

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

現在、我が国においては高度経済成長期に建設された構造物が 50 年以上経過し、その維持管理が課題となっている。全国 102 箇所にある空港施設もその例外にはない。図-1 に航空機の国内利用客数の推移¹⁾を示す。利用客数については、多少の増減はあるものの、長期的には増加傾向にあることが分かる。このような離着陸回数の増加に加え、航空機の飛行能力の向上により機体重量も増加している現状は、滑走路舗装の劣化を促進させる状況にあると言える。一方で、24 時間離着陸が行われる空港もあり、点検整備にかかる時間はますます短くなってきている。これが空港施設、特に滑走路のメンテナンスに効率化が求められる理由である。

滑走路においては劣化予測手法が未だ十分に確立されていないことから、本研究では滑走路の劣化予測モデルを構築し、メンテナンスの効率化の一助とすることを目的とする。ここでは、熊本空港における点検整備データを基に、一般道路のひび割れ率の予測式を援用して、滑走路のひび割れ率予測モデルの構築を試みた。

2. 熊本空港における経時変化と劣化状況

図-2、図-3 に熊本空港で 1984 年から 2008 年までに得られたひび割れ率とわだち掘れの経時変化をそれぞれ示す。大型ジェット機が就航する滑走路の場合、長さ 30m と幅 21m が 1 ユニットと定義され、ユニット単位で点検が行われている。ひび割れ率は、1994 年に補修が施されているために一時低下するが、それ以降に急激な増加が見られる。このように時間経過に対してひび割れ率が加速度的に上昇するのは、アスファルト舗装の油分が多い状態（初期）にはひび割れが発生しにくい、油分が抜けて固くなるにつれてひび割れが起りやすくなる性質が原因であると考えられる。一方、図-3 に示すわだち掘れにおいては、ひび割れ率に比べて緩やかに劣化が進行するのが分かる。わだち掘れはアスファルト中の油分が多い、初期に発生しやすいが、油分が抜けて固化するとわだち掘れが進行しにくくなる傾向にあるためと思われる。

3. ひび割れ率の劣化予測式

ひび割れ率の劣化予測の構築にあたっては、吉田らが提案した道路舗装の劣化予測のモデル²⁾を参考にした。その予測式を以下に示す。

$$FC_{bottom} = \left(\frac{6000}{1 + e^{(C_1 \cdot C'_1 + C_2 \cdot C'_2 \cdot \log_{10}(D \cdot 100))}} \right) \cdot \left(\frac{1}{60} \right) \quad (1)$$

C_1, C_2 : 係数 (1.0 とする), C'_1, C'_2 : アスコン厚による係数, D : 疲労度

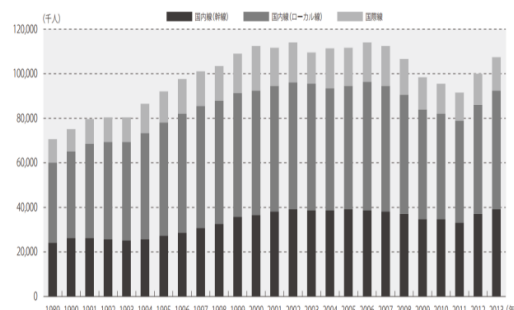


図-1 国内の航空機利用者の推移

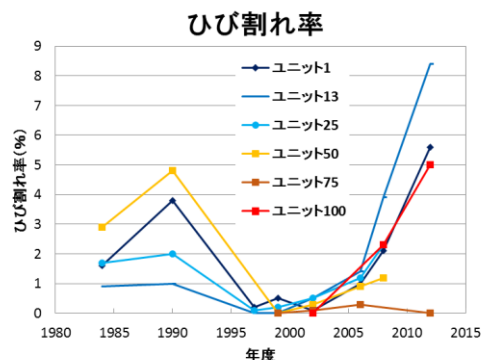


図-2 経過時間とひび割れ率

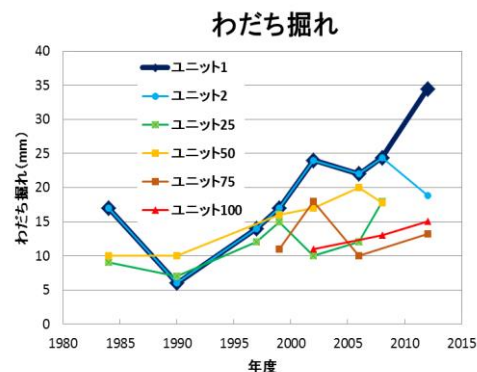


図-3 経過時間とわだち掘れ

キーワード 滑走路舗装, 劣化予測式, ひび割れ率

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

道路舗装モデルにおいては一般車両交通量を用いているが、これに代えて航空機交通量を用いた。この航空機交通量には様々な機種の交通量を B777-300 の交通量に換算したものを使用した。疲労度 D には空港舗装の設計³⁾に基づいて、航空機交通量を疲労破壊繰返し回数とパス/カバレッジ³⁾で除した値を用いた。なお、破壊繰返し回数は表-1 から得られる温度変化のアスファルト混合物の変形係数、引張ひずみから求めることができる。そのひずみと破壊繰返し回数の関係を表した疲労破壊曲線³⁾を図-4 に示す。また、温度によりアスファルト混合物の変形係数が変化することから、熊本の季節ごとの平均気温を用いて変形係数を算出した。図-5 に式(1)より求めたひび割れ率の予測結果と図-2 で示したユニット 1, 13, 50 の 1994 年以降の経時変化を示す。1994 年に大規模補修が行われたことから、この年を開始年にした。実測値ではユニットごとに劣化形態の差異があることが分かる。航空機は離陸時には速度上昇により、揚力が働き、舗装にかかる荷重が減少するため、ユニットの位置により、作用荷重の変化が生じたものと思われる。これより、このような荷重変化を劣化モデルに組み込む必要性が示唆された。また、今回の予測結果は実測値に比べ、遅れる傾向にあることが分かる。そこで本モデルを用いて、アスファルトにおける温度の影響度合いを調べてみた。

4. 温度別のひび割れ率予測結果

アスファルト舗装温度によるひび割れ率の予測結果の変化を熊本の 2014 年の年間最高気温と年間最低気温を用いて考察し、その結果を図-6 に示す。赤い線は熊本の最高気温が常に続いた状態の予測結果である。気温は 38℃で、その時アスファルト舗装温度は 46℃に達する。この温度は今回使用したアスファルトの軟化点に近い値であるため、時間が経過してもひび割れ率は低い値を示している。一方、青い線は熊本の最低気温が常に続いた状態である。気温は -1℃で、アスファルト舗装温度は 2℃になる。5 年経過してから急激にひび割れ率が増加していることが分かる。緑の線は図-5 における予測結果である。このような変化の理由は、アスファルトは高温時において軟質化するため、ひび割れは起きにくく、低温時では固化するため、ひび割れは起きやすい性質が考えられる。熊本の最低気温ではひび割れが起きやすく、最高気温ではひび割れが起きにくい結果となり、結果はアスファルトの温度特性に敏感に影響することが確かめられた。今後、モデルには空港施設ごとの温度年変化を詳細に考慮すべきことが示唆された。

5. おわりに

一般道路の式を参考として、滑走路におけるひび割れ率予測モデルを作成した。現状では、予測値と実測値の差異は大きいものの、荷重分布や温度年変化をより詳細に考慮することで改善が可能であると思われる。

〈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) データで見る航空旅客と空港: http://www.okb-kri.jp/_userdata/pdf/report/144-4
- 2) 神戸大学 吉田信之: 舗装と交通荷重における地盤工学
- 3) 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

表-1 熊本の四季の平均気温による
アスファルト混合物の変形係数

気温	As設計温度	アスファルト		アスファルト混合物			
		Sbit(0.05)	Sbit(0.01)	n(0.05)	n(0.01)	Smix(0.05)	Smix(0.01)
6	10	68.5865	124.0107	2.2956	2.0821	8804	12130
16	20	14.8974	26.9359	2.8460	2.6325	3603	5149
19	25	5.5713	10.0735	3.2006	2.9871	1942	2828
26	30	1.6356	2.9574	3.6424	3.4289	865	1285

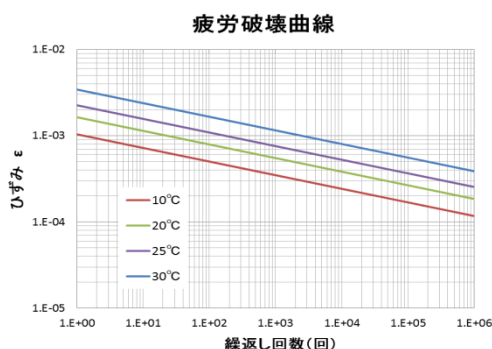


図-4 温度別の疲労破壊曲線

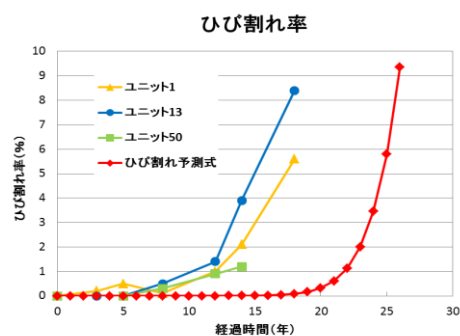


図-5 ひび割れ率の予測

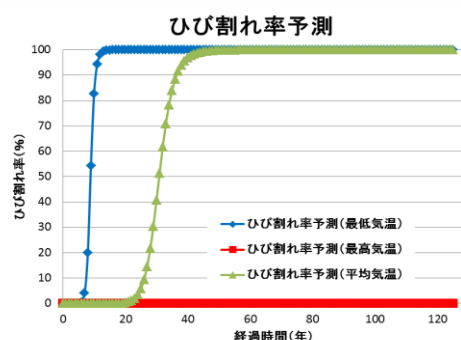


図-6 温度別ひび割れ率の予測