孔質弾性舗装材の問題点と材料としての考え方	19
3.6.3	多孔質弾性舗装材の保水性	19
3.6.4	排水性、保水性の向上	19
3.7	耐久性	21
3.7.1	各種低騒音舗装の耐久性能	21
3.7.2	PERSの耐久性能	22
3.8	表層と基層の接着	23
3.8.1	接着方法と接着メカニズム	23
3.8.2	PERSの問題点と材料としての考え方	23
3.8.3	表層と基層の接着	23
3.9	その他PERSの必要特性	24

第4章 表層板の製造技術の検討	26
4. 1 型枠成形方法	26
4. 1. 1 配合・計量工程	26
4. 1. 2 混合工程	26
4. 1. 3 型枠仕込み工程	26
4. 1. 4 加圧、加熱工程	27
4. 1. 5 仕上げ・検査工程	27
4. 2 現場施工方法	28
4. 2. 1 検討目的	28
4. 2. 2 配合材料	28
4. 2. 3 施工機械	29
4. 2. 4 施工工程	29
4. 2. 5 品質管理	30
4. 2. 6 結果	31
4. 2. 7 今後の課題	31
第5章 性能確認試験方法	32
5. 1 原材料管理方法	32
5. 1. 1 粒状ゴム	32
5. 1. 2 ひじき状ゴム	32
5. 2 性能試験用供試体の調整方法	35
5. 3 寸法、厚さ測定方法	38
5. 4 多孔質構造管理方法	39
5. 5 基本物性値試験方法	41
5. 5. 1 引張り試験方法	41
5. 5. 2 硬度測定方法	44
5. 5. 3 ヤング率、ポアソン比	46
5. 5. 4 線膨張係数	49
5. 6 吸音率測定試験方法	52
5. 7 すべり抵抗性試験方法	54
5. 8 多孔質弾性舗装の排水性試験方法	57
5. 9 多孔質弾性舗装の保水性試験方法	59
5. 10 耐久性試験方法	60
5. 10. 1 摩耗性試験方法	60
5. 10. 2 湿熱劣化試験方法	64
5. 11 その他試験方法	66
5. 11. 1 耐火性試験方法	66
5. 11. 2 溶出試験方法	67
5. 12 性能試験実施項目と実施機関	68
第6章 試作品の製造報告	69

第7章 試作品の性能試験結果	83
7.1 性能試験結果	83
7.1.1 原料管理試験結果	83
7.1.2 寸法・厚さ測定結果	83
7.1.3 PERSの構造管理（空隙率測定結果）	83
7.1.4 基本物性値試験結果	83
7.1.5 吸音特性試験	83
7.1.6 すべり抵抗性試験	83
7.1.7 排水性試験結果	84
7.1.8 保水性試験	84
7.1.9 耐久性試験結果	84
第8章 おわりに	103

添付資料

1. 検討会議事録	1
2. 湿熱劣化試験に対する考察	28

第1章 はじめに

この報告は平成10年度の共同研究「多孔質弾性舗装材料の開発に関する共同研究」の成果を取りまとめたものである。

大都市の一般道路の沿道には自動車騒音が大きな問題となっている箇所があり、対策が求められている。高速道路のように出入り制限のある道路では遮音壁を用いることができ、かなりの効果を上げているが、一般道路では沿道との出入りの妨げとなるので遮音壁を用いることは難しい。

このような中で、雨の日の交通安全を目的として開発された排水性舗装が騒音低減効果を持つことがわかって注目されている。排水性舗装は車種や走行速度によって一様ではないが施工直後において概ね3dB程度の騒音低減効果がある。

一方、多孔質弾性舗装は排水性舗装の碎石をゴムチップに置き換えたものであり、排水性舗装の騒音低減機能に加えて、路面の弾性によりタイヤから路面に加えられる衝撃を吸収するので、排水性舗装より更に大きな騒音低減効果が得られる。多孔質弾性舗装は車種や走行速度によって一様ではないが概ね10dB程度の騒音低減効果が期待できる。

多孔質弾性舗装の表層にはゴムチップをウレタン樹脂で練り混ぜ、プレス加工した厚さ3cm程度の版を用いる。基層として半たわみ性舗装を用い、接着剤により表層版を基層に固定する。表層版は工場製品であり、研究段階では人力施工の容易な大きさ1m×1mを暫定規格としている。

多孔質弾性舗装について、建設省土木研究所は平成4年(1992年)頃に研究を始めた。研究を始めたときは、タイヤメーカーに表層版の試作を依頼し、研究に用いてきた。吸音率の測定や、試験走路での試験施工箇所を走行する自動車の騒音測定により、卓越した騒音低減効果について明らかになってきた。室内のラベリング試験の結果や舗装走行実験場における試験施工から、耐久性がかなり高いことがわかってきた。平成8年の試験走路における試験施工において表層と基層の接着不良の問題が生じたが、平成9年度の実験により接着剤を一液型のウレタン樹脂から二液型のエポキシ樹脂に変えることにより、接着不良の問題は一応の解決を見ている。

しかし、多孔質弾性舗装は、アスファルト舗装に比べて雨天時における滑り摩擦係数が小さく、制動停止距離が長いことがわかっている。運転手はアスファルト舗装での走行感覚に慣れているので、アスファルト舗装に比べて制動停止距離が長いのは交通安全の観点から望ましくない。一方、土木研究所が用いている多孔質弾性舗装の表層版は空隙率が35～40%程度であるにもかかわらず、排水性舗装に比べて排水性が劣る。また、空隙が小さいためか、一旦吸水すると長時間保水する傾向にある。雨天時の交通安全のためにも排水性は高い方が望ましい。これらの問題を解決するためには、騒音低減効果を出来るだけ低下することなく表層版の材料や製造方法を改良する必要がある。そこでゴム・タイヤメーカーの知識を取り込んで研究するために、公募型の共同研究を実施した。

平成10年5月中旬に記者発表を行った後、5月20日に公募説明会を行い応募を呼びかけ、8月3日に民間のメーカー12社と土木研究所が共同研究の協定を締結して、共同研究を開始した。6回の検討会を開催し、実験方法の統一など必要な事項を取り決め、分担して研究を進めた。土木研究所からは自動車騒音の状況、低騒音舗装としての排水性舗装の技術、土木研究所における多孔質弾性舗装の研究の成果などについて説明

した。民間のメーカーからは歩経路、運動場などでの類似工事の経験、ゴムチップ、ウレタン樹脂などに関する技術や化学的知識などについて説明や意見交換が行われた。雨天時の滑り摩擦係数や排水性の改良や表層版の製造技術については、参加各社が独自に工夫に工夫を行った。

この共同研究においては、試作された多種類の表層版を試験するため、室内試験による評価方法に統一した。簡易なDFテスターを用いた摩擦係数測定結果ではあるが、密粒舗装とほぼ同程度の摩擦係数を有する表層版も試作された。

第2章 技術用語

2. 1 適用範囲

本技術用語は、多孔質弾性舗装材料の開発に関する共同研究において用いる主な用語について規定する。

2. 2 分類、用語及び意味

これを次の通り定める。なお分類としては、構造・設計、材料、特性・試験及び施工に区分する。

2. 2. 1 構造・設計

多孔質弾性舗装 Porous Elastic Road Surface (以下 PERS と略する)

PERSは自動車騒音の低減を主目的とした舗装材である。廃タイヤを細断したゴムチップ（ひじき状又は粒状）をウレタン樹脂などのバインダーで接合した多孔質のプレス圧縮板状製品（表層版）に対して、エポキシ樹脂又はウレタン樹脂で基層に接着して施工される場合、及び、舗装工事現場において、ゴムチップとバインダーを混合し、直ちに転圧施工する場合がある。排水性舗装と対比すると、骨材としての碎石がゴムチップに当たり、骨材をつなぎ合わせている高粘度アスファルトがウレタン樹脂に当たる。車の騒音低減効果は密粒舗装に比べて10dB程度と大きい。

ゴム弾性舗装 elastic road

主として廃タイヤをゴムチップ状に再生し、それをバインダー（主としてウレタン樹脂）と混合し、転圧しながら敷き詰める。ゴムチップ 80%程度。用途：ジョギングコース、ゴルフ場歩経路、テニスコート、遊歩道など。利点は足に優しく、ソフトで安全快適な歩行感覚を有することである。

表層版 surface course

現場施工型に対して、プレス圧縮成型による厚さ 3cm 程度の板状の工場製品として供給される PERS である。通常半たわみ性舗装（基層）に接着剤で固定される。

空隙率 porosity

スポンジ製品、弾性舗装材などの多孔質物質や粉体堆積物の空隙が占める容積比率。空隙構造として、独立空隙と連続空隙に大別される。前者は弾性率の大きい弾性体になるが、後者は空隙部分が連続しているため、柔軟で通気性及び吸水性のある弾性体となる。PERSの騒音低減効果は連続空隙によるものが大であり、空隙率は連続空隙率測定法で求める。

配合 compounding

ゴムチップに所定の種類と量のバインダーや他の配合物を混合する操作。

配合表 recipe

ゴムチップに所定の種類と量のバインダーや他の配合物を加えて目標性能の製品を得るための配合組成表

2. 2. 2 材料

骨材 aggregate

砂利、碎石、砂のような粒状材料で、セメントコンクリートやアスファルト混合物を作るため用いるとき骨材と呼ぶ。本書においては、PERSの材料の内すべり抵抗性を向上させるため添加するプラスチック系、無機質系の材料を骨材とする。

ゴムチップ ground rubber

廃タイヤなど加硫ゴムのゴム分を粉砕して、ひじき状や粒状にしたものを総称してゴムチップといい、PERSの主成分である。ゴムチップの粒子径は、一般的には10mm以下である。

ひじき状ゴム fibrous ground rubber

廃タイヤから更生タイヤを製造するときトレッド部分を繊維状に削り取り、一定の大きさに分級したもの。形状が海藻のひじきに似ていることから、ひじき状ゴムと呼ばれる。一般に長さ10～20mm、直径1～2mm程度の大きさである。

粒状ゴム granular ground rubber

粒状のゴムチップである。一般的性状として、粒状ゴムはひじき状ゴムに比べて、密度は高いが、引張強さ、破断伸びが小さく、反発弾性は低く、透水係数は小さく、すべり抵抗は差がない。

再生ゴム reclaimed rubber

加硫ゴムを再生したもの。再生ゴムの製造は、通常は屑ゴムを原料とする。再生ゴムは、単独で又は原料ゴムと混用して、加工操作と加硫方法とによりゴム製品を製造できる。低価格、混合時間の短縮、加工発熱が少ない、加工時間の短縮、熱可塑性が低い、膨張及び収縮が少ない、加硫速度が速い、加硫戻りが少ない、耐老化性が良好などの利点がある。

粗粒ゴム coarse particle rubber

廃タイヤや廃チューブを粉砕(粗破碎)し、数mmの大きさに砕いた屑ゴム。粗砕ロール機を通った材料をふるいにかけ、通らなかったものは戻される。材料中に混在する鉄片や鉄粉は磁気分離により除去。

細粒ゴム coarse particle rubber

再生ゴムの製造過程で粗砕された屑ゴムを更に細かくした直径1mm以下の粉末状ゴム。

補強材 reinforcing material

ゴムと積層するなど構造的に複合化し製品の物理特性向上のため使用される材料。ポリエステル、アラミド等の合成繊維、スチールやワイヤー等金属材料、カーボンファイバー等の無機材料がある。

バインダー binder

ゴム、ゴムチップ、プラスチック、碎石等の接着又は繊維、粉体等を固めるために用いる物質。複合材料の素材間の結合媒体として重要な役割を果たしている。PERSではウレタン樹脂が用いられる。

湿気硬化型バインダー water cured binder

PERSのバインダーには、一般にポリウレタンプレポリマーが用いられ、架橋材としてゴムチップ表面付着水が使われ、プレス圧縮金型で加熱加圧され、約3cm厚のPERSが型枠形成(硬化)される。プレス加熱硬化後、室温で5日～7日間熟成して架橋反応を完結(常温硬化)させるが、硬化促進

剤の配合により反応を早めたり、物性を改良することができる。

プライマー primer

接着剤や塗料に対する接着性を向上させるために、被着体にあらかじめ塗布する下塗り材。被着体に強固に接着し、接着剤や塗料と被着体の両方に親和性を有する物質を使用。

ポリウレタン系接着剤 polyurethane adhesive

主鎖にウレタン結合を含む高分子材料を基材とした接着剤。二液型、湿気硬化型、溶液型などがあり、プラスチック、ゴム、碎石、木材、金属の接着に適している。

エポキシ樹脂系接着剤 epoxy resin adhesive

分子内にエポキシ基 2 個以上もつ分子量 300~8,000 程度のエポキシ樹脂とアミン又は酸無水物などの硬化剤と反応して三次元構造を形成する接着剤。極めて広い範囲の被着体に良い接着性を示し、電気的性質、機械的性質、耐水性、耐薬品性、寸法安定性に優れる。

添加剤 additive

PERS の性質を改良するため添加する化学物質。例えばトナー等の顔料、ゴムチップ表面の汚れ洗浄用処理剤、硬化促進剤などがある。

2. 2. 3 特性・試験

走行騒音 automobile noise

自動車による道路交通騒音をいい、その発生原因は駆動機関音、空力音、タイヤ路面騒音に大別され、更にタイヤ路面騒音の主要因はエアーパーピング音とタイヤ加振音である。騒音低減策として最大の効果を有するのが、加硫ゴムの弾性を利用した PERS である。

エアーパーピング音 air pumping noise

自動車走行時にタイヤのトレッドパターンと路面の間の空気が連続的に圧縮、解放(膨張)される際に生じる破裂音。エアーパーピング音は、多孔質な舗装の連続空隙に空気が逃げることにより抑制される。

タイヤ加振音 tire tread vibration noise

タイヤが転動するとき路面からタイヤに加わる衝撃力による騒音。PERS では、路面が弾性のあるゴムでできており、多孔質構造のため体積弾性率も低く、タイヤ加振音は抑えられる。

駆動機関音 driving machine noise

自動車のエンジン騒音や吸排気騒音等が路面でも反射して沿道地域へ伝わる伝搬音。PERS の連続空隙に駆動機関音や空力音が一部吸収され、反射音が軽減される。

排水性 drainage properties

舗装路面帯水を防止し、水はね、ハイドロプレーニング等を抑制するため、表層板の排水性を高めた排水性舗装が実用化している。一方、PERS は雨天時のすべり摩擦係数が従来舗装に比べて小さく、そのため制動停止距離が長くなる問題点を抱えている。PERS の排水性改善はすべり摩擦係数向上に重要である。

保水性 water preservation properties

雨天時のPERSは、スポンジのように水を吸収し、さらに保水する働きがある。保水された水は輪荷重によりしみ出してきて、すべり摩擦係数を低下させるため、車道の保水性低減（すなわち、排水性向上）が肝要である。一方では、舗装道路（歩道）における保水性が高い場合、水分の蒸発で道路の温度を下げることができ、夏場の都会のヒートアイランド現象の緩和に役立つことができ注目されている。保水性の高い材料の混合や多孔質化が考えられる。

耐火性 fire resistance

舗装路にガソリン等の可燃物がこぼれ着火した場合の耐延焼性。

CS硬度 CS hardness

PERSの基本物性である硬さをスプリング式硬さ試験機（アスカーCS型）で求めたもの。本硬度計の特徴は、加圧面から突き出た押針の先端形状を直径10mmに大きくすることにより、粗面を持つ試験片表面への先端部の侵入を防ぐことにある。

2. 2. 4 施工

型枠成形 mold forming

架橋用金型中にゴムチップとバインダーの混合物を詰め、加圧加熱し所要の形状に成形すると同時に架橋すること。

現場施工型 field construction type

廃タイヤのゴムチップを、道路舗装工事現場にてバインダーと混合し、直ちに基層上に転圧しながら敷き詰めて仕上げる方式。

混合 mixing, blending

二つ以上の不均質な成分の集合体に適当な操作を加えて均質化すること。ここではゴムチップ、バインダー、添加剤などを混合して均質化する事を指す。

常温粉砕 normal temperature crush

ゴムチップは、再生ゴムや更生タイヤの製造設備あるいはゴムチップ専門の製造設備を使って生産されるが、一般的には常温における機械粉砕が主流であり、常温粉砕という。

低温粉砕 low temperature crush

ゴムチップの製造方法として、液体窒素で冷却してから破砕する冷凍粉砕法も実用化されており、低温粉砕という。この方法は粒子を小さくすることができる（0.1mm程度）特長があるが、コストが高くなる欠点がある。

養生 curing

バインダーの硬化を維持あるいは促進するために、PERS成形体に加える各種の環境的処理のこと。

熟成 maturing

① 配合物を混練りした後、一定の時間放置しておくで直後よりも物性が改良されること。

② 一般に物質を適当な条件下に長時間放置して十分な拡散やゆっくりと化学反応を進行させ、好ま

しい性質、状態に変えること。

可使時間 pot life、 working life

ゴムチップにバインダーを混合したとき、硬化が起こらず作業に適する流動性を保っている時間。すなわち加工に使用し得るまでの時間。

離型剤 releasing agent

プレス圧縮成形などの場合、ゴム成形品が金型内面に付着して取り出せないことがないように、すなわち型離れが良いように金型内面に塗る潤滑剤やロウ類をいう。

第3章 低騒音舗装概念の整理

3. 1 舗装材における必要特性と問題点

近年、我が国が成し遂げてきた経済成長を語る上で自動車の増加というものを忘れてはならないであろう。自動車は主に移動の手段及び生産物の流通手段として利用され国民の生活を非常に豊かなものにした。

自動車の増加が進む一方で、道路の整備も各地で行われてきた。

道路舗装として通常広く用いられているものがアスファルト舗装である。アスファルト舗装は、道路条件・気象条件及び荷重条件などが特別な場合でなければ、ごく一般的な品質のもので十分な耐久性が得られ、安価であることからコストメリットが大きい。

しかし、交通量の増大及び車両の大型化といった交通の量的及び質的变化はアスファルト舗装にわだち掘れなどの破損をもたらし、これらの損傷が車両の走行性に影響を及ぼすとして今まで以上に耐久性のあるアスファルト舗装が求められるようになった。この対策の一つとして、アスファルトにゴム及び熱可塑性エラストマーなどを添加することにより、性状を改質したアスファルトが使用されている。

その他アスファルト舗装には、ハイドロプレーニング現象・水煙の発生および夜間の対向車のヘッドライト反射による幻惑の発現という問題が残されていた。この問題を解決したのが排水性舗装である。

排水性舗装は、空隙率の高い多孔質なアスファルト混合物を主として表層に用いる舗装であり、その下には不透水性の層を舗設することにより、路盤に水が浸透しない構造となっている。排水性舗装の出現により雨の日の交通安全が確保され、施工区内での交通事故が激減し、注目を浴びるようになった。

さらに、雨の日の交通安全を目的として開発された排水性舗装は通常のアスファルト舗装に比べて、自動車騒音を低減することが報告され、低騒音舗装として位置づけられるようになった。

排水性舗装が低騒音舗装として位置づけられるようになった背景には、騒音問題が最も日常生活に関係の深い環境問題として、公害に関する苦情件数のうち最も多くを占めており、道路交通騒音については苦情件数が増加し続けているという現状がある。

道路交通騒音の代表的な訴訟として国道43号訴訟があるが、平成7年の最高裁判決により、沿線における道路交通騒音等による睡眠及び会話等の生活妨害が認定された。

また、国道43号の他にも、環境基準や、要請限度を超えている区間は少なくなく、より一層の低騒音化を図るために新技術の開発と、既存技術高度化のための技術開発を推進することとなった。

排水性舗装の騒音低減効果は、1980年代前半頃からヨーロッパを中心に始められた調査研究により立証された。これらの調査研究によれば、通常の排水性舗装の騒音低減効果が3-5dBであることが報告されている。定量評価によれば騒音低減要因は舗装の吸音効果及びタイヤ音の発生段階での低減¹⁾にある。さらに、排水性舗装に用いる骨材粒径を小さくすることで、1-2dBの騒音低減効果の改善²⁾がみられる。

しかしながら我が国の都市部において、一律に環境基準を遵守しようとすると、10dB以上の騒音低減が必要な個所もある。高速道路のように出入り制限のある道路では遮音壁を用いることができ、かなりの効果を上げているが、一般道路では沿道との出入りの妨げとなるので遮音壁を用いることは難しい。

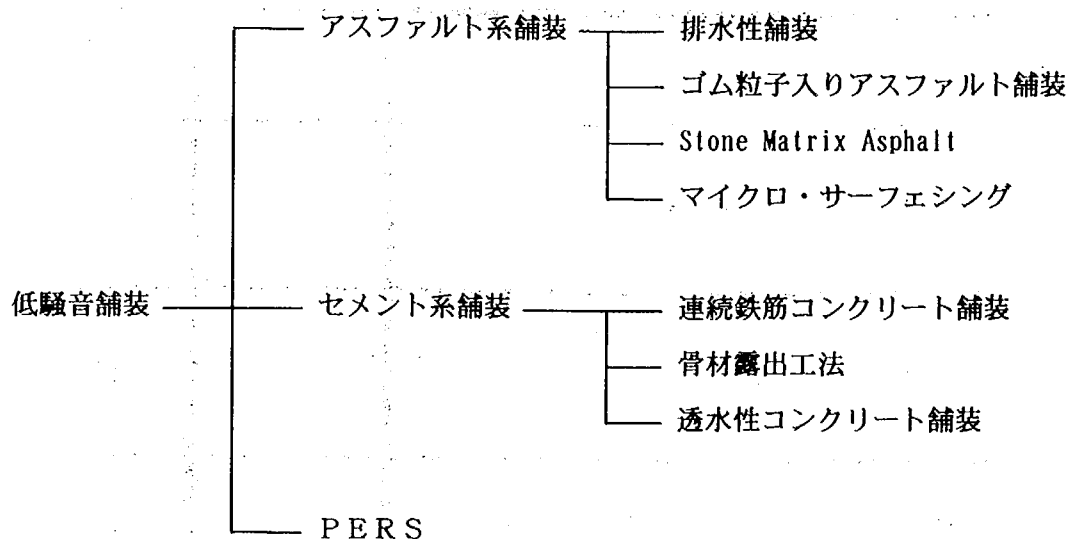
騒音の発生を道路自体の改良により抑制することを考えた場合、排水性舗装では10dB以上の騒音低減効果を得ることはほとんど不可能であり、さらなる騒音低減効果を得るために研究されたのがPERSである。

PERSは排水性舗装の骨材を碎石からゴム小片に、骨材をつなぎ合わせている高粘度アスファルトをウレタン樹脂に置き換えたもので、現場施工方式とは異なり、工場製作の表層版を基層に接着させた構造となっている。その騒音低減量は、走行速度 60km/h では、乗用車に関しては約 13dB という報告³⁾があり、車種による違いはあるが、現状の騒音レベルよりも概ね 10dB 程度の騒音低減効果が期待できる。

PERSが騒音を低減する機構は、「路面が平滑なこと」・「空気を逃がすこと」・「路面に弾力があること」及び「音を吸収すること」の4つに分類される。

自動車は路面を走行している状況を考えると、「路面が平滑」であれば、接地摩擦音及び路面の凹凸による加振音等の発生が抑制され、タイヤと路面の間の「空気を逃がす」ことにより、主としてトレッドパターンエアポンピング音が低減され、「路面に弾力」があれば、走行による衝撃を吸収することにより、路面の凹凸による加振音が低減され、路面に「音を吸収」させることにより、主として駆動機関音が低減される。

低騒音舗装にはその他実用化されているもの・試験的に施工されているもの及び研究中的のものなど様々な種類があるが、その分類を排水性舗装及びPERSを含めて図—3.1 に示す。現在のところPERSより騒音低減効果の大きい低騒音舗装は報告例がない。



図—3.1 低騒音舗装の分類⁴⁾

PERSは騒音低減効果において大きな利点はあるが、残された課題もある。表層版と基層との剥がれの改善及び雨天時の車の制動停止距離の改善などが挙げられ、この後の節で改善内容について報告する。

参考文献

- 1) 明嵐政司, 中柴二三夫, 長谷部正基: 排水性舗装の騒音低減要因に関する研究, 交通工学, Vol. 29, pp31~40, (1994)
- 2) 明嵐政司, 中柴二三夫, 長谷部正基: 排水性舗装の騒音低減効果の改善に関する研究, 交通工学, Vol. 30, No. 5, pp23~32, (1995)
- 3) 明嵐政司, 藤原敏彰, 長谷部正基: 多孔質弾性舗装の騒音低減特性について, 交通工学, Vol. 30, No. 6, pp21~27, (1995)
- 4) 低騒音舗装研究会: 低騒音舗装の概設・設計・積算・施工・検査、(財)建設物価調査会

3. 2 PERSの基本構造

PERSの主要な材料はゴムチップとそれを結合するバインダーとからなり、縦横1m厚さ3cm程度の多孔質のマット（工場製作型の場合）で路面に弾力があるのが特徴である。また、PERSは空隙率が約40%あるため、排水機能や吸音機能も持っている。これを、基層に接着して使用する。

ゴムチップは主として廃タイヤをリサイクルしたもので、その形状によってひじき状ゴムと粒状ゴムとに分けられる。ひじき状ゴムは太さ1~2mm程度、長さ1~2cm程度の細長い形状である。粒状ゴムは普通の碎石と同じ様に角張っており、縦横の長さは概ね同じで直径1~5mm程度である。

バインダーはすでに実用化されている技術であるゴルフ場などの歩道舗装と同じウレタン樹脂を使用している。

その他の添加材としてPERSに各種の無機物や有機物などを少量添加する場合もある。

PERSの舗装構成を図-3.2に示す。表層にはゴムチップをバインダーで練り混ぜ、プレス加工した厚さ3cm程度の版を用いる。基層として5cm程度の半たわみ性舗装を用い、接着剤により表層版を基層に固定する。表層版は工場製品であり、研究段階では人力施工の容易な大きさ1m×1mを暫定規格としている。

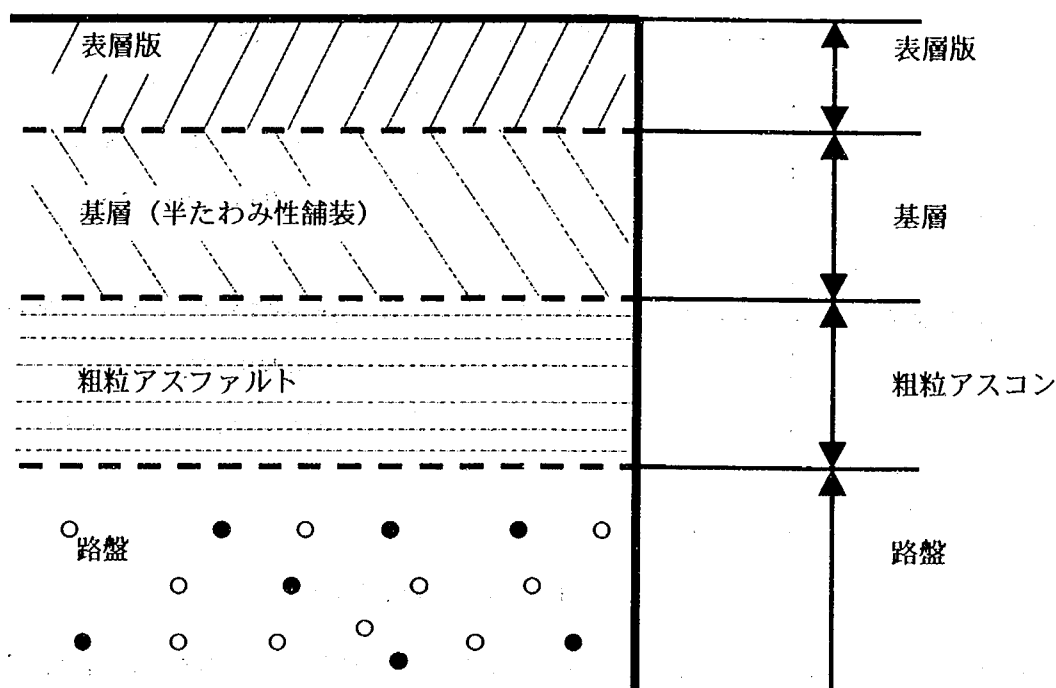


図-3. 2 PERSの舗装構成

PERSの表層版の厚さを3cm程度としているのは、3cm程度の時に自動車騒音のピーク周波数と吸音率のピーク周波数が重なるためである。

施工方法には工場製作型と現場施工型とがあり、現場施工型には曲線部の施工が容易であるとか継ぎ目がなく乗り心地を悪くすることがないなどの利点がある。一方、工場製作型は強度が大きいことと空隙率を管理しやすいという利点があり、本共同研究ではこの施工方法を主とした。

3. 3 PERS材料の特性

3. 3. 1 ゴム材料（ゴムチップの製造方法、材質の特徴）

PERSに使用されるゴム材料は、粒径 1mm 以上の粒状ゴムと再生タイヤ製造時に発生する削りくずから作られるひじき状ゴムの2種がある。

粒状ゴムは主として使用済みタイヤを原料とするが、ウェザーストリップ等の製造工程で発生するEPDM系ゴムから作られるもの、顔料を配合したEPDM系ゴムから作られるもの等がある。ひじき状ゴムは使用済みタイヤ、主にトラック、バス用タイヤのトレッド及びその同等品を原料としている。

どちらも目視及び金属検出機による異物除去、ふるい分け、粉碎又はカッティングの工程を経て、粒度、形態の調整が行われる。必要に応じ乾燥工程が付加される場合もある。

粒状ゴム又はひじき状ゴスをバインダーと混合し、転圧しながら敷きつめた現場施工弾性舗装、ブロック状に成形した弾性舗装ブロックはともにソフトな走行感が有り、荷重支持能力に優れるため、歩径路、スポーツ施設の床材、テニスコート、プールサイド等に広く使用されているが、現場施工では粒状ゴムを使用する例が多い。

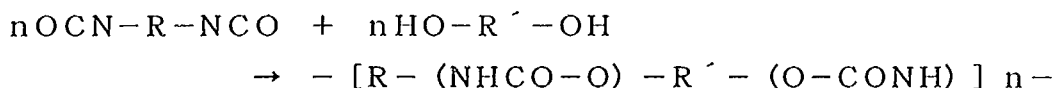
PERSに使用する粒状ゴムの粒径は 1~10mm 程度、なかでも 1~5mm 程度のものがよく使用されている。ひじき状ゴムも長さ(粒度)の異なる数品種にふるい分けされたものから、用途により選択使用されている。

3. 3. 2 バインダー

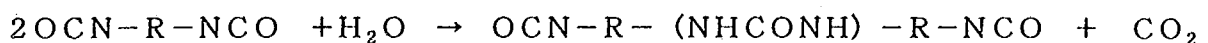
PERSに使用される樹脂バインダーとしては液状ウレタン樹脂が使用されている。ウレタン樹脂は、ゴムチップとの接着性、硬化性、作業性、耐候性に優れ、プレス成形ブロックタイプ、現場施工タイプそれぞれの用途に合わせて、各種のバインダーが使い分けられている。

ウレタンバインダーは、湿気硬化性一液ポリウレタンが主であり、ポリイソシアネートとポリオールをウレタン結合させたプレポリマーを主原料としている。ポリイソシアネートとは1分子中にNCO基（イソシアネート基）を2個以上もつものであり、PERS用には芳香族系のMDI（ジフェニルメタンジイソシアネート）、TDI（トリレンジイソシアネート）が主に用いられている。

一方ポリオールとは1分子中にOH基（水酸基）を2個以上もつ構造をいい、大別すると、ポリエーテルポリオール、ポリエステルポリオールが有るが、PERS用途にはポリエーテルポリオールが主に使用されている。両者を重合させたものをウレタンプレポリマーといい、下図の様な反応式で示される。



この末端は様々な形態をとりうるが、例えば両末端がNCO基であれば一種のポリイソシアネートとなる。さらにNCO基が空気中の湿気やゴムチップ中の微量な水分と反応することによってウレア結合し、上記ウレタンプレポリマーを取り込みながら、またはそれ自身が反応しながらポリマー（樹脂）を形成する。なおこの反応では二酸化炭素が発生する。



上記で説明したウレタン樹脂の形成メカニズムは一般的なものであり、イソシアネートの種類、ポリオールの種類、末端変性の状態により、多種多様な構造のものができる。

しかしながら、反応性、作業性、耐候性、物性とのバランスを考慮して、NCO含有量は約10重量%、粘度 $2.0\sim6.0\text{Pa}\cdot\text{s}/25^\circ\text{C}$ のことが多い。さらに現場施工タイプとしては、低温下でも使用できるように粘度は小さめであり、可使用時間（ポットライフ）は夏用と冬用に調整されたものがある。プレス成形タイプでは、高温で速やかに反応するように反応性を高めており、ダレにくいように粘度も高めとなっているのが一般的である。

安全性については、TDI及びMDIを1%以上含むプレポリマーは労働安全衛生法の特化則（特定化学物質等障害予防規則）の特定第2類物質に分類され、保管、取扱いには注意を要する。MDIやポリオール、及びウレタン樹脂硬化物は安衛法の適用を受けない。

3. 3. 3 添加剤

PER Sに使用される添加剤には、目的別に前処理剤と触媒がある。

前処理剤は文字通りゴムチップとバインダーを混合する前に何らかの表面処理をして接着力向上を目的として使用される。一般にゴムチップはタイヤ等の廃材から作られることが多く、ゴムの種類、ゴムに使用される添加剤の種類や量、粉碎時のゴムチップの断面性状や粉碎くずの混入状況もまちまちである。特にゴムチップ表面（切断面）に充填剤が浮き出たり平滑すぎると、接着性が悪くなり強度が低下する事がある。そのためゴム表面を予め前処理剤で覆いウレタンとのぬれ性を改善することにより接着性を改善できる。この前処理剤は反応阻害を起こさない（エーテル系の）ポリオールを主成分としたものが多い。

一方、触媒はウレタンプレポリマーと空気中の水分との反応を促進または遅延する目的で使用される。特に現場施工を考えると冬は気温も低く乾燥しているため、硬化しにくい条件が揃っている。逆に夏は高温多湿で硬化しやすい。硬化速度のコントロールに触媒を使用することになるが、触媒の選択と適量使用は極めて重要である。触媒として良く知られているものは3級アミン化合物、有機金属化合物であり、錫系触媒やアミン系触媒がよく使用される。

一般的なウレタンの種類、反応、製造法等については詳しい図書¹⁾があるので参考されたい。

参考文献

- 1) 岩田敬治著：ポリウレタン樹脂ハンドブック、日刊工業新聞社

3. 4 多孔質弾性舗装の騒音低減効果

3. 4. 1 騒音発生要因と騒音低減メカニズム

タイヤから発生する騒音には大きく分けて3つの成分があり、それぞれのメカニズムは以下の通り。

(1) エアーポンピング音のメカニズム

図-3.3 に示すように、トレッドパターンの溝と路面ではさまれた、管状の空気がトレッドパターンの溝壁の変形・振動入力と共鳴し音が発生する。この気柱共鳴された音は、踏み込み、蹴り出しにおける管の開口部から一気に、放射される。開口部からの放射音は、踏み込み、蹴り出し部のタイヤ外周面と路面の間で構成されるホーン形状（図-3.4）によって、増幅される。

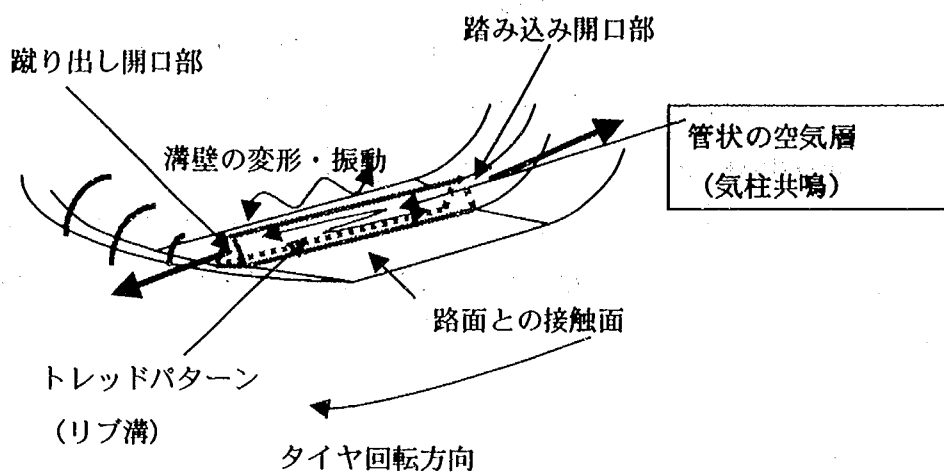


図-3.3 エアーポンピング音メカニズム

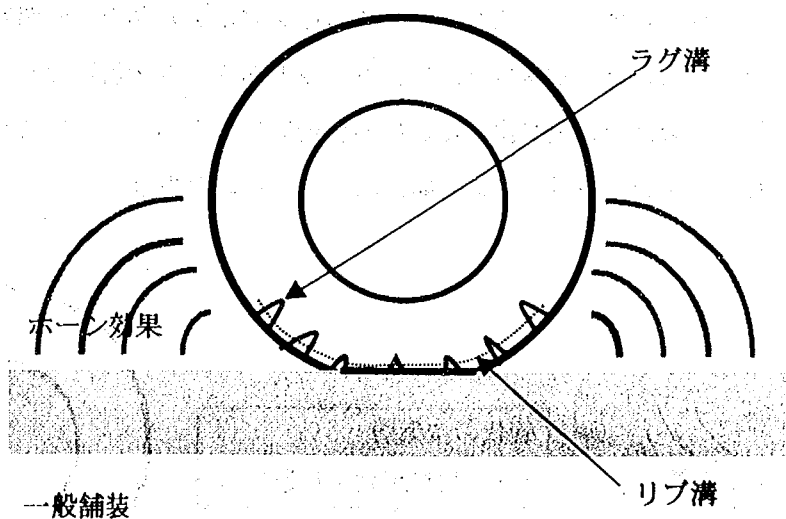


図-3.4 ホーン効果

(2) タイヤ加振音による騒音発生メカニズム

タイヤ加振音は、ラグ溝やリブパターンのジグザグ部が路面に衝突したときの衝撃がタイヤ各部に伝搬する。この衝撃が、タイヤのトレッドやサイドウォールで膜共振をおこし騒音を放射する。

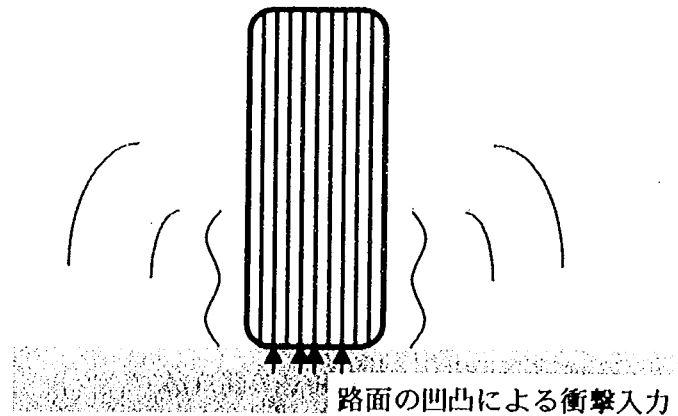


図-3. 5 路面の凹凸による衝撃入力

(3) タイヤと路面が接触することによる衝撃音と、摩擦音他

上記騒音発生以外に、タイヤと路面が接触する時、その衝撃によって発生する衝撃音（固体音）と車の制動時、あるいは、ハンドル操作時にタイヤから発生する、摩擦音等がある。この他にも、エンジン音、空力音等が発生する。

3. 4. 2 排水性舗装

(1) 排水性舗装による騒音低減効果

排水性舗装による騒音低減は、多孔質構造により2つの効果がある。

1) エアーポンピング音の低減

トレッドパターンの溝と路面ではさまれた、管状の空気層は通常路面では閉塞されているが、排水性舗装の場合多孔質構造で、空気が抜けるため、トレッドパターンの溝壁の変形・振動入力と共鳴し難い。さらに通常は、踏み込み、蹴り出しにおける管の開口部から、一気に音が放射されるが、排水性の場合、底からも、空気が抜けるため、開口部からの放射が少ない。

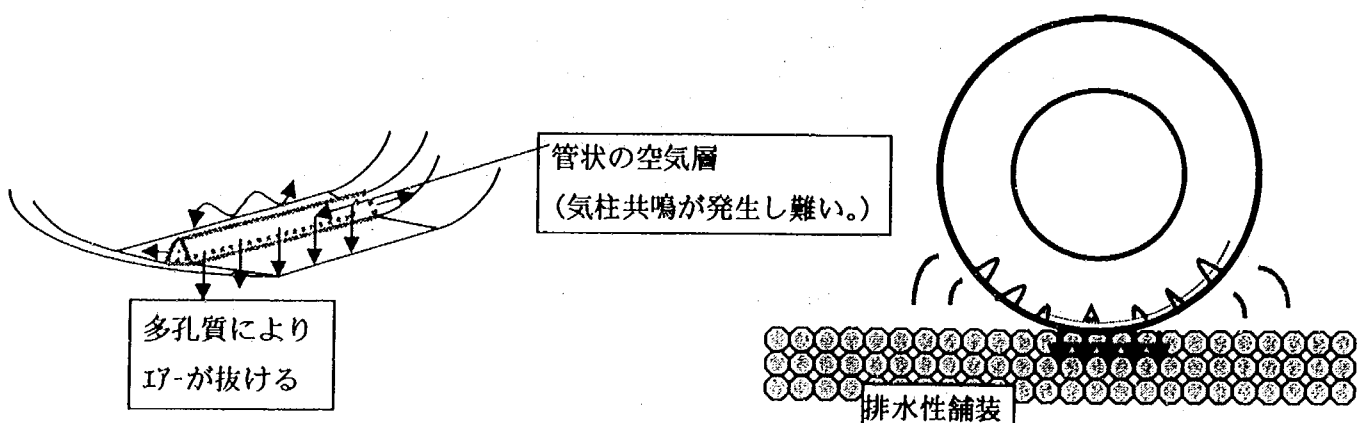
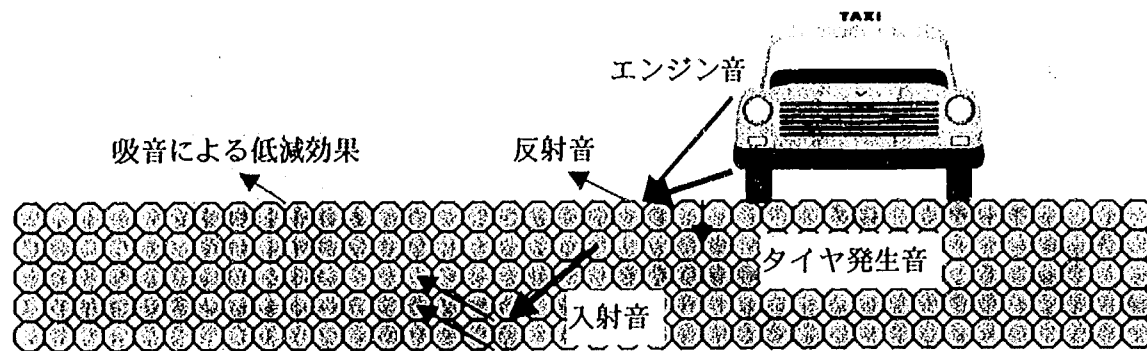


図-3. 6 排水性によるエアーポンピング音の低減

2) 騒音伝搬経路における吸音による低減（タイヤ加振音、駆動機関音）

排水性舗装は、多孔質構造になっていることから、図-3.7のごとく入射音（タイヤ加振音、駆動機関音）が一部吸音され、直接反射音が減衰する。また音が伝搬する際にも吸音効果により擦過減衰が起き発生音はさらに減衰する。



3) 排水性舗装の問題点

排水性舗装は、密粒舗装に比べ凹凸（テクスチャー）が大きいことから、衝撃も大きくパターン加振による騒音は大きくなる。1kHzを境に騒音効果が逆転するのはこのためである。それでも、排水性舗装は密粒舗装対比、3～5dBの騒音低減効果があるとされている。

また、空隙つぶれや、砂等により空隙が詰まってくると、上記効果が低減する等の課題を残している。

3. 4. 3 多孔質弾性舗装の騒音低減メカニズムと性能向上

(1) 騒音低減メカニズム

1) 多孔質弾性舗装の騒音低減メカニズムは、排水性舗装と同様に多孔質であるため、同様の低減効果が期待される。エアープニング音の低減と、吸音による直接、擦過減衰による低減。

2) 多孔質弾性舗装はこれに加えて、ゴムチップ等の弾性材料を使用していること、多孔質であることから、さらに柔らかくなっている。従って先に挙げた騒音メカニズムの、タイヤと路面が接触する時、その衝撃によって発生する衝撃音とパターン加振音の低減にも効果がある。

パターン加振音は、ラグ溝やリブパターンのジグザグ部が路面に衝突したときの衝撃がタイヤ各部に伝搬する。この衝撃が、タイヤのトレッドやサイドウォールで膜共振をおこし騒音を放射する。

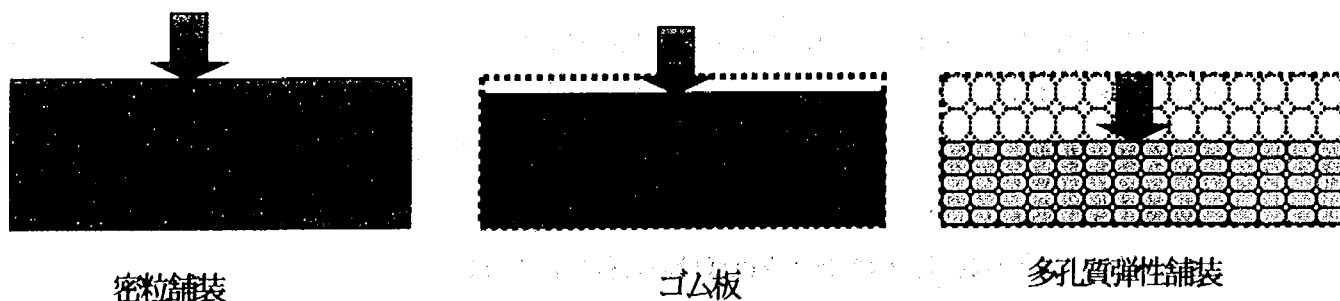


図-3.8 多孔質による弾性効果

3) 多孔質弾性舗装は上述のごとく、路面が非常に柔らかいために、衝突による衝撃を吸収することができ、衝撃音を低減するだけでなくタイヤへの加振が非常に少ない。

以上の現象から、騒音低減効果が大きく期待できる。

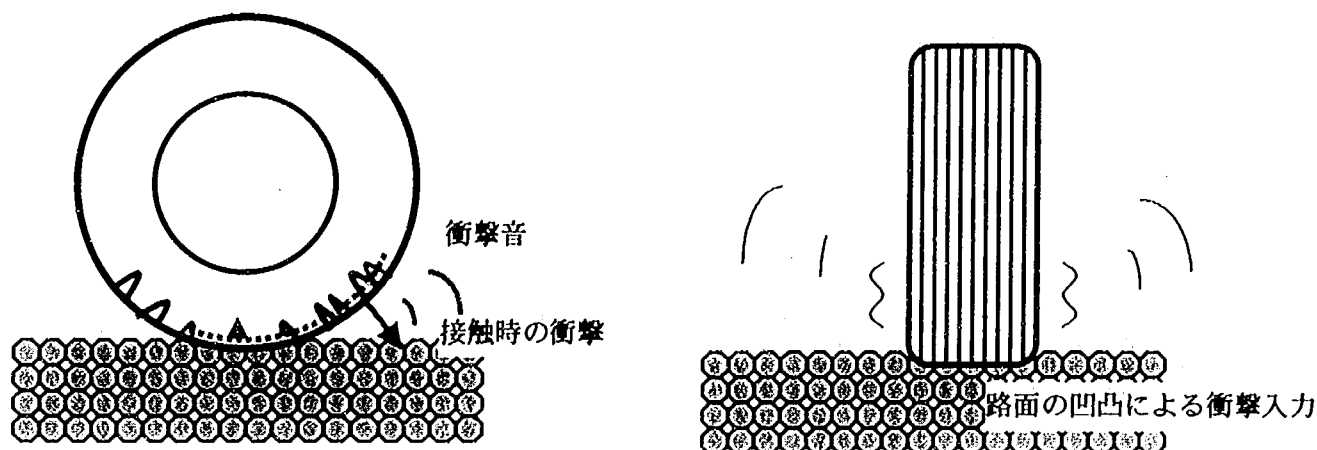


図-3.9 多孔質による衝突力低減効果

(2) 騒音低減の持続性

排水性舗装の場合空隙詰まり等を発生して、機能が低下する問題を抱えていたがPERSは、空隙率が排水性舗装と同じ場合でも、図-3.10のごとく空隙の道筋が狭く、連続空隙が多いことから、内面は空隙を保つ事が期待出来る。従って吸音性を維持すると推定される。

さらに、排水性舗装と異なり、弾性による衝撃吸収効果で騒音低減が期待できる。よってゴムが劣化し硬化しない限り、効果が持続することが期待できる。

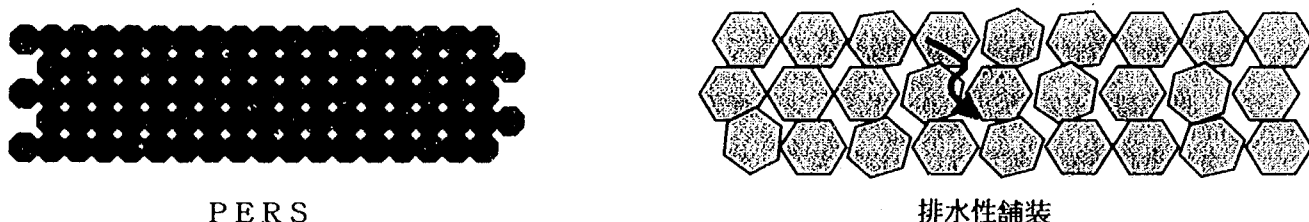


図-3.10 騒音低減の持続性

(3) 騒音低減効果の向上方法

上記現象から、騒音低減に焦点を合わせれば、理想的な構造材料は以下の通り。

1) 空隙率は、大きければ大きいほど良い。空隙率が大きくなるとエアーパーピング音の低減、吸音率の向上等が期待できるが、排水性舗装の場合は、20～25%程度を越えると効果が変わらなくなる。

しかしながら、多孔質弾性舗装の場合は空隙率がそれ以上になっても、弾性率が低下していき、効果は大きくなっていく。

2) 上記理由により材料自体の弾性率は低ければ低いほど良い。

以上はあくまでも、騒音低減効果に着目した性能であり、その他舗装としての性能を充分考慮して材料、構造を検討すべきである。

3. 5 すべり抵抗性

3. 5. 1 摩擦係数低下メカニズムと対策方法

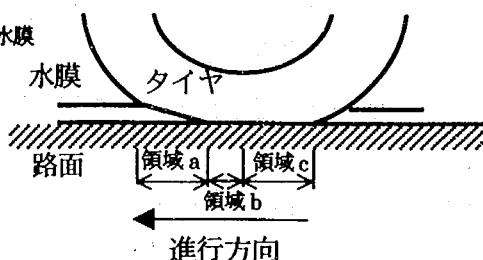
路面とタイヤとの摩擦力は凝着摩擦が主体で、その他にヒステリシス摩擦等があると考えられている。

凝着摩擦とは路面とタイヤ間の密着力によるものであり、ヒステリシス摩擦はタイヤが路面の微細な凹凸によって圧縮変形・回復する際のエネルギーを熱エネルギーに変える内部摩擦によるものである。

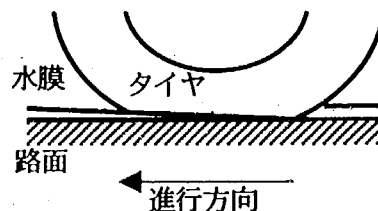
路面上に水が溜まってくるような湿潤状態では、路面とタイヤトレッドゴム間に水膜が形成され易い。水膜は凝着摩擦を低下させ、すべり抵抗性も小さくする。

一般に良く知られているハイドロプレーニング現象は、高速走行時、排水されない水の抵抗により、タイヤと路面の間に水膜が形成され、その上をタイヤが滑走する現象である。図-3.11に濡れた路面とタイヤの接触面の様子を示す。タイヤと路面間に存在する水膜面積の増大に伴い凝着摩擦が低下し、更に全面に水膜が完全に形成した場合は、摩擦係数がほとんどゼロとなり、タイヤは駆動力、制動力、操向性を失う。この対策としては、タイヤにトレッドをつけて排水性を上げ、水膜を切断し水膜形成を抑制する手法や、ヒステリシス損失の大きいゴム材料の使用が一般的である。

領域a: 連続した水膜
領域b: しゃ断された水膜
領域c: 乾いた接触



(a)部分ハイドロプレーニング状態



(b)完全ハイドロプレーニング状態

図-3.11 ハイドロプレーニング¹⁾

3. 5. 2 舗装材種とPERSの摩擦係数

従来舗装である密粒舗装や排水性舗装と多孔質弾性舗装の雨天時のすべり摩擦係数と速度の関係を模式的に示すと図-3.12のようになる。なお、多孔質弾性舗装のデータは過去に測定したものであり、今回の共同研究にて改良を行う以前のものである。

密粒舗装は速度の増加に伴い、路面とタイヤの間に水膜が形成されるため、すべり摩擦係数は小さくなっていく。排水性舗装や多孔質弾性舗装は排水機能を有した水膜のできにくい舗装であるため、概ね60~80km/h以上ではすべり摩擦係数があまり変化しなくなる。密粒舗装を基準にして比較すると、排水性舗装は全体的にすべり摩擦係数が高いが、多孔質弾性舗装は概ね60~80km/h以下のすべり摩擦係数は小さい。

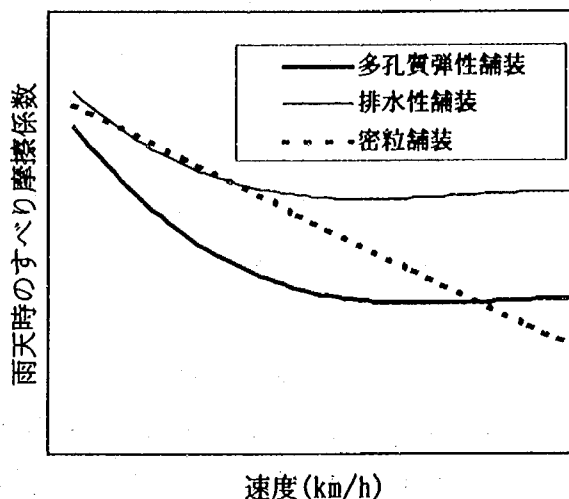


図-3.12 雨天時のすべり摩擦係数と速度の関係

そのため従来舗装に比べ多孔質弾性舗装の制動停止距離は長くなる。参考として、初速度 60km/h から制動停止距離を比較すると、一般的な密粒舗装の制動停止距離を 1 とした場合、それに対して平均的な排水性舗装は約 0.86 倍、平均的な多孔質弾性舗装は約 1.31 倍となる。従って、特に多孔質弾性舗装の場合は、ドライバーの運転感覚に差を生じさせ、事故につながる可能性がある為、雨天時のすべり摩擦係数改良は実用化への重要課題の 1 つである。

3. 5. 3 多孔質弾性舗装の問題点（メカニズム）と材料としての考え方

多孔質弾性舗装は弾性を有することで、密粒舗装・排水性舗装とはすべり摩擦特性が異なると推定される。即ち従来舗装の場合、表面が硬いため路面の変形が起こらず、微細な表面凹凸により水膜を切断したり、排水性舗装の場合は空隙に雨水が浸透することにより表面での水膜形成が抑制され、すべり摩擦係数の低下が小さいと推定される。

それに対し多孔質弾性舗装は弾性があるため、輪荷重による変形によりタイヤ／路面間の水膜切断作用が低下し、すべり摩擦係数の低下が大きくなると推定される。また、雨天時にはスポンジのように水を吸収し、さらに保水する働きがあるため、輪荷重によりタイヤ／路面間に水がしみ出すこともすべり摩擦係数の低下につながっていると考えられる。この水を吸収・保水する働きは、雨が降り出した直後から舗装体内に水が飽和するまで、一定の降雨量下を想定しても徐々にすべり摩擦係数を低下させると考えられる。また、雨が止んだ後も従来舗装のように路面は乾燥状態になりにくい為、雨天時に近いすべり摩擦係数の状態が持続すると考えられる。

したがって多孔質弾性舗装の解決方法は従来舗装とは異なる。但し、路面とタイヤ間の摩擦機構についての基本的な考え方は同じであり、具体的な手法としては下記のような例が考えられる。なお、排水機能の改善方策については、3. 6 項に述べる。

(1) 凝着力を保つ方法

1) 水膜形成を抑制する手法

トレッドパターン、凹凸などの表面形状で排水性を向上させる方法や、空隙率を高める事での排水性向上方法が考えられる。

2) 水膜の影響を小さくする手法

硬質材料等の添加により水膜を切りやすくする方法が考えられる。

硬質材料としては、小石、砂、などの無機材料や、樹脂、繊維などの有機材料がある。

(2) ヒステリシス摩擦をあげる方法

PERS そのもののヒステリシスをあげる手法として、ブチルゴムなどの高ヒステリシス材料の使用が考えられる。

上記の例は一例であり、実際にはこれらの単独又は複合化が行われる。しかし留意点としては、凹凸は車の乗り心地の悪化が予想される。また硬質材料の添加は、材料強度に影響を及ぼし耐久性の低下や騒音低減効果の低下が予想される。更にブチルゴム等の特殊材料使用はコストアップにつながるため、使用に当たってはこれらを総合的に評価する必要がある。

参考文献

- 1) 市原薫, 小野田光之: 路面とすべりとその対策, 技術書院, p. 27, 1997. 3

3. 6 排水機能

PERSにおいて排水性及び保水性が検討項目となるのは、走行時のPERS表面の水膜によって、すべり抵抗係数が低下し制動距離が長くなるため事故につながる危険性があるためである。そして、排水性はPERS表面における水膜の形成について、保水性は車通過時におけるPERS内部の水の浮き出しについて関連すると考えられる。

3. 6. 1 各種舗装材の排水機能の比較

舗装種類別の排水機能は、密粒舗装においては排水性が無いため、雨水は路面を道路勾配により自然流下して舗装外に排出させる。一方、排水性舗装においては、雨水は舗装体内の連続した空隙を透過して舗装外へ排出される。

PERSは、前出の排水性舗装がおおむね空隙率 20%程度に対し、30～40%の空隙率を有していることから、排水性舗装と同様の排水機構が期待された。

排水試験（現場透水量試験）の結果は、排水性舗装のように内部への浸透が少なく表面へのしみ出し現象が現れた。

また降雨を想定したPERS表面への水の散布においても水滴の浸透がほとんど無く、排水性舗装ほどの排水機能がないと判断された。

3. 6. 2 多孔質弾性舗装材の問題点と材料としての考え方

多孔質弾性舗装材の排水性の低さの原因としては以下のことが考えられる。

- 1) 連続空隙の割合、内部空隙の大きさ
- 2) ゴムチップ、バインダーの疎水性の影響
- 3) 成型時の離型剤の影響

3. 6. 3 多孔質弾性舗装材の保水性

多孔質弾性舗装材における保水性の変化の要因として以下のことが考えられる。

- 1) 内部空隙の割合、内部空隙の大きさおよび連続空隙の割合
- 2) 空隙を形成する構造表面（主に、バインダー、ゴムチップ）の疎水性

前述の排水性と比較すると、1) については同じことがいえる。しかし、疎水性については全く逆の挙動を示す。つまり、保水率を低減させるには表面の疎水性が強ければ強いほど高い機能を発現し、逆に親水性であるなら、水分子との水素結合により安定化されその結果、保水率は高くなる。

3. 6. 4 排水性、保水性の向上

排水性を向上するには、PERSの表面張力を低下させるために親水性にしなければならない。一方で、これが保水しやすくなる要因となる。そこで、両者を向上させる一つ的手段としては、親水性の環境を形成させ排水性を向上させる。保水率の低減は、内部空隙の大きさを大きくしかつ、一つ一つの空隙の

壁面に対する接触部分を点に近づけ水素結合の寄与を小さくすることが考えられる。

ただし、これが諸物性（強度等）に与える影響を考慮しなければならない。

今回の共同研究においても十分な排水機能を有する表層版を開発するには至らなかった。当面は排水勾配等を敷設することに対応する。将来の研究課題として、排水性の向上も検討する。

同断面積下における形状の影響（空隙形状1. と2. は同一断面積）

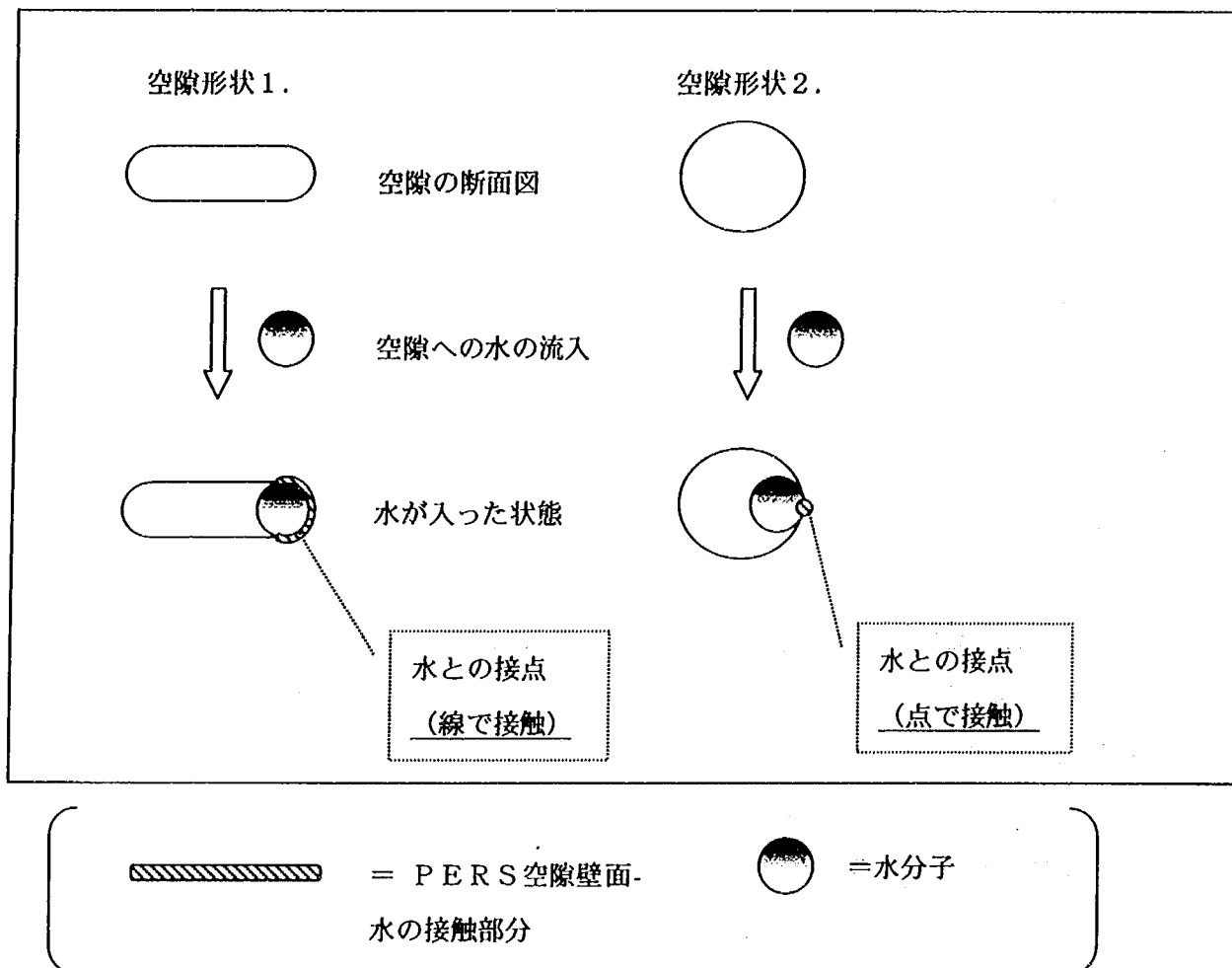


図-3. 13 空隙形状の差異

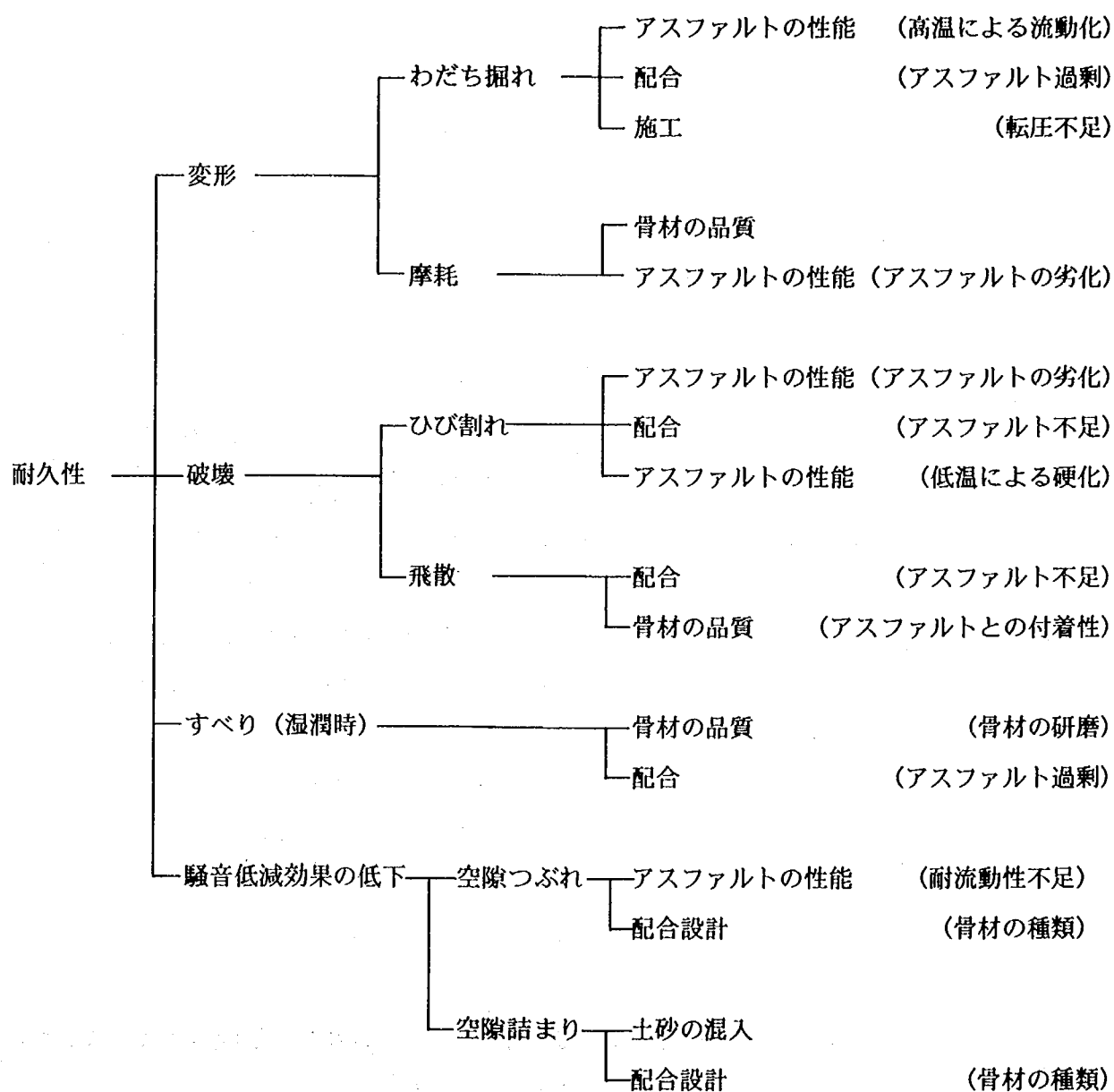
3. 7 耐久性

3. 7. 1 各種低騒音舗装の耐久性能

これまでの実績から排水性舗装の耐久性について要因の洗い出しを行う。

一般に舗装の耐久性は、材料の劣化に基づく舗装体の性能低下が起因しており、その結果、舗装が変形したり、破壊したりする現象が発生する。低騒音舗装の場合、それらの現象のほかに騒音低減効果の低下が現れる。

本来、舗装の耐久性には、路盤から表層までの各層が関与するが、ここでは表層のみを対象とした。



図—3. 13 排水性舗装の機能低下要因とその原因

3. 7. 2 PERSの耐久性能

長期使用によるPERSの機能低下は、排水性舗装と同様にはがれ、破壊、変形、すべりの低下、騒音低減効果の低下という現象として現れると考えられ、基本設計が決定していない現状では図-3.14 のようになることが予測される。

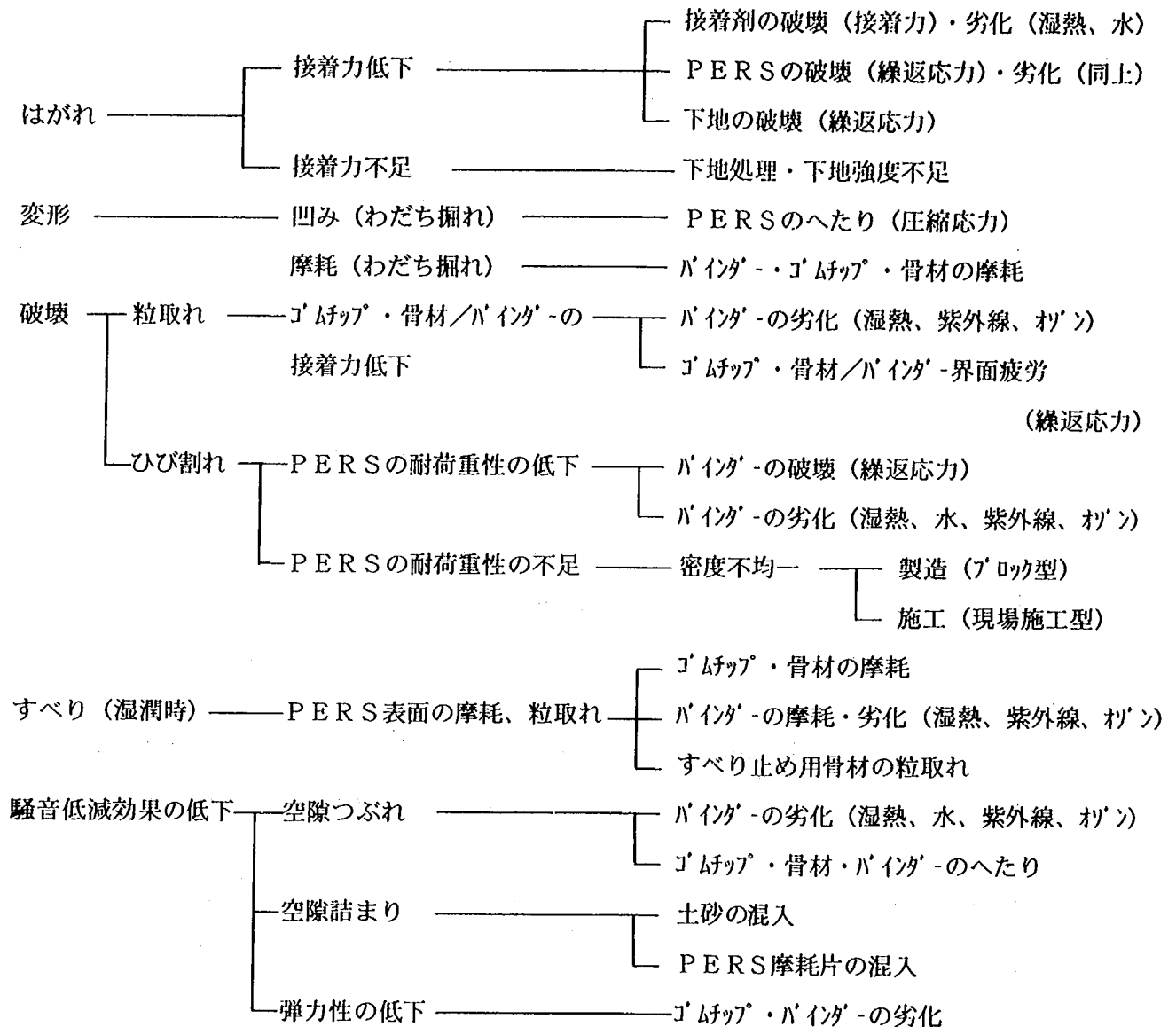


図-3.14 PERSの機能低下要因とその原因

しかし、平成7年度に土木研究所内の舗装走行実験場で行った2年間の耐久性追跡調査において、わだち掘れ、平坦性などの路面性状に問題が生じなかったことが報告されている。²⁾

参考文献

- 1) 山之口浩、丸山暉彦著：アスファルト舗装修繕技術、山海堂、1997
- 2) 小林保著：多孔質弾性舗装、土木技術資料 vol40-8、pp.14、1998

3. 8 表層と基層の接着

3. 8. 1 接着方法と接着メカニズム

ファイバー状・粒状の加硫ゴムを、ウレタン樹脂等をバインダーとして成型した多孔質弾性表層を、コンクリート基層に接着・施工する場合、接着剤はエポキシ樹脂又はウレタン樹脂系を使用するのが一般的である。

しかし、ウレタン樹脂系接着剤はコンクリート基層から溶出するアルカリによる劣化が起こり、それを防ぐ目的のため、エポキシ樹脂系プライマーを介在させる。

また、接着性も向上させる事ができる。

3. 8. 2 PERSの問題点と材料としての考え方

PERSの耐久性を議論する上において各材料（ゴム・バインダー・接着剤等）本体の劣化は勿論のこと、各材料相互間の接着もその要因として検討しなければならない。

特にバインダー及び接着剤として使用されているウレタン樹脂は経時劣化が大きな問題として挙げられる。

PERS設計に際し特に留意すべき点は、以下の事項である。

3. 8. 3 表層と基層の接着

PERSの耐久性を検討する上で、ゴムチップとバインダーの接着と同様、表層と基層の接着も、非常に重要な要素である。

先ず、初期接着力が完全であること、少なくとも剥離後の状態が表層材又は接着剤層の材料疑集破壊であることが接着剤選定の上での条件となる。接着剤としては、エポキシ樹脂またはウレタン樹脂系が一般的である。

次に確認しなければならない事項は、前述した通り基層との接着施工後発生する経時劣化の十分な確認であろう。気象条件により、梅雨期から夏期にかけてはPERSは高温高湿状態にあり、ウレタン樹脂を用いた場合、バインダー・接着剤共に劣化が促進され、PERSの破壊につながる。

さらに、表層の経時寸法変化によって起こる接着界面へのせん断応力による接着破壊も考慮しなければならない。

経時寸法変化を検討する上において考慮すべき大きな要素としては、表層の空隙構造が挙げられる。

空隙率を上げ、さらに独立空隙を低減させることにより、寸法変化の温度依存性（線膨張係数）は小さくなる。しかし、空隙率アップに伴う強度の低下についても、十分な配慮が必要である。

3. 9 その他P E R Sの必要特性

共同研究において、下記項目についてもP E R Sの実用化に向けての必要特性として、それぞれの項目別に検討した。

(1) 耐火性

舗装体上にガソリン等の燃料油がこぼれ延焼する可能性から安全性を確認する必要がある。土木研究所にて実施した密粒舗装、排水舗装、P E R Sのそれぞれの耐火試験では、P R E Sは他の舗装体と比較して著しく延焼しないことが確認されている。今回の共同研究各機関による研究されているP E R Sも基本構成は土木研究所にて試験したP E R Sと大きく異ならないことから安全であると判断した。

(2) 耐溶剤性

区画線等の白線が溶剤に侵され剥落、消失する可能性が認められることから検討した。区画線については次項目で記載があるように耐溶剤性をもつウレタン樹脂にて実施が可能である。

(3) 区画線

従来から用いられている区画線の材料はアクリル樹脂でありP E R S上にアクリル樹脂で施工するとアクリル樹脂がP E R Sの変形に追従できずに剥落する。土木研究所ではウレタン樹脂を使った区画線を試験しており、ウレタン樹脂を基本とした区画線がP E R Sへの接着性、変形追従性、また、高輝度区画線としての輝度測定結果からも十分な輝度が確保されることが確認されている。

(4) 乗り心地

密粒舗装との対比で乗り心地が良くないとの評価がある。試験走路でのP E R Sについては1 m毎に継ぎ目があることが乗り心地の悪化の原因と推測され、各研究機関より継ぎ目の改良、P R E Sの大きさ、現場施工型P E R Sでの対応等の提案があり、検討したが実用化にむけて問題を解決していくことになった。

(5) 照明性

P E R Sの色はアスファルト舗装に比べればかなり黒く、夜間の視認性に影響が出る。P E R Sの色調の調製は製造時、施工時に可能でありまた、高輝度区画線、高輝度照明への切り替えが可能である。

(6) リサイクル性

P E R Sも永久に使用するわけにはいかない。交換時期に排出される古いP E R Sを処分する必要がある。現状では廃タイヤが燃料リサイクルとして利用されていることからP E R Sも燃料リサイクルが可能であり、また、ウレタンバインダーの焼却でのシアンガスの発生はイワシの干物を焼いた時の煙に含まれるシアン発生量よりかなり少ないとの報告もあり燃料リサイクルが可能である。また、P E R Sの透水性を残した土壌改良材としての再利用などリサイクルは可能である。

(7) 環境安全性

P R E Sからの有害物質が溶出する可能性、また、実際に施工された場合のP R E Sの磨耗による粉塵の安全性は確保されなければならない。P E R Sの主要原材料であるゴム粒、ヒジキ状ゴムは各種自動車タイヤから製造され、タイヤが広く一般的に使用されていること、また、バインダーとして使用されるウレタンバインダーには公害対策基本法第9条の規定による土壌汚染に係わる環境基準と水質汚濁

に係わる環境基準に揚げられた項目に該当する有害物質は混入されていないことから環境安全性については確保されると判断し有害物質溶出試験は共同研究では実施しないことになった。

PRESの磨耗による粉塵の発生については上記同様にタイヤが広く一般に使用されていること、有害物質の発生が少ないということから安全側と判断した。

第4章 表層板の製造技術の検討

4. 1 型枠成形方法

金型を使用して表層板を製造する場合の工程は、配合・計量工程、混合工程、型枠仕込み工程、加圧・加熱工程及び仕上げ・検査工程に大別される。製造するに当たって、各工程での注意点と物性への影響を記述すると以下の通りとなる。

4. 1. 1 配合・計量工程

配合設計の段階では、混合工程ロス、仕上げ工程ロスを加味し配合材料の質量を決定することが、重要である。

配合材料の質量差異は、製品の空隙率に変化を与え、ひいては所望の物性が得られない場合もある。

また、配合材料計量後の次工程移行期間についても十分注意を要するところである。特にバインダーについては、経時と共に粘度が、増加する傾向があるので、可使時間、または日数等の管理が肝要である。

増粘したバインダーは、混合工程にて分散不良を誘発する原因となる。

バインダーは、ゴムチップ間の接着に大きな役割をになうものであり、PERSの強度・耐久性に大きな影響を与える重要な材料である。一般にバインダーとしては、液状ウレタン樹脂が使用される。

ウレタン樹脂はエーテル系とエステル系に分類されるが、エステル系は耐湿熱性が劣ることからエーテル系が用いられる。

また、接着力向上のため、ゴムチップの表面を予め表面処理剤（ハロゲン系）で皮膜処理を行い、強度耐久性の向上を行う例もある。

4. 1. 2 混合工程

攪拌羽根を有した混合機を使用するのが一般的である。混合機に計量済みの配合材料を所定の投入要領に従い、投入し、所定時間混合する工程である。混合工程では、ゴムチップ、バインダー、骨材（プラスチック系、無機質系）及びその他（トナー、促進剤、表面処理剤等）からなる原材料を均一分散させることが最も重要な課題である。特に、ゴムチップに比べ密度の大きい無機質系骨材を混入する場合、特段の注意が必要である。

一般に密度の大きいものは、混合槽下部に沈下傾向を示し、均一分散が困難な状況になり、物性及び性能面でばらつきを誘発する原因となる。よって、密度の大きい原材料を混入する場合は、均一分散させる工夫が、必要とされる。

4. 1. 3 型枠仕込み工程

各種の原材料を、混合して出来た混合物を、型枠に仕込み、平滑な面にする工程である。仕込んだ後、いかに平滑な面に仕上げる事が出来るかがポイントとなる。

ならし作業後の粗密度差は、即空隙率を変化させ、粗面部は、引っ張り強さが劣るのみならず、摩耗性、耐久性についても悪い結果となる。

よって、型枠仕込み工程では出来る限り仕込み厚みの均一性、表面の平滑性を現出させるための工夫が必要である。

4. 1. 4 加圧、加熱工程

平滑にならされた、混合物が充填された金型を所定の加熱プレスに挿入され、所定の時間、加熱加圧条件下で、バインダーの架橋反応を促進して、成型品を得る工程を言う。

成形品の最適物性を得るため加熱温度、加熱圧力、処理時間を明確にしておく必要がある。これら温度、圧力、時間管理が不適切であると諸物性に与える影響が甚大であると言える。

4. 1. 5 仕上げ・検査工程

成形品のバリ（はみ出し）部をきれいに仕上げ、所定の検査（寸法、硬度等）をする工程である。

この工程では、長期間の滞留が考えられるところから、保管の環境には注意を払う必要がある。

4. 2 現場施工方法

4. 2. 1 検討目的

低騒音性舗装としてのPERSの実用化に関する共同研究において、型枠成形法にない長所を有する可能性があるため、現場施工法についても検討を行なった。

表—4. 1 現場施工法と型枠成形法との比較

項 目		現場施工法	型枠成形法
施工性	下地	多少の凹凸、不陸は問題にならない	下地の不陸に影響される
		密粒アスコンでも施工可	半たわみ舗装が必要
	曲線部	作業容易	作業煩雑、カット等が必要
	均一性	多少の管理スキルが必要	工場生産のため、板の厚味のバラツキは少ない
	接着	同時接着 施工と同時に接着	後接着 接着剤使用のため、板の表面状態に左右される
	養生日数 (工期)	数日 (バインダー完全硬化まで)	1～2日 (接着剤完全硬化まで)
	設備	既存設備で対応可	施工法で多少検討必要
走行性	継ぎ目	なし	あり
	乗り心地	良好	走行時に振動が出る

4. 2. 2 配合材料

(1) プライマー層

- 1) プライマー 下地（基層）との接着向上のため、多孔質弾性舗装材の施工に先立って塗布される。

(2) PERS層

- 1) ゴムチップ ヒジキ状ゴムは、施工作業性に問題があり、又量的にも限られており粒状ゴムを使用した。
粒状ゴムは、原料ソース、材質の安定性、コスト面よりリサイクルタイヤを中心とし、場合によっては、物性、耐久性向上のため、EPDMチップを併用している。
- 2) 前処理剤 常温硬化では、単にゴムチップをバインダーと混合しただけでは、物性が十分発現しない場合もあるので、物性、耐久性向上のため 前処理剤を使用する。
- 3) バインダー 一液常温湿気硬化タイプウレタン系バインダーを使用する。

- 4) 骨材 湿潤時の耐すべり性向上のため、骨材が添加される。(検討時間が十分でなかった
たので、今回は必ずしも考慮されていない)
- 5) 触媒 気温による硬化速度の遅れを調整のため使用する。
- 6) その他 必要に応じてトナー(顔料)その他の配合剤が使用される。

4. 2. 3 施工機械

- (1) 下地調整、乾燥 プロパンバーナー、フロアー、掃除道具
- (2) プライマー塗布 ローラー刷毛、スプレー装置
- (3) 施工 発電機(100, 200V) ゴムチップ用ミキサー、
転圧ローラー(100V, 60cm幅)
ゴムチップ専用施工機械(200V, 1~3m幅)
厚み定規(鉄製平板レール)

4. 2. 4 施工工程

(1) 事前調査

- 1) 使用材料規格、数量等を確認する。

(2) 下地チェック

- 1) 不陸の有無、平坦性、乾燥しているかどうか等の表面状態をチェックする。
- 2) ゴミ、ほこり、異物等の有無をチェックする。

(3) PERS層施工

施工厚み30mmは従来経験あるものの、車道用途のため30mm厚みを2回に分けて施工した。

1) 1層目施工

① プライマー塗布

下地ヘアスコン用プライマーをスプレー又はローラー刷毛にてムラなく塗布する。

(塗布量 300~600g/m²)

② 材料混合

1層目(下層)は、すべり止めを必要としないので、骨材の添加は行なっていない。

(将来1回施工へ移行すべきであるが、その場合は当然考慮されるべきである。)

(混合順序)

ミキサーへゴムチップ	を投入	
前処理剤	を投入	2~3分混合
バインダー	を投入	
その他配合剤	を投入	2~4分混合

なお、1バッチの混合量は、80~160kg程度であり、将来的にはミキサーの能力をアップすることにより、施工の効率化も可能である。

③ 敷き均し、仕上げ

混合済み材料を施工範囲区画線に沿って、木レーキ等を使用して敷き均す。

次に、転圧ローラー又は専用施工機械（フィニッシャー）及びコテ等により仕上げを行なう。施工中は、随時直尺により厚みチェックを行ない、所定の厚みがあることを確認する。

④ 硬化養生

気温にもよるが、冬期は1～2日の硬化養生期間を設ける。

2) 2層目施工

① プライマー塗布

必要により層間プライマーを塗布する。

② 材料混合

2層目（上層）は、すべり止め機能を考慮した配合である。

（混合順序）

ミキサーヘゴムチップ	を投入	
前処理剤	を投入	2～3分混合
バインダー	を投入	
骨材その他	を投入	2～4分混合

③ 敷き均し、仕上げ

混合済み材料を施工範囲区画線に沿って、木レーキ等を使用して敷き均す。

次に、転圧ローラー又は専用施工機械（フィニッシャー）及びコテ等により仕上げを行なう。尚、2層目（上層）は仕上げ層となるので、平坦性には十分注意する。

施工中は、随時直尺により厚みチェックを行ない、所定の厚みがあることを確認する。

④ 硬化養生

施工後は、気温にもよるが、車両通行まで数日間放置養生する。

3) 施工上の注意点

① 天候を考慮して施工する。降雨のありそうな時は施工を中止する。

② 施工時期、気温、湿度等により必要に応じ、硬化時間を触媒により適宜調整する。

③ m²当たりの使用量は予め測定した見掛密度により標準量を設定し、下地状況（不陸、表面凹凸状態等）により調整する。

4. 2. 5 品質管理

(1) 厚み

硬化後、施工場所の厚みを測定する。

(2) 性能、物性

現場に型枠を準備し、混合済みの各層材料を施工と同じ状態になるように型枠に詰める。

型枠中の試料が、型枠からはずして現場から移動できる硬化状態になってから、所定の硬化条件の室内に保管し、規定の時間経過後、材料が規格に定められた（目標とした）性能、物性に達

していることを確認する。

硬化条件としては、23℃×50%RH×7日が好ましい。

(管理項目) 引張強さ、切断時伸び、硬度

4. 2. 6 結果

(1) すべり摩擦係数

今回、時間的制約から、配合上湿潤時すべり摩擦抵抗は、配慮されていないものもあったが、総体的に数値は余り大きくなく、アスファルトには及ばなかった。

また、すべり止め用骨材の脱離が見られるものもあった。今後の検討課題である。

(2) 耐久性

舗装走行実験場における4万回の走行実験(5t換算輪数15万輪相当)後の結果として、走行部分の表面にバインダー皮膜、チップエッジの摩耗が見られ散発的に、軽度のゴム粒子の脱離が見られたが、総体的に表面外観は良好であった。

また、剥がれ、ひび割れは全く見られなかった。

4. 2. 7 今後の課題

(1) すべり抵抗の向上

ゴムチップを使用する場合、硬質骨材の使用が必要となるが、その際硬質骨材の脱離防止を考慮する必要がある。

(2) 施工方法

現行の施工機械では、能力的に小さいので、更に能率的な施工機械の開発が必要である。

(3) 硬化時間

現行のウレタンバインダーは硬化時間がやや長いので、道路の早期開放ができるように短縮を計る必要がある。

第5章 性能確認試験方法

5.1 原材料管理方法

当該共同研究では、原材料であるゴムチップ形状が最終製品の性能に大きな差異が生じさせる可能性があることから、あらかじめ分類する事がベターであるとの共通認識のうえで総称名を「ゴムチップ」とし、粒状のものを「粒状ゴム」、極太繊維状のものを「ひじき状ゴム」として、その原材料の管理方法を検討してきた。粒状ゴムとひじき状ゴムの管理方法を検討した結果、以下のように取りまとめることとした。

5.1.1 粒状ゴム

JIS K 6316に記載の種類は、I類・II類の乗用車タイヤ及びトラック及びバス用タイヤを元製品としたゴム粉に準拠し、品質面では粒度・密度・かさ密度について試験を実施し、その結果を試験報告書にまとめ報告することとした。(粒度については5.1.2ひじき状ゴム参照)

5.1.2 ひじき状ゴム

以下に示した管理方法に準拠し実施することとした。ひじき状ゴムについては現状流通量が僅かであり、かつ更正タイヤ製造時に発生する原料であることから利用者の立場から粒状ゴムの品質に加熱減量を追加した。

また、粒度については粒状ゴム・ひじき状ゴム共に様々な形状があることからふるいの目開きを規定し、規格値を決めずに自主管理項目とした。

密度、かさ密度、加熱減量についてはメーカーの意向を含め規格値を入れることとした。

なお、品質に関しては試験報告書としてまとめ報告する事とした。

1. 適用範囲 この仕様は「表層板」に使用するヒジキ状ゴム材料について規定する。
なお、ひじき状ゴムとは、主に更正タイヤ製造時に発生する極太繊維状のものをいう。
2. 種類 ひじき状ゴムの種類は乗用車用タイヤ・トラック及びバス用タイヤそれと同程度のゴム材料で区分される。
3. 品質
 - 3.1 外観 ひじき状ゴムは、金属片、その他の異物が認められないものでなければならない。
 - 3.2 品質 ひじき状ゴムは、4.に規定する試験方法によって試験し、下記の規定に適合しなければならない。

項 目		規 格 値
粒度	目開き	4.1 項試験方法による試験を実施し自主管理を行わなければならない。
ふるい残分	3.36 mm 1.00 mm	
ふるい通過分	1.00 mm	
密度 (g/cm ³)		1.15±0.1
かさ密度 (g/cm ³)		0.3±0.1
加熱減量 (%)		2.0 以下

4. 試験方法

4.1 粒 度

a) 試験方法

a-1) 機械ふるい方法

JIS Z 8801 (標準ふるい) に規定された網ふるいを使用する。

ふるいの枠の寸法は、ふるい面から内径が 75 mm 又は 200 mm のものを用い、ふるい目開きは、3.36 mm、1.00 mm の網ふるいを使用する。

ふるい分けの機械は、ふるい毎分約 150 回の打振と毎分約 290 回の回転運動を与える装置を用いる。

受け皿を最下段に置き、ふるい目開きの小さなものから重ね合わせた上にあらかじめ塊をほぐした試料 100 g から 200 g を静かに仕込み、蓋をする。10 分(±10 秒) 間振動又は、作動させた後静置する。

ついで、ふるい分け機械からそれぞれのふるいを取りだし、ふるい上の残分及び受け皿中の通過分をそれぞれ 0.1 g まで、正しく計る。

b) 計 算

ふるい残分又は通過分は、各ふるい上に残った残分の質量又は受け皿に残ったふるい通過分の質量から次の式によって算出する。

なお、ふるい上の残分及び受け皿中の通過分の合計が、試験前試料質量より 2 % 以上減量したときは、再度測定する。

$$A = B / S \times 100$$

ここに A : ふるい残分 (%) 又は、ふるい通過分 (%)

B : ふるい上の残分又は通過分の質量 (g)

S : 試料の質量 (g)

4.2 密 度 JIS K 6350 (ゴム製品分析方法) の 6.1 に規定する方法による。

4.3 かさ密度 JIS K 6316 (ゴム粉) の 9.3 に規定する方法による。

4.4 加熱減量

a) 試験方法

a-1) 赤外線法

赤外線水分計を使用し、試料 5 g を受け皿にのせ、温度が 105℃ に昇温後 10 分間加熱処理した後指針を調整し、加熱減量 (%) を読みとる。

a-2) 恒温槽法

試料を 10 g 採取する、その際 0.1 g まで計測できる質量計を使用する。

採取した試料を 100 L ビーカーに入れ、110℃ の恒温槽に 1 時間加熱処理を行う。

処理後直ちに恒温槽から取りだし、室温にて 1 時間以上静置する。

その後加熱処理試料の質量を計測する。

b) 計 算

a-2) の場合、加熱減量は、加熱処理前の質量と加熱処理後の質量から、次の式によって、算出する。

$$L = (W1 - W2) / W1 \times 100$$

ここにL：加熱減量（％）

W1：加熱処理前の試料の質量（g）

W2：加熱処理後の試料の質量（g）

5. 記 録

試験成績書には、次の事項を記録しなければならない。

(1) 種類

(2) 粒度

(3) 密度

(4) かさ密度

(5) 加熱減量

5. 2 性能試験用供試体の調整方法

1. 目 的 PERSの性能試験を行う場合の供試体の調整方法について規定する。
 2. 適用範囲 この規格は、PERSの性能試験に関する供試体の作製方法、4種類の寸法測定方法について規定する。
 3. 参考規格
 - JIS K 6250 : 1999 加硫ゴム及び熱可塑性ゴムの物理試験方法通則
 - ISO 4648 : 1991 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of dimensions of test pieces and products for test purposes
 - ISO 4661-1 : 1993 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Preparation of samples and test pieces — Part 1 : Physical tests
 4. 一般事項 単位記号は、JIS Z 8202 及び JIS Z 8203 に、数値の丸め方は、JIS Z 8401 J I による。
 5. 供試体の作製方法
 5. 1 試験室の標準状態 試験室の標準状態については、温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。また、必要な場合の相対湿度は $(50 \pm 5) \%$ が望ましい。
 5. 2 供試体の保管
 - a) 舗装材から採取した供試体の保管期間は、製造してから3か月以内、または入手してから2か月以内とする。
 - b) 型加硫または成形した供試体の保管期間は、加硫または成形してから4週間以内とする。
 5. 3 供試体の状態調節 供試体は、型枠成形後 16 時間以上経過したもので、温度だけ規定する場合は試験前3時間以上、温度と相対湿度を規定する場合は試験前16時間以上5. 1 の標準状態に置かなければならない。
 5. 4 供試体の厚さ 供試体の厚さは、次に示すものの中から選択しなければならない。この場合、性能試験の目的に応じて、これ以外の厚さの供試体を用いることもできる。
 $2 \pm 0.2\text{mm}$, $4 \pm 0.2\text{mm}$, $6.3 \pm 0.3\text{mm}$, $10.0 \pm 0.5\text{mm}$, $30.0 \pm 1.5\text{mm}$
 5. 5 供試体の採取・作製
 5. 5. 1 供試体をPERSから採取・作製する場合 供試体をPERSから採取・作製する場合は、次のとおり行う。
 - 1) PERSから適切な幅のゴム層をできるだけ平板状にそぎ取り、これから供試体を作製する。もしPERSが2層構造を形成している場合は各層から採取・作製しなければならない。
 - 2) PERSから採取した供試体の表面が平滑でない場合は、原則としてその両面を切削機、研磨機などによって平滑にしなければならない。
- 備考 研削と(砥)石は、ISO 525 に規定する C-30-P-4-V(粗削り)及び C-60-P-4-V(仕上げ削り)が適切である。

- 3) 打抜き刃によって供試体を作製する場合は、下敷に革、ゴムベルト、ボール紙、その他弾力性のある板を使用し、一打または一挙動で打抜きを完了しなければならない。原則として、ベルトグラインダーなどの研磨機にかけてから打ち抜き、これができないときは、打ち抜いてから研磨してもよい。

注(1) 打抜き刃方式は無機質の骨材ブレンド物のサンプルであっても打抜き可能である。

- 4) 円柱状供試体 PERSから適切な大きさのブロックを切り取り、規定の厚さに作製する。この際、上下両面が平行になるようにする。次に、回転刃を用いて規定の直径に切り抜く。この際、任意の半径にセットできる十字刃形の回転刃を使えば、円柱状供試体の切断面中央部の凹みは生じない。回転刃を用いない場合は、小刀または円形打抜き刃などで規定の直径にできるだけ近い寸法に切り出し、更にベルトグラインダーまたは円筒形グラインダーなどの研磨機によってなるべく発熱しないように規定の寸法に作製する。

5. 5. 2 供試体を型枠成形で作製する場合 供試体を型枠成形で作製する場合は、製品とできるだけ同程度の成形状態になるように温度・圧力を調整する。まず、該当する性能試験方法に規定された寸法・形状にプレス加硫し、必要により打抜き刃によって試験片を作製する。この場合下敷に革、ゴムベルト、ボール紙その他弾力性のある板を使用し、一打または一挙動で打抜きを完了しなければならない。

6. 寸法測定方法

6. 1 寸法測定 供試体またはPERSの寸法測定は、次の4種類のいずれかの方法による。

- A法 30mm未満の寸法(ダイヤルゲージ)
B法 30mm以上100mm以下の寸法(ノギス)
C法 100mmを超える寸法(直尺または巻尺)
D法 全ての寸法(非接触法)

- a) A法 この方法は、2つの平坦で平行な面をもつ供試体に適用すべきで、他の寸法を測定する場合は変形が生じない圧力を使用する必要がある。測定装置は、加圧面が平滑で直径10mm以下の測定子と、平滑な面の測定台をもち、ゲージは1%または0.01mm以下の誤差で測定できるものとする。加圧面の圧力は、 $10 \pm 2\text{kPa}$ とする。

備考 加圧面の圧力 $10 \pm 2\text{kPa}$ を得るために必要なおもりの質量(測定面にかかる質量)を表1に示す。

表1 必要質量

測定子の直径 mm	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
質量 g	3	7	13	20	29	51	80

- b) B法 JIS B 7507に規定するノギスまたはこれと同等以上の精度をもつものを用いて、1%以下の誤差で測定できるものとする。また、ノギスを用いて寸法を測定する場合は供試体等にひずみを与えないように測定しなければならない。寸法測定は、供試体の少なくとも3か所で行

い、測定値の中央値(2)を記録する。

注(2) 中央値とは、測定値を大ききの順に並べたとき、測定値が奇数個のときはその中央の値とし、測定値が偶数個のときは、中央の二つの値の平均値とする。

c) C法 JIS B 7516 に規定する金属製直尺、JIS B 7512 に規定する鋼製巻尺、またはこれらと同等以上の精度をもつものを用いて、1mm 以下の誤差で測定できるものとする。試験片等の相対した測定部位の垂線に沿って測定しなければならない。寸法測定は、供試体の少なくとも3か所で行い、測定値の中央値(2)を記録する。

d) D法 この方法はゴムと接触しない方法を示し、特殊形状のものを測定するときに要求される。多くの光学装置(例えば、読み取り顕微鏡、投影顕微鏡、投影機など)が使用される。厚さを測定する場合のゲージは、1%または 0.01mm 以下の誤差で測定できるものとする。寸法測定は、供試体の少なくとも3か所で行い、測定値の中央値(2)を記録する。

6. 2 板状供試体の厚さの測定 A法を用いた厚さの測定の場合は、供試体の少なくとも3か所で行い、測定値の中央値(2)をその供試体の厚さとする。この場合、測厚器の加圧面が供試体の縁から外部に出たまま測定してはならない。測厚器の加圧面が試験片の縁から外部に出る場合は、供試体を打ち抜く前にあらかじめその箇所の厚さを測定しておき、その値を供試体の厚さとする。

6. 3 円柱状の供試体(圧縮永久ひずみ用など)の厚さの測定 厚さの測定は、A法を用い供試体の中央部1か所の値をその供試体の厚さとする。

6. 4 打抜いた場合の幅の測定 打抜いた場合の幅の測定は、打抜き刃の幅(刃の内のり)をそのまま用いる。やむをえず規定以外の打抜き刃を用いたときは、幅(刃の内のり)を実測しなければならない。

7. 記録 試験成績には、次の事項を記録しなければならない。

- a) 供試体の詳細
- b) 寸法測定の方法(A法、B法、C法またはD法)
- c) 成形または入手してから試験までの時間
- d) 状態調節の温度または温度と相対湿度
- e) 状態調節した時間
- f) 試験温度または試験温度と相対湿度及びその許容差

5. 3 寸法、厚さ測定方法

1 適用範囲

多孔質弾性舗装材の製品仕上り寸法、厚さを測定する試験方法について規定する。

2 試験方法

2. 1 試料の採取および試験条件

板状の多孔質弾性舗装材を寸法、厚さ測定用の試料とし、試料数は3個、試験温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ で行う。

2. 2 測定位置の決定

試料の縦、横方向に両側の端部から100mmと中央部に印をつけ、平行に縦、横各々に3本線引きを行う。

2. 3 測定

長さ、幅は縦、横方向の両端間の長さをそれぞれ3ヶ所、スケールにて1mm単位まで測定する。

長さ、幅の測定終了後、縦、横の交点を少しずらして、ノギスで測定できるように、ナイフ、カッター等で切断する。

厚さは、縦、横の交点9ヶ所の厚さをノギスを用いて、0.05mm単位まで測定する。

3. 試験結果のまとめ

長さ、幅は3ヶ所の測定値の中央値を記録する。

厚さは、9ヶ所の測定値の中央値を記録する。

4. 記録

試験結果は、次の事項を記録する。

- 1) 長さ、幅、厚さ
- 2) 試料の数
- 3) 測定温度
- 4) その他必要事項

5. 4 多孔質構造管理方法

PERSのような多孔質材料の空隙には連続空隙と独立空隙があり、ここでは騒音低下、透水性に寄与する連続空隙率について測定することとした。また置換材料としては、PERSの原材料であるゴムを膨潤させ難く、併せてPERSの小さな空隙にも浸透し易いメタノールを採用した。

1. 目的

透水性を有する多孔質弾性舗装材料の連続空隙率を測定する。

2. 適用範囲

透水性を有する多孔質弾性舗装材料の連続空隙率を測定する試験方法について規定する。

3. 試験器具

3. 1 はかり

はかりは試料の質量を4けたまで測れるものとする。

3. 2 温度計

温度計は1目盛りの読み0.2℃以下のものとする。

3. 3 つり線

試料をつるのに十分な強さを持ち、液体中に入ったつり線の体積の変化による誤差が無視できるようなものとする。

3. 4 液槽

試料を沈める液体（メタノール）を入れるもので、試料をつったとき壁に触れないような十分な大きさをもつものとする。

また、液温を $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内に一定に保ち得るものとする。

3. 5 ノギス

JISB7507に規定するノギスまたは、これと同等以上の精度をもつものを用いて測定する。

4. 試験片

4. 1 試験片の寸法

長さ $100\pm 0.5\text{mm}$ 、幅 $100\pm 0.5\text{mm}$ 、厚さ $30\pm 0.5\text{mm}$ のものを用いる。

4. 2 試験片の採取作成

試験片は、4. 1項の寸法により製品から抜き取ったものを使用する。

4. 3 試験片の長さ、幅及び厚さの測定

3. 5項に規定するノギスを用いて供試体の長さ・幅及び厚さを0.1mmの精度まで測定する。測定箇所は長さ・幅及び厚さともにそれぞれ3箇所以上測定する。長さ・幅及び厚さは、それぞれ測定値の平均値で表す。

4. 4 試験片の数

試験片の数は3個以上とする。

5. 試験方法

5. 1 試験条件

試験片、メタノールは試験前3時間以上同一室温内に置かなければならない。

5. 2 操作方法

操作は次のとおり行なう。

(1) 試験片体積の測定

試験片の寸法の測定は4-3にて行ない、試験片の体積(V)を有効数字4桁まで算出する。

(2) 試験片の空気中での質量の測定

乾燥状態の試験片を秤量し有効数字4桁まで求める。(W1)

(3) つり線の質量の測定

乾燥状態のつり線を秤量し、W1の最後の桁まで求める。(W2)

(4) 試験片のメタノール中質量の測定

試験片をつり線につけて、一定温度（t℃）のメタノール中に試料全体が漬かるようにする。メタノール中にて試料をゆすれば気泡が出てくる。約 10 秒程度ゆすって気泡が出なくなった事を確認してから、30 秒後に秤量し、有効数字 4 桁まで求める。（W3）

6. 計算

多孔質弾性体の連続空隙率は以下の式を用いて算出する。

$$\text{連続空隙率(\%)} = \frac{V - V_c}{V} \times 100$$

ここに、 V ; 試験片の体積 (cm³)
V_c ; 独立空隙を含む骨材の体積 (cm³)

$$V_c = \frac{W_1 + W_2 - W_3}{\gamma_m}$$

W₁ ; 空気中での試験片の質量
W₂ ; 空気中でのつり線の質量
W₃ ; メタノール中での試験片質量
γ_m ; t℃のメタノールの密度

(付表)

温度 ℃	メタノール(%)										
	99.0	99.1	99.2	99.8	99.4	99.5	99.6	99.7	99.8	99.9	100.0
10	0.8033	0.8031	0.8028	0.8025	0.8022	0.8019	0.8017	0.8014	0.8011	0.8008	0.8005
11	0.8023	0.8021	0.8018	0.8015	0.8012	0.8009	0.8007	0.8004	0.8001	0.7998	0.7995
12	0.8014	0.8012	0.8009	0.8006	0.8003	0.8000	0.7998	0.7995	0.7992	0.7989	0.7986
13	0.8005	0.8003	0.8000	0.7997	0.7994	0.7991	0.7989	0.7986	0.7988	0.7980	0.7977
14	0.7996	0.7994	0.7991	0.7988	0.7985	0.7982	0.7980	0.7977	0.7974	0.7971	0.7968
15	0.7987	0.7985	0.7982	0.7979	0.7976	0.7973	0.7971	0.7968	0.7965	0.7962	0.7959
16	0.7977	0.7975	0.7972	0.7969	0.7966	0.7963	0.7961	0.7958	0.7955	0.7952	0.7949
17	0.7968	0.7966	0.7963	0.7960	0.7957	0.7954	0.7952	0.7949	0.7946	0.7943	0.7940
18	0.7959	0.7957	0.7954	0.7951	0.7948	0.7945	0.7943	0.7940	0.7937	0.7934	0.7931
19	0.7950	0.7948	0.7945	0.7942	0.7939	0.7936	0.7934	0.7931	0.7928	0.7925	0.7922
20	0.7941	0.7939	0.7935	0.7933	0.7930	0.7927	0.7925	0.7922	0.7919	0.7916	0.7913
21	0.7931	0.7929	0.7925	0.7923	0.7920	0.7917	0.7915	0.7912	0.7909	0.7906	0.7903
22	0.7922	0.7920	0.7917	0.7914	0.7911	0.7908	0.7906	0.7903	0.7900	0.7897	0.7894
23	0.7919	0.7911	0.7908	0.7905	0.7902	0.7899	0.7897	0.7894	0.7891	0.7888	0.7885
24	0.7904	0.7902	0.7899	0.7896	0.7893	0.7890	0.7888	0.7885	0.7882	0.7879	0.7875
25	0.7895	0.7893	0.7890	0.7887	0.7884	0.7881	0.7879	0.7876	0.7873	0.7870	0.7867

7. 試験結果のまとめ方

連続空隙率は 3 個以上の試験片によって得られた値の平均値を JISZ8401 によって丸め、有効数字 3 桁で表す。

8. 記録

- (1) 連続空隙率
- (2) 使用したゴム骨材の種類
- (3) 試験片の寸法
- (4) 試験片の採取作成方法
- (5) 試験片の数
- (6) 試験温度
- (7) その他必要事項

5. 5 基本物性値試験方法

5. 5. 1 引張り試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装の基本物性を示す指標の1つで、多孔質弾性舗装の引張強さを測定する。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の引張り強さ、切断時伸びを測定する試験方法について規定する。

備考. 引用規格 J I S K 6 2 5 1

3. 試験装置

3. 1 試験装置

試験装置は、原則として J I S B 7 7 2 1 による。

3. 2 試験機の機構

試験機は、最大の引張力を指示する装置を備え、ダンベル状試験片に対し、自動的にしめるつかみ具を備えていなければならない。

3. 3 試験機の秤量

試験機の秤量は、試験時の最大の引張力がその秤量の 20~100% の範囲にあるものを用いなければならない。

3. 4 試験機の引張速度

試験機の引張速度は、試験片のつかみ具の移動速度が、5. 1 (3) に適合するものでなければならない。

3. 5 試験機の許容差

試験機の引張力の目盛の許容差は、それぞれの指示値の $\pm 1\%$ とする。

4. 試験片

4. 1 試験片の形状及び寸法

試験片の平行部分の厚さは $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$ とする。厚さ以外の形状及び寸法は J I S K 6 2 5 1 規定のダンベル状 1 号形とする。主要部分の寸法を示すと、平行部分の幅は $10 \pm 0.1\text{mm}$ であり、平行部分の長さは 40mm であり、標線間距離は 40mm である。

4. 2 試験片の採取作製

試験片の採取作製の方法は以下の方法による。 $1000 \times 1000 \times 30\text{mm}$ の舗装版からダンベルで打ち抜けるような大きさ以上になるよう適当な大きさに切り取る。舗装版表面部分を含まないように、舗装版表面よりおよそ 10mm の位置から舗装版の中心部分を厚み方向に 10mm の厚さでスライサーにて舗装版をスライスする。得られた舗装版から 1 号形状ダンベルにて打ち抜き、試験片を得る。

なお、スライサーでスライスできない舗装版およびダンベルで打ち抜けない舗装版については、同様の形状が得られるようなモールドから試験片を得てもよいが、その旨を明記すること。

また、舗装版が 2 層構造あるいは多層構造を有する場合は、各材料ごとに試験を行う。試験片を舗装版から採取する場合は、各層の中心部分を厚み方向に 10mm の厚さで採取する。舗装版からの採取が困難な場合は、モールドから試験片を得てもよいが、その旨を明記すること。

4. 3 試験片の数

試験片の数は 3 個以上とする。

4. 4 試験片の厚さ及び幅の測定

試験を行う前に、試験片の厚さ及び幅を測定する。

4. 4. 1 厚さの測定

(1) 測定方法

加圧面が平滑で直径 10mm 以下の測定子と平滑な面を有する測定台をもち、ゲージは 1% 又は 0.01mm 以下の誤差で測定できるものとする。

(2) 厚さの測定箇所

厚さの測定は、試験片の数カ所で行い、測定値の中央値（注 1）をその試験片の厚さとする。この場合、測厚器の加圧面が試験片の縁から外部に出たまま測定してはならない。測厚器の加圧面が試験片の縁から外部にでるような場合は、試験片を打ち抜く前にあらかじめその箇所の厚さを測定しておき、その値を試験片の厚さとする。

注 1 中央値とは、測定値を大きい順に並べたとき、測定値が奇数個のときはその中央にあたる値とし、測定値が偶数個のときは中央を挟む 2 つの値の平均値とする。

4. 4. 2 幅の測定

幅の測定は、打抜き型の幅（刃の内側のり）をそのまま用いる。

4. 4. 3 試験片の断面積

試験片の断面積（A）は、次式によって算出する。 厚さ（mm）×平行部の幅（mm）

4. 5 試験片の伸び測定用の標線

標線間距離を 40mm とし、標線は、試験片の平行部分に、その中央部分を中心として正確に、かつ鮮明に付けなければならない。

4. 6 試験片の選別

試験片の平行部分の厚さの不同が 0.5mm を超えるもの、幅の不同が 0.2mm を超えるもの、異物の混入したもの及び傷のある試験片は、試験に使用してはならない。

5. 試験方法

5. 1 試験条件 試験条件は次のとおりとする。

(1) 試験室の標準状態は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とし、相対湿度は $(50 \pm 5)\%$ が望ましい。

(2) 試験片は原則として製造後 16 時間以上経過したものであって、試験前 3 時間以上 5. 1 (1) の標準状態に置かなければならない。

(3) 引張速度は、 $100 \pm 10 \text{ mm/min}$ とする。

5. 2 操作方法 操作は、次のとおり行う。

(1) 試験片の取付け 試験片は試験中にゆがみ、つかみ具切れ、その他不都合を生じないように、正しく、かつ正確につかみ具に取付けなければならない。

(2) 引張強さ及び切断時伸びの測定 引張強さの測定は、3 の試験装置によって試験片の切断に至るまでの最大引張力を読み取る。

切断時の伸びの測定は、適切な方法によって切断時の標線間の長さを測定する。

6. 計算

6. 1 引張強さ 引張強さは、次の式(1)によって算出する。

$$T_B = F_B / A \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 T_B ：引張強さ (MPa) {kgf/cm²}

F_B ：最大引張力 (N) {kgf}

A ：試験片の断面積 (mm²) {cm²}

6. 2 切断時伸び 切断時伸びは、次の式(2)によって算出する。

$$E_B = 100 \times (L_1 - L_0) / L_0 \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 E_B ：切断時伸び (%)

L_0 ：標線間距離 (mm)

L_1 ：切断時の標線間距離 (mm)

7. 試験結果のまとめ方

引張強さ、切断時伸びは、3 個以上の試験片について試験を行い、6. の計算によって得られたそれぞれの値の中央値を引張強さは有効数字 3 桁で表し、切断時伸びは有効数字 2 桁で表す。

8. 記録 試験成績には、次の事項を記録しなければならない。

(1) 引張強さ、切断時伸び

(2) 試験片の寸法

(3) 試験片の採取作製方法

(4) 試験片の数

(5) その他必要事項

5. 5. 2 硬度測定方法

1. 目的

多孔質弾性舗装の基本物性を示す指標の1つで、多孔質弾性舗装の硬さを測定するために行う。
硬さ試験は原則としてスプリング式硬さ試験（アスカーCS型）によって行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の硬さを測定する試験方法について規定する。

3. 試験片

試験片は、原則として厚さ6mm以上のものを用い、6mm未満のものは積み重ねて、なるべく6mm以上とする。また試験片の測定面は平滑な面で行う。

大きさは、100mm×100mm以上あればよい。

4. 試験機

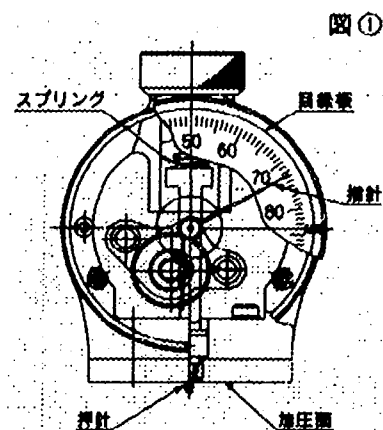
試験機は、図①のようなスプリング式硬さ試験（アスカーCS型）を用いる。

この試験機は、試験片表面に加圧面を接触させたとき、加圧面の中心の穴からバネ圧力によって突き出ている押板（押針）が弾性舗装面によって押し戻される距離を硬さとして目盛りに表示している。

押板の形状 : φ10の円筒状
スプリング荷重 : 100g（0度）
 4500g（100度）

加圧面の形状 : φ50の円形

試験機は1年に1回の定期検査が望ましい。



5. 試験条件

試験温度 試験温度は原則として、25℃±5℃とする。

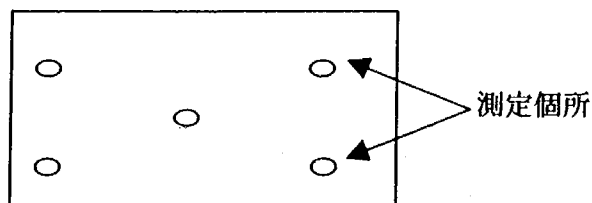
6. 試験方法

(1) 測定方法

試験機を垂直に保ち、押板が試験片測定面に垂直になるように加圧面を接触させて、直ちに目盛りを読み、その硬さを求める。

(2) 測定数

試験片の5ヶ所を測定する。但し、加圧面が試料片よりはみ出さないこと。



1ヶ所に当たり5点の測定を行い平均値をとる。但し異常値は除外する。

7. 試験結果のまとめ方

試験成績は、原則として5ヶ所の測定値の平均値を表す。

8. 記録

試験成績には、次の事柄を記録しなければならない。

- (1) 硬さ
- (2) 試験温度
- (3) その他必要事項

5. 5. 3 ヤング率、ポアソン比

1. 目的

多孔質弾性舗装の基本物性を示す指標の 1 つで、多孔質弾性舗装のヤング率とポアソン比を測定する。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装のヤング率とポアソン比を測定する試験方法について規定する。

参考規格 J I S K 6 2 5 4

3. 試験装置

3. 1 試験装置

試験装置は、原則として J I S B 7 7 3 3 による。

3. 2 試験機の機構

試験機は、最大の圧縮力を指示する装置を備えていなければならない。

3. 3 試験機の秤量

試験機の秤量は、試験時の最大の圧縮力がその秤量の 20～100%の範囲にあるものを用いなければならない。

3. 4 試験機の圧縮速度

試験機の圧縮速度は、治具の移動速度が 5. 1 (3) に適合するものでなければならない。

3. 5 試験機の許容差

試験機の圧縮応力の目盛の許容差は、それぞれの指示値の±1%とする。

3. 6 体積弾性率測定用治具

外枠：直径 9 9 mm、深さ 5 0 mm（底板付き）の円筒形治具

シリンダー：直径 9 8. 5 mm、厚み 4 0 mmの円柱形治具

4. 試験片

4. 1 試験供試体の形状及び寸法

供試体の形状及び寸法は、直径 99 ± 1 mm、厚み 30 ± 1 mmの供試体とし、円柱形モールドで成型したものとする。舗装版が 2 層構造あるいは多層構造の場合は、同様の構造の試験片を作成する。（各層の材料ごとの個別評価は不要）

4. 2 試験供試体の数

試験供試体の数は 3 個以上とする。

4. 3 試験供試体寸法の測定

試験を行う前に、供試体の寸法を測定する。供試体の直径は直角方向に 2 点とって測定する。供試体の厚みは円周を 4 等分した位置で 4 点測定する。いずれも、その平均値を供試体の直径及び厚みとする。

5. 試験方法

5. 1 試験条件

試験条件は次のとおりとする。

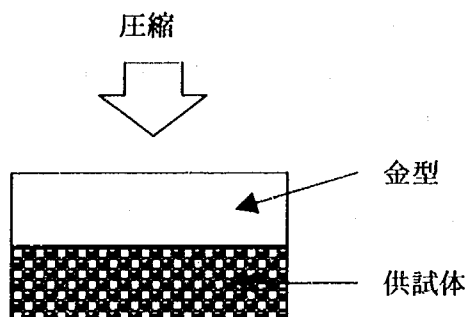
- (1) 試験室の室温は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。
- (2) 試験片は原則として製造後 16 時間以上経過したものであって、試験前 3 時間以上 5. 1 (1) の標準状態に置かなければならない。
- (3) 圧縮速度は、 $10 \pm 1 \text{ mm/min}$ とする。

5. 2 操作方法

操作は、次のとおり行う。

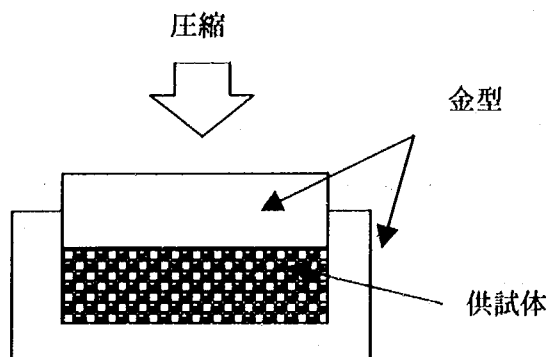
5. 2. 1 ヤング率の測定方法

試験片を側面フリーな状態で上面全体を上部から 6mm まで 2 回圧縮し、圧縮力とひずみの関係を記録する。記録された圧縮力とひずみの曲線から、2 回目の曲線で、曲線の立ち上がる点からのひずみが 2mm、及び 5mm (往路) のときの圧縮力 (P 1) を読み取る。(J I S K 6 2 5 4 図 1 参照)



5. 2. 2 体積弾性率の測定方法

3. 6 の治具 (外枠) の内側に、圧縮の際のすべりを良くするためラバーグリス等の潤滑剤を薄く均一に塗布する。試験片を治具 (外枠) に挿入し、治具 (シリンダー) でふたをしたのち、上部から 6mm まで 2 回圧縮し、圧縮力とひずみの関係を記録する。記録された圧縮力とひずみの曲線から、2 回目の曲線で、曲線の立ち上がる点からのひずみが 2mm、及び 5mm (往路) のときの圧縮力 (P 2) を読み取る。(J I S K 6 2 5 4 図 1 参照)



6. 計算

6. 1 ヤング率の算出方法

ヤング率 (E) は、次の式 (1) によって算出する。

$$E = \sigma / \varepsilon = (P_1 \cdot L) / A (\Delta L) \quad [N/m^2] \cdots (1)$$

ここに、 P_1 : 5. 2. 1 で測定した圧縮力

L : 供試体厚み

A : 供試体断面積

ΔL : 供試体厚み変化量

6. 2 体積弾性率及びポアソン比の算出方法

体積弾性率 (K) は、次の式 (2) によって算出する。

$$K = P / e = P_2 / \{A (\Delta V / V)\} \quad [N/m^2] \cdots (2)$$

ここに、 P_2 : 5. 2. 2 で測定した圧縮力

V : 供試体体積

ΔV : 供試体体積変化量

ポアソン比 (X) は、次の式 (3)、(4) によって算出する。

$$E = 3K (1 - 2X) \cdots (3)$$

すなわち、

$$X = 0.5 - E / 6K \cdots (4)$$

7. 試験結果のまとめ方

3 個以上の試験片について試験を行い、6. の計算によって得られたそれぞれの値の中央値 (注 1) を有効数字 3 桁で表す。

注 1 中央値とは、測定値を大きい順に並べたとき、測定値が奇数個のときはその中央にあたる値とし、測定値が偶数個のときは中央を挟む 2 つの値の平均値とする。

8. 記録 試験成績には、次の事項を記録しなければならない。

(1) ヤング率とポアソン比

(2) 供試体の寸法

(3) 供試体の数

(4) その他必要事項

5. 5. 4 線膨張係数

1. 目的

多孔質弾性舗装の基本物性を示す指標の1つで、多孔質弾性舗装の線膨張係数を測定する。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の線膨張係数を測定する試験方法について規定する。

備考. 参考規格 J I S R 2 2 0 7, ASTM D 6 9 6

3. 装置及び器具

試験装置は、測定温度を一定に保つことができる恒温槽と 0.1mm単位まで読み取り可能な寸法測定器具を用いる。はかりは、0.1g単位まで読み取り可能な重量計を用いる。

4. 試験片

4. 1 試験供試体の形状及び寸法

試験片の形状及び寸法は、300×300×30mmとする。

4. 2 試験片の採取作成

試験片は 1000×1000×30mmの舗装版から切り出して作成する。舗装版が 2 層構造あるいは多層構造を有する場合は、その構造のままで試験片を作成する。(各層の材料ごとの個別評価は不要)

4. 3 供試体の作製方法

(1) 試験室の標準状態 試験室の標準状態については、温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。また、必要な場合の相対湿度は $(50 \pm 5)\%$ が望ましい。

(2) 供試体の保管

a) 舗装材から採取した供試体の保管期間は、製造してから 3 か月以内、または入手してから 2 か月以内とする。

b) 型加硫または成形した供試体の保管期間は、加硫または成形してから 4 週間以内とする。

(3) 供試体の状態調節 供試体は、型枠成形後 16 時間以上経過したもので、温度だけ規定する場合は試験前 3 時間以上、温度と相対湿度を規定する場合は試験前 16 時間以上 (1) の標準状態に置かなければならない。

(4) 供試体の厚さ 供試体の厚さは、次に示すものの中から選択しなければならない。この場合、性能試験の目的に応じて、これ以外の厚さの供試体を用いることもできる。

$2 \pm 0.2\text{mm}$, $4 \pm 0.2\text{mm}$, $6.3 \pm 0.3\text{mm}$, $10.0 \pm 0.5\text{mm}$, $30.0 \pm 1.5\text{mm}$

(5) 供試体の採取・作製

a) 供試体を PERS から採取・作製する場合 供試体を PERS から採取・作製する場合は、次のとおり行う。

① PERS から適切な幅のゴム層をできるだけ平板状にそぎ取り、これから供試体を作製する。もし PERS が 2 層構造を形成している場合は各層から採取・作製しなければならない。

② PERS から採取した供試体の表面が平滑でない場合は、原則としてその両面を切削機、研

磨機などによって平滑にしなければならない。

備考 研削と(砥)石は、ISO 525 に規定する C-30-P-4-V(粗削り)及び C-60-P-4-V(仕上げ削り)が適切である。

- ③打抜き刃によって供試体を作製する場合は、下敷に革、ゴムベルト、ボール紙、その他弾力性のある板を使用し、一打または一挙動で打抜きを完了しなければならない。原則として、ベルトグラインダーなどの研磨機にかけてから打ち抜き、これができないときは、打ち抜いてから研磨してもよい。

注 1 打抜き刃方式は無機質の骨材ブレンド物のサンプルであっても打抜き可能である。

- ④ 円柱状供試体 PERSから適切な大きさのブロックを切り取り、規定の厚さに作製する。この際、上下両面が平行になるようにする。次に、回転刃を用いて規定の直径に切り抜く。この際、任意の半径にセットできる十字刃形の回転刃を使えば、円柱状供試体の切断面中央部の凹みは生じない。回転刃を用いない場合は、小刀または円形打抜き刃などで規定の直径にできるだけ近い寸法に切り出し、更にベルトグラインダーまたは円筒形グラインダーなどの研磨機によってなるべく発熱しないように規定の寸法に作製する。

- b) 供試体を型枠成形で作製する場合 供試体を型枠成形で作製する場合は、製品とできるだけ同程度の成形状態になるように温度・圧力を調整する。まず、該当する性能試験方法に規定された寸法・形状にプレス加硫し、必要により打抜き刃によって試験片を作製する。この場合下敷に革、ゴムベルト、ボール紙その他弾力性のある板を使用し、一打または一挙動で打抜きを完了しなければならない。

4. 4 試験供試体の数

試験片の数は3個以上とする。

4. 5 試験片の幅の測定

試験を行う前に、試験片の幅を測定する。測定前に、あらかじめ 50~70℃で 24 時間以上恒量(0.1%以内の重量差)になるまで乾燥する。試験片の幅の測定は、冷却後 30 分以上 25℃の状態に置いた後、平行部分をできるだけ等分した間隔で 4 点測定し、その平均値を幅とする。測定箇所にしるしをつけておく。

5. 試験方法

5. 1 試験条件

試験条件は次のとおりとする。

- (1) 試験温度範囲は、 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ から $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ までとし、測定温度はできるだけ多くの温度で測定する。(3点以上)
- (2) 供試体温度の測定は熱電対を用いて行い、供試体温度が所定の測定温度に達したことを確認後 30 分以上、測定温度状態に置かなければならない。

5. 2 操作方法

操作は、次のとおり行う。

(1) 試験片の置き方

試験片はゆがみ、その他不都合を生じないように、恒温槽内に置く。

(2) 幅の測定は、3の寸法測定器具によって4. 3でしるしをつけた測定箇所を測定し、その平均値をその測定温度での幅とする。

6. 計算 線膨張係数 (α) は次の式 (1) によって算出する。

$$\alpha = (L_2 - L_1) / [L_0 (T_2 - T_1)] \quad \cdots (1)$$

ここに、 L_0 : 25℃での供試体の幅 (cm)

L_1 : T_1 での供試体の幅 (cm)

L_2 : T_2 での供試体の幅 (cm)

T_1, T_2 : 測定温度 (℃)

7. 試験結果のまとめ方

3個以上の試験片について試験を行い、6.の計算によって得られたそれぞれの値の中央値(注1)を有効数字2桁で表す。単位は $\times 10^{-5} \text{ cm/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ で表し、測定温度 T_1 と T_2 の平均の温度での線膨張係数として報告する。

注1 中央値とは、測定値を大きい順に並べたとき、測定値が奇数個のときはその中央にあたる値とし、測定値が偶数個のときは中央を挟む2つの値の平均値とする。

8. 記録 試験成績には、次の事項を記録しなければならない。

(1) 線膨張係数とその測定温度及び測定温度範囲

(2) 試験片の寸法

(3) 試験片の数

(4) 必要に応じて測定温度を横軸に線膨張係数を縦軸にとった線膨張曲線図を添えて報告する。

(5) その他必要事項

5. 6 吸音率測定試験方法

騒音低減効果は、試験走路などに実際にPERSを施工し、路側に設置したマイクロホンで騒音を測定し密粒アスファルト舗装と比べるのが望ましいが、今回の共同研究では、多数の供試体を比較するため、2マイクロホン法により求められた垂直入射吸音率から吸音効果を算出する方法を採用した。

1. 目的

多孔質弾性舗装の騒音低減効果を評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の吸音率を、2マイクロホン法により求められた垂直入射吸音率にA特性の重み付けを行い、自動車を走行させた場合の吸音効果を把握することを目的とする。

3. 測定装置

2マイクロホンインピーダンス測定管

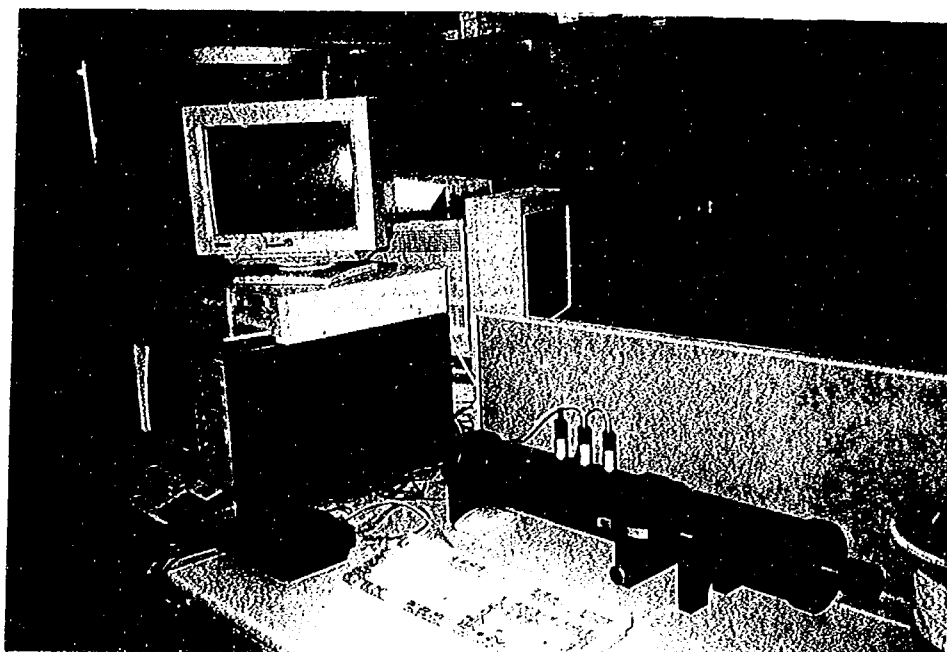


写真-1 垂直入射吸音率試験機

4. 試験方法

(1) 供試体

供試体面をできるだけ平らになるように、各供試体を切断またはモールドにより作成する（大型管用供試体 $\phi 98\text{mm} \times 30\text{mm}$ 、小型管用供試体 $\phi 28\text{mm} \times 30\text{mm}$ ）。なお、各サンプル数は $N=3$ とする。

(2) 試験の実施

- 1) 低周波域の測定：大型管のセットアップ（周波数範囲 50Hz～1.6kHz）
- 2) 高周波域の測定：小型管のセットアップ（周波数範囲 500Hz～6.4kHz）
- 3) マイクロホンをマイクロフォンホルダーに取り付ける。

- 4) サンプルホルダーにサンプルを取り付ける。
- 5) サンプルとサンプルホルダー間の空隙を粘土等で塞ぐ。
- 6) 機器の校正をし、垂直入射吸音率を測定する。

5. 結果の整理

(1) 反射係数Rの算定

2 マイクロホン位置における音圧の入射と反射成分から、反射係数Rを求められる。

$$R = \left(\frac{H_I - H_i}{H_r - H_I} \right) e^{j2k(l+s)}$$

H_I : 周波数応答関数、 H_i : 入射成分に関連する周波数応答関数、

H_r : 反射成分に関連する周波数応答関数、 k : 波数、

l : 第1 マイクロホン位置とサンプルの表面間の距離(mm)

s : マイクロホン間距離(mm)、 j : $j = \sqrt{-1}$ 、

(2) 求められた反射係数から吸音率 α を次式で求める。

$$\alpha = 1 - |R|^2$$

(3) 道路交通騒音の全周波数域に対する吸音率は、日本音響学会が提案している道路交通騒音の平均スペクトルをA特性により補正した周波数特性(表—1 参照)を用いて以下の式で加重平均して求める。

表—1 自動車騒音の周波数特性

1/3 オクターブバンド 中心周波数(Hz)	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3500	4000
特性(dB)	-4.9	-3.5	-2.3	-1.4	-1.0	-0.9	-1.2	-1.8	-2.8	-4.2	-6.0

$$\alpha_r = \sum (\alpha_i \times 10^{(L_{Ai}/10)}) / (\sum 10^{(L_{Ai}/10)})$$

α_r : 道路交通騒音に対する吸音率

L_{Ai} : i 番目の周波数における道路交通騒音のA特性スペクトル(dB)

α_i : i 番目周波数における吸音率

5. 7 すべり抵抗性試験方法

舗装面のすべり摩擦測定は、すべり摩擦測定車（建設省標準型すべり測定装置搭載車）による方法が最も望ましいが、今回の共同研究では試料数が多く、試験走路を施工するためには多くの表層板を製作する必要があること、さらに測定に要する時間が長くなるほどの理由により、すべり摩擦測定車に一番近い性能を持つダイナミック・フリクション・テスター（DFテスター）による方法を採用した。

1. 目的

多孔質弾性舗装材料の動摩擦係数を評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装材料の動摩擦係数を評価し、配合設計、骨材選定の基準とする。

供試体は、製造管理を実施した供試体から切り出すものとする。

3. 試験器具

(1) 回転式すべり抵抗測定器

測定器は、路面とタイヤゴムピースが接する構造で回転する円盤、回転時にタイヤゴムピースに作用する摩擦力等を計測する装置および記録装置で構成されるものとする。

タイヤゴムピースの取付け位置は円盤の底部の同一周線上とし、その取付けは測定中つねに路面に接している構造とする。また、タイヤゴムピースは「ASTM E 501」に規定された合成ゴムまたはすべり抵抗測定車の試験タイヤのタイヤコンパウンドの配合と同じものとする。

円盤は、駆動モータ等を用いて回転が与えられるものとする。また、測定中は円盤に一定の荷重（接地荷重）が加えられる構造とする。計測装置は、タイヤゴムピースに作用する摩擦力とタイヤゴムピースの線速度が計測できるものとする。記録装置はタイヤゴムピースの線速度とその速度時の摩擦力あるいは路面の動的摩擦係数が記録できるものとする。

回転式すべり抵抗測定器は、摩擦力と接地荷重および速度がキャリブレーションされていないといけない。

この測定器のポータブルな装置として、ダイナミック・フリクション・テスター（DFテスター）がある。DFテスターは円盤本体部とコントロールユニットおよびX-Yレコーダから構成されている。DFテスターの外観を写真-1に、構成を図-1に示す。

(2) 路面温度計

温度測定範囲-20℃～80℃、感度±1℃を上回るもの。

(3) 散水器具およびブラシ

測定する路面を水で湿潤にすることができる器具あるいは装置。ブラシは路面のゴミ等が十分に除去できるもの。

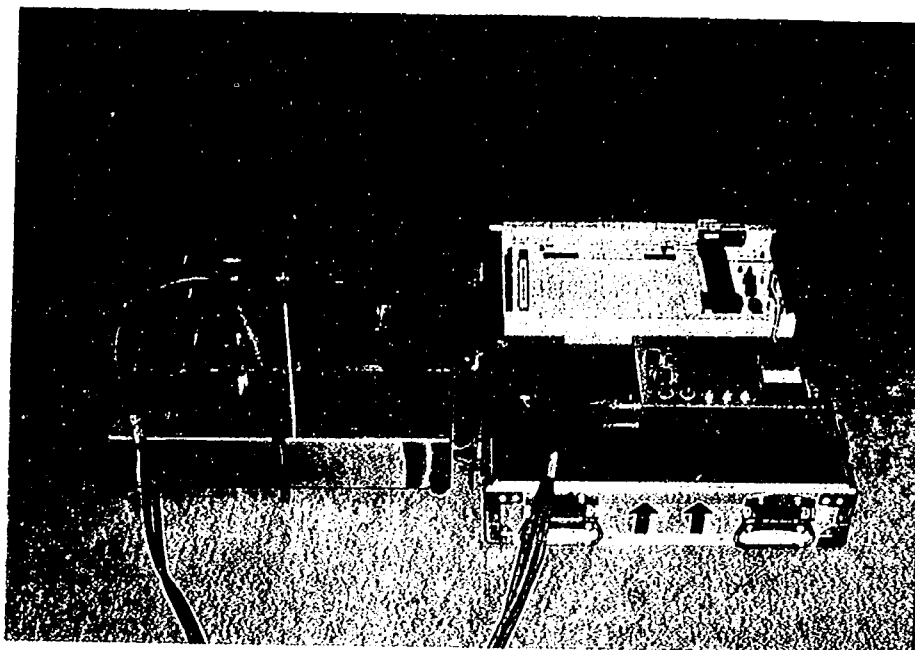


写真-1 DFテストの外観

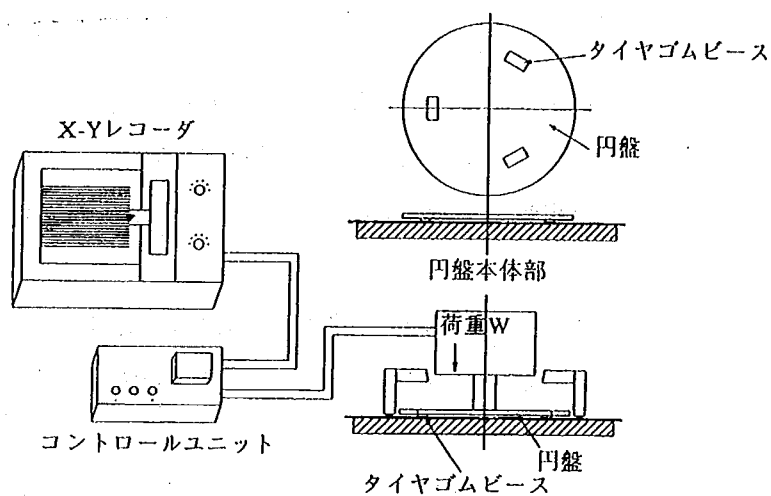


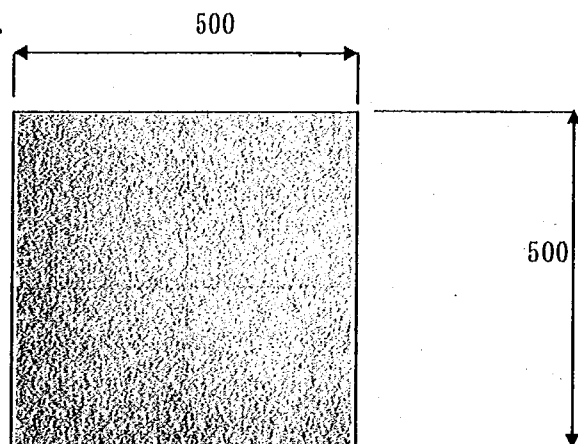
図-1 DFテストの構成

4. 試験方法

(1) 供試体の作成

多孔質弾性舗装材料（厚さ30mm）を下図の形状に切り出し、 $500\text{mm} \times 6\text{mm}$ の鉄板にエポキシ系接着剤にて貼り付けて供試体を作成する。

同一の材料に対し、供試体は、3枚作成する。



(2) 測定手順

1) 水浸

供試体を30分間水に浸漬し、棒等で押さえて泡が生じないことを確認する。

2) 回転式すべり測定器の準備

測定箇所付近にて回転式すべり測定器の本体に電源をつなぎ、測定用紙をプロッターにセットする。散水用水槽の水面高さは、1.0mとする。

3) 本体の設置

供試体を取り出して水平にセットし、回転を拘束するために錘にて供試体を固定する。1L程度の水をジョウロ等にて供試体にゆっくりと散水し、供試体上部に水膜ができることを確認する。

4) 回転式すべり測定器のセット

供試体中央に円盤が設置される様に本体をセットする。

5) 記録紙をプロッターにセットし、記録用紙のゼロ点にプロッターの針をセットする。

6) 円盤を供試体から離し、回転式すべり測定器に付属した散水装置により散水を開始する。

7) 駆動モーターにより円盤のタイヤゴムピースの線速度を90km/hまであげる。

8) 定速で回転している円盤を駆動モーターから切り離し、円盤のタイヤゴムピースを供試体に接地させる。

9) 測定は、試験器の向きを変えて3回実施し、測定路面は毎回散水する。なお、向きを変えた際に、0.03以上の値の変動が見られる場合には、各々の方向にて、3回ずつ計6回測定を行う。

10) タイヤゴムピースは、試験値に異常値が見られたり、または表面の摩耗が見られる場合に交換する。

5. 結果の整理

(1) 結果の整理

測定用紙に記録された結果より、10～80km/時まで10km/時きざみで動的摩擦係数を小数点以下第2位まで読みとる。

(2) 報告事項

1) 供試体名

2) 路面温度

3) 速度 (km/時) と動的摩擦係数

5. 8 多孔質弾性舗装の排水性試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装材料の透水性能を相対評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の透水性能を評価し、配合設計、骨材選定の基準とする。

3. 試験器具

(1) 現場透水試験機

図-1に示すもので付属品1式。

(2) 油性粘土（ゴム粘土）

(3) ストップウォッチ

0.1秒単位まで計測可能なもの。

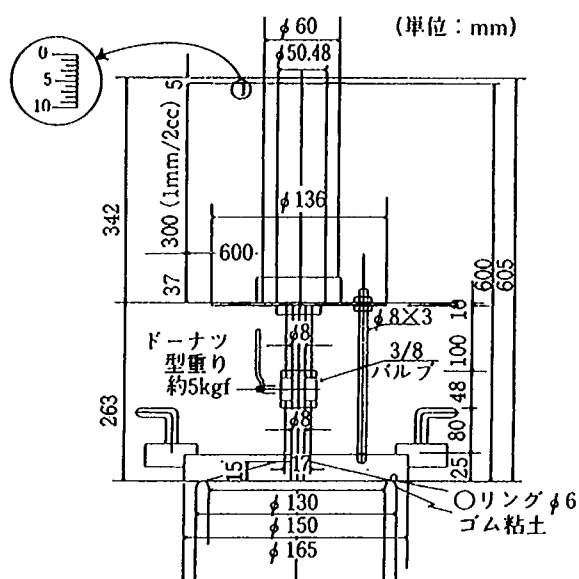


図-1 現場透水試験器

(4) 水

清浄なもの。

(5) 水槽

供試体（500×500×6）が充分浸水する大きさのもの。

(6) その他

水容器、ウエス。

4. 試験方法

(1) 供試体の制作

多孔質弾性舗装材料（厚さ 30mm）を 500mm×500mm の形状に切り出し、この形状に一致する 6mm の鉄板にエポキシ系接着剤にて張り付けて供試体を作成する。

同一の材料に対し、供試体は3枚作成する。

(2) 排水性試験

- 1) 試験は供試体が乾燥状態の場合と、1時間水浸養生した場合の2ケース実施する。水浸開始後5分間、および水浸完了前5分間は、棒等にてつつき気泡がでないことを確認する。
- 2) 現場透水試験器底版外周の底面に直径1cm程度のひも状に延ばした(長さ50cm程度)油性粘度を付着させる。次に、試験器を供試体に圧着させ、油性粘度部分から水漏れしないようにした後、底版上にドーナツ型の重りを乗せる。この際、粘土量が多いと、粘土が内側部へはみだし、透水面積を小さくする恐れがあるので注意が必要である。
- 3) 円筒部上端から100mlの位置に X_1 から400mlの位置に目印 X_2 を付ける。
- 4) コックを閉じて、水を円筒部上端まで注入する。
- 5) コックを一気に全開し、円筒部内の水位が X_1 から X_2 まで低下する経過時間(秒)をストップウォッチで計測し、記録する。
- 6) 4)、5)の作業を供試体中央部で場所を変えずに合計3回繰り返す。なお、乾燥状態の測定は、各測定ごとに1分程度の間隔をあけること。

5. 結果の整理

- (1) 3回の平均時間を秒単位で算出する。なお、この平均時間は、水400mlを流下させる時間である。
- (2) 算出した平均時間から15秒当たりの流下した水量を算出し、それを透水量(ml/15秒)とする。
- (3) 同種供試体3個の等水量(ml/秒)から平均値を算出する。

6. 注意事項

- ・ 1時間水浸養生した場合の試験は、供試体を水槽から取り出した後、速やかに実施すること。

5. 9 多孔質弾性舗装の保水性試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装材料の保水性能を相対評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の保水性能を評価し、配合設計、骨材選定の基準とする。

3. 試験器具

(1) 水槽

供試体 (500mm×500mm×6) が充分浸水する大きさのも。

(2) 水

清浄なもの。

(3) はかり

0.01kg まで計れるもの。

(4) その他

ウエス。

4. 試験方法

(1) 供試体の制作

多孔質弾性舗装材料 (厚さ 30mm) を 500mm×500mm の形状に切り出し、この形状に一致する 6mm の鉄板にエポキシ系接着剤にて張り付けて供試体を作成する。

同一の材料に対し、供試体は 3 枚作成する。

(2) 保水性試験手順

1) 乾燥時の供試体質量を測定し、0.01kg まで読みとる。

なお、乾燥時の質量は排水性試験の前に実施する。

2) 供試体を 1 時間水浸養生する。水浸開始後 5 分間、および水浸完了前 5 分間は、棒等にてつき気泡がでないことを確認する。

3) 養生後、供試体を取り出し、10 分間水平な場所に放置した後、ウエスで表面を軽くふき、鉄板を下にした状態ではかりに載せて質量を測定する。

なお、供試体の移動は常に鉄板を下にした状態で実施する。

4) その後、供試体を水槽から取り出してから、30分、1時間、3時間、6時間、12時間および24時間後の質量を測定する。

なお、水槽から取り出した供試体は常に水平な場所に放置する。

5. 結果の整理

(1) 各測定時における供試体の質量を読み取り、乾燥時の質量と比較して含水量を算出する。

(2) 取り出し10分経過後の含水量を基準に、各測定時の含水比を算出する。

(3) 同種供試体3個の各測定時に於ける平均含水比を算出する。

5. 10 耐久性試験方法

5. 10. 1 摩耗性試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装材料の耐摩耗性を評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装材料の耐摩耗性を評価し、配合設計、骨材選定の基準とする。

供試体は、製品から切り出すものとする。

3. 試験器具

回転するテーブル上の供試体上を、スパイクタイヤが回転走行することにより、摩擦作用を与える型の試験である。1回の試験で複数の供試体の試験が可能な試験である。

(1) 試験室

ラベリング試験機を据え付けることのできるかつ排水設備を有しているものとする。

1) スパイクラベリング試験機

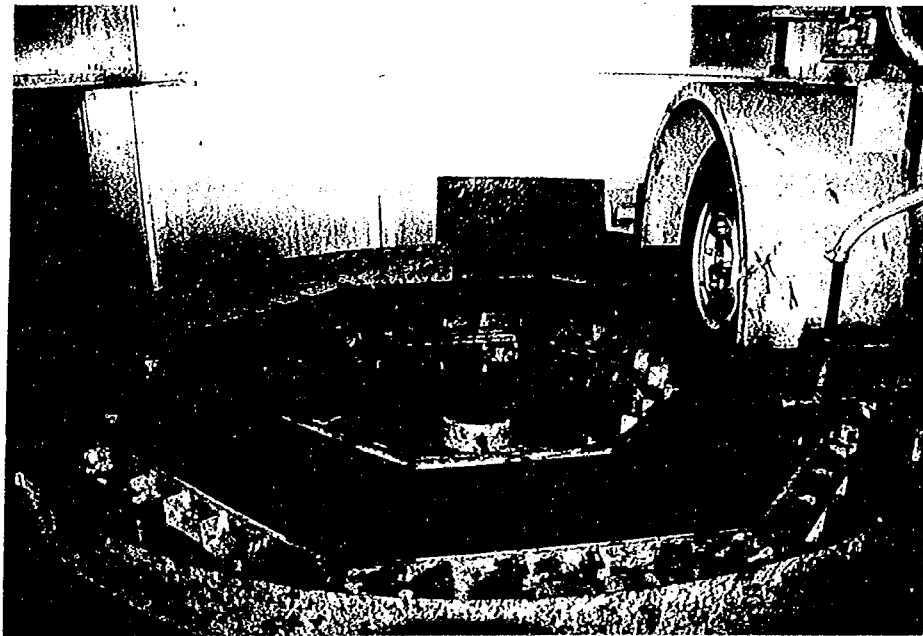


写真-1 スパイクラベリング試験機（建設省土木研究所所有）

円形の回転テーブル上に供試体を載せ、回転するスパイクタイヤがその供試体上を走行して摩擦作用を与える機構になっているもの。テーブルの回転はテーブル下に設けられた駆動装置によるものと、テーブルには駆動装置がなく、接したタイヤの回転により回転する機構のものがあるが、テーブル自体に駆動装置の付いたものが一般的である。また、スパイクタイヤが走行方向に対して左右にシフトする機構（トラバース機構）を持っていないなければならない。

2) 試験用タイヤ

プレロード走行用のノーマルタイヤ、およびスパイクラベリング走行用のスパイクタイヤ。スパイクタイヤはタイヤ中央にもスパイクピンが打ちこんであるもの。

3) おうとつ (凹凸) 測定器

1/100mmまで計測可能なもの。

または、凹凸の形状をXYプロッターにより書くことのできるタイプ、レーザー等を用いて形状を記録するタイプもあり、いずれの使用もよい。

注1) ダイアルゲージの先にローラーがついておりこのローラーが供試体上を走行して凹凸を測定する形式のものは、望ましくない。

4. 試験方法

(1) 供試体の作成

多孔質弾性舗装材料 (厚さ30mm) を図-1の形状に切り出し、この形状に一致する6mmの鉄板にエポキシ系接着剤にて貼り付けて供試体を作成する。

同一の材料に対し、供試体は、2枚作成する。

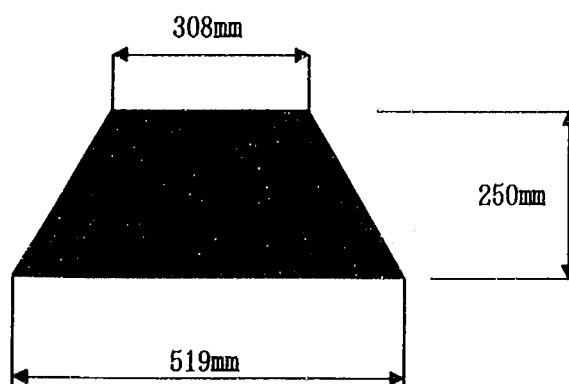


図-1 供試体形状

注2) 鉄板は、標記寸法より小さめ (各々の寸法-4~5mm程度) が好ましい。

(2) ラベリング試験

1) 試験室に供試体を搬入し、試験機のテーブルに取付け、供試体を4時間以上養生する。

2) 試験機にノーマルタイヤを取付け、表-1に示す条件でプレロード走行をさせる。

注3) 走行に先立って、テーブルの回転が安定するまでの数分間、タイヤを接地させないで、試験機の慣らし回転を行う。

3) プレロード走行終了後、試験機にスパイクタイヤを装着する。

4) 表-1に示す条件にてスパイクタイヤで30000回転走行させる。試験は供試体の片面についてのみ行う。

注4) 走行に先立って、テーブルの回転が安定するまでの数分間、タイヤを接地させないで、試験機の慣らし回転を行う。

5) スパイクトラベリング走行終了後、凹凸測定器によって、すり減り形状を測定する。すり減り形状は1つの供試体について3断面測定する。測定する断面の位置は、台形供試体の場合は図-2の位置を原則とする。また、供試体の状況を記入する。

注6) 供試体の寸法により、測定断面の位置が図-2に示す位置と多少異なる場合があるが、多少の位置ずれは結果に影響しない。

表-1 ラベリング試験条件（回転スパイクタイヤ型）

プレロード走行試験条件		スパイク走行試験条件	
慣らし回転	回転が安定するまで	慣らし回転	回転が安定するまで
テーブル速度	20km/h	テーブル速度	20km/h
タイヤ速度	20km/h	タイヤ速度	20km/h
タイヤ種類	ノーマルラジアル	タイヤ種類	オーツタイヤ 145SR 10 B-650
輪荷重	150kgf	輪荷重	150kgf
タイヤ空気圧	1.6kgf/cm ²	タイヤ空気圧	1.6kgf/cm ²
試験温度	記録	試験温度	記録
キャンバー角	原則として1.5°	キャンバー角	原則として1.5°
シフト幅	原則として±50mm	シフト幅	原則として±50mm
シフト速度	—	シフト速度	—
養生時間	4h以上	養生時間	4h以上
運転回数(時間)	5000回転	運転回数	30000回転
	回転数と走行時間の換算については式(3・7・5)に従う		
		散水量	2L/min
摩耗量の測定	デプスゲージ10mmピッチ3断面		

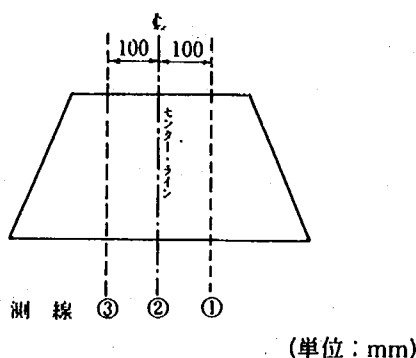


図-2 変形量測定位置図

5. 結果の整理

(1) 結果の算出

各断面の平均摩耗深さを式①により、またすり減り量（断面積）を式②により算出する。

平均摩耗深さ

$$\bar{x}(\text{cm}) = (x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_{n-1} + x_n) / (n-1) \quad \text{①}$$

すり減り量（断面積）

$$S(\text{cm}^2) = \bar{x} \times L \quad \text{②}$$

ここで、 x_i : i 点の摩耗深さ（cm）（図-3参照）

n : 測定点の数

L : 摩耗幅（cm）

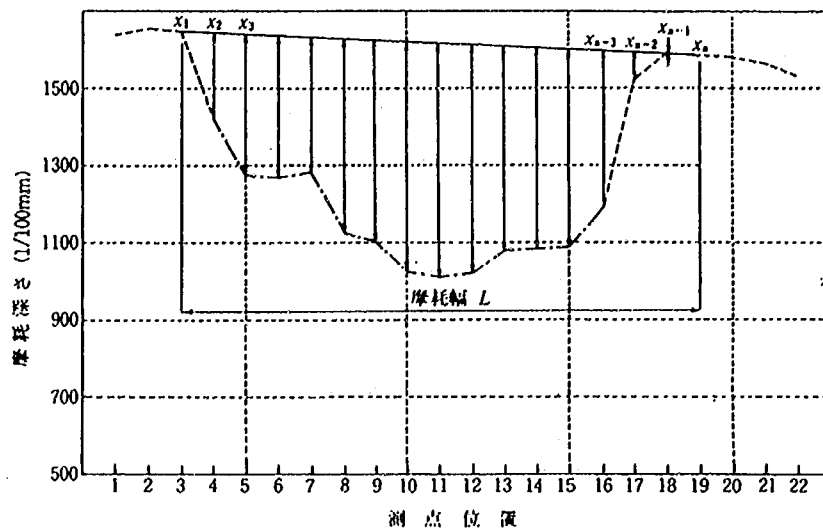


図-3 すり減り量算出方法

3断面のすり減り量の平均をもって供試体のすり減り量とし、同一配合の供試体2枚の平均値をもって、その配合の試験結果とする。

(2) 報告事項

- 1) すり減り量
- 2) 試験室温度（最高温度、最低温度）
- 3) 試験後の供試体の状況

6. 注意事項

- (1) 現場切り取り供試体について試験を実施する時は、供試体の下面に不陸があるため、供試体をテーブルにセットする前に、供試体の下面を石膏等で整形する必要がある。
- (2) 散水の有無は摩耗量に大きな影響を及ぼす。供試体の表面全体が濡れる程度の散水で十分であり、表-1では2 L/minとしている。
- (3) 本来0℃でスパイク走行を実施すべきではあるが、今回の実験の目的が多孔質弾性舗装材料の相対評価のために実施することであること、および多孔質弾性舗装材料がアスファルト材料と異なり弾性係数が大きく温度に依存しないことから試験温度に関する規定は設けず、試験温度を記録するにとどめた。
- (4) スパイクタイヤを繰返して使用した場合、2回目の試験では摩耗量が1回目の試験の7～8割程度に低下するとされる。したがってスパイクタイヤを1回の試験ごとに新品に交換すること。プレロード走行に使用するノーマルタイヤは、繰返し使用しても差し支えない。
- (5) 表-1に示した条件は建設省で提案されている標準試験条件と異なるため、他の機関の結果と単純に比較できない。
- (6) 表-1で走行回数は30000回と規定されているが、通常、試験は時間で管理するのが便利である。走行回数は下式を用いれば走行時間に換算できる。

$$\text{走行時間 } T_n = 2 \times 10^{-5} \times \frac{\pi \times r \times n}{v}$$

ここで、 r ：タイヤ走路半径 (cm)

n ：走行回数 (回)

L ：走行速度 (km/h)

5.10.2 湿熱劣化試験方法

PERSの耐久性に関しては、紫外線劣化・湿熱劣化が懸案され、議論されたが、ゴムメーカーの知見から紫外線劣化はPERS表面のみが対象となるために影響が小さいだろうとする判断に基づき、耐久性を示す評価試験として湿熱劣化を取り上げた。

1. 目的

湿熱劣化試験はPERSのバインダーの湿熱劣化を測定するために行う。湿熱劣化試験は原則として高温高湿度下で放置した後、引張強さ、伸び、及び硬さを測定し、処理前に対するそれらの値の変化をみるために行う。

2. 適用範囲

PERSの湿熱劣化を測定する試験方法について規定する。

参考規格 JIS K 6251 JIS K 6257

3. 試験片

試験片は、原則として引張試験、硬さ試験と同じ材料、方法によって作製し、湿熱劣化前に厚さ及び幅を測定し、伸び測定用の標線を付ける。

4. 試験機

試験装置は、恒温恒温試験装置を用いる。

調温調湿 : 熱風循環方式

温度精度 : 所定温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内

湿度精度 : 所定湿度 $\pm 4\%$ 以内

5. 試験条件

試験温度 試験温度は原則として、 $70\pm 1^{\circ}\text{C}$ とする。

試験湿度 試験湿度は原則として、 $95\pm 4\%$ とする。

試験時間 試験時間は4週間とする。

6. 試験方法

6.1 試験操作

試験片を試験機槽内につるして湿熱劣化する。このときつるされた試験片は互いに接触しないようにする。

試験片を置く場合は、試料間の間隔を十分にとり試料ごとに均一な雰囲気になるようにする。

また、互いに作用を及ぼすような、異なった種類の試験片を同時に入れてはならない。

6.2 測定方法

試験片は、規定時間湿熱劣化させたのち試験機槽から取り出し $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}\times 50\% \text{RH}$ 以内の雰囲気に10～24時間放置し、引張強さ、伸び及び硬さの測定を行う。

なお、引張強さ及び伸びの測定は引張試験に、硬さの測定は硬さ試験方法に準拠する。

7. 計算

7. 1 引張強さ及び伸びの変化率は、次の式によって計算する。

(1) 試験片 5 個の場合

$$A_R = \frac{\text{Median}(S_{21} + S_{22} + S_{23} + S_{24} + S_{25})}{\text{Median}(S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14} + S_{15})} \times 100$$

$$A_C = A_R - 100$$

(2) 試験片 4 個の場合

$$A_R = \frac{\text{Median}(S_{21} + S_{22} + S_{23} + S_{24})}{\text{Median}(S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14})} \times 100$$

$$A_C = A_R - 100$$

ここに、 A_R ：湿熱劣化前の試料の引張強さ、伸びに対する湿熱劣化後の試料の各残留率(%)

A_C ：湿熱劣化前の試料の引張強さ、伸びに対する湿熱劣化後の試料の各変化率(%)

$S_{11} \cdot S_{12} \cdot S_{13} \cdot S_{14} \cdot S_{15}$ ：湿熱劣化処理前の試験片の引張強さ、伸びの各測定値

$S_{21} \cdot S_{22} \cdot S_{23} \cdot S_{24} \cdot S_{25}$ ：湿熱劣化処理後の試験片の引張強さ、伸びの各測定値

Median：中央値。(4 個の場合、中央 2 個の平均値)

7. 2 硬さの変化は、次の式によって計算する。

$$A_H = H_2 - H_1$$

ここに A_H ：硬さの変化

H_2 ：湿熱劣化前の硬さ

H_1 ：湿熱劣化後の硬さ

8. 試験結果のまとめ方

試験成績は、原則として 5 個の試験片の測定値によって求める。ただし、5 個とれない場合は 4 個とする。この場合には、試験片の数を記録しなければならない。

9. 記録 試験成績には、次の事柄を記録しなければならない。

①引張強さ、伸びの変化率及び硬さの変化

②湿熱劣化試験温度、湿度及び時間

③その他必要事項

5. 1 1 その他試験方法

その他試験方法として「耐火性試験方法」ならびに「溶出試験方法」があるが、既往の材料に関して性能が確認されており、配合において耐火性上問題があったり、有害物質が湧出する恐れのある材料を選定しないことを前提とし、性能確認試験には含まないこととした。ここでは、参考としてその試験方法について示すものである。

5. 1 1. 1 耐火性試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装材料の耐火性能（延焼性能）を評価するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装の延焼性能を評価し、配合設計、骨材選定の基準とする。

3. 試験器具

- (1) 熱電対 4ヶ
- (2) 放射温度計
- (3) 8mmビデオ
- (4) ガソリン 36 リットルおよび保管容器
- (5) 経由 36 リットルおよび保管容器
- (6) 着火装置（遠隔操作の可能なもの）
- (7) その他
消化器、鋼製巻き尺

4. 試験方法

(1) 供試体

多孔質弾性舗装材料（厚さ 30mm）を 5m×5m の範囲に敷設する。供試体は 2ヶ（ガソリン用と軽油用）設置する。

(2) 耐火性試験方法

- 1) 供試体表面にあらかじめ、中心から 50cm おきに熱電対を 4ヶ所（燃料散布領域の中心から 50, 100, 150, 200cm の地点）設置する。
- 2) 撮影用のビデオならびに放射温度計を燃焼領域外の安全な地点に設置する。
- 3) 燃料（ガソリン又は軽油）を各々中心において 35 リットル流出させる。。
- 4) 安全な位置に待避した後、着火装置にて燃料に着火。
- 5) 温度の経時変化を 1分おきに記録し、延焼がおさまった後 2分後に消火。
- 6) 消火後、安全を確認した上で延焼範囲を計測。

5. 結果の整理

- (1) 試験日の天候、気温、および湿度を記録する。
- (2) 最大温度を測定位置別に記録する。
- (3) 延焼範囲を記録する。
- (4) 延焼の状況を記録する。

5. 1. 1. 2 溶出試験方法

1. 目的

多孔質弾性舗装材料から有害物質の溶出が無いことを確認するために行う。

2. 適用範囲

多孔質弾性舗装材料から有害物質がでないことを確認し、配合設計、骨材選定の基準とする。

3. 試験方法

(1) 試料調整および抽出方法（適用基準：建設省土木研究所 副産物総プロ法）

1) 試料の作成

採取した試料を風乾し 20～50mm に粉砕する。

2) 試料の調整

試料（単位 g）と溶媒（CO₂ ガスを約 20 分間バブリングして飽和させ、初期 pH が約 4.0 となるようにした脱イオン水、単位 ml）とを重量体積比 1:10 の割合で混合し、その混合液が 500ml となるようにする。

3) 溶出

調整した試料液を常温（概ね 20℃）、常圧（概ね 1 気圧）で攪拌機（あらかじめ攪拌機の回転数を毎分約 200 回転に調整したもの）を用いて、24 時間連続して攪拌する。

4) 検液の作成

試料液を 10～30 分程度静置後、毎分 3,000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブランフィルターで濾過して濾液を取り、定量に必要な量を性格に計り取って、これを検液とする。

(2) 溶出基準値

適用基準：土壤環境基準

分析項目	基準値
カドミウム	0.01 mg/l 以下
鉛	0.01 mg/l 以下
総水銀	0.0005 mg/l 以下
六価クロム	0.05 mg/l 以下
砒素	0.01 mg/l 以下
銅	1.0 mg/l 以下
全シアン	不検出

注）銅については、新水道水質環境基準を適用する。

5. 1 2 性能試験実施項目と実施機関

性能試験実施項目と実施機関を表－5. 1に示す。

表－5. 1 性能試験実施項目と実施機関

性能確認項目	試験名称	実施理由	試験実施機関名
品質管理	原材料管理方法	現状における原材料の粒度等の管理方法を示す。	材料開発機関
	寸法・厚さ測定	寸法・厚さのばらつきを明らかにする。	材料開発機関
	多孔質構造管理	空隙の管理方法について示す。	材料開発機関
基本物性値	引張り試験	材料強度管理のための基礎資料とする。	材料開発機関
	硬度測定	簡易な材料管理用試験としての基礎資料を得る。	材料開発機関
	ヤング率・ポアソン比測定	材料強度管理するための設計基礎資料とする。	材料開発機関
	線膨張係数測定	同上	材料開発機関
吸音性能	吸音特性試験	低騒音舗装材料として機能を既往の材料と比較して問題が無いかを確認する。	土木研究センター
摩擦係数	すべり抵抗性試験	多孔質弾性舗装材料に応じた湿潤時のすべり摩擦係数の測定を実施し相対的に比較することで改善の度合いを推定する。	土木研究センター
排水性能	排水性試験	設置した際の排水性能を予測する資料とし、かつすべり抵抗性との関連性について明確にする。	土木研究センター
	吸水性試験	排水構造解明の基礎資料とする。	土木研究センター
耐久性	摩耗性試験	相対的に比較することで摩耗に対する耐久性を確認する。	土木研究センター
	湿熱劣化試験	相対的に比較することで、温度・湿度の変化に対する耐久性を確認する。	材料開発機関
耐火性	耐火性試験	既往の実験結果の適用が可能と判断し実施しない。	—
環境安全性	溶出試験	既往の実験結果の適用が可能と判断し実施しない。	—

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名:アサヒゴム株式会社

試作品製作の経緯

1. 成形法 現場施工法(常温硬化)
2. 配合 強度アップのため、EDPM粒状ゴムを併用し、滑り摩擦係数アップのため、セラミック系骨材を使用してサンプル作製を行った。

製造記号		AG99GS33					
製造所		製造工場：アサヒゴム株式会社					
		所在地：埼玉県大里郡花園町大字北根15番地					
		製造責任者：植山 高志					
製造材料	日料	1998年12月23日					
		ゴムチップ	形状	粒状ゴム(EPDM)		粒状ゴム(タイヤ)	
			粉碎方法	機械粉碎		機械粉碎	
			粒度分布 (%)	3.36mm以上	0.0%	3.36mm以上	0.0%
				2.00～3.36 mm	65.6%	2.00～ 3.36 mm	40.5%
				1.00～2.00 mm	33.0%	1.00～2.00 mm	51.9%
				1.00mm以下	1.4%	1.00mm以下	7.6%
			密度(g/cm ³)	1.33		1.21	
			かさ密度(g/cm ³)	0.63		0.48	
			加熱減量(%)	0.55		0.63	
		バインダー	材質	湿気硬化タイプウレタン樹脂			
			比重	1.08			
		他の配合物		セラミック系骨材			
		配 合	粒状ゴム(EPDM)		50	重量%	
			粒状ゴム(タイヤ)		50	重量%	
			バインダー		25	重量%	
			他の配合物	骨材	25	重量%	
前処理剤	2			重量%			
成 型	金型	材質	アルミ枠				
		寸法	500 mm× 500 mm× 30 mm				
	成型条件	℃× min.					
	加圧方向	現場施工法					
	離型剤	なし					
同時製造枚数		5枚					
備 考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名:オカモト株式会社

試作品製作の経緯

すべり抵抗の改善:使用骨材の形状、硬さ、コストから選択
界面活性剤:PERS表面の疎水性を改善するため使用

製 造 記 号	OK98FS35						
製 造 所	製 造 工 場 : オカモト株式会社 福島工場 所 在 地 : 福島県いわき市平赤井字日渡71 製造責任者: 松本 富士夫						
製 造 日 料	1998 / 12 /						
材	ゴムチップ	形 状	ひじき状ゴム(S)				
		粉碎方法	ピーリング				
		粒度分布 (%)	3.36 mm以上	3%	mm以上	%	
			3.36 ~ 1.14 mm	75%	~ mm	%	
			1.14 ~ 1.00 mm	12%	~ mm	%	
			1.00 mm以下	10%	mm以下	%	
		密度(g/m ³)	1.15				
		かさ密度(g/m ³)	0.32				
		加熱減量(%)	1				
	バインダー	材質	ウレタン樹脂				
		比重	1.04				
	他の配合物		砕石 (スクリーニングス)				
			界面活性剤				
	配 合	ひじき状ゴム(S)		企業秘としたい			
				企業秘としたい			
バインダー		企業秘としたい					
他の配合物		砕石	企業秘としたい				
		界面活性剤	企業秘としたい				
成 型	金型	材質	鋼材				
		寸法	1015mm × 1015mm × 32mm				
	成型条件		150℃ × 30min.				
	加圧方向		上下面方向				
	離型剤		シリコンポリマー				
同時製造枚数	4枚						
備 考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用						

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: オーツタイヤ株式会社

試作品製作の経緯

摩擦係数向上のため硬質骨材を配合した。そうすると試作品の引張物性が小さくなったので物性を大きくするためにバインダー量を増加した。

製造記号		OH99FL34						
製造所		製造工場: 泉大津工場						
		所在地: 大阪府泉大津市河原町9-1						
		製造責任者: 山本勝志						
製造材料	日料	1999年1月7日						
		ゴムチップ	形状	ひじき状ゴム				
			粉碎方法	再生用タイヤ切削				
			粒度分布 (%)	3.36mm以上	2.0%	mm以上	%	
				3.36~1.00mm	97.7%	~ mm	%	
				~ mm	%	~ mm	%	
				1.00mm以下	0.3%	mm以下	%	
			密度(g/cm ³)	1.15				
			かさ密度(g/cm ³)	0.31				
		加熱減量(%)	0.70					
		バインダー	材質	ウレタン樹脂				
			比重	1.04				
		他の配合物		硬質骨材				
		配合	ひじき状ゴム		48 重量%			
					重量%			
			バインダー		18 重量%			
	他の配合物		硬質骨材	34 重量%				
			重量%					
成型	金型	材質	鉄					
		寸法	1010mm×1010mm×31mm					
	成型条件	160℃×20min.						
	加圧方向	上下方向(10.0MPa)						
	離型剤	テフロンコーティング						
同時製造枚数		10枚						
備考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用							

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名:住友ゴム工業株式会社

試作品製作の経緯

ひじき状ゴム及びバインダーは引張強度を重視して選択した。表層面へのバインダーの露出、膜張り防止と表面粗度を上げるため有機系骨材を添加してすべり抵抗の向上をはかった。

製 造 記 号		SRI98FS35					
製 造 所		製 造 工 場：開示しない					
		所 在 地：同上					
		製 造 責 任 者：石田孝明					
製 造 日 料 材	1998年12月25日						
	ゴムチップ	形 状	ひじき状ゴム				
		粉碎方法					
		粒度分布 (%)	3.36mm以上	0%	mm以上	%	
			1.00～3.36mm	95%	～ mm	%	
			1.00mm以下	5%	～ mm	%	
					mm以下	%	
		密度(g／m ³)	1.15				
		かさ密度(g／m ³)	0.32				
	加熱減量(%)	0.5					
	バインダー	材 質	ウレタン樹脂				
		比 重	1.1				
	他の配合物		有機系骨材				
	配 合	ひじき状ゴム		100	重量%		
			重量%				
バインダー		15	重量%				
他の配合物		有機系骨材	数	重量%			
		顔料	1	重量%			
成 型	金型		材質	アルミニウム			
			寸法	1000mm×1000mm×30mm			
	成型条件		150℃×15min.				
	加圧方向		上下面方向(0.072MPa)				
	離型剤		不使用				
同時製造枚数		10枚					
備 考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名:株式会社ディスカバリー

試作品製作の経緯

空隙率アップのため、ディスカバリー社製特殊チップを使用した。
また、経時による寸法安定化及び強度アップのため、ひじき状ゴムLサイズを使用している。
本配合は、排水性・強度アップを主眼に置いたため、すべり抵抗の向上のための処置は行なっていない。
また、バインダーとゴムチップの接着性向上のため、ゴムチップはあらかじめ表面改質を行なっている。

製 造 記 号	DC. 99. FLGL. 40						
製 造 所	製造工場：株式会社ディスカバリー本社工場 所 在 地：長崎県大村市今富町860-1 製造責任者 伊生雅一						
製 造 日	1999年1月14日						
材 料	ゴムチップ	形 状	ひじき状ゴム			特殊ゴムチップ	
		粉碎方法	常温粉碎				
		粒度分布 (%)	6. 5mm以上		6. 5mm以上		
			6. 5～4. 74mm		6. 5～4. 74mm	68.2%	
			4. 75～3. 36mm	100%	4. 75～3. 36mm	31.8%	
			3. 36mm以下		3. 36mm以下		
		密度(g/cm ³)	1.15			1.19	
		かさ密度(g/cm ³)	0.44				
		加熱減量(%)	0.81				
	バインダー	材質	変性ウレタン樹脂				
		比重	1.05				
	他の配合物		ゴムチップ表面改質剤				
	配 合	ゴムチップ		(ひじき状ゴム)	75	重量%	
ゴムチップ		(特殊ゴムチップ)	25	重量%			
バインダー			15	重量%			
他の配合物					重量%		
						重量%	
成 型	金型		材質	スチール			
			寸法	508mm×508mm×30mm			
	成型条件		160℃×20 min.				
	加圧方向		上下方向				
	離型剤		なし				
同時製造枚数	4枚						
備 考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用						

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 株式会社ディスカバリー

試作品製作の経緯

排水舗装の研究概念を応用し、砂利をゴム、アスファルトをウレタン樹脂に置換した考え方にて設計した。表層板の強度アップのため粒状ゴム表面を改質している。排水性向上及び騒音低減のため、バインダー量を低減した。

製造記号	DC. 99. GL. 20					
製造所	製造工場：株式会社ディスカバリー本社工場 所在地：長崎県大村市今富町860-1 製造責任者：伊生雅一					
製造日	1999年1月14日					
材 料	ゴムチップ	形状	粒状ゴム			
		粉碎方法	冷凍粉碎			
		粒度分布 (%)	6. 5mm以上			
			6. 5～4. 74mm	100%		
			4. 75～3. 36mm			
			3. 36mm以下			
		密度(g/cm ³)	1.05			
		かさ密度(g/cm ³)	0.51			
	加熱減量(%)	0.85				
	バインダー	材質	変性ウレタン樹脂			
		比重	1.05			
	他の配合物		ゴムチップ表面改質剤			
配 合	ゴム粉		100 重量%			
	バインダー		7.5 重量%			
	他の配合物		重量%			
			重量%			
成 型	金型		材質	スチール		
			寸法	508mm×508mm×30mm		
	成型条件		160℃×20 min.			
	加圧方向		上下方向			
	離型剤		なし			
同時製造枚数	4枚					
備 考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用(土木研究所案)					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 東海ゴム工業株式会社

試作品製作の経緯

当社は試作品を2種類提出している。(摩擦係数重視、強度重視系)

本品はその内の摩擦係数重視系である。

摩擦係数改良は、弾性舗装上の水膜に着目し、以下の手法で行った。

- ①硬質骨材添加による水切り効果付与
- ②底面にドレーンを設けることでの水膜形成の抑制

製造記号	TRI-99FL40A					
製造所	製造工場：東海ゴム工業株式会社 所在地：愛知県小牧市北外山哥津3600 製造責任者：岡崎 俊和					
製造日	1999年1月11日					
材 料	ゴムチップ	形状	ひじき状ゴム			
		粉碎方法	切削			
		粒度分布 (%)	3. 36mm以上	1%		
			3. 36～1. 41mm	62%		
			1. 41～1. 00mm	32%		
			1. 00mm以下	5%		
		密度(g/cm ³)	1.15			
		かさ密度(g/cm ³)	0.3			
	加熱減量(%)	1.0				
	バインダー	材質	ウレタン樹脂			
		比重	1.04			
	他の配合物		硬質骨材			
配 合	ひじき状ゴム		開示しない		重量%	
	バインダー		開示しない		重量%	
	他の配合物	硬質骨材	開示しない		重量%	
					重量%	
成 型	金型		材質	鉄		
			寸法	1013mm×1013mm×30. 4mm		
	成型条件		150℃×30 min.			
	加圧方向		上下方向(8MPa)			
	離型剤		不使用			
同時製造枚数	7枚					
備 考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 東海ゴム工業株式会社

試作品製作の経緯

当社は試作品を2種類提出している。(摩擦係数重視、強度重視系)

本品はその内の強度重視系である。

摩擦係数重視系をベースに、水切り効果付与に用いられる硬質骨材添加量の調整で強度と摩擦係数のバランスを取っている。

(摩擦係数改良に用いられる硬質骨材添加は強度を低下させる為)

製造記号	TRI-99FL40B						
製造所	製造工場：東海ゴム工業株式会社 所在地：愛知県小牧市北外山哥津3600 製造責任者：岡崎 俊和						
製造材料	1999年1月11日						
	ゴムチップ	形状	ひじき状ゴム				
		粉碎方法	切削				
		粒度分布 (%)	3. 36mm以上	1%			
			3. 36～1. 41mm	62%			
			1. 41～1. 00mm	32%			
			1. 00mm以下	5%			
		密度(g/cm ³)	1.15				
		かさ密度(g/cm ³)	0.3				
		加熱減量(%)	1.0				
	バインダー	材質	ウレタン樹脂				
		比重	1.04				
	他の配合物		硬質骨材				
	配合	ひじき状ゴム		開示しない		重量%	
バインダー		開示しない		重量%			
他の配合物		硬質骨材	開示しない		重量%		
					重量%		
成型	金型		材質	鉄			
			寸法	1013mm×1013mm×30. 4mm			
	成型条件		150℃×30 min.				
	加圧方向		上下方向(8MPa)				
	離型剤		不使用				
同時製造枚数	7枚						
備考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用						

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 東洋ゴム工業株式会社

試作品製作の経緯

PERSでは吸音性・滑り抵抗性・排水性・耐摩耗性等の特性が重要であり、これらの特性のバランスをとる必要がある。我々は、滑り抵抗性・耐摩耗性・排水性が主として必要な上層と滑り抵抗性・耐摩耗性があまり必要でないと考えられる下層とにわけ、下層には吸音性能を持たせることで特性バランスを向上させた。具体的には比較的単粒度で大粒径の粒状ゴムからなる層を上層とし、小粒径の粒状ゴムからなる層を下層とする2層構造とした。

また、上層には磨耗に耐えるよう強力な接着力を持つバインダーを多く用い、下層には弾性を維持するようなバインダーを使用している。粒径の大きい層が上層(表層)にあるため、ゴムチップ粒子とゴムチップ粒子の間隙が大きくなる。したがって、排水性に優れ雨水がたまりにくくなり、走行車両と直接接する舗装表面に必要なすべり抵抗性がこれにより向上する。

また、粒径の小さなゴムチップを使用して下層を作製することにより、吸音性にも優れたPERSが得られた。

製造記号		TR98GLGS35					
製造所		製造工場：東洋ゴム工業株式会社兵庫事業所(明石工場)					
		所在地：兵庫県加古郡稲美町六分一字1183					
		製造(試作)責任者:大原					
製造材料	日料	1998年12月16日					
		ゴムチップ	形状	粒状ゴム(L)		粒状ゴム(S)	
			粉碎方法	常温粉碎		常温粉碎	
			粒度分布 (%)	5.66mm以上	0%	3.36mm以上	0%
				5.66～4.76mm	10%	3.36～2.83mm	8%
				4.76～2.83mm	75%	2.83～1.00mm	64%
				2.83mm以下	15%	1.00mm以下	28%
			密度(g/m ³)	1.16		1.18	
			かさ密度(g/m ³)	0.48		0.41	
		加熱減量(%)	粒状ゴムのため記入不要(試験項目にない)				
		バインダー	材質	ポリウレタン樹脂			
			比重	0.9			
		他の配合物		なし			
		配合	粒状ゴム(L)		100 重量%		0 重量%
	粒状ゴム(S)		0 重量%		100 重量%		
バインダー			17.3 重量%		15.9 重量%		
他の配合物	なし		0 重量%		0 重量%		
			0 重量%		0 重量%		
成型	金型	材質	鉄製				
		寸法	1015mm×1015mm×30mm				
	成型条件		150℃×30min.				
	加圧方向		上下面方向				
	離型剤		長鎖脂肪酸スルホン酸塩				
同時製造枚数		5枚					
備考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 日東化工株式会社

試作品製作の経緯

摩擦係数を向上させるため、表層版の表面に突起状パターン(30φ)を設けた。

突起状パターンにするため、特にウレタンバインダー選定に注力し、耐久性に相関する引張強さ・伸びの向上策を計り製作した。

製造記号		NT99FLGS35					
製造所		製造工場：日東化工株式会社 湘南事業所 所在地：神奈川県高座郡寒川町一之宮 6-1-3 製造責任者：中村晴隆					
製造材料	日料	1999年1月8日					
		ゴムチップ	形状	ひじき状ゴム		粒状ゴム	
			粉碎方法	再生タイヤ製造時の切削ゴムチップ		冷凍常温粉碎	
			粒度分布 (%)	3.36mm以上	19.0%	3.36mm以上	0.0%
				3.36～1.00mm	80.7%	3.36～1.00mm	97.7%
				～ mm		～ mm	
				1.00mm以下	0.3%	1.00mm以下	2.3%
			密度(g/m ³)	1.15		1.16	
			かさ密度(g/m ³)	0.281		0.48	
		加熱減量(%)	1.5		—		
		バインダー	材質	ポリウレタン樹脂			
			比重	1.05			
		他の配合物		—			
				—			
	配 合	ひじき状ゴム		50 重量%			
粒状ゴム		50 重量%					
バインダー		15 重量%					
他の配合物		—	重量%				
		—	重量%				
成 型	金型	材質	鉄製(SS400)				
		寸法	1015mm×1015mm×30mm				
	成型条件		150℃×30min.				
	加圧方向		上下面方向(加圧力 3.45MPa)				
	離型剤		シリコン/フッ素系				
同時製造枚数		4枚					
備 考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: バンドー化学株式会社

試作品製作の経緯

1. 摩擦係数向上をねらいとして、突起による抵抗増加のため、鉱物質骨材をひじき状ゴムにブレンド。
2. 吸音率向上と排水性向上のため、空隙率を40%の設計値にした。
3. 各配合量については鉱物質骨材とバインダーの最適化実験により設定した。
4. ポリオールはひじき状ゴムの表面洗浄とバインダーとの接着向上のため配合した。

製 造 記 号		CB98T3						
製 造 所		製 造 工 場：バンドー化学(株)南海工場						
		所 在 地：大阪府泉南市男里5－20－1						
		製 造 責 任 者：熊本						
製 造 日 料 材	1998年12月15日							
	ゴムチップ	形 状	ひじき状ゴム					
		粉碎方法	常温粉碎					
		粒度分布 (%)	mm以上	%		mm以上	%	
			3.36～1.00mm	94%		～ mm	%	
			～ mm	%		～ mm	%	
			1.00mm以下	6%		mm以下	%	
		密度(g/cm ³)	1.16					
		かさ密度(g/cm ³)	0.3					
	加熱減量(%)	0.8						
	バインダー	材質	ウレタン樹脂					
		比重	1.1					
	他の配合物		鉱物質骨材					
			ポリオール					
	配 合	ひじき状ゴム		56.9 重量%				
				重量%				
		バインダー		11.4 重量%				
他の配合物		鉱物質骨材	30.6 重量%					
		ポリオール	1.14 重量%					
成 型	金 型		材質	鉄				
			寸法	1000mm×2000mm×30mm				
	成型条件		160℃×20min.					
	加圧方向		上下方向(加圧力2.8MPa)					
	離型剤		フッ素系					
同時製造枚数		5枚						
備 考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用						

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 藤本産業株式会社

試作品製作の経緯

摩擦係数の向上、排水性、騒音低減等の向上は同一線上にある。摩擦係数が低いのは制動時にタイヤの歪みとともにPERSの変形歪みによるものが大きいと考え、変形歪みが連続して起こらないような構造を作ることとした。つまり、空隙が自動車の進行方向に連続せず上下方向に出来るだけ繋げるようにし、ゴム粒を使うことで実現しようとしたが、ゴム粒の材質がタイヤの材質と同等でありPERSの構造上、空隙をもつことからタイヤの制動時の歪みよりPERSの歪みが大きくなる。そのため鉱物質系骨材の配合、繊維の添加をする事を考えた。

また、排水性、騒音低減の効果を考えるとゴム粒を使用し、粒度の選定により向上出来ると考えた。ゴム粒の比較的大きなものを使用するために接着強度の低下が心配され、ゴム粒の単粒に接着剤が絡みやすいように濡れ性をもたすために表面処理をおこなった。ヒジキ状ゴムを配合したのは強度の補強を目的とした。

製造記号		FU98GLFS37						
製造所		製造工場：藤本産業株式会社						
		所在地：香川県高松市松並町564						
		製造責任者：岡鼻						
製造材料	日料	1998年12月18日						
		ゴムチップ	形状	粒状ゴム(L)		ひじき状ゴム(S)		
			粉碎方法	常温粉碎		再生切削		
			粒度分布 (%)	4.76mm以上	8%	3.36mm以上	0%	
				4.76～2.83mm	80%	3.36～1.00mm	95%	
				～ mm	%	～ mm	%	
				2.83mm以下	12%	1.00mm以下	5%	
			密度(g/m ³)	1.15		1.16		
			かさ密度(g/m ³)	0.4		0.3		
			加熱減量(%)	—		1		
		バインダー	材質	ウレタン樹脂				
			比重	1.05				
		他の配合物		鉱物質系骨材				
				ビニロン短繊維				
		配合	粒状ゴム(L)		65 重量%			
			ひじき状ゴム(S)		16 重量%			
			バインダー		9 重量%			
他の配合物	鉱物質系骨材		9 重量%					
	ビニロン短繊維		1 重量%					
成型	金型	材質	アルミ合金					
		寸法	1015mm×1015mm×30.2mm					
	成型条件		115℃×40min.					
	加圧方向		上下方向 (4.9MPa)					
	離型剤		シリコーン					
同時製造枚数		5枚						
備考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用						

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名:株式会社ブリヂストン

試作品製作の経緯

弊社のゴムチップ舗装材である弾ペープは長年市場実績があり、その基本配合をベースに以下の点を工夫した。

- ①ひじき状ゴムの採用により絡み合いを増やし耐久性向上を図った。
- ②微小のエラストマーチップ(樹脂小片)を複合加することにより、ゴム単独よりスベリ抵抗の改良を加え
- ③スエギリでのゴムチップ剥離防止や操縦安定性を考慮して空隙率は低めにセットした。

製造記号	BS98FL35							
製造所	製造工場：有限会社 近代ゴム工業 所在地：埼玉県春日部市 製造責任者：増田(ブリヂストン)							
製造日	1999年12月22日							
材料	ゴムチップ	形状	ひじき状ゴム					
		粉碎方法	常温粉碎					
		粒度分布 (%)	3.36mm以上	2%	mm以上	%		
			3.36～1.14mm	76%	～ mm	%		
			1.14～1.00mm	19%	～ mm	%		
			1.00mm以下	3%	mm以下	%		
		密度(g/cm ³)	1.15					
		かさ密度(g/cm ³)	0.31					
		加熱減量(%)	1.4					
	バインダー	材質	ウレタン樹脂					
		比重	1.05					
	他の配合物		トナー(黒)、樹脂小片					
	配合	ひじき状ゴム		75 重量%				
				重量%				
バインダー		12.5 重量%						
他の配合物		トナー(黒)	4.2 重量%					
		樹脂小片	8.3 重量%					
成型	金型	材質	鉄					
		寸法	1, 015mm×1, 015mm×30.15mm					
	成型条件	140℃×30min.						
	加圧方向(加圧力(単位MPa))	上下方向(0. 392)						
	離型剤	シリコーン/フッ素系						
同時製造枚数	5枚							
備考	多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用							

多孔質弾性舗装材の製造報告

会社名: 横浜ゴム株式会社

試作品製作の経緯

本設計は、排水性舗装の研究概念を応用し、砂利をゴムチップ、硬質骨材に、アスファルトをウレタン樹脂に置換した考え方にて設計したものである。湿潤時すべりアップのため、硬質骨材を使用、耐久性アップ、強度アップ、粒取れ防止アップのため、バインダーと接着のよい骨材を使用した。

製造記号		YR99GS35					
製造所		製造工場：開示しない					
		所在地：同上					
		製造責任者：今田					
製造材料	日料	1999年1月7日					
		ゴムチップ	形状	粒状			
	粉碎方法		常温粉碎				
	粒度分布 (%)		3.36mm以上	0%	mm以上	%	
			3.36～2.38mm	48%	～ mm	%	
			2.38～1.00 mm	47%	～ mm	%	
			1.00mm以下	5%	mm以下	%	
	密度(g/m ³)		1.15				
	かさ密度(g/m ³)		0.451				
	加熱減量(%)	0.35					
	バインダー	材質	ポリウレタン樹脂				
		比重	1.05				
	他の配合物		硬質骨材				
			カーボンブラック				
	配合	粒状		65 重量%			
				重量%			
バインダー		15 重量%					
他の配合物		硬質骨材	15 重量%				
		カーボンブラック	5 重量%				
成型	金型	材質	鉄製				
		寸法	1015mm×1015mm×30mm				
	成型条件	160℃×20min.					
	加圧方向	上下面方向(0.98MPa)					
	離型剤	テフロン、シリコーン/フッ素系					
同時製造枚数		3枚					
備考		多孔質弾性舗装に関する共同研究試験用					

第7章 試作品の性能試験結果

7. 1 性能試験結果

7. 1. 1 原料管理試験結果

今回の共同研究のために試作したPERS表層版の原材料管理結果（粒度分布、密度、かさ密度、加熱減量）を表—7. 1に示す。原材料別にみると、ひじき状ゴムのみが8供試体、粒状ゴムが4供試体、ひじき状ゴムと粒状ゴムの併用が2供試体となっている。

粒度分布は、粒状ゴムを原材料とする供試体 14 を除き、ゴムチップの種類に関わらず1.0～3.36mmの粒径のものが90%以上を占めている。

ゴムチップの密度は1.15前後のものが大半であり、かさ密度は0.28～0.63となっている。

加熱減量は、最大でも1.5%となっている。

7. 1. 2 寸法・厚さ測定結果

試作したPERS表層版の寸法測定結果を表—7. 1に示す。製品寸法の測定値誤差は縦、横寸法で約1/100、厚さで約1/40程度となっている。

7. 1. 3 PERSの構造管理（空隙率測定結果）

PERS表層版の連続空隙率測定結果を表—7. 1に示す。試作品は、供試体4、12、13（連続空隙率20～30%）と供試体10（同40%以上）を除いた8供試体が30～40%の連続空隙率を有している。

7. 1. 4 基本物性値試験結果

（1）引張り試験

引張り強さは、供試体10（引張り強さ0.126MPa）を除き、1MPa前後の値となっている。切断時の伸びは供試体3、10を除き100前後の値を示している。引張り強度と切断時の伸びの相関係数は0.68となっている。

（2）硬度

PERS表層版のCS硬度は56～86の範囲となっている。引張り強度と硬度の相関は小さい。

（3）ヤング率、ポアソン比

ヤング率は、最小2.5（供試体4）から最大15.7（供試体14）となっている。ヤング率と引張り強度、切断時伸びとの相関はみられない。

ポアソン比は、供試体8の0.499を除き0.3～0.4程度となっている。

（4）線膨張係数

線膨張係数は、 3.37×10^{-5} （供試体11、温度30℃）～ 22.2×10^{-5} （供試体12、温度42.5℃）となっている。

7. 1. 5 吸音特性試験

2マイクロフォン法による吸音特性試験結果を表—7. 2、図—7. 1、7. 2にそれぞれ示す。平均吸音率は2供試体を除き0.40以上となっている。

7. 1. 6 すべり抵抗性試験

DFテスターによるすべり摩擦測定結果を表—7. 3および図—7. 3に示す。動的摩擦係数は6、7の供試体を除き速度による変化はみられなかった。供試体6、7が、35℃、60km/h、湿潤時における路面すべりの限界値 $\mu = 0.4$ 以上となっている。

7. 1. 7 排水性試験結果

PERS表層版の現場排水性試験結果を表ー7. 4、図ー7. 4～図ー7. 6に示す。乾燥状態に比べ、湿潤状態の排水量は低下している。湿潤状態で排水性舗装の出来形管理基準の 900ml/15sec 以上¹⁾を7供試体が満足している。

7. 1. 8 保水性試験

PERS表層版の保水性試験結果を表ー7. 5および図ー7. 7に示す。10分経過後の含水比は最大28.2%（供試体7）、最低9.80%（供試体14）、平均16.03%であり、1,440分（24時間）後の含水比は最大18.4%（供試体7）、最低5.40%（供試体14）、平均10.38%となっている。10分後から1,440分後までの含水比の低下率は平均64%である。

7. 1. 9 耐久性試験結果

(1) 摩耗性試験

スパイクタイヤで走行30,000回転後の摩耗試験結果を表ー7. 6、7. 7および図ー7. 8、7. 9に示す。すり減り量は図ー7. 9に示すようにすり減り量1.00cm²を境として2つの集団に分けられる。すり減り量1.00cm²以下の平均すり減り量は0.48cm²（平均摩耗深さ0.03cm）となっている。

(2) 湿熱劣化試験

試験温度70±1℃、試験湿度95±4%、試験時間4週間における湿熱劣化試験結果を表ー7. 8に示す。湿熱劣化試験の結果をみると、劣化により供試体の引張り強度、切断時伸び、硬度が減少しているものもあるが、逆に増加している供試体もみられる。この原因としては、一部の供試体で劣化反応のみでなく、試験時の温度増加で架橋反応が進んだことによる影響と推察される。

湿熱劣化試験における引張り強度変化率、切断時伸び変化率、硬度変化値の絶対値平均は、それぞれ16.5%、12.7%、2.3%となっている。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：排水性舗装技術指針（案）、p 5-1

表-7. 1(1)		性能確認試験結果総括表																							
調査・工事名		多孔質弾性舗装材料確認実験																		供試体種類		全種類			
供試体種類		1				2				3		4		5				6		7					
項 目		粒状ゴム,				粒状ゴム,				ひじき状ゴム		ひじき状ゴム		ひじき状ゴム				ひじき状ゴム		ひじき状ゴム					
原材料種類		EPDM		タイヤ		粒状ゴム		粒状硬質骨材						ひじき状ゴム		特殊ゴムチップ									
粒 度 ふるい残分	%	3.36mm	0	3.36mm	0	3.36mm	0.0	4.00mm	0.0	3.36mm	2.0	3.36mm	0.0	6.50mm	0.0	6.50mm	0.0	3.36mm	1.0	3.36mm	1.0				
	%					2.38mm	48.2	2.38mm	58.2					4.75mm	0.0	4.75mm	68.2	1.41mm	62.0	1.41mm	62.0				
	%	1.0mm	98.6	1.0mm	92.4	1.0mm	47.0	1.0mm	39.8	1.0mm	97.7	1.0mm	95.0	3.36mm	100.0	3.36mm	31.8	1.0mm	32.0	1.0mm	32.0				
	通過分	%	1.0mm	1.4	1.0mm	7.6	1.0mm	4.8	1.0mm	2.0	1.0mm	0.3	1.0mm	5.0	3.36mm	0.0	3.36mm	0.0	1.0mm	5.0	1.0mm	5.0			
密 度	g/cm ³	1.33		1.21		1.15		1.18		1.15		1.15		1.15		1.19		1.15		1.15					
かさ密度	g/cm ³	0.63		0.48		0.451		0.441		0.31		0.32		0.44				0.3		0.3					
加熱減量	%	0.55		0.63		—		—		0.70		0.5		0.81				1.0		1.0					
製品寸法 縦 横 厚さ	mm	499/500				1002/1015				1000/1010		995/1000		500/508				991/1013		994/1013					
	mm	499/500				1002/1015				1000/1010		993/1000		500/508				991/1013		995/1013					
	mm	30.6				30.05/30				29.3/31		29.58/30		29.33/30				29.70/30.4		29.85/30.4					
連続空隙率	%	33.4				36.2				32.2		27.9		35.0				34.1		37.6					
引張り強さ	MPa	1.14				1.8				0.932		1.19		1.52				1.21		1.76					
切断時伸び	%	100				88				58		110		180				88		130					
硬 さ	CS硬度	83				81				78		75		79				73		72					
ヤング率	MPa	2mm歪み		4.36		2mm歪み		3.98		5.19		2.5		6.48				3.06		2.77					
		5mm歪み		5.15		5mm歪み		3.95																	
ポアソン比	%	2mm歪み		0.337		2mm歪み		0.367		0.383		0.383		0.378				0.349		0.351					
		5mm歪み		0.374		5mm歪み		0.386																	
線膨張係数	cm/cm/°C	25～50°C		8.0×10 ⁻⁵		25～30°C		7.0×10 ⁻⁵		25～35°C		6.70×10 ⁻⁵		22.9～ 43.8°C	13.0×10 ⁻⁵	18.7×10 ⁻⁵				12.7×10 ⁻⁵				20.7×10 ⁻⁵	
						25～45°C		14.0×10 ⁻⁵		35～45°C		10.0×10 ⁻⁵													
						25～60°C		15.0×10 ⁻⁵		45～55°C		17.0×10 ⁻⁵													
						30～45°C		16.0×10 ⁻⁵																	
						30～60°C		16.0×10 ⁻⁵																	
						45～60°C		16.0×10 ⁻⁵																	
《備 考》																									

表-7. 1(2)		性能確認試験結果総括表																					
調査・工事名 多孔質弾性舗装材料確認実験																				供試体種類 全種類			
供試体種類		8				9				10		11				12		13		14			
項 目		粒状ゴム				ひじき状ゴム、粒状ゴム				ひじき状ゴム		粒状ゴム、ひじき状ゴム				ひじき状ゴム		ひじき状ゴム		粒状ゴム			
粒 度 ふるい残分	%	粒状ゴムL		粒状ゴムS		ひじき状ゴム		粒状ゴム				粒状ゴム		ひじき状ゴム									
		5.66mm	0.0	3.36mm	0.0	3.66mm	19.0	3.66mm	0.0	3.36mm	0.0	4.76mm	8.0	3.66mm	0.0	3.66mm	2	3.36mm	2	6.5mm			
		4.76mm	10.0	2.83mm	8.0											1.14mm	76						
		2.83mm	75.0	1.0mm	64.0	1.00mm	80.7	1.00mm	97.7	1.0mm	94.0	2.83mm	80.0	1.00mm	95.0	1.00mm	19	1.0mm	91	4.75mm	100		
		2.83mm	15.0	1.0mm	28.0	1.00mm	0.3	1.00mm	2.3	1.0mm	6.0	2.83mm	12.0	1.00mm	5.0	1.00mm	3	1.0mm	7	4.75mm	0		
密 度	g/cm³	1.16		1.18		1.15		1.16		1.16		1.15		1.16		1.05		1.15		1.05			
かさ密度	g/cm³	0.48		0.41		0.281		0.48		0.3		0.4		0.3		0.51		0.32		0.51			
加熱減量	%	—				1.5		—		0.8		—		1		0.85		1		0.85			
製品寸法 縦 横 厚さ	mm	1000/1015				1003 /1015				1015/1000		1007/1015				1007/1015		1001/1015		500/508			
	mm	1000/1015				1003/1015				2024/2000		1007/1015				1007/1015		1001/1015		500/508			
	mm	29.65/30				29.9 /30.5				29.3/30		30/30.2				30/30.2		31/32		30/30			
連続空隙率	%	35.3				38.5				40.6		37.3				24.5		23.4		38.0			
引張り強さ	MPa	上層		1.03		1.84				0.126		0.704				1.2		上層		1.02		1.32	
		下層		1.12														下層		1.63			
切断時伸び	%	上層		70		144				23		105				110		上層		100		130	
		下層		100														下層		227			
硬 さ	CS硬度	上層		75		79				66		56				75		上層		86		85	
		下層		63														下層		66			
ヤング率	MPa	2mm歪み		2.84		2mm歪み		2.27		5.35		2mm歪み		2.9		3.783		2mm歪み		2.42		15.7	
		5mm歪み		3.01		5mm歪み		2.3				5mm歪み		3.7				5mm歪み		2.31			
ポアソン比	%	2mm歪み		0.499		2mm歪み		0.378		0.383		2mm歪み		0.391		0.409		2mm歪み		0.359		0.409	
		5mm歪み		0.499		5mm歪み		0.390				5mm歪み		0.396				5mm歪み		0.374			
線膨張係数	cm/cm/℃	33℃		18.0×10 ⁻⁵		10.0×10 ⁻⁵				40℃	16.0×10 ⁻⁵	30℃	3.37×10 ⁻⁵	29℃	20.8×10 ⁻⁵	25~30℃	6.0×10 ⁻⁵	18.80×10 ⁻⁵					
		42℃		13.0×10 ⁻⁵						50℃	13.0×10 ⁻⁵	40℃	6.65×10 ⁻⁵	42.5℃	22.2×10 ⁻⁵	30~40℃	12.0×10 ⁻⁵						
		51℃		8.3×10 ⁻⁵						60℃	11.0×10 ⁻⁵	50℃	16.6×10 ⁻⁵	52.5℃	20.95×10 ⁻⁵	40~50℃	20.0×10 ⁻⁵						
																50~60℃	12.0×10 ⁻⁵						
《備 考》																							

表-7. 2	吸 音 特 性 試 験 総 括 表		
調査・工事名 <u>多孔質弾性舗装材料確認実験</u> 供試体種類 <u>全種類</u>			
供試体種類	道路交通騒音に対する平均吸音率	摘 要	
1	0.42		
2	0.40		
3	0.45		
4	0.46		
5	0.44		
6	0.45		
7	0.49		
8	0.40		
9	0.34		
10	0.42		
11	0.43		
12	0.33		
13	0.48		
14	0.36		
《備 考》			

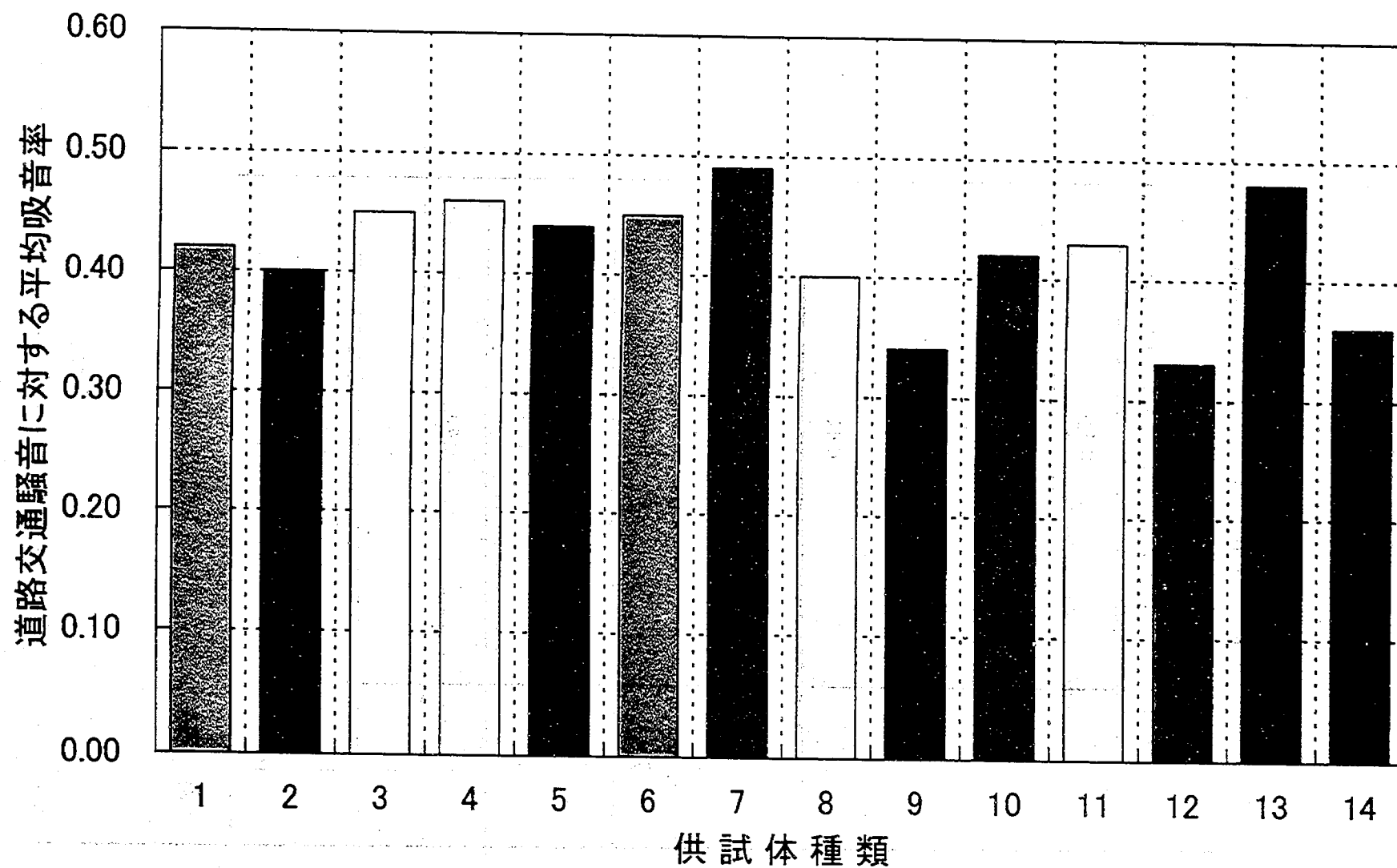


図-7.1 吸音特性試験結果

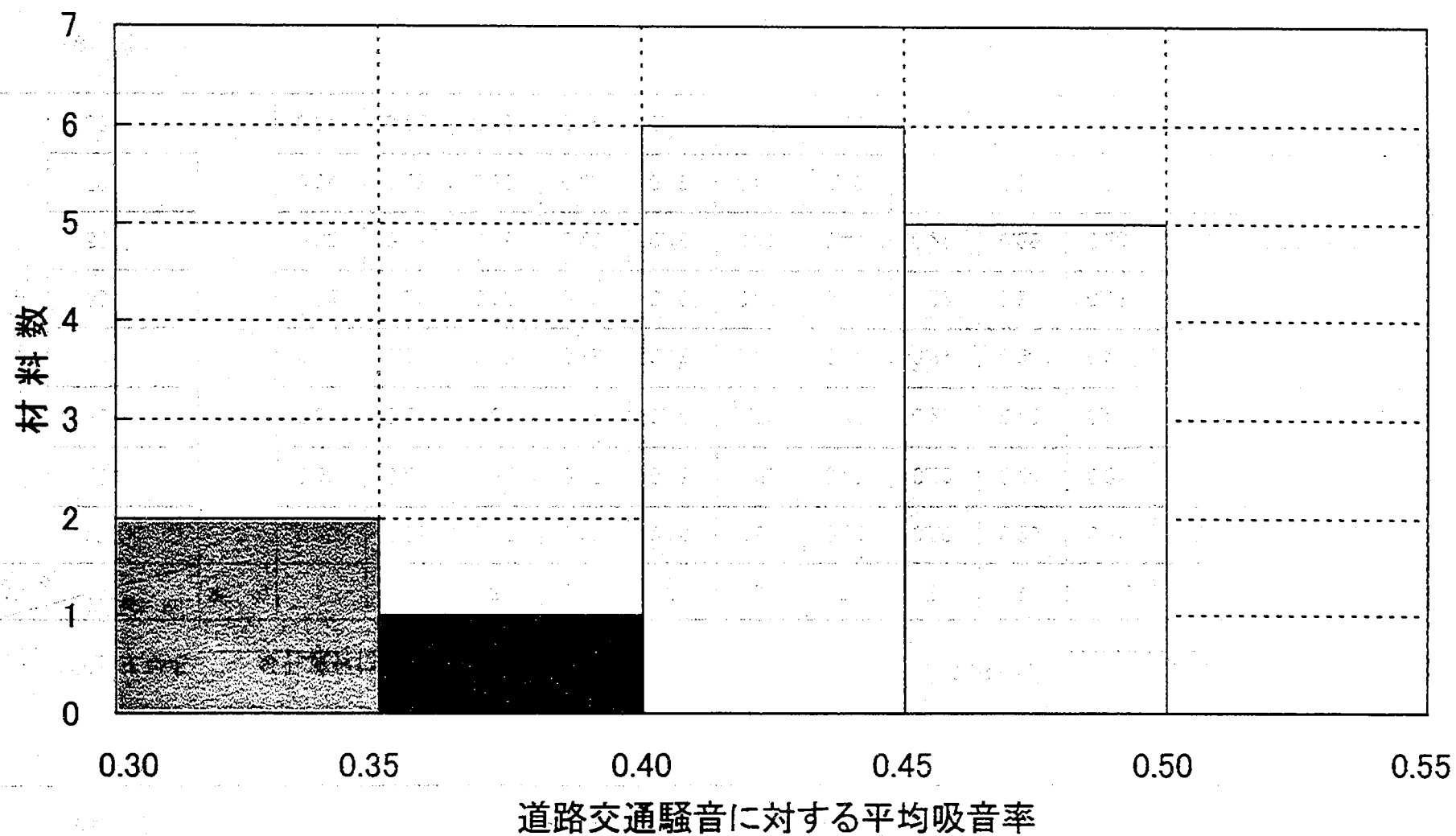


図-7.2 平均吸音率の頻度分布図

表-7.3

すべり抵抗性試験総括表

調査・工事名 多孔質弾性舗装材料確認実験

供試体種類 全種類

試験名		供試体 No.	単 位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
動的摩擦係数	10 (km/h)	—		0.30	0.25	0.35	0.19	0.18	0.81	0.64	0.20	0.20	0.24	0.27	0.23	0.37	0.19
	20			0.30	0.21	0.32	0.17	0.16	0.59	0.47	0.20	0.24	0.21	0.25	0.21	0.36	0.16
	30			0.31	0.21	0.32	0.18	0.18	0.50	0.44	0.20	0.28	0.21	0.26	0.23	0.36	0.16
	40			0.31	0.21	0.32	0.18	0.18	0.47	0.44	0.21	0.30	0.21	0.27	0.23	0.36	0.15
	50			0.32	0.21	0.33	0.19	0.19	0.47	0.44	0.22	0.31	0.22	0.28	0.24	0.36	0.15
	60			0.32	0.22	0.35	0.20	0.19	0.47	0.44	0.22	0.28	0.23	0.29	0.25	0.37	0.15
	70			0.34	0.23	0.36	0.20	0.19	0.47	0.45	0.23	0.27	0.23	0.29	0.26	0.38	0.15
	80			0.34	0.22	0.39	0.19	0.18	0.47	0.46	0.22	0.28	0.24	0.30	0.27	0.40	0.14

〈備 考〉

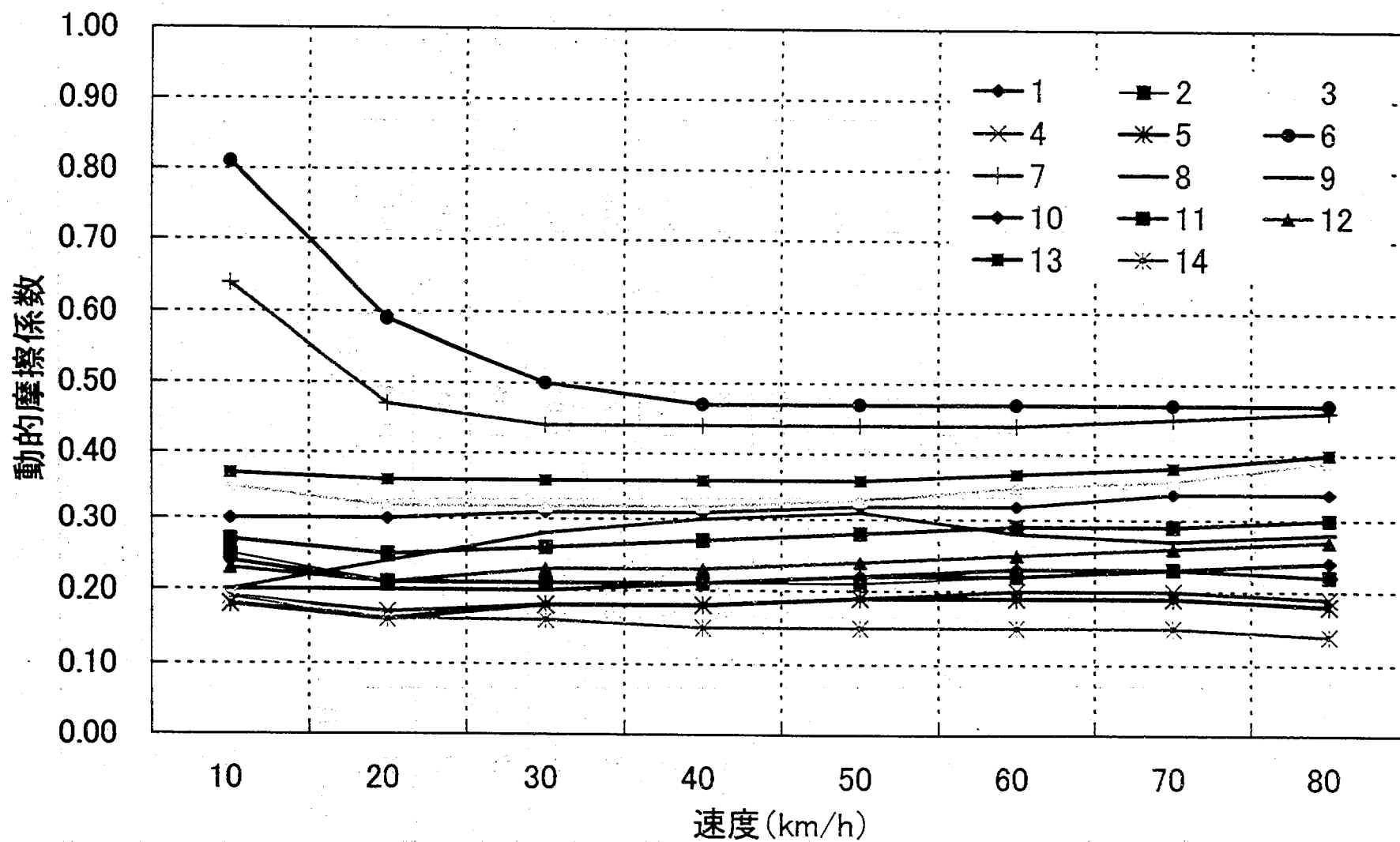


図-7.3 速度と動的摩擦係数の関係

表-7. 4

排水性試験総括表

調査・工事名 多孔質弾性舗装材料確認実験供試体の種類 全種類

供試体 種 類	400cc流下時間(sec)		15秒間に流出した水量 (cc)	
	乾 燥 状 態	1時間水浸後	乾 燥 状 態	1時間水浸後
1	6.95	9.52	863	630
2	5.02	5.60	1195	1071
3	5.50	6.19	1091	969
4	7.20	19.12	833	314
5	5.41	5.98	1109	1003
6	5.97	6.38	1005	940
7	4.96	5.33	1210	1126
8	4.92	5.24	1220	1145
9	7.40	13.23	811	454
10	5.91	7.23	1015	830
11	4.77	4.99	1258	1202
12	7.82	13.18	767	455
13	7.09	7.54	846	796
14	10.21	11.13	588	539

《備 考》

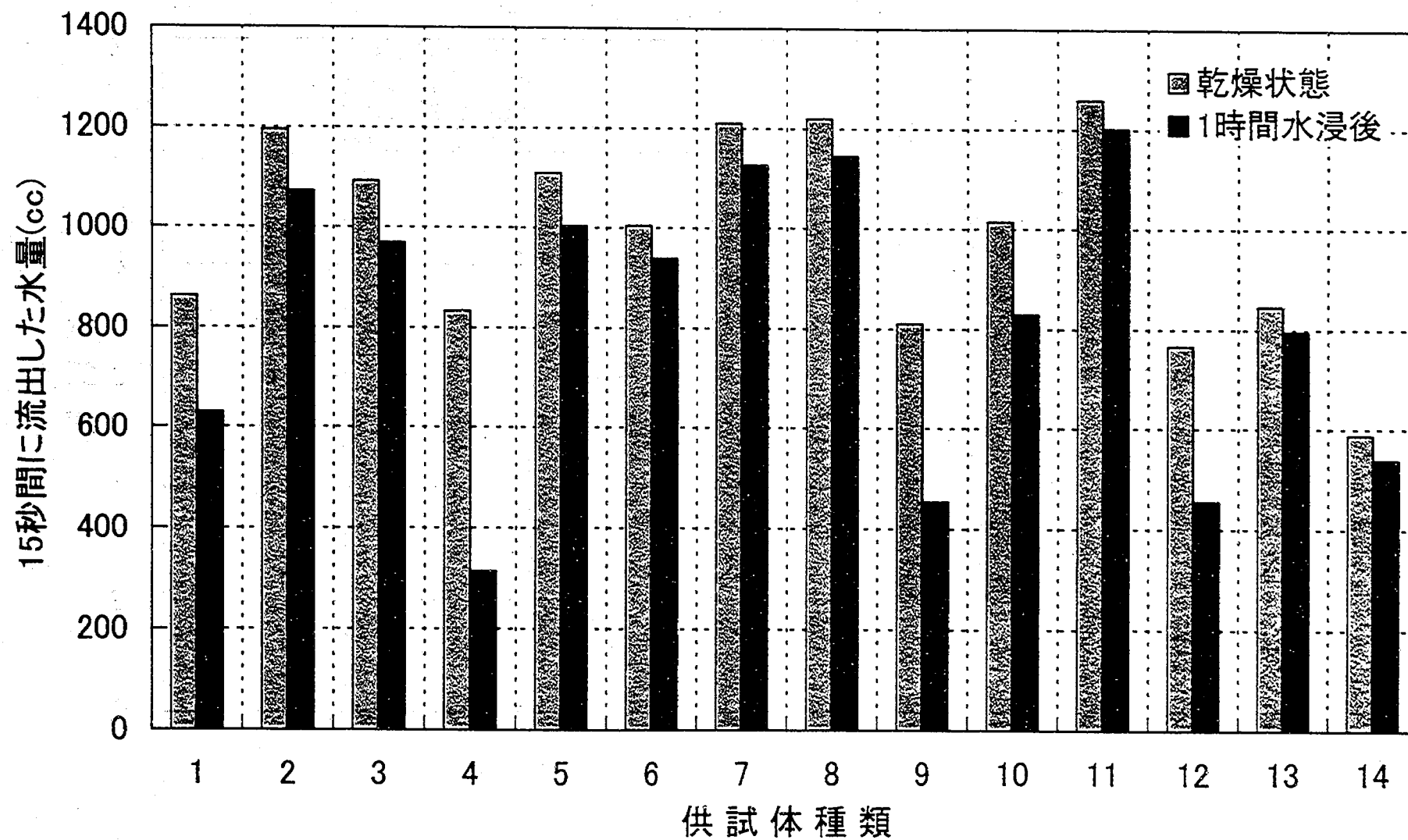


図-7.4 多孔質弾性舗装の排水性試験結果

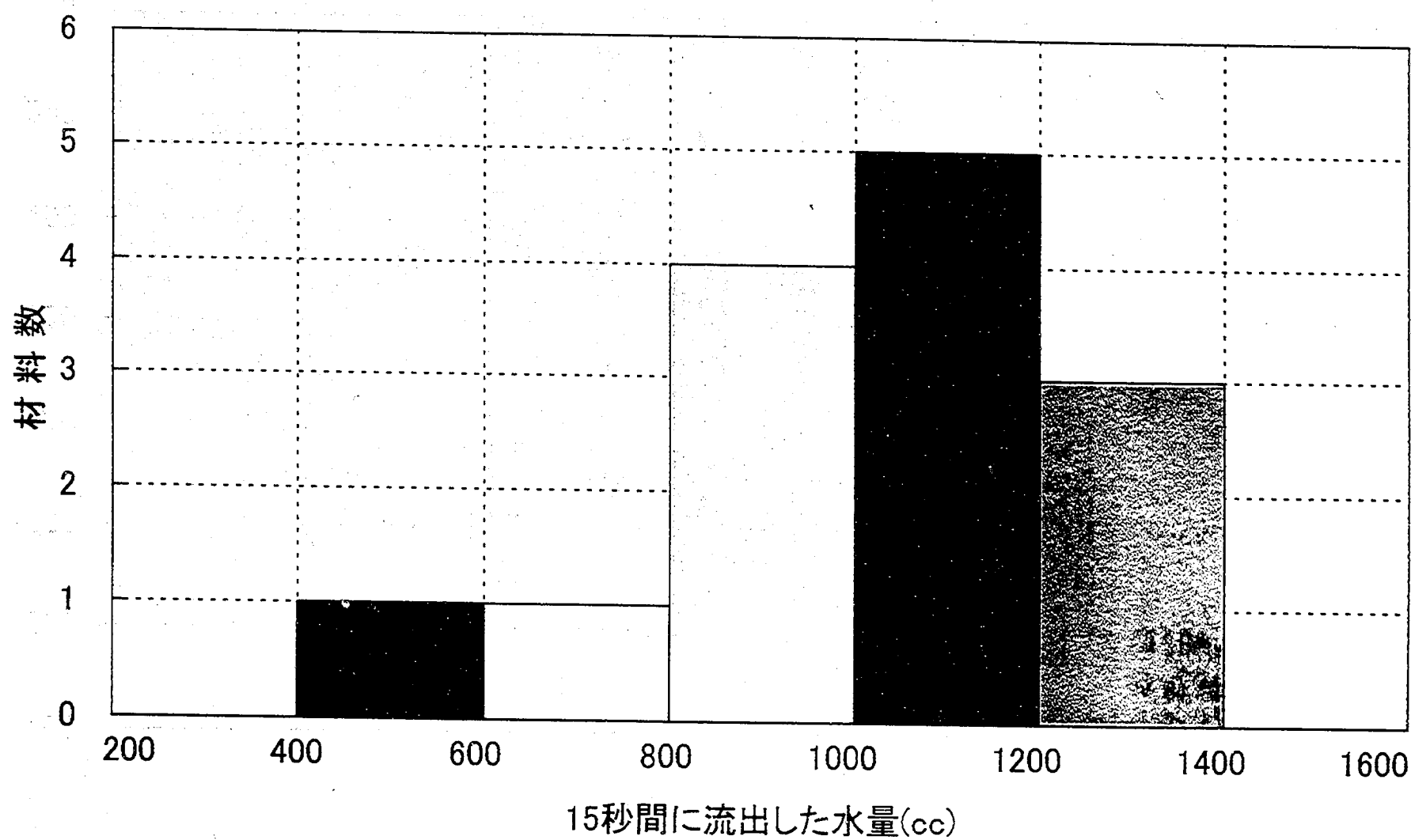


図-7.5 15秒間に流出した水量(乾燥状態)の頻度分布図

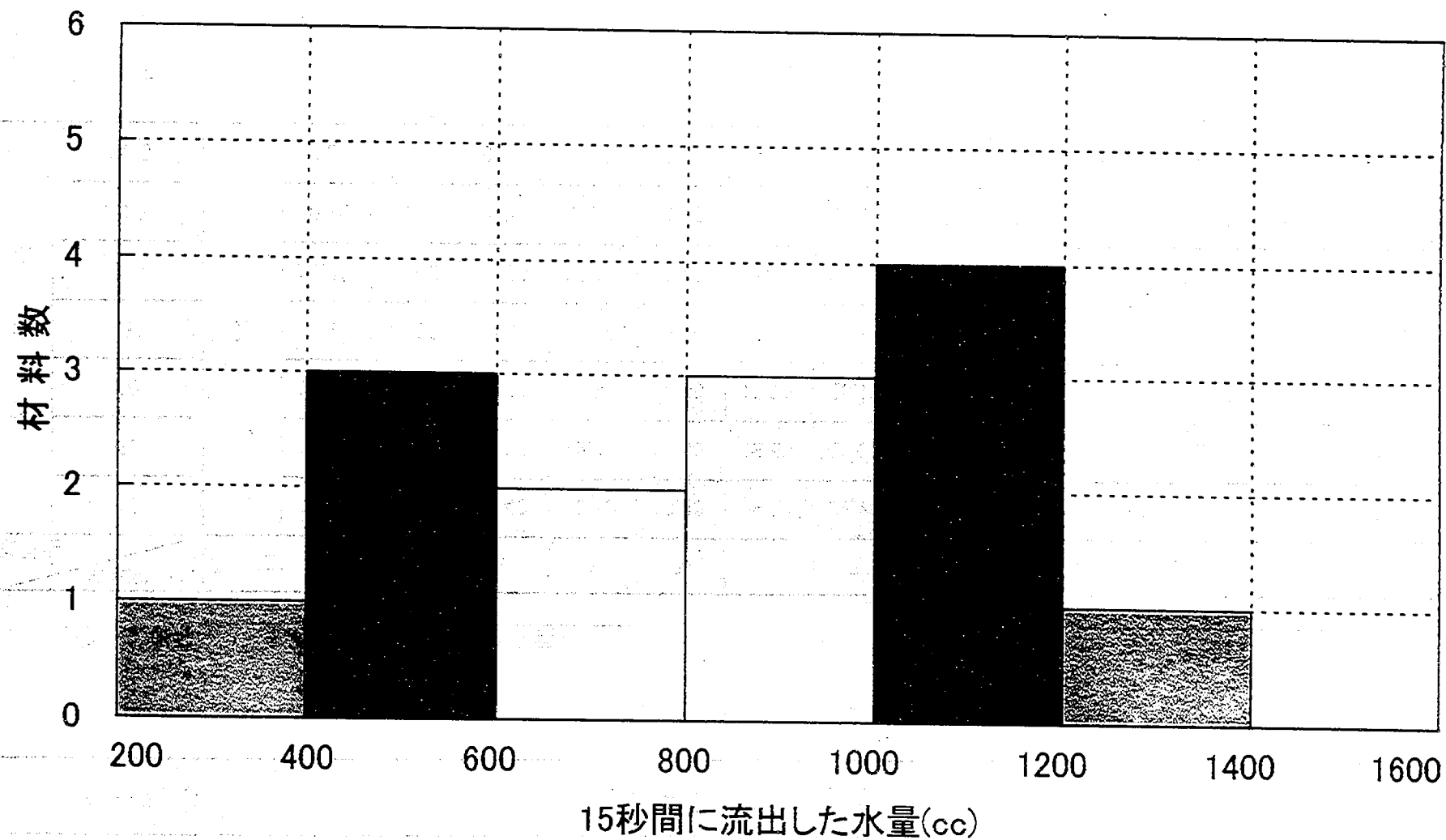


図-7.6 15秒間に流出した水量(1時間水浸後)の頻度分布図

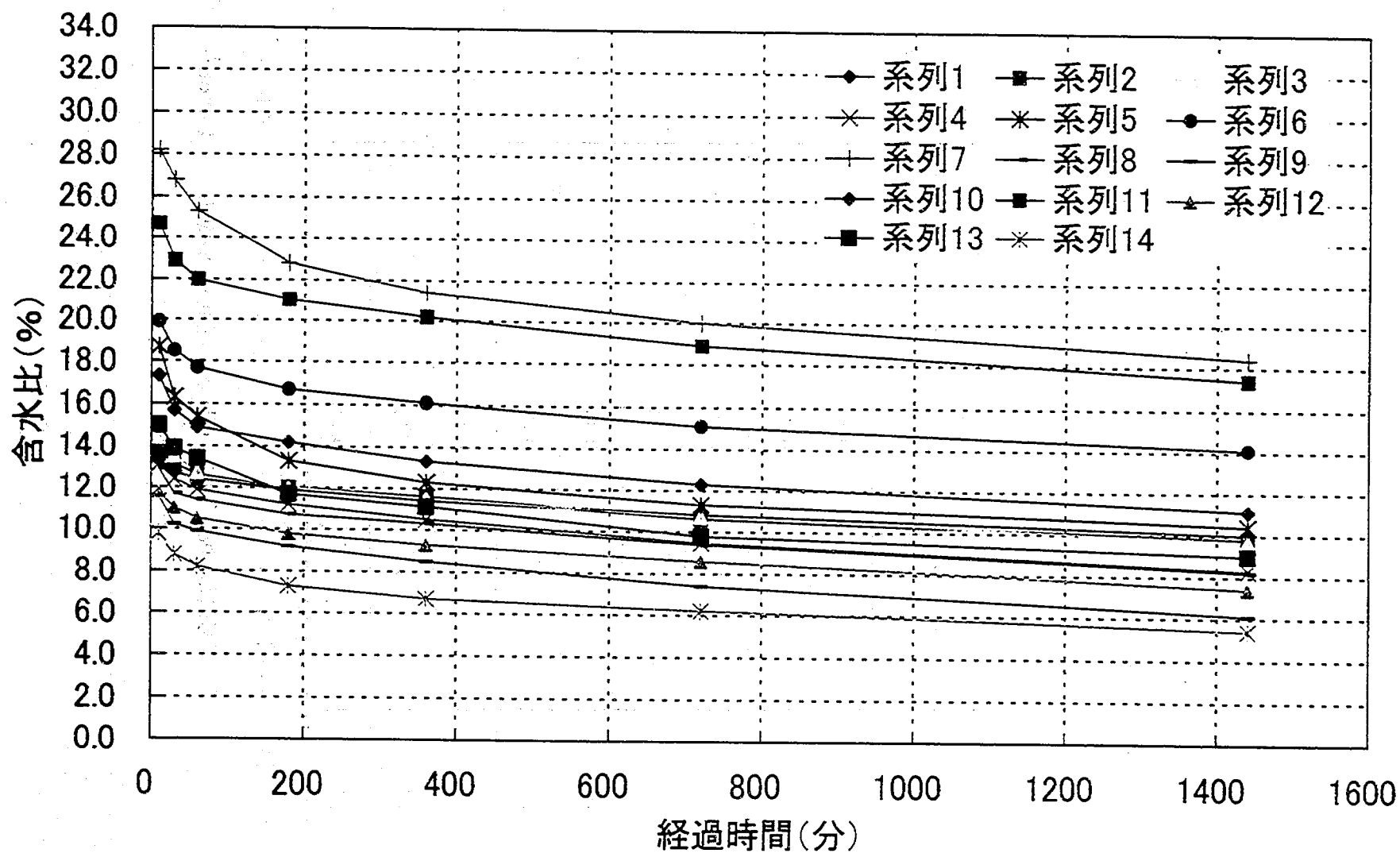


図-7.7 経過時間と含水比の関係

表-7.6		摩耗性試験総括表	
調査・工事名		多孔質弾性舗装材料確認実験	供試体種類 全種類
供試体種類	すり減り量 (cm ²)	摘 要	
1	4.08		
2	0.43		
3	0.74		
4	0.42		
5	0.13		
6	0.95		
7	0.24		
8	0.25		
9	1.70		
10	3.36		
11	0.12		
12	0.58		
13	4.38		
14	0.92		
《備 考》 全体平均		1.31cm ²	
すり減り面積1.0cm ² 以上の供試体を除いた平均値		0.48cm ²	

表-7.7

摩耗性試験総括表

調査・工事名 多孔質弾性舗装材料確認実験

供試体種類 全種類

供試体種類	平均摩耗深さ (cm)	摘 要
1	0.23	
2	0.03	
3	0.05	
4	0.03	
5	0.01	
6	0.06	
7	0.02	
8	0.02	
9	0.11	
10	0.20	
11	0.01	
12	0.04	
13	0.24	
14	0.06	
《備 考》 全体平均値		0.08cm
すり減り面積 1.0cm^2 以上の供試体を除いた平均値		0.03cm

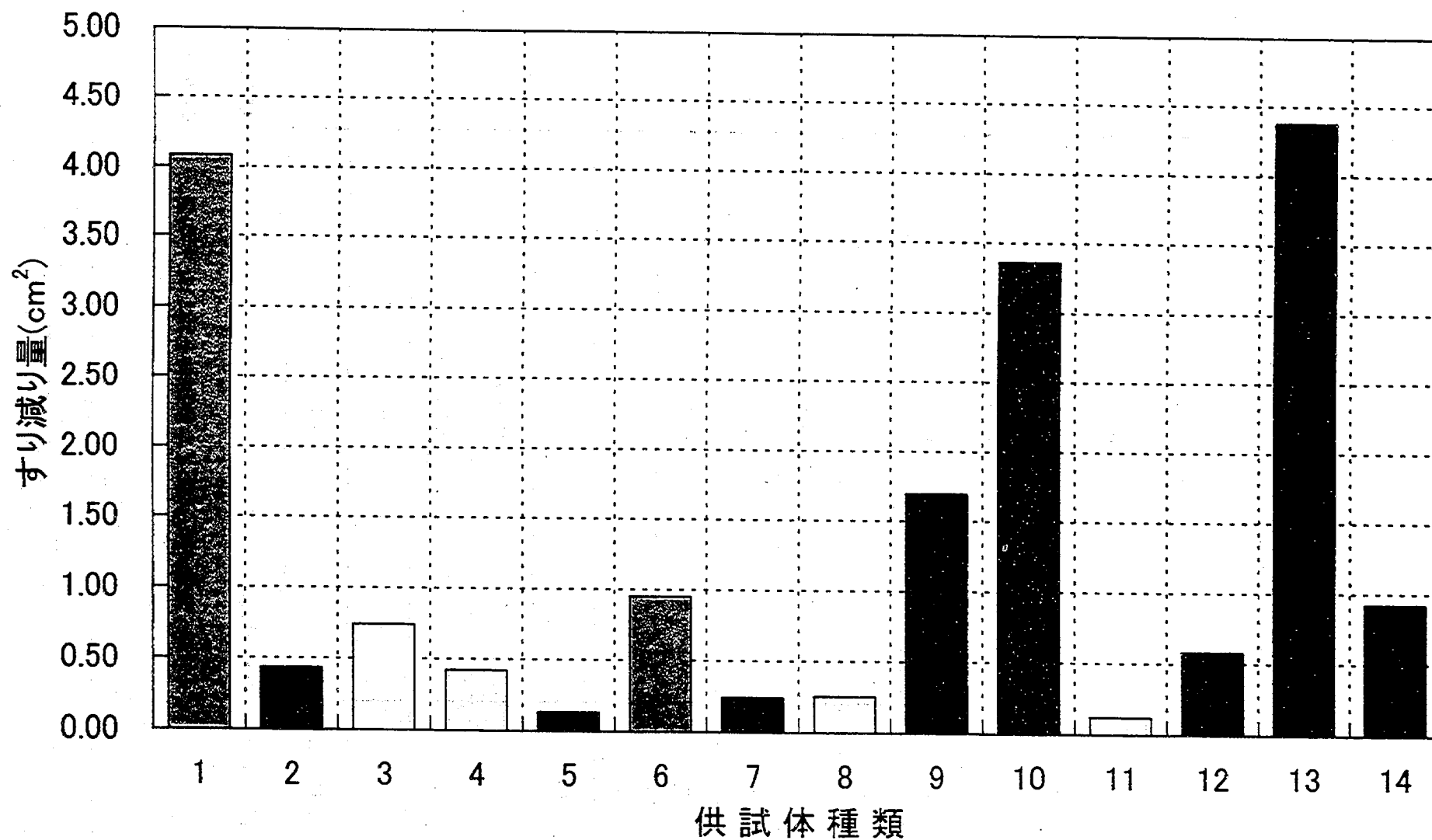


図-7.8 多孔質弾性舗装の磨耗性試験

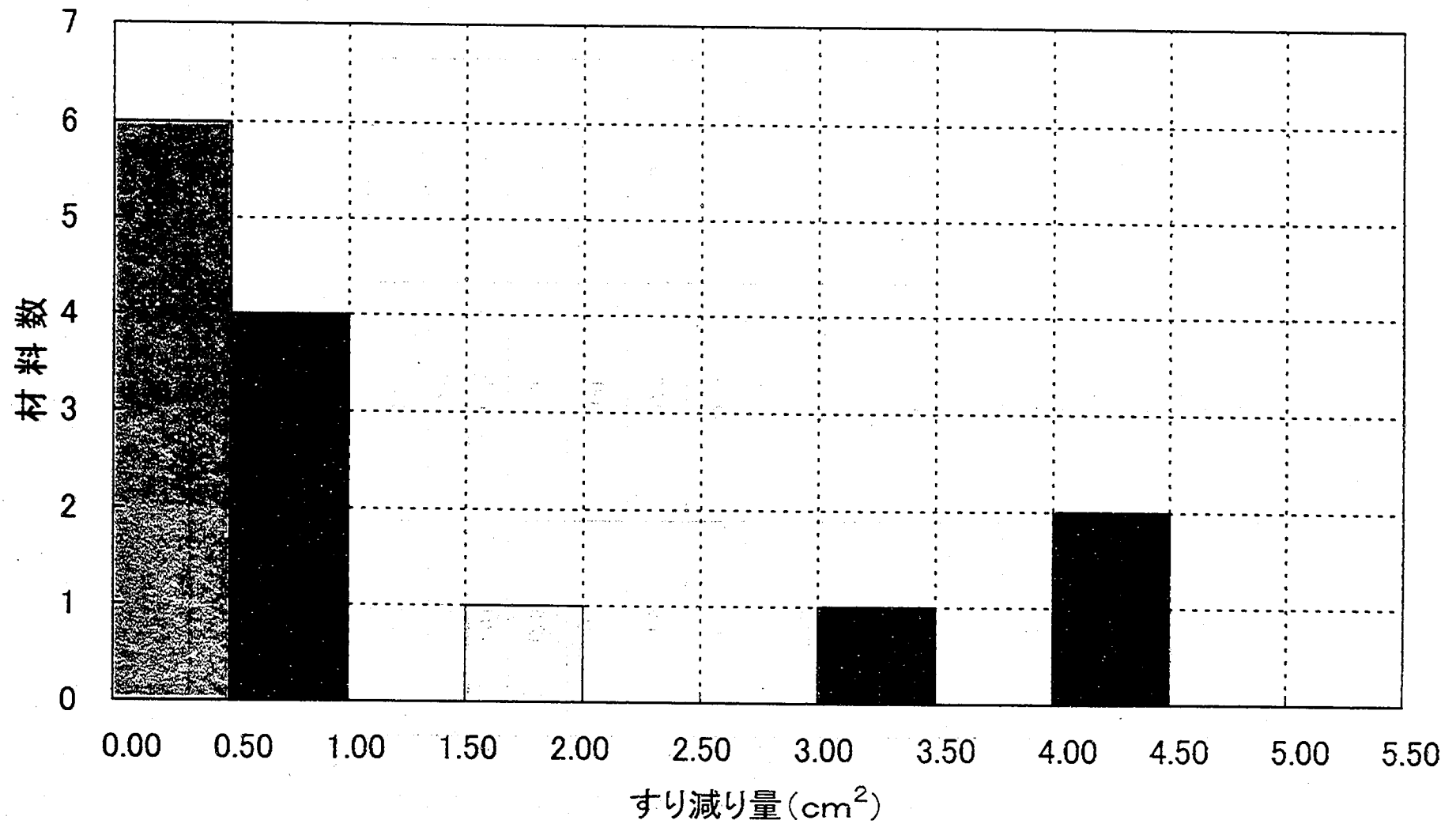


図-7.9 すり減り量の頻度分布図

表-7.8

湿熱劣化試験総括表

調査・工事名

多孔質弾性舗装材料確認試験

供試体種類

全種類

供試体種類		引張り強さ変化率(%)	切断時伸び変化率(%)	硬度変化値(CS硬度)	摘 要
1		-14.0	-5.0	2	
2		12.2	-16.7	-1	
3		-32.0	-22.0	0	
4		11.5	12.7	1	
5		18.9	4.3	6	
6		-7.0	-14.0	3	
7		-9.0	-8.0	2	
8	上層	27.6	-7.0	1	
	下層	-1.8	-15.0	—	
9		-2.8	-26.7	1	
10		-1.5	-27.0	0	
11		11.0	-1.0	-2	
12		12.5	-4.5	0	
13	上層	-30.0	-19.0	-11	
	下層	-33.0	-36.0	11	
14		41.0	9.4	2	

《備 考》

第8章 おわりに

平成 10 年度の共同研究「多孔質弾性舗装材料の開発に関する共同研究」の報告書を取まとめることができた。この共同研究には土木研究所と民間のゴムのメーカー 12 社が参加した。お互いに得意とする分野の経験と知識を持ち寄り、騒音低減効果が目的の多孔質弾性舗装表層版を開発するために協力した。

この共同研究は、共同研究の参加者の技術的な分野が異なっていることから、例えば、土木研究所を含めた共同研究に参加している会社によって同じ意味でも、「ゴムチップ」、「ゴム粉」、「ゴム粒子」、「ゴム小片」の様に表現が違うため、最も一般的なゴムチップを選び、用語集を作成し第2章に記述した。

多孔質弾性舗装の基本構造、材料特性、騒音低減効果、すべり抵抗性、排水機能、耐久性、表層と基層の接着などの項目について整理し、第3章に記述した。情報交換、意見交換を行う中で、これらの概念を整理し、改善の必要があるか、改善するにはどんな方法があるかなどについて認識を共通にした。すべり抵抗性について改善が必要であり、そのための方策として、水膜形成を抑制する手法、水膜の影響を小さくする手法、ヒステリシス摩擦を上げる方法の3つが考えられた。排水機能についても改善の方法を検討した。

表層版の製造技術について、意見交換を行い、第4章を取りまとめた。表層版の耐摩耗性などの強度を高めるためにはゴムチップとゴムチップを接着するバインダーの強度を高める必要があり、そのために、ゴムチップを前処理する方法や接着強度の強いバインダーを選ぶ方法があることが整理された。所定の空隙率を得るためにゴムチップの粒度や加圧加熱工程の圧力が関連深いことが整理された。共同研究参加企業 12 社のうち3社が現場施工型の多孔質弾性舗装に強い関心を示し、この3社を中心に行った土木研究所の舗装走行実験場における実験から、現場施工型の多孔質弾性舗装の可能性も残されていると判断した。

表層版の空隙率、強度、耐久性などの性能を確認する試験の方法について意見を統一し、第5章に記述した。実際は試験走路や実道上に表層版を敷設し、騒音測定やすべり摩擦測定により表層版の性能を把握すべきであるが、今回の共同研究ではすべり抵抗性などの改善を目指して多くの試作品を製造し、その性能を調べることにしているので、簡単に試験できることが望ましいと判断された。従って、騒音低減効果には2マイクロフォン法により吸音率を測定し、すべり抵抗性に関してはDFテスターを用いて摩擦係数を測定するなど、室内試験を基本とし、試験方法を統一した。しかし、多孔質弾性舗装についての測定の場合、DFテスターを用いた測定とすべり摩擦測定車による測定が必ずしも同じ測定値が得られないことから、今回の共同研究ではすべり抵抗性についておおよその傾向を把握するだけとした。

空隙には連続空隙と独立空隙があり、連続空隙こそが騒音低減効果や排水機能と関係が深いことから連続空隙を測定する方法を採用した。

耐候性については、紫外線劣化試験も行うべきとの意見もあったが、ゴムチップとウレタン樹脂を扱った経験者の意見は、ゴムチップとウレタン樹脂は紫外線劣化よりも湿熱劣化に格段に弱いから、湿熱劣化試験のみを行えば十分との意見が大勢を占めたので、湿熱劣化試験を採用した。

第3章及び第4章における検討に基づき、さらに共同研究参加企業の独自の工夫も加えて、すべり抵抗性や排水機能について改善を目指した14種の試作品を製造した。その製造報告を第6章に、その第5章の試験方法による試験結果を第7章に記述した。DFテスターによる湿潤時のすべり抵抗性については、密粒ア

スファルト舗装よりは性能が劣るものの、一部では道路構造令に採用されている値を満足し、従来の試作品よりも性能が改善された。排水機能については、ゴムチップとバインダーの疎水性、成型時の離型剤の疎水性、空隙が小さいことなどの理由により、残念ながら、排水性舗装と同程度の排水機能を有する表層版は試作されなかったので、舗装の設計において表面排水で対処せざるを得ないと判断した。耐摩耗性については、スパイクラベリング試験のすり減り量が密粒アスファルト舗装よりはるかに少ない表層版も試作された。室内試験による評価の範囲内ではあるが、この共同研究はかなりの成果を上げることができたと考えている。

添 付 資 料

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第1回検討会議事録

1. 日時 : 平成10年8月31日(月) 14:00~17:00

2. 場所 : 財団法人土木研究センター 技術研究所 第1会議室

3. 出席者:

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
明嵐 政司	" 材料施工部 化学研究室 室長
近藤 升	" 環境部 交通環境研究室 主任研究員
安藤 和彦	" 道路部 交通安全研究室 主任研究員
久保 和幸	" 道路部 舗装研究室 主任研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
足立 弘	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 部長
植山 高志	" ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
角丸 一夫	住友ゴム工業(株) 研究開発本部 基本技術研究室 室長
相本 哲哉	" 産業品研究部 課長
熊川 浩	(株)ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
岡崎 敏和	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
今枝 稔明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
大野 芳裕	" 技術開発本部 第1研究室 次席
菊池 武志	日東化工(株) 新商品開発センター センター長
中村 晴隆	" 新商品開発センター 開発グループ長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
畑 克彦	" 研究部 第3グループ長
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部
斎藤 秀明	(株)ブリジストン 免震・道路資材開発部 道路資材開発プロジェクトグループリーダー
増田 欽司	" 免震・道路資材開発部
今田 和弘	横浜ゴム株式会社 MB開発本部 開発推進部 開発管理グループ
村山 寿弥	" MB開発本部
小野田光之	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 部長
長澤 寛和	" 技術研究所 研究開発二部 主任研究員
倉持 智明	" 技術研究所 研究開発二部 研究員

4. 配布資料

- 検討会資料 1-1 ・共同研究の開始にあたって
- 検討会資料 1-2 ・確認試験方法および基準
- 検討会資料 1-3 ・研究項目と共同研究の方法
- 検討会資料 1-4 ・基本物性値の試験理由
- 検討会資料 1-5 ・各計測方法による多孔質弾性舗装のすべり摩擦抵抗
- 検討会資料 1-6 ・技術提案書総括表
- 検討会資料 1-7 ・各社別技術提案書
- 検討会資料 1-8 ・共同研究工程表（案）

5. 議事内容

(1) 共同研究の設立趣旨

- ・多孔質弾性舗装は、騒音低減効果が排水性舗装以上に期待できることから着目している。しかし、すべり摩擦係数が小さく、密粒舗装と比較して制動停止距離が長いなどの問題があるため、ゴム材料の専門家の方々と共同で実用化に向けて研究を進めたい。

(2) 共同研究会委員の自己紹介

(3) 土木研究所の研究成果と検討課題（検討会資料 1-1、1-3）

①すべり摩擦について

- ・多孔質弾性舗装の湿潤時のすべり摩擦係数は速度に関係なくほぼ一定の値を示し、高速度を除く領域において密粒アスファルト舗装より小さく特に低速領域において著しく異なる。そのため多孔質弾性舗装の場合制動停止距離が伸び、一般の運転手がアスファルト舗装の感覚でブレーキを使用すると追突の可能性が大である。
- ・上記理由により多孔質弾性舗装の湿潤時のすべり摩擦係数を、低速領域を中心に増加させることが課題である。この問題をクリアしないと供用はできない。

②区画線について

- ・土木研究所の舗装走行実験場に、アクリル樹脂、ウレタン樹脂など 3、4 種類の材料を使った区画線を平成 10 年 8 月初旬に施工し本年度本共同研究とは別に研究を実施する。

③排水性について

- ・多孔質弾性舗装は排水性が悪いため、排水性を改善する方法が課題である。なお、この点に関しては、道路構造（排水勾配の確保）により対処する方法がある。

④乗り心地について

- ・アンケート結果から乗り心地は良くないという結果が得られた。その原因は、1m ごとに存在するジョイントによるものと考えている。
- ・本項目は、その他の項目ほどは重要視していない。しかし、アンケート以外の試験方法等があれば提案して欲しい。

⑤耐火性について

- ・耐火性については、ひじき状タイプで実施済みである。しかし、ゴム形状や空隙率を変化させる場合には、再確認を原則とする。

⑥施工の機械化について

- ・施工機械については、多孔質弾性舗装が実用化した時点で検討すれば良いと考えており、今回の共同研究において優先しない。

⑦表層版のすり減り粉末の有害性の有無について

- ・多孔質弾性舗装のすり減り粉末の有害性の有無について、未検討であるためこれを課題とする。

⑧騒音低減効果について

- ・騒音低減効果の要求品質は、排水性舗装の3 dB以上と考えているが、排水性舗装と同等では本材料の採用はアスファルトの面から困難となる。よって、出来る限り騒音低減量を確保することを課題とする。

⑨照明の設計への影響

- ・多孔質弾性舗装材料は、黒色であるため現状の照明では照度が不足する。これは、別途土木研究所にて検討する。

(4) 研究成果報告についての質疑応答より

①騒音低減効果に関して

- ・多孔質弾性舗装は「空気を逃がす」「音を吸収する(タイヤ、エンジン)」「路面に弾力がある」「路面が平滑」の4つの効果により騒音低減効果が得られ、最も影響が大きいのは試験により「音を吸収する(タイヤ、エンジン)」である。

②ゴム粒子の形状に関して

- ・試験の結果、ひじき状でも粒子状でも同じボリュームであれば騒音低減を支配する吸音率は変わらず、粒の形状では効果に差は出ない。また、大きい形状と小さい形状を比べると、土研の試験結果から水通しは大きい形状の方が良かった。ただし、騒音低減効果に関しては小さい形状の方が良かった。

(5) 共同研究の工程案について(検討会資料1-8)

- ・多孔質弾性舗装材料の開発は、11月中旬までに共同研究参加企業がプロトタイプを開発する。
- ・確認試験(評価試験)の内、共同研究参加機関で実施の困難な項目は、他機関に依頼するものとし、試験のための新たな設備は必要としない。
- ・11月末に評価方法を決定しないと、平成10年度中に報告書が完成出来ない。
- ・第4回検討会で報告書案を提示し、第5回検討会で報告書を提示する予定。
- ・工程案は、評価試験の結果によって改良していくことは考慮していない。
- ・基本的に工程を確保すること。
- ・「多孔質弾性舗装材料の改良方法の提示」第3回検討会で登録の表現になっているが、第

2 回委員会において各機関別に改良方法の案を提出すること。

(6) 確認試験方法について (検討会資料 1-2、1-6)

①多孔質構造について

- ・多孔質構造の評価基準について、共同研究参加機関から基本物性値の追加要望があったが、この点に関して各機関が検討し報告すること。

②耐久性試験について

- ・耐久性試験は、車道への適用を考慮し土木研究所が提示した代用試験方法の実施が好ましい。
- ・耐熱老化試験、低温時引張試験、耐温水試験について各機関は検討すること。
- ・屋外引張試験は時間の関係から行わない。
- ・オゾンの影響について各機関が検討し報告すること。
- ・耐候性試験に関して検討したい。この点について各機関は検討すること。また、当該機器を保持している機関は、性能を報告すること。

③すべり抵抗性について

- ・すべり抵抗性試験は、車道への適用を考慮し土木研究所が提示した代用試験方法の実施が好ましい。
 - ・タイヤ氷上性能試験機は、現在開発中であるため、参考とする。
- 第2回検討会において、試験方法を説明の要望あり。ビデオでの試験状況説明が好ましい。
- ・供試体の寸法がまちまちであり、各機関再検討すること。

④排水性について

- ・排水性評価試験方法について、各機関再検討すること。

⑤騒音低減について

- ・騒音低減の試験方法について、各機関再検討すること。

⑥環境安全性について

- ・各社関連企業に出すところがあれば、報告すること。

⑦耐火性について

- ・耐火性の試験方法について、各機関再検討すること。

⑧施工性について

- ・その他の項目とは、別途扱いとする。

⑨リサイクルについて

- ・提案が全く無い。各機関再検討すること。

(7) 各種測定方法による多孔質弾性舗装のすべり摩擦抵抗について (検討会資料 1-5)

- ・密粒舗装と排水性舗装については、すべり摩擦測定車とDFテスターと相関があるが、多孔質弾性舗装は相関がない。

(8) ヤング率、ポアソン比、線膨張係数の使い方について

- ・ヤング率、ポアソン比、線膨張係数の測定方法に関して各機関は、検討すること。

(9) 全体的質疑内容

- ・すべり摩擦測定において雨天時（湿潤時）は、散水にて代用する。
- ・検討会資料 1-5 では、多孔質弾性舗装のすべり摩擦係数が、密粒舗装と変わらないが、密粒舗装より低く制動停止距離が長くなる状況は変わっていない。少しでも密粒舗装に近づけることが必要である。
- ・ゴム粒子の形状の違いによる比較は、全部のデータについて実施していない。強度については、スパイクラベリング試験機を実施し、ひじきと粒に差が生じないため、普通タイヤにおいて差は生じないと考えられる。
- ・多孔質弾性舗装材料と基層とののはがれの問題は、薄層塗りを必要とするウレタン樹脂系接着剤を使用したため基層の不陸に接着面が追従できなかったことが主要因である。接着剤をエポキシ系の 2 液タイプに変更することで境界面ではがれが生じないことから、持続性の確認は必要だが問題はないと考えている。故に、共同研究の検討項目から除外する。
- ・過去 5 年間の気象データを調べたところ、5 mm 以上の雨が降る割合は年 5% 以下であることから、土砂降りの場合の排水性を検討する必要はない。
- ・改良方法の提示は土木研究センターへインターネットまたは、FAX で行う。
- ・各社、土木研究センターにメールアドレスを連絡すること。
- ・寒冷地の問題は、多孔質弾性舗装材料より耐凍結性が低いと考えられるウレタンバインダーを用いた木質系舗装の凍結融解試験結果が良好であったことを考慮し、今回検討研究項目から除外する。
- ・共同研究の期間は、原則として 3 月で終了するが、進捗状況を加味する。

5. 次回開催予定

- ・第 2 回検討会は 9 月末の月曜日もしくは、10 月初旬の月曜日に開催する。

6. 次回までの課題

- ・確認試験方法について本議事録ならびに各社の案を記載した資料 1-6 を参照し、再検討すること。詳細については、後日、土木研究センターより連絡する。
- ・多孔質弾性舗装材料の改良方法を各機関提出すること。

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第2回検討会議事録

1. 日時 : 平成10年10月6日(火) 13:00~17:00

2. 場所 : 建設省土木研究所8階会議室

3. 出席者:

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
大西 博文	" 環境部 交通環境研究室 室長
近藤 升	" 主任研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
久保 和幸	" 道路部 舗装研究室 主任研究員
明嵐 政司	" 材料施工部 化学研究室 室長
佐々木 巖	" 材料施工部 化学研究室 研究員
足立 弘	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 部長
植山 高志	" ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
角丸 一夫	住友ゴム工業(株) 研究開発本部 基本技術研究室 室長
柑本 哲哉	" 産業品研究部 課長
熊川 浩	(株)ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
今枝 稔明	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
棚橋 英明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
大野 芳裕	" 技術開発本部 第1研究室 次席
菊池 武志	日東化工(株) 新商品開発センター センター長
中村 晴隆	" 新商品開発センター 開発グループ長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
畑 克彦	" 研究部 第3グループ長
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部 部長
斎藤 秀明	(株)ブリジストン 免震・道路資材開発部 副部長
増田 欽司	" 研究開発第3部 課長補佐
村山 寿弥	横浜ゴム(株) MB開発本部 開発一部
小野田光之	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 部長
長澤 寛和	" 技術研究所 研究開発二部 主任研究員

4. 配布資料

議事次第

- 検討会資料 2-1 機関別確認試験方法提案書総括表
- 検討会資料 2-2 多孔質弾性舗装の改良についての提案
- 検討会資料 2-3 多孔質弾性舗装関係特許
- 検討会資料 2-4 表層板の製造報告（案）
- 検討会資料 2-5 多孔質弾性舗装材の排水性向上について

5. 議事内容

5-1 あいさつ等

- ・建設省土木研究所 大西室長紹介、佐々木研究員紹介

5-2 討議

(1) 関連特許について

- ・ファーバー状のゴム材料を使用した空隙率 30～40%の多孔質弾性舗装材については、ブリジストン社の特許が成立した。
- ・検討会資料 2-3（特許リスト）により、各社の責任により開発中の材料に関して特許の確認すること。共同研究以外の会社のものについても確認してください。
- ・なお、各社関連特許がある場合には、共同研究応募申請書に記載され、かつブリジストンにおいても依頼している通り、報告すること。
- ・多孔質弾性舗装材料を開発する過程で、ブリジストン社の特許に触れる可能性がある場合には、個別に確認をとるものとする。
- ・ブリジストン社は、特許の使用を制限はせず、契約を結ぶ準備がある。
- ・今回の材料は、各社個別に開発するものですので、特許についての扱いも個別に実施すること。

(2) 確認試験方法

①評価項目：主要材料がゴム材料であること

- ・ふるい分け試験は、ゴム協会基準 SRIS0001 による試験を実施するが、ふるいの目に関しては、同基準 SRIS0002 による。
- ・ふるい分け試験時には、ゴムの含水比が 0.1～0.2%程度であるため乾燥を行わない。
- ・ひじき状の材質に関しては、供給メカの試験を信用して管理している機関がほとんど。
- ・ひじき状の材質を使用する機関は、供給メカの管理方法について調査し、報告すること。
（表-1 参照）
- ・ひじき状の材質は、粒状のものと比較して、産廃量が多くなる。

表-1 機関別ゴム材料の形状

機関名	ゴム材料の形状
アサヒゴム	粒状
カネト	ひじき
オツクバ	ひじき
住友ゴム工業	ひじき
デイスカバリ	粒状
東海ゴム工業	ひじき
東洋ゴム工業	粒状
日東化工	粒状
パンドー化学	ひじき
藤本産業	ひじき、粒状
ブリヂストン	ひじき、粒状
横浜ゴム	ひじき、粒状

②評価項目：多孔質構造 その1（多孔質構造であること）

- ・空隙は、連続空隙と独立空隙があり、騒音低減効果は、連続空隙によるものが大である。
- ・連続空隙の測定は、水置換では多孔質弾性舗装材の空隙が小さいため、空隙内に気泡が残存する。置換材料としてアルコールを使用すれば良いとの報告あり。
- ・試験方法は、上記報告に沿って（株）デイスカバリ殿が作成する。試験方法は、JIS の規格に準じた記載方法でとりまとめる。

③評価項目：多孔質構造 その1（厚さ・寸法が均一であること）

- ・供試体の切り出しは、使う材料によって困難な場合（例えば石等を配合）が想定される。
- ・供試体は原寸とし、中央部の厚さは長いコンパス（ノギス？）を使って測定する。
- ・供試体の個数に関しては、3つが妥当である。以下6ヶとの記載のある供試体個数は全て3つとする。
- ・試験方法は、アサヒゴム（株）殿が作成する。試験方法は、JIS の規格に準じた記載方法でとりまとめる。

④評価項目：多孔質構造 その2（基本物性値）

- ・引張試験の基準 JISK6301 は廃止となるため、JISK6251 によるものとする。
- ・供試体の作成方法に関しては、専用金型による方法と、ギョウ等による打ち抜きにより作成する方法の提案等があったが、どちらがよいか結論出ず。
- ・供試体の作成方法は、機関の判断にゆだねる。
- ・試験方法は、線膨張係数を求めるための試験方法についての記載のあった東洋ゴム工業（株）殿が作成する。試験方法は、JIS の規格に準じた記載方法でとりまとめる。なお、供試体の作成方法を検討した上で、供試体寸法は、設定されるものとする。

⑤評価項目：耐久性 その1（車両により著しく摩耗しないこと）

- ・単に、製品の開発過程の確認実験という意味でなく、道路構造としての機能の確認試験と

して本項目は検討しなければならないので、土研が試験方法についてとりまとめる。

⑥評価項目：耐久性 その2（気象条件等による変色・ひび割れ・角かけ等の劣化が生じない）

- ・使用する材料が、黒色のゴムであり着色されない場合には、紫外線劣化試験を実施しても変化しないことが証明されている。よって、紫外線劣化試験は実施しない。
- ・着色を行う場合には、上記試験は適用されることとなるが、本共同研究の範囲では、着色は要求品質項目には含まれていないため、基本的には実施しないものとする。
- ・ゴムの耐久性の確認試験としては、湿熱劣化試験方法が最も大きいので実施した方がよい。
- ・試験方法は、上記報告に沿って横浜ゴム（株）殿が作成する。試験方法は、JISの規格に準じた記載方法でとりまとめる。

⑦評価項目：すべり抵抗性

- ・目標値の設定が現状では、困難ではあるが、試験を相対評価のために実施する。
- ・散水状況の規定について明確にする必要がある。
- ・供試体上に試験機をおくことで供試体の変形が生じ試験結果に影響を与えるかに関しては、土研側で確認を行う。
- ・上記検討結果を反映して土研が試験方法を定める。

⑧評価項目：排水性（降雨時に水たまりができないこと）

- ・試験方法は現場透水試験方法とし、土研が試験方法を設定する。試験方法において、界面活性剤の使用の有無について記載する。

⑨評価項目：排水性（降雨後に保水しないこと）

- ・試験方法は、土研が設定する。

⑩評価項目：騒音低減（走行騒音の吸音性能を有すること）

- ・試験方法は、表現方法が異なっているが各機関同一の試験方法（2マイク法）を提案している。よって、試験は、本方法によるものとする。
- ・試験は、音響学会の騒音スペクトルを用いて交通騒音の重み付けを考慮することとする。試験方法は、土研が設定する。
- ・一軸圧縮試験は、「多孔質構造 その2」に含まれるものであることから、本項目から除外する。

⑪評価項目：環境安全性（有害物質の溶出がない）

- ・本項目は、もともとバインダがタイヤの摩耗により粉体となって飛び散ることや、バインダとタイヤの反応を想定したものであるが、これらが有害でないならば実施する必要が無いのではという意見あり。
- ・次回までに、各機関は、本項目の試験を実施する必要があるかを検討し報告すること。

⑫評価項目：耐火性（著しく延焼しない）

- ・現状の材料と大幅に異なるものでなければ、実施する必要は無い。
- ・項目の除外も含め土研が検討を実施する。

⑬評価項目：リサイクル（リサイクルが可能であること）

- ・ウレタン樹脂とゴムの燃え方が異なるので、燃料として使用する場合についても、ウレタンの除去

の必要性等検討が必要。

- ・もう一度舗装材として使用する方法として、バージン材料の一部として使用する方法がある。
- ・全て回収できる予定である工法があるとの報告あり。

(3) 多孔質弾性舗装の改良についての提案

- ・土研として「シリカ」を使用すれば摩擦力が増大する方法を提案したが、その手法を実施する機関はないのかとの問いかけに関し、返答無し。
- ・1社を除き材料開発の進捗が見えないとの意見あり。
- ・検討会資料2-2を参考に他社も開発を進めること。

(4) 多孔質弾性舗装材の排水性向上について

- ・多孔質弾性材料を構成する「シリカ」材料の粒径を整え接触面積を小さくすれば、連続空隙は増加し、排水性は向上するとの考え方を説明。問題点として、接触部に応力が集中することを説明。空隙に「バインダ」が充填されない様に、「バインダ」量や、「バインダ」材質についても検討が必要と考えられることを説明。
- ・「バインダ」以外の対処方法として粒子を活性化することで連続空隙を発生させ、かつ接着力を高めることができる方法があるとの報告あり。

(5) 表層板の製造報告（案）について

- ・管理上、この記載方法にて各機関開発材料を管理する。
- ・筆記できない箇所があれば記載の必要はないが理由があれば記載すること。

5-3 次会開催予定について

開催日時 平成10年11月10日 13:00～17:00

開催場所 建設省土木研究所 526会議室

5-4 検討課題について

- ・討議内容参照

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第3回検討会議事録

1. 日時 : 平成10年11月10日(火) 13:00~17:00

2. 場所 : 建設省土木研究所 5F 526号室

3. 出席者 :

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
近藤 升	" 環境部 交通環境研究室 主任研究員
明嵐 政司	" 材料施工部 化学研究室 室長
久保 和幸	" 道路部 舗装研究室 主任研究員
青木 理恵	" 環境部 交通環境研究室 研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
佐々木 巖	" 材料施工部 化学研究室 研究員
足立 弘	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 部長
植山 高志	" ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木 統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
角丸 一夫	住友ゴム工業(株) 研究開発本部 基本技術研究室 室長
柑本 哲哉	" 産業品研究部 課長
熊川 浩	(株)ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
今枝 稔明	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
棚橋 英明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
中村 晴隆	日東化工(株) 新商品開発センター 開発グループ長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
森田 繁	バンドー化学(株) 副参事
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部
斎藤 秀明	(株)ブリヂストン 免震・道路資材開発部 道路資材開発プロジェクトグループリーダー
増田 欽司	" 免震・道路資材開発部
村山 寿弥	横浜ゴム(株) MB開発本部
国生	"
長澤 寛和	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 主任研究員
倉持 智明	" 技術研究所 研究開発二部 研究員

4. 配付資料

議事次第

- 検討会資料 3-8 ・ 各社検討結果報告書
- 検討会資料 3-9 ・ 開発レベルおよび開発材料数報告
- 検討会資料 3-10 ・ 「ウレタン樹脂の耐久性についての見解」提示依頼
- 検討会資料 3-11 ・ 排水性の評価試験
- 検討会資料 3-12 ・ ラベリング試験方法
- 検討会資料 3-13 ・ 回転式すべり抵抗測定器による動摩擦係数の測定方法（案）
- 検討会資料 3-14 ・ 2 マイクロホン法測定方法
- 検討会資料 3-15 ・ 多孔質弾性舗装材料の開発に関する共同研究
- 検討会資料 3-16 ・ すべり抵抗測定（DF テスター）確認試験結果
- 検討会資料 3-17 ・ 耐火性に関する実験結果

5. 議事内容

5-1 あいさつ

5-2 討論

（1）確認試験方法

① ふるい分け試験

- ・ ふるい分け試験方法については、日東化工(株)が幹事会社となり、以下の7社と協力して決定する。

オカモト(株)、オーツタイヤ(株)、住友ゴム工業(株)、東海ゴム工業(株)、バンドー化学(株)、藤本産業(株)、(株)ブリヂストン

② 連続空隙率測定

- ・ 連続空隙率測定は比重がゴムより小さいメタノールを使用する。
 - ・ 連続空隙率測定の方法は(株)ディスカバリーの提案に決定する。
- なお、メタノールに浸水する時間を追加する。

③ 厚さ・寸法測定方法

- ・ 厚さ・寸法測定の方法はアサヒゴム(株)の提案に決定する。
- なお、測定値の有効桁数を追加する。
- ・ 試験体の直角の確認方法等試験に必要な試験項目について、バンドー化学(株)がセンターおよびアサヒゴム(株)に提案する。

④基本物性値試験

- ・基本物性値試験の項目および試験方法は東洋ゴム工業(株)の提案に決定する。

なお、以下の内容について追加する。

I. 引張試験

- ・引張速度を $100 \pm 10 \text{ mm/min}$ に変更する。なお、速度について問題がある会社は東洋ゴム工業(株)に連絡する。

II. 線膨張係数

- ・供試体のカッティング方法をバンドー化学(株)が検討する

III. ヤング率、ポアソン比

- ・圧縮の際すべりを良くするため、金枠の内側にラバーグリスを塗る。

⑤ラベリング試験

- ・供試体に鉄板 (6mm) を貼り付ける際の接着剤はエポキシ系であれば良い。
- ・ラベリング試験の方法は(財)土木研究センターの提案に決定する。
- ・ラベリング試験は、共通試験とする。

⑥湿熱劣化試験

- ・湿熱劣化試験方法 (横浜ゴム(株)提案) の規格値 (3項) は省く。
- ・湿熱劣化試験は $70^\circ\text{C} \times 95\% \text{ RH}$ の条件で1ヶ月実施する。
- ・各社所有のオープンが $70^\circ\text{C} \times 95\% \text{ RH}$ で使用することが困難な場合は、事務局に報告する。
- ・因みに、土木研究所の試験走路に設置している多孔質弾性舗装の表面温度が、真夏の最高気温を記録する時間帯において、 60°C であった。

⑦すべり抵抗性

- ・すべり抵抗測定は土木研究所殿のDFテスターを使用する。
- なお、条件を以下に示す。

I. 供試体に 6mm の鉄板を貼り付ける。

II. 測定前 30 分間浸水する。

III. 測定中は測定機の能力内で常時散水する。(検討会にて変更)

- ・すべり抵抗測定は共通試験とする。

⑧排水性

- ・測定値の有効桁数は、はかりの有効目盛りとする。
- ・試験は勾配を付けずに行う。
- ・排水性試験は共通試験とする。

⑨ 2 マイクロホン法

- ・低周波と高周波のすりあわせ周波数を近藤主任研究員が決める。
- ・各社所持している 2 マイクロホン（B & K 社製）の機能を確認する。異常がある場合は、土木研究所殿が所持しているプログラムを借用して対応する。
- ・供試体は多角形に切断して隙間の部分を粘土で埋める方法で制作する。なお、やむを得ずモールドを使用した場合は、事務局に報告する。
- ・2 マイクロホン法は、共通試験とする。

⑩ 溶出試験

- ・今回の共同研究において溶出試験は省く。

⑪ 耐火性試験

- ・過去に行った実験では、多孔質弾性舗装は密粒舗装より耐火性が低いことが明らかになっている。また、タバコによる実験では燃えなかったが、ガソリンを散布した実験では、ゆっくりではあるが燃えた。
- ・ウレタンが燃えた場合、青酸ガスが発生する。この件については、過去の文献に僅かな発生量であることが記述されているので、同文献を本共同研究の報告書に記載する。
- ・過去の実験結果から判断して、今回の共同研究において耐火性試験は省く。

(2) 開発レベルおよび材料数について

- ・供試体は各社 1 2 月中に事務局へ送付する。
- 供試体の枚数は共通試験の項目及び試験費用と合わせて、事務局より各社に連絡する。

(3) 異方性の扱い

- ・供試体の作成において考慮すべき問題である。

(4) 用語について

- ・J I S やゴム協会の用語集に記載されていない用語で、通常使用しているものを各社事務局に報告する。

(5) 報告書の目次について

- ・各社目次案に対する提案を事務局に報告する。

(6) 特許関連

- ・(株)ブリヂストンが所有している特許について、「ひじき状タイプで空隙率 30 ~ 40 % のプレキャストを車道に使用する場合」は、無償で使わせて頂けることになった。なお、この件については、本共同研究対象とは限らない。

5-3 次回開催予定について

- ・開催日時 平成10年12月9日(水)
- ・開催場所 建設省土木研究所 526会議室(予定)

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第4回検討会議事録

1. 日 時 : 平成10年12月9日(水) 13:00~17:00

2. 場 所 : 建設省土木研究所 5F 526号室

3. 出席者 :

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
近藤 升	" 環境部 交通環境研究室 主任研究員
久保 和幸	" 道路部 舗装研究室 主任研究員
青木 理恵	" 環境部 交通環境研究室 研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
佐々木 巖	" 材料施工部 化学研究室 研究員
足立 弘	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 部長
植山 高志	" ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木 統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
柑本 哲哉	住友ゴム工業(株) 産業品研究部 課長
溝口	"
熊川 浩	(株)ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
今枝 稔明	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
棚橋 英明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
菊池 武志	日東化工(株) 新商品開発センター センター長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
森田 繁	バンドー化学(株) 副参事
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部
斎藤 秀明	(株)ブリヂストン 免震・道路資材開発部 道路資材開発プロジェクトグループリーダー
増田 欽司	" 免震・道路資材開発部
今田 和弘	横浜ゴム(株) MB開発本部 開発推進部 開発管理グループグループリーダー
村山 寿弥	横浜ゴム(株) MB開発本部 開発一部
小野田光之	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 部長
長澤 寛和	" 技術研究所 研究開発二部 主任研究員
倉持 智明	" 技術研究所 研究開発二部 研究員

4. 配付資料

議事次第

- 検討会資料 4-1 ・「ウレタン樹脂の耐久性についての見解」提示依頼
- 検討会資料 4-2 ・「バインダー量の決め方についての見解」提示依頼
- 検討会資料 4-3 ・（案）多孔質弾性舗装材の物性試験用資料の調整方法、一般条件
- 検討会資料 4-4 ・「多孔質弾性舗装の表層版の設計についての見解」提示依頼
- 検討会資料 4-5 ・表層版の試作の依頼
- 検討会資料 4-7 ・第4回検討会各機関別検討結果報告書
- 検討会資料 4-8 ・第4回検討会事前回答一覧表
- 検討会資料 4-9 ・多孔質弾性舗装材料確認実験業務

5. 議事内容

5-1 あいさつ

5-2 討議

(1) 確認試験方法

1) 供試体調整方法（担当：バンドー化学）

- ① 第3回検討会における変更点内容について確認を行った。
- ② 試験片の作製方法における温・湿度条件とは、各試験片作製時を意味し、試験片製造時については適用しない。
- ③ 資料 4-3 の表現の変更
 - ・「型加硫」を「型枠形成」に変更する。
 - ・「加硫ゴム」を「舗装体」に変更する。
 - ・その他詳細な言葉使いを、バンドー化学が次回委員会までに検討する。

④ 寸法測定方法

- ・試験片の寸法測定方法については、試験の種類（物性値試験等）によりダイヤルゲージやノギスの使い分けをする。

なお、使用する測定機器の根拠が明確になるよう適用範囲に明記する。

- ⑤ 試験温度は各試験法で決めることとし、「供試体調整方法（資料 4-3）」においては省く。また、試験時間についても「資料 4-3」から省く。
- ⑥ 誤字の修正をする。

2) 寸法・厚さ測定方法（担当：アサヒゴム）

- ① 第3回検討会における変更点内容について確認を行った。
- ② 適用範囲を「多孔質弾性舗装の仕上がり寸法、厚さを・・・」とする。
- ③ 試験温度を $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。
- ④ 試験の一般条件について、物性試験用資料の調整方法を省く。

3) ヒジキ状ゴムの管理方法 (担当: 日東化工)

- ① 外観の説明文にヒジキ状の定義を明記する。
- ② ヒジキ状ゴム性能表 (表 2) の種類について表現を変更する。
- ③ 機械ふるい方法における打振と回転運動についての条件は、粉末ゴムの JIS 規格 (近い時期に発行予定) に明記されている「かさ密度のフロートタイプ」に準拠したもの。
- ④ 手ふるい方法は省く。

4) 連続空隙率測定方法 (担当: ディスカバリー)

- ① 第 3 回検討会における変更点内容について確認を行った。
- ② 試験温度を $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。
- ③ メタノールの密度表を 25°C まで織り込む。
- ④ はかりは 0.01kg まで読み取れるものとする。

5) 基本物性値試験 (担当: 東洋ゴム)

5)-1 引張試験方法

- ① 第 3 回検討会における変更点内容について確認を行った。
- ② 厚さ以外の形状および寸法については、理論的見地から長さの短い JIS K 6251 規定のダンベル状 2 号形とする。なお、ダンベル状 1 号形を推奨する会社は、事務局まで連絡する。

5)-2 ヤング率、ポアソン比の試験方法

- ・ 第 3 回検討会における変更点内容について確認を行った。

5)-3 線膨張係数の試験方法

- ・ 第 3 回検討会における変更点内容について確認を行った。

6) ラベリング試験 (担当: 土木研究センター)

- ① 第 3 回検討会配布資料の供試体寸法が誤っていたため修正した。
なお、舗装試験法便覧のラベリング試験における供試体寸法と、土木研究所のラベリング試験機では、寸法が異なるため注意すること。
- ② 供試体と鉄板の張り付けは各社で行う。

7) 湿熱劣化試験 (担当: 横浜ゴム工業)

- ① 現在実施中の湿熱劣化試験 (条件: $70^{\circ}\text{C} \times 95\% \text{RH}$) は 12 月末に終了する。
なお、試験結果の報告時期を 12 月 11 日までに事務局に連絡する。
- ② 試験方法は横浜ゴム工業の試験結果を持って決定し、事務局より各社に連絡する。
- ③ CS 硬度計の測定方法を、次回検討会までに横浜ゴム工業がまとめる。
- ④ 湿熱劣化試験機を所持していない会社は他企業に依頼する。

8) すべり抵抗性試験

- ① 測定手順の一部を削除する。
- ② 報告事項に水頭差 (水槽水位の高さと散水位置) を追加した。

9) 2 マイクロホン法

- ・ 第 3 回検討会配布資料の「道路交通騒音に対する吸音率算出式」の修正。

$$\alpha_r = (\sum \alpha_i \times (10^{(L_{A_i}/10)} / (\sum 10^{(L_{A_i}/10)}))$$

(2) 材料数と工程の確認

- ① 供試体の提出納期を全員一致のもとに、平成11年1月18日（午前10時必着）まで延長することで決定した。

提出先：財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部

なお、土木研究所（案）材料の提出納期については、後日事務局より各社に連絡する。

- ② 共同研究の全体工程が、供試体の提出納期の遅れから数ヶ月延びる可能性があり、各社の了承を得た。
- ③ 供試体数量の最終確認を行い、以下の通りに決定した。

会 社 名	会社数	材料数
アサヒゴム、オカモト、オーツタイヤ、住友ゴム工業、ディスカバリー、バンドー化学、藤本産業、ブリヂストン、横浜ゴム工業	9社	1種類
東海ゴム工業、東洋ゴム工業、日東化工	3社	2種類
合 計	12社	15種類

(3) ウレタン樹脂の耐久性についての見解

- ・ウレタン樹脂の耐久性について各社からの報告

(4) バインダー量の決め方についての見解

- ・バインダー量の決め方について各社からの報告

(5) 多孔質弾性舗装の表層版の設計についての見解

- ・多孔質弾性舗装の表層版の設計について各社からの報告

(6) その他

1) 報告書作成

1)-1 報告書の目次について

第1章 はじめに 担当：小林安全官

第2章 技術用語

- ・共同研究を行うに当たり必要な用語を織り込む。

第3章 低騒音舗装概念の整理

①試験方法の選定理由を織り込む。

②すべり抵抗値の基準

- ・測定値を平均した値の最小値をターゲットとして、アスファルト舗装との比較値を整理する。

第4章 表層版の製造技術の検討

①摩擦係数を増加させる方法等、公表しても良いようなアイデアをまとめて記載する。

②接着力を強くするようなアイデアを共有出来る範囲で示す。

③小見出しを作る。

第5章 性能試験の方法

- ・試験方法を決めるに当たって検討した内容を記載する。

第6章 試作品の製造報告

- ・各社の試作品の製造方法で明らかに出来る範囲を示す。

第7章 試作品の性能試験

第8章 基本規格の作成

第9章 おわりに 担当：小林安全官

1)-2 作業分担

- ① 報告書の作成は東海ゴム工業（代表幹事）が詳細目次を検討した後、作業分担を行い、各社へ連絡する。

なお、各試験方法については、担当会社が作成する。

- ② 現場施工型についても、分科会の形で織り込む。

2) 現場施工型について

- ・ 全社確認したところアサヒゴム、住友ゴム工業、横浜ゴム工業の3社が、土木研究所舗装走行実験場において現場施工型実験を実施することに決定した。

3) 課題

- ① 平成10年12月20頃までに各社より多孔質弾性舗装材（使用済みのものでもよい）の一部を事務局まで送る。
- ② 各試験方法の最終版を事務局に送付する。
- ③ 報告書の原案（各社担当部分）を第5回検討会に持参する。

5-3 次回開催予定について

- ・開催日時 平成11年2月10日（水）
- ・開催場所 建設省土木研究所 526会議室

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第5回検討会議事録

1. 日 時 : 平成11年2月10日(水) 13:00~16:15

2. 場 所 : 建設省土木研究所 5F 526号室

3. 出席者 :

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
近藤 升	" 環境部 交通環境研究室 主任研究員
青木 理恵	" 環境部 交通環境研究室 研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
明嵐 政司	" 材料施工部 化学研究室 室長
佐々木 巖	" 材料施工部 化学研究室 研究員
植山 高志	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木 統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
角丸 一夫	住友ゴム工業(株) 研究開発本部 基本技術研究室 室長
熊川 浩	(株) ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
今枝 稔明	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
棚橋 英明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
大野 芳裕	" 技術開発本部 第1研究室 次席
菊池 武志	日東化工(株) 新商品開発センター センター長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
森田 繁	バンドー化学(株) 副参事
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部
斎藤 秀明	(株) プリチストン 免震・道路資材開発部 道路資材開発プロジェクト グループリーダー
増田 欽司	" 免震・道路資材開発部
村山 寿弥	横浜ゴム(株) MB技術開発本部 技術開発一部 5グループ 担当課長
国生 正人	横浜ゴム(株)
長澤 寛和	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 主任研究員
倉持 智明	" 技術研究所 研究開発二部 研究員

4. 配付資料

議事次第

- 検討会資料 5-1 ・多孔質弾性舗装材料の開発に関する共同研究 報告書(案)
- 検討会資料 5-2 ・湿熱劣化試験方法
- 検討会資料 5-3 ・湿熱劣化試験方法について
- 検討会資料 5-4 ・第5回検討会 各機関別報告書作成例
- 検討会資料 5-5 ・報告書 第1章 はじめに
- 検討会資料 5-6 ・報告書 3.9 その他PERSの必要特性
- 検討会資料 5-7 ・技術用語

5. 議事内容

5-1 あいさつ

5-2 討議

(1) 試験方法最終確認

1) 湿熱劣化試験方法(担当:横浜ゴム)

引張強さおよび伸びの変化率は、平均値を算出する方法に変更する。

2) 湿熱劣化試験方法提案(土木研究センター)

土木研究センターにおいて湿熱劣化試験を行うことが可能であるため、恒温高湿試験装置を所有していない会社は個別に相談する。

3) 引張試験供試体について

引張試験の供試体について、データのばらつきの問題はあるが、各社の保有率を考慮してダンベル状1号形とする。

(2) 共同研究報告書について

1) 主要工程

「第7章 試作品の性能試験結果」以外については、3月1日の報告書原稿締切(土木研究センター着)工期を守ること。3月3日にとりまとめたものを各機関に発送する。

2) 内容

①報告書の内容はMOに入れ、報告書巻末の袋に入れて保管する。

②報告書作成フォーマットについて、土木研究センターで再確認し、各社に連絡する。

③検討会資料 5-4、8頁の「6.2 体積弾性率及びポアソン比の算出方法」における体積弾性率(K)の算出式を修正した。

④「3.4 PERSの騒音低減効果」については、明嵐室長ならびに近藤主任研究員に相談する。

また、「3.5 すべり抵抗性」については、池原研究員に相談する。

⑤報告書に共同研究参加企業の名称及び担当者の氏名を記載することについて、過去の

事例を土木研究センターが確認する。

また、各項目における担当者の明記についても、土木研究センターで確認する。

⑥「3.6 排水機能」については、排水機能が余り良くないので、簡単に記載する。

⑦用語については、報告書に使用する用語集とし、「検討会資料 5-7 技術用語」以外に必要な用語を各社土木研究センターに報告すること。その後、土木研究センターよりバンドー化学に報告する。

⑧湿熱劣化試験結果については、各社の責任者印を押して土木研究センターに送ること。

⑨報告書の試験結果における社名記載の必要性については、各社検討し2月15日の週に土木研究センターに返答する。

⑩共通試験の結果については、土木研究センターで解答するが、順位については解答しない。

5-3 共通試験ならびに舗装走行実験場における実験の見学

5-4 次回開催予定について

- ・開催日時 平成11年3月10日(水)
- ・開催場所 建設省土木研究所 526会議室

「多孔質弾性舗装材料の開発に関する研究」第6回検討会議事録

1. 日時 : 平成11年3月10日(水) 13:00~17:00

2. 場所 : 建設省 土木研究所 1階会議室

3. 出席者:

氏 名	所 属 ・ 役 職
小林 保	建設省土木研究所 道路部 総合交通安全研究官
大西 博文	" 環境部 交通環境研究室 室長
近藤 升	" 環境部 交通環境研究室 主任研究員
安藤 和彦	" 道路部 交通安全研究室 主任研究員
池原 圭一	" 道路部 道路研究室 研究員
木坂 聖	" 道路部 交通安全研究室 交流研究員
明嵐 政司	" 材料施工部 化学研究室 室長
佐々木 巖	" 材料施工部 化学研究室 研究員
足立 弘	アサヒゴム(株) ゴム建材技術部 部長
植山 高志	" ゴム建材技術部 ゴム用品技術課 課長
鈴木 環	オカモト(株) 開発室
佐々木 統	" 研究開発課
上田 稔	オーツタイヤ(株) 新規事業室 技師長
山本 勝志	" 新規事業室 研究員
溝口 哲夫	住友ゴム工業(株) 研究開発本部 基本技術研究室
熊川 浩	(株)ディスカバリー 技術開発室 室長
伊生 雅一	" 技術開発室 チーフ
今枝 稔明	東海ゴム工業(株) 事業開発本部 商品開発部 部長
棚橋 英明	" 事業開発本部 商品開発部
大原利一郎	東洋ゴム工業(株) 技術開発本部 第1研究室 室長
大野 芳裕	" 技術開発本部 第1研究室 次席
菊池 武志	日東化工(株) 新商品開発センター センター長
和田 法明	バンドー化学(株) 研究部 主事
森田 繁彦	" 研究部 副参事
藤本 光宣	藤本産業(株) 技術部
増田 欽司	(株)ブリジストン 免震・道路資材開発部
今田 和弘	横浜ゴム株式会社 MB開発本部 開発推進部 開発管理グループ
村山 寿弥	" MB開発本部
小野田光之	財団法人土木研究センター 技術研究所 研究開発二部 部長
佐藤 信二	" 技術研究所 研究開発二部 主任研究員

4. 配布資料

検討会資料 6-1 試験結果

検討会資料 6-2 コメント一覧

検討会資料 6-3 土木系材料技術審査証明事業申込案内書

検討会資料 6-4 多孔質弾性舗装の走行安定性（土木技術資料投稿用原稿）

5. 議事内容

（１）試験結果について

- ・試験結果については、共同研究報告書の中では結果のみを報告する。各試験結果の総括表の後にグラフを配置する。
- ・強度、ヤング率の試験結果の単位はS I 単位—Mpa に統一する。
- ・未提出の試験結果については、各社とも3月末までに土研センターに提出する。

（２）報告書について

コメント一覧以外の追加のコメントとその対応を以下に示す。

① 第1章 はじめに

- ・図—1は3. 2に移動し、厚さの数値は文章中に記載する。
- ・多孔質弾性舗装の連続空隙率は30～40％に変更し、文末の4行は8章「終わりに」に記載する。

② 第二章 技術用語

- ・技術用語については、多孔質弾性舗装材（PERS）共同研究の報告書に関し必要な用語についてのみ記載し、一般的なものを除く。
- ・多孔質弾性舗装材料はゴムチップで統一し、ゴム粉のサイズ（0.3mm～5mm）の記載は削除する。
- ・ゴム弾性舗装、廃タイヤについての記述は削除する。
- ・配合の説明は、多孔質弾性舗装に限定した記述とする。
- ・バインダーにおける結合材の記述は削除する。
- ・表層板→表層版、型枠形成表→型枠成型に変更・統一する。

③ 第3章 低騒音舗装概念の整理

- ・文献を引用する場合は、引用文献（著者、文献名等）を脚注に記す。
- ・舗装厚さ3cmとした根拠、現場施工型と工場製作型があり工場製作を主としたこと、連続空隙と独立空隙の議論、摩擦測定車とDFTの関連についての記述を追加する。
- ・3. 3. 2のバインダー粘度の単位をチェックする。
- ・3. 4のタイヤ発生音とエンジン音の比率の記述は削除する。
- ・ヒステリシス摩擦についての説明を本文中に追加する。
- ・今回の共同研究では十分な排水機能が得られていないことと、保水性についての記述を追加する。
- ・3. 7の低騒音の内訳は削除する。また、多孔質弾性舗装の耐久性の考え方にはアスファ

ルト系排水舗装と同じと考えられるかどうかについては久保主任研究員に確認する。

- ・ウレタン系接着剤のアルカリ環境下での加水分解は湿熱劣化に変更する。
- ・章番号のフォーマットは土研センターで提出済みのものに合わせ、図、表番号は各章ごとの通し番号とする。

④ 第4章 表層版の製造技術の検討

- ・製造技術については騒音低減効果、空隙率、排水性、強度、耐摩耗性等の関連で論じ、目次構成を調整する。目次構成を東海ゴムと打ち合わせる。
- ・現場施工型の可能性についても、舗装走行実験場での試験施工の結果を含め記載する。記載内容については原稿を各社に送り確認を得る。

⑤ 性能試験

- ・原材料管理方法の多孔質弾性研究会の文章は削除する。
- ・騒音低減効果は試験舗装して実際に騒音を測定するのではなく、多数の供試体を測定する必要から室内試験で代用したことを記述する。すべり抵抗についても同様にDFテスターで代用したことを記載し、試験方法の相関について記載する。
- ・劣化については、紫外線劣化よりも湿熱劣化の方が大きいとの討議があり、紫外線劣化の試験は行わなかったことを記述する。
- ・その他の試験方法にある添付資料について確認をする。

⑥ 試作品の製造報告

- ・摩擦係数、排水性、接着強度の向上のため工夫した点を企業秘密に触れない範囲で報告する。また書式を統一する（書式は土研センターで作成する。）

⑦ 今後の予定

- ・各社はコメントを元に担当分の報告書を手直しし、3月13日までに事務局（土研センター）に提出する。

（3）今後の予定について

- ・共同研究は今年度限りで終了とし、今後は舗装走行での摩擦測定等土研内で試験を実施し、その結果により実現場に展開を図る。

（4）土木系材料技術・技術審査証明事業について

- ・今後、各社で製品の改良を図ったものについては土木系材料技術・技術審査証明を取得することで建設事業への導入が可能である。

（5）多孔質弾性舗装の走行安定性（土木技術資料投稿用原稿）について

- ・「多孔質弾性舗装の走行安全性」を土木技術資料に投稿する事について、研究会参加各社の承認を得た。

(6) その他

- ・一部の研究会参加メンバーの社長変更に従い研究協定書に訂正印が必要となり、書類を回覧する。
- ・多孔質弾性舗装の必要性能について質問があり、平均的な密粒舗装（1,200件の実測値の平均では60kmで0.53）と同等の性能が目安となるとの説明があった。
- ・土研センターで実施した試験については3月中に精算できるよう請求書を各社に送付する。

湿熱劣化試験の劣化の程度について

1. PERS では廃タイヤゴムチップ及び EPDM ゴムチップ自身は早期の加水分解は考えられず、吸水による物性低下は起こりにくいので、(むしろ逆に熱が効いて若干硬度があがる傾向にある) 実質的にポリウレタンバインダ-の湿気及び熱による加水分解及び吸水による物性低下、即ちゴムチップへの接着力低下の程度を知ることである。一般的には最終的に引っ張り強さ (Tb)、伸び (Eb)、硬さ (Hs) 何れもが低下するが、初期に一旦水が可塑剤の役割をして吸水によりのびが大きくなる。吸水現象だけの場合は、吸水量の減少 (乾燥) により物性の大部分は復元する。
2. 物性低下の許容範囲については、各メーカーの材料の初期の値が実際に要求されるレベルに対してどの位高いレベルにあるか (安全性が高いか) 異なるのでいちがいに言えないが、4週間の間に 50~60%も急激に低下するものは、その後の低下を考えると問題があると考えられる。
3. 初期の値に対する湿熱劣化後のデータの解釈
 - 1) Tb、Eb、Hs 何れも低くなっている場合
ゴムチップの硬度アップが少なく、劣化・吸水によりバインダ-の物性値が低下したと考えられる。但し下がり方が少ない場合、湿熱中で若干の未反応の架橋が進んだと考えられる。
 - 2) Tb、Hs は高く Eb は低くなった場合
湿熱によりウレタンに劣化・吸水はすすんだが、熱により更に若干の架橋反応が進んだか、ゴムチップに硬度アップがあったと考えられる。。
 - 3) Tb、Hs は小さくなり Eb が大きくなる場合
湿熱劣化・吸水により Tb、Hs が下がり、吸水時の水の可塑剤効果により Eb が大きくなったと考えられる。
 - 4) Tb、Eb、Hs 何れも一律の変化の仕方でなく、かつ変化量が少ない場合
湿熱試験中に更に架橋反応が進み、更に湿熱劣化・吸水により試験終了時に、初期の値と殆ど同じレベルになった可能性がある。
 - 5) いずれも試験後の値が高くなっている場合
試験スタート時未反応の反応基が残っていて湿熱中で架橋が進行し、試験終了時でもまだ初期値 (スタート時) まで下がっていない可能性がある。

以上

- 注) 1) 実際には上記の通り、加水分解と吸水の2個の要因があり、更に長期の傾向、及び乾燥させた場合 (水分を追い出した場合) の物性の復元傾向を把握しないとどちらの要因が大きいかわかりず、現時点では曖昧に複合要因の表現にしました。
- 2) ウレタンはその中でも数多くの種類があり、少し弱い構造の場合、湿熱劣化試験をかけた場合吸水のみで構造が破壊されて、乾燥しても元の弾性体に戻らないものもあります。
ただ、今回の様な用途に使用されているものは比較的構造がしっかりしているのでこのようなことは4週間程度の短期間には起こることは考えられないので上記には述べていません。
- 3) 基本的には成型品でも 150℃×30 分程度の加熱では未反応の反応基が残っており多かれ少なかれ熱及び湿気で更に架橋反応が進むと考えられます。
- 4) 当社タイヤ材料研究部によると、タイヤのゴムは一般的に湿気よりも熱により若干硬度が上昇し伸びが低下するとの見解です。

以上