

空港土木施設設計要領 (舗装設計編) の改訂について

国土交通省国土技術政策総合研究所
空港研究部 空港施設研究室長
坪川 将丈

空港土木施設設計要領(舗装設計編)

2019年3月まで

- ・新設時の設計等 ⇒ 空港舗装**設計**要領
- ・補修時の調査、評価、設計等 ⇒ 空港舗装**補修**要領



2019年4月から

- ・空港土木施設設計要領(**舗装設計編**)



- ・【設計要領】 = 本編・付録
国土交通省航空局サイトに掲載(「航空局 技術情報」で検索)
- ・【設計要領**及び設計例**】 = 本編・付録・**設計例**
(一財)港湾空港総合技術センターが書籍を発刊

最近10年の主な改訂内容

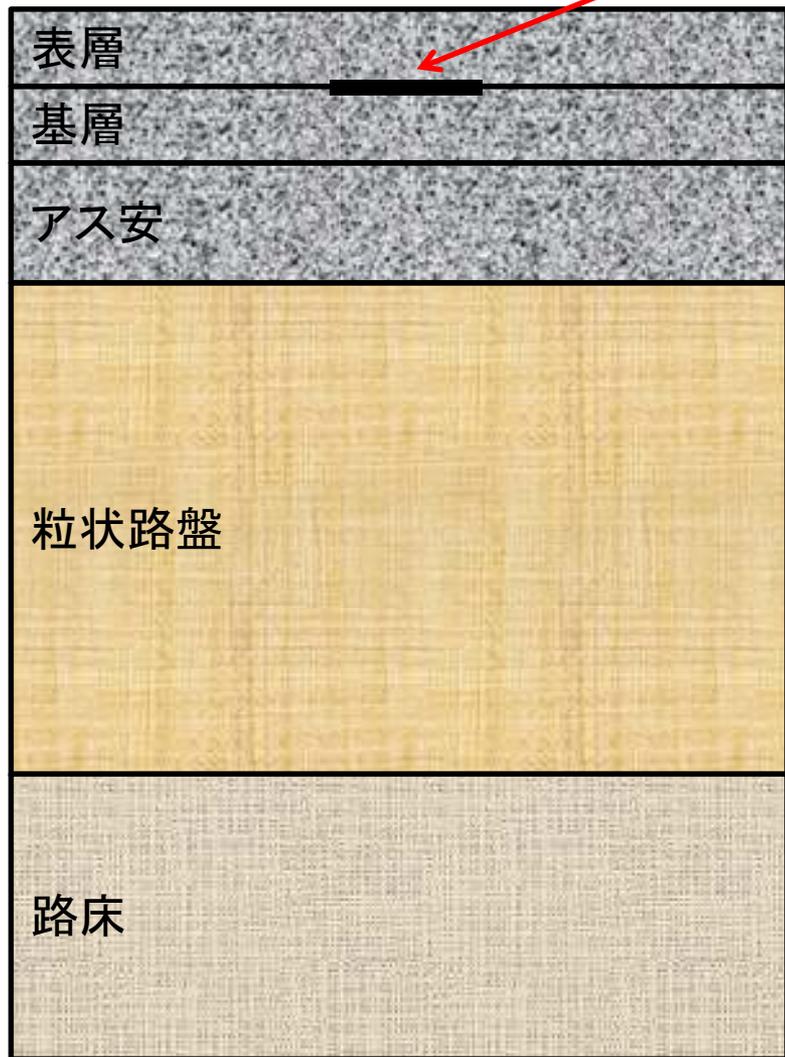
- 平成20年7月 空港舗装構造設計要領 → **空港舗装設計要領を制定**
・理論的設計法を導入
- 平成23年4月 空港舗装補修要領(案) → **空港舗装補修要領を制定**
・わだち掘れ量計測位置, FWD評価方法を改訂
・層間剥離の検出法として熱赤外線調査を追加
・夜間工事のタックコートとしてPKM-Tを原則
・表層の一層最小施工厚を改訂(骨材最大粒径の2.0倍→2.5倍)
・再生アスコン採用時に水浸WT試験での確認を追加
・グルーピング養生期間を短縮(2か月→改質Asの場合1ヶ月)
・コンクリート薄層付着オーバーレイ工法を追加
- 平成25年4月 破損状況に応じて表層に改質アスファルトを標準
平成28年4月 エプロン打ち換えにおけるコンクリート舗装の新旧版接続の緩和
破損状況に応じて基層に改質アスファルトを標準
- 平成29年4月 路面性状調査の改訂(わだち掘れ, 平坦性)
- 平成30年4月 タックコートの養生時間短縮に有効な方法を記載
- 平成31年4月 2つの要領を統合 → **空港土木施設設計要領(舗装設計編)を制定**
グルーピング養生期間を短縮(改質Asの場合1か月→7日)
基層の一層最小施工厚を改訂(最大骨材粒径の1.5倍→2.0倍)

今後改訂を予定する内容

- ①材料等に関する改訂予定
- ②路面性状調査に関する改訂予定
- ③ヘリポート舗装設計法に関する改訂予定
- ④理論的設計法に関する改訂予定
- ⑤経験的設計法に関する改訂予定

①-1 タックコート

層間剥離



2000年7月2日 名古屋空港滑走路
(8m × 4m × 5cmが破壊)

①-1 タックコート

【課題】

アスファルト舗装の切削打換え工事において、基層表面に散布するタックコート(アスファルト乳剤)の養生が不十分となり、付着不良の場合がある。

剥離箇所は付着していないため突発的破損につながるほか、剥離箇所に水が入るとブリストリング(表面が膨れる)に発展する可能性もある。

【対応】

平成30年4月に「**タックコートの養生時間を短縮するためには、改質アスファルト乳剤PKM-Tと分解促進剤を同時散布する方法が有効である**」と改訂した。

この際に「規格が完成したら標準としてもよいのでは」との意見があったが、令和元年度に日本アスファルト乳剤協会が「PKM-T-Q」の名称で規格化したことから、空港アスファルト舗装の工事においてPKM-T-Qを標準とすることを予定。

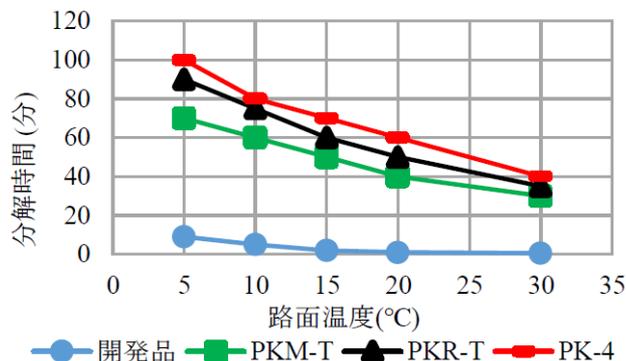


図-2 路面温度と分解時間の関係

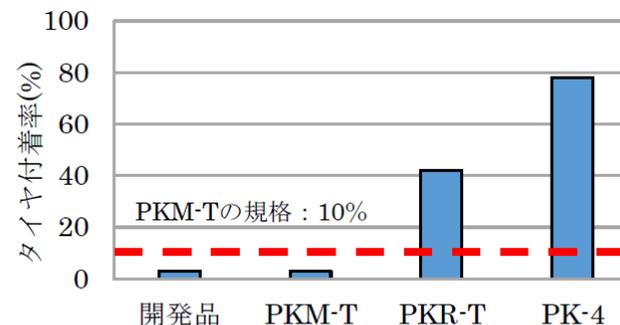


図-4 タイヤ付着率試験結果

開発品

= PKM-T + 分解促進剤

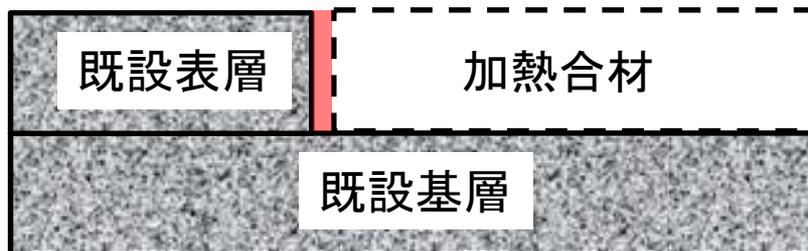
= PKM-T-Q (2019年に日本アスファルト乳剤協会にて規格化)

①-2 アスファルト舗装の成型目地材

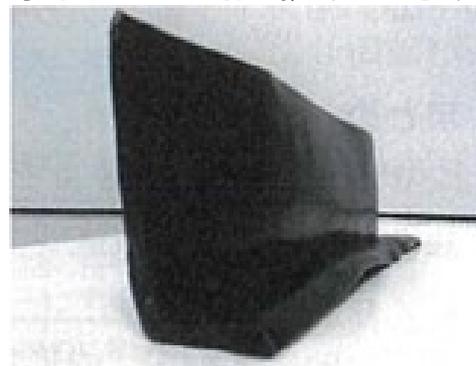
【課題】 アスファルト舗装の施工目地が開く

【対応】 舗設におけるコールドジョイント部に成型目地材を使用することにより、敷きならした加熱合材の熱により成型目地材が溶け、施工目地の付着の改善が期待できるため、事例として記載する予定。

成型目地材



断面図



使用実績の一例

空港名	時期	使用延長
釧路空港 滑走路	2019年10月	90m
函館空港 構内道路	2019年8月	10m
仙台空港 滑走路・誘導路	2018年12月～2019年2月	1345m
成田国際空港 A滑走路	2019年1月～3月	380m
中部国際空港 エプロン	2019年3月	560m

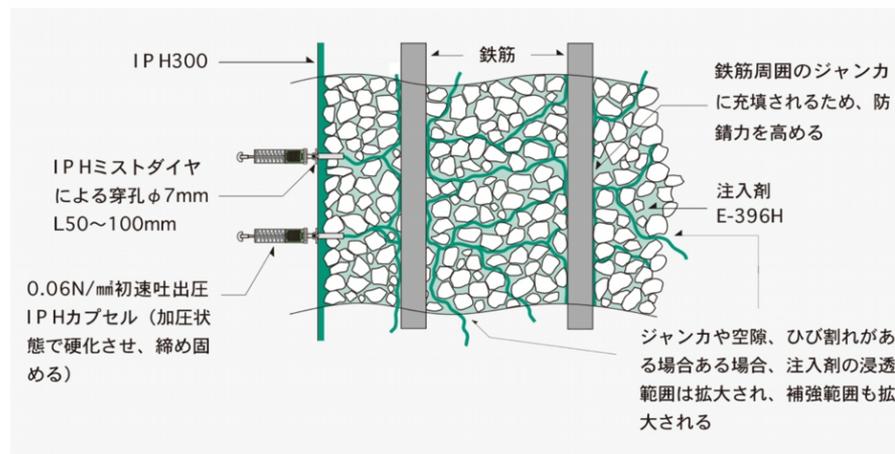
①-3 コンクリート舗装表面への注入材料

【課題】 コンクリート舗装が老朽化し、微細なクラック・荒れ等が目立つ

【対応】 微細なクラック等にコンクリート舗装表面から樹脂を注入充填することで、延命化が期待できるため、事例として記載する予定。



県営名古屋空港のPC舗装での
施工状況



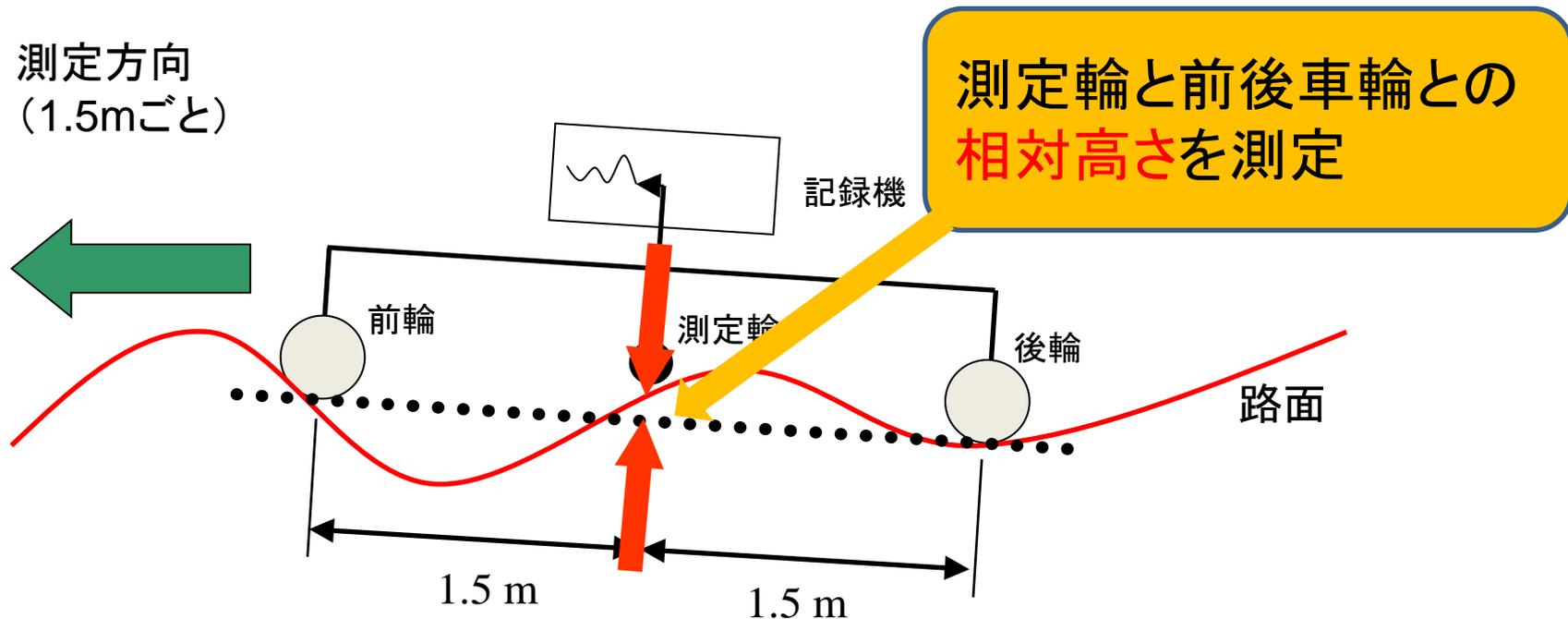
施工法の一例
(一般社団法人IPH工法協会サイトより)

※令和元年11月22日(金) 空港技術報告会(イイノホール&カンファレンスセンター)
において報告される予定

② 路面性状調査に関する改訂予定

平成29年まで使用していた平坦性指標(σ)

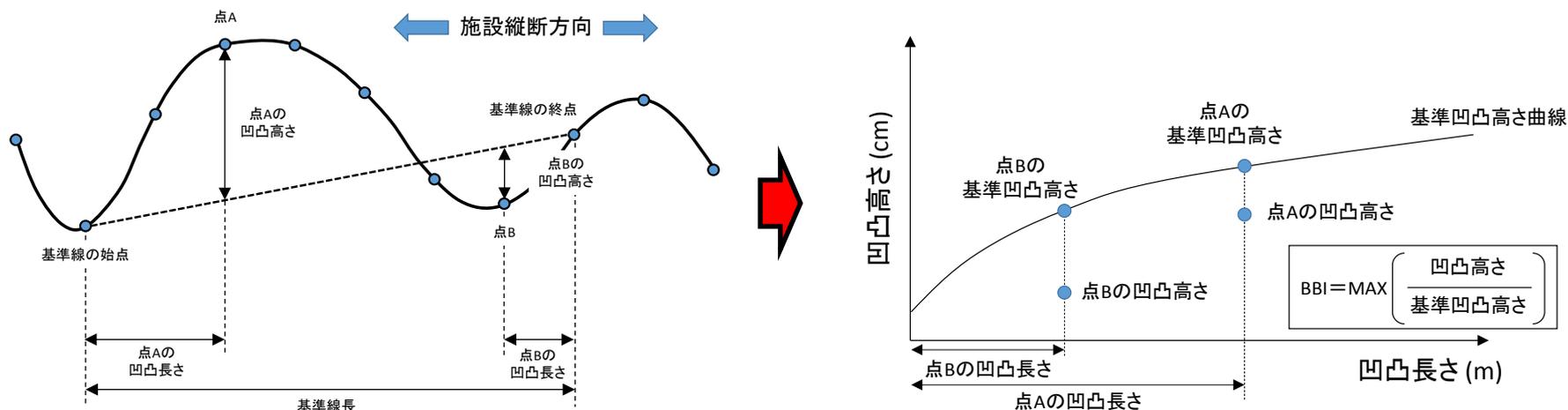
3mプロフィールメータ(の原理を用いた路面性状測定車)による
1.5mごとの相対高さの標準偏差



3mプロフィールメータの原理による平坦性 σ の原理

② 路面性状調査に関する改訂予定

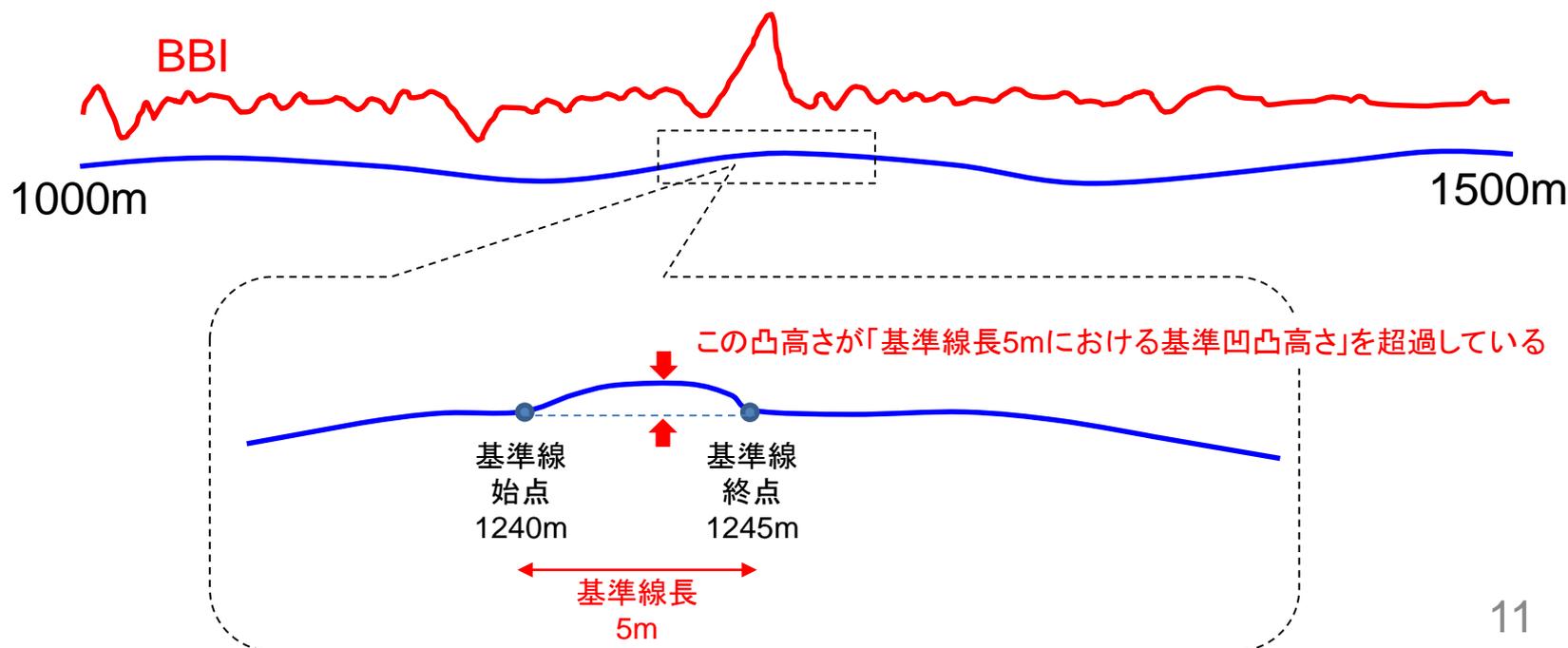
- 現行の平坦性指標σは路面の凹凸のうち「ある一定の短波長の凹凸の標準偏差」を計測しているに過ぎなかった
- 航空機の走行に影響を及ぼす「波長の長い路面の凹凸」を評価可能なBBI (Boeing Bump Index) による評価方法に改訂した(平成29年4月).
- 路面プロファイルから「様々な長さにおける凹凸高さ」を検出し、それをICAO Annexに記載のある「基準凹凸高さ」で除すことでBBIを算出する。



BBI算出方法の概要

② 路面性状調査に関する改訂予定

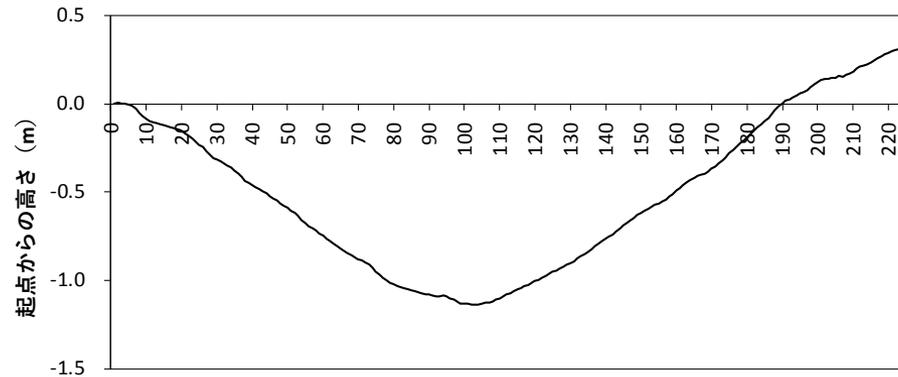
- 「BBIが1.0を超過」が、運航に支障があるとは限らない(機材・走行速度の違い).
- そのため「航空会社にヒアリング」という1ステップをかませている.
- 「1.0を超過した箇所」については、パイロットからのクレームがなければ、特に問題ないと考えてよい.
- 肝要なのは、これまでの平坦性 σ では把握できていなかった「どの凹凸が比較的大きいのか」をBBIにより管理者が把握することが肝要. BBIの算出に使用された基準点始点・基準点終点も参考にしてください(BBIの1.0以上未満しか見てない管理者が多い).



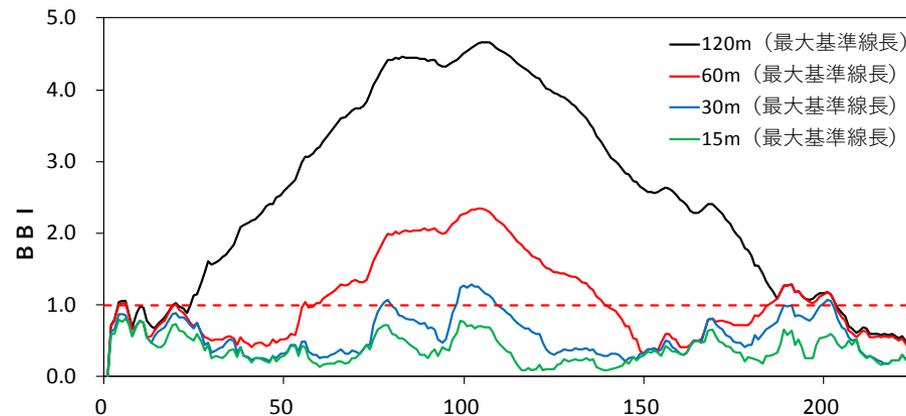
② 路面性状調査に関する改訂予定

【課題】 勾配変化点が多く存在する誘導路ではBBIが大きく算出される。

【対応】 最大基準線長（現行は120m）を短くする等で対応を検討中。



起点からの距離 (m)



起点からの距離 (m)

③ ヘリポート舗装構造設計法に関する改訂予定

- 【課題】 ①平成6年「ヘリポート土木施設設計資料」以降、更新されておらず、内容が古い。
②コンクリート舗装の設計法がない。

【対応】

- ・設計要領(舗装設計編)と見比べ、舗装厚表などで古い箇所を改訂する。
- ・ヘリコプター荷重区分を見直し、2区分から3区分に変更する。
- ・コンクリート舗装の設計法を新設する。

ヘリコプター荷重区分

(現)荷重区分	(現)最大離陸重量	(新)荷重区分	(新)最大離陸重量
		LH-1	130kN以上200kN未満
LH-1	4t以上	LH-2	40kN以上130kN未満
LH-2	4t未満	LH-3	40kN未満

※国内で保有されている最も大型の機材はアグスタEH101で、最大離陸重量143kNである。

④ 理論的設計法に関する改訂予定

【課題①】 アスファルト混合物の弾性係数下限値の設定

理論的設計法では、載荷速度・毎月の平均気温からアスファルト混合物の弾性係数を算出して構造解析を行うが、夏季の平均温度を考慮した場合に極端に小さな値となることがある。

【対応①】

各種文献・試設計を参考に、800MPaを下限とする。

【課題②】 設計対象小型機のグルーピング・省略の可

大型機が就航している空港では、小型機の影響は非常に軽微であるものの、それぞれの航空機諸元により舗装内ひずみを算出する必要がある(全体に対して影響が小さいのに手数がかかる)。

【対応②】

各種試算の結果、LA-1・LA-12の場合には、以下のように簡略化してよいこととする。

- ・LA-1の場合 LA-2機材の交通量は代表的な機材に集約してよい
 LA-3以下は考慮しなくてよい
- ・LA-12の場合 LA-3以下は考慮しなくてよい

⑤ 経験的設計法に関する改訂予定

★交通量の算出

- ・機材別交通量(離着陸回数)
- ・機材別ESWL(等価単車輪荷重)

※ESWL:複数車輪による応答(たわみ・応力)と等価となるよう換算した単車輪荷重

- ・機材別の横断方向の輪数
- ・航空機の横ブレを考慮する係数(0.03~0.05)

から【設計反復作用回数】を算出

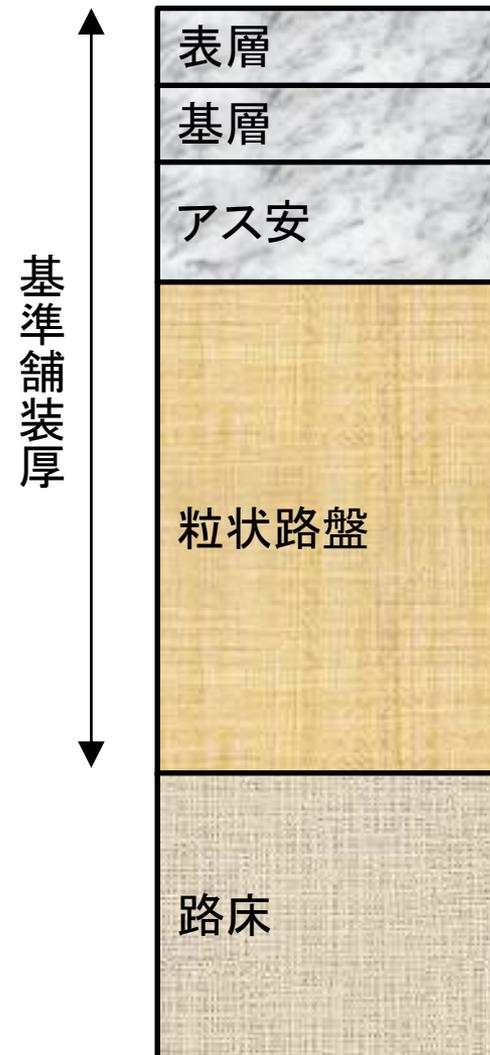
★舗装厚の算出

- ・設計反復作用回数
- ・路床の設計CBR
- ・設計航空機荷重区分に応じた代表機種種のESWL

から【基準舗装厚】を算出



舗装設計に必要なとなる
・設計反復作用回数
・設計航空機荷重区分
の2つを見直す

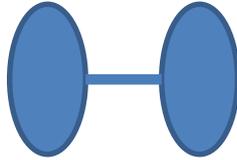


⑤ 経験的設計法に関する改訂予定

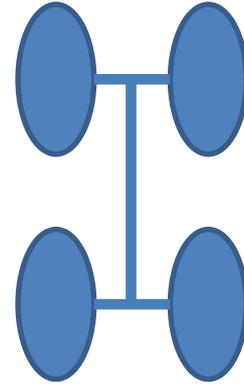
1脚1輪



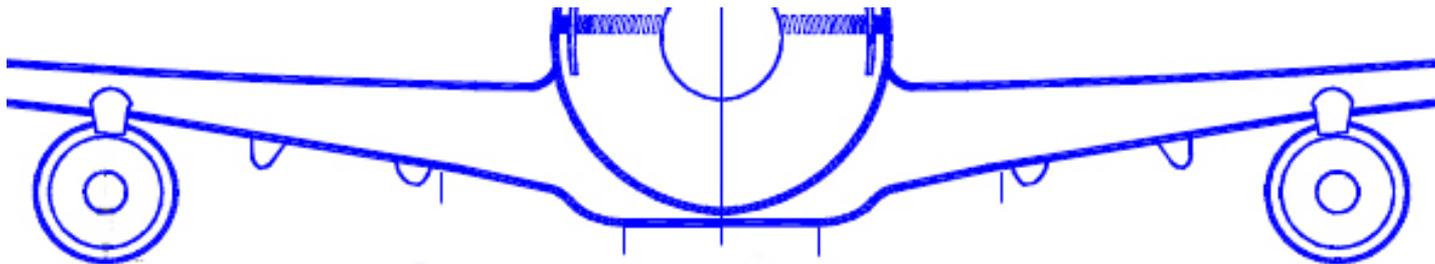
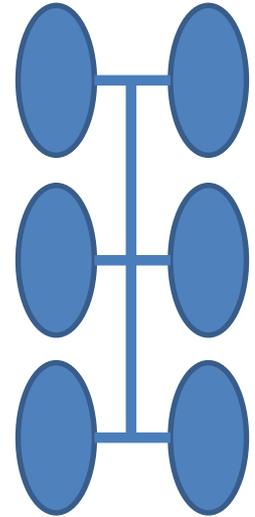
1脚2輪



1脚4輪



1脚6輪



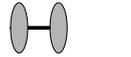
B747-400



A300-B4



A320-200



DC-9-41



DHC-8



⑤ 経験的設計法に関する改訂予定

① ② ③ ④ ⑤

LA-1代表機種 離着陸回数機材別ESWL代表機種ESWL 代表機種ESWL 交通量に換算 航空機を後ろから見た時の横断方向の主脚車輪の数を換算交通量に乗じる

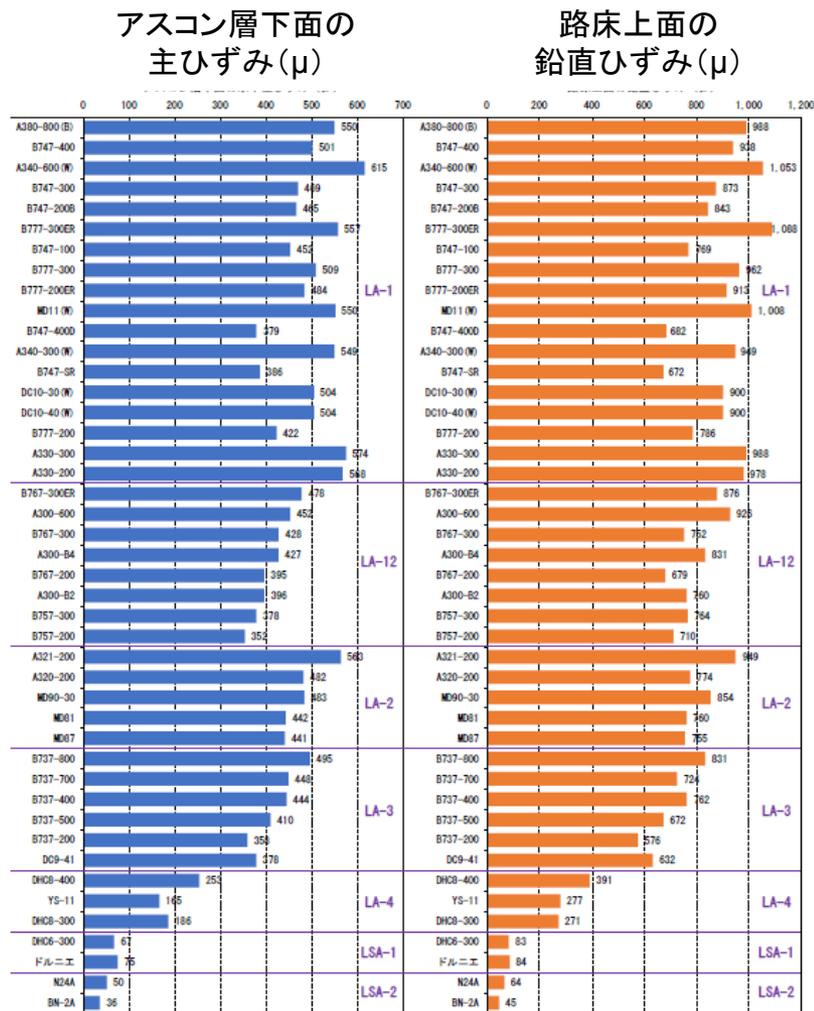
機種	国際・国内	離着陸別	n_i	P_i	P_0	$\sqrt{P_i/P_0}$	\bar{n}_i	W_i	$W_i \times \bar{n}_i$
B747-400	国際	離陸	10,000	555	555	1.000	10,000	8	80,000
		着陸	10,000	401	555	0.850	2,512	8	20,096
	国内	離陸	50,000	421	555	0.871	12,382	8	99,056
		着陸	50,000	401	555	0.850	9,866	8	78,928
B777-300	国内	離陸	30,000	580	555	1.022	37,637	4	150,548
		着陸	30,000	553	555	0.998	29,388	4	117,552
DC-10	国内	離陸	23,000	390	555	0.838	4,520	4	18,080
		着陸	23,000	373	555	0.820	3,772	4	15,088
A300	国内	離陸	50,000	438	555	0.888	14,883	4	59,532
		着陸	50,000	389	555	0.837	8,571	4	34,284
A320	国内	離陸	35,000	275	555	0.704	1,581	4	6,324
		着陸	35,000	267	555	0.694	1,424	4	5,696
DC-9	国内	離陸	60,000	218	555	0.627	991	4	3,964
		着陸	60,000	194	555	0.591	667	4	2,668
$\bar{n} = \sum W_i \times \bar{n}_i$									691,816
大型ジェット機の就航する滑走路での反復作用回数 ($\alpha=0.03$)							$N = \alpha \times \bar{n}$		20,750
大型ジェット機の就航する誘導路での反復作用回数 ($\alpha=0.04$)							$N = \alpha \times \bar{n}$		27,670

⑥横ブレを考慮した係数を乗じる

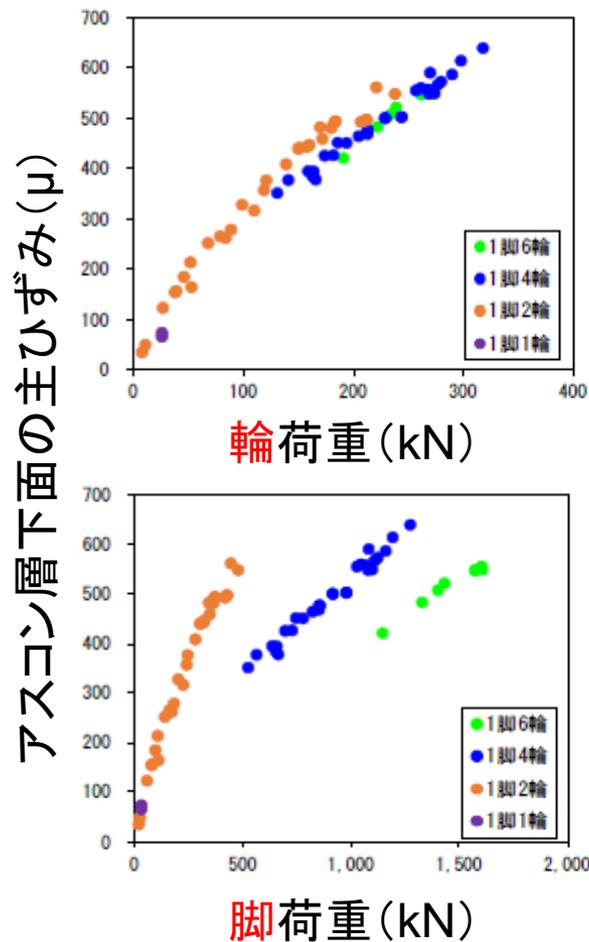
課題	困ること	対応
代表機種が古い。 ・LA-1 B747-400(国内退役) ・LA-12 A300-B4(就航無し) ・LA-3 DC-9-41(退役)	代表機種(のESWL)を変更すると、設計反復作用回数は大きく変動する。	代表機種・機材別のESWLに基づく交通量指標ではなく、特定の機材に寄らない「代表輪荷重」に基づく新しい交通量指標を導入する。
各機材のESWLが必要。	新しい機材の登場に合わせて、構造計算により算出する必要がある。	例)LA-2の代表輪荷重は180kN
機材毎の脚の位置の違いが考慮されていない。	実態と乖離している。	理論的設計法で用いられているパス/カバレッジ率(機材Aが滑走路を何回走行したら、滑走路中心からNmの位置を1回踏んでくれるという数値)を導入する。
横ブレは考慮されているが、かなり簡略化された概念に基づく(正確ではない)。		

「代表する●kNの輪荷重が20年間で最大●回踏む回数」という明確な交通量指標に改訂する 17

⑤ 経験的設計法に関する改訂予定



同一舗装厚において舗装内に生じるひずみは、
区分により逆転している。



輪荷重と比例関係にあるものの、
1脚1輪・2輪とそれ以外では傾向がやや異なる。

⑤ 経験的設計法に関する改訂予定

新しい設計航空機荷重区分(案)

設計航空機荷重区分	区分ルール(輪荷重)	区分ルール(脚車輪数)	使用する設計法
LA-1	220kN以上	4輪以上	理論的設計法
LA-12	130kN以上 220kN未満		
LA-2	130kN以上 220kN未満	2輪以下	経験的設計法
LA-3	70kN以上 130kN未満		
LA-4	26kN以上 70kN未満		
LSA-1	26kN未満	1輪	
LSA-2	26kN未満	2輪	

課題	困ること	対応
設計航空機荷重区分のどれに該当するかの明確なルールがない。	新しい機材の登場に合わせて、決定する必要がある。	機材別の脚荷重ではなく「機材別の輪荷重」に基づく区分ルールを作成する。
舗装内に発生するひずみ・応力が設計航空機荷重区分の序列と一致しない。	実態と乖離している。特にA321/320やB737が過小評価されている。	

- ・輪荷重を基本とした設計航空機荷重区分に再編
- ・代表する●kNの輪荷重に対して設計するための基準舗装厚算定式を導入する



前述の新しい交通量指標の導入と合わせ、現行の舗装厚に対してキャリブレーションを実施し、ドラスティックな改訂にならないよう配慮する。

おわりに

設計要領改訂のきっかけは

- ① 国総研からの提案
 - ② 本省航空局からの課題の提示
 - ③ 民間企業からの情報提供
- があります。

何かお困りの点・良い情報がありましたら、
随時ご提供頂けると幸いです。

当研究室の研究成果・講演資料等は、全て研究室サイトで
公開していますので、「空港施設研究室」で検索してください。