

2. 遮熱性舗装及び保水性舗装の性能追跡調査

Follow-up result of Solar Heat-Blocking Pavement and Water Retaining Pavement

東京都建設局総務部技術管理課 狹間 博(前 東京都土木技術支援・人材育成センター技術支援課)
(公財)東京都道路整備保全公社道路部土木技術課 粉川 心介、細田 修平

1. はじめに

東京都では、ヒートアイランド現象に対する取組の一つとして、舗装路面温度の上昇を抑制し、舗装路面に太陽放射熱を蓄積しないため、特に熱帯夜対策に効果が認められる遮熱性舗装及び保水性舗装を、首都高速中央環状線の内側の地域、いわゆるセンター・コア・エリアを中心とした重点エリアの都道に施工している。

都ではこれらの舗装について、室内試験や試験施工等での結果をもとに、「遮熱性舗装(車道) 設計・施工要領(案)」及び「保水性舗装(車道) 設計・施工要領(案)」を策定し、新設時の設計、材料、施工、出来形・品質管理について基準値及び試験方法を定めている。

しかし、供用後は、遮熱性舗装において車両のタイヤ走行によって、舗装表面に塗布した樹脂塗料である遮熱材が摩耗・はがれたり、また保水性舗装では内部に土砂等が流入し目詰まりを起こしたりするなど、経年による温度低減性能効果の低下が懸念されている。

また、遮熱性舗装については遮熱材が摩耗・はがれることによって、車両の走行性を制御する路面のすべり抵抗性能の低下も懸念されており、実際に低下している事例も報告されている。

そこで、温度低減性能の持続性とすべり抵抗性能の経年変化状況の把握を目的として、舗装路面に対して、温度とすべり抵抗の測定を継続的に行ってきた。

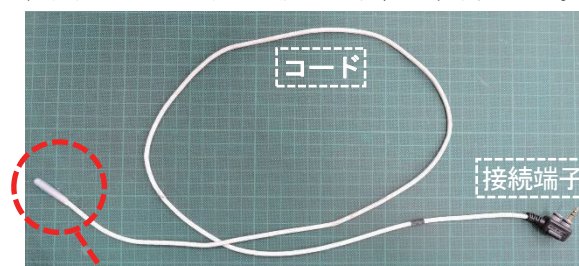
本編では、令和六年度までに実施してきた、これらの測定結果による経年の変化状況について報告する。

2. 調査測定概要

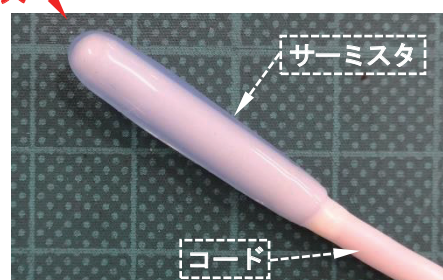
(1) 路面温度測定

路面温度を測定する温度センサは、写真-1 に示すように、先端にサーミスタと呼ばれる温度変化に応じて電気抵抗が大きく変化する半導体素子と、その信号を伝達するコード、また測定データを収録するための記録計に接続する端子から構成されている。

路面温度は、この温度センサを図-1 に示すように、舗装表面から 1cm 下に埋設して設置し、測定した。



(1) 温度センサ・全体



(2) 温度センサ・先端部拡大

写真-1 温度センサ

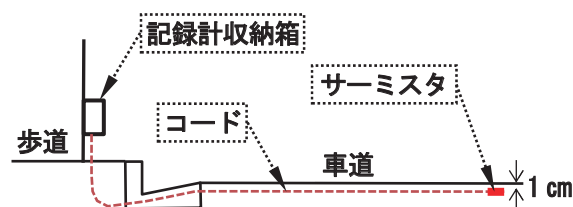


図-1 温度センサ埋設設置断面

このとき、温度センサは、写真-2 に示すように、それぞれの調査測定地点において、遮熱性舗装または保水性舗装と、またこれらの舗装と比較するために、そ

の近傍での一般的な舗装（密粒度舗装または低騒音舗装で、以後「比較舗装」と称す）の二つの舗装路面に埋設・設置している。

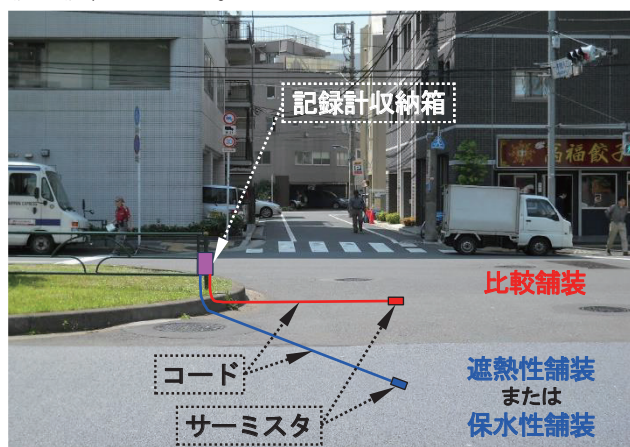


写真-2 路面温度測定状況

なお、測定データは、写真-3に示すように、温度センサと接続した記録計に収録することとし、記録計は温度センサの直近に設置した収納箱に収納している。

また、測定頻度は10分間毎の連続測定とし、測定期間は例年盛夏となり、路面温度が最も高くなると思定される7～9月の三か月とした。



写真-3 記録計収納箱

(2) すべり抵抗測定

路面のすべり抵抗の測定は、主に静的な抵抗性能が得られる「振り子式スキッドレジスタンステスト」、また動的な抵抗性能が得られる「回転式すべり抵抗測定器」の二つの方法による。

1) 振り子式スキッドレジスタンステスト

このテストはイギリスの道路研究所で開発されたため“British Pendulum Tester”（以下、「BPT」と称す）と言われ、その外観は写真-4に示すとおりである。測定は振り子部を振り下ろした際のラバーズライダと舗装路面との摩擦による抵抗を求めるもので、その測定値はすべり抵抗値 BPN (British Pendulum Number) となる。

測定方法は「舗装調査・試験法便覧（公社）日本道路協会」に規定されているので、測定はこれに準拠して行った。

なお、測定位置は原則として、測定対象個所の走行車線における外側車輪走行位置である OWP (Outer

Wheel Path：車線の中心線から進行方向左側に1m離れた位置)としている。

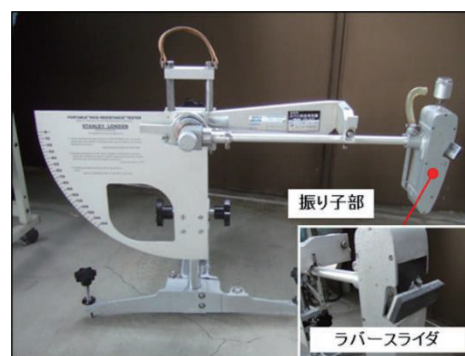


写真-4 振り子式スキッドレジスタンステストの外観

2) 回転式すべり抵抗測定器

この測定器は、英語表記で“Dynamic Friction Tester”といい、通称「DFテスト」と呼ばれているので、以下はこの通称を用いる。

DFテストの外観は写真-5に示すとおりであり、測定器裏面（底面）の円盤を回転させ、円盤に取り付けたゴムピースと舗装路面との摩擦による抵抗を求めるもので、測定値は動的摩擦係数（ μ ）となる。

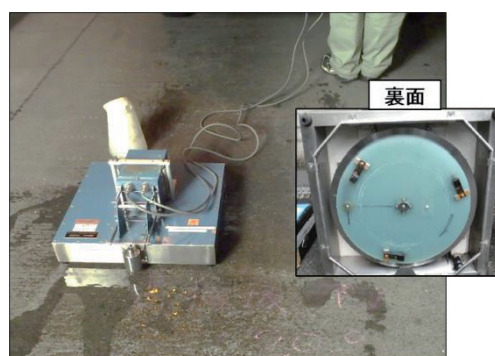


写真-5 回転式すべり抵抗測定器

なお、この測定方法も「舗装調査・試験法便覧（公社）日本道路協会」に規定されているので、これに準拠して行うとともに、測定位置も BPT と同様に、走行車線における OWP としている。

3. 調査測定結果

(1) 路面温度低減効果

遮熱性舗装及び保水性舗装における路面温度低減効果は、次の式および図-2に示すように定義した路面温度低減量で評価することとした。

$$\text{路面温度低減量 (}^{\circ}\text{C)} = \text{比較舗装 日最高路面温度 (}^{\circ}\text{C)} - \text{遮熱性舗装 or 保水性舗装 日最高路面温度 (}^{\circ}\text{C)}$$

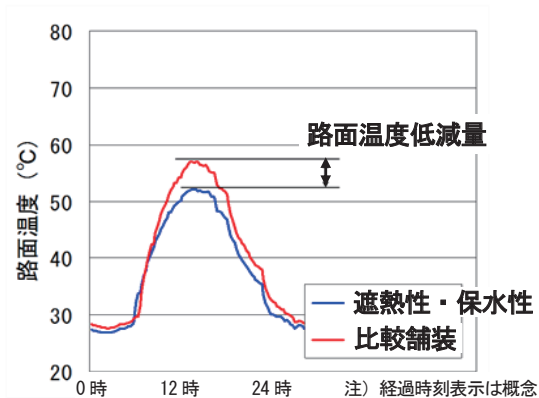


図-2 路面温度低減量の定義

また、低減量の算出に際しては、その量（温度差）が明瞭に表れるように、遮熱性舗装、保水性舗装について次に示すような条件を設定して、測定値を選択した。

- ★ 遮熱性舗装：最高気温が 30℃以上（真夏日）で、降雨日を除く
- ★ 保水性舗装：最高気温が 30℃以上（真夏日）で、降雨日後三日以内

1) 遮熱性舗装の低減効果

測定はこれまでに延べ 54 路線で実施しており、供用後の経過年数が最も古い路線は 17 年となっている。

遮熱性舗装における路面温度低減量の経年変化状況を図-3（次頁に掲載）に示す。この図は、いわゆる“箱ひげ図”と言われるもので、凡例にもあるように、各測定年における最小値、平均値－ σ （標準偏差）、平均値、平均値＋ σ 、最大値を示している。

なお、図中の N はこれまでの測定個所数であり、このうち（）内の N が令和六年度に測定した個所数である。

遮熱性舗装の路面温度低減量及びその効果に関して、図-3（次頁に掲載）からは、以下のようなことが読み取れる。

- ① 全体的に各測定年にはばらつきがみられ、特に測定個所数が多い測定年ではばらつき幅が大きくなっている。
- ② ただし、ばらつきはみられるものの、経年では平均として 7～9℃程度の低減量で推移している。
- ③ 経過年数が 17 年程度であれば、年数が経過してもある程度の低減効果を維持している。

2) 遮熱性舗装の低減効果の持続性

前述したように、遮熱性舗装では経過年数にかかわらず、ある一定の低減効果が持続されていることが確

認できたので、ここではその理由について考えてみる。

まず、遮熱性舗装の原理は、図-4 に示すように、舗装の表面に太陽光の近赤外線を反射する特殊な塗料（遮熱材）が塗布されている。

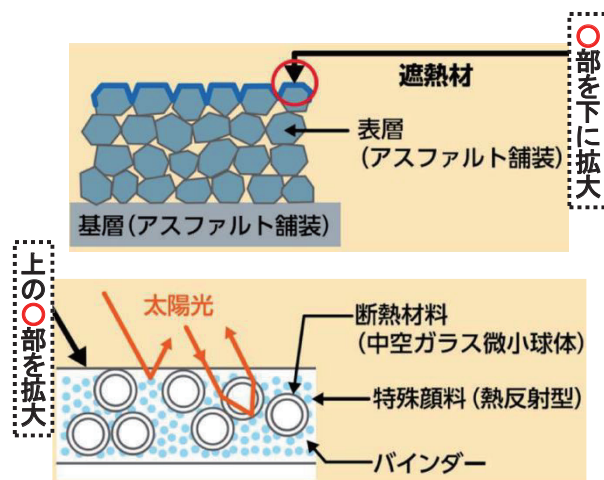


図-4 遮熱性舗装の原理
(下図は、上図の赤丸部の拡大図)

塗布された遮熱材は、施工直後、図-5（施工直後）に示すように、舗装表面の全体を覆っている。

この状態から年数が経過すると、図-5（経年変化後）に示すように、舗装の最上面であるアスファルト混合物の凸部の遮熱材はタイヤによる直接的な打撃、ねじりなどの影響を受けて剥がれてしまうことになる。しかし、混合物の凹部はタイヤの影響を受けないため一部の遮熱材が残存しており、この残存している遮熱材が温度低減効果を維持しているものと考えられる。

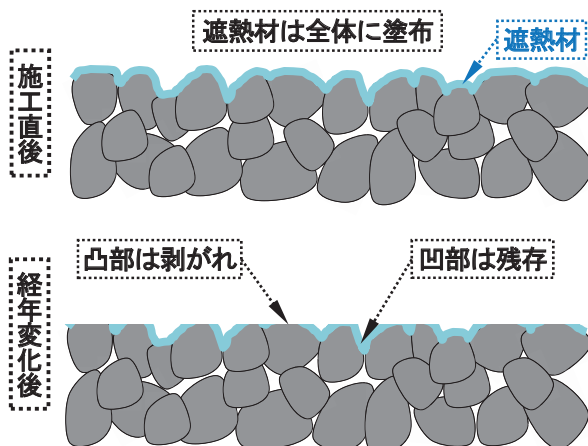


図-5 経年による遮熱材の剥がれの状況

3) 保水性舗装の低減効果

保水性舗装の測定はこれまで延べ 25 路線で実施しており、経過年数が最も古い路線は 16 年となっている。

なお、参考までに保水性舗装の構造を図-6 に示す。図にもあるように、保水材は舗装の下部に充填し、上

部はある程度の空隙を有している。保水性の効果は保水材部で発揮することになるが、上部の空隙が目詰まりを起こすと保水効果は弱まると考えられる。

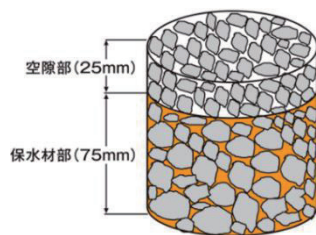


図-6 保水性舗装の構造

遮熱性舗装と同様に整理した保水性舗装の路面温度低減量の経年変化状況の箱ひげ図を図-7に示す。

保水性舗装の路面温度低減量及びその効果に関して、図-7からは、以下のようなことが読み取れる。

- ① 遮熱性舗装と同様に、全体的に各測定年にはばら

つきがみられ、特に測定箇所数が多い測定年ではばらつき幅が大きくなっている。

- ② 低減量は供用後一年目で7℃程度、その後10年目までは増減を繰り返し、ややばらつきはみられるものの、5～7℃程度で推移している。
- ③ 年数が11年目を超えた頃から低減量は徐々に減少しはじめ、3～4℃程度となっており、低減効果が弱まる傾向がみられた。ただ、11年目以降は各測定年の箇所数も少なく、また測定箇所の個々の現地条件が強く影響している可能性も考えられる。

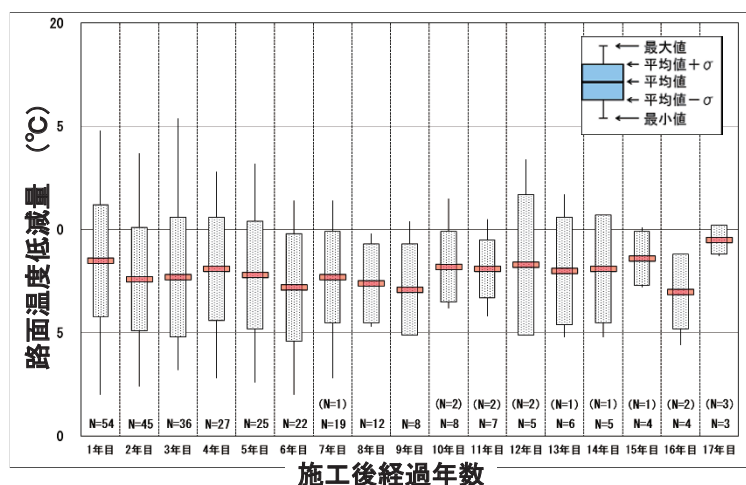


図-3 遮熱性舗装・路面温度低減量の経年変化状況

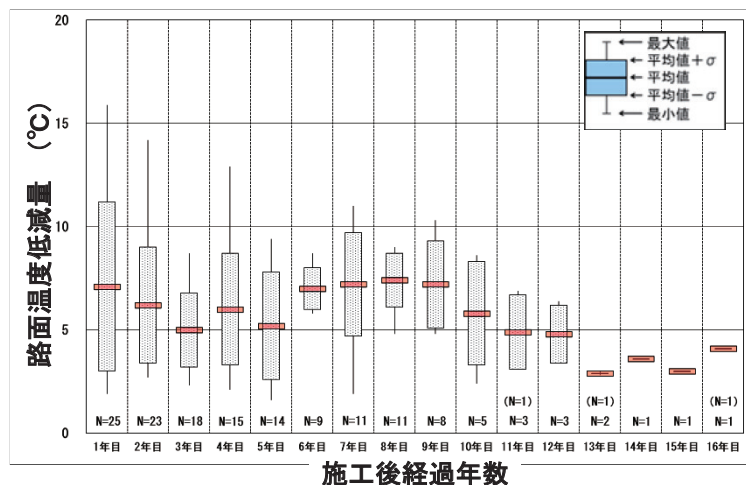


図-7 保水性舗装・路面温度低減量の経年変化状況

(2) すべり抵抗性能

すべり抵抗性能の測定は遮熱材が摩耗・はがれることによって、車両の走行性を制御する抵抗性能の低下が懸念される遮熱性舗装について実施している。

1) BPTによるすべり抵抗値(BPN)

測定はこれまで延べ125箇所で行っており、経過

年数が最も古い箇所は17年となっている。

このBPTによるすべり抵抗値は、「舗装調査・試験法便覧（公社）日本道路協会」によると、舗装の路面温度が20℃を標準として、測定時の路面温度をもとに補正しているため、ここでも温度補正を行っている。20℃に補正したすべり抵抗値(BPN)の経年変化

状況を整理した箱ひげ図を図-8 に示す。

なお、BPN については、「遮熱性舗装（車道）設計・施工要領(案)」において、「施工直後の規格値は 60BPN 以上（現地）」、また「促進摩耗試験 20 万輪走行後の規格値は 55BPN 以上（事前確認）」としているが、供用後については特に明確な基準が示されていない。

静的なすべり抵抗値（BPN）に関して、図-8 からは、以下のようなことが読み取れる。

- ① 施工直後（経過年数が 0 年）では 75 程度で、「施工直後の規格値」を大きく超えているが、1 年後には 57 程度と急激に低下している。
- ② 3～5 年後では「促進摩耗試験 20 万輪走行後の規格値」の 55 程度となり、その後は徐々に 45 程度まで低下する傾向にある。
- ③ 14 年後以降には、若干の回復傾向がみられるが、これは測定箇所数が少ないので断定的なことは言えない。そのため、今後は、さらなる測定値を蓄積して傾向を確認する必要がある。

2) DF テスタによる動的摩擦係数（ μ ）

DF テスタによるすべり抵抗値は動的摩擦係数（ μ ）であり、ここでは時速 60km/h に相当する動的摩擦係数（ $\mu 60$ ）を測定した。

測定はこれまで延べ 123 箇所で行っており、経過年数が最も古い箇所は 17 年となっている。

動的摩擦係数（ $\mu 60$ ）の経年変化状況を整理した箱ひげ図を図-9 に示す。動的摩擦係数（ $\mu 60$ ）に関して、図-9 からは、以下のようなことが読み取れる。

- ① 施工直後（経過年数が 0 年）の $\mu 60$ は 0.6 程度であるが、BPN と同様に、1 年後には 0.45 程度と急激に低下している。
- ② 3 年後までは徐々に低下しているが、その後は 0.35 程度前後を維持している。なお、補修が必要と判断される目安として、「道路維持修繕要領（社）日本道路協会」では $\mu 60=0.25$ （すべり抵抗測定車によるすべり抵抗摩擦係数）としている。
- ③ 特に、施工後 12 年目では、BPN、 $\mu 60$ ともに低下しているが、これは測定地点が交差点やバス停付近のため車両の制動や据え切りによるものと考えられる。

ここでのすべり抵抗値 BPN や動的摩擦係数（ $\mu 60$ ）の増減は、“遮熱骨材の剥脱・摩耗（抵抗性減少）⇒遮熱塗料の剥がれ・摩耗（抵抗性減少）⇒舗装自体の骨材の露出（抵抗性回復）⇒舗装骨材の摩耗（抵抗性減少）”のような形態で進行するものと推定できる。

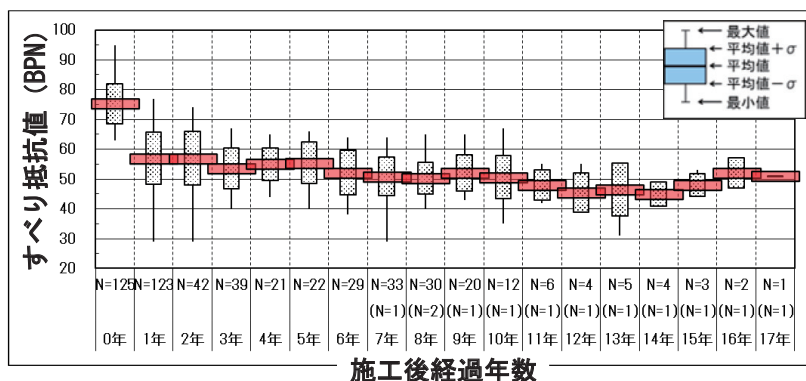


図-8 遮熱性舗装・すべり抵抗値（BPN）の経年変化状況

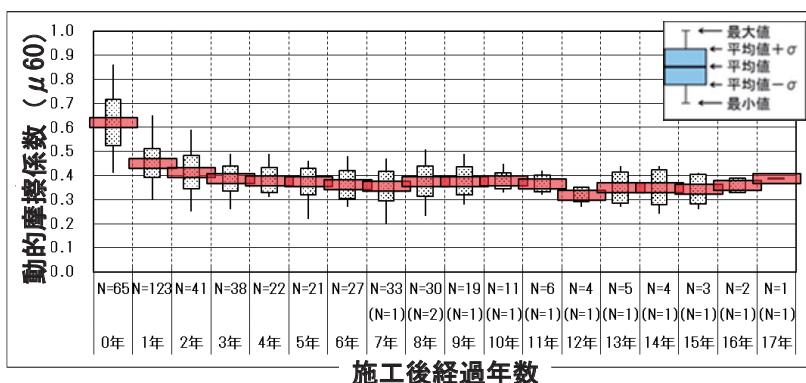


図-9 遮熱性舗装・動的摩擦係数（ $\mu 60$ ）の経年変化状況

4. まとめ

遮熱性舗装と保水性舗装の路面温度低減効果については16～17年にわたっての経年変化状況、また遮熱性舗装のすべり抵抗性能については17年にわたっての経年変化状況をそれぞれ継続して測定し、把握した。

その結果、遮熱性舗装の温度低減効果は経過年数が17年程度であれば一定の効果を維持していることが確認できた。一方、保水性舗装の低減効果は、年数が10年程度までは維持しているが、それ以降は徐々に減少するようである。

また、遮熱性舗装のすべり抵抗性能は、供用後1年目で急激に低下するが、それ以降は若干の低下傾向を示しているものの、ある程度の性能は維持し続けていることが確認できた。

今後も、舗装路面の温度低減効果やすべり抵抗性能について、長期的な経年変化の状況を追跡・把握するために、経過年数の古い測定箇所を中心にし、その箇所が補修を迎える時期を目安にして、それまでは測定を続け、測定値を蓄積していきたい。

参 考 文 献

- 1) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成31年版）〔第1分冊〕第I章総説編 第II章調査編、平成31年3月
- 2) (社)日本道路協会：道路維持修繕要領、昭和53年7月
- 3) 西岡佑介、峰岸順一（2017）：遮熱性舗装及び保水性舗装の性能追跡調査結果、平29. 都土木技術支援・人材育成センター年報、17-22
- 4) 橋本喜正、松井智昭（2021）：遮熱性舗装及び保水性舗装の路面温度低減性能追跡調査、令3. 都土木技術支援・人材育成センター年報、11-14