

2013/10/31(東京) 2013/11/5(大阪)  
空港土木施設技術に関する講演会

# 空港舗装設計要領及び 空港舗装補修要領の 最近の改訂内容

国土技術政策総合研究所  
空港研究部 主任研究官 坪川将丈

1

## 空港施設の設計に関する基準・要領

- ①空港土木施設の設置基準解説  
幅, 長さ, 勾配, 離隔距離等  
→具体の設計は②～⑤へ
- ②空港土木施設構造設計要領  
地下埋設物, 排水施設等の設計
- ③空港土木施設耐震設計要領  
耐震設計の統一的事項→具体の設計は②へ
- ④空港舗装設計要領  
新設時の基本施設等の舗装の設計
- ⑤空港舗装補修要領  
基本施設等の舗装の調査, 評価, 補修設計

2

## 空港舗装設計／補修要領の最近の改訂

- 平成20年(2008年)7月  
空港舗装設計要領の制定  
(旧・空港舗装構造設計要領は廃止)
- 平成23年(2011年)4月  
空港舗装補修要領の制定  
(S59以来の(案)がとれた)
- 平成24年(2012年)4月  
空港舗装設計要領・補修要領の一部改訂
- 平成25年(2013年)4月  
空港舗装設計要領・補修要領の一部改訂

3

## 平成20年7月 空港舗装設計要領の 主な改訂内容

4

## 改訂の背景

### ①性能規定化

空港土木施設の設置基準解説が性能規定化  
 →具体的な設計法を記載した要領も性能規定化

### ②理論的設計法の導入

大きな交通量に対応していない(外挿するしかない)ことその他、  
 空港の設計条件に応じた舗装設計を導入することを目的とした

※「理論的設計法を追加したこと」が性能規定化ではなく  
 「具体的な性能を明示したこと」が性能規定化である

※「性能を照査する方法」として  
 経験的設計法や理論的設計法がある

5

## 求められる性能と照査方法(As)

求められる性能	照査項目	照査内容	具体的照査方法の有無
荷重支持性能	① 路床の支持力に対する照査	疲労度	○
	② 路盤の支持力に対する照査	路盤支持力	みなし (最小厚規定と共通仕様書)
	③ 凍上に対する照査	凍結深さ	○
	④ 疲労ひび割れに対する照査	疲労度	○
	⑤ 温度ひび割れに対する照査	引張強度	みなし (④と共通仕様書)
走行安全性能	⑥ すべりに対する照査	すべり摩擦係数	みなし (グルーピングと共通仕様書)
	⑦ アスファルト舗装のわだち掘れに対する照査	わだち掘れ量	みなし (荷重支持性能と共通仕様書)
表層の耐久性能	⑧ 気象劣化に対する照査	なし	みなし (共通仕様書)
	⑨ アスファルト混合物の剥離に対する照査	なし	みなし (共通仕様書)
	⑩ アスファルト混合物の骨材飛散に対する照査	なし	みなし (共通仕様書)
	⑪ アスファルト混合物層の層間剥離に対する照査	層間せん断強度	みなし (共通仕様書)

6

## 求められる性能と照査方法(Co)

求められる性能	照査項目	照査内容	具体的照査方法の有無
荷重支持性能	① 路床・路盤の支持力に対する照査	たわみ量	○
	② コンクリート版の疲労ひび割れに対する照査	疲労度	○
	③ 凍上に対する照査	凍結深さ	○
走行安全性能	④ すべりに対する照査	すべり摩擦係数	みなし (荷重支持性能と共通仕様書)
	⑤ 段差に対する照査	段差量	みなし (スリップバーとダウエルバー)

7

## 経験的設計法(As)

路床の設計CBRとESWL(等価単車輪荷重)から  
 基準舗装厚を算定する。

→設計要領には設計表を用意

設計反復作用回数10000回の  
 基準舗装厚

$$\frac{t}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \cdot \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \cdot \frac{CBR}{ESWL/A}} - \frac{1}{\pi}}$$

ここに、

$t$ : 舗装厚(mm)

$A$ : 1車輪の接地面積(mm<sup>2</sup>)

$p$ : 接地圧(N/mm<sup>2</sup>)

設計反復作用回数による  
 基準舗装厚の補正

$$t_N = \alpha \times t_0$$

$$\alpha = 0.23 \cdot \log(N/2) + 0.15$$

ここで、

$N$ : 設計反復作用回数

$t_N$ : 設計反復作用回数Nに対する基準舗装厚

$t_0$ : (1)で求められる基準舗装厚

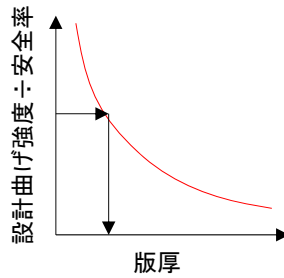
8

## 経験的設計法 (Co)

コンクリートの設計曲げ強度と安全率から版厚を算定する。  
 →設計要領には設計表を用意

版厚の算定曲線

安全率



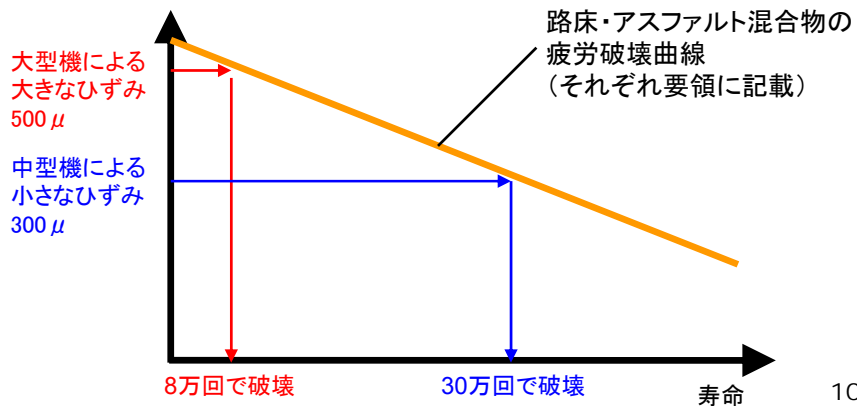
設計反復作用回数の区分	安全率
M	1.7
N	2.0
O	2.2

9

## 理論的設計法

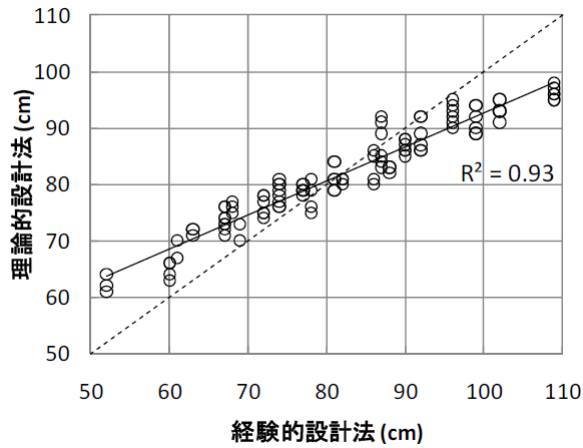
計算ひずみ・応力と疲労破壊曲線から  
 累積ダメージ(疲労度)を計算する。

引張ひずみ (As舗装のアスコン下面)  
 圧縮ひずみ (As舗装の路床上面)



10

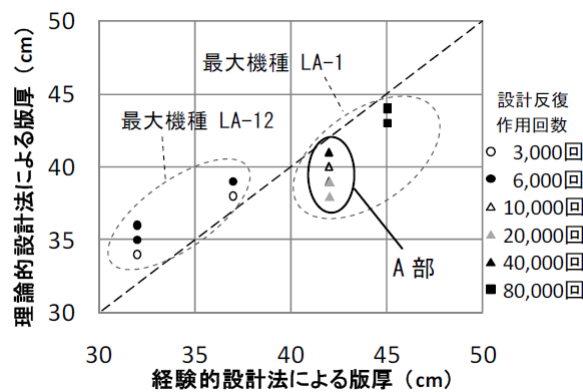
### 舗装厚の比較 (As)



舗装厚が薄くなる条件(荷重小・CBR高・交通量少など)では、理論的設計法の方が厚くなる傾向がある。

11

### 舗装厚の比較 (Co)



版厚が薄くなる条件(荷重小・K値高・交通量少など)では、理論的設計法の方が厚くなる傾向がある。

12

## 平成23年4月 空港舗装補修要領の 主な改訂内容

13

### 改訂の背景

- ①性能規定化  
H20年に空港土木施設の設置基準解説,  
空港舗装設計要領が性能規定化  
→姉妹編の空港舗装補修要領も性能規定化
- ②種々の知見の反映  
長らく改訂されていなかったため, これまでの知見等を反映

14

## (1) 路面性状調査による評価

B区分を3区分とした

表-2.12 PRIによる評価基準の例

舗装区域	評価				
	A	B1	B2	B3	C
滑走路	8.0 以上	6.6 以上 8.0 未満	5.2 以上 6.6 未満	3.8 以上 5.2 未満	3.8 未満
誘導路	6.9 以上	5.6 以上 6.9 未満	4.3 以上 5.6 未満	3.0 以上 4.3 未満	3.0 未満
エプロン	5.9 以上	3.9 以上 5.9 未満	2.0 以上 3.9 未満	0 以上 2.0 未満	0 未満

(注) A：補修の必要はない  
 B：近いうちの補修が望ましい  
 (B1：優先度 低, B2：優先度 中, B3：優先度 高)  
 C：できるだけ早急に補修の必要がある

路面の評価は、路面性状調査の結果より求められる  
**ひび割れ率、わだち掘れ、平坦性およびPRIに基づき**  
 行うものとする。

15

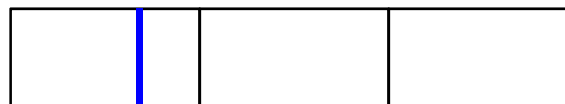
## (2) わだち掘れ調査方法

わだち掘れ測定位置

As舗装では、ひび割れ・平坦性が全ユニットでの測定なのに対し  
 わだち掘れのみが連続3ユニットに1箇所の測定であったため、  
**全てのユニットにおいて固定位置**で測定することとした。

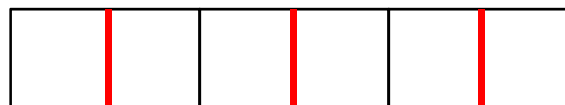
← 縦断方向

改訂前



青線：連続3ユニットで最大位置(調査年度により変動)

改訂後



赤線：ユニット中央(調査年度によらず固定位置)

16



## (2) わだち掘れ調査方法



横断プロフィールグラフ



ハンディプロファイラー

追加

17

## (3) 平坦性調査方法について

### 改訂前

- ・3mプロフィールメータ(の原理)により測定
- ・評価指標は $\sigma$

### 問題点

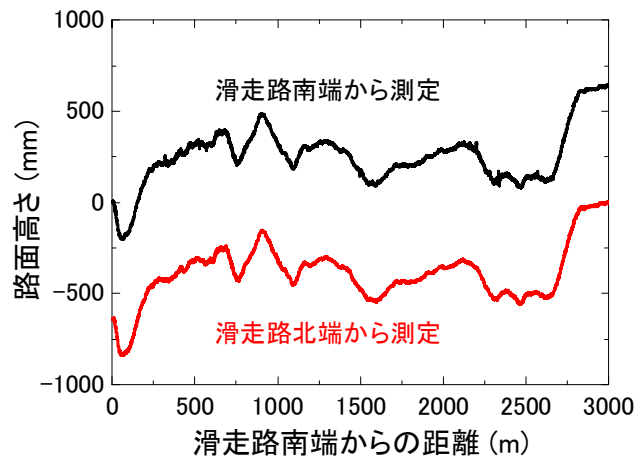
- ・航空機の走行に支障を与える凹凸の検出が困難.

### 改定後

- ・絶対縦断プロファイルを測定可能な機器を使用する  
路面性状測定車の一部  
ハンディプロファイラなど
- ・当面は平坦性 $\sigma$ による評価を継続

18

### (3) 平坦性調査方法について



10cmピッチで測定した3000m滑走路の絶対縦断プロファイル  
(測定開始点の高さをゼロ)

19

### (4) FWDによる調査方法

FWD(フォーリング・ウエイト・デフレクトメータ)  
舗装の支持力を非破壊で測定する装置



空港用FWD(国総研・港空研・空港会社所有)  
最大荷重 : 98, 147, 196, 245 kN  
載荷版直径 : 450 mm



道路用FWD(舗装会社所有)  
最大荷重 : 49~147kN  
(中には196, 245kNもある)  
載荷版直径 : 300 mm

20

#### (4) FWDによる調査方法

- ・評価方法はD0たわみを用いることとした。  
→たわみ曲線を用いた逆解析弾性係数の推定は、  
結果の信頼性に難がある場合があるため。
- ・使用するFWDは空港用、道路用どちらでもよいこととした  
→比較的大きなD0を用いた評価としたため。  
→たわみ曲線を使用した検討(逆解析等)の場合は、  
D150等も使用するため、なるべく大きな荷重の方が良い。  
→舗装厚に応じた載荷荷重の目安の表を掲載しているが、  
あくまで参考(147kNタイプはそれほど多くは無い)。
- ・新設、大規模改修の後、FWD調査により初期値の計測を標準とした。  
→大規模改修前の構造調査でFWD調査が行われるが、  
その施設の供用後の初期値があった方が有用であるため。
- ・国総研では解析プログラムを所有しているので、  
調査で使用したい場合は調査発注前にご連絡ください。

21

#### (5) 熱赤外線調査



平成12年夏 名古屋空港での層間剥離・ブリストリングによる破損

22

## (5) 熱赤外線調査

- ・層間剥離を面的に調査する手法
- ・舗装表面温度を観察し、温度が低い箇所(夜間の場合)を調査

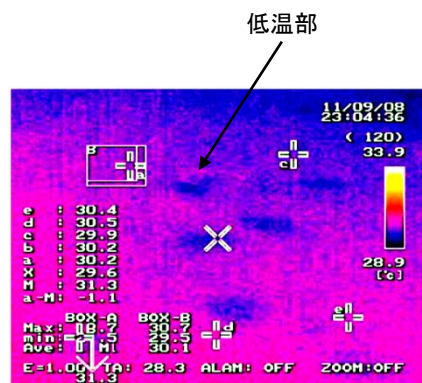


23

## (5) 熱赤外線調査



可視画像



熱赤外線画像  
(紫色部が低温部)

気温が低下すると調査が困難となるため、  
夏季 あるいは 日中 に調査することが望ましい。

24

## (6) タックコートについて



界面で破壊しにくい



界面で破壊しやすい

夜間の施工においては日本アスファルト乳剤協会規格  
JEAAS-2011に示されているPKM-Tを使用することを原則、  
昼間の施工においても使用が望ましい。

25

## (7) アスコン最小施工厚・骨材粒径

### 改定前

表層は最大骨材粒径の2倍以上

### 問題点

最大骨材粒径に対して施工厚が薄い場合、  
施工性や平坦性が低下する。

### 改定後

表層は最大骨材粒径の2.5倍以上

基層で交通開放する場合、基層は最小4cm

26

## (7) アスコン最小施工厚・骨材粒径

- ・表層のアスファルト混合物に使用する骨材の最大粒径は設計航空機荷重区分がLA-3以上の場合(ショルダー・過走帯の舗装を除く),  
耐流動性の観点から20mm以上が望ましい。
- ・表層, 基層の施工については, 薄い層の施工を避け, 1層の施工厚を厚くし, 施工層数および境界面を少なくすることに留意する必要がある。

27

## (8) 再生アスファルト混合物

改定前

新規アスファルト混合物と同様の配合規準

問題点

再生アスファルト混合物は水に対する抵抗性が低く, 長期的には, 骨材とバインダが剥離し, ポットホール等の破損が発生しやすい。

改定後

新規アスファルト混合物の配合基準に加え,  
水浸ホイールトラッキング試験による剥離面積率が5%以下であることを確認する。

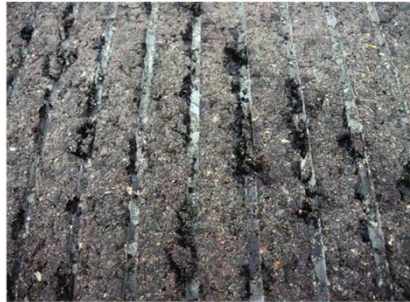
表層NG, 基層は再生材混入率40%までという規定は変更なし

28

## (9) グルービング養生日数

補修工事後にグルービングを施工する場合には、表層のアスファルト混合物を施工してから2ヶ月以上経過した後に行う必要がある。

ただし、表層に改質アスファルト混合物を用いる場合には、施工してから1ヶ月以上経過した後にグルービングを施工することができる。



施工直後に目つぶれ・角欠けが発生したグルービング 29

# 平成24年4月 空港舗装補修要領 空港舗装設計要領 における 主な改訂内容



## (1) 理論的設計法と経験的設計法(設計要領)

理論的設計法では、交通量が少ない場合、設計交通量により舗装厚が大きく変動すること、理論的設計法による舗装厚が厚くなる傾向があることから改訂した。

・新設時の設計において、経験的設計法と理論的設計法のどちらを用いてもよいこととなっていたが、  
「交通量が少ない場合(設計反復作用回数が10,000回未満)の場合は経験的設計法を使用できる」と改めた。

・新設時の設計において、理論的設計法により照査を行う場合、滑走路中間部に加え縁端帯、ショルダー、過走帯の舗装厚についても、経験的設計法における減厚係数を使用した方法を使用してよいこととした。

31

## (2) FWDによる調査方法(補修要領)

・FWD載荷荷重について、一般的な呼称に改めた。  
改訂前: 50, 100, 150, 200kN  
改訂後: 49, 98, 147, 196kN

例えば「載荷荷重100kN以上」という調査仕様の場合、98kNのFWDはNGとされた場合があるため。

・「付録-4 FWD調査」に、測定位置、測定項目、整理項目の詳細を追加した。

32



# 平成25年4月(予定) 空港舗装補修要領 空港舗装設計要領 における 主な改訂内容

33

## (1) 改質アスファルト混合物について

改質アスファルトの使用を標準とする場合を記載

### 補修要領

施設の長寿命化等を目的として、以下の場合には、ショルダー及び過走帯を除いた本体部の表層に改質アスファルトを使用することを標準とする。

- ・わだち掘れ、グルーピングの変形、ポットホール、剥離等が多い滑走路、誘導路、エプロン及びGSE通行帯の補修工事
- ・プリスタリング対策として実施する滑走路、誘導路及びエプロンの補修工事

### 設計要領

既存施設の破損状況等から、わだち掘れ、グルーピングの変形、ポットホール、剥離等が懸念される滑走路、誘導路、エプロン及びGSE通行帯の新設工事では、施設の長寿命化等を目的として、ショルダー及び過走帯を除いた本体部の表層に改質アスファルトを使用することを標準とする。

34

## (2) 交通開放を予定する基層混合物について

交通開放を予定する基層混合物に関する規定を追加する。

### 補修要領

最大粒径が20mm以下の骨材を用いる基層にて交通開放する場合は、施工上の最小厚を4cmとすることを標準とし、**当該基層のアスファルト混合物の剥離、骨材飛散及び層間剥離等の早期の発生を抑制する観点から、(5)の規定に関わらず、新材の密粒度アスファルト混合物を使用することが望ましい。**

注)「(5)の規定」とは

再生アスファルト混合物に関する剥離面積率に関する事項(次頁)

35

## (3) 再生アスファルト混合物について

再生混合物に対する水浸ホイールトラッキング試験条件を明記する。

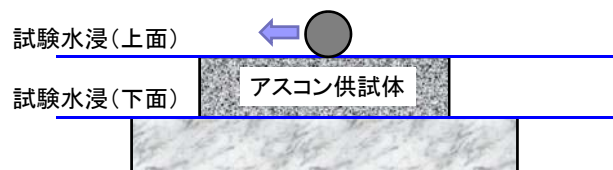
### 設計要領(新設の場合)

**上面からの水の浸透**を対象にした場合  
= 供試体上面まで水浸

### 補修要領(補修の場合)

交通開放予定がある:**上面からの水の浸透**を対象にした場合  
= 供試体上面まで水浸

交通開放予定が無い:**下面からの水の浸透**を対象にした場合  
= 供試体下面まで水浸



36

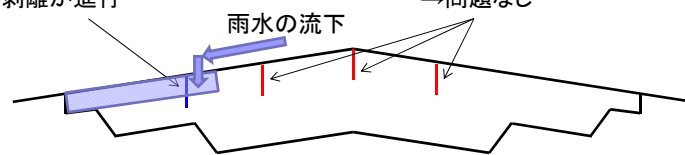
## その他

アスファルト混合物は水に弱い

- ・雨天時の施工
- ・ひび割れ, 施工目地からの浸水
- ・地下水位?
- ・舗装下のコンクリート版?(古い空港)

縁端帯の施工目地の開き  
→航空機が通過しないので後回し  
→剥離が進行

中央帯の施工目地の開き  
→注入  
→問題なし



某空港での破損事例

37

## その他

アスコンが水分に曝されると

- 骨材が水を含む
- 骨材とバインダが剥離する
- ひどい場合は「粒状化」



層間剥離部の緊急補修時に  
切削してみたら基層がザクザクだった例

38

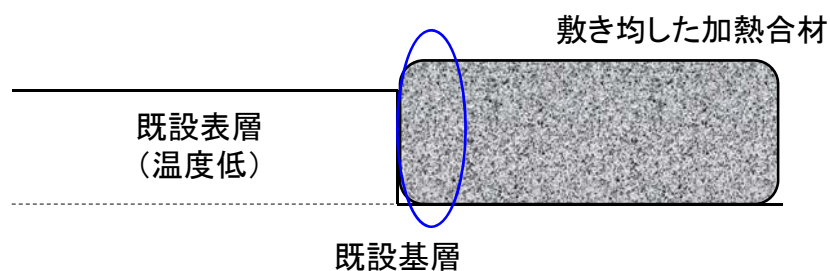
## その他

- ・表層(密粒)よりは基層(粗粒)の方が水には弱い
- ・改質アスファルトはストアスよりも強い
- ・再生アスコンは一般的に弱い  
首都圏は道路舗装で改質が多く使われていることから、  
再生アスコンの旧Asに改質Asが含まれていること、  
関東地方の硬質砂岩は剥離抵抗性が高いことから、  
再生アスコンでも強い場合が多い(長期的には??)
- ・剥離防止剤を入れると剥離抵抗性は高まる
- ・剥離抵抗性の評価方法  
水浸ホイールトラッキング試験, 修正ロットマン試験,  
骨材とバインダの剥離試験

39

## その他

- ・施工目地部の施工



青丸部は温度が低い既設舗装に熱を奪われるため、  
敷き均した加熱合材の温度低下が早い?

→ 締め固まらない

→ 弱点部となりやすい・くっつかないで水の進入を許す

対策としては既設舗装断面に対して

成形目地材の使用 → 合材の熱で既設舗装と付着

バーナーでの加熱 → 温めることでホットジョイント

タックコート塗布 → 既設舗装との付着

40