

D滑走路 滑走路舗装（棧橋部）の設計
 ~プレキャスト床版上の特性を考慮した舗装構造~

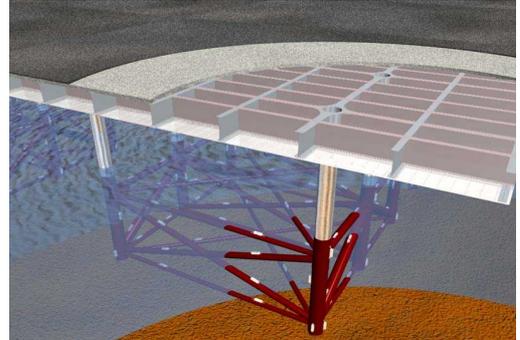
J V 工務・設計監理 Gr 本島禎二

大林組 古屋弘

キーワード：空港舗装構造設計、基本施設、棧橋部、床版上の舗装構造

1. まえがき

羽田空港D滑走路の棧橋部舗装は、ジャケット式構造上のコンクリート床版上面に設置される構造であり、滑走路、誘導路等の舗装が床版上に直接設置される国内初の空港である。本文では、このような床版上の特性を考慮した舗装の設計について述べたものである。



2. 棧橋部舗装の設計フロー

棧橋部舗装の設計フローを図2-1に示す。

棧橋部における床版上舗装の設計は、航空灯火設置要件や舗装体内への滞水防止といった要求事項から設定した舗装構造（材料、断面）に対して、要求水準書で規定される疲労耐久性、剥離抵抗性についての構造照査を実施した。

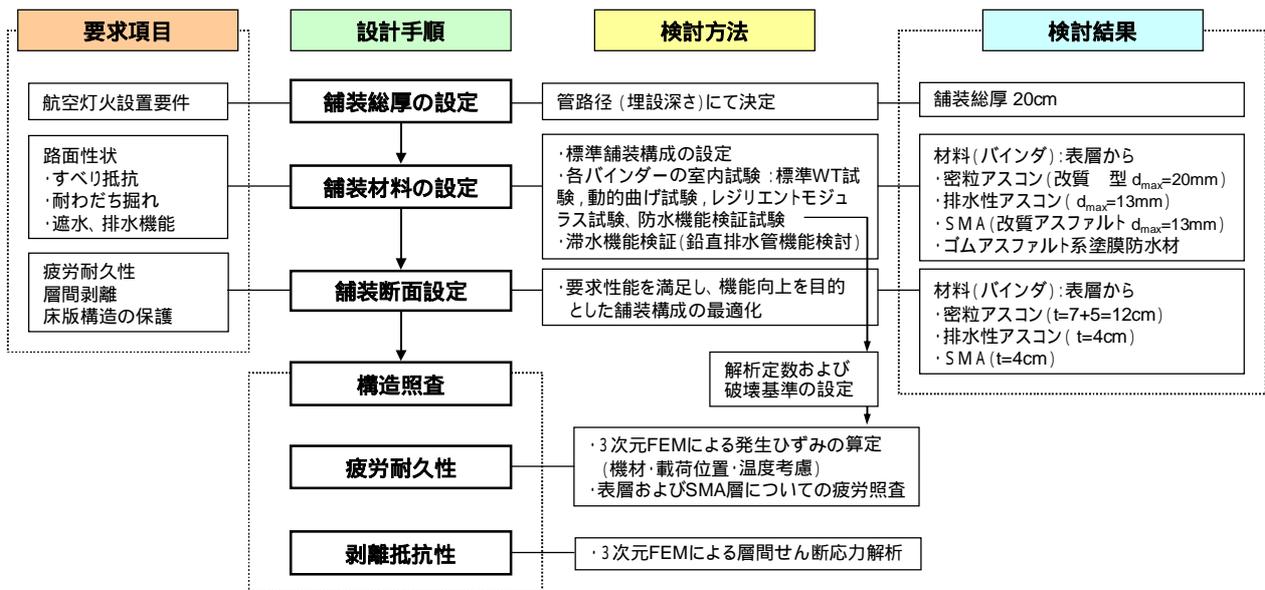


図2-1 棧橋部舗装の設計フロー

3. 舗装総厚、舗装材料の設定

3-1 舗装総厚

D滑走路には、灯火・基台が設置されるが、床版内に埋め込むと構造が複雑となるため、舗装内に埋設することとし、舗装総厚を200mmとした（図3-1参照）。

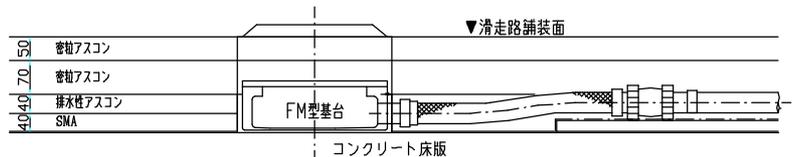


図3-1 滑走路中心線灯火の舗装内への埋込み

3-2 舗装材料および標準舗装構成

耐わだち掘れ、舗装体内への滞水防止および床版上面の防水の要件より舗装材料、舗装構成を設定する。滑走路および誘導路本体の舗装構成を図3-2に舗装材料を表3-1に示す。

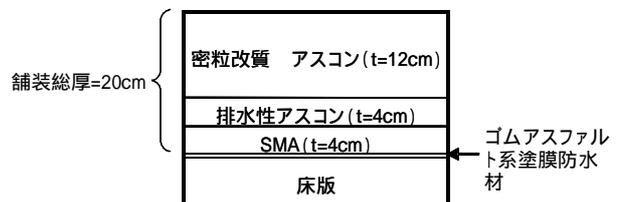


図3-2 舗装構成（滑走路、誘導路本体）

舗装材料の設定根拠は以下のとおりである。なお、各層の厚さは最大粒径の2.5倍以上とした。

床版上防水材は、道路橋コンクリート床版で多くの実績を持つゴムアスファルト系塗膜防水材とする。防水材直上のアスファルト混合物は、防水材と一体となって防水効果を高めることを期待して、碎石マッシュアスファルト（SMA）とする。なお、水密性を高めるために通常の SMA よりも骨材粒度を細か目に調整する。また、ひずみ追従性を高めひびわれ抵抗性に富む混合物とするため、バインダーとして鋼床版用改質アスファルトを使用する。

SMA の直上には排水性アスコンを設ける。これは舗装表面から浸透水があった場合でも速やかに排水し、舗装体内の滞水を防ぐことおよび床版上面への水の浸入を防ぐことを目的としている。

排水性アスコンの上には、空港舗装の表層として一般的に用いられている密粒アスコン（最大粒径20mm）を用いる。また、要求水準書に規定される動的安定度を確保するため、バインダーには改質型を用いる。

表 3-1 棧橋部舗装に使用するアスファルト混合物

材料（混合物）	アスファルトの種類	目的	目標性能
密粒アスコン	改質 型アスファルト	わだち掘れ抵抗性	DS（動的安定度） 2,500回/mm
排水性アスコン	高粘度改質アスファルト	浸透水の排水	空隙率 20%
碎石マッシュアスファルト（SMA）	鋼床版用改質アスファルト	防水性 たわみ追従性	透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 以下
防水材	ゴムアスファルト系 塗膜防水材	防水性	SMA と一体で防水性能を確保

3-3 舗装体内の滞水防止対策

舗装表面から浸透水があった場合に、舗装体内の滞水対策として排水性アスコンを採用したが、排水性アスコン内の滞水を防止する目的で、滞水対策用排水管を設置する。床版貫通部の排水管には耐久性を考慮して FRP 管を採用する。また、除湿空間内には維持管理での滞水確認の目的でサクシオンホース（透明）を採用した。なお、排水管の設置間隔（50m）は、排水計算により設定した。

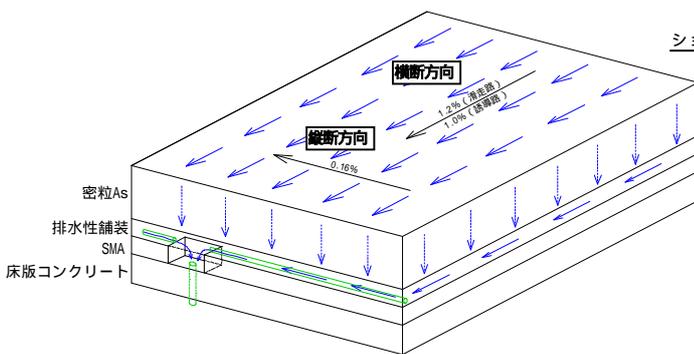


図 3-3 舗装内の滞水防止の概念図

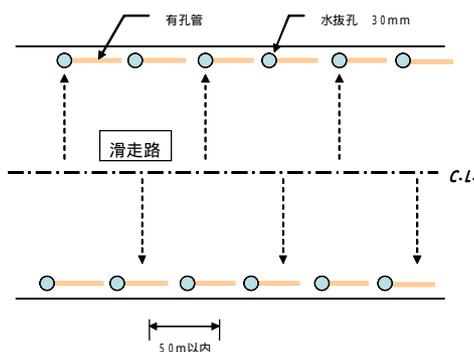


図 3-4 滑走路部の排水管配置平面図

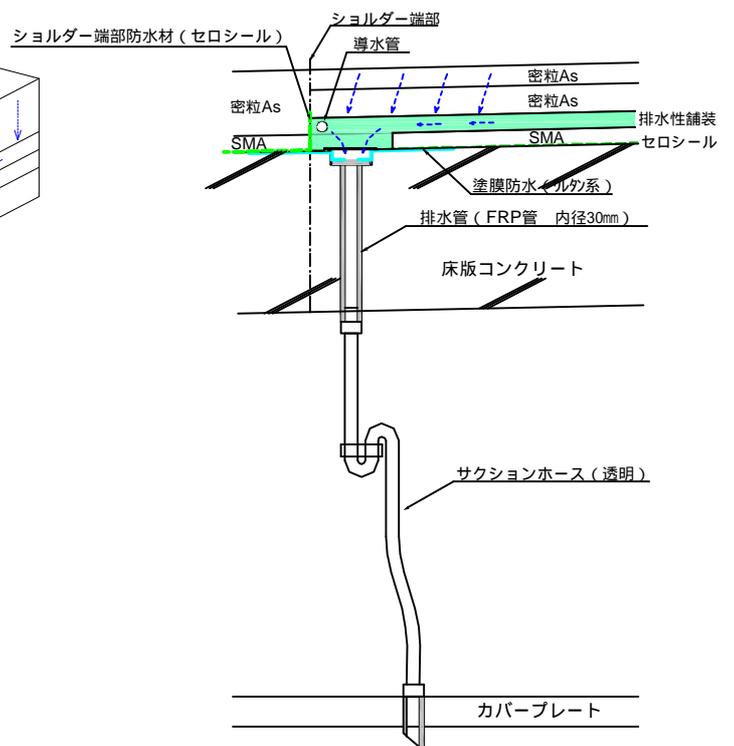


図 3-5 排水管設置断面図

4. 構造照査

床版上舗装の構造照査は、舗装の疲労耐久性および舗装層間剥離について実施した。

以下にこれらの照査のうち、疲労耐久性の照査の概要について示す。なお、疲労照査における舗装内のひずみの算定は、予備解析、本解析の手順で実施した。

予備解析	<p>予備解析では解析コードおよび境界条件や解析範囲等のモデルを選定するとともに、本解析での解析ケース数を絞り込む目的で、以下の傾向を把握するため解析を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大主ひずみの発生ポイントと航空機载荷パターン(航空機主脚とLEG等基盤構造との相対位置関係) ・ 脚荷重比と発生ひずみ比の関係、アスコン温度と発生ひずみ比の関係
本解析	<p>本解析は、予備解析で選定した解析条件で FEM 解析を行い、各航空機载荷時の表層および SMA の最大主ひずみを算定し、予備解析結果と合わせて、疲労照査に必要な発生ひずみを算出。</p>
疲労照査	<p>FEM 本解析で得られた機材・離着陸別の最大発生ひずみを用いて累積疲労度を算定する。疲労度算定期間は、維持管理計画と整合させ、表層(密粒アスコン)は13年、SMAは30年とする。なお、表層およびSMAの破壊規準は動的曲げ試験結果に基づいて設定した。</p>

4-1 FEM 解析モデル(予備解析、本解析)

ジャケット棧橋構造+床版で構成される複雑な構造上の舗装を評価することが可能な3次元FEMモデル(解析コードABAQUS)により、航空機荷重载荷時の舗装内に発生するひずみを算定した。

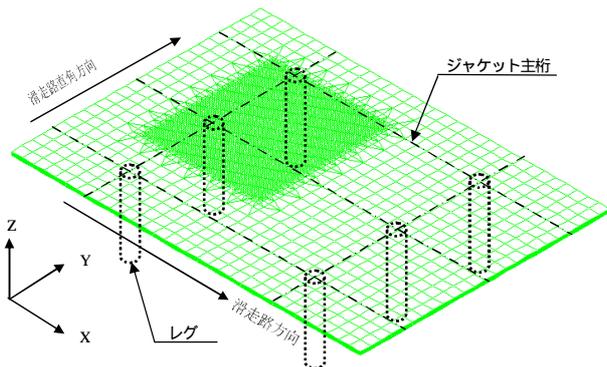


図4-1 3次元FEMモデル図

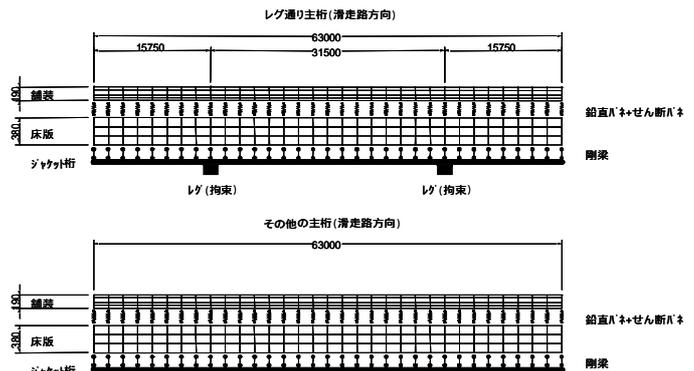


図4-2 解析モデル断面図

4-2 FEM 解析結果

図4-3に、予備解析における舗装内ひずみの解析結果の一例を示す。ひずみは、要求水準書に基づき、上面(表層上面)および下面(SMA下面)で算出したが、両者とも最大ひずみはBG(バックギア)車輪がLEG直上の場合で、車輪直下で発生することが判明した。

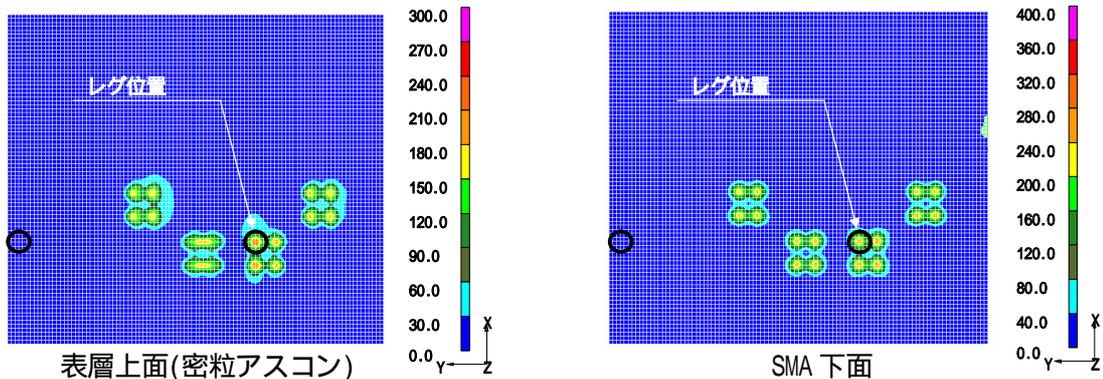


図4-3 ひずみコンター図

(滑走路、B747-400D、BG中心位置(-0.735, 1.360)、設定温度40)

4-3 疲労照査結果

FEM 解析結果により求めたひずみを基に、以下の手順で疲労照査を行った。

n 個のメインギア数のうち i 番目の車輪の x 地点における正規確率密度関数値 $C_i(x)$ は、

$$C_i(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \dots \dots \dots \text{式 1)}$$

m : タイヤ中心のオフセット

滑走路中心から距離 x におけるパス / カバレッジ率 P/C(x) は、

$$P/C(x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n C_i(x) \times W_t} \dots \dots \dots \text{式 2)}$$

W_t : 車輪設置幅

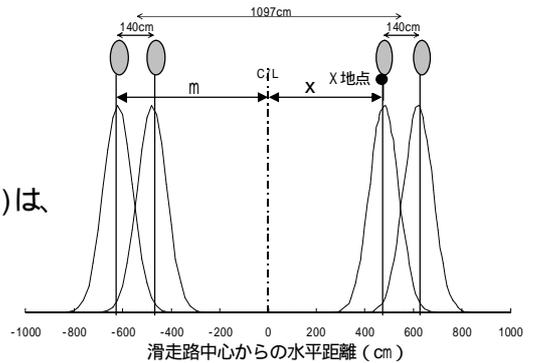


図 4-4 航空機の走行分布例 (B777-200)

図 4-5 の破壊基準線から FEM 解析結果におけるひずみに

対応する許容載荷回数を求め、式 3) により x 地点における疲労度 DF(x) を求める。

$$DF(x) = \frac{\text{航空機の交通量}}{\text{許容載荷回数} \times P/C(x)} \dots \dots \dots \text{式 3)}$$

上記を 10cm ピッチで繰り返し、全機種および温度に対して疲労度を算出し、合計したものが累積疲労度となる(図 4-6 を参照)。これより、累積疲労度は 1.0 以下となり疲労耐久性において安全である。

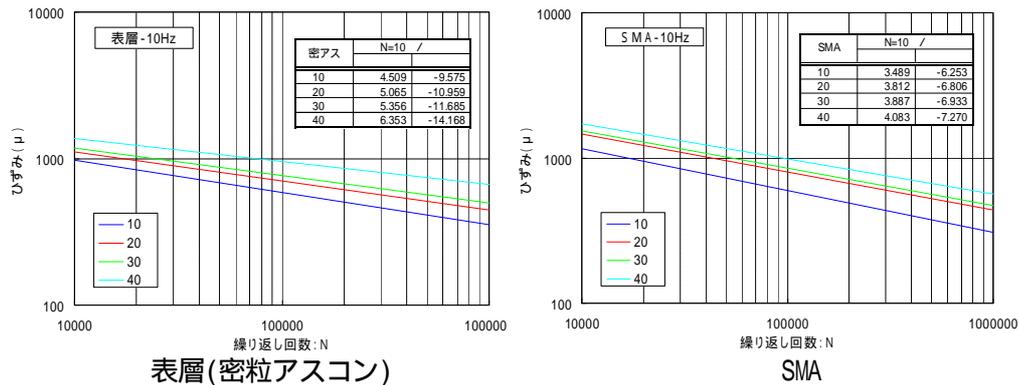


図 4-5 破壊基準線 (滑走路部)

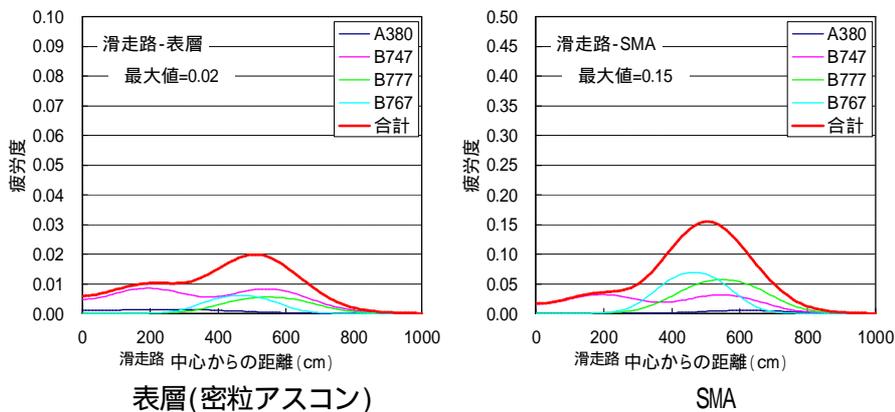


図 4-6 累積疲労度算定結果 (滑走路部)

5. あとがき

本文では、栈橋部における床版上舗装の設計について、舗装構造 (材料、断面) および疲労耐久性の照査の概要を述べた。実施設計に続く工事に当っては、関係各位のご指導、ご協力を頂けるようお願いする次第である。