

床版上舗装構造における管路横断部の検討(その1)

—舗装構造と実験概要—

清水建設(株) 正会員 ○本島 禎二 (株)大林組 正会員 古屋 弘
国土交通省東京空港整備事務所 正会員 野口 孝俊 国土交通省関東地方整備局 志茂 香

1. まえがき

羽田空港D滑走路は埋立・栈橋組合せ工法で計画され、特に栈橋部は図-1に示す大型のジャケット構造+床版上に滑走路が造成される構造である。床版上の舗装は、図-2に示すように総厚20cm(表層より、密粒アスコン:5+7cm,排水性アスコン:4cm,砕石マスティックアスファルト(SMA):4cmの4層)で滑走路として供する設計であり、栈橋部の構造上、空港施設である灯器を床版上舗装内に配置する必要がある。灯器の管路は表層より12cm下の排水性アスコン層内に配置し、その周囲をグースアスファルトで充填することとなっているが、管路が剛性の高い床版上に布設され、舗装体の比較的浅い部分に埋設されることから、航空機の通過により管路上または周辺部に疲労クラックが発生することが懸念された。このため、舗装設計において管路部をモデルとした実験を行い、あわせてFEM解析を実施し、疲労に対する安全性について検討を実施した。本報では舗装構造の概要、および管路敷設部の影響を検討する実験方法に関して報告する。

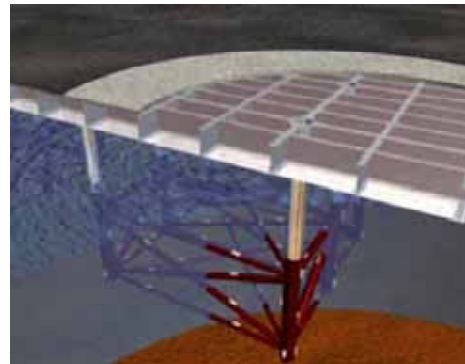


図-1 滑走路栈橋部概要

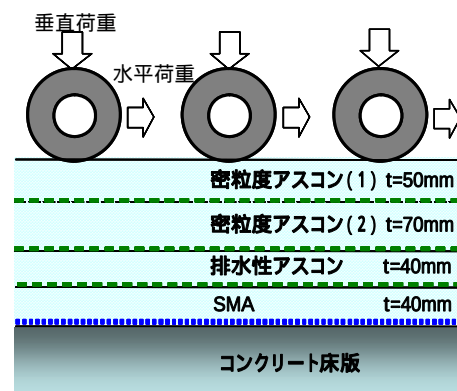


図-2 床版上舗装構成

2. 床版上舗装の概要

床版上舗装の設計は、航空灯火設置要件、路面性状についての要件(すべり抵抗、耐わだち掘れ、遮水、排水機能)、および疲労耐久性、層間剥離といった要求事項から設定した舗装構造であり、図-2に示す構造である^{1) 2) 3)}。舗装構成の概要は以下の通りである。

- (1) 舗装総厚は、舗装内に灯火・基台を埋設することから20cmとした。
- (2) 表層には空港舗装として一般的に用いられている密粒アスコンを用いた。本体部には設計要求水準書に規定される動的安定度(2,500回/mm以上)を確保するため、バインダーには改質型を用いた。
- (3) 表層の直下には、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及び床版上面への水の浸入を防ぐことを目的として、排水性アスコン層を設け、排水性を確保するため空隙率を20%程度とした。
- (4) 床版防水材の上面には、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、SMAとした(透水係数 1×10^{-7} cm/sec以下)。

3. 管路敷設の影響と実験方法の選定

床版上舗装の設計においては、想定される有害事象として前述のように、わだち掘れ、層間剥離、疲労破壊を想定した。特に疲労破壊に関しては、3次元FEM解析により航空機載荷時の舗装内ひずみを算定し、航空機交通量、破壊基準線(動的曲げ試験より設定)より疲労耐久性の照査を実施した(疲労度算定期間は、表層の密粒アスコンが13年、SMAが30年)。

キーワード 舗装設計、空港舗装、疲労破壊、室内試験

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3 シーバンスS館 清水建設(株) TEL 03-5441-0591

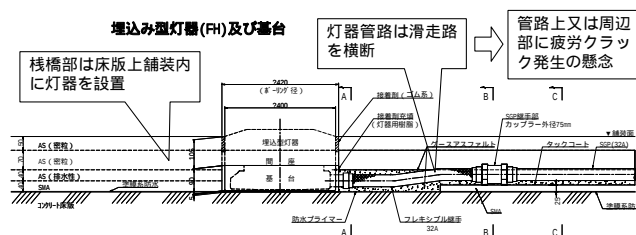


図-3(a) 灯器類と舗装の概要

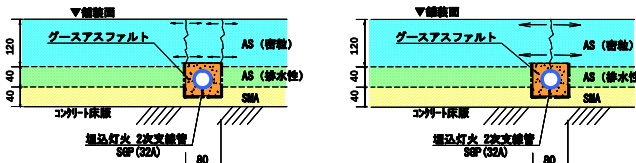


図-3(b) 灯器管路部で懸念される疲労クラック

一方、床版上舗装内に配置する灯器類は、図- 3 (a)に示すように表層より比較的浅い位置に配置せざるを得ず、管路（鋼管 SGP-32A）は滑走路を横断する部分も多数あることから、航空機の通過により周辺部との剛性の差により管路上または周辺部に図- 3 (b)に示すような疲労クラックが発生することが懸念された。このため、一般の滑走路・誘導路部の舗装設計解析に加え管路横断部の実験を行い、破壊挙動の確認と設計に用いた FEM モデルおよび解析の妥当性を併せて検証した。

これらを検証するための試験方法は、床版上の舗装をモデル化した上で、航空機が管路部を横断する状態を再現できる方法を検討し、表- 1 に示す方法の中から繰返し載荷試験装置を用いた繰返し曲げ試験を実施した。管路部の舗装断面をモデル化し、図- 4 に示す実験装置にて表- 2 に示す仕様で実験を実施することとした。実験に先立ち、実験の成立性および実験から得られるデータの判断を FEM 事前解析と予備試験により確認し、下記の実験スペックを検討した。

- (1) 実験可能な繰返し回数で破壊に至る(舗装内のひずみが大きくなる)ように下記の検討を行った。
- ・ 表層(密粒アスコン)の厚さと発生ひずみの関係 → 実際よりも 70mm 減じた (120mm → 50mm)。
 - ・ 床版モデル化 → 舗装下面に鋼板(t=9mm)を接着
 - ・ 載荷応力の大きさ → 想定される最大接地圧 (B-777 輪荷重) の 1.5 倍(2.25MPa)とした。
 - ・ 試験体支持条件 → ひずみが発生しやすいように単純梁形式の供試体とした (スパン長 320mm)。
- (2) 航空機載荷位置と管路との相対関係
- ・ 種々の位置について解析し、舗装に最も厳しくなるよう載荷中心が管路周辺のグースアスファルト端部となる配置とした。
- (3) 試験温度
- ・ アスコン塑性変形を発生しにくくするため実験温度をできる限り低くした (10)。

4. まとめ

本報では、床版上舗装構造の概要と、舗装設計における着目点、および管路横断部の検討を行う目的で実施した実験方法の概要に関して報告した。次報にて、実験結果とその解析および考察について報告する。なお、本報告は東京国際空港 D 滑走路建設工事の設計業務の一環として実施した成果の一部である。

参考文献

- 1) 空港舗装構造設計要領：(財)港湾空港建設技術サービスセンター，平成 11 年 4 月
- 2) 舗装設計便覧 平成 18 年版：(社)日本道路協会，2006 年 2 月
- 3) 防水システム 設計・施工マニュアル(案)：日本道路公団試験研究所，平成 13 年 6 月

表- 1 試験方法の選定

試験方法	WT試験	航空機荷重対応 WT試験機	繰返し載荷試験 (曲げ試験)	原型載荷試験
概要	30×30×15cm(厚さ)に舗装3/4モデルを作成し、49kN輪荷重(0.63N/mm ²)を繰返し載荷し、クラック発生現象等の考察を行う	30×30×30cm(厚さ)に舗装1/1モデルを作成し、B-777輪荷重(1.5N/mm ²)を繰返し載荷し、クラック発生現象等の考察を行う	適切な舗装モデルを作成(床版を鋼材で模擬して単純梁を構成)し、B-777輪荷重(1.5N/mm ²)を繰返し載荷し、クラック発生現象等の考察を行う	床版も考慮した舗装モデルを作成し、実際の車輪でB-777輪荷重(1.5N/mm ²)を繰返し載荷し、クラック発生現象等の考察を行う
計測可能な項目	・表面変位 ・クラック(目視による表面および断面) ・ひずみ(ひずみゲージの埋設が必要)	同左	・表面変位 ・クラック(目視による表面および断面) ・複素弾性率	・表面変位 ・クラック(目視による表面および断面)
利点	・試験は比較的簡易 ・車輪の走行による疲労の影響が実験可能	・載荷重を航空機に合わせることが出来るため実際に近い実験が可能 ・車輪の走行による疲労の影響が実験可能	・動的曲げ試験装置を改造することにより実験が可能 ・床版挙動を再現(曲げひずみを生じ)させやすく、クラックの発生も期待できる	・実現象を最も再現できる方法である ・解析を経なくても直接影響の評価を行うことが出来る
欠点	・クラックを発生させるための工夫(管路位置、載荷重)が必要 ・下面境界が剛体のため、曲げひずみが発生しにくい(床版上舗装と異なる挙動) ・試験機の物理的制約による繰返し回数の限界	・試験装置を借りる必要 ・上記の場合施設使用の制約から連続載荷が出来ない →繰返し載荷を止めるとひずみが戻る ・下面境界が剛体のため、曲げひずみが発生しにくい(床版上舗装と異なる挙動)	・試験装置に関して検討が必要(治具等) ・試験体の大きさ(特にスパン)にて鋼材の断面係数を適切に設定する必要あり ・管路上載荷においては載荷点の影響(載荷面積)があるので考察が必要	・試験が大規模になる ・試験に時間がかかる(準備等含む) ・試験から得られた情報を解析シミュレーションすることは困難
判定			○(今回の実験)	

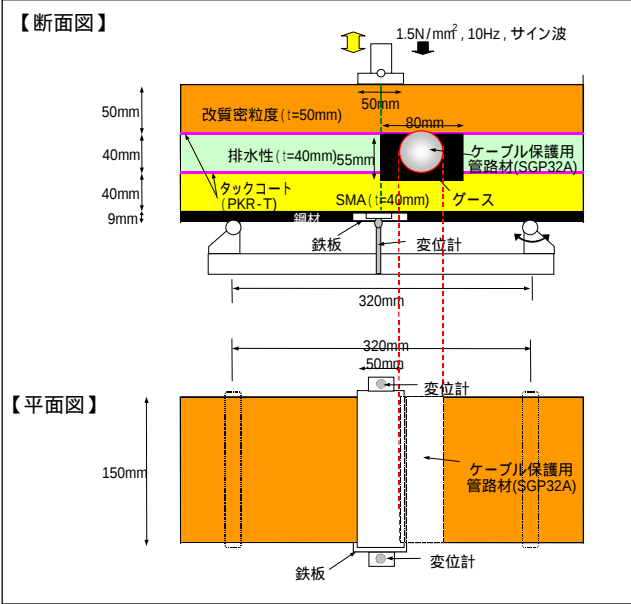


図- 4 繰返し載荷試験機による曲げ試験概念図

表- 2 繰返し載荷試験概要

項目	試験条件
1 供試体寸法	長 400mm × 奥 150mm × 厚 130mm
2 スパン長	長さ 320mm
3 載荷方法	2 点支持, 1 点載荷(載荷面積: 長 50mm × 奥 150mm)
4 試験温度	10
5 載荷周波数	10Hz
6 載荷荷重の波形	サイン波
7 載荷荷重強度	1.5N/mm ² × 1.5 倍
8 載荷回数	860,000 回 程度 (破壊基準線による当初予測)

試験温度はアスコンの塑性変形(わだち掘れ)を抑制することを考慮して 10 とした。10Hz で 24 時間連続載荷した場合の載荷回数を示した。