

空港滑走路への適用を目指したアスファルト乳剤系表面処理材の 耐摩耗性の評価方法に関する検討

ニチレキ株式会社 正会員 ○王 斌輝
ニチレキ株式会社 正会員 平岡 富雄
ニチレキ株式会社 非会員 澤 智之

1. はじめに

空港の舗装の維持管理を適切に実施するために、「空港舗装維持管理マニュアル（案）」が平成27年9月に策定されている。その中で、アスファルト舗装の維持・修繕工事に関しては、航空機の運航に支障を与えないように短時間で、かつ適切な工法を用いて実施することが定められた。空港滑走路の工事は、工事規制時間が短いため、切削オーバーレイが適用できないこともある。このような現場のアスファルトの保護を目的として、短時間で大面積の施工が可能で、耐摩耗性の優れたアスファルト乳剤系表面処理材の開発に着手した。開発を行う上での主要な課題は、着陸した航空機が滑走路から高速脱出誘導路へ退避する箇所の路面に発生する、摩耗に対する耐久性の確保であり、中でも交通解放直後（施工後1.5時間）の耐摩耗性が最大の課題であった。

本稿では、空港舗装の摩耗を想定した試験方法を設定した上で新たな表面処理材を開発し、現場の試験施工により効果の検証を行った結果について報告する。

2. 耐摩耗性の評価方法に関する検討

2-1 基本的な考え方

滑走路の舗装において、誘導路との交差部では、航空機の進行方向に加えて垂直方向への摩擦力も生じる。この箇所が最も摩耗作用の強い箇所と想定し、この状況を再現できる試験方法の設定を目指した。

ここで、本検討では、摩耗指数 Abi を単位面積の摩擦力の力積と定義し、 Abi は摩擦を受ける箇所の単位面積 A における摩擦力 f 、および作用した時間 t と下式の間接関係があると考えた。なお、作用時間 t はタイヤの進行方向の接地長さ l と進行速度 v の比とした。

$$Abi = f \times t / A = f / A \times l / v$$

また、回転時の摩擦力 f は図-1 に示すように、進行方向の摩擦力 f_{dr} と垂直方向の摩擦力 f_{rot} に分けて、以下の式に従って算出した。

$$f = \sqrt{f_{dr}^2 + f_{rot}^2} \quad f_{dr} = C_{rr} \cdot mg / n \quad f_{rot} = mv^2 / nr$$

上式の記号の定義は以下に示すとおりである。

- ・ C_{rr} ... 転がり摩擦係数（平坦なアスファルトの場合は 0.01）
- ・ m ... 航空機の質量 (kg)
- ・ n ... 接地タイヤ数
- ・ v ... 回転時進行方向速度 (m/s)
- ・ r ... 回転半径 (m)

なお、引用するデータの有効数値はすべて2桁とし、重力加速度 $g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ とした。

2-2 実機における摩耗指数の試算

滑走路の接地面が受ける摩擦力を計算する際に、 f_{dr} は航空機の自重のみに影響するものとした。なお、 f_{rot} の算出には、高速離脱誘導路の基準で示されている以下のデータを用いた。¹⁾

- ・ 最大離脱速度 v : 26m/s (93km/h)
- ・ 回転半径 r : 550m

航空機の質量については、小型ジェット旅客機である Boeing-737-900（以下、B-737機）を対象とし、着陸時の質量が定かでないことから安全も含意して、公表²⁾されている最大離陸質量 (MTOW) の 85,000kg を用いた。また、タイヤ一本あたりの接地面積は過去に行われたタイヤブ

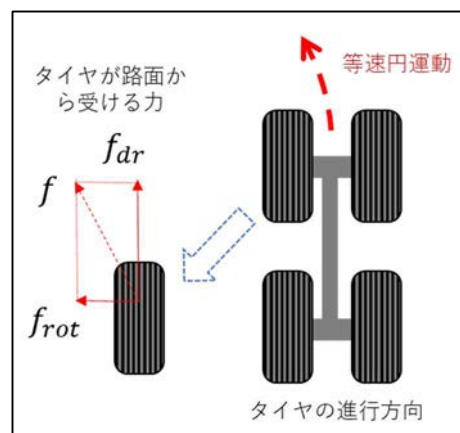


図-1 回転時摩擦力



写真-1 実車タイヤすえ切り試験機

キーワード 空港滑走路, 表面処理, 空港舗装維持管理, 摩耗指数, タイヤすえ切り試験

連絡先 〒329-0412 栃木県下野市柴 272 ニチレキ株式会社 TEL 0285-44-7111

リント試験結果³⁾に基づき、脚荷重が MTOW の 1/2 で概算した有効面積 670cm² を用い、進行方向の接地長さは 44cm とした。

以上の値を用いて算出した結果、B-737 機の通過時における Abi_B は 3.0 kN・s/m² となった。

2-3 室内試験機における摩耗指数

舗装材料の耐摩耗性の室内評価に用いている写真-1 に示す実車タイヤすえ切り試験機の摩耗指数を求めた。試験条件は表-1 に示すとおりであり、これらのデータを用いて試算した結果、供試体 1 回転の Abi_{in} は 5.1 kN・s/m² であった。

2-4 評価方法の選定

摩耗指数の計算結果から、 $Abi_{in}/Abi_B=1.6$ であり、この試験方法により航空機による摩耗を評価できると判断した。

3. 表面処理材の開発

既存のアスファルト乳剤系表面処理材（以下、既存品）は道路の維持管理用であり、航空機荷重による摩耗が激しく、滑走路に適用できない。滑走路へ適用するため、改質アスファルト乳剤の改質材の添加量を増やす等して、耐摩耗性を強化した表面処理材（以下、開発品）を開発した。

既存品と開発品の実車タイヤすえ切り試験結果を図-2 に示す。標準塗布量 1.8kg/m² の場合、既存品が 70 回転前後で材料すべてが摩耗で損失するため、試験時間を 5 分間（75 回転）と設定した。この条件では、開発品の損失量が既存品の約 1/9 となり、高い耐摩耗性を有し、1 回転あたりの損失量は約 $L_{in}=0.17/75=2.3\times10^{-3}$ kg/m² であった。

なお、損失量と摩耗指数が比例していると仮定すると、開発品の損失量は、B-737 機の 1 輪通過あたり約 $L_{in}/1.6=1.4\times10^{-3}$ kg/m² となる。

4. 実滑走路での試験施工およびその後の供用性

2020 年 8 月に、中部国際空港で試験施工を行った。その状況を写真-2 に示す。着陸装置の左脚のみが通過する横断 5m×縦断 3.5m エリアで施工し、目標とする塗布量 1.8kg/m²、塗布厚 1mm で仕上げられた。

試算の結果からは、B-737 機で約 1,300 輪 ($1.8/1.4\times10^{-3}$) が通過するまで、開発品のすべてが損失することとなる。航空機が減便されたコロナ禍では、1 日に約 5 便相当の B-737 機の発着があり、かつタイヤ(幅 0.20m×2=0.4m)が平均的に通過すると仮定した場合、単位面積で 1 日平均 0.8 便(5 便×(0.4m/5m)×2 回)が通過することになる。この仮定において、1,300 輪の通過は、約 800 日(約 2 年 3 カ月)に相当する。

11 か月後に施工箇所の追跡調査を行った際の状況を写真-3 に示す。表面の一部に骨材の露出があるものの、開発品は全体的に残存しており、この時点では供用性に問題がないと判断できる。今後も継続的に供用性を確認し、評価方法の妥当性を検証する。

4. おわりに

本検討では空港舗装を対象とした耐摩耗性の評価方法を選定し、開発品による現場での試験施工を行った。11 か月時点で良好な供用性を確認できており、耐摩耗性を高めた表面処理材の開発ができたと考える。今後は、表面処理材の下地アスファルト混合物の劣化への抑制効果についても、明確に示したいと考えている。

表-2 実車タイヤすえ切り試験

項目	値
荷重	[N] 2500
接地重量	[kg] 260
接地面積	[cm ²] 150
接地圧	[MPa] 0.17
回転半径	[cm] 7.5
回転速度	[rpm] 15
タイヤの線速度	[m/s] 0.12
進行方向接地長さ	[cm] 0.17
養生条件	[h] 1.5
試験温度	[°C] 20
試験時間	[min] 5
評価指標	[kg/m ²] 損失量

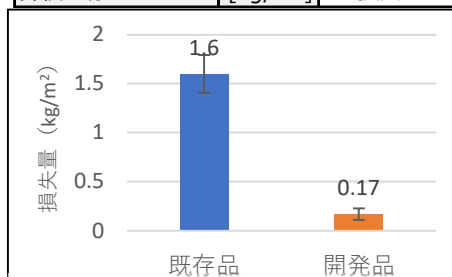


図-2 室内試験結果



写真-2 現場施工状況



写真-3 施工 11 か月後の状況

【参考文献】1) 空港土木施設設計要領（施設設計編），pp. 40，平成 31 年 4 月．2) ボーイングジャパン ホームページ．3) 須田 熙ら：航空機タイヤの平均接地圧に関する一考察，港湾技術研究所報告，第 9 巻，第 2 号，pp. 39、1970. 6.