

# 空港基本施設のマネジメント手法の構築



空港研究部 空港施設研究室長 八谷 好高

## 1. はじめに

空港は旅客や貨物を輸送する航空機の地上との接点であり、その機能を果たすために種々の施設から構成されている。それらの内で航空機の運航上特に重要と考えられるものは、空港土木基本施設、すなわち、滑走路、誘導路、エプロンに用いられる舗装である。

これら空港舗装の目的は利用者に良好な路面を提供することであるが、非常に高いサービス水準を常時維持することが要求されている。それは、空港舗装を利用する航空機は、道路舗装を利用する車両に比べ、高速で走行し、しかも一度に大量の人員を運ぶためである。しかし、舗装は施工直後から自然環境にさらされて、交通荷重の作用を受けることにより損傷を受け始めるので、この要求を満たすためには、時々、何らかの手当て、すなわち、維持・補修をしてやる必要がある。

さらに、狭あいな国土のわが国では広大な空港用地を都市部に近い平野部に確保することが難しく、海上の埋立地や山間部の高盛土上に建設される場合が多い。そのような地盤は、沈下や不同沈下が比較的大きいので、建設された空港舗装は建設期間中のみならず完成後もその影響を受けることになる。この場合にも建設後の維持・補修が必須のものとなる。

そのため、いつ、どのような方法によって維持・補修作業をしてやるかといったことが合理的に決定されなければならない。ストックマネジメントシステム、すなわち、空港舗装マネジメントシステムの構築が進められている。

舗装変状が進行すると、その上を航空機が高速走行するときには静止時よりも大きな荷重が加わることが考えられる。そのため、航空機走行時に舗装構造に加えられる荷重特性を解明して、この点を取り込んだシステムを整備する必要がある。これに加えて、変状の生じた空港舗装上を航空機が走行する場合には、航空機の振動が大きくなり、パイロットの操縦性は大きな影響を受けることから、その点についても取り込むことが必要になる。

本稿では、まず現在運用されている空港舗装補修システムを紹介し、次に空港舗装の性能の実態について示す。そして、現在進行中の研究である航空機の走行特性を考慮した空港舗装評価手法について概説する。なお、空港ではアスファルト、コンクリート両形式の舗装が用いられているが、ここでは前者を中心に示す。

## 2. 空港舗装補修システム

### (1) 現行システム

空港舗装マネジメントシステムの一部である補修システムはすでに実用に供されている(図1はそのフロー)。このシステムでは、まず、舗装表面の破損状態に注目して補修の必要性が判断され、これにより補修が必要とされたものについて、さらに構造上の問題があるかどうか判断される。そして、これら一連の評価に基づいて最適な補修方法が選定され、最後にその設計が実行される。なお、構造的な問題がないと判断された場合には、必要に応じて維持工事が実行される。

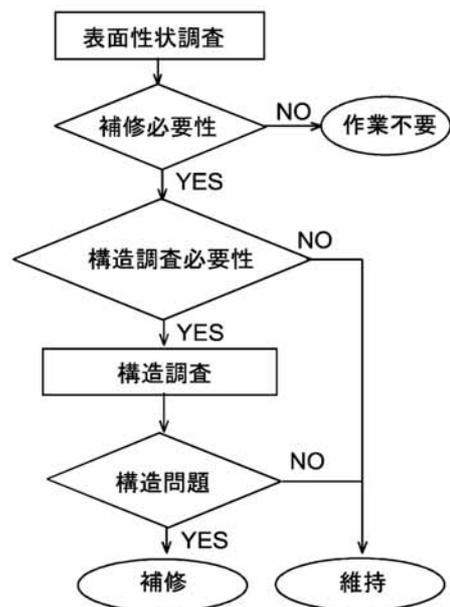


図-1 空港舗装の補修システム

〔2〕表面性状<sup>1)</sup>

空港舗装の表面性状はPRI (Pavement Rehabilitation Index) によって定量化されている。アスファルト舗装の場合、PRIの算定に使われている破損形態はひびわれ、わだちぼれ、平坦性の3種類であり、それらの破損状況から〔1〕式によりPRIが計算される。

$$PRI = 10 - 0.450 \cdot CR - 0.0511 \cdot RD - 0.655 \cdot SV \quad (1)$$

ここに、CR：ひびわれ率(%)、RD：わだちぼれ(mm)、SV：平坦性(mm)

補修の時期は計算されたPRIの値から、表 1 に示す規準に従って、A (補修は必要なし) B (近い将来必要である) C (早急に必要である) の3つに分けて評価される。

表 - 1 PRI の規準値

| 舗装区域 | 評価     |               |        |
|------|--------|---------------|--------|
|      | A      | B             | C      |
| 滑走路  | 8.0 以上 | 3.8 以上 8.0 未満 | 3.8 未満 |
| 誘導路  | 6.9 以上 | 3.0 以上 6.9 未満 | 3.0 未満 |
| エプロン | 5.9 以上 | 0 以上 5.9 未満   | 0 未満   |

〔3〕構造<sup>2)</sup>

空港舗装の構造は、FWD (Falling Weight Deflectometer) を用いて舗装を破壊することなく評価される。FWDは舗装に衝撃荷重を加え、その応答である舗装表面のたわみを測定する試験機である(図 - 2)。本システムでは、荷重が最大200kN、たわみ測定点が7点となっているものを使用している。

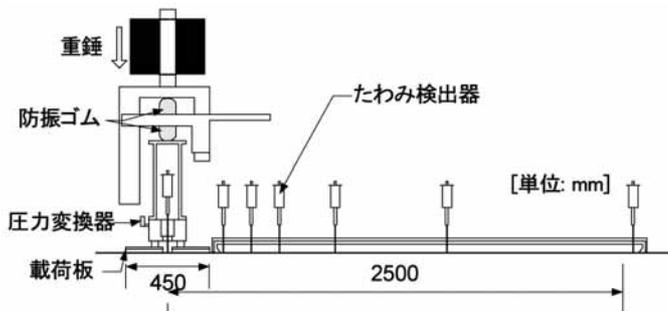


図 - 2 FWD の模式図

FWDを用いた空港アスファルト舗装の非破壊構造評価法は、まず最大たわみ(載荷板中心)に注目した概略調査を行い、構造的に問題があると判断された箇所についてア

スファルトコンクリート層ならびに路床のひずみに注目して詳細調査を行う。その結果、得られたひずみが規準値を超える場合には、オーバーレイ厚とひずみの関係を算出して、所要オーバーレイ厚を決定するようになっている。そのフローチャートは図 - 3 に示すようなものである。

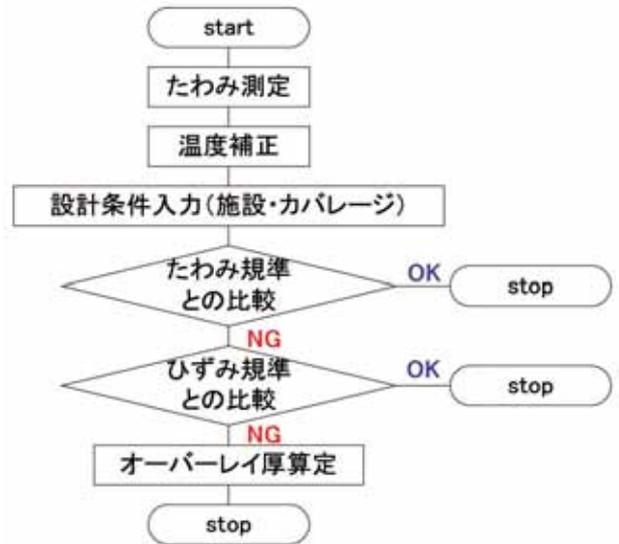


図 - 3 空港舗装構造評価のフロー

3 . 空港舗装の性能の実態

〔1〕表面性状<sup>1)</sup>

国土交通大臣が設置管理者となっている空港の舗装のほぼ全域で表面性状の定期的な調査が行われている。各空港ごとの最近の調査に基づいて、わが国空港舗装全体をみたときの補修の必要性を判定した結果を図 - 4 にまとめた。A (補修は必要ない) に評価されるものが全施設数の7割を越えており、特に、誘導路では8割近くがAである。しかし、誘導路にはC (早急に補修の必要がある) にランクされる舗装区域も一部で見られることがわかる。

舗装の性能は時間とともに低下するが、その低下の状況、すなわち経時(年)変化がわかれば、合理的な維持・補修計画の立案が容易となる。わが国の空港全体をみたPRIの経年変化について図 - 5 に示した。この図は、コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイ舗装の場合であるが、各空港における最近のデータに基づいて作成したものである。この図から、PRIが供用期間の経過につれて徐々に低下していくことがわかる。

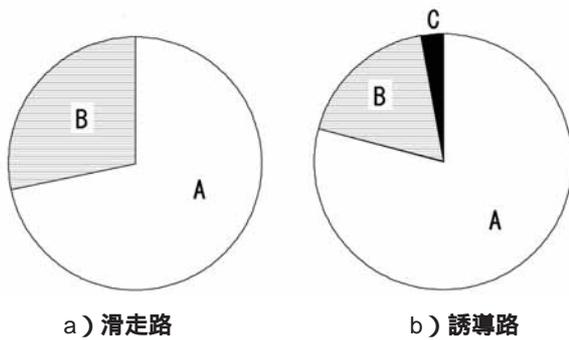


図-4 わが国空港舗装全体の補修の必要性

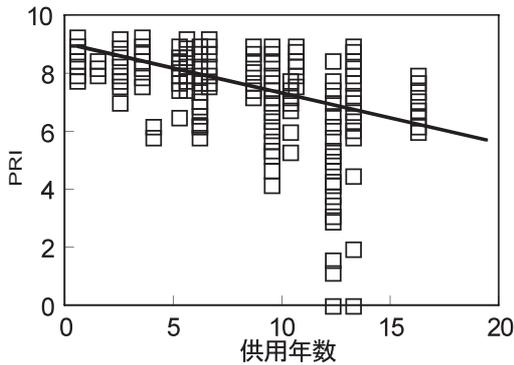


図-5 PRIの経年変化

〔2〕構造<sup>2)</sup>

FWDによる非破壊評価システムを用いて、空港舗装の構造評価を行った。東京国際空港における調査結果として所要オーバーレイ厚を図-6に示した。これから、所要オーバーレイ厚は滑走路全体では平均で120mm程度となるが、中間部においては200mmを超えるものもあることがわかる。

次に、補修の効果についてFWDにより調査した。仙台空港におけるオーバーレイ工事の前後で測定された最大たわみを示した図-7から、オーバーレイによるたわみの減少が明らかであり、補修することによって舗装の荷重支持力が回復されたことがわかる。

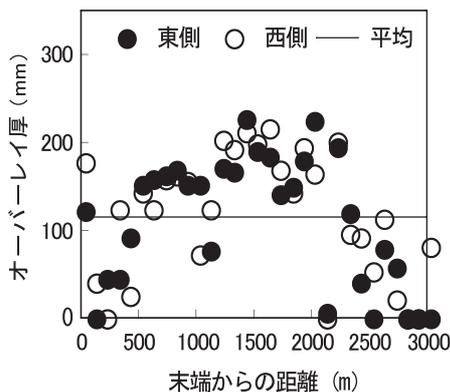


図-6 所要オーバーレイ厚の分布

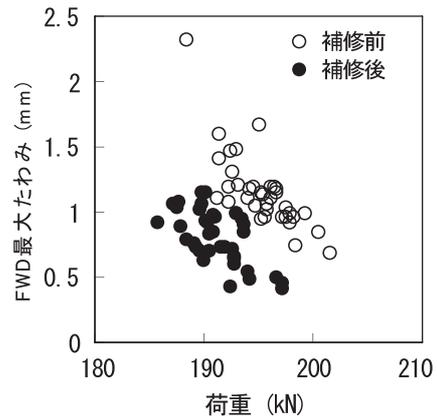


図-7 オーバーレイによる最大たわみの変化

4. 航空機走行特性に基づく補修必要性の評価

〔1〕航空機応答特性からみた既存施設の評価<sup>3)</sup>

航空機の地上走行に直接関わるパイロットに対するアンケート調査結果に基づき、航空機の地上走行挙動に影響を与える空港舗装滑走路縦断プロファイル(平坦性)の理論的評価を実施し、航空機の応答特性に基づく平坦性評価値についてまとめた。

舗装表面性状が航空機の地上走行挙動に及ぼす影響として、離着陸時における航空機の場合についてシミュレーションを行った。このシミュレーションでは、航空機の種類、質量、走行状況(離陸、着陸、定速走行)等のデータならびに舗装のプロファイルデータを入力として走行時の航空機上下方向の加速度が算出できる。具体的には、舗装プロファイル(サイン波)を机上で作成し、これを入力としたときの加速度について解析を行った。

図8にその結果を示す(パイロット座席位置)。離着陸時は航空機の走行速度が大きいため、20m以下の波長域のみならず、50m付近や70m以上の長波長に関して値が大きくなることがわかる。得られた振幅、波長と航空機の上下方向加速度の関係から、操縦性の観点から舗装の平坦性評価値を求めてみた(図9)、これは、限界値(加速度で0.4g)に達したときの振幅と波長を表したものであるが、離陸時においては広範囲の波長域にわたって振幅が12~16mm程度であること、定速走行時には5~16mの波長域で8mm程度であることがわかった。今後は、この結果を検証することにより、航空機走行時の応答の観点からの補修基準を立案できるものと考えている。

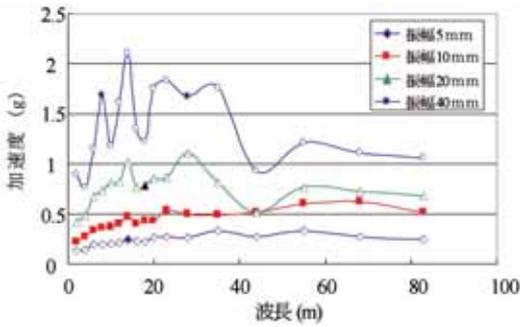


図 - 8 航空機走行時の上下方向応答特性

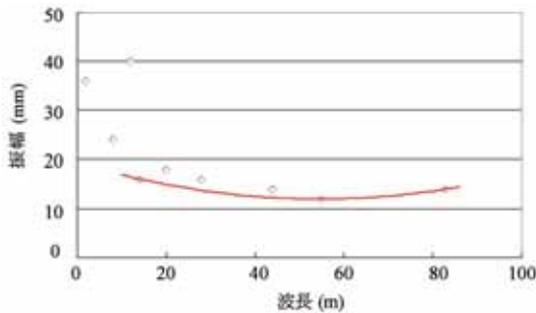


図 - 9 航空機応答から見た舗装平坦性評価

2) 移動航空機荷重に対する空港舗装の応答

航空機が変状のある空港舗装上を走行するときには、舗装には静止時よりも大きな荷重の作用することが懸念される。その点を明らかにするために、移動荷重に対する空港舗装の応答について検討した。具体的には、移動する航空機の車輪が走行するとき舗装の挙動を解析する3次元FEMプログラムを開発し、これを用いて種々の解析を行った。

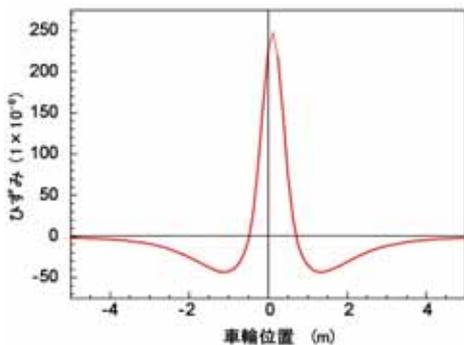


図 - 10 移動走行荷重による表層水平ひずみの変化

解析対象区間として、長さ20m、幅20m、深さ10mの範囲を考えた(舗装構成は大型航空機対応のもの)。結果の一例として、時速36km/hで単軸荷重が移動するときの表層アスファルトコンクリート層下面の水平ひずみの応答履歴を図10に示した。ひずみには引張と圧縮の状態が生じ、最大引張ひずみは $250 \times 10^6$ であること、圧縮ひずみは最大引張ひずみが発生する前後で起こり、最大圧縮ひずみは $40 \times 10^6$ であることがわかる。これは、移動走行荷重による

ひずみ量は、 $290 \times 10^6$ となり、 $250 \times 10^6$ である静止荷重に対するひずみ量に比べて20%程度増加することになることを意味している。したがって、舗装構造評価に際してはこの点を考慮する必要があることとなるので、これについてもさらなる検討を進めることにより現行の構造評価法の見直しを図ることができるものと考えている。

5. まとめ

空港基本施設のストックマネジメントとして、現在補修システムが運用されている。これは、空港舗装の表面性状をPRIとして定量化し、これに基づいて補修必要性を評価し、FWDを用いた非破壊構造評価により補修方法を決定するというものである。このシステムの合理化に向けて、破損の生じている舗装上を航空機が走行するとの観点から研究を進めており、現時点までに、航空機の上下方向加速度に基づく平坦性評価方法ならびに移動航空機による増加荷重の定量化方法が明らかになっている。

6. おわりに

以上、空港基本施設のマネジメントシステムとその合理化に向けての研究の現状についてまとめた。今後は、航空機が空港舗装上を走行するとの観点に立った空港基本施設のマネジメント手法の構築に向けて研究を継続する所存である。なお、4で示した成果には運輸施設整備事業団、北見工業大学、中央大学、東京電機大学との共同研究のものが一部含まれていることを付記する。

【参考文献】

- 1) 阿部洋一, 八谷好高: 空港舗装の技術の現状とシステム構築へ向けて, 土木学会論文集, No.606/V-41, pp.1-12, 1998.
- 2) 八谷好高, 高橋 修, 坪川将丈: FWDによる空港アスファルト舗装の非破壊構造評価, 土木学会論文集, No.662/V-49, pp.169-183, 2000.
- 3) 遠藤 桂, 姫野賢治, 川村 彰, 八谷好高, 松井邦人: 滑走路の乗り心地に着目した路面プロファイル解析, 土木学会, 舗装工学論文集, 第7巻, pp.13/1-8, 2002.
- 4) 董 勤喜, 松井邦人, 八谷好高: 移動輪荷重が作用する空港舗装の3次元有限要素解析, 土木学会, 舗装工学論文集, 第7巻, pp.25/1-10, 2002.