ISSN 0912－0793

アスファルト

第49巻　第219号　平成18年４月発行

219

特集・性能指標とその評価方法

特集にあたって　稲垣竜興　1
関東地方整備局における性能規定の現状と課題　松山隆雄　3
積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の性能指標値の検討
安倍隆二　7
東京都における保水性舗装の性能指標と評価方法　小林一雄　12
性能規定による低騒音舗装の敷設について　國塚康平　17

ゼミナールに参加して　多田宏行　24
＜アスファルト舗装技術研究グループ・第５１回報告＞
峰岸順一　25
促進載荷試験機による舗装の耐久性評価に関する各国の事例
江向俊文・金井利浩・鎌田孝行
小関裕二・佐々木巌・高橋光彦　26
第15回　IRF世界道路会議の論文紹介
井　真宏・市岡孝夫・岩岡宏美・樫野　誠
鎌田　修・高馬克治・鈴木　徹　41
＜統計資料＞石油アスファルト需給統計資料　55

ASPHALT
有限責任中間法人 日本アスファルト協会
THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

特集にあたって

稲垣竜興
財団法人　道路保全技術センター情報技術部長

はじめに

道路利用者の視点から舗装に求める機能は，安全で走りやすく，長持ちするものであり，さらに環境に寄与できるものであればなお良い。

このような考え方から，平成13年に道路構造令が改正され，環境負荷の少ない舗装の導入及び舗装の構造基準の性能規定化がはかられた。さらに道路交通騒音の低減，集中豪雨時における都市型水害の発生の抑制等に資する「透水性」舗装を都市部の道路に導入し，また，舗装技術の進展を踏まえ，舗装材の種類による仕様規定を改め，材質を問わず所要の性能を満たせばよいこととする性能規定とする，とされた。

この性能規定を前提として，舗装に要求するものを整理したものが性能指標である。

この道路構造令の改正を受け，同年に国土交通省より「舗装の構造に関する技術基準」が通達された。舗装の技術基準は，従来の材料や構造を限定的に規定する仕様規定から，技術革新に柔軟に対応できる性能規定に変更されている。

「技術基準」では，道路管理者が舗装の設計期間，舗装計画交通量および舗装の性能を規定する性能指標とその値を定めて発注し，これらの条件に従って施工された舗装は，舗装の施工直後あるいは供用後一定期間を経た時点で，その性能指標の値を確認するものとされている。

舗装の種類

道路構造令で考え方を大きく変えたものとして，従来「車道及び側帯の舗装は，セメント・コンクリート舗装又はアスファルト・コンクリート舗装とする。」と舗装の種類を限定していたものを「車道，中央帯（分離帯を除く。），車道に接続する路肩，自転車道等及び歩道は，舗装するものとする。」とし，舗装の種類の限定を解除したことにある。

これは，舗装は，求める性能を満たすものであれば，どのような舗装であってもよいと言うことであり，多様な舗装構造の提案が可能となり，舗装技術にとっては大きなマーケットが開けたことを意味している。

舗装の構造の原則

舗装の種類の限定は解除されたが，以下のような舗装の構造の原則を示している。

(1) 舗装は，道路の存する地域の地質，気象その他の状況及び当該道路の交通状況を考慮し，通常の衝撃に対して安全であるとともに，安全かつ円滑な交通を確保することができる構造とするものとする。

(2) 舗装の構造の決定に当たっては，道路の存する地域の状況，沿道の土地利用の状況及び自動車交通の状況を勘案して，当該舗装の構造に起因する環境への負荷を軽減するよう努めるものとする。また，舗装発生材及び他産業再生資材の使用等リサイクルの推進に努めるものとする。

(3) 車道及び側帯の舗装は，自動車の安全かつ円滑な交通を確保するため，道路の存する地域の状況，自動車交通の状況を勘案して必要がある場合においては，雨水を道路の路面下に円滑に浸透させることができる構造とするものとする。

(4) 積雪寒冷地域に存する道路の車道及び側帯の舗装の施工に当たっては，路床の状態を勘案して必要がある場合においては，路床土の凍結融解による舗装の破損を防止する対策を行うものとする。

「舗装の性能指標」は，これらの構造の原則に従って定めるものであり，その意図するところを十分認識しておくことが重要である。

舗装の性能指標

舗装に求める性能について，「技術基準」では必須の性能指標として「疲労破壊輪数」，「塑性変形輪数」，「平たん性」，および雨水を道路の路面下に円滑に浸透させることができる構造の舗装では「浸透水量」を規定している。

また，必須の性能指標以外に「必要に応じ，すべり抵抗，耐骨材飛散，耐摩耗，騒音の発生の減少等の観点から舗装の性能指標を追加するものとする。」とし

て，道路環境等に応じて道路管理者が必要な性能指標を設定できることを規定している。

舗装の性能を分類したものが性能指標であり，その程度を表したものが性能指標の値である。

必須の性能指標については，その性能指標の値が規定され，それらの確認方法およびその基本的考え方が示されているが，「必要に応じて定める」性能指標およびその値については，示されていない。

性能指標の確認

舗装の性能指標の確認は「技術基準」で以下のように規定されている。

⑴　舗装の施工直後に，舗装の性能指標の値について確認するものとする。

⑵　舗装の性能指標の値について，供用後一定期間を経た時点の値を定めた場合においては，その時点で確認するものとする。

この規定の意味するものは，出来あがった舗装，即ち供用される直前の舗装の性能を確認することを原則としていることである。従来の仕様規定では，例えば舗装の厚さや締固め度など，設計図書に示される通りのものが出来上がっていることを確認することで，舗装の性能を満たしているとみなしていたが，性能規定では，材料や設計方法，品質管理方法によらず，出来上がった舗装の性能を確認することが義務づけられることとなった。

舗装の性能評価法

「技術基準」では，必須の性能指標として規定されている「疲労破壊輪数」，「塑性変形輪数」，「平たん性」，および「浸透水量」について，性能指標の値の確認方法の基本的考え方は示されているが，具体的な方法については示されていない。また，「必要に応じ，すべり抵抗，耐骨材飛散，耐摩耗，騒音の発生の減少等の観点から舗装の性能指標を追加するものとする。」としているが，それらの性能指標およびその値の確認方法については示されていない。これらを補完するため，性能の確認方法として「技術基準」に示された「以外の測定方法により，舗装の性能指標の値について，確認できるか否かの判断は，当該道路管理者が行うものとする。なお，独立行政法人土木研究所において，舗装の性能指標の測定方法として認められる方法を公表するので，適宜参考とされたい。」と決められている。これらをとりまとめたものとして，平成18年１月に㈳日本道路協会より「舗装の性能評価法－必須及び主要な性能指標の評価法編－」が出版された。その概要は以下の通りである。

⑴　疲労破壊輪数

必須の性能指標と位置付けられている「疲労破壊輪数」の測定については，「技術基準」で促進載荷装置による方法が示されているが，その装置の調達が難しく，現実的に採用が困難である。このため疲労破壊輪数を簡便に評価する新しい方法が求められていた。そこで，土木研究所で確認された方法として，FWDにより測定したたわみ量の追跡調査を基に，疲労破壊輪数と照査しその妥当性を確認したものが示されている。

⑵　塑性変形輪数

「塑性変形輪数」についても疲労破壊輪数と同様，促進載荷装置による方法は一般的に適用するのは困難であることから，施工直後の状態を評価できるホイールトラッキング試験により性能指標の値を確認する測定方法および評価方法が示されている。

⑶　平たん性および浸透水量

「平たん性」，および「浸透水量」については，「技術基準」で現場に則した従来の測定方法が示されているが，「平たん性」では除外箇所の考え方などを整理し，「浸透水量」では測定器具の形状・寸法等を含め具体的に示されている。

⑷　主要な性能指標

必要に応じて定める舗装の性能指標のうち，性能規定発注方式による試行工事に多く採用されている「騒音値」と，ニーズの高い性能指標である「すべり抵抗値」を主要な性能指標として取り上げている。各地での試行工事の実績などから，現在最も適切と考えられる測定方法および評価方法を整理したものであり，性能規定によって示される性能指標の値の確認する際のガイドラインになるものと考えられる。

あとがき

舗装技術の新しい展開は，性能規定により始まると言っても過言ではない。特に，必須以外の性能指標については，道路利用者・沿道住民の要求に合致し，コストに見合った性能指標及びその値の設定が求められるが，その基盤となる技術開発も重要である。特にこれからの舗装技術を支える若手技術者が，性能指標の持つ意味を十分認識し，技術的な対応をされることを期待する。

関東地方整備局における性能規定の現状と課題

(The Present and Issue on the Performance Based Standards in Kanto Regional Development Bureau)

松　山　隆　雄*

関東地方整備局では，平成11年度より舗装工事における性能規定発注に試行的に着手し，すでに７年間の実積がある。本文では，騒音値の性能指標の評価方法について紹介する。また，新たな試みとして平成14年度より着手した，路面温度の低減を目指した舗装の性能指標についても紹介し，それらの現状と課題について展望を述べるものである。

１．はじめに

関東地方整備局では，技術基準等の性能規定化に先駆ける形で，平成11年度より排水性舗装のもつ騒音低減効果に着目した性能規定・総合評価方式による発注をすすめてきた。すでに平成17年度末現在で91工事の実績を重ねており，排水性舗装においては，その技術水準の向上と安定に一定の成果を得て，標準的な発注方法として定着した。また，東京の年平均気温は100年で３℃上昇するなど都市部でのヒートアイランド現象も重大な環境問題となっている。この中で舗装に蓄積される熱は，昼間における路面温度の上昇や夜間における舗装からの放熱による熱帯夜の増加等の要因の一つとなるため，この対策として平成15年度より保水性舗装，遮熱性舗装の性能規定発注による試験施工を行い実用化を目指している。

２．低騒音舗装

2.1　性能規定項目・規定値及び測定値

工事完成時の性能規定項目および規定値の例を**表－１**に，１年後の規定値の例を**表－２**に示す。ただし，交差点部（車の停止線から交差点内の車道部分），天災等により路面に影響がある箇所，路面表示部，橋面部，マンホール部等は性能保持の対象外としている。

表－１　性能評価項目、規格値及び測定方法の例

完成時

項　目	規格値	測定方法
耐塑性変形	動的安定度 4000回/㎜以上	・ホイールトラッキング試験 ・「舗装試験法便覧」［㈳日本道路協会］による
排水性	現場透水試験 1000㎖/15sec以上	・現場透水試験 ・「排水性舗装技術指針（案）」［㈳日本道路協会］による
平坦性	各車線毎に σ：2.4㎜以内	・３mプロフィルメータ ・「舗装試験法便覧」［㈳日本道路協会］による
騒音値	騒音測定車（特殊タイヤ音）で各車線毎に測定（走行速度50㎞/h）し、全車線の平均値が89dB（LAeq）以下必須要件） ただし、提案値が88.5dB以下の場合は提案値以下	・舗装路面騒音測定車 ・低騒音舗装測定要領による

表－２　性能評価項目、規格値及び測定方法の例

１年後

項　目	規格値	測定方法
騒音値	騒音測定車（特殊タイヤ音）で各車線毎に測定（走行速度50㎞/h）し全車線の平均値が基準値90dB（LAeq）以下（必須要件） ただし、提案値が88.5dB以下の場合は提案値＋１dB以下	・舗装路面騒音測定車 ・低騒音舗装測定要領による

*まつやま　たかお　国土交通省　関東地方整備局　道路部　道路工事課　課長補佐

2.2　路面測定車による測定方法

測定車を一定速度（標準50㎞/h）で走行させ，特殊タイヤを舗装路面に対して約4.9kNの荷重（１輪当たり2.45kN）で押しつけながら走行時に発生する特殊タイヤ音を，特殊タイヤ近接部に設置した単一指向性マイクロホンで捉え，データレコーダに記録する。測定条件を**表－３**に示す。**写真－１**に東京都板橋区大和町での測定状況を示す。

表－３　測定条件等

交差点	停止線間は対象外
測定位置	車線OWP（外わだち部）
標準走行速度	50㎞/h
路面状況	乾燥状態
サンプリング間隔	0.1秒
サンプリング個数	約70個/100m
周波数補正回路	A特性
音圧レベル	LAeq

写真－１　大和町での測定状況

測定位置は，車線ごとの左側輪跡部（OWP：Outer Wheel Pass）である。低騒音舗装における騒音低減機能は，タイヤ／路面騒音のうちエアポンピング音の発生を，舗装の空隙で緩和することにより発現するといわれている。また，供用にともなう騒音低減機能の低下は，空隙に塵埃類が詰まってエアポンピング音の発生を緩和できなくなるためと言われている。輪跡部を測定することは，実際の騒音低減機能の発現位置を評価するということから決定された。

特殊タイヤ音の測定値は，対象道路において，性能規定では３回，総合評価では５回測定した除外区域を除くすべてのデータを0.1秒毎にサンプリングし，等価騒音レベル（LAeq）を求めるものである。性能規定発注方式は，完成時・１年後共，測定値の小数点以下１位を四捨五入した整数値とし，総合評価落札方式は，完成時は測定値の小数点以下１位を二捨三入した0.5dB単位とし，１年後は，「１年後の測定値－提案値」は小数点以下１位を四捨五入した整数値で評価する。

2.3　ペナルティ

規定した性能指標の必須要件を満足出来ない場合については，原則として修補を行うこととし，施工者が発注者に修補計画を提示し，必要な修補を行い再測定を行うこととなる。また，総合評価による提案値については，技術評価相当額の範囲内で減額変更等を行うこととし，最低必須要件を満足出来ない場合のみ修補を行うこととしている。

2.4　性能値の評価

舗装の性能が，発注者が定めた規格値を満足しているか否かを評価することを目的として，性能評価は発注者が公的な機関に委託し実施している。性能評価機関として指定した㈶道路保全技術センターでは，当初は阿部頼政日本大学理工学部教授を委員長（平成16年度より矢野善章㈳日本道路協会舗装委員会委員長）とした「低騒音舗装試験工事性能評価委員会」を設置しその評価にあたってきた。

2.5　現状及び今後の課題

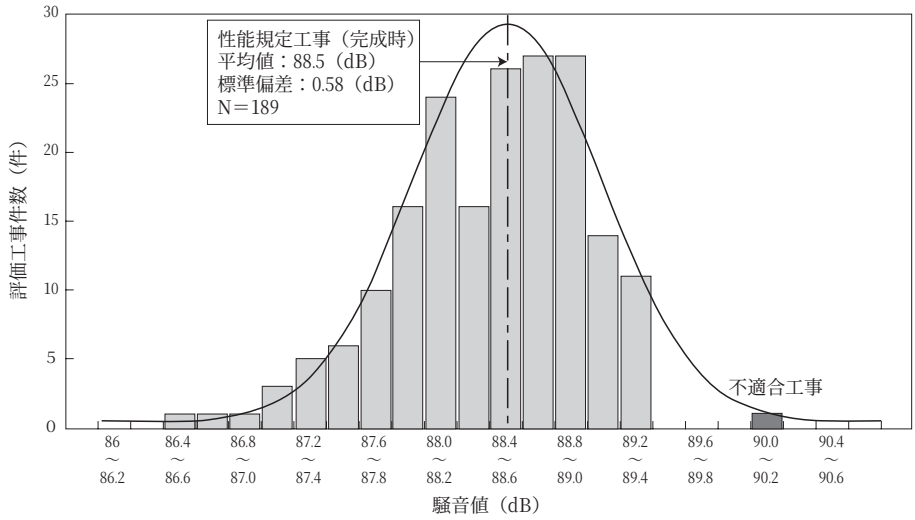
騒音レベルの規格値は，国土交通省及び東京都が実施した低騒音舗装の測定車による測定結果を参考として設定されたものであり，調査結果から工事完成時の平均値89dB，１年後の平均値90dBが得られ，この平均値を下記の理由で規格値とした。

①従来の仕様規定発注方式工事の平均値は最低限確保する。

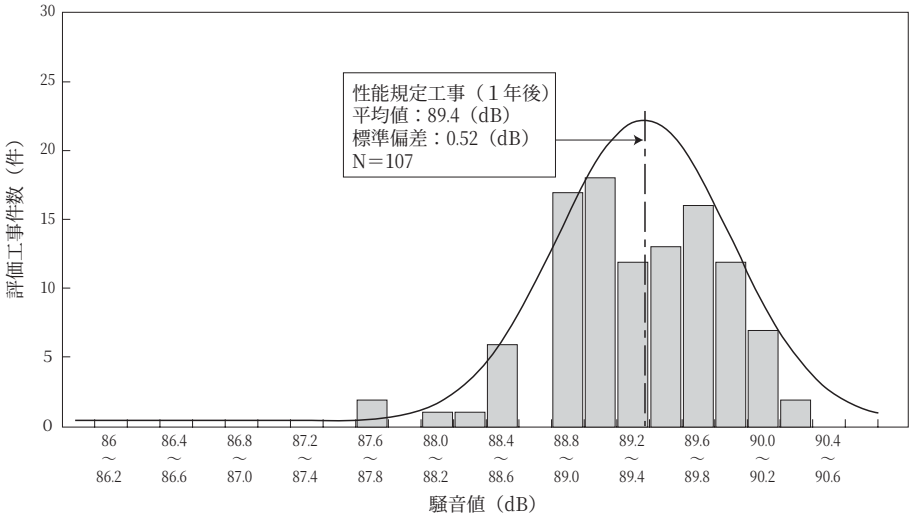
②施工者にインセンティブを与え，優れた新技術（材料・工法）の積極的な開発を促す。

性能規定工事における測定データ分布を**図－１**，**図－２**に示す。この結果からほとんどの工事が規格値を満足する性能を確保したことから，規格値の設定は妥当性が高いものであったと認められる。この成果として技術開発が進み，当初の目的のひとつは達成されたと言えよう。

しかしながら，直轄国道工事での施工者の大半は，技術力を有する大手の道路会社である。このため，発注者の要請に応えて，かなりの技術的努力や費用負担を担って性能規定に対応してきたものと想像できるため，今後，この指標が中小の舗装工事に適用し定着できるかどうかは今後の課題である。



図－1　性能規定工事の騒音分布（完成時）



図－2　性能規定工事の騒音分布（１年後）

３．保水性舗装，遮熱性舗装

3.1　性能規定項目・規定値及び測定方法

平成15年度に試験舗装を行った際の保水性舗装及び遮熱性舗装の性能規定項目・規格値および測定方法を下記に示す。

3.1.1　保水性舗装

「路面温度の低減は，最高気温30℃日射のある条件で，日射量の多い11時～15時の間で30分毎に路面温度を測定し，隣接する既設路面とのピーク値の差が－10℃以上とする。測定日の早朝（５時～６時）に毎分６リットルで１時間散水（降雨強度で50㎜/h）することができる。なお，測定は接触型温度計を使用し路面表面温度で行うものとする。」として性能規定発注を行った。

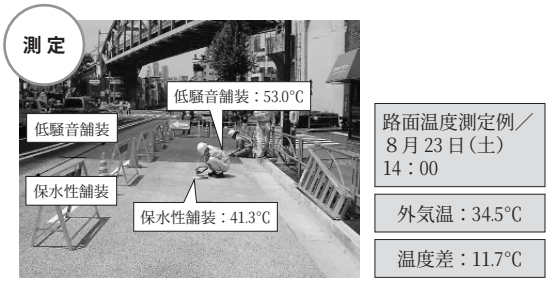
3.1.2　遮熱性舗装

「遮熱材の色は暗灰色系とし，路面温度の低減は，最高気温30℃日射のある条件で，日射量の多い11時～15時の間で30分毎に路面温度を測定し，隣接する既設路面とのピーク値の差が－10℃以上とする。なお，測定は接触型温度計を使用し路面表面温度で行うものとする。」として性能規定発注を行った。

◆保水性舗装（17号湯島）

施工フロー図：母体アスコンの舗設 → マスキング → 保水材の混合・搬出 → 保水材の敷拡げ・注入 → 余剰分の除去 → 養生 → 交通開放

振動ローラによる注入状況



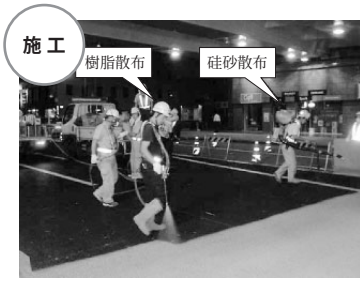
路面温度測定例／8月23日（土）14：00

外気温：34.5℃

温度差：11.7℃

◆遮熱性舗装（15号銀座）

施工フロー図：母体アスコンの舗設 → マスキング → 遮熱材の混合・吹付け → 滑り止め材散布 → 遮熱材の混合・吹付け → 養生 → 交通開放



遮熱材施工（塗布）状況

路面温度測定例／8月22日（金）12：30

外気温：34.0℃

温度差：10.8℃

施工状況・路面温度測定状況

3.2　ペナルティ

規定した性能指標の規定値（路面温度の低減）を満足できない場合には，原則として修補を行うこととし，施工者が発注者に補修計画を提示し，必要な修補を行い再測定を行うこととなる。

3.3　現状及び今後の課題

保水性舗装及び遮水性舗装の試験施工箇所については，施工時（平成15年８月）より追跡調査を実施し，路面温度低減効果の持続性等を確認しているところである。

今後，環境舗装の性能指標（路面温度の低減効果）を評価する上で，次のような幾つかの課題がある。

まず，路面温度低減効果を評価するための基準となる比較舗装については，路面温度低減効果の確認方法を隣接路面と比較する場合，日照条件等供用条件に差が生じる可能性がある。そこで，同一条件下で評価するため，比較舗装として供試体を使用し，現地に設置して効果を確認する手法などを検討している。

測定方法については，人力による路面の表面温度を接触型温度計で測定する方法では連続的な測定ができないことと温度測定に交通規制が伴う等が課題である。この点についても経済性等も考慮して他の方法も検討を行っている。

また，舗装の温度低減効果が発揮される夏場での効果を捉えるためには，測定適季が制約されることも課題となっている。

４．まとめ

今回は排水性舗装の騒音低減および路面温度の低減に対する取り組みを紹介したが，他の既存の指標（浸透水量等）についても性能規定・総合評価発注を実施している。舗装工事の発注形態が仕様規定から性能規定に移行し，直轄国道においては舗装工事に限らず性能指標によって技術力を公募する取り組みがある程度定着してきたと考えている。今後はライフサイクルコスト等をより重視した性能指標の拡大に取組んでいくこと等が予想されるとともに民間舗装業界からも積極的な新しい提案を期待したい。

積雪寒冷地における アスファルト舗装の性能指標値の検討

(Examination on Performance Specitication of Asphalt Mixture in Cold, Snowy Regions)

安　倍　隆　二*

平成13年６月に「舗装の構造に関する技術基準」が制定された。同技術基準は舗装の多様なニーズに応えるために舗装の性能を規定し，設計方法，使用材料および施工方法を限定せず，舗装の性能が満たせば，設計方法等を限定しないことから新境技術が採用されやすい環境にある。そのため，性能規定化が進めば，今後新技術等により，品質の向上やコスト縮減等の効果も期待されている。

本文では北海道開発局で実施する性能規定発注工事において設定した塑性変形輪数，ラベリング試験値，浸透水量，低温カンタブロ損失率および平坦性等の性能指標値を設定した背景や根拠等に関する検討結果についても報告するものである。

１．はじめに

平成13年６月に「舗装の構造に関する技術基準」が制定された。同基準は一層効果的かつ効率的な舗装整備のために性能規定化されおり，道路利用者・沿道住民および道路管理者によって要求される舗装の耐久性，安全性，快適性などのニーズに応えるため，設計方法および材料・施工方法を限定せず新技術が採用されやすい環境となっている。

本文では北海道開発局で実施する性能規定発注工事において設定した塑性変形輪数，ラベリング試験値，浸透水量，低温カンタブロ損失率および平坦性等の性能指標値を設定した背景や根拠について報告する。

２．性能指標値に関する検討

耐流動対策混合物や排水性（低騒音）舗装混合物の性能指標値の設定は，「北海道開発局　道路・河川工事仕様書」，「北海道開発局　道路工事設計施工要領」および「北海道開発局　道路改良工事特記仕様書」の規格に対して，実施工事の室内試験データの分布状況等を把握し，性能指標値として設定可能か否かの検討を行い，北海道開発局における性能規定発注工事の性能指標値を設定した。また，仕様書等で規格値の設定がされていないすべり摩擦係数や低騒音対策と実施している排水性舗装の騒音値等については，試験施工を行い検討した。設定した経緯を以下に示す。

2.1　耐流動対策混合物の性能指標値に関する検討

現在，北海道開発局で使用している耐流動対策混合物である細粒度ギャップアスコン（13F55）の試験値の分布状況を把握し，性能指標値を設定するための判断資料とした。

以下のデータを使用して検討を行った。

①北海道開発土木研究所
　試験データ（平成３年～平成12年度）

②北海道舗装事業協会舗装試験所
　試験データ（昭和53年～平成13年度）

なお，耐流動対策混合物は平成11年度以降に国道で用いられるようになったことから，北海道舗装事業協会（以下，協会）のデータは平成11年度～13年度に実施したデータを対象とした。

表－１に耐流動対策混合物の性能指標値や設定根拠を示す。主な理由は，従来舗装工事で使用してきた「北海道開発局　道路改良工事特記仕様書」および「北海道開発局　道路・河川工事仕様書」等の規格で実施された舗装は，今までの調査結果[1, 2]から供用に支障が生じるような問題が生じていないことやわだち掘れ量についても抑制できる試験結果が得られていることから，その規格値を満足すれば性能指標値として使用しても問題ないと判断した。

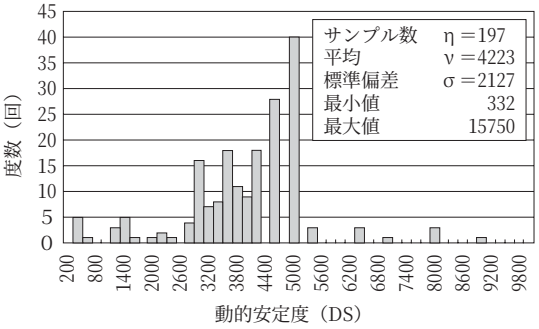
(1)　ホイールトラッキング試験値

耐流動対策混合物用に用いられる改質Ⅱ型アスファ

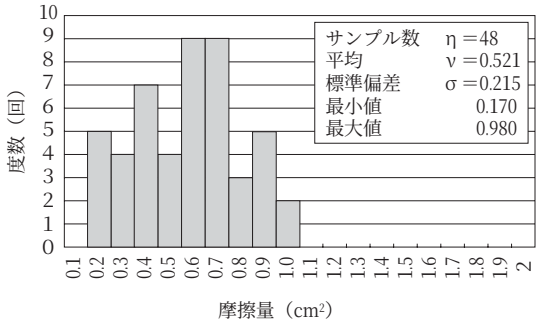
*あべ　りゅうじ　独立行政法人　北海道開発土木研究所　維持管理研究室

表－1　耐流動対策混合物の性能指標値

試験項目	性能指標値	設定根拠
塑性変形輪数	1,500回/㎜以上	平成13年度「道路改良工事特記仕様書」 目標動的安定度：1,500回/㎜以上
耐摩耗性	1.3㎠以下	試験条件：試験の供試体は混合物，クロスチェーン使用 平成13年２月「道路工事設計施工要領」 アスファルトモルタルによるチェーンラベリング試験を準用：1.3㎠以下
平坦性	2.4㎜以下	平成13年度版「道路・河川工事仕様書」：2.4㎜以下 平成13年７月「舗装の構造に関する技術基準・同解説」：2.4㎜以下



図－1　ホイールトラッキング試験
細粒度ギャップアスコン（13F55・協会）



図－2　チェーントラベリング試験
細粒度ギャップアスコン（13F55・協会）

ルトにはプラントミックスタイプとプレミックスタイプがある。プラントミックスタイプの件数が少なく，その分布を正確に把握するには至らかったが，プレミックスタイプと大きく異なるものではないと思われる。

そこで，データ件数の多いプレミックスタイプに注目し，室内作成供試体と現場切取供試体について把握した。今回は室内作成供試体について報告する。

協会および北海道開発土木研究所（以下，開土研）のデータから，室内作成供試体による動的安定度（DS）は4000～5000以下の範囲に多く分布している。

協会の室内作成供試体のデータがDS=4000～5000以下に多く分布している理由は，DS=5000以上の場合は舗装体にひび割れの発生する懸念があるため，DS=5000以下に配合設計された混合物が多く採用されたと推測される。また，全体的にはDS=1500を上回ることが確認できたが，DS=1500を下回るものも数件見うけられる分布状態である（**図－1**）。

以上の試験結果から全体的にDS=1500以上を確保されていることやこれまでの工事実績や供用性状から判断し，DS=1500以上とした。

⑵　ラベリング試験値

協会におけるプレミックスタイプのデータ（混合物のラベリング試験値）によれば，0.60～0.70の範囲を頂点とした分布状態となっている（**図－2**）。全般的に1.3㎠を上回ることはほとんどないといえる。

これまで北海道において実際に使用された耐流動対策混合物（改質Ⅱ型）の試験値（H10～H13）を整理した結果，実際の試験値も全体的に1.3㎠を下回る実態が確認できた。ラベリング試験値1.3㎠以下を示すものであれば，現場における耐摩耗性に問題を生じておらず，十分な耐摩耗性を有した混合物であると判断する事が可能である。

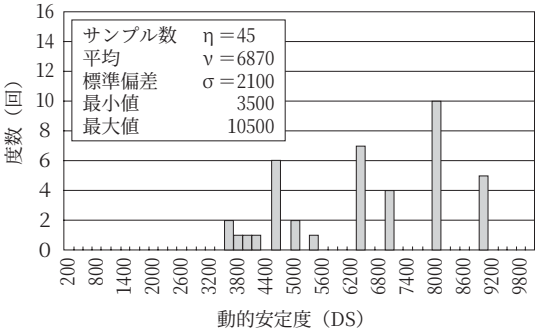
以上，これまでの経緯や実際のデータを基に総合的に判断した結果，性能規定発注時の耐摩耗性の性能指標値としては，1.3㎠以下とするのが妥当と判断した。また，今回のラベリング試験の性能指標値をアスファルトモルタルから混合物に変更した理由としては，性能規定発注工事では使用する骨材等の材料の種類を問わないため，混合物に変更した性能指標値としている。

2.2　排水性（低騒音）舗装混合物の性能指標値に関する検討

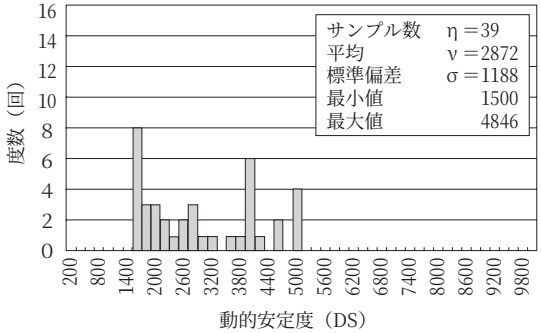
排水性舗装（低騒音）には低温カンタブロ試験損失率，塑性変形輪数，浸透水量および平坦性の性能指標値を設定した。排水性（低騒音）舗装混合物に対しては，骨材飛散に対する抵抗性が重要であるから，低温カンタブロ試験を用いることとした。

表－2　排水性舗装混合物の性能規定値

試験項目	性能指標値	設定根拠
低温カンタブロ試験損失率	20%以下	試験条件：供試体内部温度－20℃ 平成13年度「道路改良工事特記仕様書」：20%以下 日本道路公団「舗装施工管理要領」：20%以下
塑性変形輪数	3,000回/㎜以上	平成13年７月「舗装の構造に関する技術基準・同解説」：3,000回/㎜以上
浸透水量	1,000㎖/15sec以上	平成13年７月「舗装の構造に関する技術基準・同解説」：1,000㎖/15sec以上（空隙率20%の場合） 平成８年11月「非水性舗装技術指針（案）」：1,000㎖/15sec以上（空隙率20%の場合）
平坦性	2.4㎜以下	平成13年度版「道路・河川工事仕様書」：2.4㎜以下 平成13年７月「舗装の構造に関する技術基準・同解説」：2.4㎜以下



図－3　ホイールトラッキング試験
排水性舗装混合物（室内作成・協会）



図－4　ホイールトラッキング試験
排水性舗装混合物（現場切取・協会）

性能指標値の決定根拠については，**表－2**に示す従来舗装工事で使用してきた「北海道開発局　道路改良工事特記仕様書」および「北海道開発局　道路・河川工事仕様書」の規格で実施してきた排水性（低騒音）舗装は，骨材飛散等の破損が報告されていないことや供用性に問題がないことからその規格値を満足すれば性能指標値として使用しても問題ないことが確認できたためである。

⑴　排水性（低騒音）混合物の試験データの把握

北海道開発局で使用している排水性（低騒音）舗装混合物の試験値の分布状況を把握し，性能指標値の設定のための判断資料とした。使用したデータと設定方法は耐流動対策混合物と同様である。

なお，主に空隙率17%と20%の２種類の混合物があるが，ここではそれらを区別せずに扱っている。

⑵　ホイールトラッキング試験値

協会のデータから，室内作成供試体によるDSは6000～8000の範囲に頂点を持ち，DS=3000以上の範囲に分布している（**図－3**）。

また，現場切取供試体によるDSは耐流動対策混合物の場合と同様，室内作成供試体に比べて低くなる傾向が確認できる（**図－4**）。

⑶　耐骨材飛散性能指標を規定する必要性

一般地域と同様に，北海道の排水性（低騒音）舗装には「耐塑性変形輪数」，「浸透水量」，「平坦性」の３項目の性能を規定した。さらに，積雪寒冷地である北海道におけるタイヤチェーン等の使用実態から，現在，道内の混合物は耐骨材飛散性能の目標値を設けて配合設計が行われており，排水性（低騒音）舗装混合物の「耐骨材飛散性能」についても性能指標値を規定した。

⑷　数値（20%未満）の決定根拠

これまで北海道開発局においては舗装試験法便覧別冊[3]にもあるように，カンタブロ試験の供試体温度を－20℃で実施する低温カンタブロ試験を採用してきた。

排水性（低騒音）舗装の耐骨材飛散性能を向上させるには，その対策としては寒冷地用高粘度改質バインダーの使用や空隙率の低減（20%→17%）の方法がある。

図－5は北海道開発局が平成14年度に発注した工事データを取りまとめたものである。空隙率17%の場合，平均11.0%の損失率，空隙率20%の場合は10.3%である。空隙率20%の損失率が少ないのは耐骨材飛散抵抗

が高い寒冷地用の高粘度改質バインダーを使用している事例が多いためである。

北海道開発局では，日本道路公団（現；東日本高速道路株式会社）の報告[4]等を参考に20%未満を目標値として配合設計を行っている。また，これまで施工された排水性（低騒音）舗装の低温カンタブロ損失率は特殊な混合物を除き20%未満がほとんどであり，破損等の損傷も報告されていない。

以上，これまでの経緯や実際のデータを基に総合的に判断した結果，性能規定発注時の耐骨材飛散性能の指標値としては，低温カンタブロ損失率20%未満とするのが妥当と判断した。

⑸　騒音規定値の検討

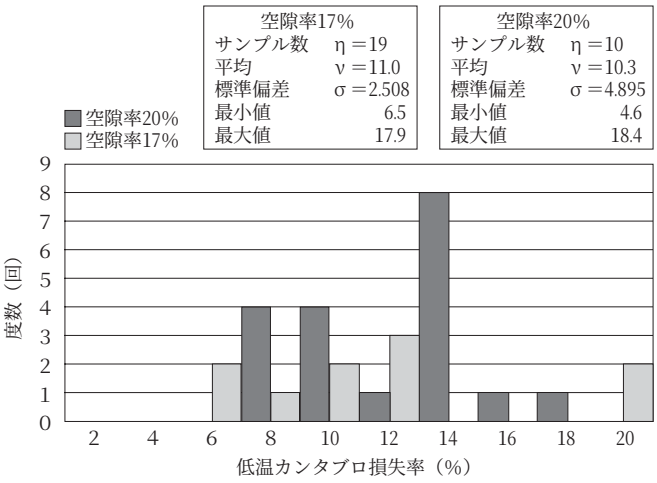
沿道環境改善事業として，排水性（低騒音）舗装が実施されているが，排水性（低騒音）舗装の騒音低減性能を評価するため，舗装路面騒音測定車（RAC車）が利用されている。この舗装路面騒音測定車は搭載されている特殊タイヤと路面から発生する特殊タイヤ音を測定し，騒音低減性能を評価するものである。北海道開発局では舗装路面騒音測定車による計測実績がないため，札幌開発建設部と函館開発建設部の排水性（低騒音）舗装箇所において舗装路面騒音測定車を利用して騒音測定を実施した。

調査箇所および調査結果を**表－３**，**図－６**に示す。測定方法は測定車を一定速度（50㎞/h）で３回測定をした平均値を騒音値として算出した。

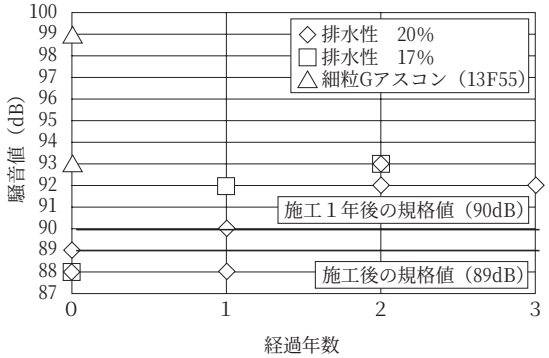
舗装工事完成時には，全国的に騒音の性能指標値として89dBの騒音規定値が設定されているケースが多いが，平成14年度に実施した３箇所は89dB以下となり，規定値を満足した結果となった。また，苫小牧寒地試験道路は通常，車が走行しない箇所であるが，88dBの値を示した。

次に１年後の騒音値の規定値は，全国的に90dBを採用しているケースが多いが，３箇所の内２箇所が90dB以下，１箇所は92dBの値を示した。また，２年後以降は92～93dBの値を示している。排水性（低騒音）舗装以外の一般の混合物（平成14年度施工）についても騒音測定を実施したが，93，99dBの値となった。

舗装路面騒音測定車の騒音値については，舗装工事完成時89dBの規定値を満足しており，北海道開発局における騒音値の性能指標値についても89dBの適用は可能であると考えられる。また，１年後の騒音値も規定値を満足する箇所もあり，今後データを蓄積して，１年後以降の騒音値の規定値を設定することが可能であるか否かの検討を行う必要がある。



図－５　低温カンタブロ試験結果



図－６　舗装路面騒音調査結果

３．まとめ

性能規定発注工事における舗装の性能指標値の検討や今後決定する必要のある性能指標値について検討を行った。以下に本報告のまとめを示す。

⑴　耐流動対策舗装の性能指標値は，動的安定度DS=1500以上，ラベリング値1.3㎠以下，平坦性2.4㎜以下とした。

⑵　排水性（低騒音）舗装の性能指標値は動的安定度DS=3000以上，低温カンタブロ損失率20%以下，浸透水量1000㎖/15sec（空隙率20%の場合），平坦性2.4㎜以下とした。また，舗装路面騒音測定車による北海道の国道で施工された排水性舗装の施工直後の

表－３　舗装路面騒音調査箇所

番号	調査箇所	施工年度	舗装の種類		平均音圧レベル	騒音値
①	一般国道227号函館市港町	平成14年度	排水性舗装（カラー）	空隙率17%	87.7（dB）	88
②	一般国道227号大野町東前	平成14年度	細粒Gアスコン（13F55）		98.7（dB）	99
③	一般国道５号七飯町峠下	平成13年度	排水性舗装	空隙率17%	91.9（dB）	92
〃	〃	平成13年度	排水性舗装	空隙率20%	90.1（dB）	90
④	一般国道12号札幌市北１条　（札幌方向走行）	平成14年度	排水性舗装	空隙率20%	89.1（dB）	89
〃	〃　（札幌方向追越）	〃	〃	〃	89.9（dB）	
〃	〃　（旭川方向走行）	〃	〃	〃	89.2（dB）	
〃	〃　（旭川方向追越）	〃	〃	〃	88.8（dB）	
⑤	一般国道12号江別市高砂　（札幌方向走行）	平成14年度	排水性舗装	空隙率20%	88.8（dB）	88
〃	〃　（札幌方向追越）	〃	〃	〃	88.7（dB）	
〃	〃　（旭川方向走行）	〃	〃	〃	88.1（dB）	
〃	〃　（旭川方向追越）	〃	〃	〃	88.2（dB）	
⑥	一般国道12号江別市高砂　（旭川方向走行）	平成13年度	排水性舗装	空隙率20%	87.9（dB）	88
⑦	一般国道５号札幌市創成　（石狩方向走行）	平成12年度	排水性舗装	空隙率17%	92.8（dB）	93
〃	〃　（石狩方向走行）	〃	〃	空隙率20%	92.5（dB）	93
⑧	一般国道12号札幌市厚別　（江別方向走行）	平成12年度	排水性舗装	空隙率20%	92.0（dB）	92
⑨	一般国道12号札幌市厚別　（江別方向走行）	平成11年度	排水性舗装	空隙率20%	91.9（dB）	92
⑩	一般国道337号札幌市手稲山口（札幌方向走行）	平成14年度	細粒Gアスコン（13F55）		92.6（dB）	93
〃	〃　（札幌方向追越）	〃	〃		93.6（dB）	
〃	〃　（小樽方向走行）	〃	〃		93.0（dB）	
〃	〃　（小樽方向追越）	〃	〃		93.9（dB）	
⑪	一般国道275号札幌市東苗穂　（札幌方向走行）	〃	排水性舗装	空隙率20%	89.8（dB）	89
〃	（札幌方向追越）	〃	排水性舗装	空隙率20%	88.8（dB）	
⑫	苫小牧寒地試験道路内試験路	平成11年度	排水性舗装	空隙率20%	88.1（dB）	88
〃	〃	〃	排水性舗装	空隙率17%	87.9（dB）	88
〃	〃	〃	密粒度アスコン		98.5（dB）	99

騒音値を測定した結果，89dB以下を満足していたが，１年後の騒音値を測定した結果，90dB以下を満足できない箇所があった。

４．今後の課題

耐流動対策混合物，排水性舗装混合物の性能指標値を設定した根拠や選定した経緯を報告した。しかしながら，この値は仕様書発注工事とはあまり変わらず，今後は新たな性能指標値の設定や新たな工法についての判断基準が必要となる。

性能規定発注工事や総合評価落札方式は新技術，新工法および新材料を採用しやすい環境を整えることに目的があるため，今後新たな舗装技術が提案されてくる可能性がある。そのため，現在，多層弾性理論を用いた設計手法等の試験施工を実施しており，積雪寒冷地における適用を検討している。

また，低温クラック，凍結融解，耐摩耗性能等の積雪寒冷地特有の性能指標値についても検討している。

最後に舗装データを提供して頂いた社団法人　北海道舗装事業協会に感謝致します。

――　参考文献　――

１）丸山他：改質Ⅱ型アスファルトを用いた耐流動対策舗装の長期供用性に関する考察－施工後６年経過した改質Ⅱ型アスファルト舗装の現状－，第45回（平成13年度）北海道開発局技術研究発表会，平成14年２月

２）丸山他：北海道における改質Ⅱ型アスファルトを用いた耐流動対策舗装の適用条件について，開発土木研究所月報NO.567，2000年８月

３）日本道路協会：舗装試験法便覧（暫定試験方法），平成８年10月

４）間谷他：積雪寒冷地における排水性舗装混合物の耐久性評価，第38回（平成６年度）北海道開発局技術研究発表会，平成７年２月

東京都における保水性舗装の性能指標と評価方法

(The performance index and the evaluation method of Water-Absorptive pavement in Tokyo)

小　林　一　雄*

東京都では，平成13年度から都市部のヒートアイランド現象緩和を目指して，路面温度を低減させる舗装（保水性舗装）の試験施工を行ってきた。

今回は，路面温度低減機能に着目し，路面温度低減量，保水量，路面のすべり抵抗値，現場透水量等の性能を設定し，夏期施工における性能要件発注（東京都では性能規定を性能要件と呼んでいる）を行ったので，その経緯及び結果について報告する。

さらに，冬期施工における性能評価についても報告する。現道で路面温度低減効果を一律に評価することは，現地の日射条件，温度，湿度，風などの気象条件や沿道の建物の影響などにより変動するため困難な状況である。また，性能要件発注における冬期施工での路面温度低減効果を評価する適切な手法も無いのが現状である。そこで，保水性舗装の路面温度低減効果を室内でランプ照射することによって評価する方法についても検討したので報告する。

1．はじめに

東京都では，平成13年度から都市部のヒートアイランド現象緩和を目指して，路面温度を低減させる舗装（保水性舗装）の試験施工を行ってきた[1), 2)]。

舗装本来の要求性能としては，耐久性，安全性，快適性（疲労破壊輪数，塑性変形輪数，平たん性，すべり抵抗）が挙げられる。近年要求される環境負荷軽減性能としては，騒音低減，排水性，路面温度低減，NO_x除去などが挙げられている。

今回は，路面温度低減機能に着目し，路面温度低減量，保水量，路面のすべり抵抗値，現場透水量等の性能を設定し，夏期施工における性能要件発注を行ったので，その経緯及び結果について報告する[3), 4)]。

性能要件発注は，舗装本来の要求性能の他に，①路面温度低減を要求性能とするケース（14年度施工，京橋），及び②路面温度低減と排水（騒音低減）機能を要求性能とするケース（15年度施工，三番町，丸の内）の２通りで行った。

①は路面温度を最大限低減するタイプであり，保水材100％浸透を想定している。②は路面温度の低減とともに排水（騒音低減）効果も同時に期待するもので，保水材を100％浸透させず表層上部に空隙部分を残す構造を想定している。

次に，保水性舗装の路面温度低減効果を室内でランプ照射することによって評価する方法について報告する。現道で路面温度低減効果を一律に評価することは，現地の日射条件，温度，湿度，風などの気象条件や沿道の建物の影響などにより変動するため困難な状況である。また，性能要件発注における冬期施工での路面温度低減効果を評価する適切な手法も無いのが現状である。

本手法は，できるだけ現道での条件を再現できるように試験条件を設定し，現場でできない一律な評価を室内試験で行うことを目指した。

本文では，室内評価結果と現道から採取した供試体で日射条件などを同一にした屋外暴露試験と比較し，提案評価試験法の妥当性を検証した結果を報告する[5), 6), 7)]。

2．夏期の現地における路面温度低減量等の設定

2.1　路面温度低減量の設定

2.1.1　路面温度低減量の定義

保水性舗装の路面温度低減効果の求め方は，①密粒度舗装との路面温度差の１日の中での最大値，②密粒

* こばやし　かずお　東京都土木技術研究所技術部

度舗装との路面温度差のある時間に限っての最大値，③各舗装の日最大路面温度の差，④各舗装の最低温度の差等が考えられる。ここでは，②の方法で検討した。なお，時間帯は，調査結果より，11:00～15:00とした。

2.1.2　散水条件の設定

東京都土木技術研究所（以下，土研）構内の試験舗装での散水実験結果から，早朝からの小まめな散水が望ましいが，早朝の１回の散水が現実的とした。

2.1.3　100%浸透での基準値の設定

⑴　疲労破壊輪数，塑性変形輪数，平たん性の設定

舗装の構造に関する技術基準に従って設定した。

⑵　路面温度低減量の設定

性能の基準値は，土研構内の試験舗装での散水実験結果から，最高気温が30℃以上で，0.3ℓ/m²・分で60分間散水した時の観測時間が11:00～15:00の密粒度舗装との最大温度差を12℃以上とした。

⑶　保水量の設定

保水量は，試験施工時に作製した厚さ10㎝の保水性舗装の30㎝×30㎝×10㎝の供試体を20℃の水槽に24時間水浸した後の値が6.98kg/m²であったことから，6.5kg/m²以上とした。

⑷　路面のすべり抵抗値の設定

すべり抵抗値は，舗装試験法便覧別冊「回転式すべり抵抗測定機による動的摩擦係数の測定方法（DFテスタ）」（60㎞/h）による方法で0.49以上あったことから，0.45以上とした。

2.1.4　75%浸透での基準値の設定

図－1は，保水材の浸透率と平成14年８月20日における各試験舗装箇所での路面温度低減効果及び施工直後の舗装路面騒音測定車によるタイヤ／路面騒音の密粒度舗装との差を示したものである。この図から，保水材60～70%浸透は，路面温度低減と騒音低減の両方の効果を期待できる。

15年度における性能は，排水（低騒音）機能も考慮に入れて，八重洲の現場（14年度施工）での試験結果から，路面温度低減量は９℃以上とした。

2.2　保水量の設定

保水量は八重洲での結果から，5.0kg/m²以上とした。

2.3　路面のすべり抵抗値の設定

路面のすべり抵抗値は，100%浸透と同様に0.45以上とした。

なお，17年度における性能要件発注については，舗装試験法便覧「振子式スキッドレジスタンステスターによる舗装路面のすべり抵抗の測定方法」による方法で60BPN以上とした。

2.4　現場透水量の設定

当初，タイヤ/路面騒音値で騒音低減性能を規定する予定であったが，評価にかかわるコスト面から現場透水量を設定した。現場透水量は，八重洲の結果から，500mℓ/sec以上とした。

３．室内における路面温度低減量の設定

3.1　評価試験条件の設定

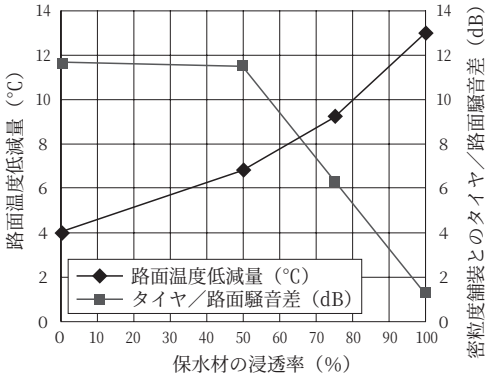
評価試験は，**図－２**に示すようにランプをセットし照射試験を恒温恒湿室で行うものである。恒温恒湿室で行うのは，温度，湿度を一定にするとともに風の影響をできるだけ受けないようにするためである。

3.1.1　試験温度と湿度

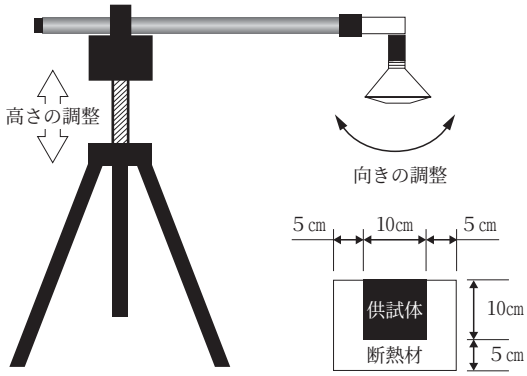
試験温度は，夏期の都心部での日最高気温に近い35℃とした。14年度の東京都心部（八重洲，大手町）の実測データから気温が35℃の時の湿度の最高値が70%程度であったことから，設定湿度を70%とした。

3.1.2　供試体の形状

保水性舗装混合物及び比較の特殊開粒度混合物（低



図－１　路面温度とタイヤ／路面騒音の低減効果



図－２　照射試験装置

騒音舗装混合物）の供試体は，直径10㎝高さ10㎝のコア供試体である。

コアを用いた理由は，性能要件発注においての性能評価は現場での試験によることを原則とするが，冬期施工の場合には夏期の性能が測定できないことから間接的な評価手法として照射試験を採用したためである。また，75%浸透型の保水性舗装は，実験室で現場での施工を再現することが難しく，現場採取して施工条件が反映されたもので評価する必要があるからである。

3.1.3　熱電対の設置と断熱材

熱電対は，温度検出部が供試体中心から直径４㎝の円周上となる３カ所に設置した。熱電対は，T型熱電対を用い，温度はそれぞれの位置に設置した熱電対の平均値とした。供試体の表面温度を正確に計るために，温度検出部に１×１㎝以下の大きさの銀紙を貼り付けた。断熱材として，厚さ５㎝の発泡スチロール版を側面，底面にゴムバンドでセットすることとした（**図－３**参照）。

3.1.4　ランプの仕様と照射量

ランプは散光型，110V150W，ビーム角30度，色温度2750Kのビームランプ（白熱電球）を使用した。本試験では，特殊開粒度混合物の供試体表面温度が３時間で60℃になる照射量と照射高さを設定し，予備試験を実施した。この結果，照射高さ約67㎝，照射量680W/㎡程度が上記条件を満たすことが確認できた。なお，ランプの照射量の経時変化を避けるため，照射量を全天日射計で試験前に測定し，照射高さを調整することとした。

3.1.5　供試体の養生

恒温恒湿室の温度は35±１℃，湿度は70±5RH%に設定し，恒温恒湿室内で供試体を５時間以上養生した。供試体は試験開始1時間前に35±１℃に調整した水槽内で１時間水浸養生した。

3.2　性能指標の基準値の設定

3.2.1　試験供試体の種類

保水性舗装の種類は，現道から採取したコアとした。保水材の注入量は，75，100%のものである。比較は，室内作製の特殊開粒度混合物（ホイールトラッキング供試体）から切り出したコアとした。

3.2.2　室内評価試験と屋外暴露試験結果の比較

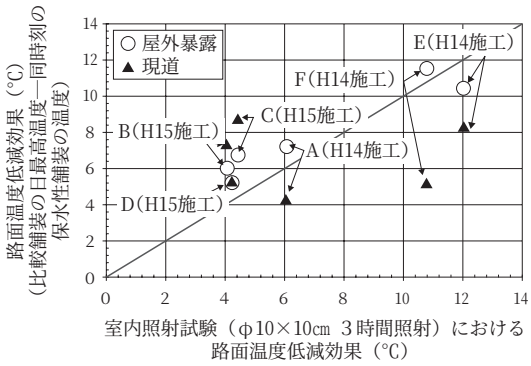
室内評価試験と屋外暴露試験および現道での測定結果の比較は，**図－４**に示すとおりである。

現道での測定は，16年度夏期に行い，屋外暴露試験用の縦30×横30×厚さ10㎝の試料採取も同時に行い室内評価と整合させた。

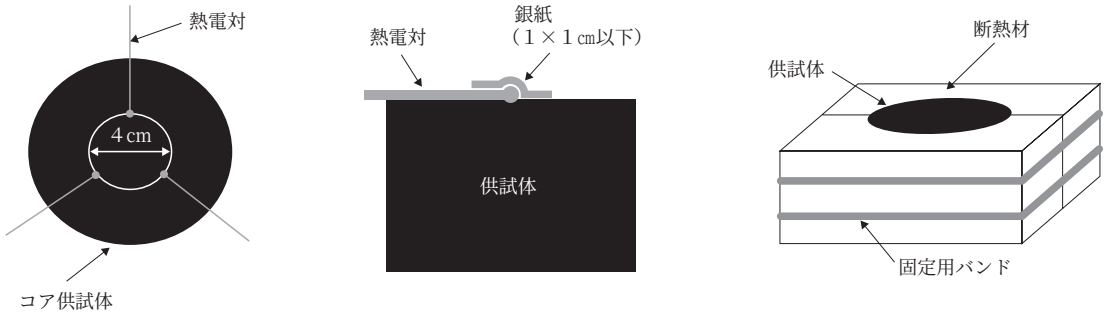
室内試験用コアは屋外暴露試験終了後に切り出した。

屋外暴露試験は，16年度夏期に１時間水浸後５日間連続暴露し表面温度を計測した。この計測を２回繰り返した。室内評価試験は，日照，風などが同一な試験条件のもとでの屋外暴露試験の結果とよく一致するものの，日照や風などの影響がある現道での路面温度低減効果とでは差がみられた。

以上から，保水性舗装の室内評価試験による性能指標の基準値は，75%浸透型で4.0℃以上，100%浸透型で10℃以上と設定した。



図－４　室内評価試験と屋外暴露試験結果の比較



図－３　熱電対設置状況

4．性能要件発注による保水性舗装の施工事例

4.1　夏期施工における100%浸透での施工事例と性能評価結果

(1)　京橋での施工事例

①施工場所

主要地方道日本橋芝浦大森線（第316号）昭和通り

中央区京橋一丁目地内から同区京橋二丁目地内

②施工規模　4,631㎡

③性能評価結果

性能評価のための散水は，**写真－1**に示すように塩ビ管にバルブを設置し6ℓ/分で60分散水した（車道幅員4.615m，散水幅6.5m，実測散水量0.2ℓ/㎡・分，想定時間換算降雨量12㎜/時間）。

散水後の接触型温度計による路面温度の保水性舗装と密粒度舗装との最大温度差は，18.8℃と基準値を満足した。なお，保水量及び路面のすべり抵抗値についても**表－1**に示すように基準値を満足した。

4.2　夏期施工における75%浸透での施工事例と性能評価結果

(1)　三番町での施工事例

①施工場所

特例都道麹町竹平線（第401号）内堀通り

千代田区三番町地内から同区九段南二丁目地内

②施工規模　4,760㎡

③性能評価結果

写真－2は，三番町における性能評価のための散水状況であり，評価結果は**表－2**に示すように路面温度低減量は9.4℃となり，その他の性能も基準値を満足した。

(2)　丸の内での施工事例

①施工場所

写真－1　性能評価状況（京橋）

写真－2　性能評価のための散水状況（三番町）

特例都道都庁前室町線（第407号）江戸通り

千代田区丸の内二丁目地内から同区丸の内一丁目地内

②施工規模　4,762㎡

③性能評価結果

評価結果は，表－2に示すように，路面温度低減量で12.4℃となり，その他の性能も基準値を満足した。

表－1　性能評価結果（京橋）

性能指標	測定頻度	測定回数	基準値	側道			本線		10車線の平均値
				L－L	L－C	L－R	L－L	L－R	
				R－L	R－C	R－R	R－L	R－R	
路面温度差	1箇所／舗装	9回以上	12℃以上	18.8℃					
保水量	3箇所／車線	30箇所	6.5kg/㎡以上	9.6	10.7	9.9	9.9	11.3	10.3
				10.0	9.6	10.5	11.0	10.2	
すべり抵抗値	3箇所／車線	30箇所	0.45以上	0.56	0.52	0.49	0.55	0.55	0.54
				0.60	0.51	0.55	0.54	0.55	
疲労破壊輪数	1箇所／構造			T_A法で満足					
塑性変形輪数（ホイールトラッキング試験）	1回／2,000㎡	3回	3,000回/㎜以上	7,200	8,400	12,600	－	－	9,400
平たん性	1測線／車線	10測線	2.4㎜以内	2.27	1.28	0.91	0.98	1.06	－
				2.15	1.55	1.31	1.78	1.11	

表－2　性能評価結果（三番町，丸の内）

	評価結果	評価結果	基準値
項目	測定値	測定値	完成時
工事場所	三番町	丸の内	
路面温度低減量	9.4℃	12.4℃	接触型で路面温度測定 ９℃以上
保水量	平均値の最低 7.2kg/m²	平均値の最低 7.1kg/m²	24時間水浸後測定 車線毎で5.0kg/m²以上
すべり抵抗値	平均値の最低 0.47	平均値の最低 0.45	回転式すべり抵抗測定器 車線毎で0.45以上（60km/h）
路面の浸透水量	平均値の最低 639mℓ/15sec	平均値の最低 760mℓ/15sec	現場透水試験 車線毎で500mℓ/15sec以上
疲労破壊輪数	（35,000,000回/10年） （みなし値）		舗装の構造に関する技術基準に示す別表－１に掲げるアスファルト・コンクリート舗装と同等
塑性変形輪数	22,750回/mm	26,250回/mm	ホイールトラッキング試験による動的安定度 3,000回/mm以上
平たん性	最大値 1.57mm	最大値 1.63mm	車線毎の平たん性 2.4mm以内

4.3　冬期施工における75％浸透での施工事例（17年度）

冬期施工は本年度工事であり，まだ性能評価を行っていないので，施工箇所と規模のみを表示する。

⑴　神田駿河台での施工事例

①施工場所

特例都道大手町湯島線（第403号）本郷通り

千代田区神田小川町二丁目地内から同区神田駿河台四丁目地内

②施工規模　5,962m²

⑵　西新宿での施工事例

①施工場所

特例都道新宿副都心十二号線

新宿区西新宿二丁目地内から同区西新宿六丁目地内

②施工規模　12,343m²

⑶　神田錦町での施工事例

①施工場所

特例都道大手町湯島線（第403号）本郷通り

千代田区神田錦町一丁目地内から同区神田小川町一丁目地内

②施工規模　8,891m²

５．あとがき

性能要件発注では，発注者が主体的に必要な性能指標を設定し，基準値を定めていくのが基本である。しかし，保水性舗装の導入に取り組んでからまだ日も浅く，今回設定した夏期施工における基準値は，現段階の技術を基に設定したものであり，今後技術の進歩とともに適宜見直していくことが必要となる。

また，冬期施工における性能評価は，本試験条件を満たす恒温恒湿室が普及していないので，温度及び湿度の条件の見直しと保水性舗装の水浸および養生条件等をより現道に近いものとして，性能指標の基準値を見直していく必要があると考えている。

―― 参考文献 ――

１）峰岸順一，小林一雄，近江淳一，阿部忠行：保水性舗装の路面温度低減機能に関する検討，東京都土木技術研究所年報（平成14年）

２）峰岸順一，小林一雄，近江淳一，竹田敏憲：保水性舗装の温度低減効果の評価，東京都土木技術研究所年報（平成15年）

３）小林一雄，峰岸順一，近江淳一，竹田敏憲：性能要件発注方式による保水性舗装の試験施工，東京都土木技術研究所年報（平成15年）

４）小林一雄，峰岸順一，竹田敏憲：保水性舗装の性能要件発注における性能の基準値について，第25回日本道路会議，09P02

５）峰岸順一，小林一雄：路面温度低減舗装の室内評価手法の検討，東京都土木技術研究所年報（平成16年）

６）峰岸順一，小林一雄：路面温度低減舗装の照射試験による性能評価，東京都土木技術研究所年報（平成17年）

７）峰岸順一，小林一雄：保水性舗装の照射試験による路面温度低減効果の評価，第26回日本道路会議，12152

性能規定による低騒音舗装の敷設について

(The low noise pavement in case of contraction restricted by performance specifications)

國　塚　康　平*

低騒音舗装は，施工直後で数dBの騒音低減効果が得られることから，全国的に広く用いられており，本県においても，積極的に取り組んでいるところである。

また，本県では，コスト縮減と技術開発の促進等を目的として，平成12年度から全国の自治体に先駆けて性能規定発注方式により，低騒音舗装の整備を進めている。これまでの実施件数は，排水性舗装，透水性舗装あわせて６件になる。

本稿では，性能規定発注方式による低騒音舗装の整備事例を紹介するとともに，施工した多様な舗装構造とその騒音低減効果との関係を整理し，性能規定発注の実施により得た効果を品質・性能の向上といった視点で考察を行った。

１．はじめに

近年，様々な分野で環境をテーマとする取り組みが進められている。舗装の分野においても，環境への負荷低減対策などの検討が進められており，道路交通騒音については，全国的に遮音壁や低騒音舗装等の整備により対策が進められているところである。

本県においては，阪神地域，瀬戸内臨海地域を中心に，騒音に係る環境基準値を超過している路線が多く存在し，舗装における騒音対策が求められているところである。

このことから，本県では，道路交通騒音が環境基準を超過し，かつ人家が連担している路線において，舗装の修繕時期に合わせた低騒音舗装の整備を行っており，整備延長は平成７年度から昨年度まで約170㎞にのぼる。

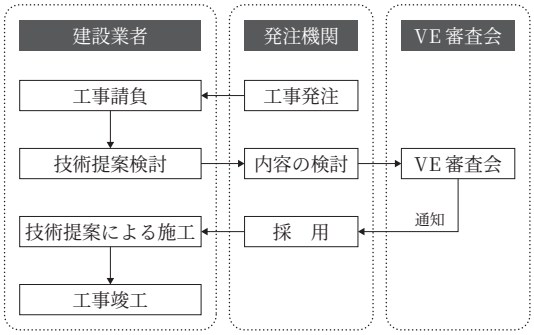
このうち一部路線においては，性能規定発注方式により民間の技術を活かした排水性舗装を整備しているところである。

また，近年車道において透水性舗装の整備が行われるようになってきており，本県においても，当発注方式により試験的に整備を行った。

２．性能評価

2.1　性能規定発注方式

性能規定発注方式は，目的とする構造物の構造，材料，寸法等を規定して工事発注する従来の仕様規定による方式に対して，目的とする構造物に求める性能とその確認方法を規定して発注する方式であり，舗装においては平成13年７月に発刊された「舗装の構造に関する技術基準」により確立されたものである。



図－１　性能規定発注方式による舗装工事実施フロー

この発注方式は，平成10年度の旧建設省関東地方建設局（現在の国土交通省関東地方整備局）による騒音低減性能に着目した試行を皮切りに，平成11年度以降，各地方整備局で実施されている。本県においても翌平成12年度に地方自治体として初めての取り組みを行っている。

2.2　本県が用いた評価指標

本県が行った性能規定発注方式による低騒音舗装では，

*くにづか　こうへい　兵庫県県土整備部土木局道路保全課長

①設計はTA法又はこれに準ずる方法によるものとする。

②表層は排水構造とする。

③騒音値は「**表－1**　舗装の性能」の規定値を満足する舗装構造とする。

ことを条件とし，施工直後については表－1の4項目全て，騒音値のみ施工1年後も規定している。

表－1　舗装の性能

項　目	施工直後	1年後	備　考
耐塑性変形	1,500回/㎜以上	－	ホイールトラッキング試験による
透水性	1,000㎖/15sec以上	－	現場透水試験による
平坦性	σ＝2.4㎜以内	－	3mプロフィルメーターによる
騒音性	89dB（LAeq）以下	90dB以下	RAC車による

3．排水性舗装での事例

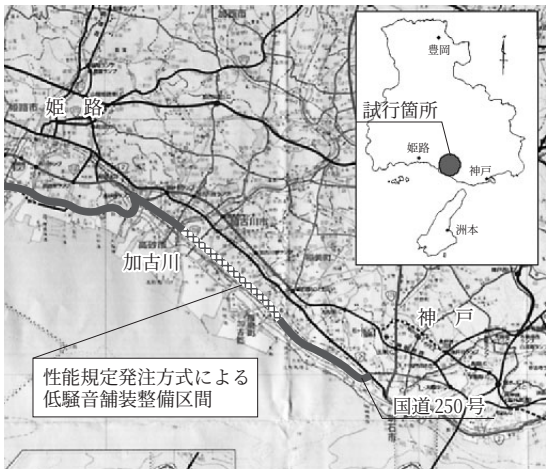
本県では，性能規定発注方式による排水性舗装の整備を，国道250号の加古郡播磨町～加古川市の区間において連続的に実施している。

3.1　試行路線概要

【路線】国道250号

【箇所】兵庫県加古川市及び播磨町

本路線は，兵庫県神戸市を起点に岡山県岡山市に至る幹線道路である。当該路線は，明姫幹線と呼ばれ，東播磨地域と西播磨地域とを結ぶ4～6車線の道路であり，交通量は30,000台／日を超えている。このため，沿道の騒音値も全線において環境基準値を超過しており，沿道環境の改善の必要な地域となっている。また，沿道には，人家，商店が建ち並び今後も住宅の増加が見込まれる地域である。



図－2　位置図

3.2　舗装構造

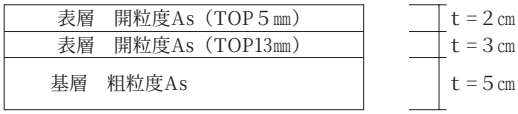
これまで施工してきた5箇所についてそれぞれの施工業者からの提案による舗装構成と特長を以下に記す。

○事例1

（特徴）

騒音低減効果とその持続性を高めるために表層に最大粒径5㎜を使用している。

また，排水性舗装の耐久性を高めるために表層（5㎝）を2層に分け，その上部2㎝に最大粒径5㎜を，下部3㎝に最大粒径13㎜を使用している。



図－3　提案断面

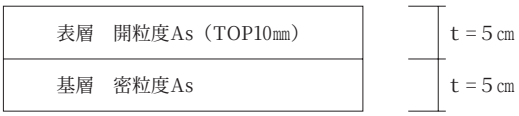
図－4　表層コア（事例1）

○事例2

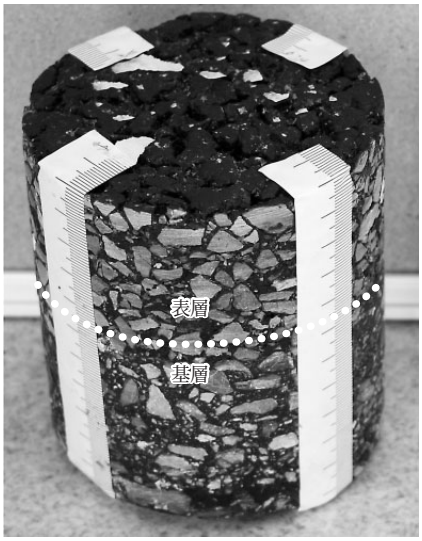
（特徴）

騒音低減効果とその効果の持続性，また耐流動性を考慮して表層に最大粒径10㎜を使用している。

また，中間層の水密性を高めるため，混合物を密粒度Asとしている。



図－5　提案断面



図－6　表層及び基層コア（事例２）

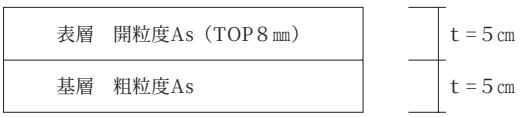
○事例３

（特徴）

騒音低減効果を高めるため，表層に最大粒径８㎜を使用している。

また，耐流動性を確保するために使用するアスファルトを高品質高粘度改質Asとしている。

さらに，タックコートには中間層の遮水性，付着性を高めるため高付着型の乳剤を使用している。



図－7　提案断面

図－8　表層及び基層コア（事例３）

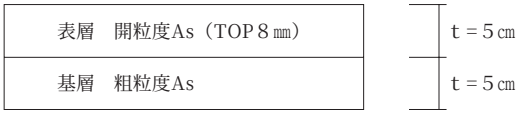
○事例４

（特徴）

騒音低減効果を高めるため，表層に整粒化を施した最大粒径８㎜を使用している。

また，より騒音低減効果を高めるために，空隙率を高く設定している。（目標空隙率23%）

さらに，平坦性を向上させるために，路面切削を２回行っている。



図－9　提案断面

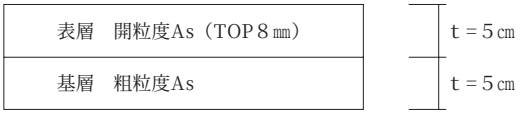
○事例５

（特徴）

騒音低減効果を高めるため，表層に整粒化を施した最大粒径８㎜を使用している。

また，より騒音低減効果を高めるために，空隙率を高く設定している。（目標空隙率22%）

さらに，小粒径化，高空隙化した排水性混合物の耐久性を高めるため，高耐久型高粘度改質Asを使用している。



図－10　提案断面

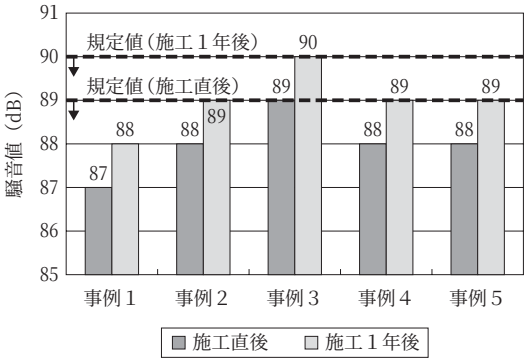
3.3　性能指標の測定

上記の施工業者の技術提案を受け，VE審査会において，施工の確実性，安全性等の審査を行った上で，技術提案に沿って工事を行った。

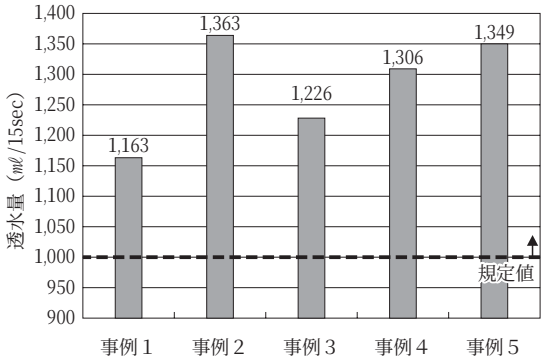
各事例の施工直後と施工１年後の騒音測定結果を**図－11**に示す。

測定結果は，施工直後で87dB～89dB，施工１年後で88dB～90dBであり，規定値を満足する結果となった。また，事例３を除いて施工直後の騒音値が88dB以下となった。

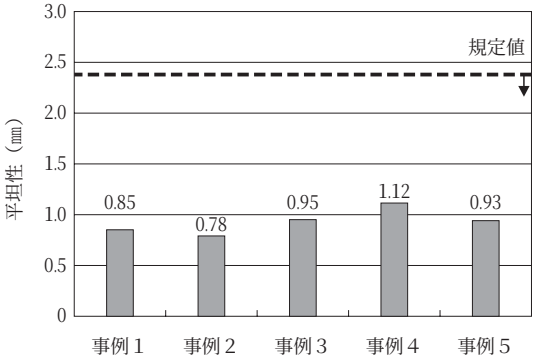
施工直後の透水量測定結果を**図－12**に示す。測定結果は，1,163㎖/15sec～1,363㎖/15secであり，規定値の1,000㎖/15secを満足する結果となった。



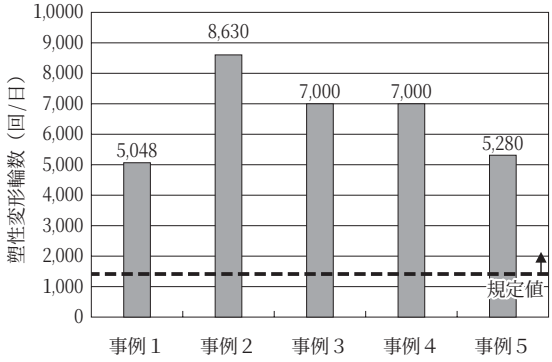
図－11　路面騒音測定結果



図－12　透水量測定結果



図－13　平坦性測定結果



図－14　塑性変形輪数測定結果

施工直後の平坦性測定結果を**図－13**に示す。測定結果は，0.78㎜～1.12㎜であり，規定値の2.4㎜を満足する結果となった。

施工直後の塑性変形輪数測定結果を**図－14**に示す。

測定結果は，5,048回／日～8,630回／日であり，規定値の1,500回／日を大きく上回る結果となった。

以上に示すように全ての事例において，規定値を満足する結果となった。

3.4　舗装構造と騒音値の関係

それぞれの測定結果等を比較すると以下のようになる。

(1)　最大粒径

提案された事例では，表層にTOP５㎜，TOP８㎜，TOP10㎜の３種類の粒径が用いられている。

一般的には，最大粒径が小さいほど，騒音低減効果が大きいと考えられる[1)]。本事例での最大粒径と騒音低減効果の関係を**図－15**に示す。この結果より，本県の事例においても，表層の骨材の小粒径化を行った事例ほど，騒音低減効果が大きい傾向となった。

(2)　透水量

透水量は，連続空隙率と相関性を持っている[2)]ことから，各事例の透水量と騒音値の比較を行った。この結果を**図－16**に示すが，透水量と騒音値の相関性が不明確な結果となっている。これは，表層骨材の粒径の違いによるものと考えられる。

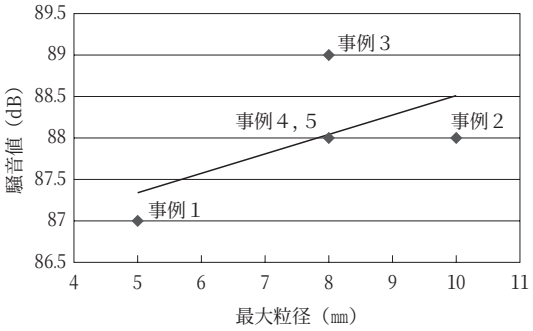
そこで，粒径が同じ事例３，事例４，事例５の比較を行った。この場合，透水量が最も小さい事例３の騒音低減効果が最も小さくなっており，透水量と騒音値の間には，一定の相関性があるものと考えられる。

(3)　平坦性

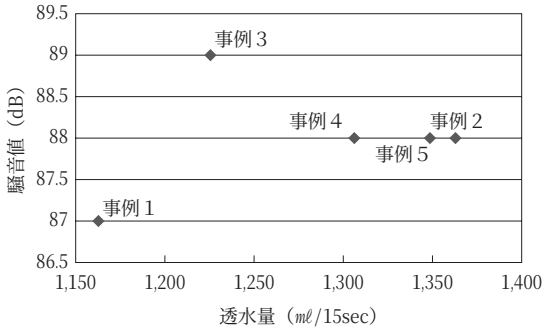
平坦性が良好であれば，騒音値低減効果も向上すると考えられるが，今回の事例では，**図－17**に示す通り，ばらつきが大きく，平坦性と騒音値の相関性を確認することが出来なかった。

(4)　塑性変形輪数

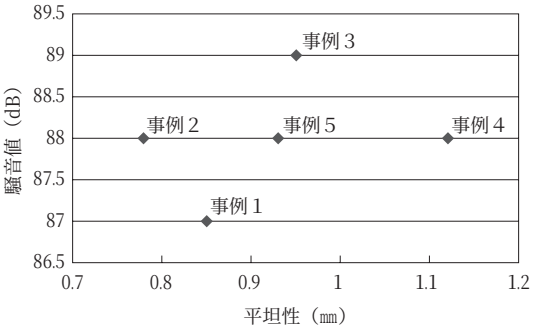
図－18に示すとおり，最も大きな粒径（TOP10㎜）を用いた，事例２の塑性変形輪数が高く，粒径が大きい方が動的安定度は高い傾向が確認できる。



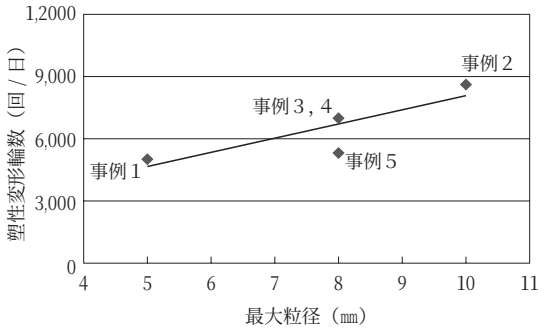
図－15　最大粒径と騒音値の関係



図－16　透水量と騒音値の関係



図－17　平坦性と騒音値の関係



図－18　最大粒径と塑性変形輪数の関係

3.5　まとめ

3.5.1　騒音低減性能

規定値の89dBより低い路面騒音値が測定されていることから，民間の技術が導入された結果，騒音低減効果の大きい低騒音舗装が実施出来たと考えられる。

具体的には，骨材の小粒径化，高空隙化が，騒音低減効果の向上に有効であると考えられる。ただし，小粒径化を行うことで動的安定性が低下する傾向があり，その点を考慮する必要があると考えられる。

3.5.2　評価指標規定値の妥当性

評価指標規定値の妥当性を確認するために，各事例の測定結果の平均値と規定値の比較を行う。

評価指標の測定結果の平均値を**表－2**に示す。

表－2　評価測定結果の平均値

項　目	騒音値（施工直後）dB	騒音値（施工１年後）dB
規定値	89以下	90以下
平均値	88	89

項　目	透水量（㎖/15sec）	平坦性（㎜）	塑性変形輪数（回／日）
規定値	1,000以上	24内	1,500以上
平均値	1,281	0.93	6,592

塑性変形輪数の平均値が，規定値の４倍以上となっており，規定値が低めに設定されていたと考えられるが，それ以外の指標については，指標の規定値としては妥当な値であったと考えられる。

塑性変形輪数については，「舗装の構造に関する技術基準」に基づき，規定値を設定しているが，要求する性能以上の結果が出てきている。また，国土交通省や他府県においては，規定値が本県より高いことから，今後規定値の見直しを検討する必要がある。

４．透水性舗装での事例

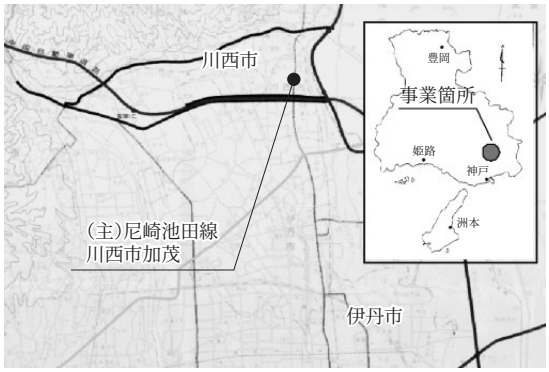
本県では，騒音の低減や地下水の涵養，都市型洪水の抑制等の効果が期待できる透水性舗装の試験施工を車道において行った。性能評価指標については，排水性舗装と同様のものを用いている。

4.1　試行路線概要

【路線】（主）尼崎池田線

【箇所】兵庫県川西市加茂～小花

本路線は，兵庫県尼崎市を起点に大阪府池田市に至る幹線道路であり，中国縦貫自動車道を中心に阪神地域を南北に連絡する路線となっている。



図－19　位置図

4.2　舗装構成

4.2.1　概要

⑴　設計条件

設計条件は，以下に示す通りである。

交通区分	：C交通
交通量	：36,656台／日
（大型車）	4,124台／日
CBR	：20%以上

⑵　舗装構成

上記設計条件のもと，当初設計された断面と施工業者から提案を受けた断面は，**図－20**に示す通りである。

4.2.2　提案内容

提案内容は以下の通りである。

本路線は，交通量が多く，舗装の耐久性を確保するとともに，急速施工を行う必要があった。このため，舗装全層をアスファルト系材料で構成している。

舗装厚が小さくなることから，工程の短縮を図ることが可能となっている。

⑴　表層

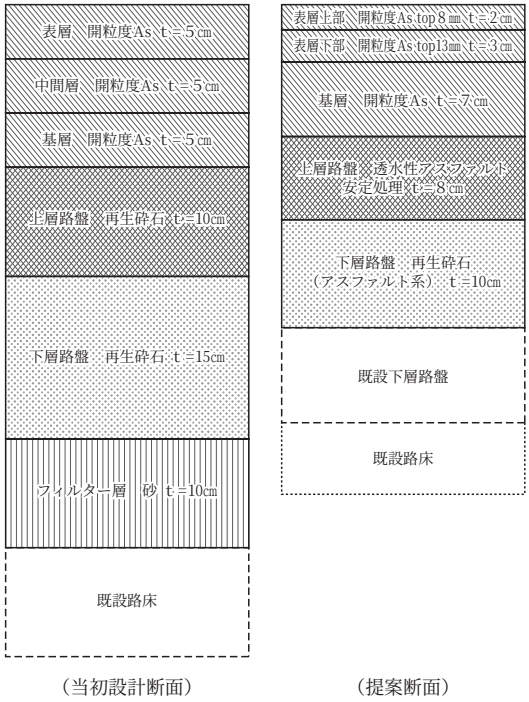
表層については，騒音値を低減する目的で，２層式排水性舗装を適用し，表層上部２㎝を最大粒径８㎜，対流動対策として下部３㎝を最大粒径13㎜の排水性混合物を用いている。

さらに騒音値を低減することを目的に，目標空隙率を表層上部は25%，下部は23%としている。

バインダについては，表層上部に高耐久型高粘度改質Asを，下部に高粘度改質Asを使用している。

⑵　上層路盤

上層路盤については，透水性As安定処理混合物を用い，また繊維質補強材（植物性繊維）を混合物に添加している。



図－20　舗装構成

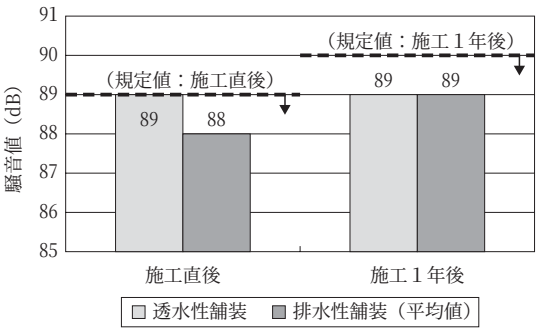
⑶　下層路盤

下層路盤については，再生アスファルト路盤材を用い，その粒度は粒度範囲の下限側としている。

4.3　測定結果

施工業者から前項の技術提案を受け，VE審査会により施工の確実性，安全性等の審査を行った上で，技術提案に沿って工事を行った。

施工直後と施工１年後の騒音測定結果を**図－21**に示す。



図－21　路面騒音

測定結果は，施工直後，施工１年後ともに89dBとなり，規定値を満足する結果となった。ただし，排水性舗装の騒音値の平均値は施工直後で88dBであり，透水性舗装の方が騒音値が高い結果となった。

施工直後の塑性変形輪数の測定結果を**図－22**に示す。測定結果は，6,300回／日であり，規定値の1,500回／日を大きく上回る結果となった。また，排水性舗装と同程度の値となった。

施工直後の透水量の測定結果を**図－23**に示す。測定結果は，1,296㎖/15secであり，規定値の1,000㎖/15secを充分に満足する結果となった。また，排水性舗装と同程度の値となった。

施工直後の平坦性の測定結果を**図－24**に示す。測定結果は，1.15㎜であり，規定値の2.4㎜を充分に満足する結果となった。また，排水性舗装と比較した場合は，透水性舗装の方が若干劣る結果となった。

4.4　まとめ

騒音性については，開粒度Asを表層，基層ともに用いることから，排水性舗装よりも高い騒音低減効果が期待されたが，本事例では規定値と同じ89dBとなった。これは，図－24に示すように，急速施工等によって透水性舗装の平坦性が排水性舗装と比較して若干劣っていることが，要因の一つと考えられる。

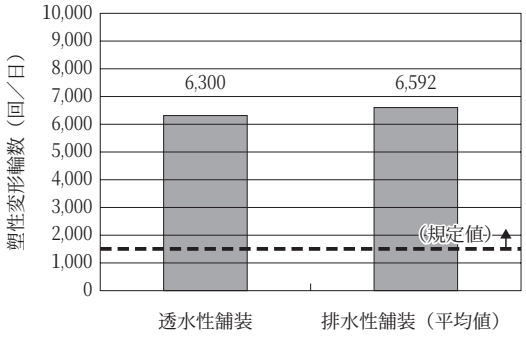
しかしながら，施工１年後には排水性舗装と同等の路面騒音値となっている。

５．おわりに

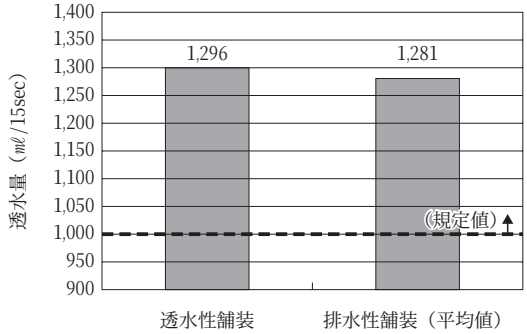
性能規定発注方式による排水性舗装を行うことで，民間の技術を導入することができ，結果として，騒音低減効果の大きい排水性舗装を行うことができた。また，民間の技術の導入により，技術開発の促進に貢献できたと考えている。

今後は，騒音低減効果を必要とする路線において性能規定発注方式により排水性舗装の整備を行い，一層効果的な沿道環境の改善を進めていきたい。

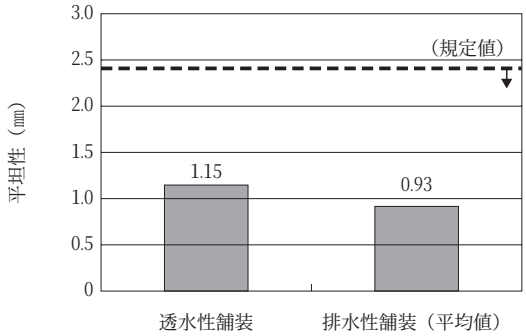
また，透水性舗装については，実施件数が１件であり，性能規定発注方式による効果は不明確であるが，排水性舗装と同程度の騒音低減効果が期待できること，また，地下水の涵養や都市型洪水の抑制等の効果が期待されることから，今後の必要性等をみながら，導入を検討していきたい。



図－22　塑性変形輪数



図－23　透水量



図－24　平坦性

―― **参考文献** ――

１）低騒音舗装研究会，低騒音舗装の概説，㈶建設物価調査会，1996，P36

２）「舗装」編集委員会，舗装技術の質疑応答第７巻（下），㈱建設図書，1997，P18

ゼミナールに参加して

多　田　宏　行
㈶道路保全技術センター顧問

第84回アスファルトゼミナールが朱鷺メッセにて盛会裏に了った。今年は締切日以前に参加者定員300名に達したものの，この際，反省点はないか考えてみた。

まずゼミナールの位置付けだが，これは機関誌「アスファルト」の刊行と共に，協会の存在を明確にする行事であるから，今後とも大切に育ててゆきたいものである。

参加者は入口でまず，萬代橋の写真のある青色の手下げ袋を渡される。新潟の観光マップまであって至れり盡せりである。講演資料のほか，協賛団体の機関誌も入っているので改めて読むよい機会になったが，そのサイズを決める際に保存の便を考えて頂けないものか。具体的には改質アスファルト・ポケットガイドだが，携帯の便あるいは他との差別化を図るためにポケット版にしたのだろうが，小さいので他に埋没しかねない。改質アスファルトを理解して頂ける様に編集したとある通り，内容も充実し，割付けその他も立派なので，紛失したくない。せめてB5版にと思うのだが，皆様はどうしているのだろう。

ゼミナールは毎回盛会だが，その最大の理由は情報の質と量である。伝統的に国土交通省の後援を得て，具体的には大臣官房，道路局あるいは土研から毎回講師を派遣して頂いている。今回も３名の方が出演して下さったが，何れも興味深いもので，むしろ１時間では不足，もう少し余裕があればと思ったのは，私だけであろうか。

各講師ともボランティアで講演して頂いているのだが，１時間のために東京から日帰りである。しかし，どうせ１日がつぶれるなら，講演時間を少し延ばせないものか。各氏の話が好評なだけに，勝手な言い分だが，ご検討頂けたら有難い。

例年，ゼミナールの概要が決まってから幹事の説明を受けるが，何時も感じるのは出し物の数である。今年も半日ずつ延べ１日で９本だが，工夫の余地はないか。何故なら，１本の時間を長くして，休憩の回数を減らしてはどうかと考えるからである。

パワーポイントが普及したため，発表は例外なくこれによる様になった。資料もこのコピーが配布される。しかし，映像は講演の補助手段であるにも拘わらず，立派なパワーポイントを作って満足し，手段と目的を混同している例がないわけではない。ここでプレゼンテーションの技術を論ずるつもりはないが，パワーポイントは見易いものにして欲しい。それに，聴衆の方を一度も見ない講師が居るが，どうしてだろう。聞き手の反応など問題でないのか。

今後のゼミナールの参考にするためのアンケート調査には大賛成だが，回収率はどうだったろう。

非常に役立った，少しは役立った，どちらでもない，あまり意味がない，全く意味がないの５段階評価は適切だが，御意見欄の広いスペースと，第１日目と第２日目の２枚にも亘るのは如何なものか。

アンケートに記入する立場になって考えれば自ら答が出る。たとえば聴講者が何を聞かされているのか判らない場合でも，私だったら御意見欄に延々と書かずに，５段階の下の方に✓をして済ます。文章を書くのは非常にエネルギーの要ることだから。

それに，何故１，２，３を対象外にしたのだろう。われわれが知りたいのは傾向であり，手応えである。ゼミナールの成果は，開会から閉会までの全てで決まる。そのためにアンケートをどんなものにするか，入念に検討すべきであろう。

多くの関係者のご苦労があって無事に了ったゼミナールに対して，言いたい放題で恐縮だが他意はない。アスファルト協会の発展のために，議論が活発化することを期待して止まない。

アスファルト舗装技術研究グループ・第51回報告

舗装促進載荷試験機による耐久性評価に関する各国の事例＆第15回IRF世界道路会議の論文紹介

今回の前半は，アスファルト誌216号で紹介しました各国の舗装促進載荷試験機の現状の続編にあたります。2004年にミネソタで開催された第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議を中心に舗装の耐久性について評価した各国の事例を紹介します。各国の耐久性に関する性能評価方法の動向が，今後我が国の舗装性能評価法を確立していくための参考になると考えられます。

後半は，2005年６月にタイのバンコクで開催された第15回IRF世界道路会議の中から舗装に関連する10編の論文を紹介します。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

峰岸順一　東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

阿部長門　東亜道路工業㈱技術部
井　真宏　西日本地研㈱
市岡孝夫　前田道路㈱技術部
岩岡宏美　世紀東急工業㈱技術研究所
岩塚浩二　㈱パスコ道路センター
打田幸平　日進化成㈱事業本部
江向俊文　前田道路㈱技術研究所
樫野　誠　東亜道路工業㈱技術研究所
鎌田　修　独立行政法人土木研究所
　　基礎道路技術研究舗装チーム
鎌田義秋　ニチレキ㈱道路エンジニアリング部
鎌田孝行　常盤工業㈱技術研究所
金井利浩　鹿島道路㈱企画部
加納孝志　大成ロテック㈱技術研究所
岸田正憲　㈱パスコ道路センター
高馬克治　ニチレキ㈱技術研究所
小柴邦広　世紀東急工業㈱技術研究所
小関裕二　大林道路㈱技術研究所
佐々木厳　独立行政法人土木研究所
　　材料地盤研究グループ新材料チーム
佐藤雅規　ジオサーチ㈱
鈴木　徹　大林道路㈱技術研究所
鈴木秀夫　昭和シェル石油㈱
高橋光彦　大成ロテック㈱技術研究所
千原正規　日本道路㈱技術研究所
塚越智浩　常盤工業㈱技術研究所
中村　健　長岡技術科学大学環境・建設系
長谷川淳也　日本道路㈱
林　信也　鹿島道路㈱技術研究所
増山幸衛　世紀東急工業㈱技術部技術一課
焼山明生　日進化成㈱技術研究所
山脇宏成　㈱ガイアートクマガイ技術研究所
矢野辰明　鹿島道路㈱技術研究所
保本敏伸　ニチレキ㈱技術研究所
森嶋洋幸　前田道路㈱技術研究所

計34名

促進載荷試験機による舗装の耐久性評価に関する各国の事例

江向俊文*　金井利浩**　鎌田孝行***
小関裕二****　佐々木厳*****　高橋光彦******

１．はじめに

わが国において，性能規定化の流れは様々な分野に浸透しつつある。アスファルト舗装においても，平成13年の政省令改正および「舗装の構造に関する技術基準」の制定により基準類が性能規定化され，その運用を補完するための様々な発注制度の導入や性能評価法の検討が進められてきている。これらの基準体系を支える性能確認の方法の一つとして，疲労破壊輪数等の長期供用性を短期間で評価するための促進試験方法が示されている。

舗装の長期供用性を評価するための促進載荷試験は，供用実績や試験施工のような長期の追跡調査によることなく短期間に新材料・新工法の導入が可能となることが大きな利点である。また，新しい設計方法の妥当性の確認など，研究開発のツールとしてもその有用性の認識が高まりつつある。しかしながら，試験条件，計測技術，破壊モデルの構築など，供用性に直結した性能の評価方法の確立はいまだ途上であり，これらの促進載荷試験機の導入と有効活用が急務となっている。我が国で稼働している実物大の舗装の促進載荷試験機が必ずしも多くはないことから，その成果の活用が望まれている。

既報[1]では，諸外国の促進載荷試験機の現状を，その形式や特徴を主眼に整理して紹介した。本文では，これらの試験装置から得られた様々な知見を，第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議の報文をもとに，舗装の性能項目ごとに紹介する。また，これに関連して，促進載荷試験機を主題としてとりまとめられた米国NCHRPの報文２編の概要を紹介する。

２．第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議の概要

第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議は，舗装の実物大促進載荷試験に関する最新情報や研究調査結果を報告するための国際会議である。1999年に第１回会議がネバダ州リノで開催され，その５年後となる2004年に，ミネソタ州ミネアポリスのミネソタ大学で第２回会議が開催された。ミネソタ州では，Mn/Roadと呼ばれる州際道路Ｉ-94号線上での大規模な舗装試験計画が進行中であり，その試験計画の実施主体であるミネソタ州運輸局MnDOTが国際会議の共同主催者である。

当該会議は，午前中の全体セッションに引き続き，３会場で平行してセッションが進行する，単一のテーマに関する国際会議ではあるが比較的大きなイベントであり，22ヵ国から150人を超える参加者があり盛況であった。会議プログラムの一つとして，Mn/Road試験施設へのフィールドツアーが開催され，試験施設の概要，試験舗装工区の現場状況，路面性状測定機器，様々な計測技術などが詳しく紹介された。また，会場ロビーでは試験計測機器をはじめとしたブースによる展示があったほか，ミネソタ大学の舗装および鉱業関連の実験室ミニツアーも催された。

なお，MnDOTのホームページ上で，プログラムや発表論文を閲覧することができる。また，
http://www.mrr.dot.state.mn.us/research/aptconftest/apt.pdf
からのリンクページにおいて，ほぼ全てのプレゼンテーションファイルを見ることができ，図や写真等が多数掲載されており，たいへん参考になる。

*えむかい　としふみ　前田道路㈱技術研究所
**かない　としひろ　鹿島道路㈱　企画部
***かまだ　たかゆき　常盤工業㈱技術研究所
****こせき　ひろじ　大林道路㈱技術研究所
*****ささき　いわお　独立行政法人土木研究所
******たかはし　みつひこ　大成ロテック㈱技術研究所

表－1　セッション概要

共通セッション	部門別セッション
基調講演	解析
APT最新情報（北半球，南半球）	構造
欧州のCost347計画	性能予測
CEDEX（スペイン）	性能評価
LINTRACK（オランダ）	SUPERPAVE
Mn/Roadの成果と展望	LTPP
NCAT	粒状路盤
CalTrans調査計画10年の展望	安定処理路盤
NAPTIF（FAA）	コンクリート舗装
土木研究所（日本）	スモールスケール
	計測装置
	APTオペレーション

３．促進載荷試験機の活用事例

国際会議の論文の中からわだち掘れ，疲労および水の影響に関する論文をいくつか紹介する。

3.1　わだち掘れ

促進載荷試験機を用いて，わだち掘れに関する検討を行った論文を試験機別に３編紹介する。いずれの論文もわだち掘れの予測またはシミュレーションを行ったものである。試験やシミュレーション結果から様々な結論が導かれている。

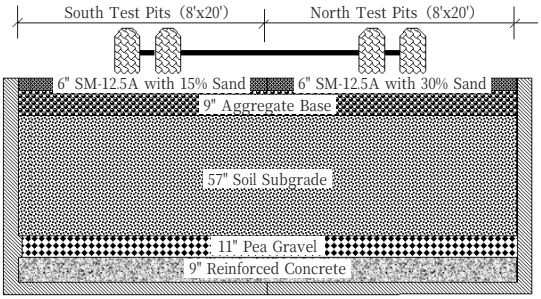
(1)　K-ATL[2)]

K-ATL（Kansas Accelerated Testing Laboratory）でSuperpave混合物の試験を行い，その結果を２次元有限要素法（ANSYS）でシミュレーションし，わだち掘れ深さの予測式を示した。

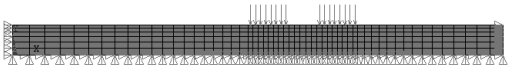
K-ATLは**写真－1**に示すように荷重輪走行型（直線試験路往復型）である。

写真－1　K-ATL

試験路の舗装は**図－1**に示すように屋内の土槽上に構築されている。有限要素法による解析は**図－2**に示す要素分割で行っている。



図－1　試験路の舗装断面



図－2　要素分割

有限要素法モデルは非線形で，式①に示す通り３つのクリープ変数（C_1，C_2，C_3）を持つ。

$$\varepsilon_{cr} = C_1 \sigma^{C_2} t^{C_3} \qquad 式①$$

ここで，

ε_{cr} =クリープひずみ

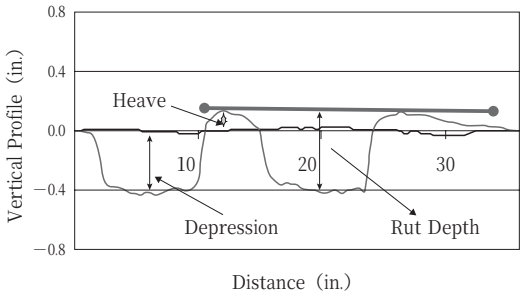
σ =応力

t =時間

C_1，C_2，C_3 =クリープ変数

クリープ変数，タイヤ接地圧P，タイヤ幅W，タイヤ間距離D，舗装厚H，載荷時間Tから，わだち掘れを予測するため，重回帰分析を行い，式②の関数で予測できることを示した。予測式は２式導かれ，同じ変数を用いて**図－3**に示すHeave（隆起）とDepression（沈下）の量を別々に計算するようにしている。

$$Heave\ or\ Depression = f\,(T, C_1, C_2, C_3, P, W, D, H) \qquad 式②$$



図－3　わだち掘れ形状

試験およびシミュレーション結果から得られた結論は以下のとおりである。

・Superpave混合物における川砂量の増加は流動変形を促進する。
・３パラメータのクリープモデルはANSYSソフトウェアに適している。
・タイヤ接地圧の増加は予測されるわだち掘れ深さを著しく増加させる。
・複輪タイヤ間の距離の減少やタイヤ幅の増加はわだち掘れ深さを減少させる。
・舗装厚が厚くなると，予測されるわだち掘れ深さも増加する。
・重回帰分析によってわだち掘れ深さを予測したが，これらの式に関して実際の供用中の道路での検証は行われていない。

(2) WesTrack[3)]

WesTrackで実施された試験結果を３次元有限要素法（ABAQUS）でシミュレーションし，わだち掘れ量が12.5㎜になるまでの載荷回数を目的変数として回帰式を作成した。

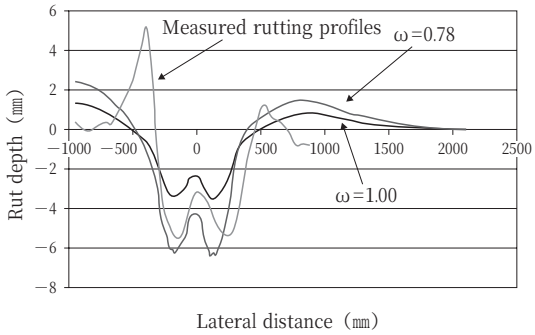
わだち掘れ量が12.5㎜になる載荷回数$N_{12.5mm}$を舗装温度T（華氏），路面下25㎜と125㎜の温度差から算出される温度勾配Gで回帰分析された結果は式③，式④に示すとおりである。式③は温度Tが86℉未満の場合，式④は86℉以上の場合である。

$$Ln(N_{12.5mm}) = 11.9951 - 0.1529T + 0.2941G + 0.0021T^2 + 0.044G^2 - 0.0078TG \quad 式③$$

$$Ln(N_{12.5mm}) = 11.9611 - 0.0620T + 0.1776G + 0.0001T^2 + 0.0278G^2 - 0.0020TG \quad 式④$$

さらに，温度変換ファクター（TCF）によって，標準温度における$N_{12.5mm}$に補正できることを示している。

また，シミュレーションは粘弾性モデルで行い，材料定数として引張応力と圧縮応力の比をωとして用いており，ωがわだち掘れに影響を与えることを示した。ωによるわだち掘れ形状の違いを**図－４**に示す。



図－４　わだち掘れ形状

この論文における結論は以下のとおりである。
・高い温度における加熱アスファルト混合物は，ひずみおよび応力依存性という特徴を持つ。
・TCFは簡便に多様な温度の交通荷重を標準温度におけるものに変換する。
・シミュレーション結果は，実測値と同様の傾向となった。
・この粘弾性モデルは，混合物の軟化による永久変形を予測するものに限定される。

(3) TxMLS[4)]

TxMLSで得られたデータに関してVESYS 5プログラムと有限要素法プログラムABAQUSによる検討が試みられている。

VESYS 5プログラムのわだち掘れモデルを式⑤に示す。

$$\varepsilon_p(N) = \mu \varepsilon_r N^{-\alpha} \quad 式⑤$$

ここで，

$\varepsilon_p(N)$ = N回載荷時の永久ひずみ

ε_r = 復元弾性ひずみ

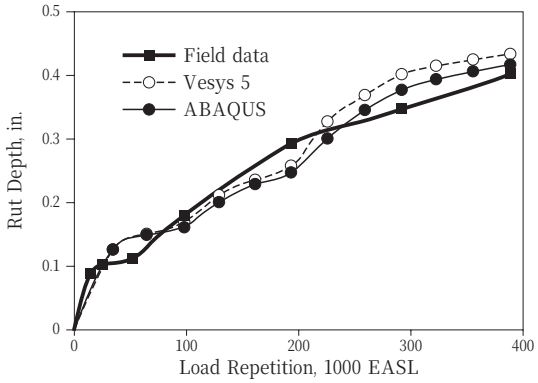
μ，α=室内試験から得られた材料パラメータ

式⑤に対して，ABQUSプログラムのモデルは式①に示したものと同じである。式①のクリープ変数に対して，式⑤では係数αとμが応力依存性を表している。この係数は，過去の研究で温度と偏差応力から導く方法が示されているが，この論文では，主応力σ_1，σ_3［kPa］，偏差応力Δσ［kPa］，温度T［℃］によって回帰分析結果として，式⑥，式⑦を導いている。

$$\mu = -0.532 + T^{0.0245} + 0.00006 * \Delta\sigma / ((\sigma_1 / \sigma_3)^{0.031} - 0.987) ; (R^2 = 0.608) \quad 式⑥$$

$$\alpha = 1.214 - 0.5937 * \mu ; (R^2 = 0.416) \quad 式⑦$$

VESYS 5およびABAQUSによるわだち掘れ予測と現場データを比較したものを**図－５**に示す。



図－５　わだち掘れ予測の比較

この論文における結論は以下のとおりである。

・AASHO道路試験から４乗則が使われているが，厚い舗装の場合，４乗則が成り立たない。

・舗装の供用性能を示すPSIは４乗則が妥当だが，わだち掘れに関しては妥当ではない。

・回帰分析によりμとαを導いたが，今後さらなる研究により室内試験から直接μとαを導くことが可能になると考えられる。

3.2　疲労

促進載荷試験機を用いて疲労に関する検討を行った論文のうち，アスファルトコンクリート舗装に関連するものについては，舗装体のひび割れによる疲労破壊の発生を確認できなかったと報告されている。これについては，我が国の研究機関においても，同様の報告がなされている[5)]。

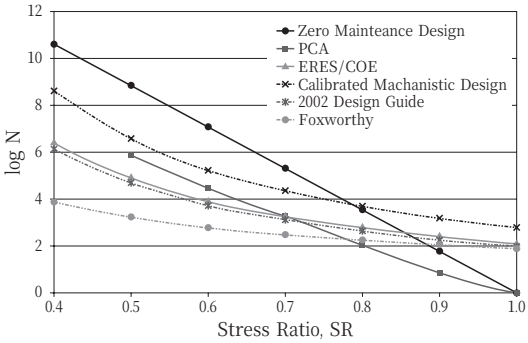
したがってこの章では，コンクリート舗装における促進載荷試験機を用いた疲労試験に関する論文を紹介する。

(1)　HVS[6)]

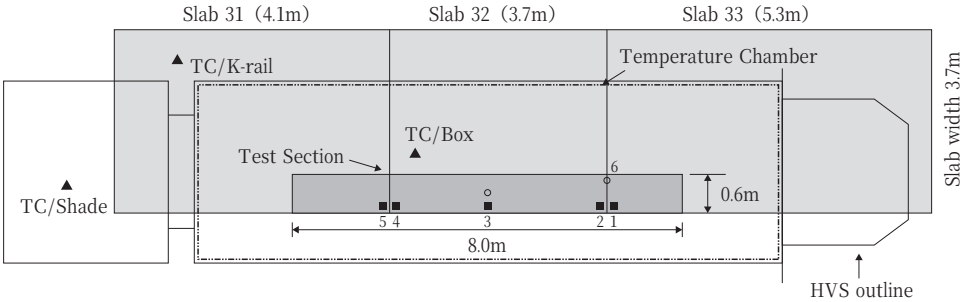
HVS（Heavy Vehicle Simulator）を用い，**図－6**に示すテストヤードに構築したコンクリート舗装において促進載荷試験を行い，載荷時の応力・ひずみ，およびひび割れの発生状況と様々な疲労破壊規準モデルをマイナー則を用いて評価し，それらを解析・比較した。

HVSは**写真－2**に示すように荷重輪走行型（直線試験路往復型・可搬式）である。

解析にはAASHTO Design Guideの疲労破壊規準モデルの他に以下に示す式⑧～⑫のモデルを適用し，各疲労破壊規準モデルから求められる破壊回数（許容載荷回数）N_iと繰返し載荷回数n_iの比の累計で求められる式⑬のマイナー則を用いて疲労度FDを算出している。この法則は累積損傷は線形的に累積すると仮定され，疲労度が1.0を超えたときに疲労破壊が生じるとして検討を行っている。各疲労破壊規準モデルによる解析結果を**図－7**に示す。



図－7　各疲労破壊規準モデルによる解析結果



図－6　テストヤード平面図

写真－2　HVS外観

写真－3　疲労ひび割れの発生状況

＜疲労破壊規準モデル＞

• Zero-Maintenance Design Beam Fatigue Model

$$\log N = 17.61 - 17.61SR \qquad 式⑧$$

• Calibrated Mechanistic Design Field Fatigue Model

$$\log N = \left(\frac{-SR^{-5.367} \log(1-P)}{0.0032} \right)^{0.2267} \qquad 式⑨$$

• ERES/COE Field Fatigue Model

$$\log N = 2.13SR^{-1.2} \qquad 式⑩$$

• Foxworthy Field Fatigue Model

$$\log N = 1.323\left(\frac{1}{SR}\right) + 0.588 \qquad 式⑪$$

• PCA Beam Fatigue Model

$$\log N = 11.737 - 12.077SR \qquad \text{for } SR \geqq 0.55$$

$$N = \left(\frac{4.2577}{SR - 0.4325} \right)^{3.268} \qquad \text{for } 0.45 < SR < 0.55$$

$$N = unlimited \qquad \text{for } SR \leqq 0.45 \qquad 式⑫$$

$$FD = \sum \frac{n_i}{N_i} \qquad 式⑬$$

ここで，

N ＝疲労破壊時の応力比から求められる許容載荷回数

SR＝応力比（コンクリート床版応力／コンクリート強度）

P ＝ひび割れ発生確率

n_i ＝応力レベルiの載荷回数

N_i ＝応力レベルiに対する許容載荷回数

この論文における結論は以下のとおりである。

・疲労破壊規準モデルによる累積損傷の解析の結果，車輪の積載位置およびコンクリート床版の応力より，疲労ひび割れの発生位置を予測することは可能であるが，ひび割れの発生する時期および載荷回数の予測にマイナー則は適用できない。

・疲労破壊規準モデルは，キャリブレーションを伴わない荷重条件については，正確に予測することはできない。

・マイナー則を用いた累積損傷の解析により評価する場合は，材料の疲労抵抗性能，床版サイズ，載荷履歴を考慮する必要がある。

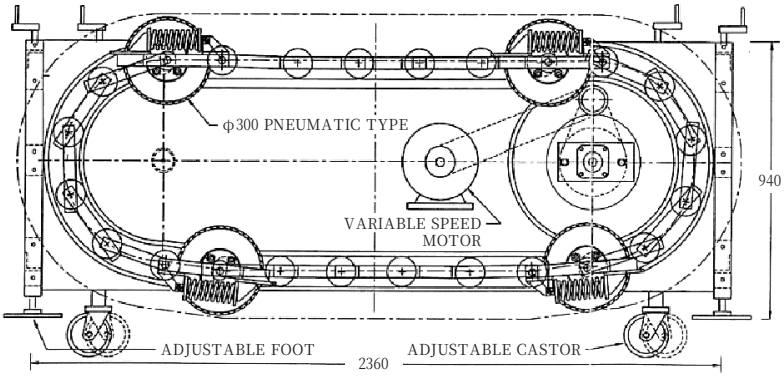
3. 3　水の影響

舗装の耐久性に関連する因子のひとつに水の影響がある。本節では，室内と屋外において，表・基層用アスファルト混合物，安定処理路盤ならびに路床（屋外のみ）に関して水の影響を調べた論文をいくつか紹介する。

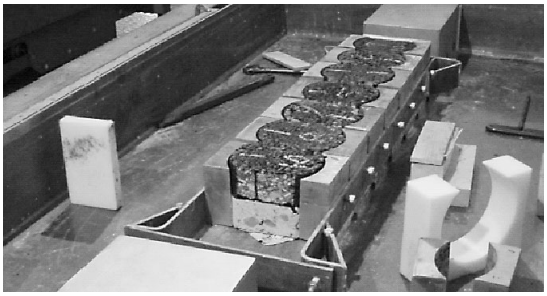
3. 3. 1　室内における評価

(1)　表・基層用アスファルト混合物

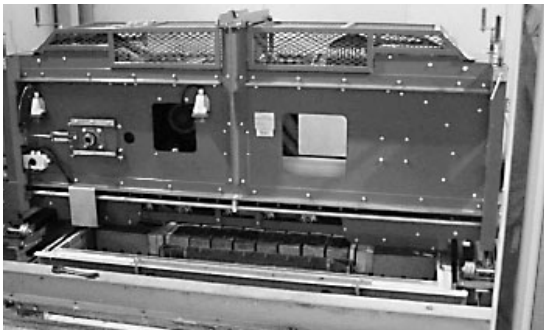
Smitら[7]は，直径150㎜の室内作製供試体や現場切取りコアを整形してモールドにセットし，湿潤状態でも載荷試験を可能にしたModel Mobile Load Simulator 3（MMLS3）を開発した。MMLS3の載荷輪はニューマチックタイヤで**図－8**に示すように等間隔で４つ装備されている。供試体の設置状況ならびに試験機の外観を，それぞれ**写真－4**，**写真－5**に示す。このMMLS3の開発により，試験の適用範囲が実道のみならず，室内で作製した供試体や現場採取コアにまで広がるとともに，アスファルト混合物に対する水の影響の評価も簡便に行えるようになった。



図－8　載荷輪の概念図



写真－4　供試体の設置状況



写真－5　MMLS3の外観

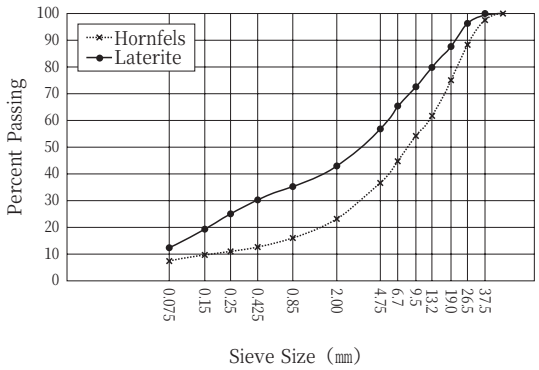
写真－6に示すハンブルク試験機，**写真－7**のアスファルト舗装アナライザ（APA）による試験結果，FEM解析の結果や，さらには実道におけるわだち掘れ量との比較を通じて，MMLS3が実道のパフォーマンスを予測するうえで有効であることがわかったとしている。

⑵　安定処理路盤（セメント・フォームドアスファルト）

南アフリカの２箇所の道路でHeavy Vehicle Simulator（HVS）による耐久性試験と感水性などに関する室内試験が行われている[8]。ここでは，水の影響について検討した室内試験結果について報告する。

①使用材料

２箇所ともセメント・フォームド安定処理により路上再生された現場であるが，両現場より添加剤ならびにバインダを添加する前に試料を採取し，各種室内試験に利用した。ひとつは，アスファルト混合物，セメント処理されたラテライト路盤ならびに無処理のラテライト下層路盤の混合材料であり，もうひとつは，表面処理層とクラッシャラン（上層，下層路盤）を混ぜ合わせた材料である。両現場から採取した材料の粒度を**図－9**に示す。

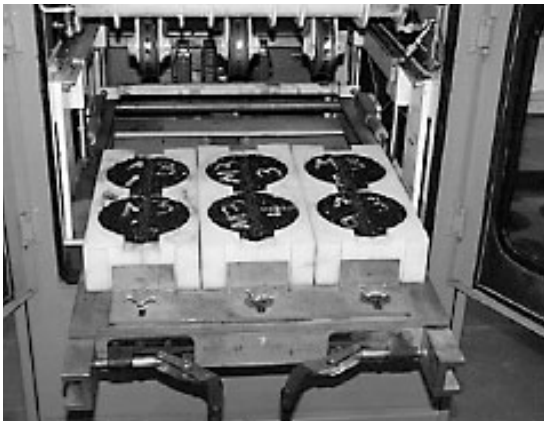


図－9　材料の粒度分布

②試験項目

この２種類の材料についてセメントとアスファルトの混入量を変化させて供試体を作製し，室内においてエロージョン試験と乾湿繰り返し後の摩耗試験を行っている。エロージョン試験とは**写真－8**に示すように水浸状態の供試体上で荷重輪を5000回走行させ，試験前後における供試体の厚さの変化を調べるものである。

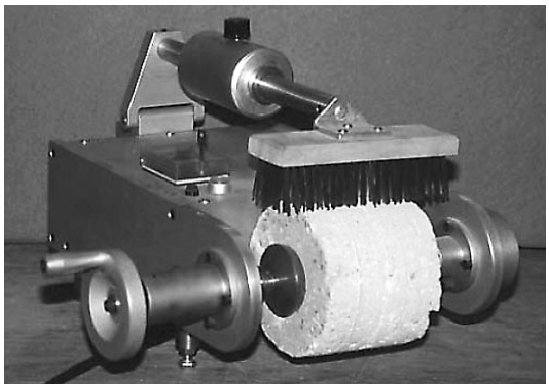
写真－6　ハンブルク試験機



写真－7　アスファルト舗装アナライザ

一方，摩耗試験は，28日間空中で気乾させた供試体を５日間水浸し，50℃で42時間強制乾燥させた後，**写真－９**に示す状態で供試体を50回転させてその際ブラシで削りとられた量を測定するものである。なお，当該試験では上記の水浸，乾燥および研磨の処理を12サイクル繰り返す。

写真－８　エロージョン試験状況



写真－９　摩耗試験状況

③試験結果と結論

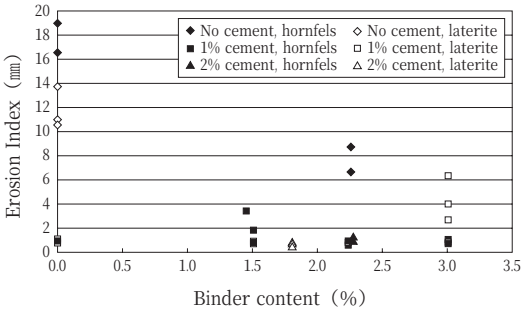
エロージョン試験と摩耗試験の結果を，それぞれ**図－10**，**図－11**に示す。

図－10および図－11より，フォームドアスファルトよりもセメントの方がエロージョンなどの水に対する抵抗性に関して効果があることが見て取れる。しかし，摩耗試験結果からもわかるとおり，セメントとフォームドアスファルトの適切な組み合わせによって長期耐久性が確保できるものと推察される。したがって，環境上，水の影響が避けられない箇所では，セメントとフォームドアスファルトの両方を添加・混合するのがよいと結論づけている。

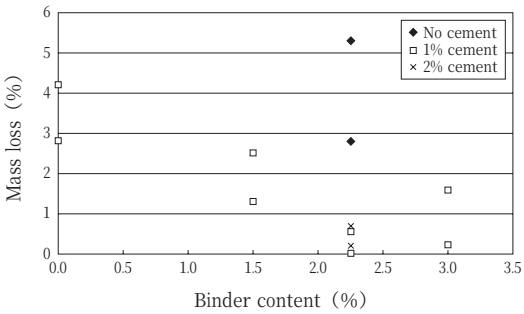
3. 3. 2　屋外における評価

(1)　表・基層用アスファルト混合物

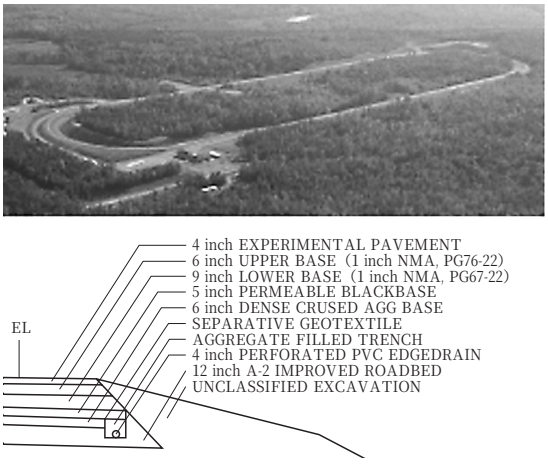
Hugoら[9]は，**図－12**に示すNCAT試験走路[10), 11)]において湿潤状態でMMLS3（前項3. 3. 1(1)を参照）による載荷実験を行い，載荷前後のスティフネスや現場採取コアの曲げ特性の変化を調べた。その結果，湿潤状態の場合は，乾燥状態よりもダメージが大きく，横断方向分布を見込んだ荷重の軽減係数を見直す必要があること等がわかったとしている。



図－10　エロージョン試験結果



図－11　摩耗試験結果



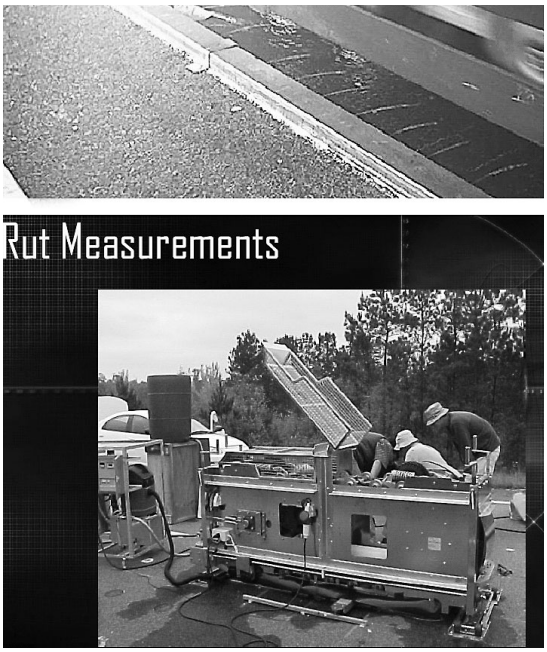
図－12　NCAT試験走路：全景（上），舗装断面（下）

以下に，試験条件，測定項目ならびに結果，および水分ダメージに関する提案値を紹介する。

①MMLS3による載荷試験条件（**写真－10**参照）

試験は，次の条件により実施されている。

・走行方向：一方向
・走行車輪の横方向シフト量：150㎜
・輪荷重：2.7kN
・タイヤの空気圧：690kPa
・走行速度：2.5m/s（9㎞/h）
・載荷回数：7,200回/h
・散水：散水装置による。なお，表層混合物の表面下25㎜における温度を50℃に保つために水の温度を制御している。（写真－10（上）参照）

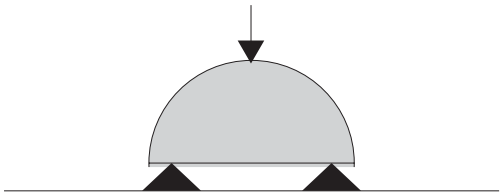


写真－10　試験状況：載荷実験時の散水状況（上）
わだち掘れ測定状況（下）

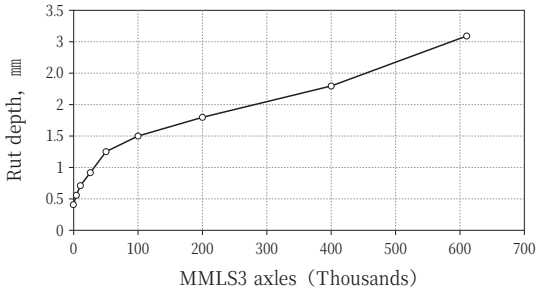
②測定の項目と結果の一例

測定項目は，舗装のわだち掘れと疲労（非破壊のSASW（Spectral Analysis of Surface Waves）によるスティフネス低下，SCB（Semi-Circular Bending）試験による強度比と疲労特性比）である。なお，SCB試験[12]とは，現場から採取したコアを**図－13**に示すように半分にカットして２点支持，１点載荷で曲げ試験を行うものである。

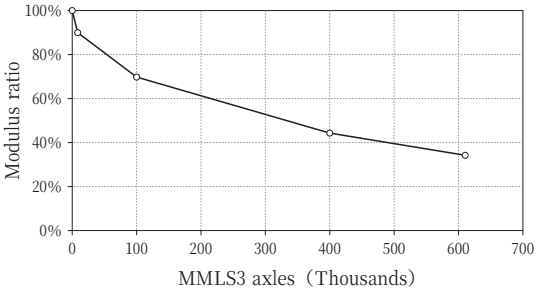
わだち掘れとSASWによるスティフネス比の結果の一例を，それぞれ**図－14**，**図－15**に示す。



図－13　SCB試験の模式図



図－14　わだち掘れの推移



図－15　SASWによるスティフネス比の変化

③結論（目標値）

一連の試験結果を踏まえ，最終的にアスファルト混合物の水分ダメージ抵抗性を表す指標として**表－２**に示す目標値（10万回載荷時）が提案されている。

表－２　水分ダメージ抵抗性の目標値（10万回載荷）

試験名	項　目*	提案値
SASW	スティフネス比	80%以上
SCB	強度比	70%以上
	疲労特性比	50%以上

*載荷試験前後の特性値の比

(2)　安定処理路盤（フォームドアスファルト）

前項3. 3. 2 (1)と同様，南アフリカでの研究[13]で，MMLS3等を用いて実道においてわだち掘れに関する実験を行っている。本研究の主目的は，MMLS3と

HVSの比較であるが，ここではMMLS3試験による乾燥および湿潤条件下におけるわだち掘れ測定結果について述べる。

①舗装断面

試験は，南アフリカ・ケープタウンに近い国道７号において行われている。当該道路の舗装断面は**図－16**に示すとおりである。図中には，路上再生を行う前の断面も併記しているが，MMLS3による試験は，粒状の下層路盤，路上再生によるフォームドアスファルト上層路盤，さらに薄層のスラリー，アスファルト混合物，表面処理よりなる補修後の断面で行われている。

②試験条件

MMLS3の試験条件を**表－３**に示す。湿潤・乾燥条件毎に，安定処理路盤面（15㎜のスラリー上）と舗装仕上がり面（表面処理上）の２つのステージで試験が行われている。

③測定結果と結論

わだち掘れの測定結果を**図－17**に示す。この図より，安定処理路盤面ならびに舗装仕上がり面のいずれにおいても，湿潤状態の方が乾燥状態よりわだち掘れ量が大きくなっていることが読み取れる。

しかし，本研究では，表－３に示すとおり湿潤状態と乾燥状態における温度と載荷時間の条件が必ずしも一致していないこと等から，湿潤状態の方が乾燥状態よりもわだち掘れが生じやすいと結論づけるのは早計であるとしている。水分ダメージの影響を検証するためには，表層のアスファルト混合物に関して引張り試験などを別途行うことを推奨している。

一方，フォームド安定処理路盤については，わだち掘れ量が少ないことに加え，わだち隣接部に隆起がほとんど認められないことから，路盤内にせん断による変形はほとんど生じておらず，初期のわだち掘れはスラリー層における変形であるとしている。

(3) 路床（凍上抑制層）

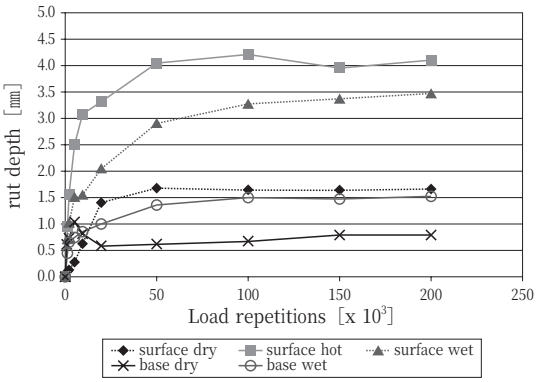
韓国では，米国ミネソタ州のMn/Roadのように水分計をはじめとした各種計器を埋設した試験道路を建設し，2002年12月より供用を開始している[14), 15)]。以下に，その概要を紹介する。

①試験道路の概要

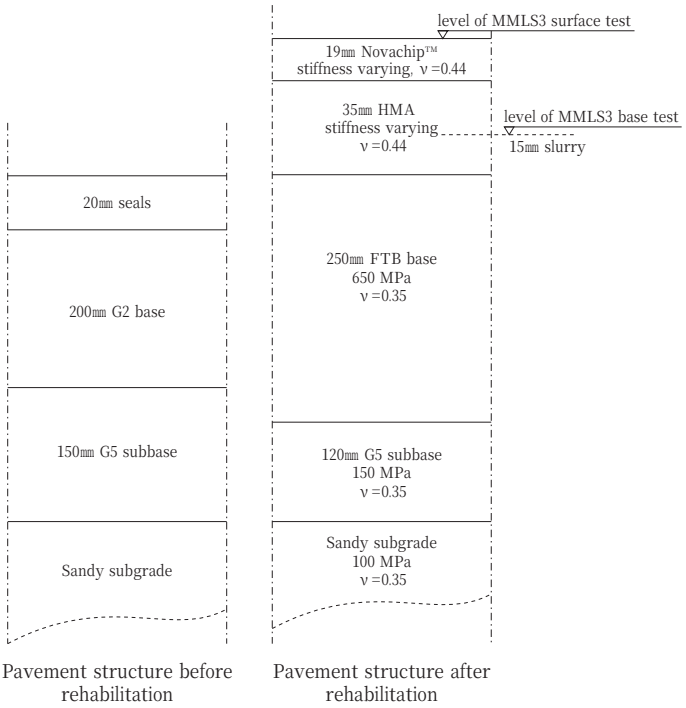
試験道路の概要は**表－４**に示すとおりである。試験道路には，アスファルト舗装区間とコンクリート舗装区間が設けられている。

表－３　MMLS3の試験条件

No.	Layer	Loading time [seconds]	Temperature [℃]	Wet / dry
1	Surface	0.08	Ambient (25－35)[1]	dry
2	Surface	0.08	50	dry
3	Base	0.02	Ambient (20－35)[1]	dry
4	Surface	0.02	50	wet
5	Base	0.02	30	wet



図－17　わだち掘れ測定結果



図－16　南アフリカ国道７号の舗装断面

表－4　韓国の試験道路の概要[15)]

位　置	中部内陸高速道路　下り線
総延長	7.7㎞
幅　員	11.7m（２車線）
工事期間	1997年４月～2005年12月
主要研究施設	試験舗装断面 　コンクリート25工区，2,830m 　アスファルト15構造33工区，2,710m 試験橋梁３か所 　クムダン橋，ヨンデ橋，サムスン１橋 試験地中構造物２か所 　波形鋼管，補強土壌壁 計測事務所
計測施設設置規模および計測器システム	コンクリート舗装　11種1,261個 アスファルト舗装　６種　636個 自動計測システム　15種 手動計測システム　２種

表－5　計測器の内訳[15)]

		Co区間	As区間
ひずみ計	コンクリート	363	
	アスファルト	36*	374
	モールド	132	
	鉄　筋	48	
土圧計		34	66
MDD		4	6
クラックゲージ		120	
カーリングゲージ		51	
温度計	熱電対　（As舗装）		112
	サーミスター　（Co舗装）	140	
	サーミスター（凍上防止層）	30	39
含水量計		30	39

*アスファルト中間層およびアスファルト安定処理層に設置

②試験道路の平面図と状況

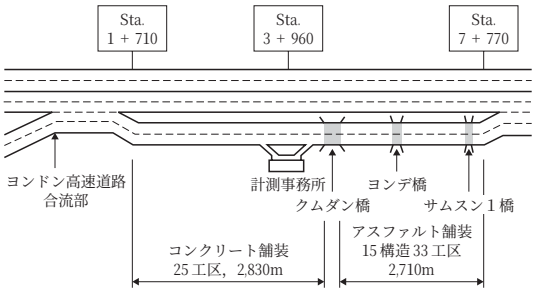
試験道路の平面図を**図－18**に，また，アスファルト舗装区間とコンクリート舗装区間の状況を**写真－11**に示す。

③計測器の内訳と設置位置

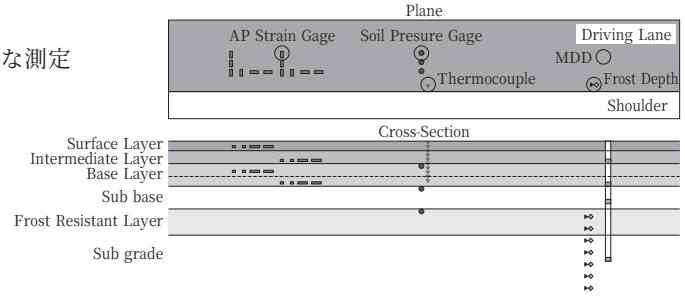
計測器の内訳を**表－5**に，また，アスファルト舗装におけるそれらの設置位置を**図－19**に示す。含水量計は凍結抑制層と路床に埋設されており，当該箇所における含水量をモニタリングして舗装支持力や凍上との関連が調べられるようになっている。

④基礎データ収集の成果

含水量をはじめとして，論文中に具体的な測定データは示されていない。



図－18　試験道路の平面図[15)]



図－19　計測器の設置位置（アスファルト舗装）

４．NCHRP SYNTHESIS 325の概要紹介

第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議の論文集中に，NCHRP SYNTHESIS 325「促進載荷試験による重大な発見」と題した報文が含まれていた。本章では，第３章

写真－11　試験道路の状況：アスファルト舗装区間（左），コンクリート舗装区間（右）

で紹介した内容と関連する項目を中心に，その概要の一部を紹介する。

「NCHRP SYNTHESIS 325目次」

はじめに
１章：序論
２章：舗装構造評価の合理化，改善
３章：試験方法，舗装と環境の相互作用
４章：材料の評価と試験
５章：舗装工学におけるモデリングと進化
６章：補修・建設の合理化および補修戦略
７章：舗装工学の応用と問題点
８章：促進載荷試験結果による舗装の経済性・マネジメントの改善
付録：NCHRP Synthesis of Highway Practice 235のアンケート結果および1996年以降に稼働したAPTの紹介

4.1　はじめに

NCHRP Synthesis 325は促進載荷試験機の活動状況，成果を調査・要約したものである。資料には主に以下のものが使用されている。

・第１回舗装促進載荷試験に関する国際会議およびその論文の参考文献
・NCHRP Synthesis of Highway Practice 235の参考文献および巻末アンケートの集計結果
・その他

また，世界には28の促進載荷試験機によるプログラムが存在し，そのうちの15はアメリカのものだが，本報文では，CSIR，LCPC，ARRBおよびカリフォルニア州の成果を主として取り上げている。

4.2　促進載荷試験の目的

NCHRP Synthesis of Highway Practice 235のアンケート結果から，促進載荷試験機の使用について以下の結果を得た。

使用目的は，構造評価であるとの回答が機能評価であるとの回答の倍であった。試験対象として最も多いものはアスファルト舗装であるが，コンクリート舗装，粒状材も対象としては多い。アスファルト舗装の破壊形態として，わだち掘れと疲労破壊に興味が集中している。その他，水の影響／はく離，老化，低温ひび割れがある。

4.3　試験方法，舗装と環境の相互作用

促進載荷試験において輪荷重と舗装の供用性に関心が集中している。しかしそれらの間には必ずしもいわゆる「４乗則」が成立するわけではなく舗装構成，舗装厚により係数が変化することが報告されているとし，報告事例を紹介している。

⑴　輪荷重と荷重換算

FORCE計画[16), 17)] として知られる共同テストプログラムではLCPCを使用し，破損の形態としてひび割れおよびわだち掘れを用い，軸荷重との関連性を評価した。報告内容[18)] は以下の通りである。

・わだち掘れによる評価において，アスファルト混合物層が67㎜の薄い舗装では指数は5.74，140㎜では2.88と評価された。また，170㎜のセメント安定処理路盤上に63㎜のアスファルト混合物層を施工した舗装構成では，1.47であった。
・ひび割れによる評価では，アスファルト混合物層67㎜の舗装では，指数は1.8～９の間で評価された。載荷回数400,000回までは指数は直線的に増加したがその後増加量は減少した。
・アスファルト混合物層の厚い舗装にはひび割れは全く発生しなかった。

また，Freeme[19)] はHVSを使用した舗装のわだち掘れから指数を決定し，アスファルト混合物層が厚い舗装では４乗，弾性係数と層厚により４～６乗に変化すると報告している。

⑵　サスペンション／動的荷重

４乗則はAASHO道路試験[20)] において動的な荷重による載荷試験の結果から導き出されたものであるが，一般に舗装の供用性モデルは荷重が変化しない静的荷重と載荷回数により表されている。

Pidwerbeskyら[21)] は，CAPTIFにおいて３種類のサスペンション使用し，静的荷重は全く同一であるが，動的荷重は異なる状態で試験をおこなった。その結果，舗装へのダメージはそれぞれ異なったと報告している。また，OECD DIVINE計画[22)] では，マルチリーフとデュアルエアサスペンションの２種類について比較を行い，エアサスペンションにより与えられる動的荷重はエアサスペンションの半分であったとしている。

⑶　タイヤの種類，挙動

最近の研究で，タイヤー舗装間の接地面における挙動が，特にたわみ性舗装上層部の供用性に対し主に影響を及ぼす要因の一つであることがわかっている。

Bonaquist[23), 24)] は，デュアルタイヤとワイドベースシングルタイヤに関して疲労とわだち掘れに与える影響を調査した。305㎜の路盤上にアスファルト混合物層

厚89または178㎜を施工した舗装における試験では，ワイドベースシングルタイヤではデュアルタイヤの1.0～2.4倍のわだちが発生し，発生したひび割れの長さは４倍であったと報告している。

また，Hugo[25]は，アスファルト層のわだち掘れ深さは，タイヤ空気圧に比例すると報告している。

(4) 載荷速度

舗装に対する荷重の載荷速度の影響に関する論文は他の要因と比べ少ない。これは，大部分の促進載荷試験機が広範囲な載荷速度設定を出来ないこと，また試験中の動的たわみを測定する仕様になっていない事が原因と考えられる。

Cortéら[26]は，40～50㎞/hの間において，載荷速度を15%増加させるとわだちが20～35%減少すると報告している。また，Lourens[27]は，供用中の舗装の静的／動的たわみとHVSによる促進載荷試験下の舗装のたわみの比較を行っており，**図－20**はアスファルト混合物層60㎜，上層路盤210㎜，セメント安定処理路盤150㎜の試験結果である。

(5) 水の影響

一般的に，水の侵入は舗装に対して重大な影響を与える。

Mareeら[28]は，アスファルト混合物層の厚さが30㎜の舗装にHVSによる促進載荷試験を行っている。**図－21**はその結果であるが，ひび割れの発生後，雨と散水により垂直方向の変形が急激に増加している。また，シーリング等の適切な処置が施されている舗装では，このような急激な変化は見られなかったと報告している。

4.4 舗装工学の応用と問題点

促進載荷試験の結果と実際の舗装の差異についてMetcalf[29]は以下の２つの理由をあげている。

①環境の影響（特に長期の老化）は促進載荷試験で再現することは難しい。

②供用中の舗装のような多様な荷重を与えることが難しい。

また，LCPC，ARRB，LINTRACKおよび南アフリカにおける促進載荷試験の結果の応用について記載されている。

以上，限られた紹介になったが，本報文は非常に興味深いものであり，機会があればより詳細な報告をしたい。

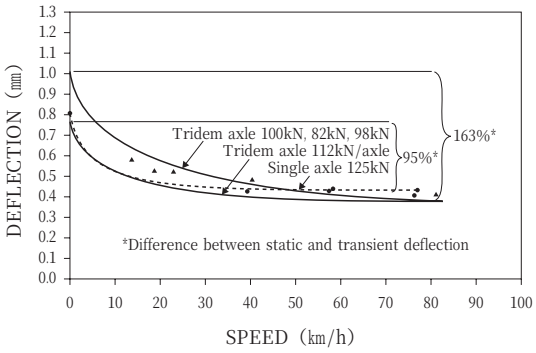
５．NCHRP REPORT 512の概要紹介

ここでは，「第２回舗装促進載荷試験に関する国際会議」のCD-ROMに収録されているNCHRP REPORT 512「促進載荷試験機：データガイドライン」（以下，報文とする）の概要を以下に紹介する。なお，本報文は，2003年にTRBより発刊されたものである。

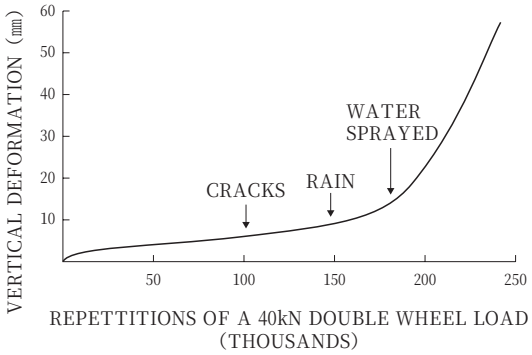
(1) 目次

本報文は，米国で稼働している促進載荷試験機に関するデータをとりまとめているほか，これらデータの収集，蓄積および検索方法のガイドラインを示している。本報文の目次を以下に示す。

はじめに
１章：序論
２章：促進載荷試験機の概要
３章：データの分類
４章：データの蓄積および検索方法
５章：促進載荷試験機に関するデータのガイドライン
６章：結論
７章：参考文献
付録A：材料試験方法
付録B：用語集



図－20 舗装のたわみにおける速度の影響



図－21 粒状路盤上の舗装の垂直方向の変形

(2) 促進載荷試験機

本報文では，米国で稼働している15種類の促進載荷試験機が取り上げられている(**表－6**参照)。

また，表－6に示す促進載荷試験機について，以下の項目が一覧表で示されている。

①荷重載荷条件
②舗装構成
③材料特性および評価試験方法
④載荷試験時の環境条件
⑤舗装挙動の測定方法
⑥試験路の大きさ
⑦車輪と車軸の構成
⑧試験時間

表－6 促進載荷試験機

No.	試験機名称	所有者
1	ATREL	University of Illinois at Urbana-Champaign
2	CAL-APT	California Department of Transportation
3	CRREL-HVS	Cold Regions Research and Engineering Laboratory
4	FHWA-PTF	Federal Highway Administration
5	FL-APTRF	Flolida Department of Transportation
6	INDOT/Purdue	Indiana Department of Transportation
7	KS-APT	Kansas State University
8	LTRC-PRF	Louisiana Transportation Research Center
9	Mn/ROAD	Minnesota Department of Transportation
10	NCAT-PTT	National Center for Asphalt Technology
11	OH-APLF	Ohio University/Ohio State University
12	PS-PDF	Pennsylvania State University
13	TxMLS	Texas Department of Transportation
14	WES-HVS	Engineers Research and Development Center
15	WesTrack	Nevada Automotive Test Center

(3) データの分類

促進載荷試験機に関するデータは，以下に示す7つのカテゴリーに分類され，蓄積されている。

①所有者
②荷重載荷条件
③舗装構成
④材料特性
⑤環境条件
⑥舗装の挙動
⑦舗装のパフォーマンス

また，データベースが構築されており，これら7つのカテゴリーに分類されたデータの検索が可能である。

(4) 結論

本報文における結論を以下に示す。

①州交通局で所有している促進載荷試験機は全体の40%，教育機関で所有している促進載荷試験機は全体の33%である。
②可搬型の促進載荷試験機は全体の50%程度である。
③一般に，試験路への載荷は，促進載荷試験機ではなく，試験路でトラックを走行させて行うことが多い。
④大半の試験機は，デュアルタイヤまたはスーパーシングルタイヤで設計されている。
⑤研究目的に応じて，各種の材料特性試験が実施されている。特に，表層部（アスファルトコンクリートおよびセメントコンクリート）の材料特性試験は数多く行われている。
⑥温度データ（外気温，舗装の表面および内部温度）はデータ解析において重要な要素である。
⑦収集されたデータの量は，研究目的により異なる。舗装の変形量およびひずみは，わだち掘れ，ひび割れ等の舗装のパフォーマンスを示すものとして収集された最も使用頻度の多いデータである。

6．おわりに

既報[1]で紹介したとおり，海外では舗装の実物大試験を行うための促進載荷試験機の導入が進んできている。これらを活用した試験研究は，新しい舗装の性能評価を意図したものもあるが，その多くは促進載荷試験における破損の進行を数値解析モデルにより説明することを目的としている。促進載荷試験による評価は，実道における試験舗装と異なり，荷重，速度，タイヤ条件，温度，水などの個々の影響因子に注目し，他の試験条件を揃えた耐久性試験を行うことが可能であり，材料・構造の耐久性を解析，説明する試験研究が容易に行える。

わだち掘れに注目したアスファルト舗装の塑性変形挙動の予測は，粘弾性モデルとFEMを活用したシミュレーションなどにより，与条件次第では耐久性の予測が可能であることが示唆される。

疲労に関する調査では，破壊挙動と関連付けた研究報告は非常に少なく，第2回舗装促進載荷試験に関する国際会議ではコンクリート舗装を対象とした論文数件のみであり，多くの文献は，舗装の内部ひずみの計測結果の議論にとどまっている。混合物の疲労性状に大きな影響を与えると考えられる材料の長期劣化を再現することが困難なこともあり，現場試験による舗装の疲労破壊輪数の評価は相当の困難がともなう事が予想される。

舗装の性能予測のためには，実道における様々な荷重条件や環境条件を考慮して耐久性予測モデルを構築し，その検証を通して設計方法につなげてゆく必要がある。輪荷重の換算はその一つの柱であるが，NCHRP325をはじめとして本報で紹介した調査事例では，交通荷重の換算に様々な係数を見いだしている。４乗則の妥当性や適用限界を，我が国の環境や交通状況を踏まえてあらためて確認することも必要であろう。

水に関する耐久性の調査報告では，膨大な調査結果が蓄積され興味深い知見も得られているものと思われ，それらを活用した合理的設計法の提案に期待がかかる。降水量や積雪寒冷地など，我が国の自然環境は欧米のものとは異なる部分も多いことから，路床や路盤における含水量に関するデータの集約は，優れた長期供用性を有する舗装を構築するうえで，非常に重要である。

我が国においても早急に今回紹介したような統括的データ収集作業を開始しないと，精度の高い舗装マネージメントシステム構築の障害となりかねない。産学官が協調して戦略的な調査研究を進めるとともに，自然環境の類似した国との効果的な連携も有意義であると思われる。

―― 参考文献 ――

1）江向他：各国の舗装促進載荷試験機の現状，アスファルトvol.47，No.216，pp.41-56，2004年10月

2）Z. Wu and M. Hossain: Effects of Asphalt Mixture and Vehicle Characteristics on Rutting of Superpave Pavements in Accelerated Testing, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004.

3）D. Park, A. E. Martin and E. Masad: Simulation of Permanet Deformation Using an Elastic-Viscoplastic Constitutive Relation, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004.

4）D. Chen, W. Wang, F. Zhou, B. Kenis S. Nazarian and T. Scullion: Rutting Prediction Using Calibrated Model with TxMLS and AASHO Road Data, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004.

5）東他：荷重の相違による舗装挙動に関する基礎的研究，土木学会舗装工学論文集，第10巻，pp.31-38，2005年12月

6）S.RAO and J.R.ROESLER : Cumulative Fatigue Damage Analysis of Concrete Pavement Using Accelerated, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004.

7）A.F. Smit, F. Hugo, Y. Yildirim, and A. Chowdhury: A Disvussion of MMLS3 Performance Testing of Laboratory Prepared HMA Slabs and Briquettes Compared with Hamburg and APA Wheel Tracking Tests, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004

8）F. L. Long, H. L. Theyse, and D.F. C. Ventura: Characterization of Foamed Bitumen Treated Materials from HVS Test Section, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004

9）F. Hugo, A. F. Smit, P. Poolman, B. Powell, and C. Bacchi; Distress Hot Mix Asphalt on the NCAT Test Track due to Accelerated Wet Tracking with the MMLS3, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004

10）高橋：アメリカ通信①「NCATとアメリカ舗装事情①」，舗装，vol.38，No.7，pp.41-43，2005年７月

11）高橋：アメリカ通信②「NCATとアメリカ舗装事情②」，舗装，vol.40，No.9，pp.39-41，2005年９月

12）B. Huang and X. Shu: Laboratory Evaluation of Semi-Circular Bending Tensile Strength Test for HMA Mixtures,, Transportation Research Board, No., pp. - , January 2005

13）L. J. Ebels, K Jenkins, and E. Sadzik;: Investigation into the Correlation of the MMLS3 and HVS APT Devices, , 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004

14）J. Kim, S. Kwon, and J. Lee: Introduction of Test Pavement Sections and Data Acquisition Systems in the KHC Test Road, 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, CD-ROM, 2004

15）谷口他：韓国における舗装技術特集，舗装，

vol.38, No.6, pp.3-24, 2003年6月

16) Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Full-Scale Pavement Test*, Prepared by an OECD Scientific Expert Group, IRRD 837329, OECD, Paris, France, 1991a, pp. 1-266.

17) Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Concluding Conference on the International Full-Scale Pavement Test at the LCPC Test Track in Nantes, France*, FORCE Project, La Baule, France, May 15-17, 1991b.

18) Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Concluding Conference-FORCE Project, Full-Scale Pavement Test-1990*, La Baule, France, May 15-17, 1991, 1992, pp. 1-420.

19) Freeme, C.R., "Pavement Behaviour and Rehabilitation," *Annual Transportation Convention, Symposium on RecentFindings of Heavy Vehicle Simulator Testing*, Presented by the National Institute for Transport and Road Research, Pretoria, South Africa, Aug. 1984, Chap. 1, 22; Chap. 3, p. 36.

20) American Association of State Highway Officials (AASHO), *The AASHO Road Test: History and Description of the Project*, Special Report 61A, Highway Research Board, Washington, D.C., 1961.

21) Pidwerbesky, B.D., B.D. Steven, and J. De Pont, "Dynamic Loading Effects on Flexible Pavement Performance," *Proceedings of the 8th International Conference on Asphalt Pavements*, Seattle, Wash., Aug. 10-14, 1997b, Vol. I, pp. 117-128.

22) Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Dynamic Interaction Between Vehicles and Infrastructure Experiment (DIVINE)*, Technical Report IRRD 899920, OECD, Paris, France, 1998, pp. 1-151.

23) Bonaquist, R., "Summary of Pavement Performance Tests Using the Accelerated Loading Facility: 1986-1990," *Transportation Research Record 1354*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1992a, pp. 74-85.

24) Bonaquist, R., "An Assessment of the Increased Damage Potential of Wide-Based Single Tires," *Proceedings of the 7th International Conference on Asphalt Pavements, Vol. 3: Design and Performance*, Nottingham, United Kingdom, Aug. 1992b, pp. 1-16.

25) Hugo, F., *Rutting Performance of Dustrol Rehabilitation Under TxMLS Trafficking with Increased Tire Pressure*, Report Number 1814-4, Center for Transportation Research at the University of Texas at Austin, 2000, 38 pp.

26) Corté, J.-F., Y. Brosseaud, J.-P. Kerzreho, and A. Spernol, "Study of Rutting of Wearing Courses on the LCPC Test Track," *Proceedings of the 8th International Conference on Asphalt Pavements*, Seattle, Wash., Aug. 10-14, 1997, pp. 1555-1568.

27) Lourens, J.P., *Towards Improved Understanding of Surfacing,Base, and Tyre Interaction for Low-Cost Pavement Design*, South African Department of Transport, Chief Directorate Roads, Report No. RR 93/559, Pretoria, South Africa, 1995.

28) Maree, J.H., C.R. Freeme, and E.G. Kleyn, "Heavy Vehicle Simulator Testing in South Africa," *International Colloquium Full-Scale Pavement*, Institute fur Strassen-,Eisenbahn- und Felsbau an der Eidgenossischen Hochschule, Zurich, Switzerland, 1982, pp. 54-69. Meng, S., H. Liufu, W. Daoxin, S. Jinan, and L. Yongqi,

29) Metcalf, J.B., *NCHRP Synthesis of Highway Practice 235: Application of Full-Scale Accelerated Pavement Testing*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1996, 110 pp.

第15回　IRF世界道路会議の論文紹介

井　真宏*　市岡孝夫**　岩岡宏美***
樫野誠****　鎌田修*****　高馬克治******
鈴木徹*******

はじめに

前号において，筆者らが第15回IRF（International Road Federation）世界道路会議での発表に至るまでの経緯と発表の様子およびバンコク市内の舗装の状況などについて紹介した。

今号では，本会議で報告された全207編の発表論文の傾向をまとめた上で，道路舗装に関する論文を抽出し，特に興味深い論文について報告する。

1．発表論文の概要

IRFは，非営利的な非政府団体で1948年の設立以来，世界各国の650以上の公的・民間部門の団体が加入している。安全で良質な道路および道路ネットワークの開発および維持を目的として，４年ごとに世界道路会議を開催している。

ここでは，本会議で報告された論文を国別，セクション別に集計した結果について述べる。

1.1　国別論文発表数

本会議では，世界39ヵ国から207編の論文が発表された。**図－1**は，本会議で発表された論文を国別に分類し，上位10ヵ国の論文数を示したものである。

スペインが51編と最も多く，日本，中国と続いている。また，今回の会議がタイのバンコクで開催されたためと思われるが，アジアからの発表が全体の40.6%を占めている。

1.2　セクション別論文数

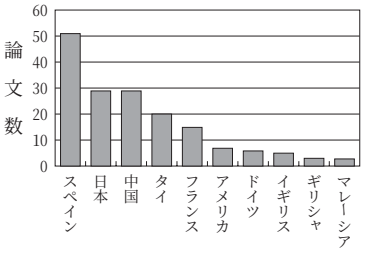
図－2は，発表論文をセクション別に分類したものである。近年の日本道路会議の傾向と同様にITSなどの先端技術やアセットマネジメントなどのソフト面での発表が多い。

1.3　舗装関連論文数

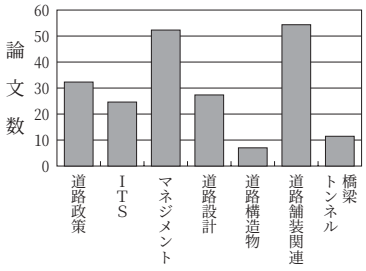
図－3は，舗装関連の論文を分類したものである。ここでは，地球環境に配慮した常温技術によるアスファルト混合物やアスファルト混合物の基本性状に関する研究の他に，維持管理やリサイクル関係の論文が多い。

2．論文抄訳

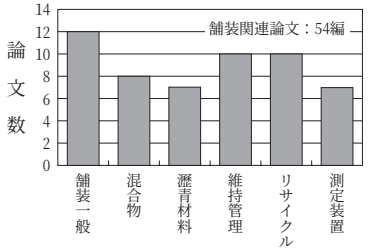
以下では，道路舗装に関連する論文54編の中から，興味深いと考えた10編を抄訳し，紹介する。



図－1　国別論文発表数（上位10カ国）



図－2　セクション別分類



図－3　舗装関連論文

*い　まさひろ　西日本地研㈱技術開発室
**いちおか　たかお　前田道路㈱技術部
***いわおか　ひろみ　世紀東急工業㈱技術研究所
****かしの　まこと　東亜道路工業㈱技術研究所
*****かまた　おさむ　独立行政法人土木研究所基礎道路研究舗装チーム
******こうま　かつじ　ニチレキ㈱技術研究所
*******すずき　とおる　大林道路㈱技術研究所

W14：Road Pavement I　No.073

骨材表面のテクスチャに基づいたアスファルト混合物の供用性に関する研究（中国）

(Asphalt Mixtures Performance Research Based on Aggregates Surface Texture)

ハルビン技術研究所：Tan Yiqui

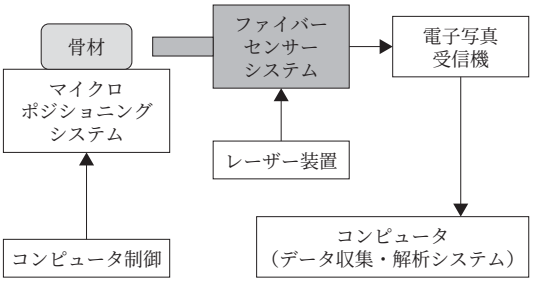
1．はじめに

骨材表面のテクスチャは，アスファルト混合物の供用性に大きく影響を与える。しかしながら，骨材表面のテクスチャを測定し，評価する方法が確立されていないため，骨材表面のテクスチャがアスファルト混合物の供用性に与える影響については不明である。

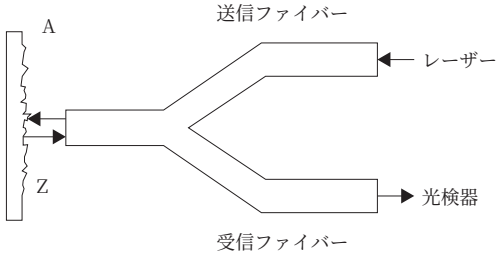
本論では，ファイバーセンサを採用したレーザープロフィルメータを用いて，骨材表面のテクスチャを測定し，混合物性状と比較した結果について述べる。

2．レーザープロフィルメータについて

レーザープロフィルメータは，ファイバーセンサを採用したシステム構成で，**図－1**および**図－2**に概念図を示す。測定では，最初に定速度で回転する電動モータを内蔵したコンピュータ制御のマイクロポジショニングシステムの上に測定する骨材を固定する。送信ファイバーからレーザー光線を骨材表面に照射し，骨材表面で反射した光を受光部で受ける。骨材表面のテクスチャが変化したときには，骨材表面とセンサー先端部の距離Zが変化し，これにより，受光部で受ける反射光の強さも変化する。測定した距離は，反射光の強さによって計算され，最終的に骨材表面の等高線が得られる。



図－1　レーザープロフィルメータ測定装置図



図－2　ファイバーセンサーシステムの原理

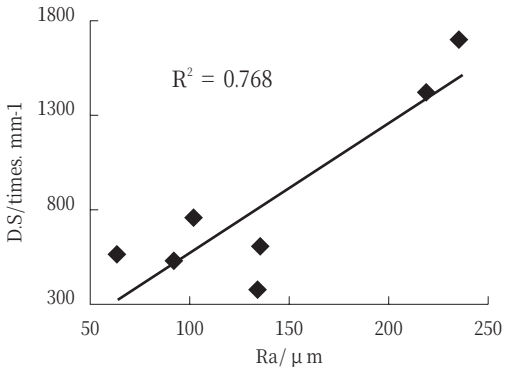
プロファイルの算術平均偏差（Ra）は，サンプリング長さにおけるプロファイル補正距離の絶対値の算術平均で，下式で表される。

$$Ra = \frac{1}{n}\sum_{n}^{n}|y_i|$$

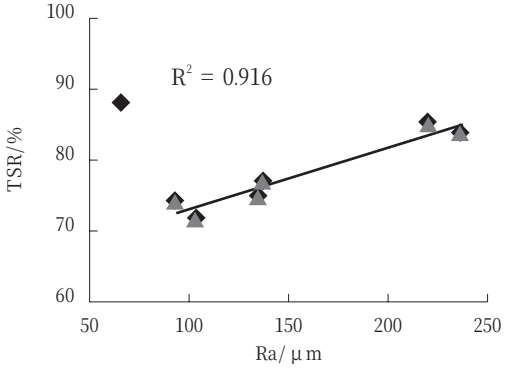
3．骨材表面のテクスチャと混合物特性の関係

(1)　Raと高温時の安定度および水分感受性の関係

図－3は，Raと60℃における動的安定度（DS）の関係を示したものである。図から，Raが増加（骨材表面が粗くなる）すると混合物の耐流動性が向上することが分かる。これは，骨材表面が粗くなると，アスファルト被膜が厚くなり，骨材間の内部結合力が向上するためである。また，Raと凍結融解試験（AASHTO T-283）前後のTSR（引張り強度比）の関係は，**図－4**に示すとおりである。図から，RaとTSRの間には，非常に高い相関関係があることが分かる。このことから，骨材表面が粗面であると，たとえ水分の存在下においてもアスファルト被膜が剥がれにくくなるといえる。



図－3　Raと動的安定度の関係

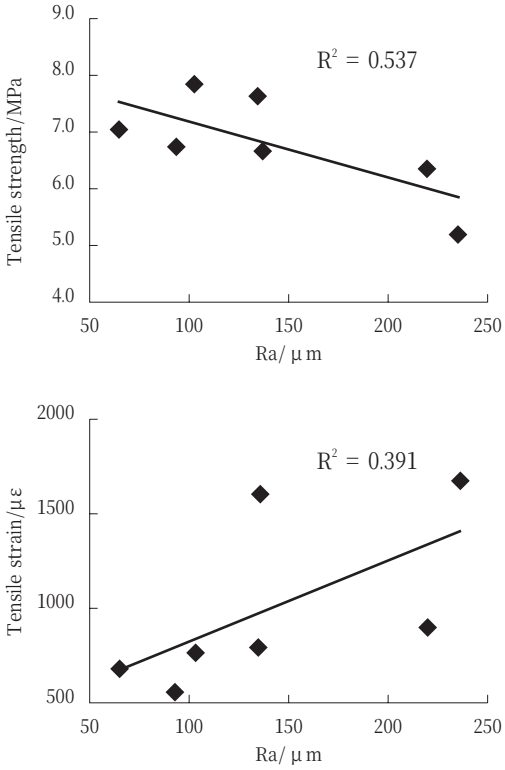


図－4　RaとTSRの関係

(2)　Raと低温ひび割れの関係

アスファルト混合物の低温ひび割れ特性は，－10℃における曲げ試験により評価した。Raが大きくなると，粗骨材間の接触距離が縮まるため，低温時の混合物は脆くなり，曲げ強度は小さくなるが，逆に，骨材に吸収されるアスファルトが多くなるため，破断時のひずみは大きくなる傾向にある。

その結果，低温におけるひび割れ抵抗性が向上する。



図－5　曲げ試験結果

W34：RecyclingⅡ　No.187

アスファルト乳剤を使用した常温再生混合物の室内設計および性状評価（中国）

(Design and Performance Evaluation in Laboratory of Cold Recycled Mixture with Emulsified Asphalt)

ハルビン技術研究所：Tan Yiqiu

1．はじめに

常温路上再生工法（CIR）は舗装の維持修繕方法として効果がある。筆者らはアスファルト乳剤（EA）を再生材とした薄層（50～100㎜）のCIRについて取り組んでおり，ここでは室内配合設計手法と性能評価について報告する。配合設計ではマーシャル法を基本としたスーパーペーブの修正配合設計方法（質量法），性能評価では初期養生時と後期養生時について検討した。

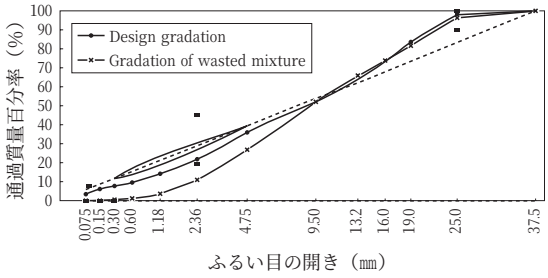
初期養生時の評価は摩耗抵抗性をカンタブロ試験，常温再生混合物の耐水性の評価はAASHTO－T-283で行った。後期養生時の評価では，高温領域の特性として，ホイールトラッキング試験，凍結融解下での圧裂試験，曲げ強度試験，低温時における温度クラックおよび耐水性を検討した。これらはAC-25の加熱アスファルト混合物と比較検討した。なお，CIRは高規格幹線道路の下層路盤や上層路盤あるいは重交通以外の路線の表層，中間層として使用することを考えており，省エネルギー，省資源の観点から有効な工法といえる。

2．骨材粒度

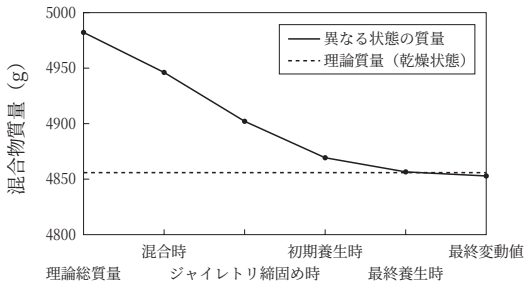
最終的な常温再生混合物の骨材粒度を**図－1**に示す。なお，再生骨材混入率は60%，骨材最大寸法は26.5㎜である。

3．性能評価時決定

乳剤を使用した常温混合物は，総水量によって分解時間も異なり，また各段階の水分の逸散によって質量も異なる。**図－2**に各段階におけるCIRと総質量の関係を示す。



図－１　常温再生混合物の配合骨材粒



図－２　CIRの各段階における総質量の変化

図－２の理論総質量は全ての材料を含んだもの，混合養生時の質量は室温で１時間養生後のもの，ジャイレトリコンパクション時の質量は締め固めた後の質量，初期養生時の質量は60℃で６時間乾燥させ，その後24時間室温にて養生した時の質量，後期養生は質量が一定になるまで60℃で養生した後の質量を示している。

４．初期および最終材齢時の混合物性状

初期養生時でのカンタブロ試験による損失率は平均5.8%であった。初期養生時のCIRの耐水性を**表－１**に示す。

初期段階では水分が内在しているため，圧裂強度比が80%以上確保できない。この段階では結合性が不十分である。**表－２**に後期養生後の混合物性状試験結果を示す。

後期養生段階ではAC-25（通常使用実績の多いもの）の加熱アスファルト混合物と比較するとそれほど遜色なく，十分舗装として供用できるものと考えられる。したがって，今回の室内評価の結果は，高規格幹線道路の中間層，下層としての供用性状を満足するものである。

今後もさらに室内およびフィールドにて様々な検討をする予定である。

表－１　初期段階養生後のCIRの耐水性

項目 / 種類	凍結融解圧裂試験	WT試験	曲げ試験（－10℃）		
	強度比（%）	動的安定度（回/㎜）	引張強度（MPa）	曲げひずみ（*10⁻⁶）	曲げ弾性係数(MPa)
CIR	82.6	898	6.76	2149	3145
AC-25	80.2	1009	9.4	1905	4934

表－２　混合物性状試験結果

状　態	空気量（%）	圧裂強度（MPa）	凍結融解後の圧裂強度比
真空飽和と凍結融解	6.1	0.158	61.7（%）
凍結融解	6.2	0.204	79.7（%）
無処理	6	0.258	－

W18：Design and Construction　No.101

路上再生路盤工法（ドイツ）

(Mix-In-Place Technology for the Construction of New Highway Pavements)

BOMAG GmbH：Hans-Josef Kloubert

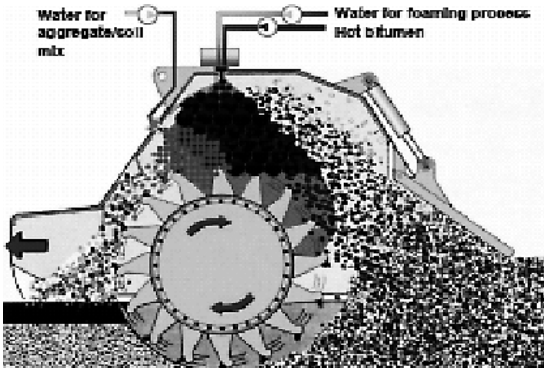
１．はじめに

発展途上国では，地方道路の整備が不十分であり，都市部においても高速道路や幹線道路の整備が必要とされている。しかし，道路建設費は制限されている為，解決策として経済的な路上混合工法が用いられている。

本論文は，道路の新設および舗装修繕工事において，路盤と基層の施工に活用されており，施工規模に関わらず経済的かつ高度な品質を確保できるBOMAG現場混合技術を紹介する。

２．安定処理／再生機械

図－１に示すBOMAG MPH 122は，路上混合安定処理/再生技術に用いる施工機械である。本機械は，330kWのディーゼルエンジンと幅2.33mの作業ドラムを有し，自重21t，最大作業深さは500㎜である。ドラムには，192個のビットが取り付けてあり，破砕，添加材の混合を行う。さらに，瀝青材散布装置には，乳剤やフォームドアスファルトの散布が可能な分離式散布装置を搭載している。また，表面の不陸に対応する



図－1　MPH122（左），瀝青材，水の散布装置（右）

ため，横断勾配対応装置を備えている。

施工速度は，深さ200～300㎜の場合，破砕速度４～８m/分，混合速度８～12m/分である。

３．現場混合再生工法

現場混合安定処理技術と現場混合再生技術は，同様の施工体制および操作で行う（**図－２**参照）。

初めに，均一な材料を得るためにBOMAG MPH 122を用いて必要な深さまで既設舗装を破砕する。

次に，破砕した材料に水，セメント，フォームドアスファルト等の添加剤を噴射する。添加剤は，相対的コストや破砕材料により選定する。

そしてこれらを混合し，個々の骨材への瀝青材被覆を確実に行う。

最後に，モーターグレーダにて整正し，必要な密度に締め固める。転圧は一般的に，16～28t振動一輪ドラムローラにて行う。

４．利点

本工法の利点の一つは，従来の打換え工法と比較し，20～30%のコスト削減が可能であることである。

もう一つの利点は，建設時間を短縮できることである。中国での施工は，通常の施工で６週間かかった作業を２週間で完了した。小規模施工の日施工量は，2,000～3,000㎡/日，大規模施工ではさらに多くの数量を施工できる。

最後に，環境に利点がある。既設舗装を再利用することで，天然資源の保存と廃棄物の削減が可能となる。

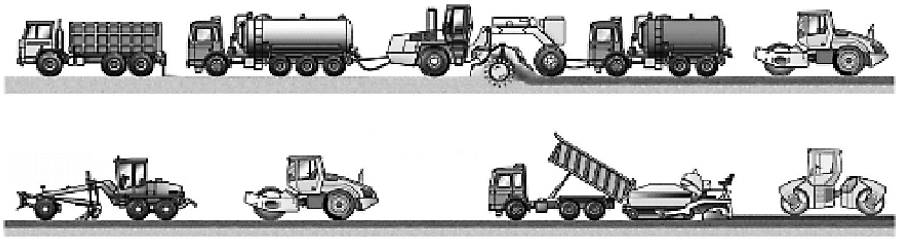
５．施工事例

⑴　アフガニスタン ヘラートの新設高速道路工事

はじめに砂利を敷きならし，３%のセメントを散布して混合した。次に，水と３%のフォームドアスファルトを加えて混合し，初期転圧，グレーダーによる整形，転圧の順で安定処理路盤を構築した。最後に，厚さ６㎝のアスファルト混合物層を表層に施工して完成した。

⑵　中国 ヤンタイの舗装修繕工事

はじめに，既設アスファルト混合物層を10～14㎝，路床を20㎝の深さまで破砕すると同時に，２%の石灰を混合した。２日後，３%のポルトランドセメントを表面に散布し，３%のフォームドアスファルトと水を加えて混合した。その後，グレーダーによって整形し，BW 219 DH-3で転圧した。最後に，厚さ６㎝のアスファルト混合物層を表層に施工して完了した。



図－２　一連のBOMAG現場混合工程

図－３　中国の舗装修繕工事

W20：Measurement and Equipment　No.114A

加熱アスファルト混合物の現場と室内での透水性の比較（アメリカ）

(Comparison of Field and Laboratory Permeability of HMA Mixtures)

ウィスコンシン－マジソン大学：Kunnawee Kanitpong

１．はじめに

高速道路の舗装においては，舗装表面から浸透する水に対し，表層より下の層を保護することが重要な機能の一つとされており，粒状層へ浸透する水は舗装の保護の面で欠点とされている。

ここ数年，アスファルト混合物の透水性評価についての報告が数多くされているが，現場と室内の計測結果の違いについて示しているものは少ない。現場透水性の信頼される評価方法なしでは，配合設計上に透水性の規格を組み込めないとしている。

本報告では下記の２つの課題について検討を行っている。

①NCAT構内における現場透水性と現場コアおよびSGC（スーパーペーブジャイレトリーコンパクタ）を用いて作製した供試体との透水性の比較

②SGCで締固めた供試体の室内透水試験から現場透水性を導く手順の開発

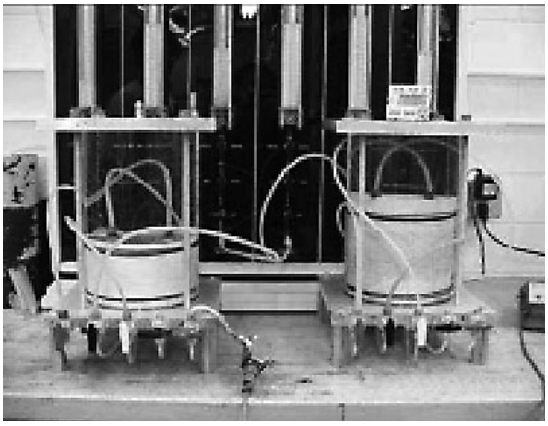
２．試験内容

試験に用いた混合物は，公称最大寸法が9.5㎜から25㎜の範囲にある12の細粒度混合物と４種類の粗粒度混合物である。また，砕石はウィスコンシン州の高速道路建設において広く利用しているものである。

RI密度水分計により現場密度を計測した後，**写真－１（左）**に示す変水位透水試験の原理に基づいたNCAT現場透水試験器を用いて透水係数を算出する。

また，室内においては真空パック法により密度を計測した後，**写真－１（右）**に示す供試体厚に依存せず試験可能な定水位透水試験器により透水係数を算出する。

供試体は現場から採取したコア，および現場で採取しほぐした混合物によりSGCを用いて締固めたものの２種類である。



写真－１　透水試験機（左：現場，右：室内）

３．現場透水性と現場コアの室内透水性の比較

現場における透水係数と現場コアから算出した透水係数の比較結果を**図－１（左）**に示す。

混合物の種類を2.36㎜ふるい通過量により３パターンに分けており，45%以上の場合に高い相関関係（R^2 = 0.80）が確認されている。

45%未満の場合，現場透水性試験時に舗装表面と試験器の境界から水が漏れるケースがあったため，現場での透水係数が大きくなり，相関性が低下している。そのため，NCAT試験器は舗装表面との境界で起こる水漏れを防ぐ方法を確立しなければ，2.36㎜ふるい通過量が45%未満の混合物への適用は好ましくない。

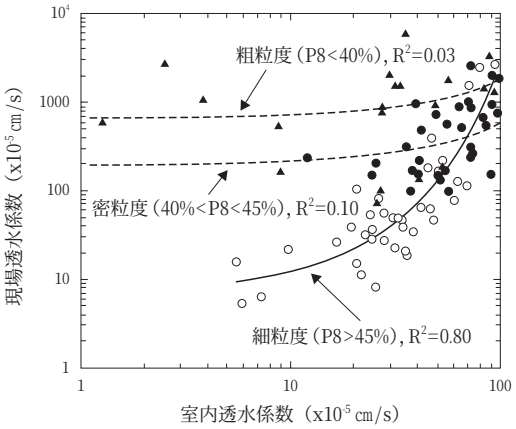
４．現場コアとSGC供試体の室内透水性の比較

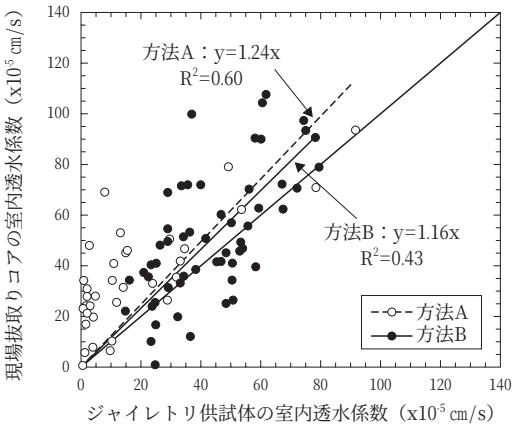
現場コアとSGC供試体の室内における透水係数の比較結果を**図－１（右）**に示す。

SGC供試体は方法A，Bの２種類の締固め方法で作製しており，それぞれ現場コアと同等な密度を確保するために混合物の量，旋回数を調整している。

データのバラツキ傾向からも方法Bの方がAよりも現場コアに近い混合物を作製することができ，さらに現場の透水性を再現していることが確認できる。

今後，アスファルト混合物の配合設計における透水性の基準を設定していく上で，この供試体作製方法が参考になると考える。





図－１　透水性比較結果（左：現場とコア，右：コアとSGC供試体）

W21：Recycling Ⅰ　No.116

粒状路盤・アスファルト混合物（基層材料）への建設破砕物の利用（イタリア）

(The Use of Construction and Demolition Aggregate in Unbound Sub-Base and Bituminous Bound Road Base Layers)

パドヴァ大学：Marco Pasetto

１．はじめに

建設物の解体により発生する瓦礫をリサイクルする場合，その瓦礫の処分方法と天然骨材の代替としての使用方法を見いだすことが重要である。

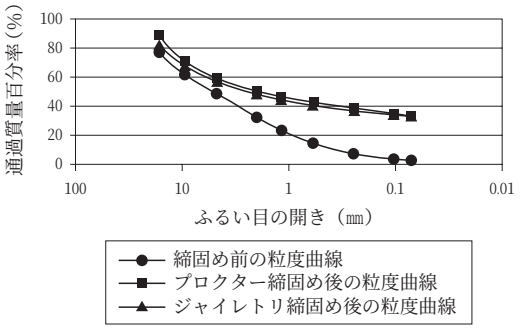
粒状路盤材料の供試体作製は，プロクター法や通常のアスファルト混合物に使用されるジャイレトリコンパクタを使用した。ジャイレトリの圧力は，通常のアスファルト混合物の場合と同一とした。

その結果，締固め度とせん断強度および材料の密度との間に有意な情報が得られた。

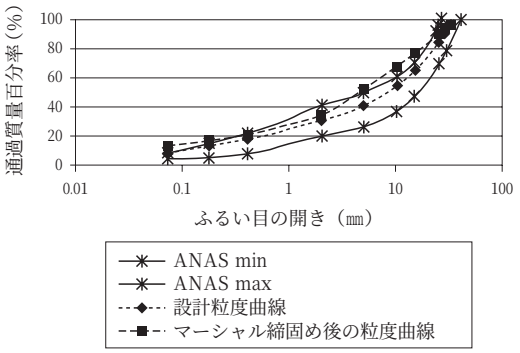
本論は，パドヴァ大学道路研究室が建設物解体作業から発生した骨材を，道路や空港の粒状路盤や基層のアスファルト混合物への適応性の確認を行った結果を報告する。

２．材料

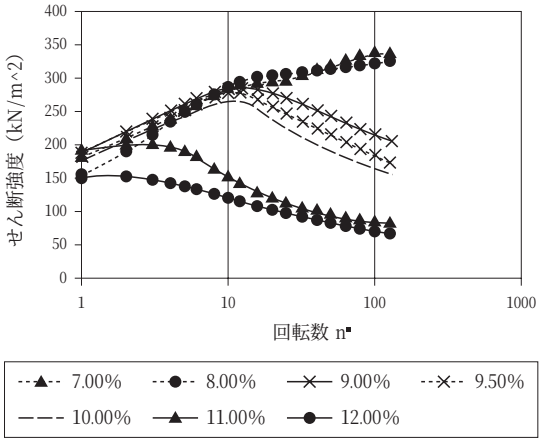
本検討では，建設物の解体から発生したブロックやコンクリートを使用した。ただし，プラスチックやガラスなどの付着物は取り除いた。粒状材料とアスファルト混合物の粒度曲線を**図－１**および**図－２**に示す。



図－1　粒状材料の粒度分布曲線



図－2　アスファルト混合物の粒度分布曲線



図－3　粒状材料のせん断強度－回転数曲線

3．粒状路盤材料への使用

プロクター法で締固めた場合，最適含水比が10%で，最大乾燥密度が20.48kN/㎥であった。ジャイレトリコンパクタで締固めた場合，最適含水比９%，最大乾燥密度22.85kN/㎥であった。

図－3に異なる含水比のもとで締固め回転数を変えた場合のせん断強度の変化を示す。

4．アスファルト混合物への使用

図－4に異なるアスファルト量のもとで締固め回転数を変えた場合のせん断強度の変化を示す。

5．粒度の変化

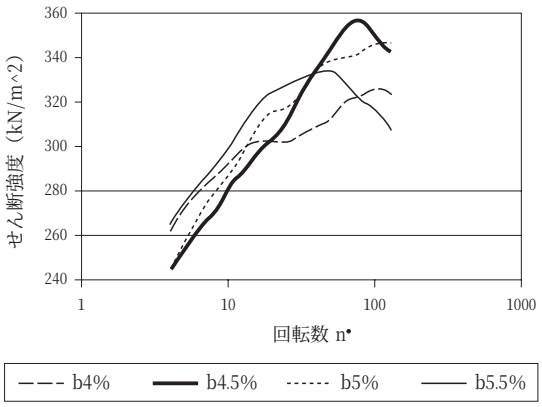
図－１および図－２から分かるように，締固め前後では粒度が大きく変化した。粒状路盤材では30%以上，アスファルト混合物では13.4%程度の粒度変化が出た。

これは，締固めの際に瓦礫やコンクリートが破砕されたためである。

6．結論

リサイクル骨材は，吸水性と吸油（アスファルト）性が大きい。このことはアスファルト混合物を作製する際に大きく影響し，的確な粒度分布が求められる。

予備転圧や粒度変化，作業性，密度を変化させなければ，良質な品質を得ることは期待できない。



図－4　アスファルト混合物のせん断強度－回転数曲線

W08：Admixture Ⅰ　No.049

インド、タイ、インドネシアにおける高速道路および幹線道路の補修に用いるアスファルト乳剤の開発と実例（タイ）

(Development and Use of Asphalt Emulsions in Asia for Highway and Road Maintenance. The Cases of India, Thailand, Indonesia)

エルサメックス：Jesus Rincon

1．はじめに

道路は供用開始と同時に劣化がはじまり，維持修繕は重要な問題となる。舗装の支持力は十分であったとしても，舗装表面の劣化が見られる事例を数多く見かける。このような場合，舗装表面の性状改善とさらなる舗装の劣化を防ぐ必要があり，それは尚かつ低コストでなければならない。これまでの維持修繕においてはカットバックアスファルトを用いることが一般的であるが，周辺の汚染やコストが高いなどの問題があることから，アスファルト乳剤を用いる方法を適用し，消費燃料の低減などを考慮して常温とした。

これらの技術開発は，道路を管理する行政と一般企業が平行して行いながら，主要な部分については，互いに問題提起しながら進めることとした。

ここで，アスファルト乳剤を用いることによる利点を列挙する。

①材料の製造の際に，余分な熱を必要としないことから，燃料資源の消費を抑えコストが安くできる。

②炭化水素の含有量が微小であることから，環境汚染を低減することができる。

③様々なタイプのアスファルト乳剤が存在することから適応性が高い。

④現状のプラントによって製造できることから設備投資が少ない。

2．適用事例

インドやインドネシアでは，90年代の初めからジャカルタと空港を結ぶ幹線道路などを中心に，スラリーシール，マイクロサーフェシング，繊維添加マイクロサーフェシングなどの適用を開始し，良好な結果を得ている（**写真－1**参照）。

また，タイではフォグシール（骨材無添加），表面処理（骨材添加），常温開粒度アスファルト混合物などの適用を行っており（**写真－2**参照），今後もデータ収集を行っていく必要性があると考える。

写真－1　マイクロサーフェシングの施工状況（ニューデリー）

写真－2　常温開粒度アスファルト混合物の施工状況（タイ）

W08：Admixture Ⅰ　No.050

常温アスファルト混合物の工学および環境特性（アメリカ）

(Engineering and Environmental Properties of Some Cold-Mix Asphalt Concretes)

ウィスコンシン州立大学：Thomas Papagiannakis

1．試験概要および結果一覧

本報は，５種類の常温アスファルト混合物の工学，環境特性を述べている。取り上げるサンプルは，４種類の販売製品（US Cold Patch，QPR，EZ Street，Quickrete）と１種類の開発材料（MC-250）であり，ビーム安定度・引張り強度・動的安定度・E/位相角・クリープ特性を確認することとした。

作製した供試体は，直径100㎜と150㎜である（**表－1**参照）。

なお，サンプルEは供試体抜き取り中に一部が欠損したことにより，試験に供することは不可能であった。

工学特性に関する試験は，加熱アスファルト混合物と同様の方法で行い，ビーム安定度試験，引張り強度試験，動弾性係数測定，クリープ試験を行った。

引張り強度試験の結果は24～158kPaの範囲を示していた。また動変形係数の測定は，サンプルAとCについて行い，それぞれ1.875×106と580,000kPaであった。また，クリープ試験の結果は，**表－2**に示すとともに，工学特性をそれぞれの強度特性をランク分けして示すこととした。

また，以下に各種化学分析を行った結果一覧を**表－3**に示す。

表－1　試験サンプルの種類および性状

項　目	A：US Cold Patch	B：QPR	C：MC-250	D：EZ Street	E：Quickrete
供試体数	3	3	3	3	－
平均かさ密度（G_{mb}）	2.313	2.096	2.387	2.197	－
標準偏差（G_{mb}）	0.040	0.004	0.036	0.003	－
最大比重（G_{mm}）	2.393	2.472	2.563	2.575	－
平均空隙率（%）	3.35	15.23	6.87	14.68	－

表－2　試験結果一覧

項　目	A：US Cold Patch	B：QPR	C：MC-250	D：EZ Street	E：Quickrete
供試体数	3	3	2	3	0
クリープコンプライアンス @0.1 sec-D_0	4.08E-06	8.72E-06	2.5E-06	1.01E-05	－
クリープコンプライアンス @0.1 sec-D_{10}	5.64E-06	2.77E-05	3.31E-06	2.37E-05	－
クリープ比（i.e.,Slope）M_1	0.1809	0.0750	0.0776	0.1971	－
ビーム安定度（R－value）	A	D	C	B	－
引張り強度	A	C	D	B	－
E^*/sin（φ）	A	C	－	－	－
D_{01}，D_1	C	A	D	B	－
M_1	C	B	A	D	－
フロータイム	D	C	B/A tie	－	－

表－3　化学分析結果一覧

項　目	A：US Cold Patch	B：QPR	C：MC-250	D：EZ Street	E：Quickrete
深刻な水質への毒性（mg/ℓ）	>500	>500	>500	>500	>500
シアン化物（mg/kg）	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
硫化物（mg/kg）	57	35	57	10	19
着火性（℃）	>200	>200	>200	>200	>200
腐食性（pH）	9.0	7.9	8.2	7.5	8.0
TOCの大気中の放出（ppmC/g）	11.9	19.6	747.0	319.0	7.5

W08：Admixture Ⅰ　No.051

ポリエステルグリッドを用いたアスファルト層の補強に関する経験と所見（ドイツ）

(Experience from More than 30 Years of Asphalt Reinforcement with Polyester Grids)

HUESKER Synthetic GmbH：Andreas Elsing

1．はじめに

リフレクションクラックは，舗装において多々見られる破壊の形態であり，その上部にオーバーレイを施しても結果としてクラックは路面に達する。これらのクラックは，年間を通した温度変化によって微小な変化を繰り返していることから，容易に解決することは困難である。

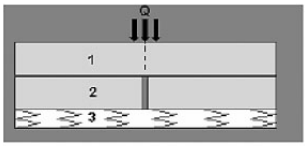
本報は，現場における切削路面上にポリエステルグリッドを用いて補強を施したアスファルト舗装に関する検討結果を過去30年以上の経験的知識を含めて述べている。

2．動的曲げ疲労破壊試験

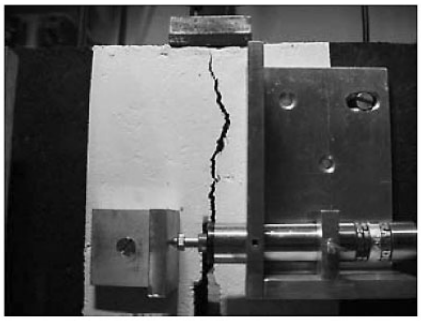
試験では，下部にクラックが発生していることを想定し，隙間を設けたコンクリートを設置し，上部に健全なコンクリートを載せポリエステルグリッド「HaTelit-C」を中間に挟んだ供試体を作製し，繰返し曲げ応力を与えた場合について検討した（**写真－1**参照）。

試験結果から，補強無しの場合では80,000回の載荷で破壊に到ったのに対し，ポリエステルグリッドで補強した場合では，490,000回にて破壊したことから，約６倍の疲労抵抗を示すことが確認できた。

また写真からも分かるように，クラックの状況に違いがあることも明かとなった。



1 non-cracked asphalt
2 cracked asphalt
3 elastic base (rubber)



Unreinforced sample
after 80.000 cycles

HaTelit® C-reinforced sample
after 490.000 cycles

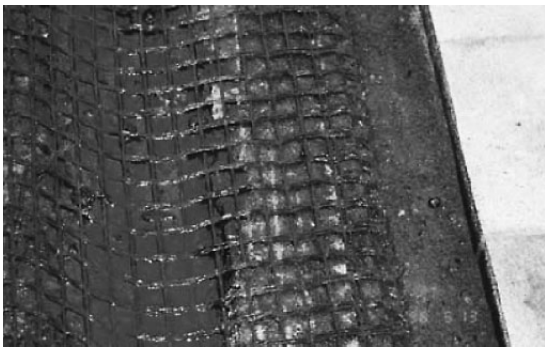
写真－1　供試体概要と試験状況

３．適用事例

ポリエステルグリッドの舗装への適用は，切削面に敷設するものである。切削面は，施工によって発生した細かな凹凸などが多く存在することから，グリットが切断されないことを考慮することが重要である。写真に示す区間では，グリッドを敷設後５㎝の表層アスファルト混合物を施工した。

今後の課題は，低コストで供給することにあるとしている。

写真－２　グリッド敷設前の切削面の状況



写真－３　グリッド敷設状況

W08：Admixture Ⅰ　No.052

重交通に対応したマルチアスファルトの開発（スペイン）

(Multigrade Bitumens. A New Binder Apt for Roads Subject to Extreme Service Conditions)

Repsol YPF SA：Antonio Paez Duenas

１．はじめに

舗装技術の進歩は，技術と材料の開発によってこれまで着実に向上してきた。材料の分野を見ると，アスファルト混合物の性状は，舗装の性状を左右するものであると考える。

近年の交通量の著しい増加により，舗装は厳しい状況によって供用されており，その結果，供用性の低下が問題となってきている。

本論は，わだち掘れに対して高い抵抗性を発揮する材料開発について述べている。主たる課題を以下に列挙する。

①アスファルト量をひび割れが起きない程度に可能な限り低くする。

②適用するアスファルトはポリマーによって改質する。

③アスファルトの変形特性において，温度依存性を低減する。

２．材料特性

マルチアスファルトとは，針入度を変化させずに温度に対する変形特性を改善した材料である（**表－１**参照）。

表－１　マルチアスファルトの性状一覧

	標準A	標準B	マルチアスファルト
針入度25℃	68	60	63
軟化点（℃）	49	52	58
PI	－0.74	－0.25	1.3
フラース脆化点（℃）	－15	－13	－16
塑性状態（℃）	64	65	74
薄膜加熱試験			
針入度比（%）	71	53	71
軟化点上昇（℃）	5	9	6

３．SHRPにもとづく材料特性

ここでは，標準Bを基本とする二種類のアスファルトとマルチアスファルトのSHRPのレベルを調べ，マルチアスファルトの特性を確認した。

試験結果により，一般的なアスファルトである標準Bと比較して，マルチアスファルトの方が広い感温特性を示していることが確認できた。

このことから，マルチアスファルトは様々な環境において高い性能を発揮するものであると判断できる（**図－１**参照）。

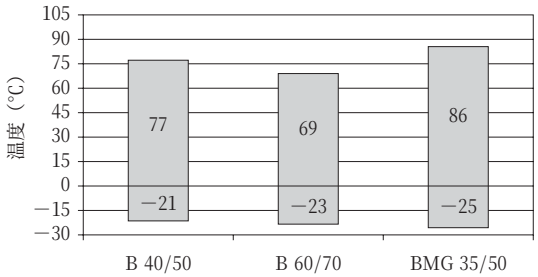
４．Immersion－Compression testによる材料特性

Immersion－Compression testとは，同じ供試体を４個作製し，そのうち２個は供試体作製直後に圧縮試験に供し，１つは25℃の空気中に24時間，もう１つは60℃の水に24時間水浸させたサンプルを試験するものである。

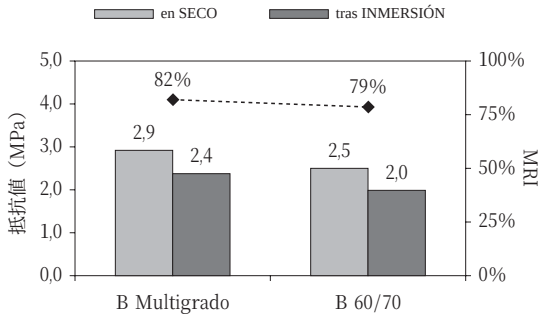
得られたデータを以下の式①にそれぞれの値を適用することによって，Maintained resistance index（%）を得るものである。

$$MRI = \frac{R_{after} - R_{immersion}}{R_{before} - R_{immersion}} \times 100 \qquad 式①$$

結果より，一般的な標準Bと比較して，マルチアスファルトの方が高いMRIを示していることが分かり，温度による変形特性の変化が少ないことが確認できた（**図－２**参照）。



図－１　SHRP level測定結果



図－２　MRI試験結果

W24：Road Pavement Ⅱ　No.131

道路におけるタイヤゴム粉利用の今後の展望（スペイン）

(General Prospect on the Utilization of Tyre-Rubber Crumb in Roads)

Asociacion Tecnica de Emulsiones Bituminosas（ATEB）：Jesus Rincon

１．はじめに

使用済みタイヤ（以下，NFU:Neumaticos Fuera de Uso）は，有害な廃棄物であるため焼却処理する場合には，ガスの毒性を測定し，除去することが義務づけられている。現在，EU全体では，年間３億1000万本のNFUが発生しており，NFUには，約50%のゴム分が含まれている。このNFUに含まれているゴム分の有効利用方法を，公的機関（国や市町村）やメーカー，消費者などが一体となって検討することが重要である。

劣化の進行していないNFUは，防波堤や土木工事などに利用されており，破砕したNFUは，道路表示・道路マーカーの材料・陸上競技場や体育館などに利用されている。

今後，NFUの有効利用を図るためには，①可燃性（TDF）の生産，②特殊な効果として道路での利用促進が重要であるが，中でも調査・研究により道路に利用することが，有益，迅速，クリーンな方法でNFUを利用することである。

２．道路舗装へのNFU適用検討

1960年代に多くの研究が行われてきた。スペインでは，1974年にCentro Investigacion E.S.Mが，加熱アスファルト混合物の製造の過程でアスファルトにゴムを混合する技術を研究し，バルセロナで施工を実施した。

エルサメックSA社とマドリード技術大学の道路研究所が共同で「リサイクルゴムによるアスファルトとアスファルト混合物の改質」と題した，舗装道路にタイヤゴム粉を適用するための調査研究を行った。NFUの道路への適用例を以下に示す。

①アスファルトの改質剤としての利用

この方法は，「Wet Process」と呼ばれ，アスファルトの特性を改質するためにタイヤゴム粉をアスファルトに混合したものである。主な用途は，クラックシール材，防水材（橋梁，ビル等），膨張目地材などである。

アスファルトにゴムを溶解したバインダの性状を，**表－１**に示す。

表－1　アスファルト／ゴムバインダの性状

Tes.	Unit	NLT	60/70	Rubber
針入度（25℃；100g；５秒）	0.1㎜	124	65	57
軟化点（R & B）	℃	125	49.7	62.1
PI（針入度指数）		181	－0.62	1.8
フラース脆化点	℃	182	－10	－19
伸度（５℃；５㎝/min）	Cm.	126	NA	21
密度（25℃/25℃）	g/㎤	122	1.029	1.041
粘度（60℃）	s.	183	328	>2000
弾性回復率（25℃）	%	329	0	47.2
貯蔵安定度（５日165℃）；		328	NA	
軟化点の変化量	℃	125		4.2
針入度の変化量	0.1㎜	125		1
薄膜加熱試験（163℃）：				
質量変化率	%	185	0.06	－0.18
針入度（25℃；100g；５秒）	%p.o.	124	69	70.8
軟化点変化量	℃	125	+3	+7.7
伸度（５℃；５㎝/min）	㎝	126	NA	13

②アスファルト混合物中の骨材としての利用

この方法は，「Dry Process」と呼ばれ，骨材の一部をタイヤゴム粉で置換する方法である。この方法は，騒音低減舗装，冬期の凍結抑制舗装として基層，路盤，密粒度アスコン，開粒度アスコンなどへの適用が研究されている。この混合物は，実験により感温性が小さく，ゴム粉が混合されていない混合物に比べて，変形しにくいことがわかった。

③複合型

この方法は，バインダにゴム粉で改質したアスファルトを使用し，骨材にゴム粉を混合したものを使用する方法である。

表－2および**図－1**は，タイヤゴム粉を適用したアスファルト混合物の性状を従来の加熱アスファルト混合物と比較したものである。

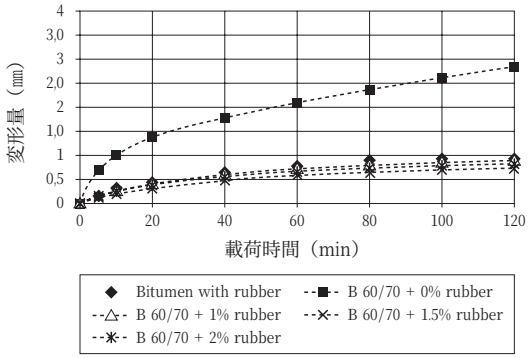
3．まとめ

使用済みタイヤは，道路舗装の材料として利用可能であり，２つの利用方法は，アスファルト舗装の性能を向上させる。また，それを舗装に混合することで，汚染のリスクも除去することが可能である。

今後は，技術的，経済的な観点から資源の有効活用のプロセスを最適化するために，仕様書の作成，リサイクルの促進，研究の推進に専念する必要がある。

表－2　物性試験結果

項目	試験結果	
	WET Process	DRY Process
マーシャル安定度試験	増加	増加
マーシャル変形量	減少	減少
水浸圧縮抵抗性	増加	同等
塑性変形抵抗性	増加	増加
動的モジュール	同等	同等
疲労抵抗性	増加	同等



図－1　ホイールトラッキング試験結果

＜統計資料＞

1．石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千ｔ）

項目 / 年度	供給					需要					
	期初在庫	生産	対前年度比(%)	輸入	合計	販売(内需)	対前年度比(%)	輸出	小計	期末在庫	合計
17.　1月	250	456	(109.7)	0	707	266	(100.9)	26	292	255	547
2月	255	508	(92.7)	0	763	315	(87.4)	18	333	264	597
3月	264	674	(99.4)	0	938	485	(93.6)	25	510	253	763
1～3月	250	1,638	(99.8)	0	2,407	1,066	(93.3)	69	1,135	773	1,908
16　年　度	999	5,671	(103.3)	1	8,767	3,693	(94.9)	299	3,993	3,086	7,078
17.　4月	253	392	(95.2)	0	645	238	(47.8)	31	0	266	266
5月	266	339	(96.2)	0	605	218	(47.3)	35	0	265	265
6月	265	383	(96.7)	0	648	233	(47.5)	39	0	265	265
4～6月	253	1,114	(96.0)	0	1,898	689	(47.5)	105	0	795	795
7月	265	411	(90.3)	0	676	215	(50.0)	42	0	279	279
8月	279	375	(92.5)	0	654	245	(44.5)	33	0	258	258
9月	258	495	(107.0)	0	753	313	(41.4)	33	0	231	231
7～9月	265	1,281	(96.5)	0	2,083	773	(45.3)	107	0	768	768
10月	231	460	(95.6)	0	692	267	(40.8)	49	0	238	238
11月	238	494	(103.8)	0	732	325	(37.2)	35	0	220	220
12月	220	497	(90.0)	0	717	302	(37.2)	28	0	233	233
10～12月	231	1,451	(96.2)	0	2,140	894	(38.4)	112	0	691	691

2．石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千ｔ）

項目 / 年度	内需量						対前年度比					
	ストレート・アスファルト				ブローンアスファルト	合計	ストレート・アスファルト				ブローンアスファルト	合計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
17.　1月	191	11	50	252	13	266	98.6	116.0	110.3	101.3	92.9	100.9
2月	241	12	51	304	11	315	83.1	97.1	111.5	87.3	88.5	87.4
3月	411	14	47	473	12	485	90.9	110.6	113.9	93.3	104.9	93.6
1～3月	843	37	149	1,029	37	1,066	90.1	107.2	111.8	93.2	95.1	93.3
16　年　度	2,863	119	561	3,543	150	3,693	93.0	106.0	102.3	94.8	99.0	94.9
17.　4月	162	9	55	227	10	238	89.1	125.1	187.1	103.6	103.3	103.6
5月	146	7	54	208	10	218	89.5	140.7	167.7	103.4	95.5	103.0
6月	165	8	45	218	15	233	75.0	126.8	105.8	81.2	108.9	82.5
4～6月	473	25	155	653	36	689	83.7	129.9	148.0	94.8	103.1	95.2
7月	132	9	64	205	10	215	68.1	122.5	116.7	80.0	87.6	80.3
8月	156	9	71	235	10	245	78.0	109.7	116.8	87.7	87.8	87.7
9月	222	10	67	299	14	313	92.6	105.1	213.2	106.7	93.9	106.0
7～9月	510	28	202	739	34	773	80.5	111.7	137.6	91.8	90.2	91.8
10月	182	11	64	256	10	267	74.5	97.2	115.8	82.7	82.3	82.7
11月	241	13	59	313	12	325	82.8	91.3	106.4	86.8	76.9	86.4
12月	216	11	65	292	11	302	75.6	86.8	128.0	83.6	78.8	83.4
10～12月	639	35	187	861	33	894	77.8	91.6	116.4	84.4	79.2	84.2

〔注〕(1) 内需量合計は、石油連盟発行「石油資料月報」より引用。
(2) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－（ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト）

有限責任中間法人 日本アスファルト協会会員

社名	住所	電話
[メーカー]		
出光興産株式会社	(100-8321) 千代田区丸の内3－1－1	03（3213）3134
コスモ石油株式会社	(105-8528) 港区芝浦1－1－1	03（3798）3874
三共油化工業株式会社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町1－7－7	03（5847）2611
株式会社ジャパンエナジー	(105-8407) 港区虎ノ門2－10－1	03（5573）6000
昭和シェル石油株式会社	(135-8074) 港区台場2－3－2	03（5531）5765
新日本石油株式会社	(105-8412) 港区西新橋1－3－12	03（3502）9122
[ディーラー]		
● 東北		
株式会社男鹿興業社	(010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185（23）3293
カメイ株式会社	(980-0803) 仙台市青葉区国分町3－1－18	022（264）6111
● 関東		
朝日産業株式会社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2－7－9	03（3669）7878
株式会社アスカ	(106-0032) 港区六本木4－11－4	03（5772）1505
伊藤忠エネクス株式会社	(153-8655) 目黒区目黒1－24－12	03（5436）8211
エムシー・エネルギー株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1－3－3	03（5251）0961
コスモ石油販売株式会社 コスモアスファルトカンパニー	(104-0032) 中央区八丁堀3－3－5	03（3551）8011
関東礦油エネルギー株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1－1－8	03（5474）8511
株式会社ジェイエック	(103-0028) 中央区八重洲1－2－1	03（3272）3471
竹中産業株式会社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1－5－5	03（3251）0185
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巣鴨4－22－23	03（3915）7151
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2－2	03（3293）4171
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1－7－8	03（3796）6616
● 中部		
鈴与商事株式会社清水支店	(424-8703) 清水市入船町11－1	0543（54）3322
松村物産株式会社	(920-0031) 金沢市広岡2－1－27	0762（21）6121

有限責任中間法人 日本アスファルト協会会員

社　名	住　所	電　話
● 近畿・中国		
出光アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津6－3－11	06（6442）0031
三徳商事株式会社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4－1－3	06（6394）1551
昭和瀝青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4－26	0792（26）2611
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2－10－17	06（6358）5531
富士商株式会社	(756-8501) 小野田市稲荷町10－23	0836（81）1111
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749（23）1608
横田瀝青興業株式会社	(672-8057) 姫路市飾磨区細江995	0792（33）0555
● 四国・九州		
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15－7	0992（56）4111
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5－8	0886（53）5131
西岡商事株式会社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3－1	0877（33）1001
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5－6－26	0878（31）7255

編集顧問	編集委員			
多田宏行	委員長：中村俊行			
	安崎　裕	大坪義治	下田哲也	峰岸順一
	神谷恵三	田井文夫	姫野賢治	森久保道生
	栗谷川裕造	塚越　徹	山本泰幹	吉村啓之
	小島逸平	野村健一郎	溝渕　優	

アスファルト　第219号
平成18年４月発行
有限責任中間法人　日本アスファルト協会
〒105-8412　東京都港区西新橋1－3－12
新日本石油株式会社　エネルギー・ソリューション１部内

問い合わせ先
・昭和シェル石油株式会社　中央研究所　森久保 道生
TEL 046-285-0829
・新日本石油株式会社
エネルギー・ソリューション１部　塚越　徹
TEL 03-3502-9134

印刷所　キュービシステム株式会社
〒101-0041　東京都千代田区神田須田町1－12－6
マルコビル4F　TEL 03-5256-0051

Vol.49　No.219　APRIL 2006
Published by THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION