

一般財団法人港湾空港総合技術センター 空港土木技術講演会
平成28年10月27日@福岡会場, 10月31日@東京会場

空港舗装補修要領の 今後の改訂予定

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

講演内容

昨年度改訂内容

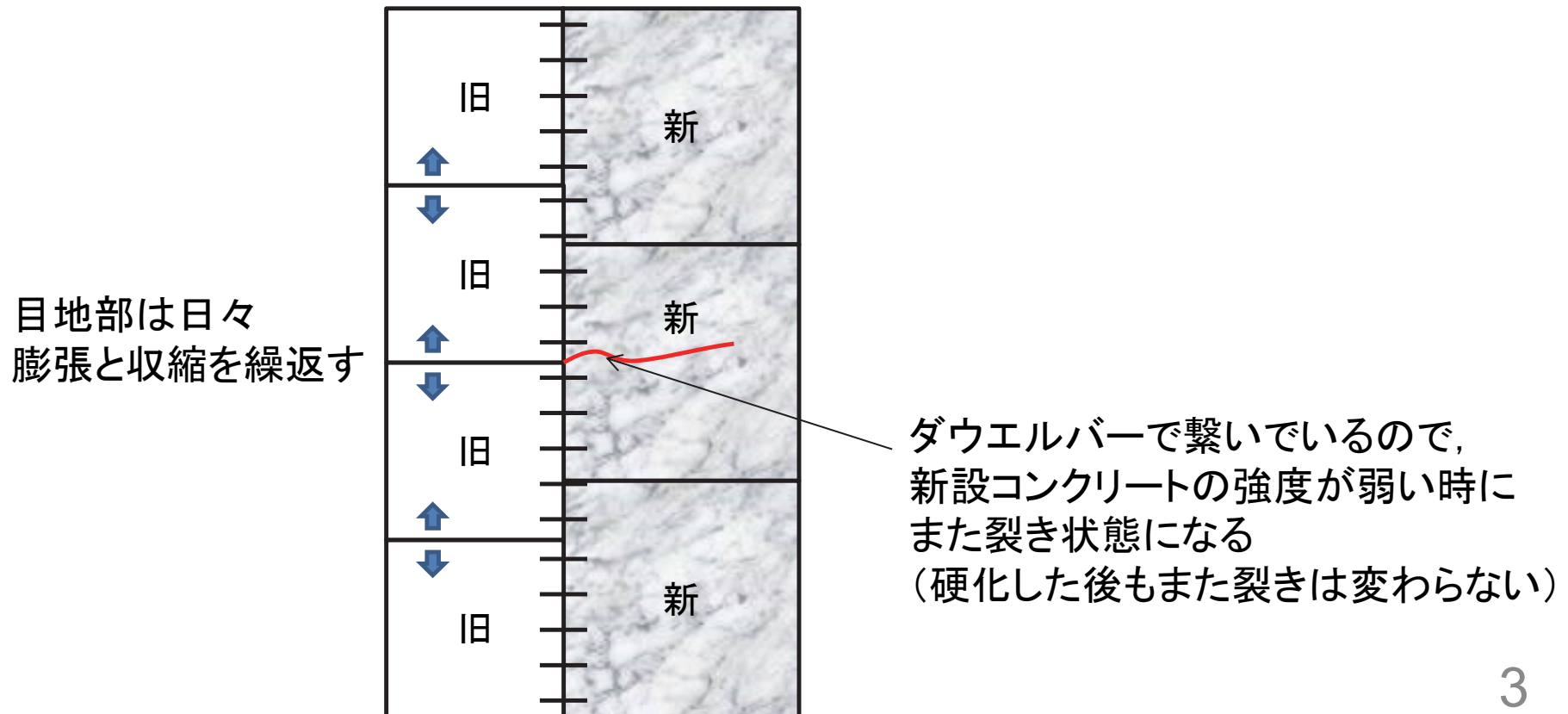
- ①Co舗装打ち換え時の目地設計
- 空港舗装補修要領の改訂予定内容
- ②わだち掘れ算出方法の改訂
- ③平坦性評価方法の改訂
- ④施工を踏まえた記述の追加
- ⑤既設アスコン層の耐水性評価の追加
- ⑥基層への改質Asの適用
- ⑦FWD調査の載荷荷重の改訂

その他

- ⑧FWDによる空洞検知

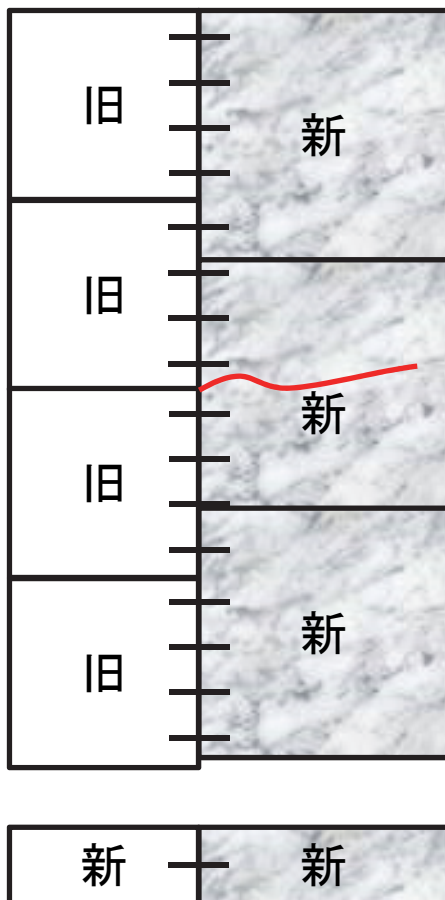
①Co舗装打ち換え時の目地設計

- 空港のCo舗装の目地最大寸法は むかし7.5m → いま8.5m
- 昔と今で目地最大寸法が異なるため、エプロン大規模改修において新舗装が旧舗装の境界で目地位置が異なる場合がある.
- 過去に新旧目地位置が異なるにも関わらずダウエルバーで接続し、施工後にひび割れが発生したケースあり.



①Co舗装打ち換え時の目地設計

良くない例

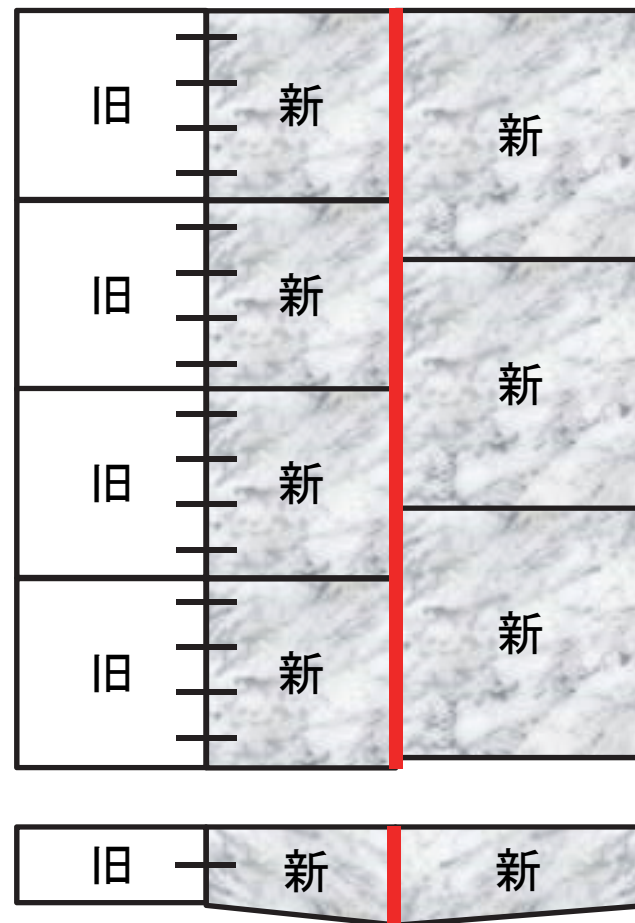


良い例1



版寸法を合わせ
ダウエルバーで繋ぐ

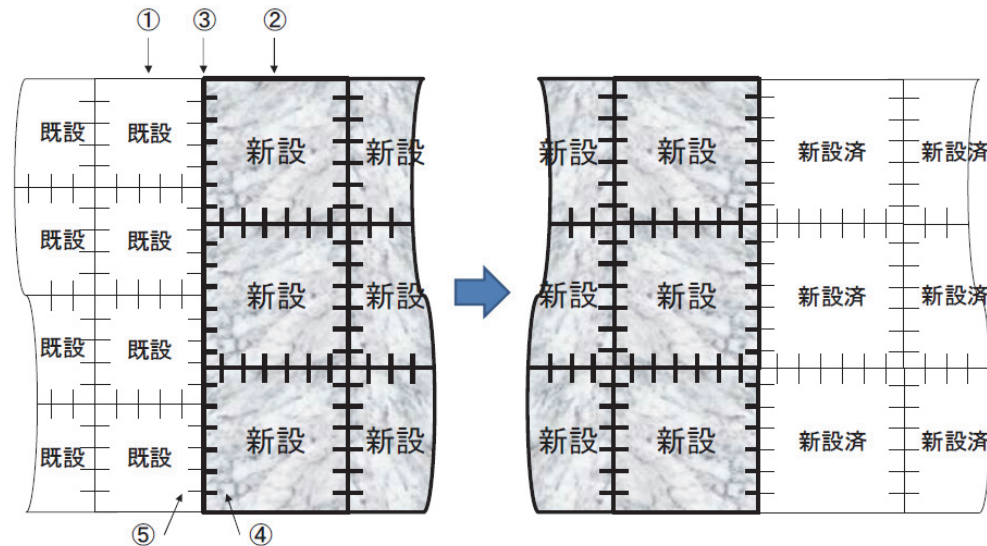
良い例2



膨張目地としダウエルバーで接続せず
版を30%増厚で補強

①Co舗装打ち換え時の目地設計

- とはいっても、翌年に旧舗装も打ち換えし目地位置は一致する予定であるのに前頁の「良い例2」のように新旧舗装接続部を増厚するのは非合理的.
- 新旧舗装境界はスポット間に設けられることが多く、航空機が走行することは多くない.
- 「隣接する既設版の打ち換え計画」があり「主脚が下図①②の版を当面走行しない」場合には、ダウエルバーが無いことによる目地の補強を省略してよいこととした.



- ①: 打ち換えが計画されている既設版(航空機の主脚が当面走行しない)
②: 新設版(航空機の主脚が当面走行しない)
③: 端部増厚または枕版の設置等による目地の補強を省略する目地
④: 新設版にあらかじめ設置する1/2の長さのダウエルバー
⑤: 新設版施工時に切断され残置される1/2の長さのダウエルバー

図Ⅲ-4.4 新設版と既設版の目地位置が一致しない場合の施工例

②わだち掘れ算出方法の改訂

- わだち掘れは路面性状ユニット(幅21m×長さ30m等)の中央で測定することとなっている.
- 現行のわだち掘れ算出方法は左図のとおり, 滑走路中心とユニット端部で基準線を引き, 算出することとなっている.
- この方法では「航空機荷重によるわだち掘れ」ではなく, 右図のように「そもそもの地形」を計測している場合がある.

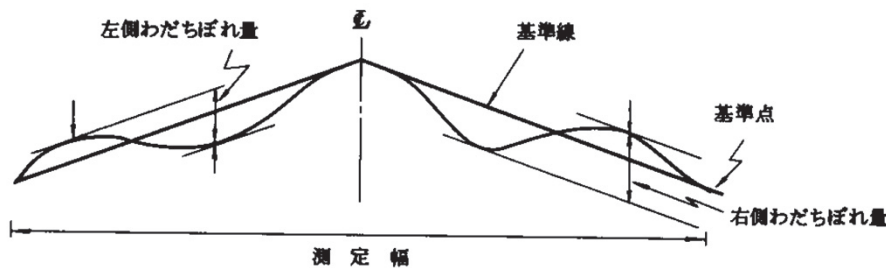
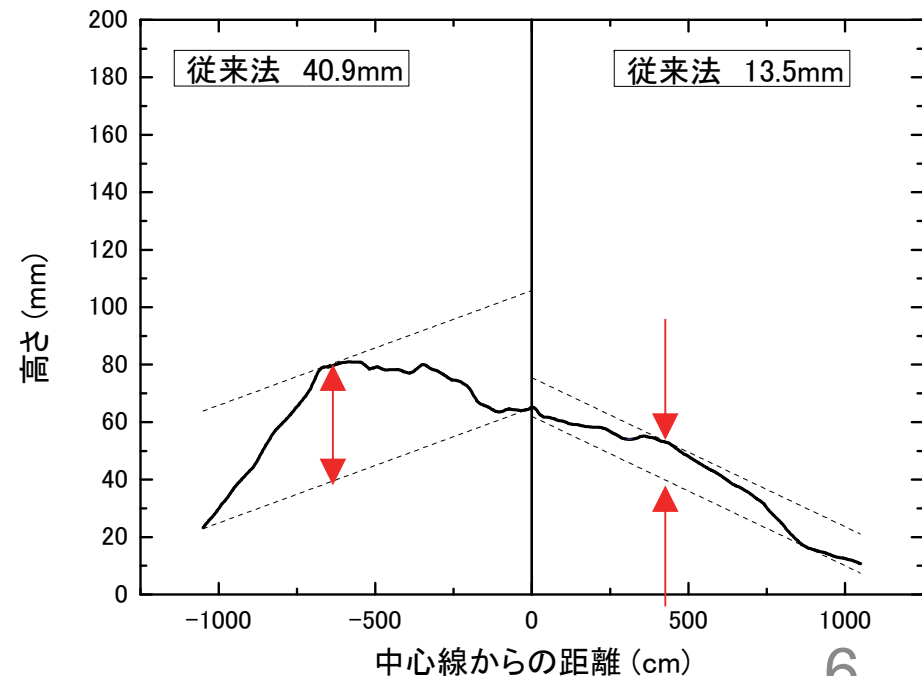


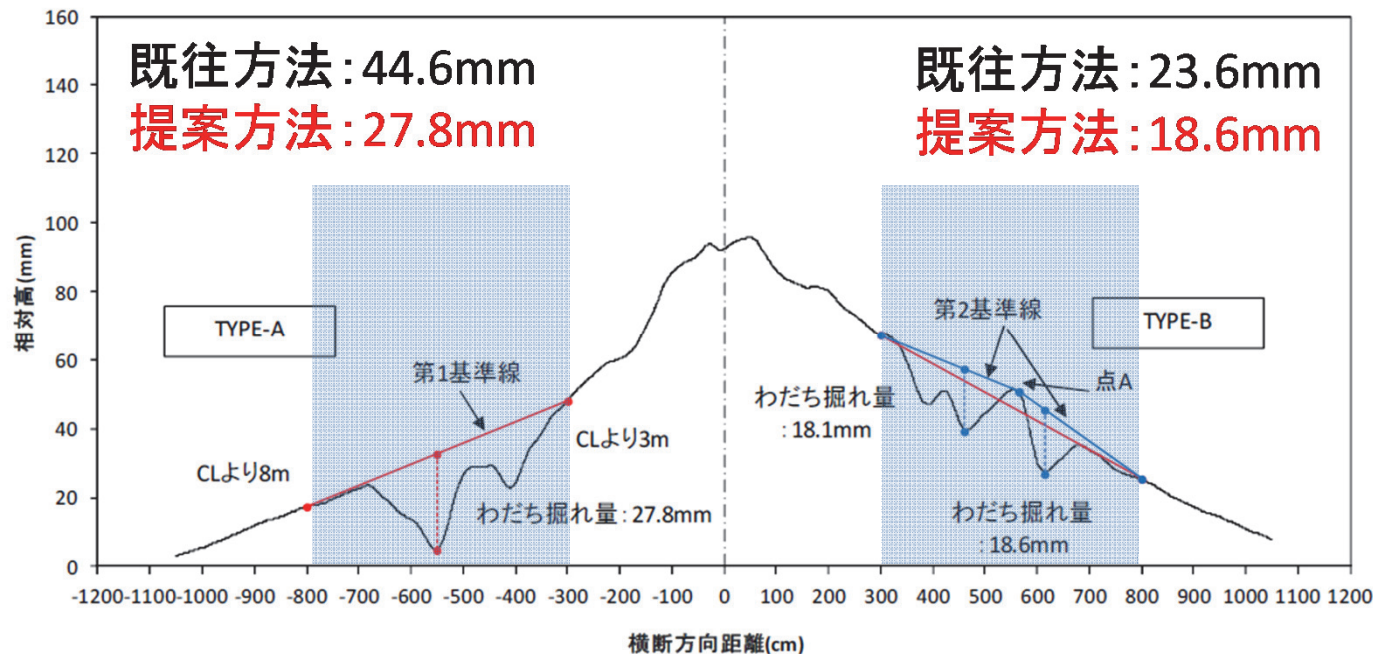
図-2.4 わだち掘れ量の定義



②わだち掘れ算出方法の改訂

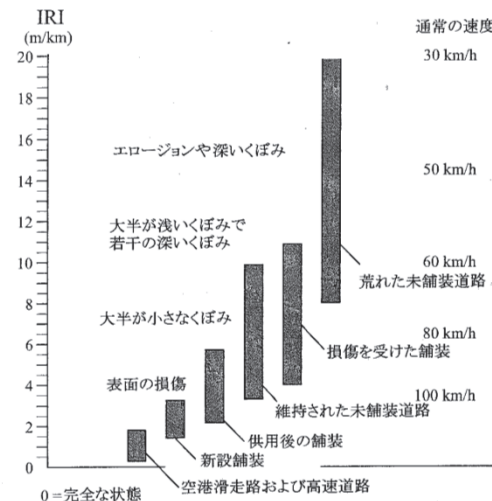
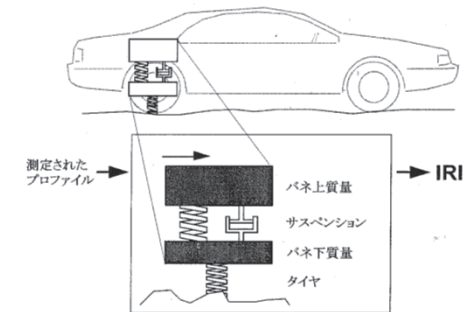
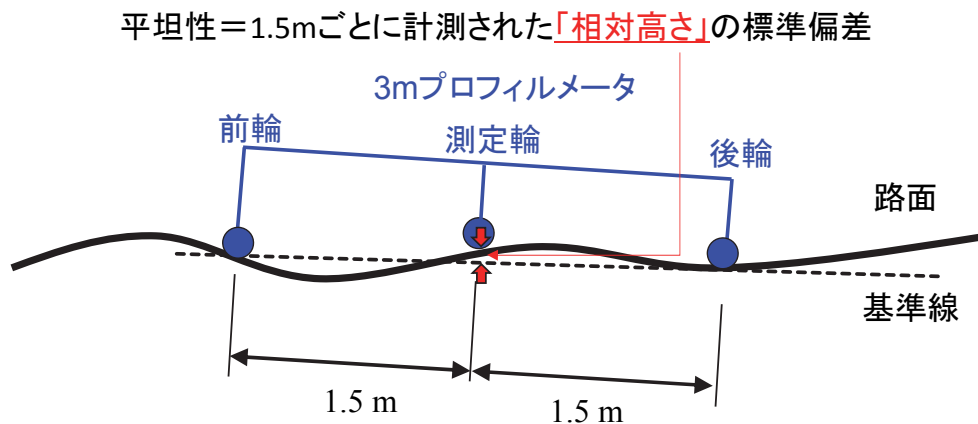
改訂案(現在検討中)

- 「航空機荷重の影響がある範囲」でわだち掘れを算出する.
- 下図左のように, CLから3m・8mを基準点とし, 3m・8mの2点で**第一基準線**を引き, これよりも高い路面がなければ, 第一基準線からの垂線長をわだち掘れとする.
- 下図右のように, **第一基準線**よりも高い路面(点A)があれば, 3m・8m・点Aの3点で**第二基準線**を引き算出する.
- 基準線よりも高い点がなくなるまで, これを繰り返す.



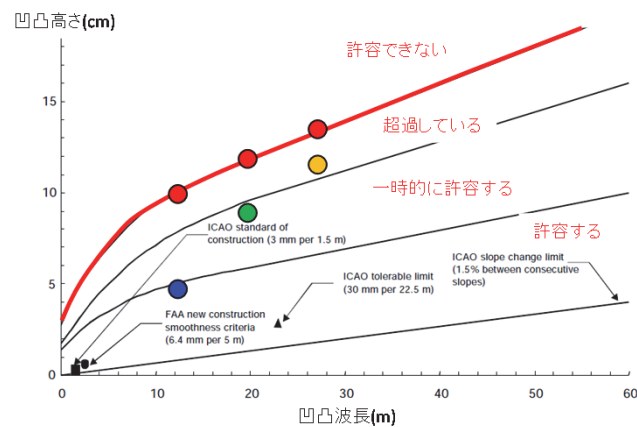
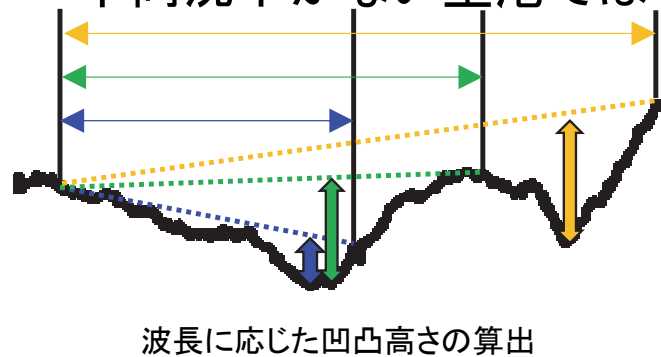
③平坦性評価方法の改訂

- 3mプロフィロメータの原理による平坦性(σ)では、航空機の走行に影響を及ぼす長い波長の凹凸が評価できない。
- 道路舗装ではIRI(縦断プロファイルから・実測加速度から)が用いられつつあるが、IRIが自動車を模擬したクォーターカーモデルによる累積上下変位量であるため、空港には使用しづらい(IRIの滑走路閾値が示されているが、根拠がよくわからない)

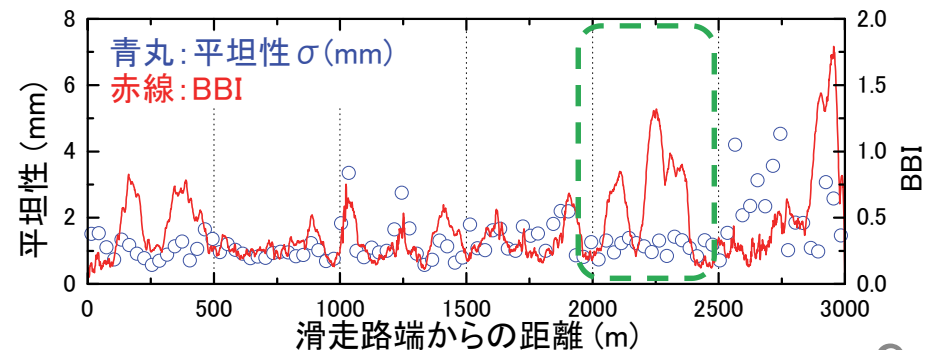
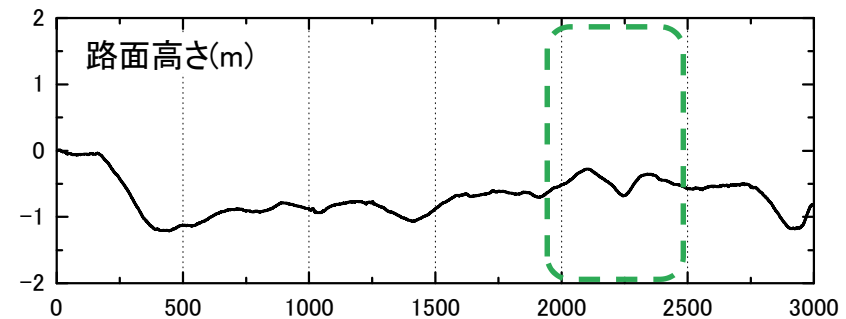


③平坦性評価方法の改訂

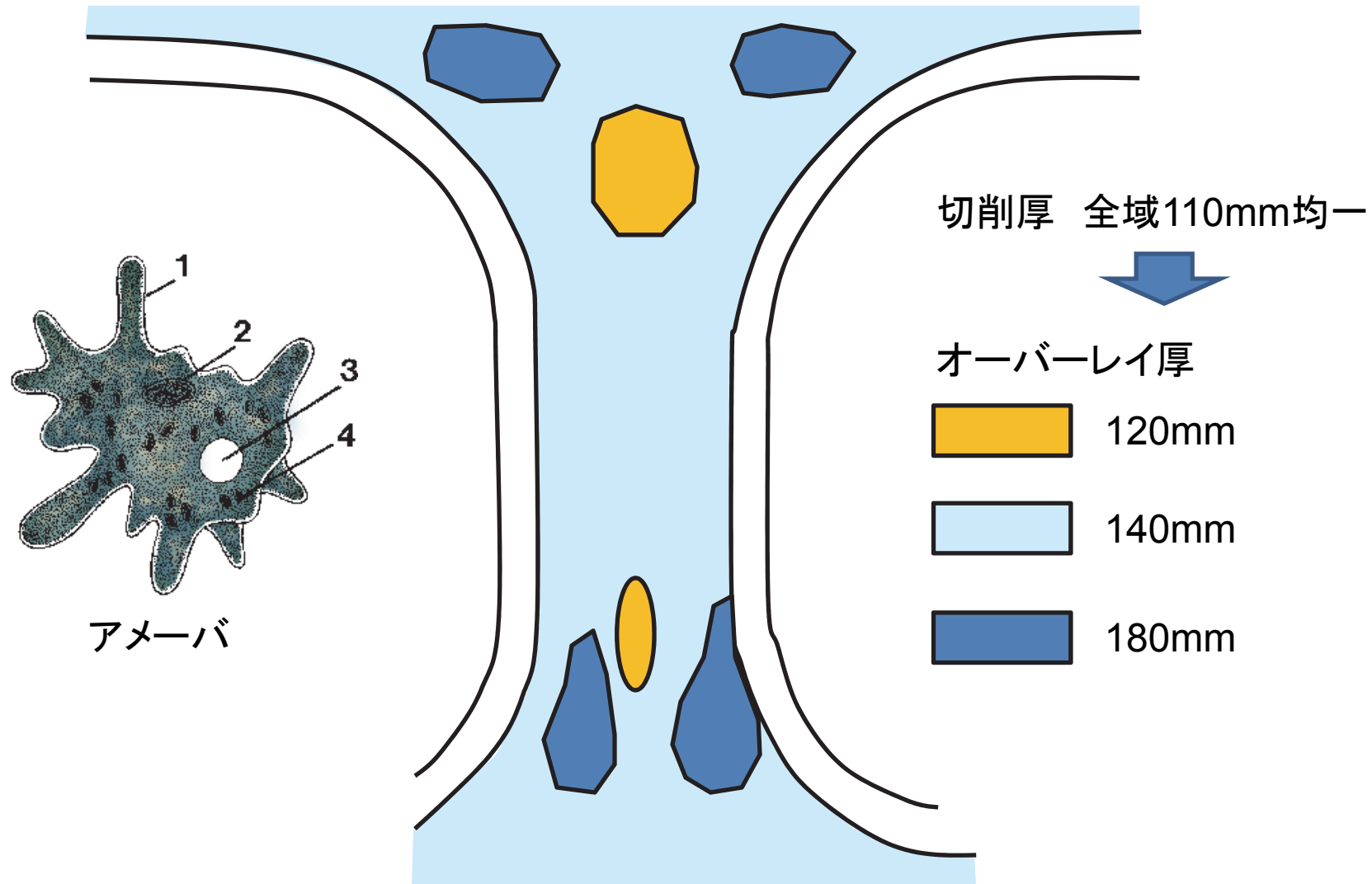
- BoeingとFAA(米国)が考案したBBI(Boeing Bump Index)を採用する.
- $BBI = (\text{凹凸波長に応じた高さ} \div \text{凹凸波長に応じた高さの閾値})$ の最大値
- BBIは不同沈下がない空港ではほとんど変化しないと考えられることから、不同沈下がない空港では平坦性調査を省略してよいこととする.



BBIの算出 ($BBI = \text{実測凹凸高さ} \div \text{基準凹凸高さ}$)



④施工を踏まえた記述の追加



切削厚を一律に設定し, 舗設厚が場所ごとに異なる例

④施工を踏まえた記述の追加

- 施工できない
曲線状に舗設厚が異なるため、施工できない。
- 切削厚と舗設厚
切削厚一場所ごとに調整可能。舗設厚一場所ごとに調整困難。
- 切削量や合材量の増加
矩形状に修正せざるを得ない→切削量や合材量が多くなる。
- 品質の低下
締固め管理が複雑となり、品質が低下する恐れがある。

④施工を踏まえた記述の追加

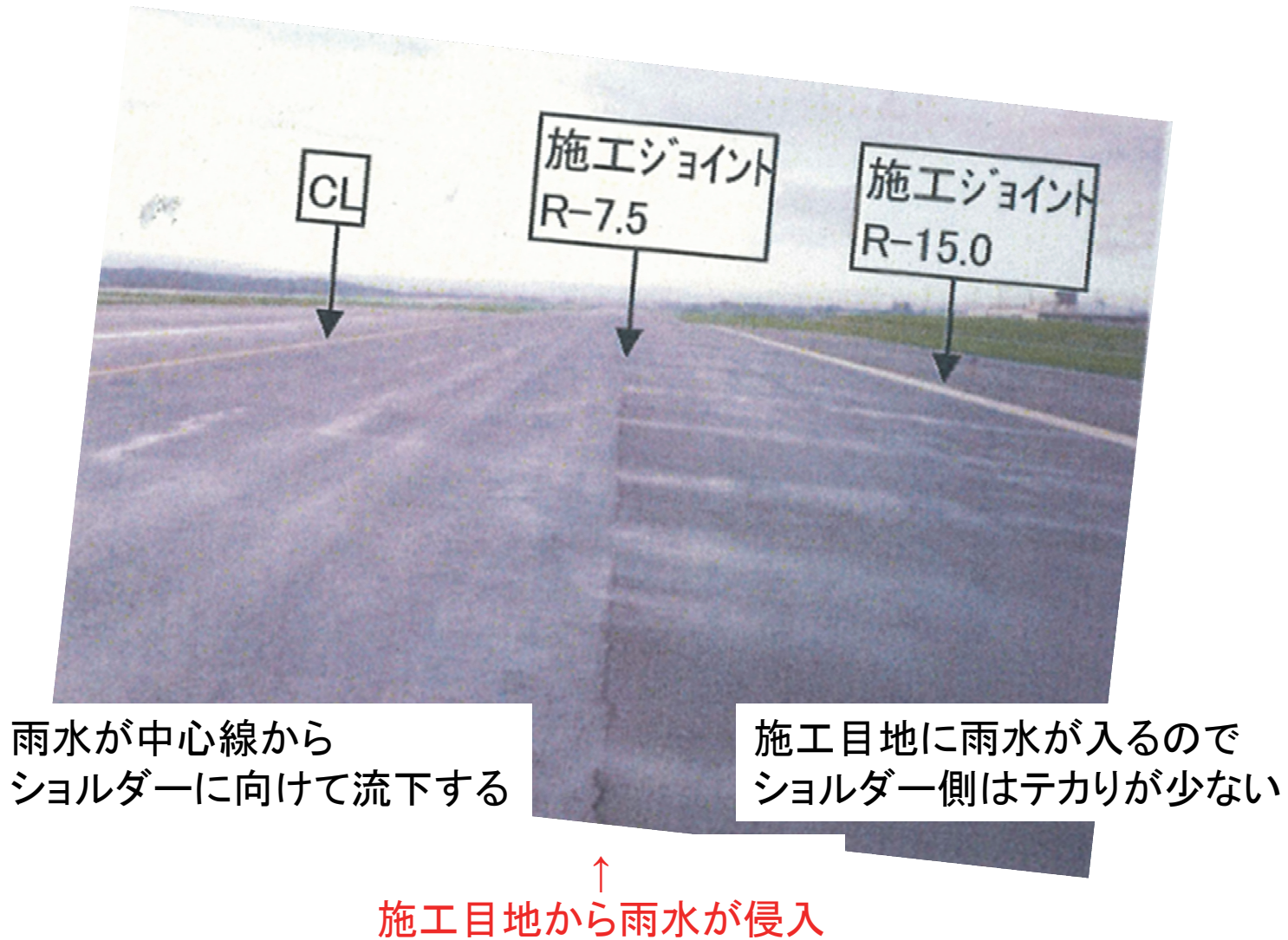
補修要領の記述（赤字を追加予定）

(1) オーバーレイ工法については、施工後の縦断および横断勾配が許容値以内になり、かつ経済的になるように、アスファルト混合物の舗装厚さ等について設計するものとする。

(2) 切削打換え工法については、アスファルト舗装の状況を十分調査し、合理的な切削厚さを設定し、かつ経済的となるようにアスファルト混合物の舗装厚さ等について設計するものとする。

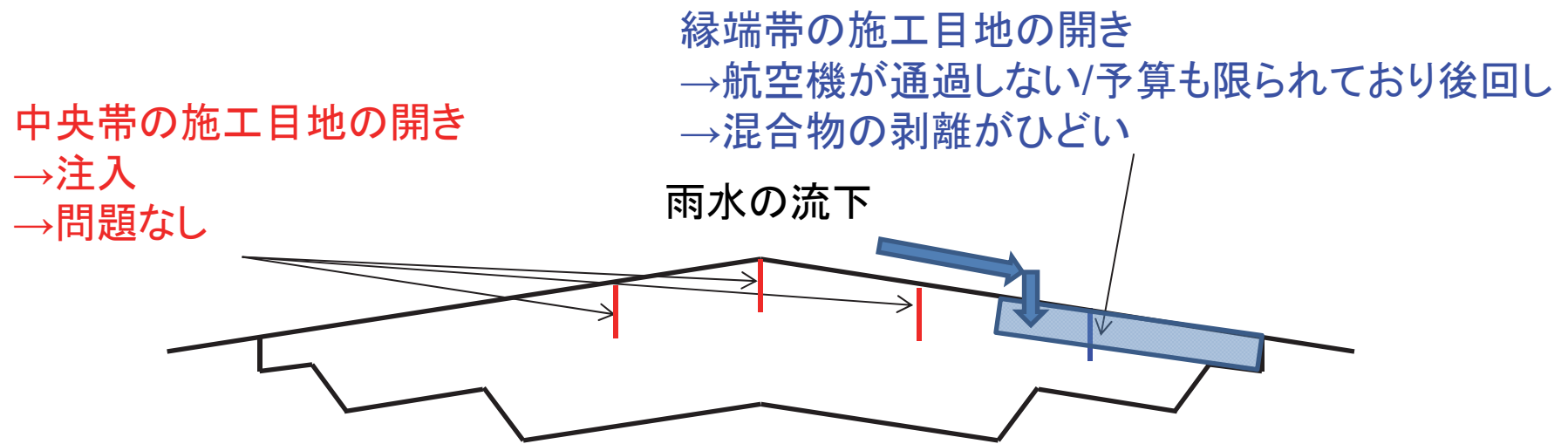
(3) オーバーレイ工法及び切削打ち換え工法におけるアスファルト混合物の施工厚の設定では、経済性のみにより設定すると、施工厚の異なる範囲が円形状や楕円形状に点在することとなる。この場合、施工管理が煩雑となり品質が低下する恐れがあることから、施工幅、施工延長等を考慮の上、切削厚さを調整し、同一施工厚の範囲をできるだけ連続的且つ矩形状に設定することが望ましい。

⑤既設アスコン層の耐水性評価の追加



⑤既設アスコン層の耐水性評価の追加

- ・アスファルト混合物は水に弱い.
- ・ひび割れ, 施工目地の開きを放置すると,
アスコンが長時間水に曝される原因となる.



某空港での破損事例

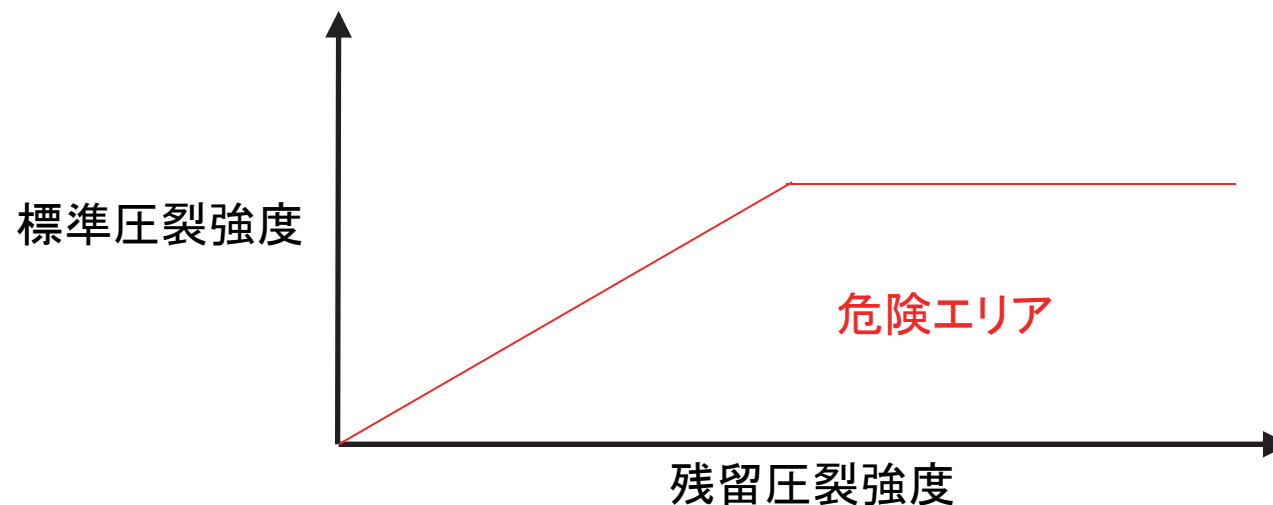
⑤既設アスコン層の耐水性評価の追加

- 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
- 修正ロットマン試験による基層の耐水性評価法・閾値を追加予定.



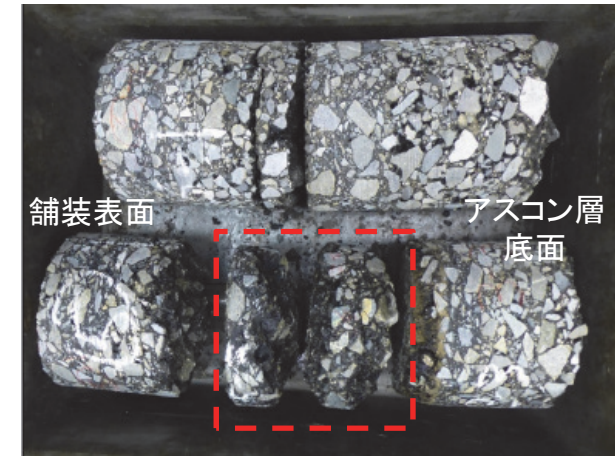
標準圧裂強度:採取コアの圧裂強度

残留圧裂強度:(減圧強制浸水+水浸養生で)劣化させたコアの圧裂強度

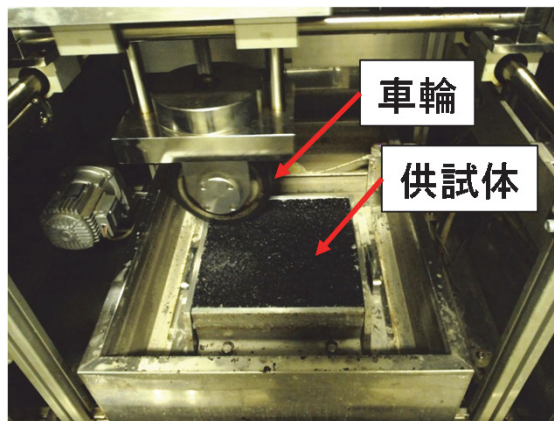


⑥基層への改質Asの適用

- 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を標準とする.
- 改質の種類については言及しない.



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

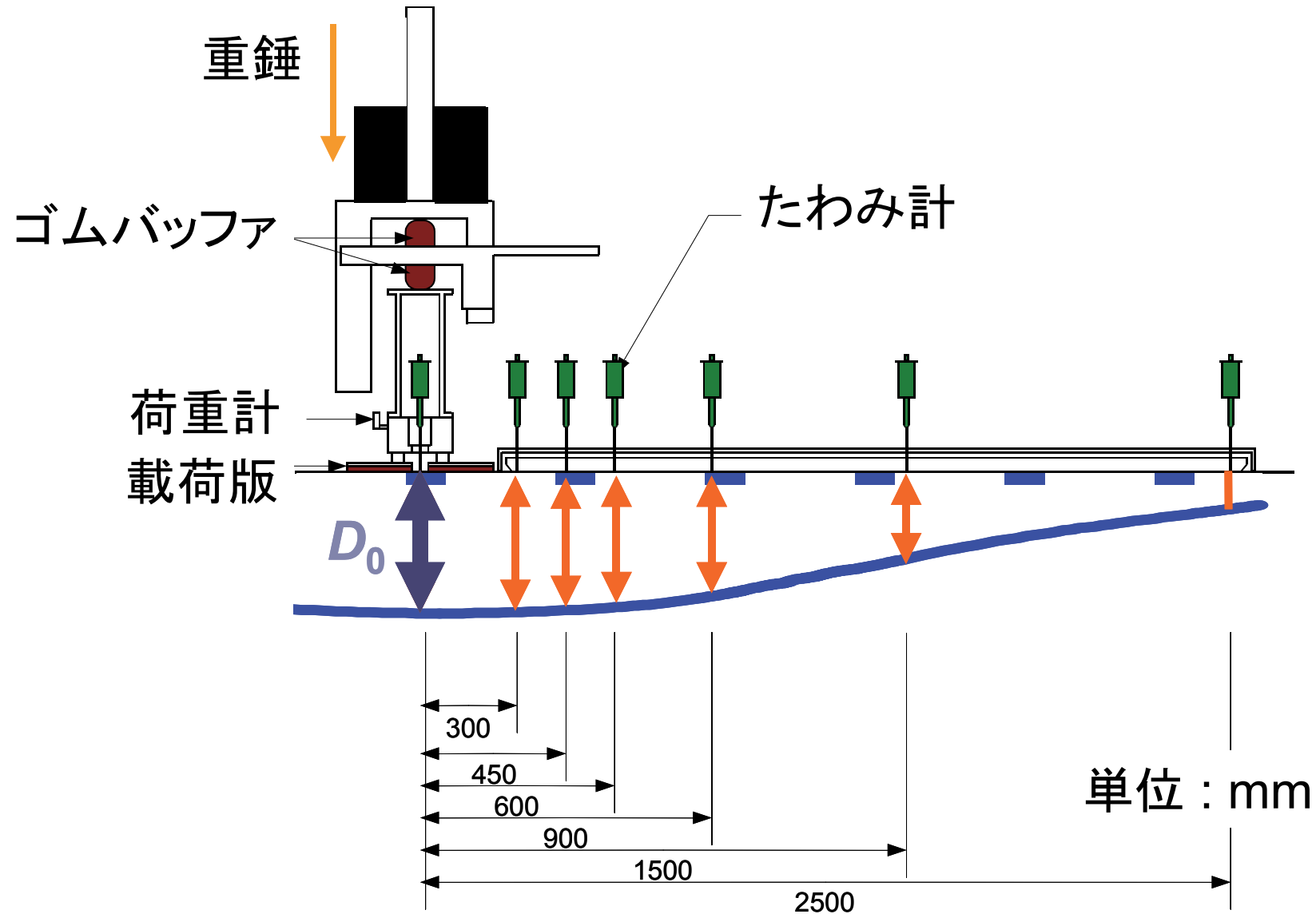
⑦FWD調査の載荷荷重の改訂

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

⑦FWD調査の載荷荷重の改訂



⑦FWD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

98 or 147kN以上

新設・補修時に初期値を計測
評価法を簡便にした.

(各空港のデータを見ている坪川の感想)

- ・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.

⑦FWD調査の載荷荷重の改訂

アスファルト舗装

基準舗装厚	載荷荷重
90cm以上	147kN以上
90cm未満	98kN以上

コンクリート舗装

版厚	載荷荷重
36cm以上	147kN以上
36cm未満	98kN以上

・2017～

空港舗装補修要領

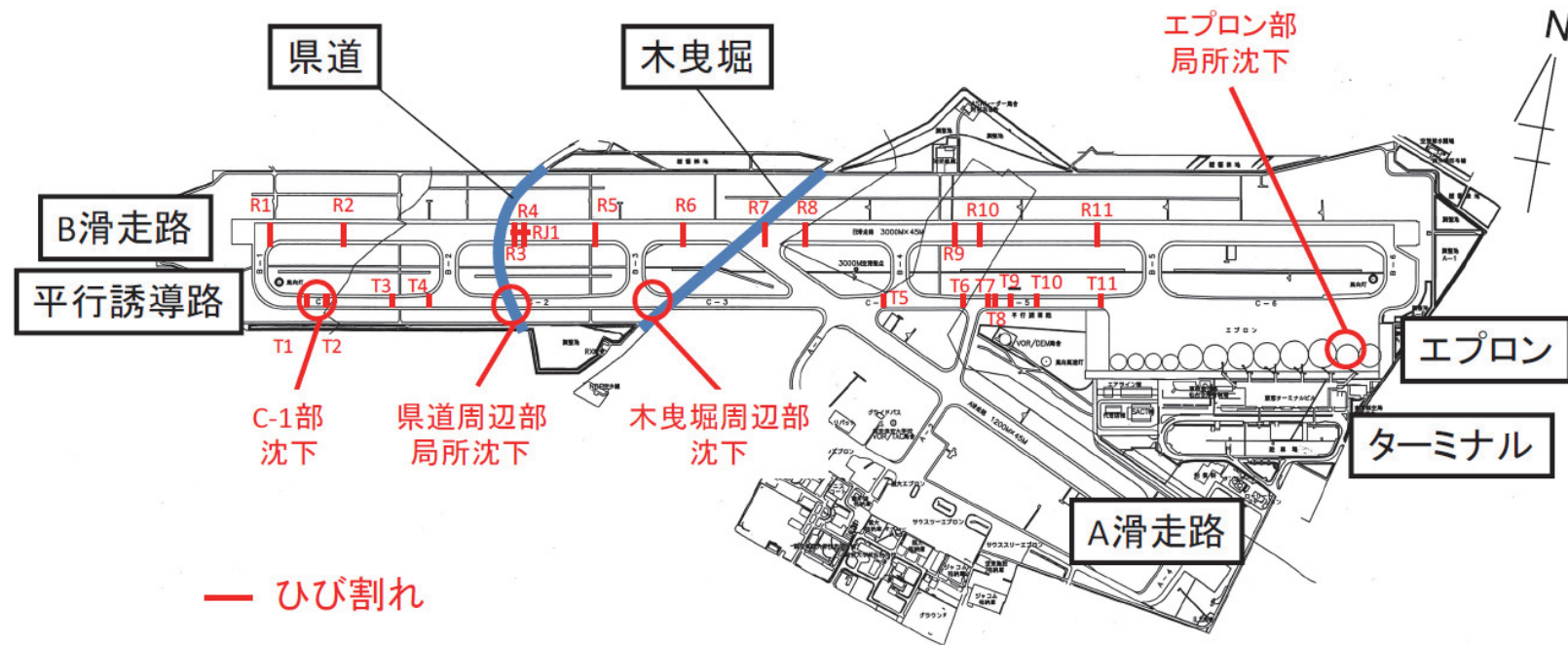
98kN以上を予定

⑧FWDによる空洞検知

- ①平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震により
仙台空港のエプロン(コンクリート舗装)の基礎地盤が液状化.
- ②広範囲に空洞が生じたコンクリート舗装におけるFWDデータを
分析した結果, 空洞を判別可能な2つの指標を整理
- ③変形を計測できないレーダーとは別の手法として,
変型を計測可能なFWDにより,
調査機器仕様によらない定量的且つ簡便な指標で
精度よく迅速に空洞検出ができないか.

⑧FWDによる空洞検知

坪川ら：東北地方太平洋沖地震による仙台空港の舗装被害，
国総研資料，2012（WEBで公開しています）



— ひび割れ

滑走路
誘導路

エプロン

12本のひび割れ

11本のひび割れ

県道—平行誘導路交差部の局所沈下

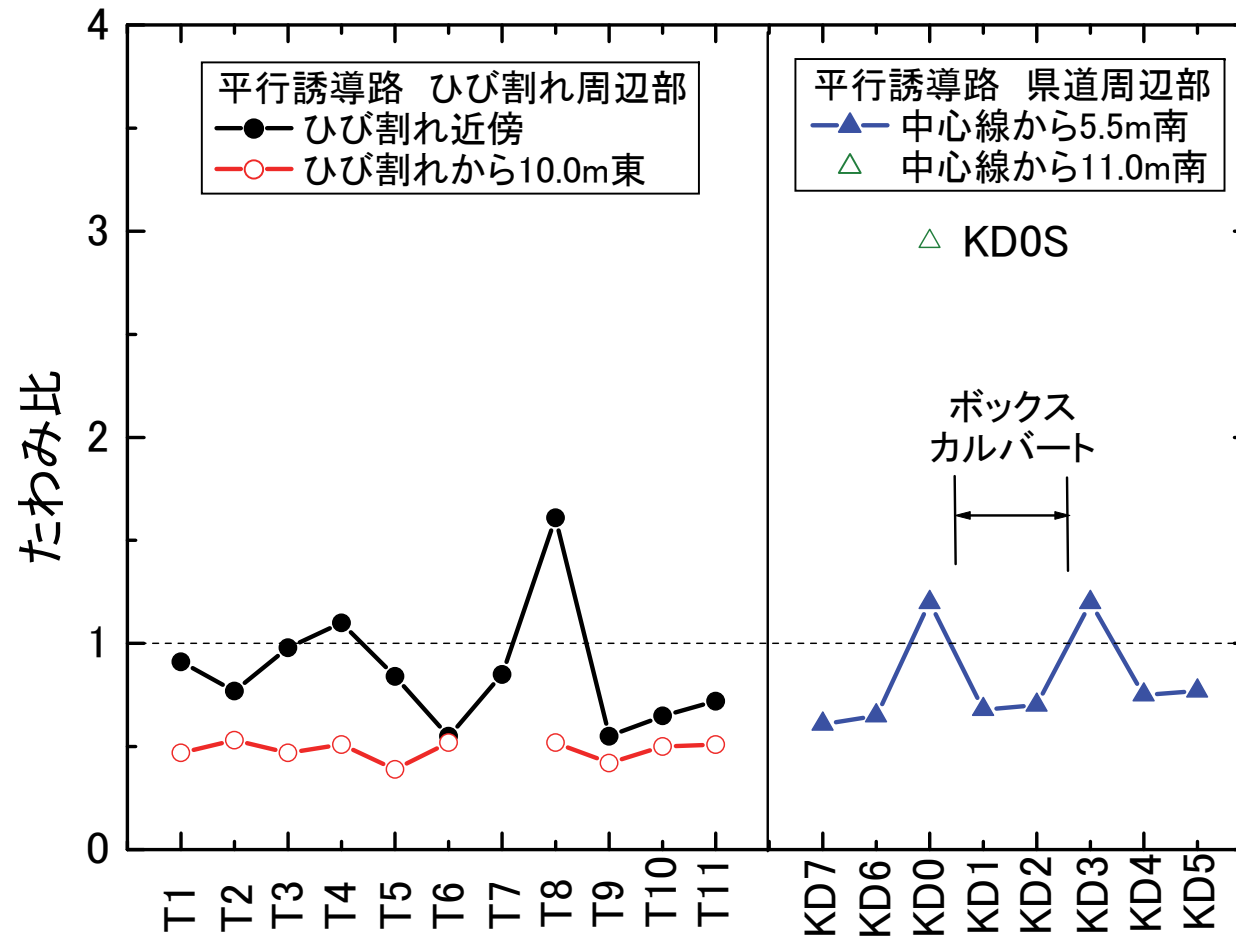
1番～3番スポットの局所沈下とひび割れ

⑧FWDによる空洞検知



- ・ボックスカルバートの両サイドが5m程度の幅で沈下
- ・沈下量は概ね数十cm程度
- ・民航機の運航に支障となると推測

⑧FWDによる空洞検知



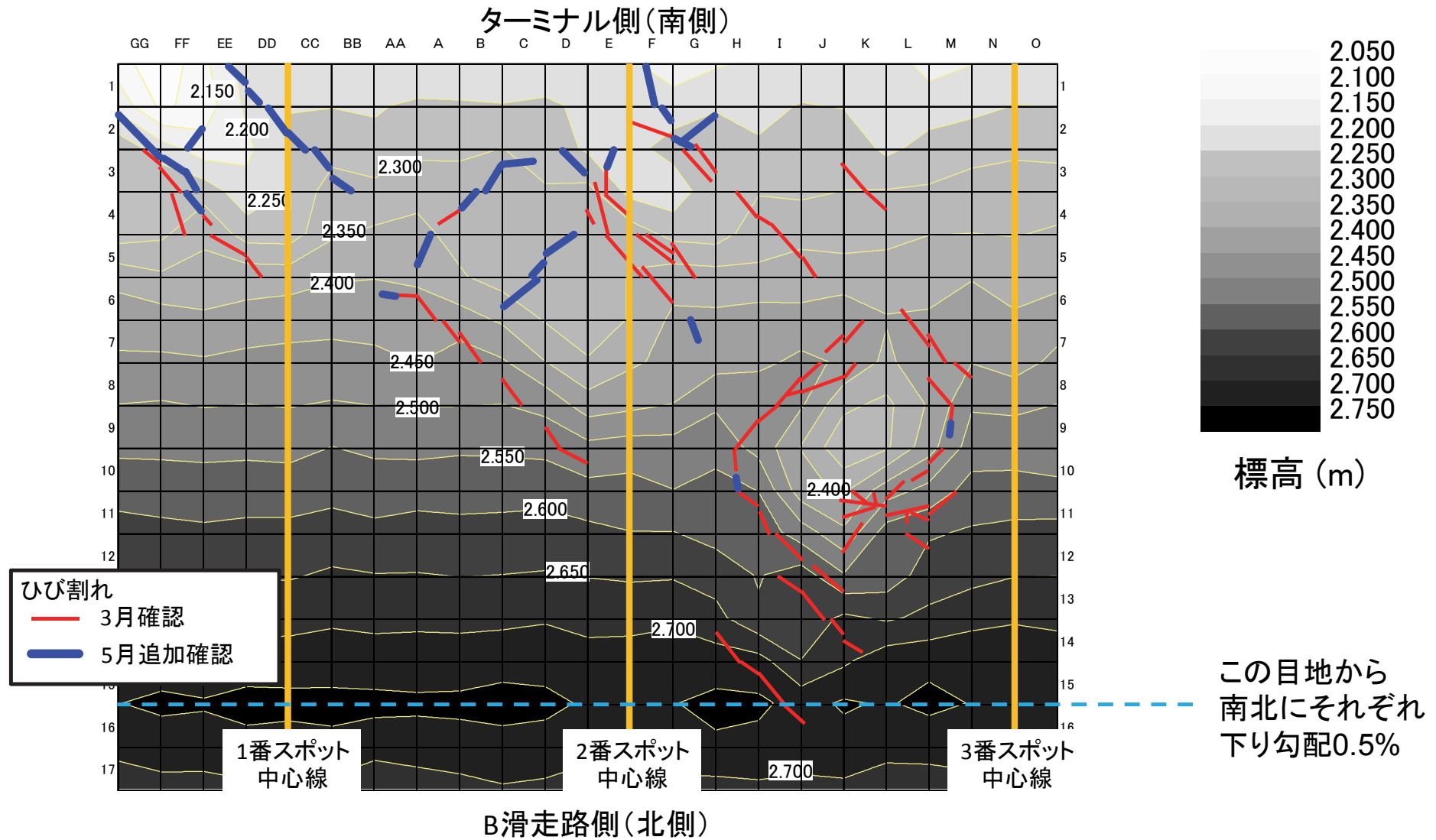
- ・ひび割れ部で一か所以外はやや支持力が低いものの、運用できない程度ではない
- ・液状化で路面が大きく沈下したボックスカルバートの側部は支持力が低い

⑧FWDによる空洞検知

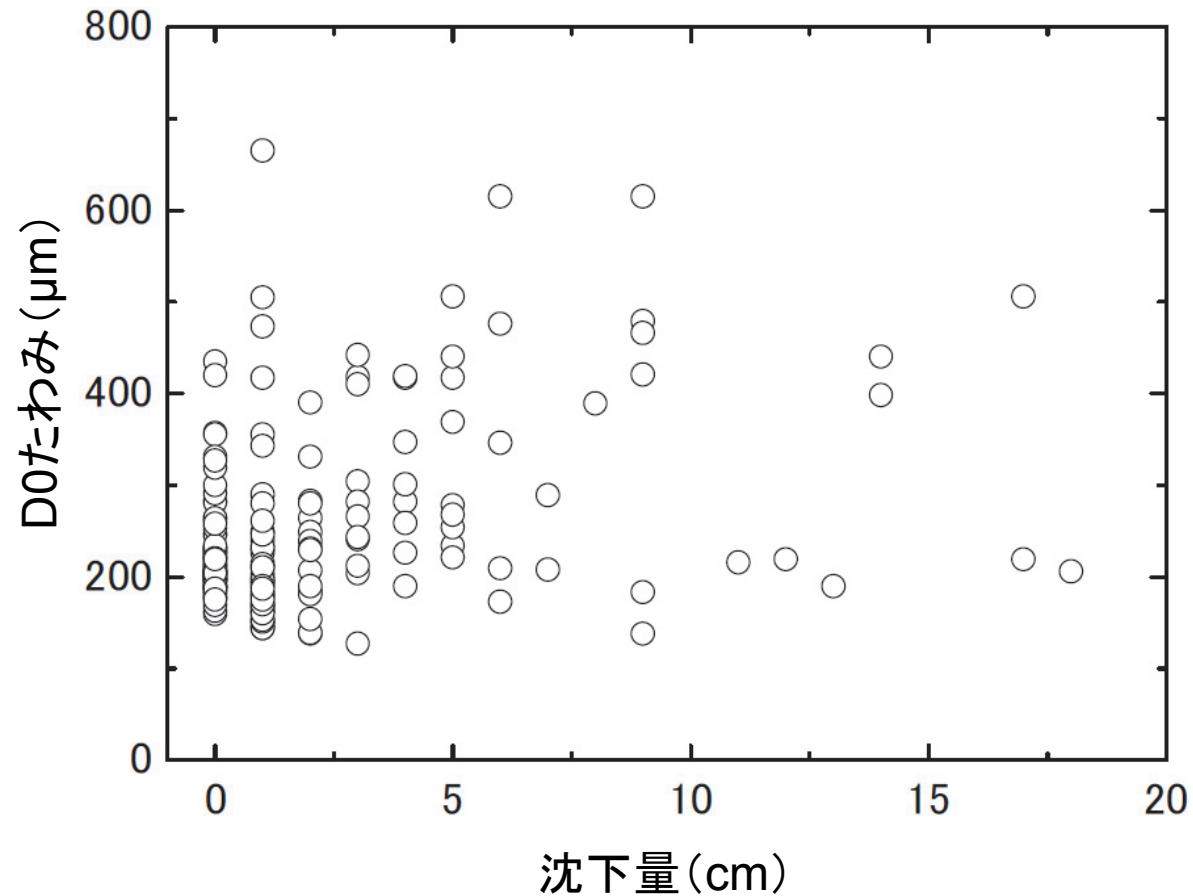


- ・無筋コンクリート舗装（版厚42cm）
- ・液状化に起因した沈下及び沈下に伴うクラック
- ・クラック幅は2-3mm程度，段差は無し

⑧FWDによる空洞検知



⑧FWDによる空洞検知

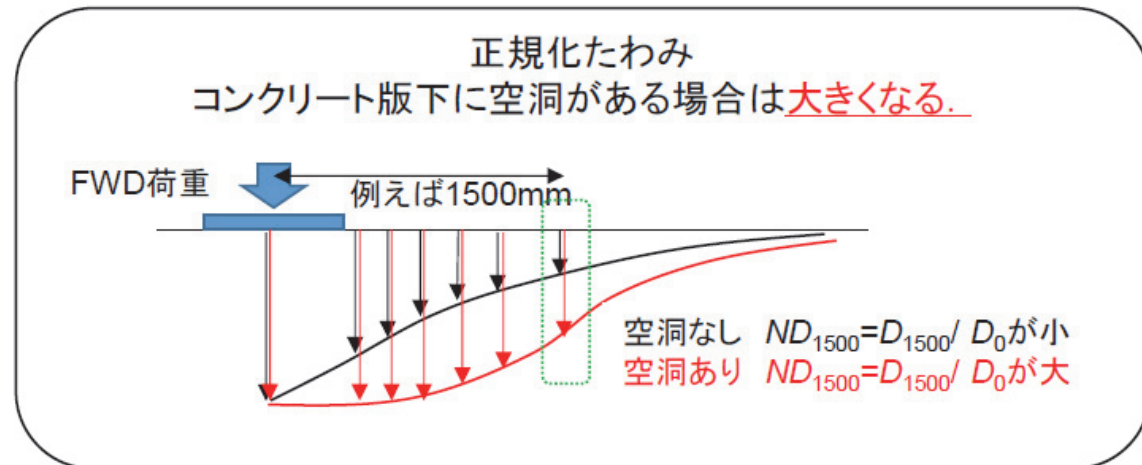


D0たわみと沈下量に相関はなく、
D0たわみだけでは空洞を判別しにくい印象

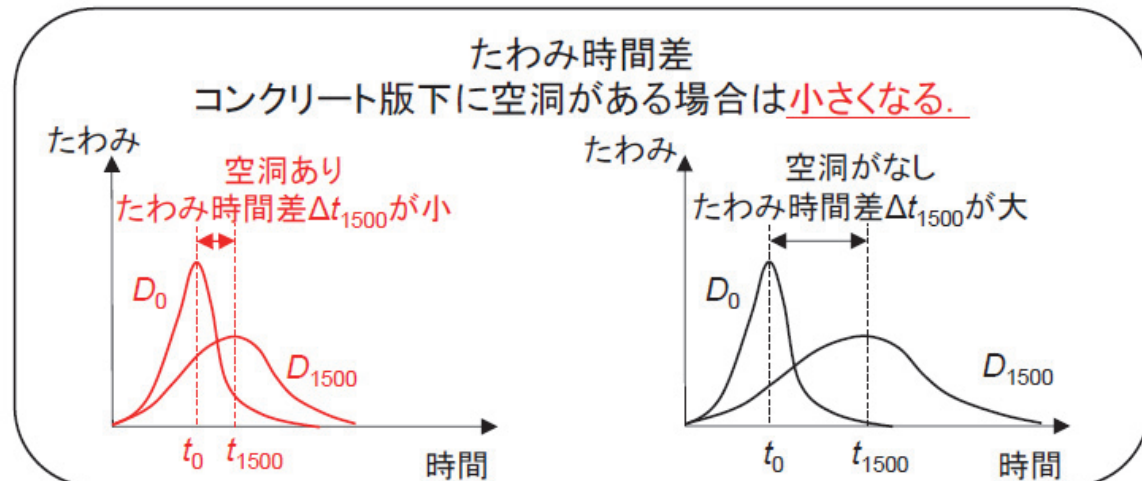
⑧FWDによる空洞検知

エプロンでのFWD結果を分析した結果、
「簡便である」ことを重視し、空洞検知に有望と考えた指標

正規化たわみ

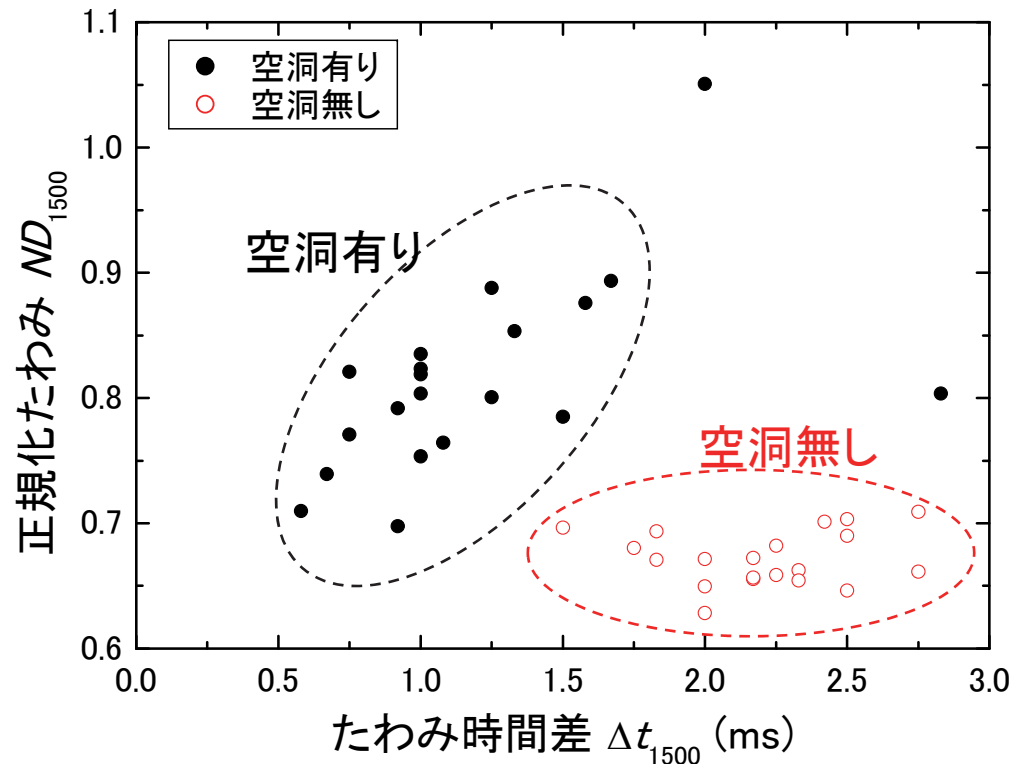


たわみ時間差



⑧FWDによる空洞検知

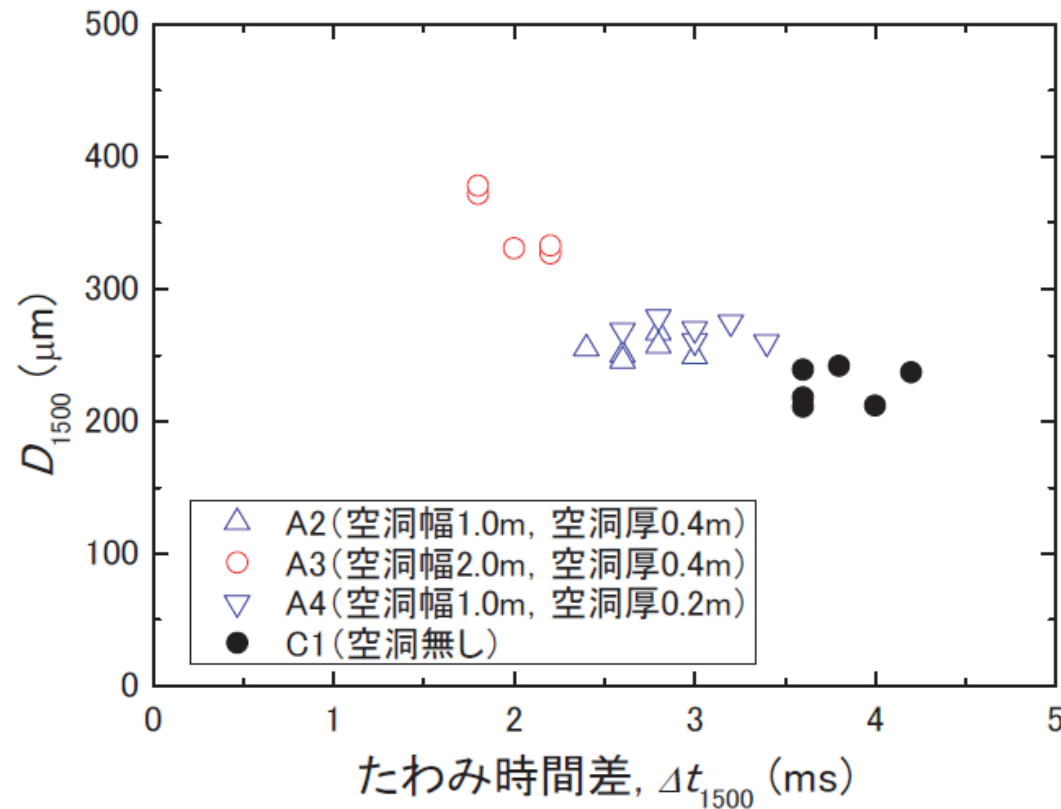
坪川ら：版下の空洞がコンクリート舗装のFWDたわみに及ぼす影響，土木学会年次講演会，2012（WEBで公開しています）



注) 空洞あり → D0たわみが大きく沈下量が大きい箇所
空洞なし → D0たわみが小さく沈下量がほとんどない箇所

⑧FWDによる空洞検知

坪川ら:アスファルト舗装内の空洞がFWDたわみに及ぼす影響,
土木学会年次講演会, 2016(WEBで公開しています)



アスファルト試験舗装でも検証した結果,
「D1500」と「たわみ時間差」の2つの指標で整理すると,
空洞の有無による影響が明確に判別できる.

⑧FWDによる空洞検知

- 港湾エプロン舗装(Co舗装)で「レーダーで空洞無しだがFWDで空洞の疑い」である箇所を削孔し空洞を確認した箇所もある.
- 閾値の設定は困難であるが, 維持管理で使用するならば, 面的な相対比較・削孔の結果・経年変化等.

