

滑走路および誘導路舗装の耐久性向上に関する研究

前川 亮太¹・河村 直哉¹・川名 太¹

¹独立行政法人港湾空港技術研究所構造研究領域空港舗装研究チーム (〒229-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

空港の滑走路および誘導路の舗装において、耐久性に大きな影響を及ぼす損傷現象である「わだち掘れ」を対象に、その進行を抑制させる技術を検討した。アスファルト舗装が有する、温度が低くなるとわだち掘れが起きにくくなるという性質に着目し、舗装の温度を低減させる技術を用いて、わだち掘れ抵抗性を検証するとともに実用に必要な技術上の留意点を検討した。

キーワード 空港アスファルト舗装, 遮熱性舗装, わだち掘れ, 舗装温度

1. 背景と目的

空港運用の安全確保のためには、舗装の適切な維持修繕が重要である。東京国際空港をはじめとした交通需要の多い空港では、空港基本施設の長時間運用を強いられることから、舗装の維持修繕のために確保できるひと晩あたりの施工時間が短く、適切な維持修繕を実施するためには厳しい環境にある(図-1)。この課題への解決策のひとつとして、既設舗装の耐久性向上を図ることにより、日常的な維持工事の頻度の低減および修繕工事一回あたりの供用年数の延長を図ることが効果的と考えられる。

そこで、空港舗装における代表的な損傷形態であるわだち掘れを対象に、既存舗装の耐久性向上策について検討した。わだち掘れに対する耐久性向上策として、既往の研究では、改質アスファルトなど、骨材の流動現象への抵抗性の高いアスファルトの開発がなされてきた。本研究では新たな視点として、舗装表面温度低減技術に着目した。



図-1 短時間での夜間施工を強いられる空港

アスファルト舗装の一般的な性質として、温度が高くなると軟らかく(流動性が高く)なり、わだち掘れが起きやすくなると考えられている。従ってわだち掘れは舗装の温度が高くなる夏期において顕著に発生すると考えられている。このことから、本研究では夏期に舗装の温度上昇を低減させることにより、わだち掘れに対する耐久性向上を試みた。

供用中の舗装について温度上昇の低減が期待できる遮熱性舗装を対象に、路面温度低減効果を検証するとともに、温度低下にともなうわだち掘れ抵抗性、すべり抵抗性および施工性の検証を通じて、当該技術の空港舗装への適用性を検討した。

2. 遮熱性舗装の概要

遮熱性舗装は、アスファルト舗装の路面に特殊な樹脂を塗布することにより、日射エネルギー量の約半分を占める近赤外線を高反射し、日中の路面温度の上昇を低減させる舗装である。遮熱性舗装の概念を図-2に示す。

遮熱性舗装はこれまでに、ヒートアイランド現象緩和を目的とした都市部の道路での利用や、熱中症対策として歩道に用いられた実績が多くあるが、空港施設で利用されている事例は極めて少ない。本研究では、遮熱性舗装に関する従来の利用目的とは異なり、わだち掘れに対する耐久性向上策として当該技術に着目した。

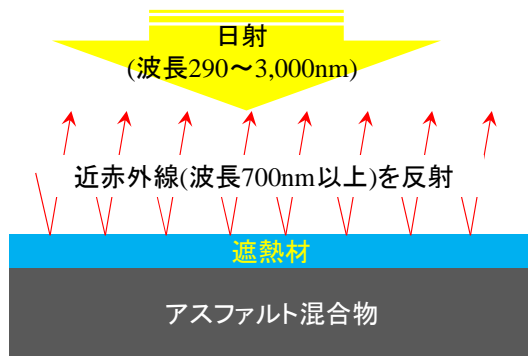


図-2 遮熱性舗装の概念



図-3 照射試験

3. 温度低減効果の検証

当該研究において遮熱性舗装は、舗装の温度を低減させることにより、わだち掘れへの耐久性向上が期待された。遮熱性舗装が通常のアスファルト舗装に対してどの程度の温度低減効果を有するのかを検証するため、室内実験および実大実験を実施した。

遮熱性舗装は路面の色を比較的自由に設定できることから、温度低減効果の検証にあたっては、路面の色による温度低減効果の違いを把握すべく、灰色(明度N60)と黒色(明度N40)の2色を実験対象とした。

日射を再現した室内照射試験を実施し、2つの色に設定した遮熱性舗装と、通常舗装の路面温度を測定した。それぞれの舗装について、路面のグルーピングの有無による影響についても検証した。

通常の舗装は夏期に路面温度が60°C程度に達することを考慮し、今回の試験では通常のアスファルト舗装の路面温度が60°Cとなるように照射強度を設定した。試験状況を図-3に、遮熱性材料の成分を表-1に、試験条件を表-2に示す。

表-1 遮熱性材料の成分

材料名	種別	主成分
遮熱材	2液混合 A 液	MMA 樹脂(触媒入り), 顔料
	2液混合 B 液	MMA 樹脂(無触媒), 顔料
	硬化剤	過酸化ベンゾイル 50%(粉末)BPO-50
散布骨材	すべり止め用骨材	人工骨材 (セラサンド)

表-2 室内照射試験の条件

項目	試験条件
試験室内温度	40±1°C
照射ランプ	ビームランプ散光型 110V120W
照射時間	3 時間
温度測定方法	熱電対(3 箇所/1 供試体)
断熱材	発砲スチロール(t=5cm)
供試体養生	試験開始 5 時間以上, 40±1°C

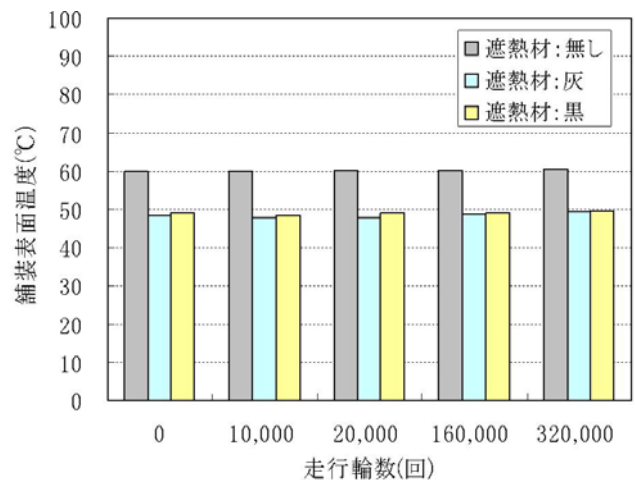


図-4 荷回数に応じた路面温度低減効果

また、遮熱性舗装が供用後に中長期的に温度低減効果を持続できるか否かを把握するため、輪荷重を路面に繰り返し載荷し、載荷回数に対する温度低減持続性を確認した。輪荷重値は1.47kNを、載荷速度は20km/hとした。

結果を図-4に示す。温度低下効果について、載荷回数の増加に関係なく、遮熱性舗装は通常の舗装に対して約12°Cの温度低下効果が確認できた。

遮熱性舗装の路面の色による違いは見られなかった。遮熱性舗装を空港の現場に適用する際、パイロットからの視認性の観点から、遮熱性舗装の色が通常のアスファルト舗装の色に対して違和感のないことが好ましいと考えられる。図-4から、路面の色による温度低減効果の差が小さいことが確認できたため、通常の舗装に近い黒色の遮熱性舗装が現場での適用性に優れると考えられた。

4. わだち掘れ低減効果の検証

前述の温度低減効果により、遮熱性舗装がわだち掘れをどの程度低減することが可能であるか、ホイールトラッキング試験により検証した。ホイールトラッキング試

験は、アスファルト舗装のわだち掘れ抵抗性を評価する試験として広く用いられている試験であり、アスファルト混合物の試験体の上に輪荷重を繰返し載荷させることにより、載荷後のわだち掘れ量を評価する試験である。ホイールトラッキング試験では、接地圧として、道路通行車両荷重相当(0.63MPa)および航空機荷重相当(1.38MPa)の2種類を設けた。

アスファルト混合物のわだち掘れ抵抗性を示す指標として、0.63MPaの接地圧条件下で測定する動的安定度と称する指標が広く用いられていることから、各舗装の動的安定度の測定のため、道路荷重相当(0.63MPa)の試験を実施した。なお動的安定度は、わだち掘れが1mm進行するために要する載荷回数として定義され、値が大きいほどわだち掘れ抵抗性が高いとされる指標である。遮熱材については黒色(明度N40)を用いた。遮熱材の下地となるアスファルト混合物は、ストレートアスファルト(針入度60/80)および改質II型アスファルトを用いた。

(1) わだち掘れ抵抗性の指標(動的安定度)の測定

前述のとおり、動的安定度を測定すべく道路通行車両荷重相当(0.63MPa)の接地圧条件下でホイールトラッキング試験を実施した。試験温度について、遮熱材を用いていない通常のアスファルト舗装については舗装試験法便覧(日本道路協会)に則って60℃とした。遮熱性舗装については、前述の照射試験結果を参考に、通常舗装よりも12℃低い48℃とした。他の試験条件については舗装試験法便覧に準拠した。

ホイールトラッキング試験より得られた動的安定度の結果を図-5および図-6に示す。ストレートアスファルトおよび改質II型アスファルトのいずれにおいても、遮熱性舗装の利用により動的安定度を3倍から5倍程度に高める効果があることが確認できた。

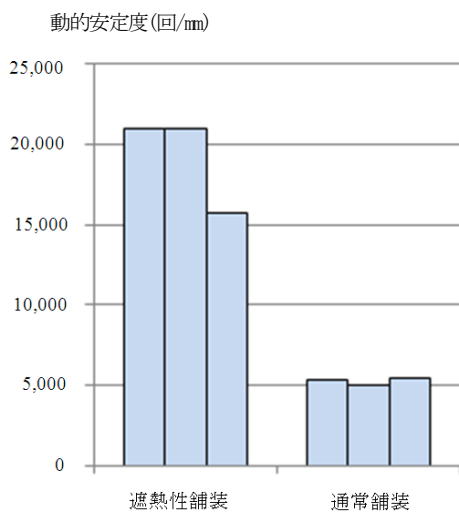


図-5 動的安定度測定結果(下地が改質II型)

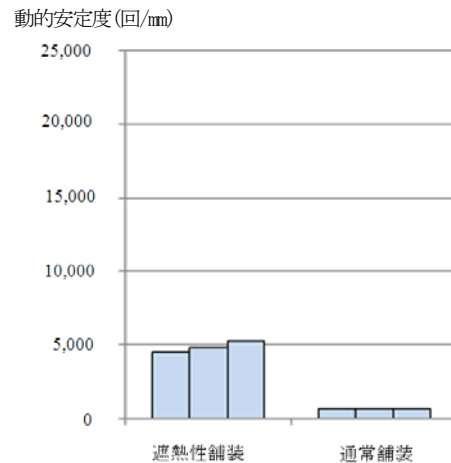


図-6 動的安定度測定結果
(下地がストレートアスファルト)

(2) 航空機相当の接地圧下のわだち掘れ抵抗性の検証

航空機荷重相当の接地圧でのわだち掘れ低減効果を把握するために、接地圧を1.33MPaに高めたホイールトラッキング試験を実施した。下地のアスファルト混合物は図-5と同様のものを用いた。

前述の動的安定度の測定は、試験温度を60℃と定められているため、通常舗装については60℃、遮熱性舗装については48℃という一律の試験温度で実施したが、航空機荷重対応ホイールトラッキング試験については、舗装の温度が変化した場合のわだち掘れ抵抗性を把握すべく、試験温度を30℃、40℃、50℃および60℃の4種類に設定した。試験条件を表-3に示す。試験では一度に3枚の供試体上に輪荷重を走行させた。変形量の測定箇所は車輪走行部で各供試体の中心及び前後5cmとした。なお試験開始前に、表-3の条件で15分間の載荷を行い、供試体を輪荷重になじませ、その時点の変形量を0としてその後の変形量を評価した。

試験結果を図-7および図-8に示す。図-7における50℃の結果と図-8における60℃の結果を比較することにより、航空機相当接地圧下においても遮熱性舗装の使用によってわだち掘れの進行速度を低減させる効果が確認できた。なお3.で述べたとおり遮熱性舗装の温度低減効果は、通常舗装60℃に対して12℃低減(路面温度48℃)である。

表-3 動的安定度測定結果(下地が改質II型)

項目	試験条件
載荷荷重(N)	1,860
接地圧 (MPa)	1.33
試験輪走行速度(mm/sec)	200
試験輪走行距離(mm)	1000
試験時間(min)	165
試験温度(℃)	30, 40, 50, 60

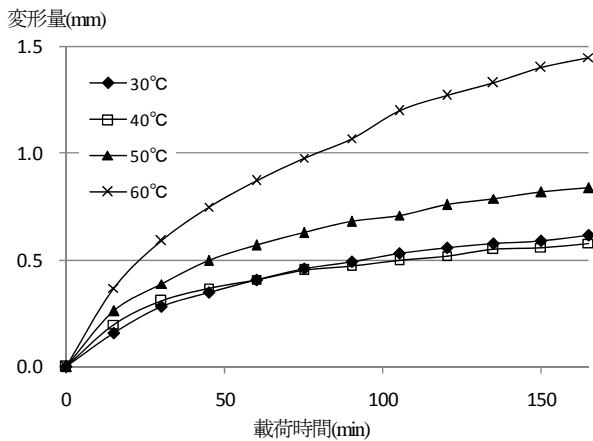


図-7 航空機荷重対応ホイールトラッキング試験の結果 (遮熱性舗装)

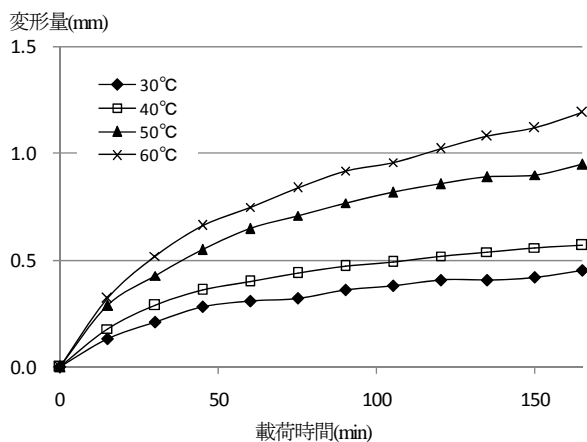


図-8 航空機荷重対応ホイールトラッキング試験の結果 (通常舗装)

通常舗装が60°Cの条件で遮熱性舗装を用いた場合の、当該試験における変形量を示す曲線は、図-7の50°Cの曲線よりやや下方に位置すると考えられる。

6. 実際の空港における適用性検証

(1) 施工性の検証

実際の空港における遮熱性舗装の適用性を検証するため、実際の空港のうちわだち掘れの進行が顕著である羽田空港の誘導路において、試験施工を実施した。羽田空港J誘導路のうち70m²について、遮熱材の塗布をひと晩で実施し、翌朝に誘導路を供用させた。施工状況を図-9に示す。

(2) 供用後のわだち掘れ低減効果

羽田空港における前述の施工箇所について、供用後のわだち掘れ低減効果1年間にわたって測定した。結果を図-10に示す。図-10において使用しているアスファルト混合物はいずれも図-5と同一のものであり、室内実験の



図-9 空港での施工状況

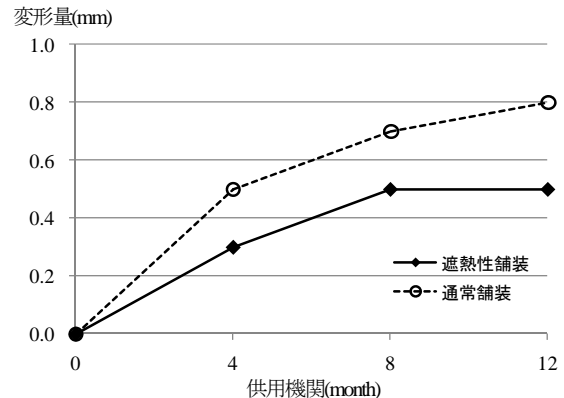


図-10 羽田空港における施工状況

結果と同様に、実際の空港においてもわだち掘れ低減効果が確認できた。

7. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・遮熱性舗装による温度低下効果について照射試験の結果、荷重回数および遮熱材の色に関係なく、遮熱性舗装は通常の舗装に対して約12°Cの温度低下効果が確認できた。
- ・わだち掘れ抵抗性について、室内ホイールトラッキング試験による動的安定度算出および航空機荷重対応試験の結果、遮熱性舗装の使用によりわだち掘れの進行速度を低減させる効果が確認できた。
- ・羽田空港での実用の結果、室内実験と同様に遮熱性舗装の使用によりわだち掘れの進行速度を低減させる効果が確認できた。

参考文献

- 1) 日本道路協会(2009)：舗装調査・試験法便覧第3分冊，pp.[3]166-[3]175.
- 2) Maekawa, R. and Kawana, F. (2010): The New Technique with Solar Radiation Reflective Pavement under Heavy Aircraft Loadings, International Symposium on Recent and Future Technologies in Coastal Development.