

滑走路舗装における劣化予測モデルの構築

東京都市大学 学生会員 ○秋元 宏仁
正会員 末政 直晃

1. はじめに

我が国の空港施設において、高度経済成長期に「1 県 1 空港」という政策により多くの空港が建設され、現在では全国 102 箇所に点在している。航空機を用いた運輸は、航空機の需要の増加などにより航空機の離着陸回数も増加している。滑走路使用量の増加は、舗装の劣化に大きく影響している。羽田空港のように 24 時間離着陸が行われる空港もある。点検にかかる時間は短くなる一方で、メンテナンスの効率化が求められる。現在、滑走路においては未だに劣化予測手法が確立されていないことから、滑走路舗装の劣化モデルを構築する事が求められている。

本研究の目的は、滑走路の劣化予測モデルを作成し、メンテナンスの効率化の一助とすることである。本報告では熊本空港の滑走路点検整備データを基にひび割れ率劣化進行度を確認し、ひび割れに大きく影響する要因を考慮した滑走路におけるひび割れ率予測モデルを作成した。そのモデルと点検整備データを比較した結果と考察について述べる。

2. ひび割れ劣化速度と劣化予測

熊本空港では 1994 年は補修が施されているため、図-1 に 1994 年を経過時間の開始年として、経過月とひび割れ率の変化の関係を示す。この関係からひび割れ率は時間経過と共に劣化増加率が上昇していることが確認できる。

ひび割れ率における劣化進行度をひび割れ指数 I_{cr} とし、ひび割れ率増加の傾きをひび割れ劣化速度 v_{cr} とする。これらの関係を以下の式に示す。

$$R^{\mu} = I_{cr} \quad (1) \quad I_{cr} = v_{cr} \cdot T \quad (2)$$

ここで R : ひび割れ率(%), μ : べき乗, I_{cr} : ひび割れ指数, v_{cr} : ひび割れ劣化速度, T : 補修後経過月である。ひび割れ率の経時変化は時間経過と共に増加率が上昇していることから、ユニットごとのひび割れのしやすさを明確に判断することは困難である。そのため、最小二乗法により算出した直線の決定係数が高いべき乗値を求めた。以下では 1/3 を用いることとする。ひび割れ率を 1/3 乗することでひび割れ指数 I_{cr} を算出し、このひび割れ指数 I_{cr} と経過時間の傾きからひび割れ劣化速度 v_{cr} を求めた。10 ユニットごとの劣化速度の最大値と最小値を抽出した結果を図-2 に、ひび割れ劣化速度の滑走路延長での分布を図-3 にそれぞれ示す。この分布からユニット 20 付近で劣化速度が高く、ユニット 70 付近で劣化速度が低いことが確認できた。次にこの変動についてその要因を検討する。

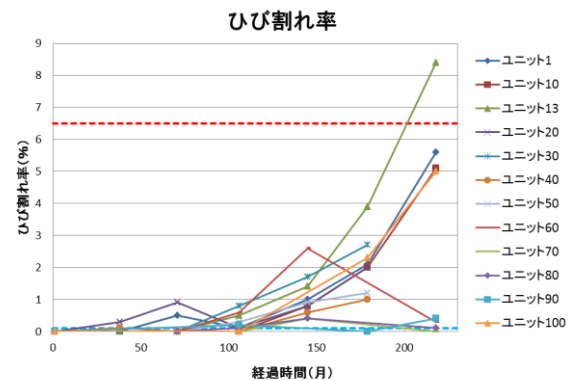


図-1 経過時間とひび割れ率

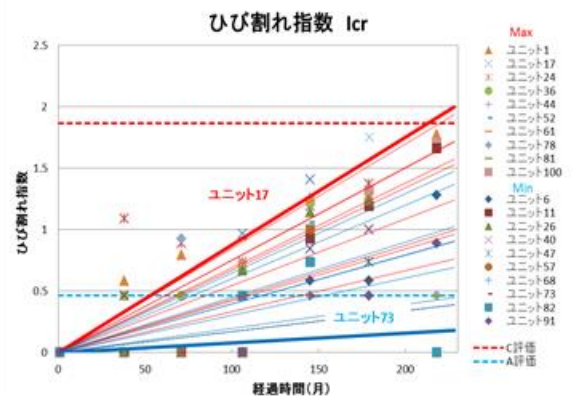


図-2 経過時間とひび割れ指数

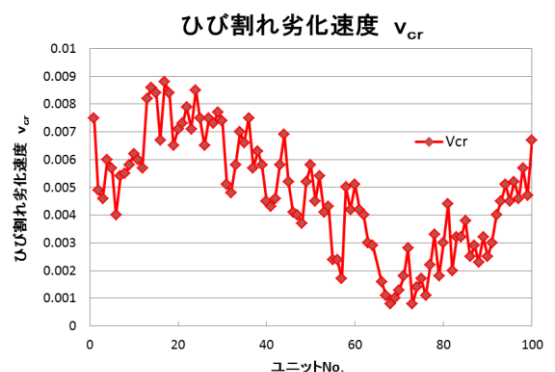


図-3 ひび割れ劣化速度の分布

キーワード 滑走路舗装 ひび割れ率 劣化予測

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-2202 E-mail:g1118003@tcu.ac.jp

3. 疲労度係数の算出

ひび割れに関係する疲労度¹⁾の算出に使用される変形係数はアスファルトの舗装温度と航空機の载荷時間により変化する。速度を一定とした時の舗装温度による変形係数の変化を図-4に示し、舗装温度が一定とした時の载荷時間による変形係数の変化を図-5に示す。ひび割れは変形係数が大きい程生じやすくなるため、舗装温度は低い程、機体の速度が上昇する程、変形係数は大きくなり、ひび割れは発生しやすくなる。アスファルト舗装温度は熊本空港が所在している益城町の2010年の気温²⁾により求めた。速度によるひび割れの影響は離陸において、機体の速度が最も速い時に大きく影響することがわかり、変形係数は温度と速度を考慮した。

航空機は速度が上がるにつれ揚力³⁾が働き舗装にかかる荷重が低下するため、舗装にかかる荷重の影響については揚力を考慮した航空機の主脚荷重を用いた。熊本空港はユニット1からの離着陸の頻度が多いが、夏季には風向きの影響で反対のユニット100からの離着陸頻度が増加する。以上の要素がひび割れに大きく影響すると考え、これらを考慮した疲労度係数を求める式を以下に示す。

$$I_D = \frac{\Sigma D}{D_0} = \Sigma \left[\left(\frac{F}{F_0} \right)^x \cdot \left(\frac{E}{E_0} \right)^y \cdot \frac{N}{N_0} \cdot \frac{n}{n_0} \cdot k_f \right] \quad (3)$$

ここで I_D : 疲労度係数, D : 就航機体の合計疲労度, D_0 : B777-300の疲労度, F : 就航機体の主脚荷重 (kN), F_0 : B777-300の32km/h走行時の主脚荷重 (kN), E : 変形係数 (Mpa), E_0 : 舗装温度20℃時の変形係数 (Mpa), N : 就航機体の交通量 (回), N_0 : 2400回, n : 就航機体の車輪軸数, n_0 : B777-300の車輪軸数, k_f : 交通頻度, x, y : 1.9, 4.3とする。計算結果と劣化速度の比較を図-6に示し、劣化速度と疲労度係数との相関性を図-7に示す。図-6においてユニット60付近での大きな差が見られたが、劣化速度の決定係数が極端に低い箇所であったことが原因と思われる。またユニット88からユニット100では2005年に部分的な補修が施されており、それを考慮しなかったためと考える。そのことを含め、図-7を確認すると、赤い丸で囲まれた部分が実測値の信頼性が低い箇所であるが、それ以外ではばらつきがあるものの、関係性が見られた。機種ごとの荷重や、滑走距離、空港ごとの温度、風向、離着陸挙動を考慮すれば、ひび割れ率の劣化速度をある程度評価できるものと思われる。

4. おわりに

今回求めた疲労度係数は、熊本空港において劣化速度との相関性が高いものとなり、ひび割れ率は変形係数と荷重に大きく影響すると言える。今後はこのモデルを他の空港と比較し、信頼性を高めていく。〈謝辞〉本研究を行うにあたり、国土交通省前川氏、猪岡氏、港湾空港総合技術センター西川氏には多大なご指導、ご鞭撻を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1)国土交通省航空局：平成20年空港舗装設計要領及び設計例 2)国土交通省 気象庁：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn> 3)翼の揚力を計算する式：http://www.cfijapan.com/study/html/to099/html-to035/017b-Lift_CL.htm

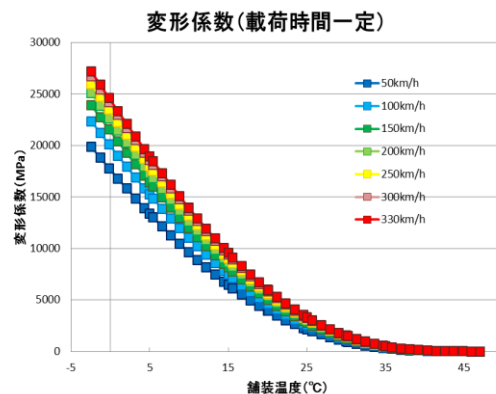


図-4 舗装温度変化による変形係数

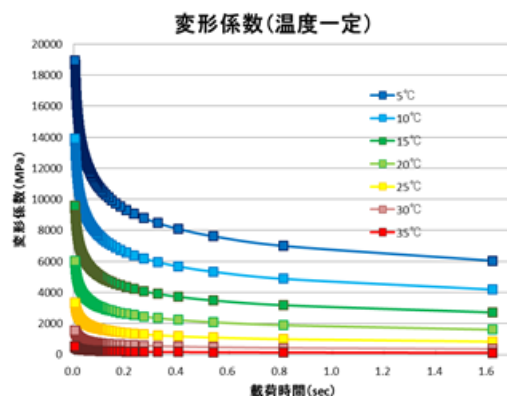


図-5 载荷時間の変化による変形係数

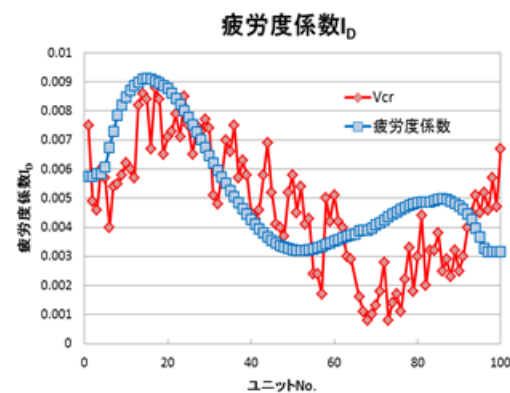


図-6 劣化速度と疲労度係数

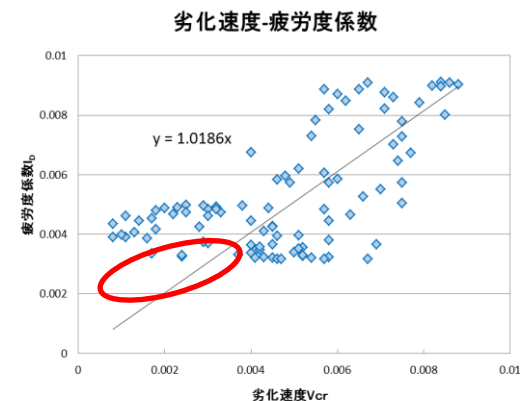


図-7 劣化速度と疲労度係数の相関性