

東京国際空港国際線地区における疲労度設計法を用いた 空港コンクリート舗装の維持管理手法の検討

大成建設株式会社 正会員 ○下村 泰造

大成建設株式会社 正会員 加藤 隆

関東地方整備局 東京空港整備事務所

竹田 康雄

1. はじめに

空港コンクリート舗装の設計に関しては、荷重支持性能、走行安全性の確実な確保に加え、維持管理に関する補修の容易性を考慮して、舗装種別を選定する。ここで、舗装の要求性能のひとつである荷重支持性能、とりわけ疲労耐久性については、これまでにいくつかの空港において、疲労度設計法を用いた版厚の設計事例があるが、疲労度設計法を用いてコンクリート舗装の劣化事象を予測し、維持管理戦略へ適用した事例は筆者の知る限りない。また、現実の劣化過程のデータと照らし合わせるほど、上記設計事例の年数が経過していないのが現状である。

本文においては、東京国際空港国際線エプロン整備事業（以下本事業）を元に、クラック発生モデルにもとづいて経時的なひび割れ度を推定し、マクロレベルにおける維持管理戦略へ利用する。これに対し、ミクロレベルにおける具体的な維持管理手法として、起因事象の時系列推移とその原因を特定するイベントツリーおよびフォールトツリー手法を用いた各損傷状態のリスクの特定方法、補修対策について提案する。

2. 維持管理指標と劣化予測

2. 1 PRI 値とひび割れ度

空港コンクリート舗装に関する維持管理指標として、式(1)で表される PRI 値がある。この PRI 値は、表-1 で表される A, B, C の 3 つのレーティングにより分類され、C ランクになった場合は早急に補修の必要があると判断される。

$$PRI = 10 - 0.290CR - 0.296JC - 0.535SV \quad (1)$$

ここに、CR：ひび割れ度 (cm/m²)、JC：目地部の破損率(%), SV：段差(mm)である。

疲労度設計手法を用いた版厚設計法については詳細を参考文献(1)に譲るが、累積疲労度が 1.0 となった場合に、100%の確率で、コンクリート版に縦横に貫通クラックが 2 本発生するものと仮定した。ここで、不同沈下が生じる場合について考えると、疲労度設計を実施した結果、ある版厚において、累積疲労度が 1.0 となる不同沈下量が求められる。この不同沈下量を許容不同沈下量と呼ぶものとする。すなわち、許容不同沈下量以上の不同沈下量の範囲においては累積疲労度が 1.0 を上回るもので、図-1 に示す範囲にひび割れが発生するものと仮定し、ひび割れ度を定義する。具体的なひび割れ度の算定式を式(2)に示す。

$$\text{ひび割れ度} = \frac{2 \times L \times (S_r / S)}{A} \quad (2)$$

ここで、L：版の目地間隔(cm)、S_r：許容不同沈下量を上回る範囲(m²)、S：コンクリート版 1 枚の面積(m²)、A：検討対象面積(m²)である。

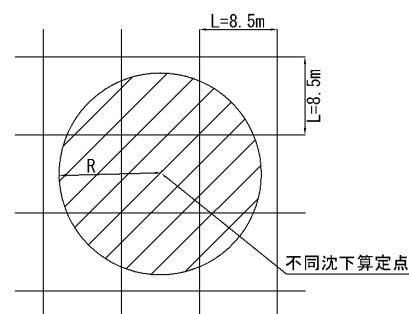
2. 2 設計パフォーマンスカーブ

エプロン部のコンクリート舗装を対象として、疲労度設計手法を用いて経年的なひび割れ度の推移を検討する
キーワード 羽田空港、エプロン、空港舗装、維持管理、設計パフォーマンスカーブ、イベントツリー・フォールトツリー手法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設株式会社 国際支店 土木部 TEL 03-5381-5373

表-1 PRI (Pavement Rehabilitation Index)

項目	A	B	C
CR：ひび割れ度 (cm/m ²)	1.1未満	1.1～11.1	11.1以上
JC：目地の破損率(%)	0.1未満	0.1～5.7	5.7以上
SV：段差(mm)	5未満	5～14	14以上
PRI	5.7以上	0～5.7	0未満



- ・ R：許容不同沈下を超える範囲
- ・ S_r：Rを半径とする円の面積
- ・ S：コンクリート版1枚の面積 (=L×L)

図-1 ひび割れ度の算定方法

ことにより、コンクリート舗装の劣化予測を設計的に評価することが可能である。このひび割れ度に関する経年的な劣化傾向を設計パフォーマンスカーブと呼ぶこととする。各経時曲線は、不同沈下の発生部位、年度、計画交通量により規定されることになる。図-2 に、本事業における事例を示す。疲労度設計手法においては、設計年数の間に、ひび割れ度が C ランクとならないように版厚設計を行うため、同図におけるカーブ B のみが設計年数(25.5 年後)に C ランクとなっている。また、カーブ A のように、早期に劣化するもののその後は緩やかに劣化が進行するパターンと、20 年後から急激に劣化が進行するカーブ B のパターンが特異的だが、全体的には経年的に劣化の進行が進んでいく様子がわかる。

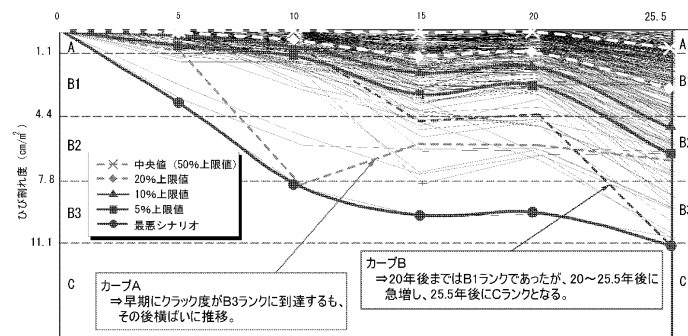


図-2 ひび割れ度の経年変化(設計パフォーマンスカーブ)

め、同図におけるカーブ B のみが設計年数(25.5 年後)に C ランクとなっている。また、カーブ A のように、早期に劣化するもののその後は緩やかに劣化が進行するパターンと、20 年後から急激に劣化が進行するカーブ B のパターンが特異的だが、全体的には経年的に劣化の進行が進んでいく様子がわかる。

空港施設のアセットマネジメントをマクロレベルである戦略レベルとしてとらえるとき、個別の推移パターンよりも平均値もしくは 90%信頼上限・下限値等を指標とした方が便利な場合が多い。そこで、平均値について見れば、設計年数 25.5 年後において全体の 50%にあたるコンクリート舗装版の健全度は A ランクに位置しており、5%上限値(90%信頼上限値)においても B ランクの中程度であることがわかる。この設計パフォーマンスカーブにより、経年的なひび割れ度の傾向を設計的に予測することができ維持補修戦略を組み立てる手段として利用することが可能である。

3. 維持管理リスクツリー(イベントツリー・フォールトツリー手法)

ミクロレベルにおける戦略レベルとして図-3 に示す維持管理リスクツリー手法を提案する。一般的に、イベントツリーは起因事象を出発点としてどのような事象推移により最終状態に至るかを時系列的に解析していく論理構造図である。一方、フォールトツリーは、対象とするシステムとその故障との関連をイベントツリーとの対応に基づき明確にし、原因を順次摘出する手法である。図-3 は、空港コンクリート舗装のひび割れ発生事象を対象に、イベントツリーおよびフォールトツリー的手法を用いて順次原因を特定し、劣化事象のリスクの顕在化および対策としての補修方法を特定するツリーである。実際に運用が開始され、空港コンクリート舗装にひび割れ等の劣化事象が発生した場合、すべての劣化事象が構造的な要因に起因しているとは考えられない。すなわち、ひび割れ事象について考察した場合についても様々な原因が考えられるのである。そこで、維持管理リスクツリー手法を用いることによって、個々のひび割れ等の劣化事象に対し、原因の特定を行い、補修箇所の特定制および要否を判断することができる。

4. まとめ

本文では空港コンクリート舗装のアセットマネジメントを適用することを目的に、疲労度設計手法を用いた劣化予測手法をマクロ的な維持管理戦略へ利用する方法を検討した。また、個々の劣化事象に対し、戦略レベルでの維持管理手法としてイベントツリー・フォールトツリー手法を用いた維持管理リスクツリーを提案した。

参考文献

- 1) 疲労度設計手法を用いた空港コンクリート舗装の維持管理手法の検討 下村他 土木学会舗装工学論文集 第12巻

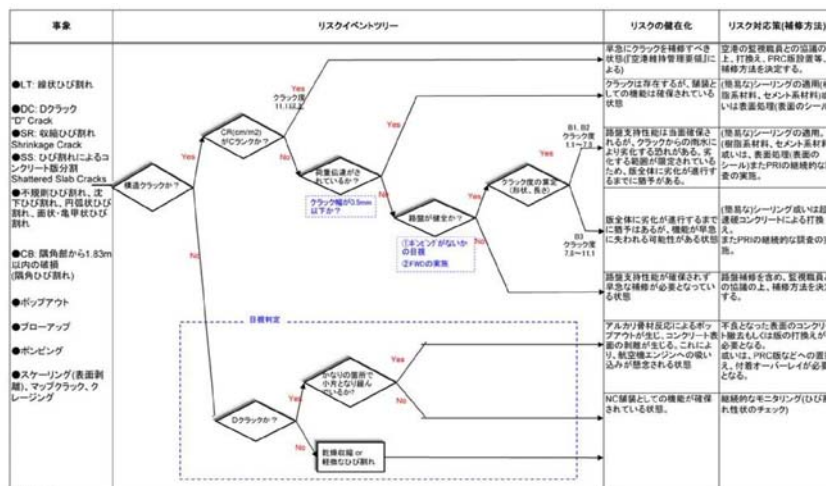


図-3 維持管理リスクツリーの例