

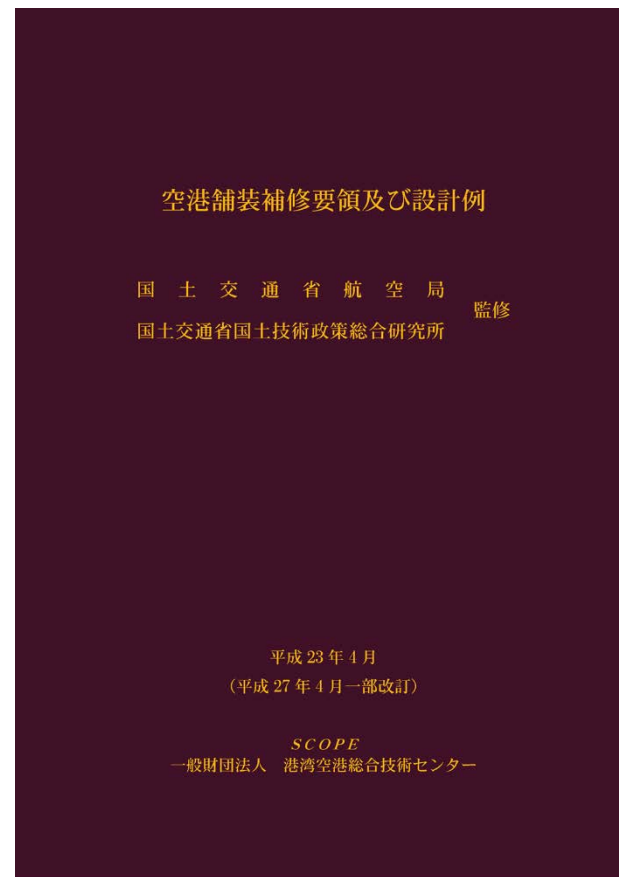
# 空港アスファルト舗装の 路面性状調査に関する改訂

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

# 空港舗装設計要領・空港舗装補修要領



空港舗装設計要領  
平成20年7月  
新設時の設計等



空港舗装補修要領  
平成23年4月  
補修時の調査，評価，設計等

# 空港舗装設計要領・空港舗装補修要領

最近10年間の主な改訂内容

平成16年～平成19年

コンクリート版最大目地間隔7.5m→8.5m

アスコン層最大施工厚7cm→8cm

ブリストリング対策を追加(表層8cm, 空隙率3%以上, 改質Asなど)

改質系アスファルト乳剤を追加

平成20年7月

空港土木施設基準の性能規定化に合わせ,

空港舗装構造設計要領を廃止し, **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

**空港舗装補修要領を制定**

・路面性状調査, FWD調査を改訂

・熱赤外線調査を追加

・夜間工事でアスファルト乳剤PKM-Tを原則

・表層一層最小施工厚規定 骨材最大粒径2倍→2.5倍

・再生材を用いたアスコンの配合設計で水浸WT試験を追加

・グルーピング養生日数を緩和

・コンクリート薄層付着オーバーレイを追加

平成25年4月

表層に改質アスファルトを標準(破損状況に応じて)

平成28年4月

コンクリート舗装の新旧版接続の緩和

# 平成29年4月の改訂内容の解説

## 調査

- ①平坦性評価方法の改訂
- ②わだち掘れ算出方法の改訂
- ③FWD調査の載荷荷重の改訂
- ④既設アスコン層の評価方法の追加

## 設計

- ⑤基層への改質Asの適用
- ⑥施工が困難なAs舗装設計の抑制

# ①平坦性評価方法の改訂

- 空港アスファルト舗装の定期点検である路面性状調査では縦断方向平坦性を平坦性 $\sigma$ により評価してきた.
- 平坦性 $\sigma$ は基準線長3mによる凹凸の評価区間内のバラつき(標準偏差)であり, 航空機の走行に影響すると考えられる長い凹凸を評価できていない.
- IRI(International Roughness Index)は自動車を模擬した数値モデルによる指標であり, 航空機の応答を考慮することは困難.



平成29年4月に国土交通省航空局「空港舗装補修要領」を改訂し, 平坦性評価指標として, FAA(米国連邦航空局)が導入しているBBIを導入した.

# ①平坦性評価方法の改訂

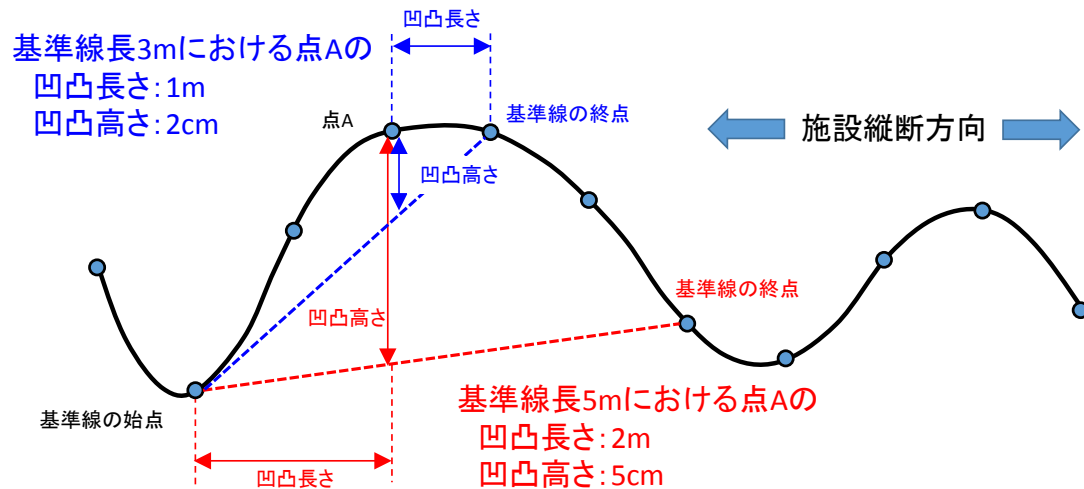
- BBI (Boeing Bump Index) は、航空機の脚部品の疲労やコックピットの振動を考慮したボーイング社の研究成果を基に、FAA (米国連邦航空局) が検討した平坦性評価指標。
- 基準線長を変えて凹凸高さ・凹凸長さを算出し、凹凸長さに応じた凹凸高さ<sup>1</sup>と基準凹凸高さを比較する。比較しやすいよう、正規化したのがBBI。BBIが高い=悪い。

$$\text{BBI} = \text{MAX} \left[ \frac{\text{凹凸高さ}}{\text{基準凹凸高さ}} \right]$$

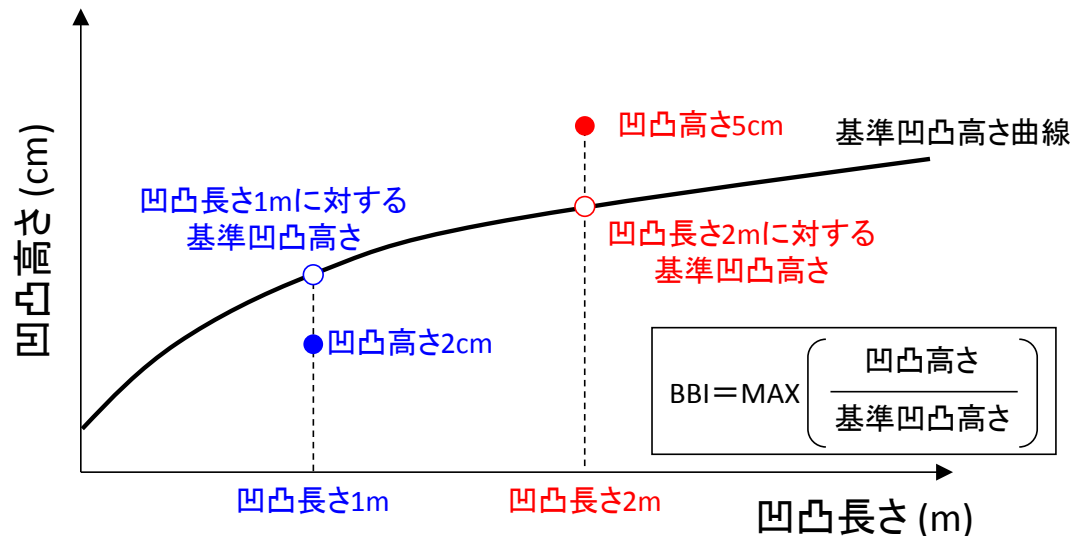
- FAAでは2009年からBBIを導入 (FAA AC150/5380-9 Guidelines and Procedures for Measuring Airfield Pavement Toughness, 2009)
- 空港の施設の幅・勾配・離隔等の標準・勧告等が記載されているICAO Annex14, 5<sup>th</sup> Edition (2009)の付録にも、基準凹凸高さが参考値として掲載。

# ①平坦性評価方法の改訂

基準線の長さを変え  
凹凸長さ(短い方)と  
凹凸高さを算出  
(縦断プロファイル  
データ間隔は  
1.0mとしている)



凹凸長さと凹凸高さから  
BBI算出(実測÷基準)



# ①平坦性評価方法の改訂

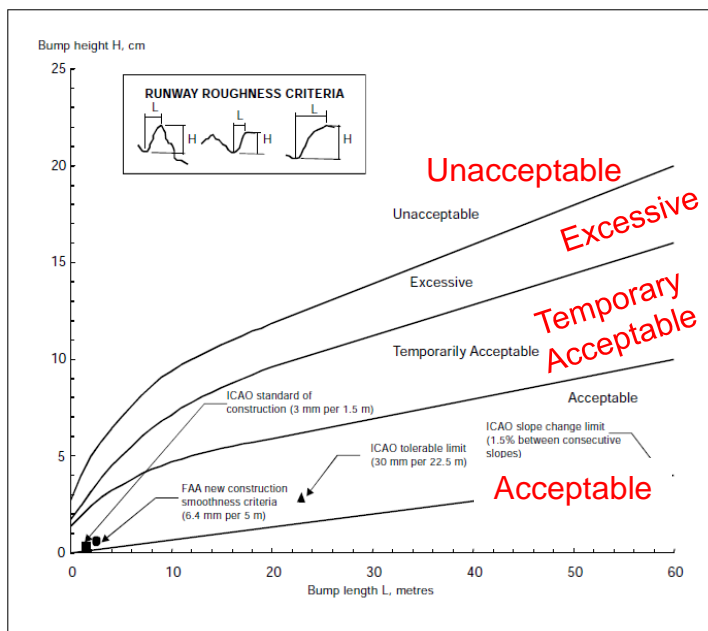


Figure A-3. Comparison of roughness criteria

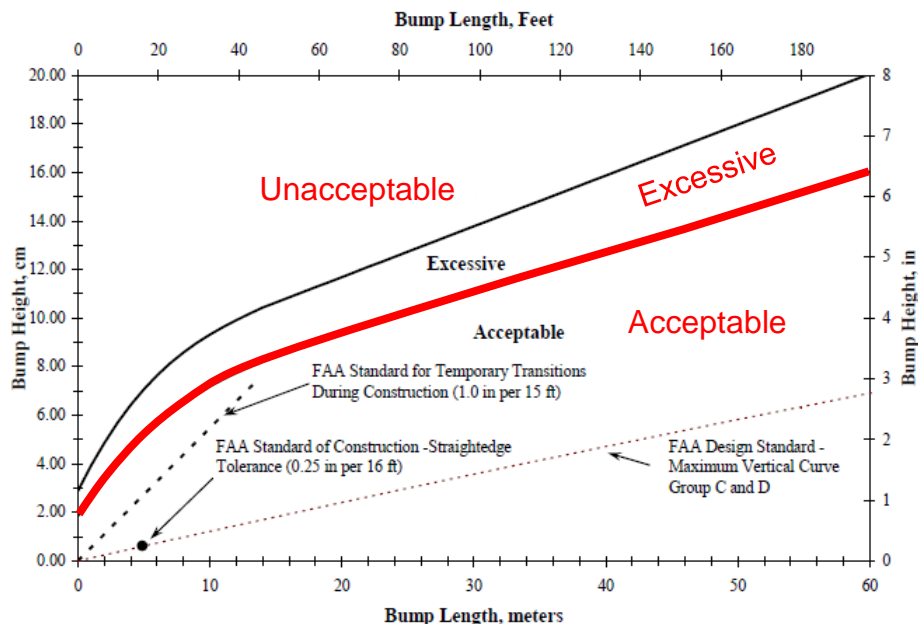


FIGURE 2-3. SINGLE EVENT BUMP - ROUGHNESS ACCEPTANCE CRITERIA

ICAO Annex14

FAA AC5380-9

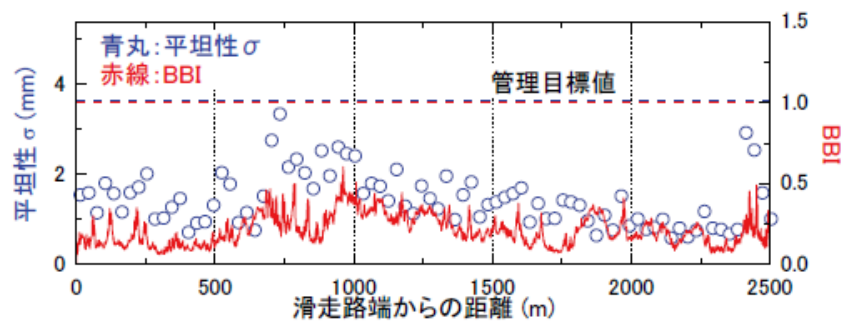
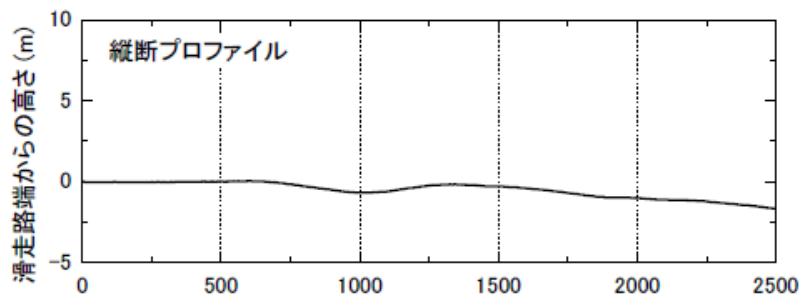
縦軸：凹凸高さ 横軸：凹凸長さ

- 基準凹凸高さは、短い凹凸では低く、長い凹凸では高い。
- BBIは、分母に採用する基準凹凸高さにより変わるため、空港舗装補修要領ではFAAの「Acceptable－Excessive」境界の値を採用している。
- 上記の前提では「BBIが1.0を超過」は「凹凸高さがExcessive以上」と同義。

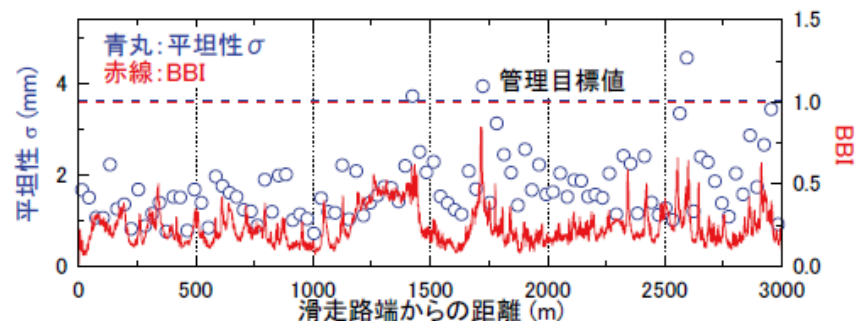
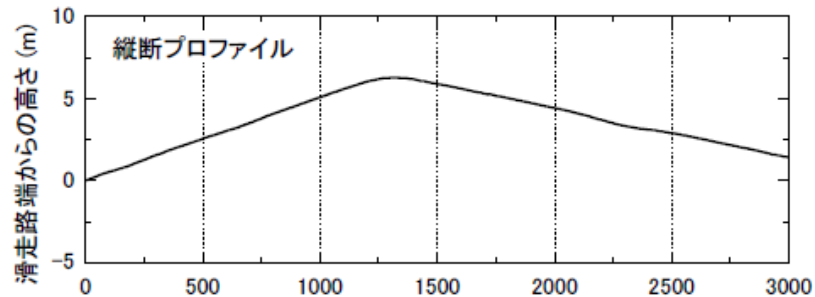


# ①平坦性評価方法の改訂

A空港



C空港

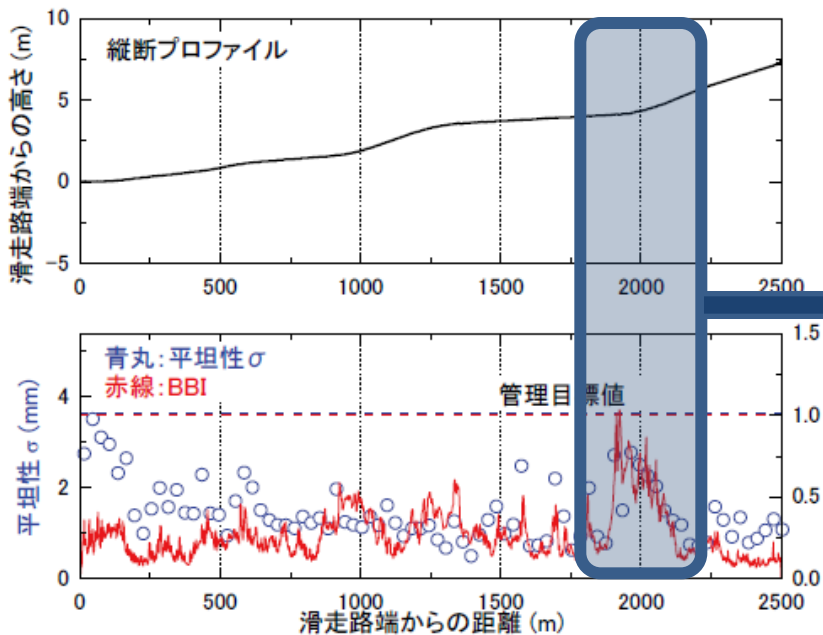


※平坦性 $\sigma$ の算出では、評価区間長を30m(路面性状データユニット長)としている

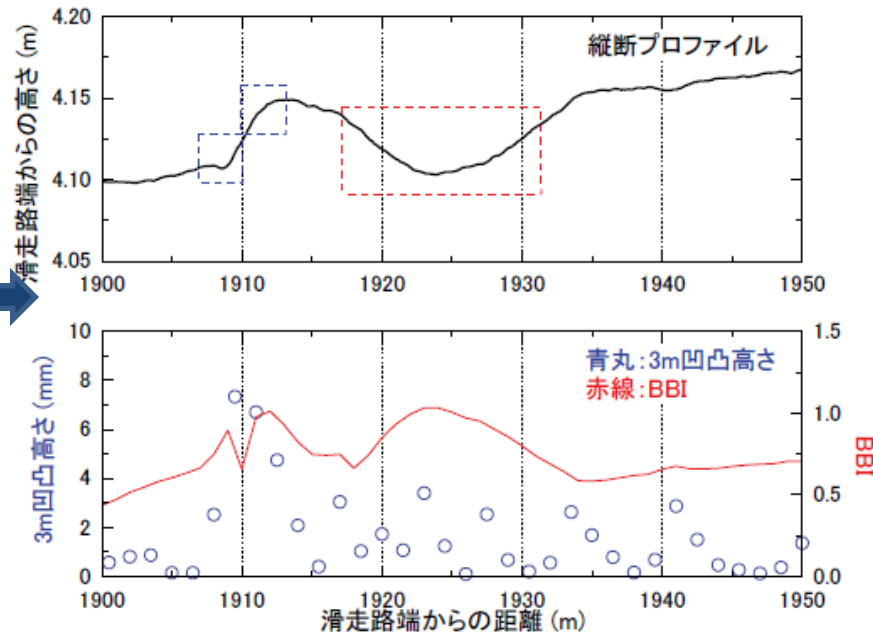
滑走路における場所ごとの平坦性 $\sigma$ とBBIの傾向は、比較的一致している。  
→比較的短い凹凸が多いためと考えられる。

# ①平坦性評価方法の改訂

B空港



B空港の1900~1950m地点



※3m凹凸高さ=σの算出に使用する、1.5m毎の縦断プロフィールから算出された基準線長3mにおける凹凸高さ

平坦性σとBBIの傾向は比較的一致しているように見えるが、  
平坦性σとBBIがともに大きくなる1900~1950mの位置を拡大すると、  
1910m付近の凹凸 : 3m凹凸高さは大きく(悪い)BBIも高い(悪い)  
1925m付近の凹凸 : 3m凹凸高さは小さい(良い)がBBIは高い(悪い)  
→平坦性σで捉えられない長い凹凸をBBIでは評価できている。

# ①平坦性評価方法の改訂

- 平坦性 $\sigma$ では評価できない比較的長い凹凸についても、BBIでは評価することが可能.
- 縦断方向の凹凸が航空機に及ぼす影響は、航空機の走行速度・機材重量等でも変化すると考えられるため、現時点では  
BBIが1.0を超過する箇所がある場合、当該箇所の凹凸が走行に及ぼす影響を航空会社にヒアリングし、補修の必要性を判断するとしており、管理目標値の見直し等を引き続き検討する必要がある.
- 縦断プロフィール・航空機応答(実測加速度)等のデータを分析した結果を国総研資料で公開予定.

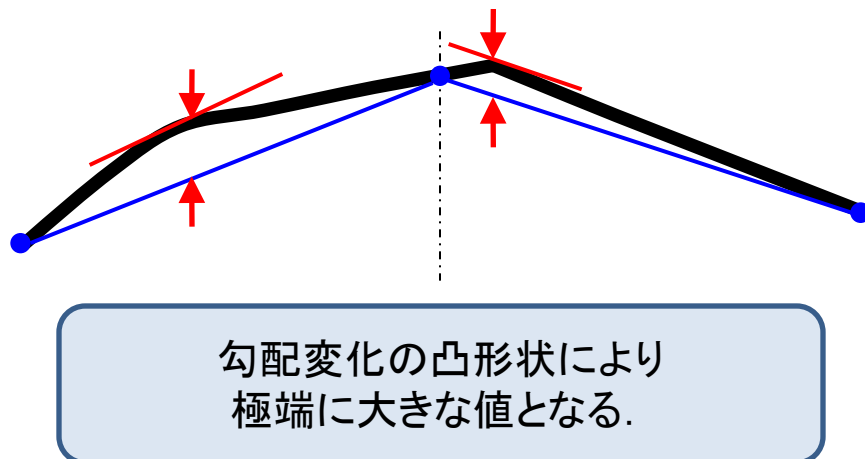
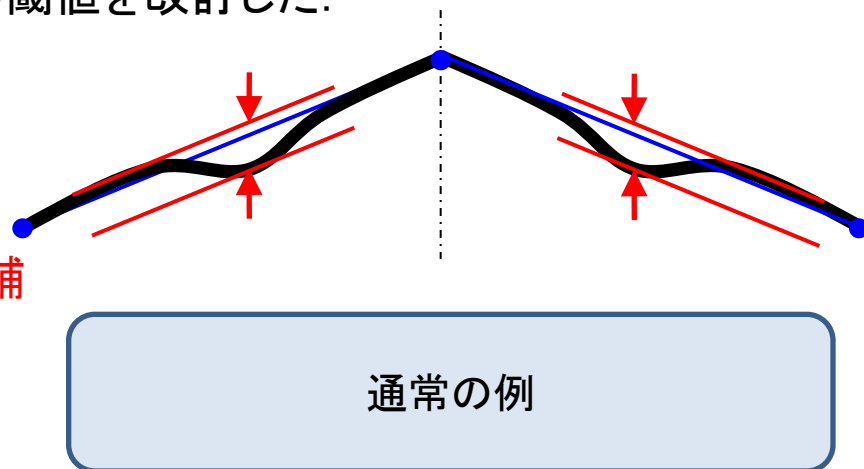
BBIの計算プログラムは比較的簡単に構築できるが、験算用を目的として国総研でEXCELプログラムを所有しているため、連絡を頂ければ提供している(数社に提供済). 詳細は「国総研 空港施設研究室HP」.

## ②わだち掘れ算出方法の改訂

これまでのわだち掘れ量算出方法では、局所的な凸形状により極端に大きな値となることがあるため、算出方法及びわだち掘れ評価の閾値を改訂した。

従来法

- 中央と端の基準点を結ぶ基準線を引く
- 基準線と同じ勾配を持ち、路面と接する補助線を引く
- 補助線の間隔をわだち掘れ量とする。



## ②わだち掘れ算出方法の改訂

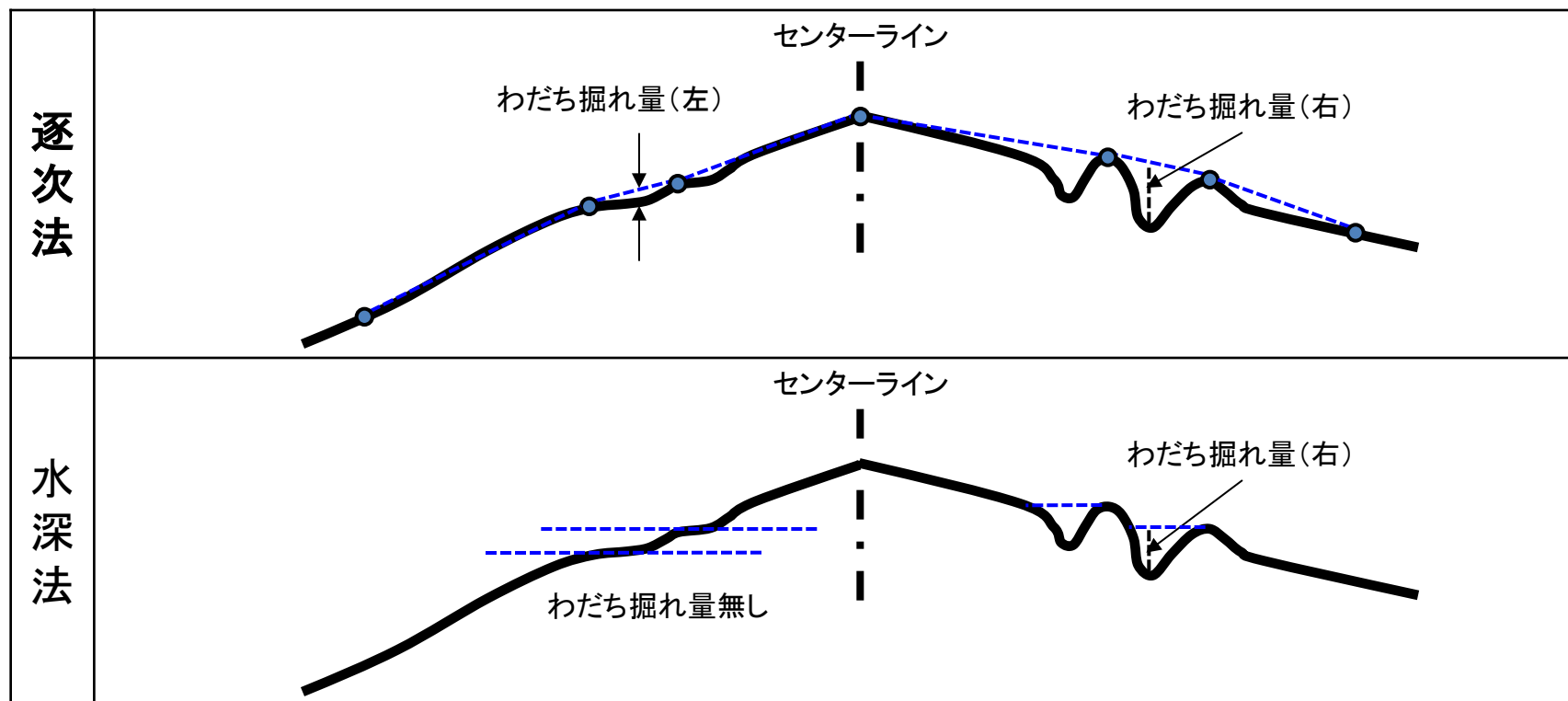
新しい算出方法として「逐次法」及び「水深法」の適用性を検討した。

### 逐次法

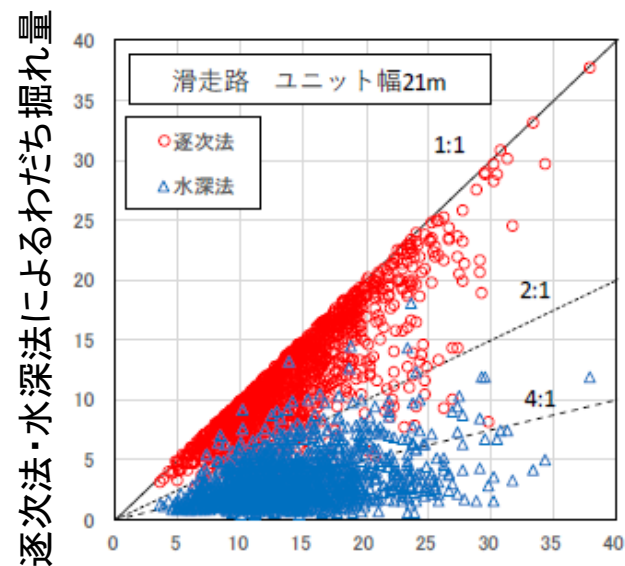
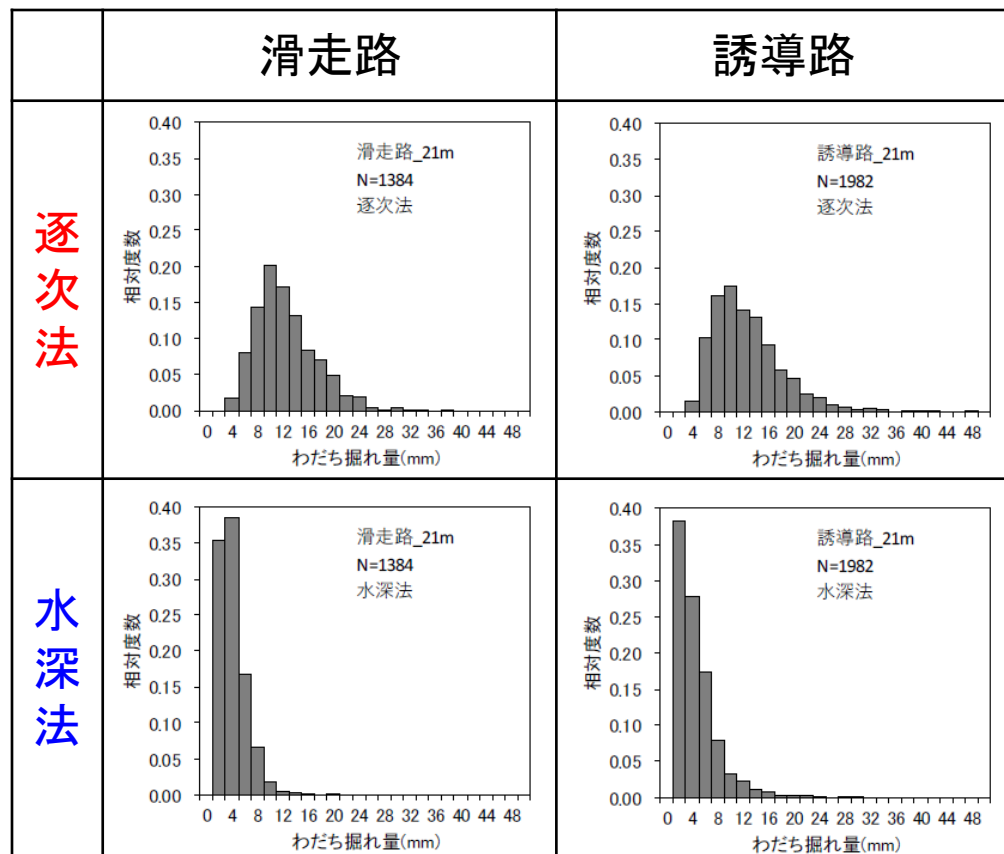
基準線よりも高い路面がなくなるまで、基準点・基準線を逐次追加し、基準線よりも高い路面がない状態で、基準線からの凹み量を算出する方法。

### 水深法

水平に基準線を引き、基準線からの凹み量を算出する方法。



## ②わだち掘れ算出方法の改訂



従来法によるわだち掘れ量

従来法とのわだち掘れ量の比較

### ・逐次法と水深法

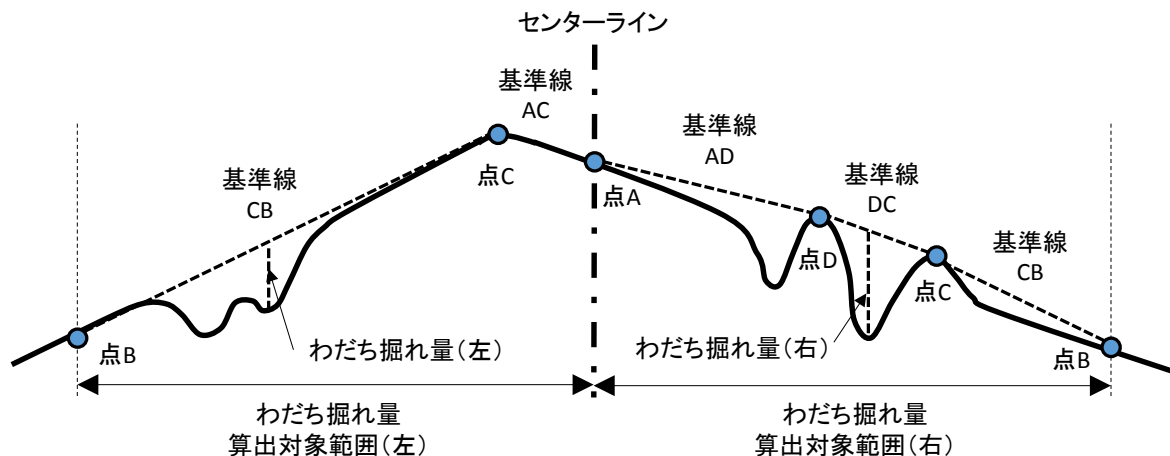
水深法によるわだち掘れ量は非常に小さく、横断勾配によっては凹部が存在しても検出されない場合もあるため、管理指標として扱いにくいことから、逐次法を採用した。

### ・評価の閾値の改訂

従来法により極端に大きな値となる場合を棄却し、現行法と逐次法によるわだち掘れ量を比較した結果、ある程度の相関が確認されたことから、現行の評価の閾値を補正することとした。

## ②わだち掘れ算出方法の改訂

- わだち掘れ量を求めるための基準線を引く際、路面の凹凸が包含されるように複数の基準線を引くこととした。
- H28dまでのわだち掘れ量より小さくなる(比較しないこと)。
- プログラムは国総研所有(空港施設研究室HPに記載)。問い合わせがあった数社に、験算用に渡している。



舗装区分	A	B1	B2	B3	C
	補修の必要はない	近いうちの補修が望ましい(優先度:低)	近いうちの補修が望ましい(優先度:中)	近いうちの補修が望ましい(優先度高)	できるだけ早急に補修の必要がある
滑走路	10未満 →8未満	10以上19未満 →8以上15未満	19以上29未満 →15以上23未満	29以上38未満 →23以上30未満	38以上 →30以上
誘導路	17未満 →14未満	17以上30未満 →14以上24未満	30以上44未満 →24以上36未満	44以上57未満 →36以上46未満	57以上 →46以上
エプロン	22未満 →17未満	22以上38未満 →17以上29未満	38以上54未満 →29以上41未満	54以上70未満 →41以上53未満	70以上 →53以上

### ③FWD調査の載荷荷重の改訂

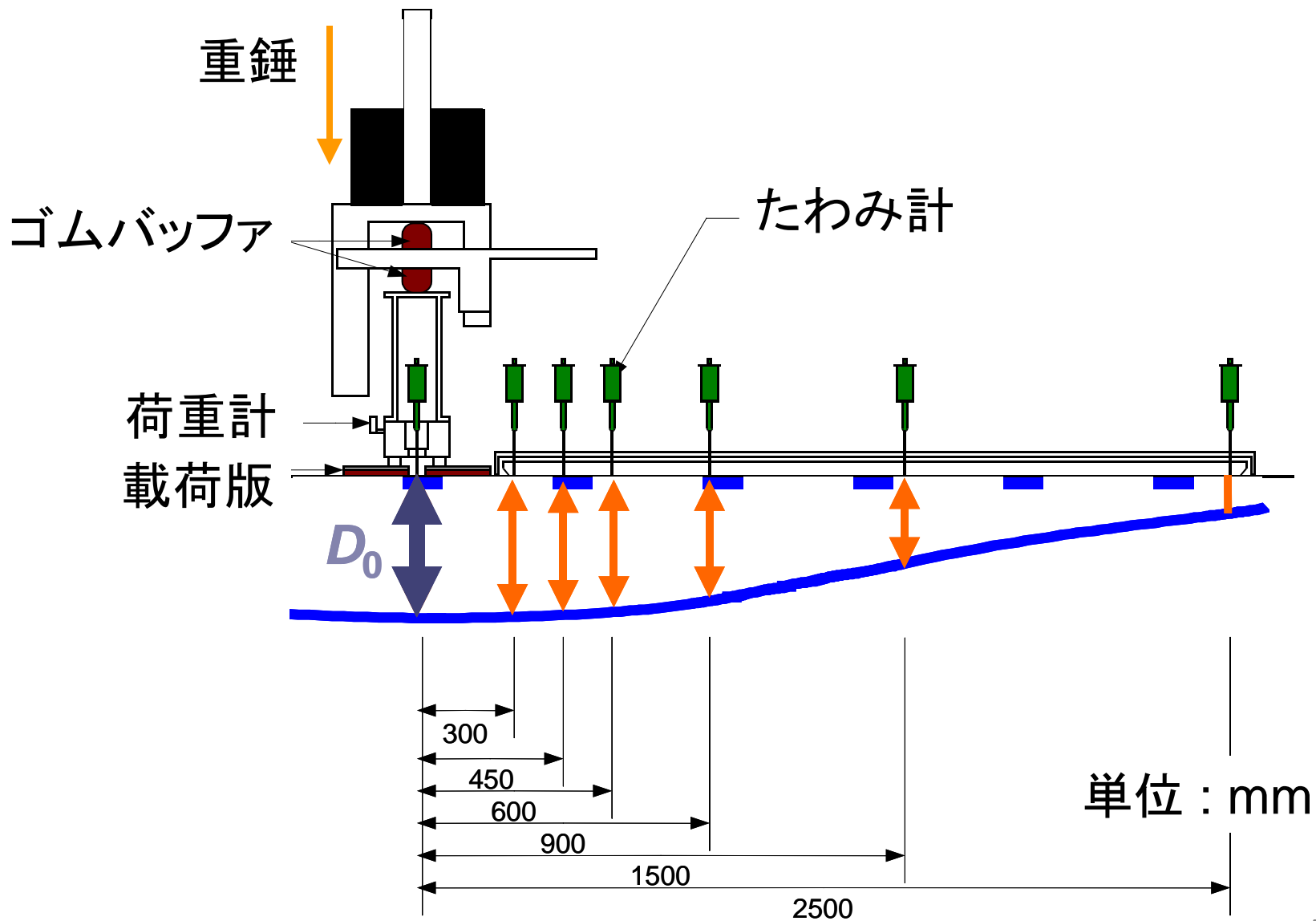
FWD(フォーリング・ウエイト・デフレクトメータ)  
舗装の支持力を非破壊で測定する装置  
(重錘を落として舗装表面の変形を測定)



載荷板直径: 300・450mm  
最大荷重: 49, 98, 147, 196, 245 kN



### ③FWD調査の載荷荷重の改訂



### ③FWD調査の載荷荷重の改訂

・1999～

空港舗装補修要領(案)                      196kN以上を標準

・2011～

空港舗装補修要領                      舗装厚に応じ98 or 147kN以上  
評価法を簡便にした.

各空港のデータを見た印象

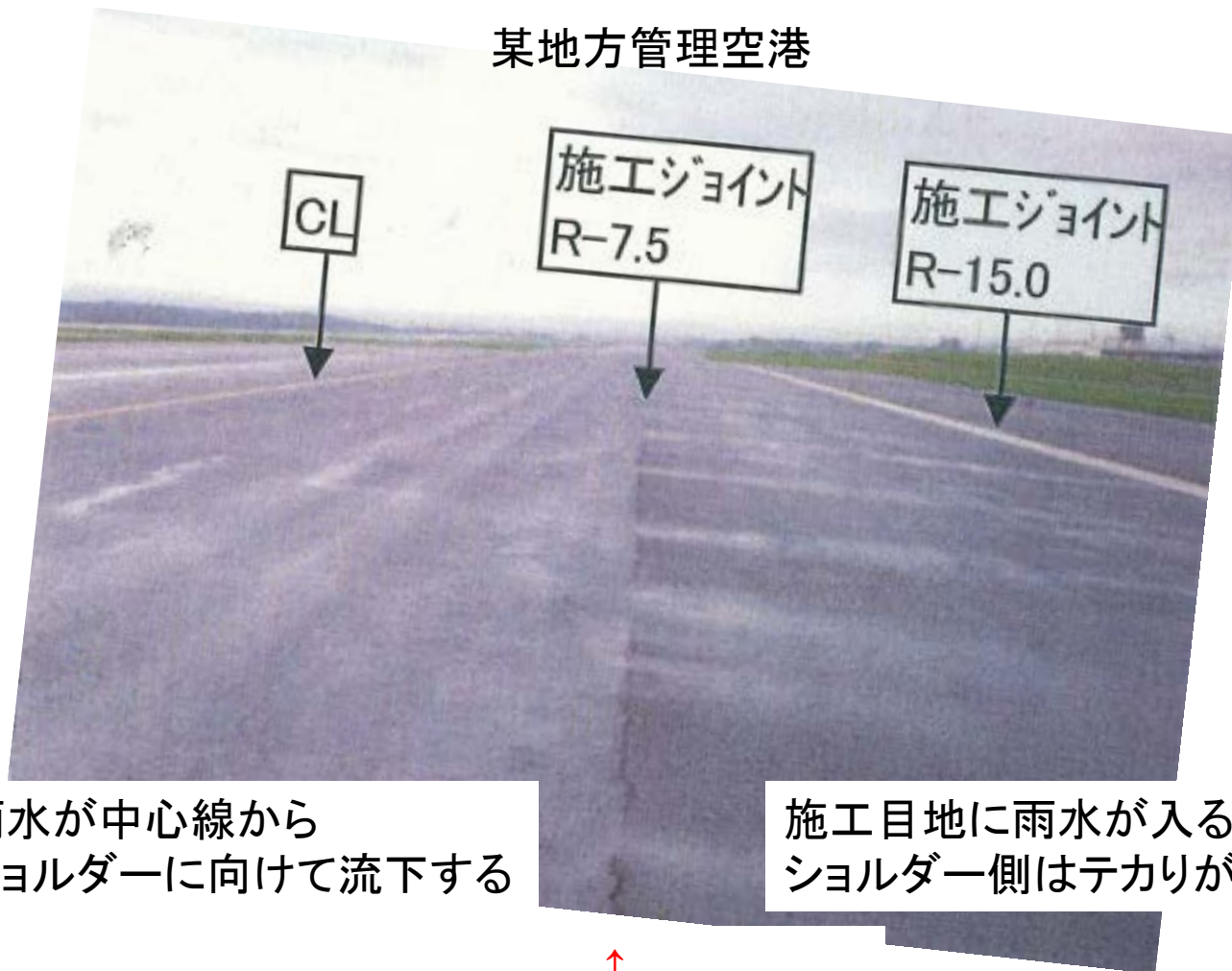
- ・経年的な変化は大きくない. たわみ比は概ね0.5～1.0程度である.
- ・時々, 局所的に1.0を超過している箇所がある.
- ・計測誤差を避けるため, 載荷重は大きい方がよいが  
98kNあれば問題ないたわみ量が得られている.
- ・載荷荷重について, 杓子定規な問い合わせが時々ある.

・2017～

空港舗装補修要領                      本体部は98kN以上  
(調査することは稀だが)ショルダー等は49kN以上

## ④既設アスコン層の評価方法の追加

某地方管理空港



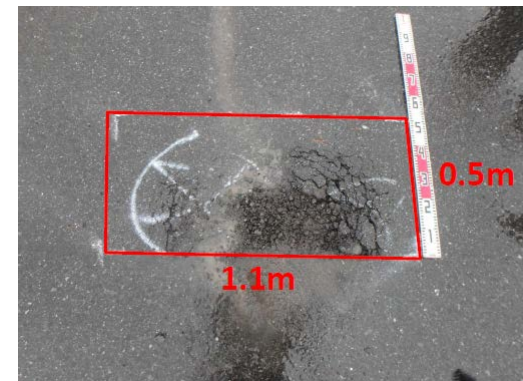
雨水が中心線から  
ショルダーに向けて流下する

施工目地に雨水が入るので  
ショルダー側はテカリが少ない

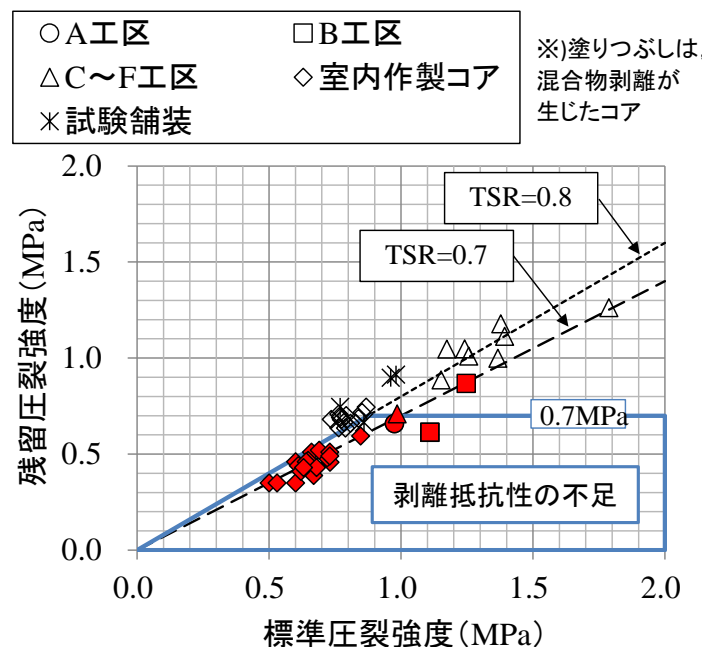
↑  
施工目地から雨水が侵入

# ④既設アスコン層の評価方法の追加

- 舗装内部にアスファルトと骨材の剥離が生じると滑走路等に突然、穴があいたりする。滑走路閉鎖→緊急補修→遅延。
- 大規模改修前の調査では、従来はマーシャル安定度試験のみで判定
- 修正ロットマン試験による基層の耐水性評価法・閾値を参考として掲載。

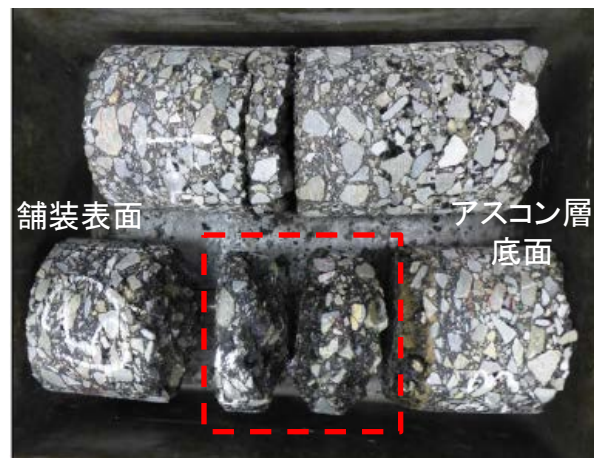


- 標準圧裂強度  
採取コアの圧裂強度
- 残留圧裂強度  
強制水浸劣化させたコアの圧裂強度

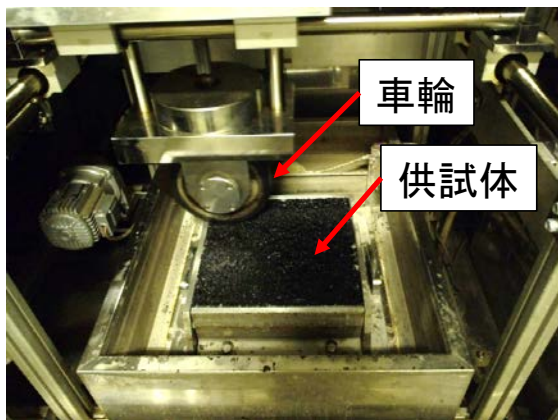


# ⑤ 基層への改質Asの適用

- 特に基層の耐水性が低いことに起因した破損を低減したい。
- 現行では表層に対する記載はあるが，基層についても破損が多い場合は改質Asを標準とした。
- 改質の種類については言及していない。



基層が粒状化している例



水浸ホイールトラッキング試験



ストレートアスファルト(粒状化している)



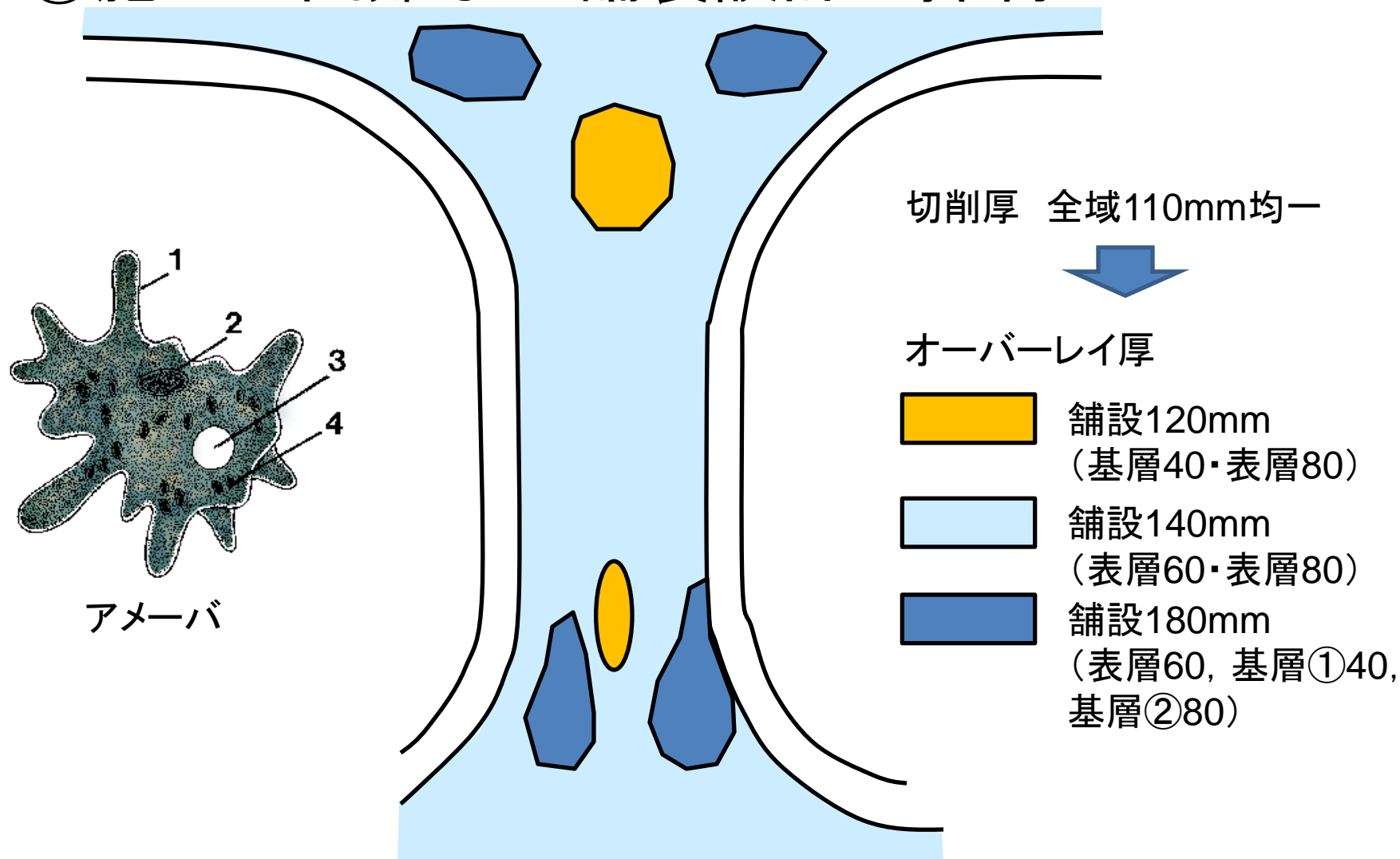
改質アスファルト(粒状化していない)

試験結果の一例

	剥離面積率(%)
ストレートアスファルト	100.0
改質アスファルトⅡ型	3.7

※剥離面積率  
水浸ホイールトラッキング試験後、  
供試体断面を目視して確認した  
「剥離した面積」を「供試体断面積」で除した値

## ⑥施工が困難なAs舗装設計の抑制



切削厚を一律に設定し、舗設厚が場所ごとに異なる実際の発注例  
→通称「アメーバ舗装」と言われている。

## ⑥施工が困難なAs舗装設計の抑制

- ・施工できない

CADで計算すればこのような複雑怪奇な図面も引くことができちゃうが、曲線状に舗設厚が異なっているため、このまま施工できない。

- ・切削厚と舗設厚

切削厚を場所に応じて調整することは可能。

舗設厚を場所に応じて調整することは困難。

- ・切削量や合材量の増加

曲線状を矩形状に修正して施工せざるを得ないが、切削量や合材量が多くなる。

- ・品質の低下

舗設厚が場所ごとに細かく異なるため、締固め管理が複雑となり、品質が低下する恐れがある。

## ⑥施工が困難なAs舗装設計の抑制

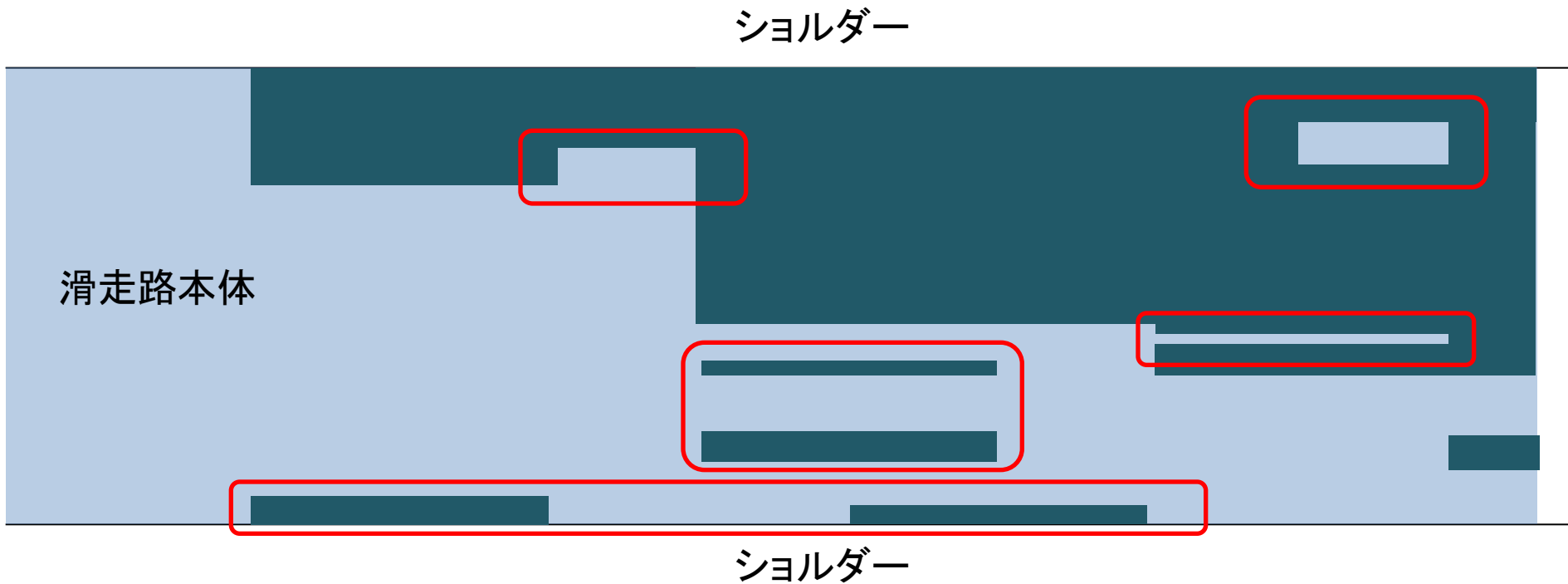
### H29.4 補修要領に記載

#### Ⅱ-4.2.2 補修工法

(3) オーバーレイ工法及び切削打ち換え工法におけるアスファルト混合物の切削厚及び施工厚の設計では、**経済性のみにより設定すると、同一施工厚の範囲が円形状・楕円形状に点在することがある。**この場合、施工管理が煩雑となり品質が低下する恐れがあることから、日々の施工幅、施工延長、施工性等を考慮の上、**切削厚さを調整し、同一施工厚の範囲をできるだけ連続的かつ矩形状に設定することが望ましい。**



## ⑥施工が困難なAs舗装設計の抑制



切削の後, 基層+表層



切削の後, 表層のみ



え?っていう箇所

# 今後

## ・グルーピング養生期間の緩和

現行	表層がストアス	2か月
	表層が改質	1か月

- ・改質の場合は固いため、養生期間はあまり影響しない
- ・CTによる分析により、表層全体の締固め度では評価できず、表面近傍の締固め度が大きく影響する  
(適切な温度での二次転圧が非常に重要)  
ことが定量的に明らかになりつつあり、短縮を検討中。

## ・タックコート

特に夜間の修繕工事において、アスファルト乳剤PKM-Tの養生期間を短縮したい場合の方法として、分解促進剤散布の活用。

## ・機械油

施工中に機械油が漏出したことが原因のアスコン早期破損について「油が原因である」ことを定量的に明らかにする方法を検討中。