

東京国際空港国際線エプロンコンクリート舗装における疲労度設計手法の適用

大成建設株式会社 正会員 ○上野 恭宏

大成建設株式会社 正会員 下村 泰造

関東地方整備局 東京空港整備事務所

松川 文彦

1. はじめに

東京国際空港国際線エプロン整備事業（以下、本事業）は、東京国際空港の再拡張事業と国際化との位置づけにおいて、年間概ね3万回程度の近距離国際旅客定期便の就航と深夜早朝時間帯を利用した国際貨物便の就航とを目的とし、エプロンを含む基本施設等の設計、施工から維持管理までをPFI（Private Finance Initiative）事業により実施するものである。

本事業におけるエプロン舗装は、構造物としての耐久性、供用中の勾配変化や補修の容易性、大規模補修計画と維持管理方針を検討し、無筋（NC）コンクリート舗装を採用している¹⁾。本文は特にエプロン舗装に関する耐久性を照査する疲労度設計手法の適用についてまとめたものである。

2. 不同沈下を考慮した疲労度設計手法

2.1 設計フロー

今回適用したエプロン舗装の設計手法は、羽田Ⅱ・Ⅲ期の設計の考え方を踏まえ、さらに「舗装設計便覧」に示される理論的設計方法を参照した疲労度設計手法である。本設計では、図-1に示す設計フローに従い版厚の設定を行った。基本的な検討手順は、以下の通りである。

①基本条件の検討 ②FEM解析・疲労解析による版厚と許容不同沈下量の関係を算定 ③クラック度解析により対象施設における不同沈下量を算定 ④版厚算定と照査

2.2 応力度算定モデル

コンクリート舗装版内に発生する応力については、西澤ら²⁾による2次元平板FEMを使用して、航空機の輪荷重による応力、および不同沈下によって生じる版の自重応力を算定後、版上下面の温度差によって生じる温度応力を加算する手法とした。ここで、自重応力の算定においては、羽田Ⅱ・Ⅲ期の設計の考え方を踏襲し、コンクリートのクリープによる影響を考慮して自重応力を50%に低減している。また、不同沈下を考慮した版の応力算定にあたっては、不同沈下幅を30mとした3次曲線で不同沈下曲線をモデル化し、2次元FEM解析により応力を算定した。図-2に、疲労度設計モデルを示す。

本設計においては、1枚が8.5×8.5mの連続する9枚のNC舗装版下に不同沈下が発生し、版の目地位置を折点として各版が沈下形状に追従するようにモデル化を行った。また、各舗装版は目地部における荷重伝達効果を見込み、せん断バネ係数、曲げバネ係数、ねじりバネ係数で示される3つのバネモデルにより表現し、目地部の性能が健全とされる荷重伝達率85%以上が確保されることを確認している。

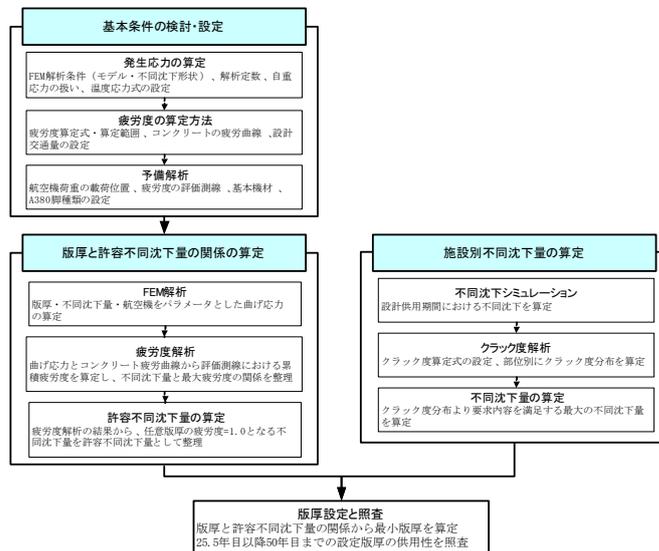


図-1 疲労度設計フロー

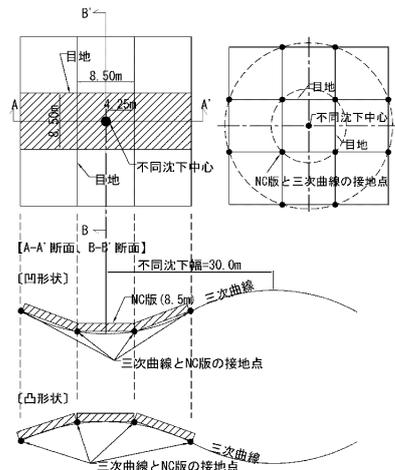


図-2 疲労度設計モデル

キーワード 羽田空港, エプロン, 空港舗装, 疲労度設計, 破壊確率

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 土木設計部 TEL 03-5381-5420

2. 3 信頼度の設定と累積疲労度の算定

設計に適用する信頼性については、1)疲労破壊輪数や舗装計画交通量、2)地盤・材料の強度などに信頼度に応じた係数を適用する方法が提案されている。また、求められるサービスレベルの水準により、信頼度を設定することが必要となる。本設計においては、コンクリート材料の疲労強度に着目し、適切な破壊曲線を設定することで信頼性を確保する方針とした。小梁川ら³⁾は、コンクリート材料の疲労破壊試験より求められる破壊確率30%の破壊基準を用いて設計した舗装が、疲労度1.0となったときに30%破壊すると報告している。本設計においては、対象とするコンクリート舗装が空港コンクリート舗装であることから以下の点に留意した。コンクリート舗装の疲労耐久性が損なわれ、サービス水準が低下した場合に、施設を長時間にわたり閉鎖して大規模補修を実施することは多大な経済損失を招く恐れがある。そこで、空港コンクリート舗装により高い信頼性を確保することを目的として、破壊確率5%の破壊曲線を設定し、疲労度設計を行うこととした。ただし、この破壊確率は、コンクリートの材料としての疲労破壊確率であり、コンクリート舗装版の疲労破壊確率ではないことに十分に留意しておく必要がある。現時点においては、蓄積された十分なデータを利用することが困難であるため、より高い信頼性を確保する目的で上記破壊確率曲線を用いる方針とした。

2. 4 疲労度解析結果

図-3に、疲労度設計より求められた版厚毎の不同沈下量と累積疲労度との関係を示す。なお、疲労度設計においては、本事業における維持管理期間である25.5年を設計年数として設定した。図-3より、破壊確率5%の疲労破壊曲線を用いた場合、版厚45cmでは、不同沈下が生じない(0cm)場合でも、累積疲労度が1.0を超過してしまう結果となっている。また、版厚47cmおよび49cmにおいては、累積疲労度が1.0となる不同沈下量は、それぞれ0.4cm、0.9cmであることがわかる。すなわち、25.5年後において、累積疲労度が1.0となる各版厚での許容不同沈下量が算定できる。

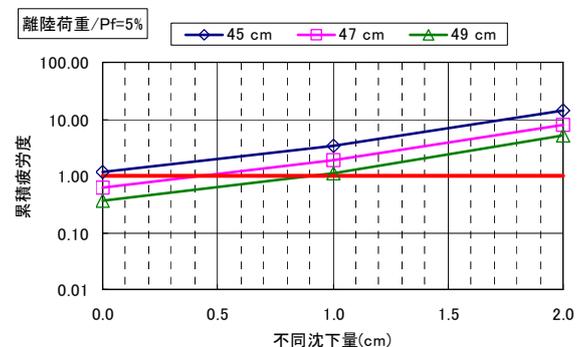


図-3 版厚と不同沈下量の関係

2. 5 版厚算定方法及び結果

今回設計法においても版に発生するクラックを許容する設計手法とし、大規模補修に関する要求水準を満たすように決定する方針とした。この観点から、維持管理期間25.5年後のひび割れ度がCランクとなるエリアが1エリアとなるように版厚設定を行うこととした。

不同沈下シミュレーション結果および疲労度解析結果より、南側エプロン部におけるコンクリート舗装版厚を検討した。図-4に版厚が47cmの場合における維持管理期間25.5年後のひびわれ度分布を示す。版厚47cmの場合、維持管理期間25.5年後において、ひびわれ度がCランクとなるエリアは、1エリアのみ(確率論的には1/503エリア)であり、要求水準で求められる性能を有していることがわかる。



図-4 ひびわれ度分布(南側エプロン:版厚47cm)

3. まとめ

本文では、エプロンコンクリート舗装に関する疲労度設計手法についてその概要を述べた。今後、モニタリングを実施することにより、本設計による結果を維持管理へ反映させていきたいと考えている。

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 pp211-218
- 2) FEM解析に基づくコンクリート舗装版横目地のそり応力式 西澤他 土木学会論文集 No. 532/V-30 pp89-96 1996
- 3) 供用履歴を受けたコンクリート舗装の疲労特性に関する研究 小梁川他 土木学会舗装工学論文集 第9巻 pp149-156 2004