

# 空港舗装補修要領の改定予定

## ／ FWDによる舗装下の空洞検出法

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

# 発表内容

- ・空港舗装補修要領の改訂予定

  - 路面性状調査

    - ①わだち掘れ算出方法の改訂

    - ②平坦性評価方法の改訂

  - 評価

    - ③既設アスコン層の耐水性評価の追加

  - 材料

    - ④基層への改質Asの適用

- ・FWDによる舗装下の空洞検出法

# ① わだち掘れ算出方法の改訂

- 空港アスファルト舗装のわだち掘れは、路面性状ユニット(幅21m×長さ30m等)の縦断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。

## 理想

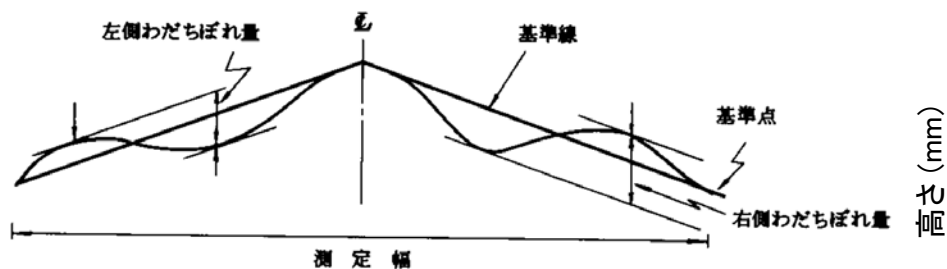
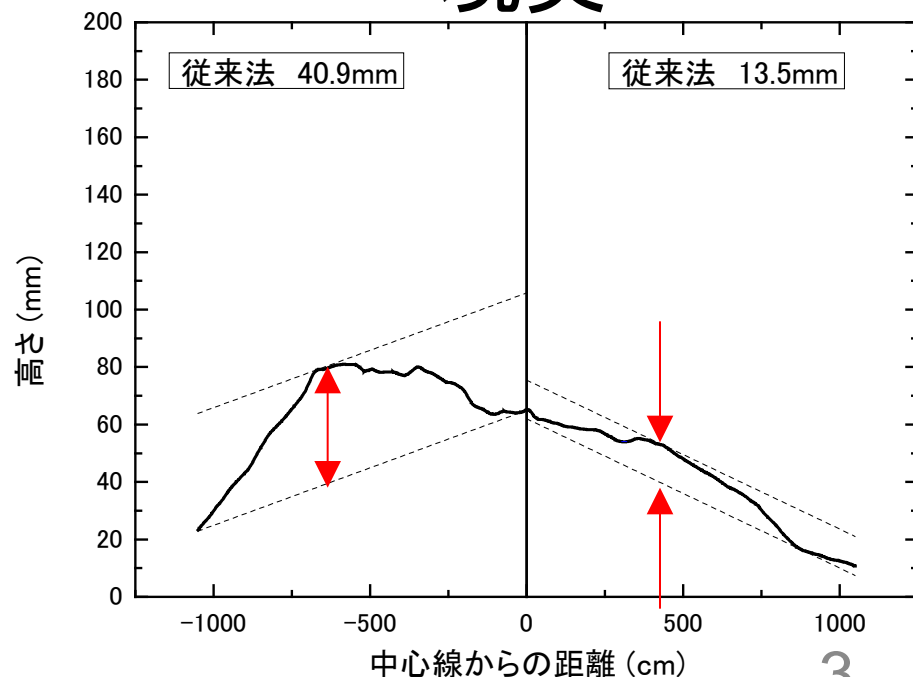


図-2.4 わだち掘れ量の定義

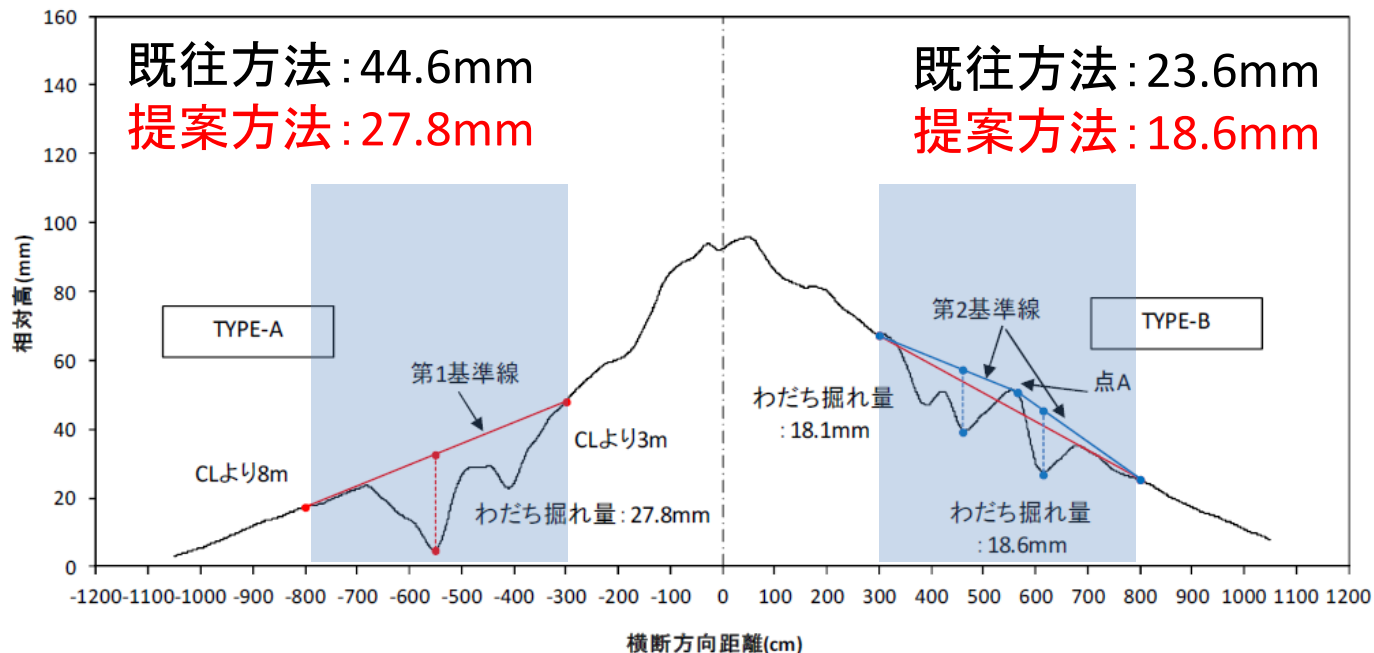
## 現実



# ① わだち掘れ算出方法の改訂

改訂案(現在検討中)

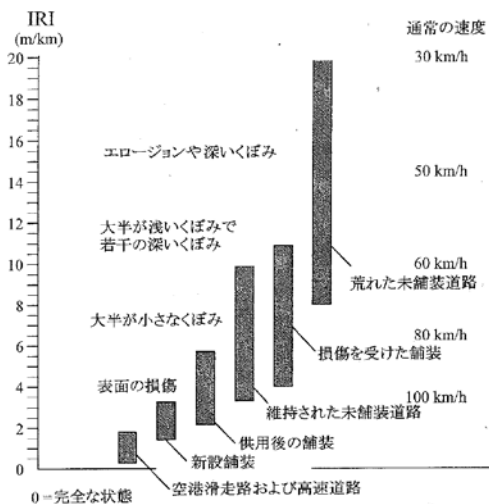
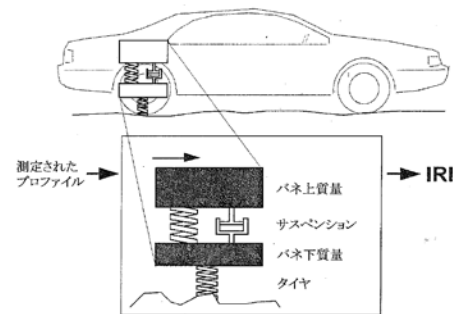
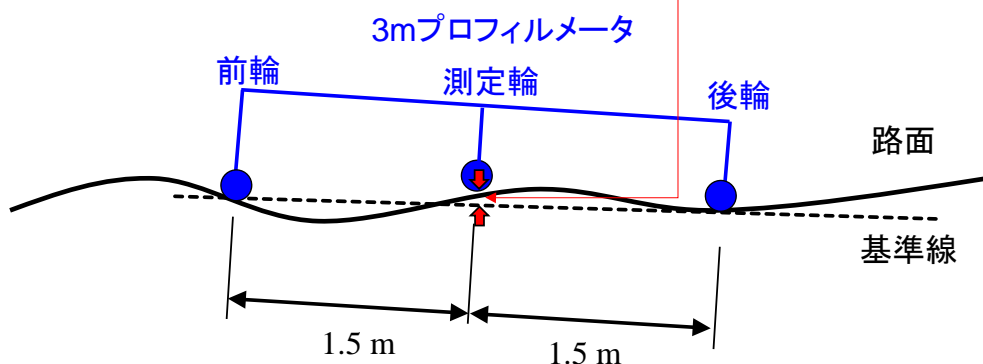
- 「航空機荷重の影響がある範囲」でわだち掘れを算出する.
- 下図左のように, CLから3m・8mを基準点とし, 3m・8mの2点で**第一基準線**を引き, これよりも高い路面がなければ, 第一基準線からの垂線長をわだち掘れとする.
- 下図右のように, **第一基準線**よりも高い路面(点A)があれば, 3m・8m・点Aの3点で**第二基準線**を引き算出する.
- 基準線よりも高い点がなくなるまで, これを繰り返す.



## ②平坦性評価方法の改訂

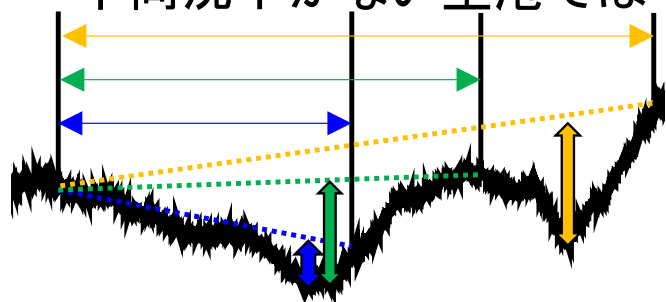
- 空港アスファルト舗装の平坦性は、3mプロフィロメータの原理による $\sigma$ で評価しているが、航空機の走行に影響を及ぼす長い波長の凹凸が評価できない。
- 道路舗装ではIRI(縦断プロファイルから・実測加速度から)が用いられつつあるが、IRIが自動車を模擬したクウォーターカーモデルによる累積上下変位量であるため、空港には使用しづらい。

平坦性 = 1.5mごとに計測された「**相対高さ**」の標準偏差

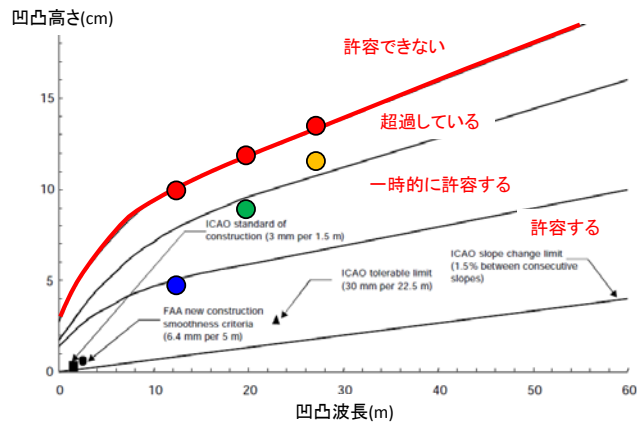


## ②平坦性評価方法の改訂

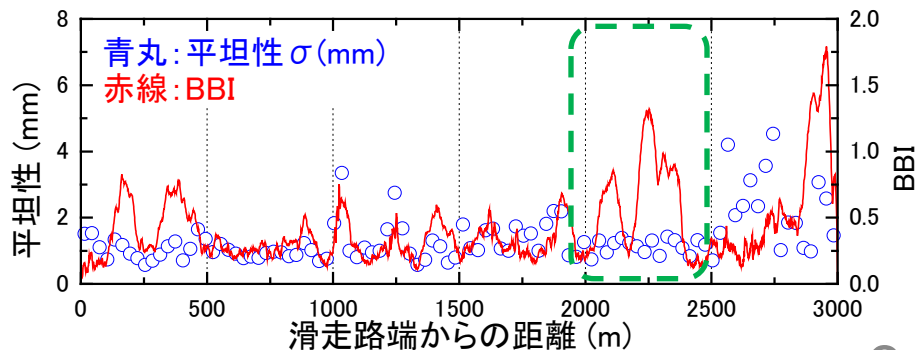
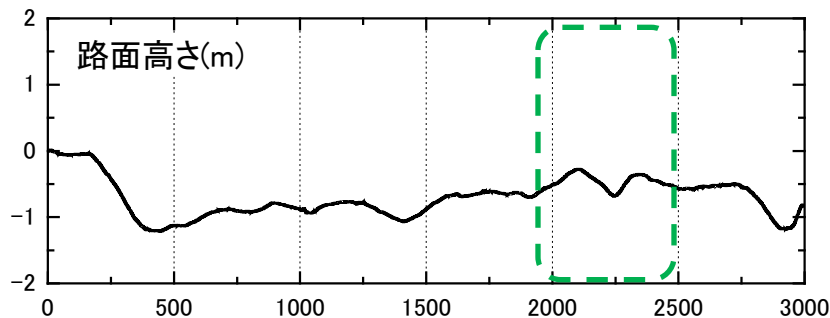
- BoeingとFAA(米国)が考案したBBI(Boeing Bump Index)を採用する。
- $BBI = (\text{凹凸波長に応じた凹凸高さ} \div \text{凹凸閾値})$ の最大値
- BBIは不同沈下がない空港ではほとんど変化しないと考えられることから、不同沈下がない空港では平坦性調査を省略してよいこととする。



波長に応じた凹凸高さの算出

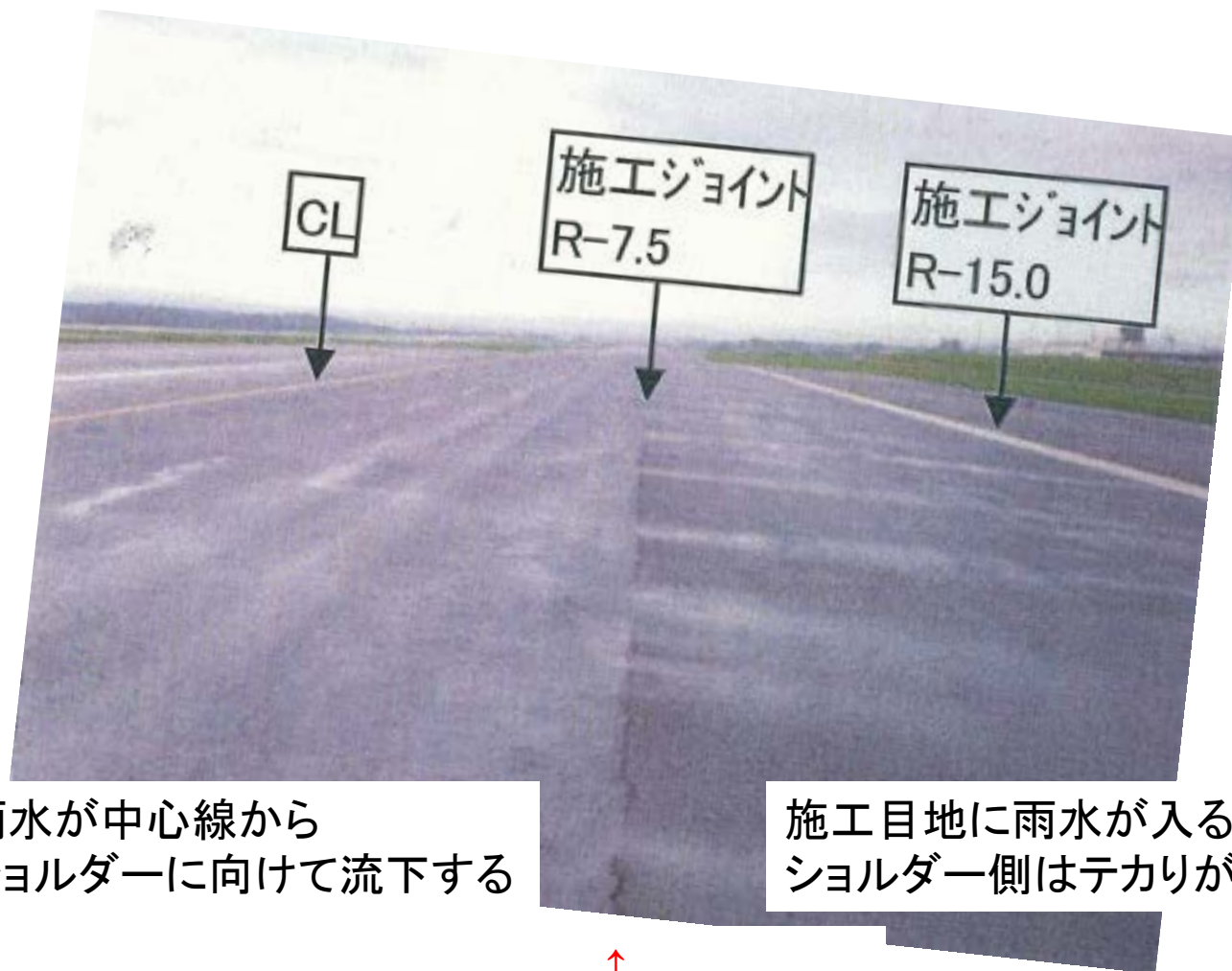


BBIの算出 ( $BBI = \text{実測凹凸高さ} \div \text{基準凹凸高さ}$ )



滑走路面の高さ, 平坦性, BBIの関係

### ③既設アスコン層の耐水性評価の追加



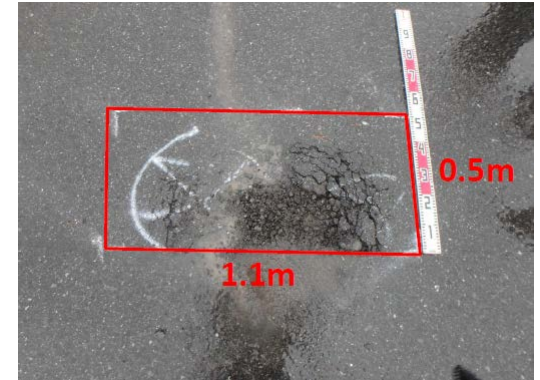
雨水が中心線から  
ショルダーに向けて流下する

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

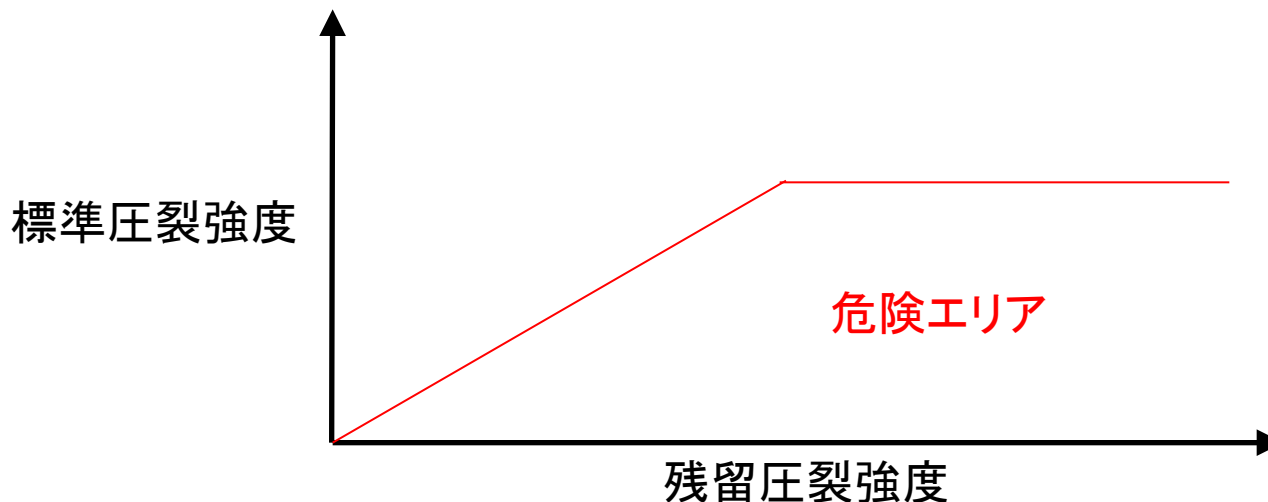
### ③既設アスコン層の耐水性評価の追加

- 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

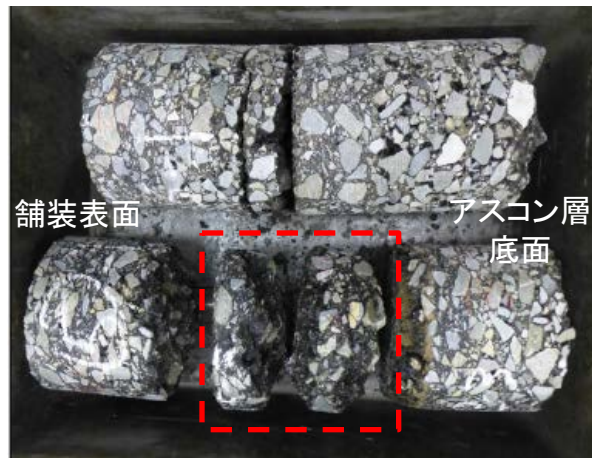
残留圧裂強度: (減圧強制浸水+水浸養生で)劣化させたコアの圧裂強度



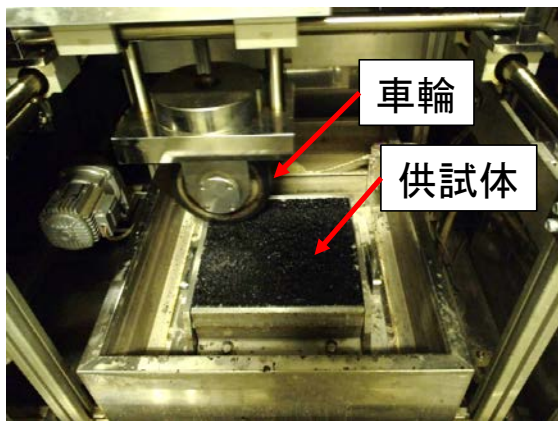


# ④ 基層への改質Asの適用

- 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

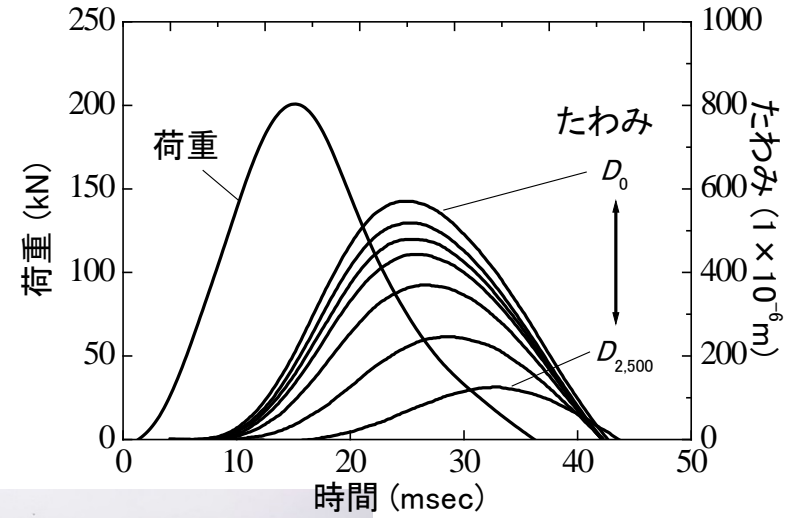
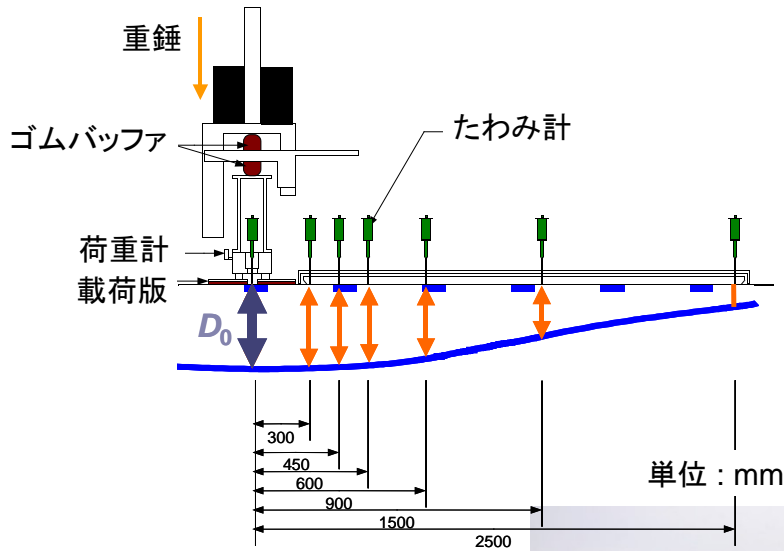
※剥離面積率  
水浸ホイールトラッキング試験後、  
供試体断面を目視して確認した  
「剥離した面積」を「供試体断面積」で除した値

# FWDによる空洞検出法

- 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地中レーダーとは別の手法として, FWDにより,
  - ・調査機器仕様によらない定量的な指標
  - ・現場で手計算可能な簡便な指標により精度よく迅速に空洞検出ができないか.
- ③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

# FWDによる空洞検出法

FWD(フォーリング・ウエイト・デフレクトメータ)  
落下 重り たわみ測定装置



# FWDによる空洞検出法



- ・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



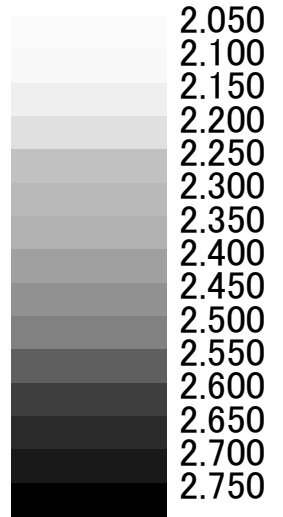
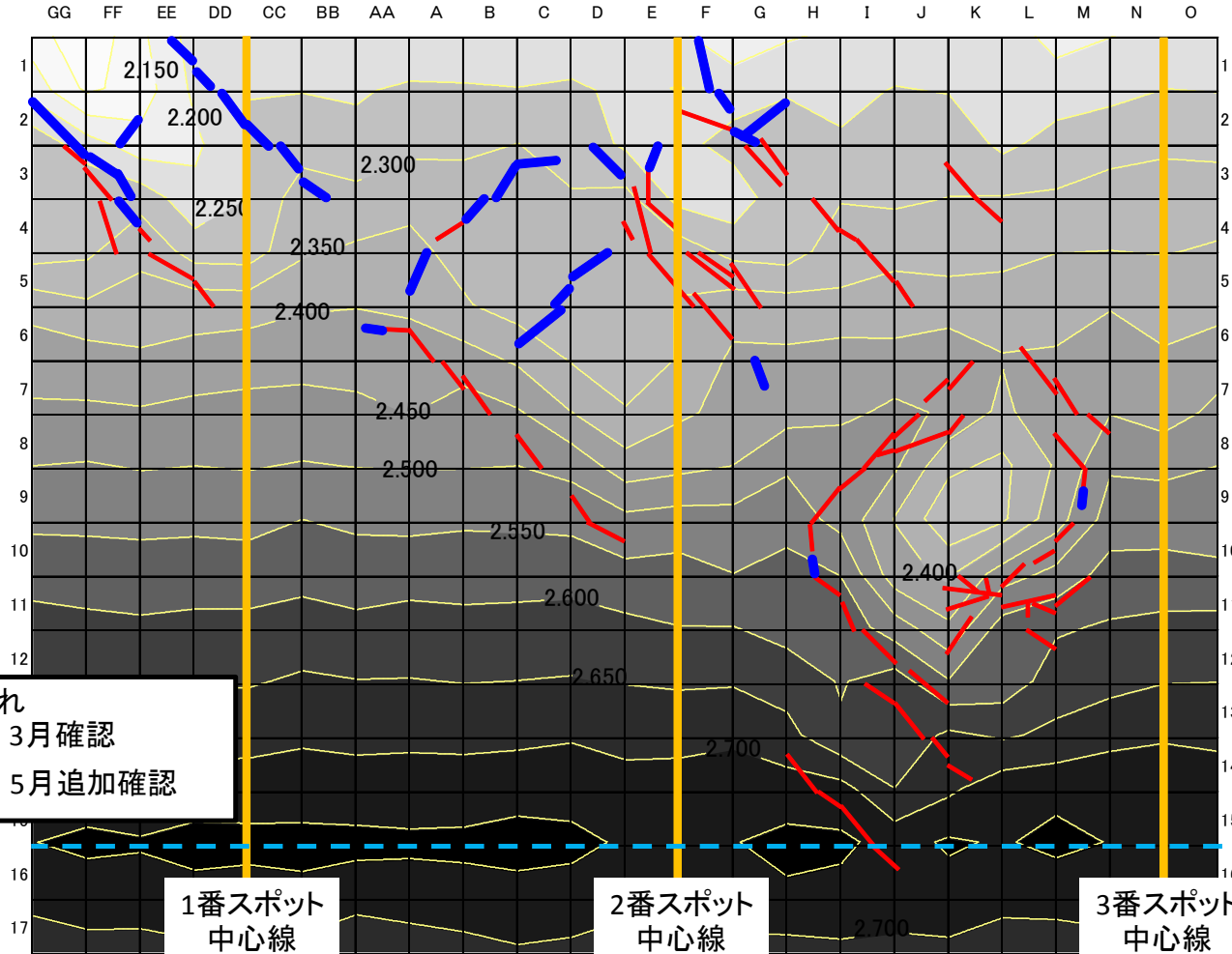
# FWDによる空洞検出法



- ・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，沈下は20cm程度.

# FWDによる空洞検出法

ターミナル側(南側)



標高 (m)

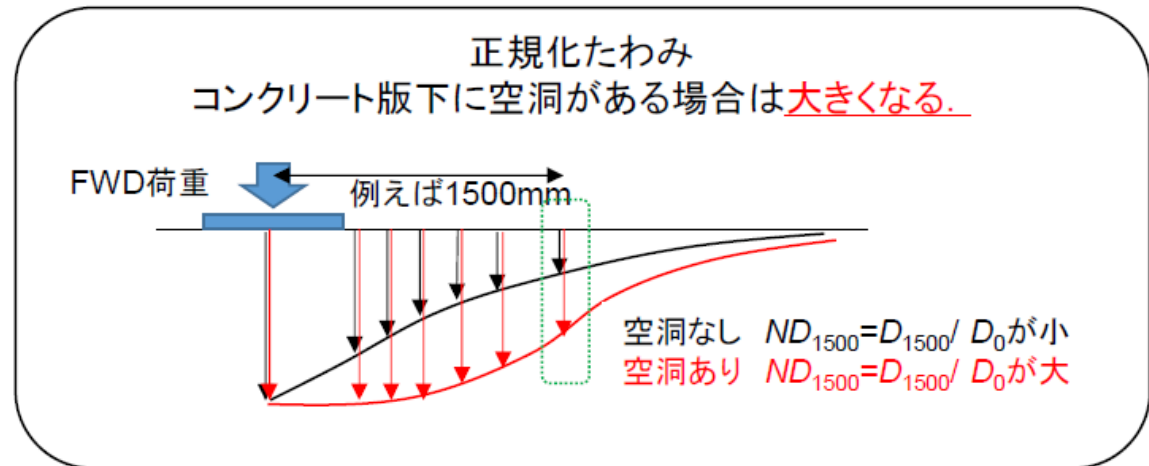
この目地から  
南北にそれぞれ  
下り勾配0.5%

B滑走路側(北側)

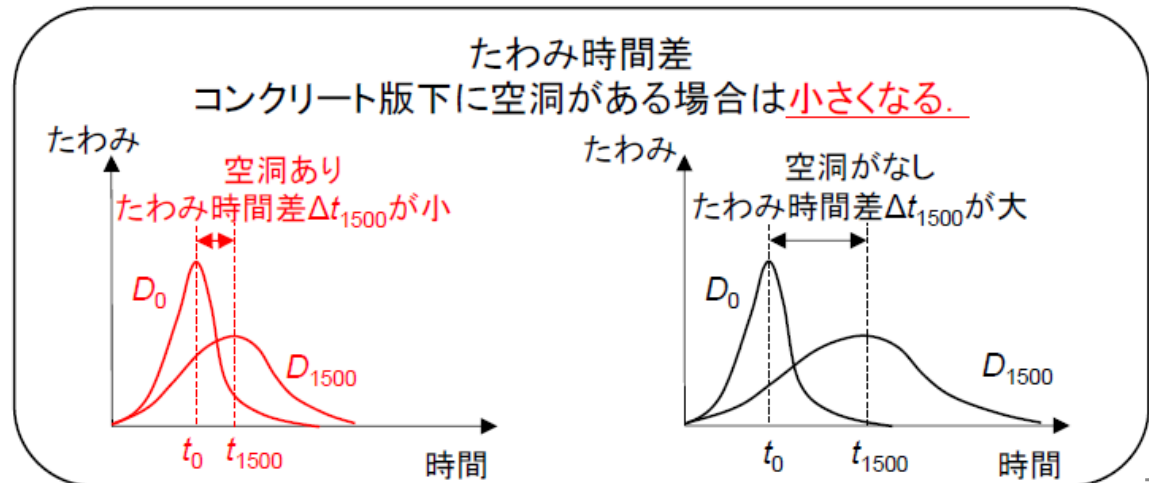
# FWDによる空洞検出法

エプロンでのFWD調査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

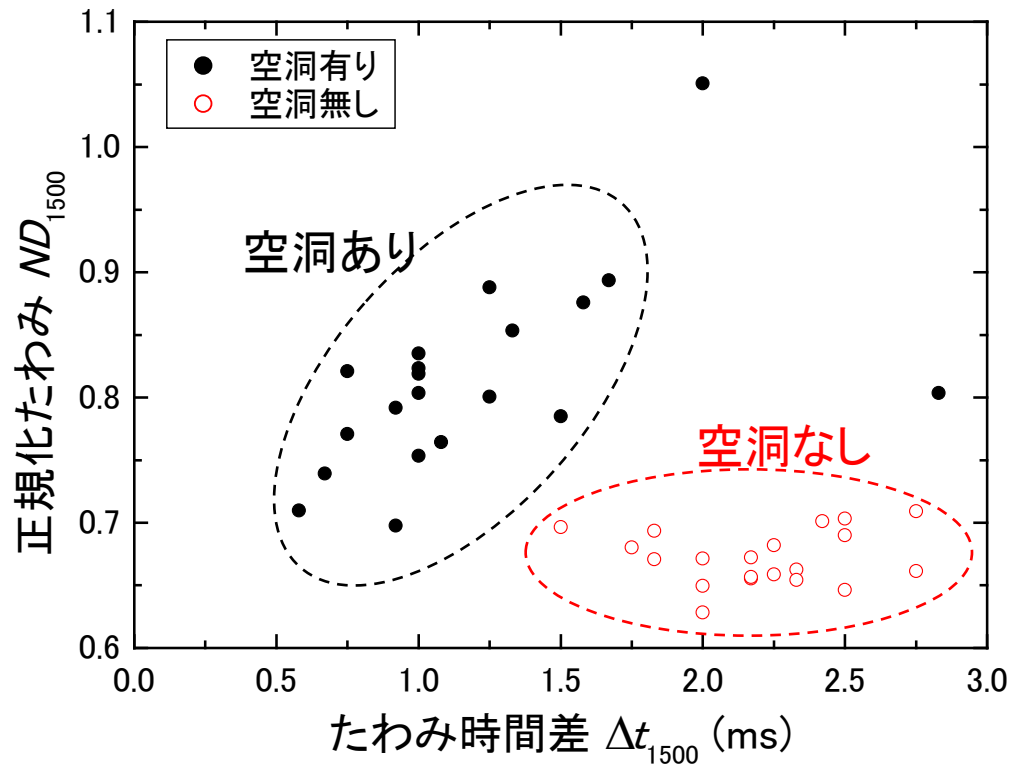


たわみ時間差



# FWDによる空洞検出法

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）

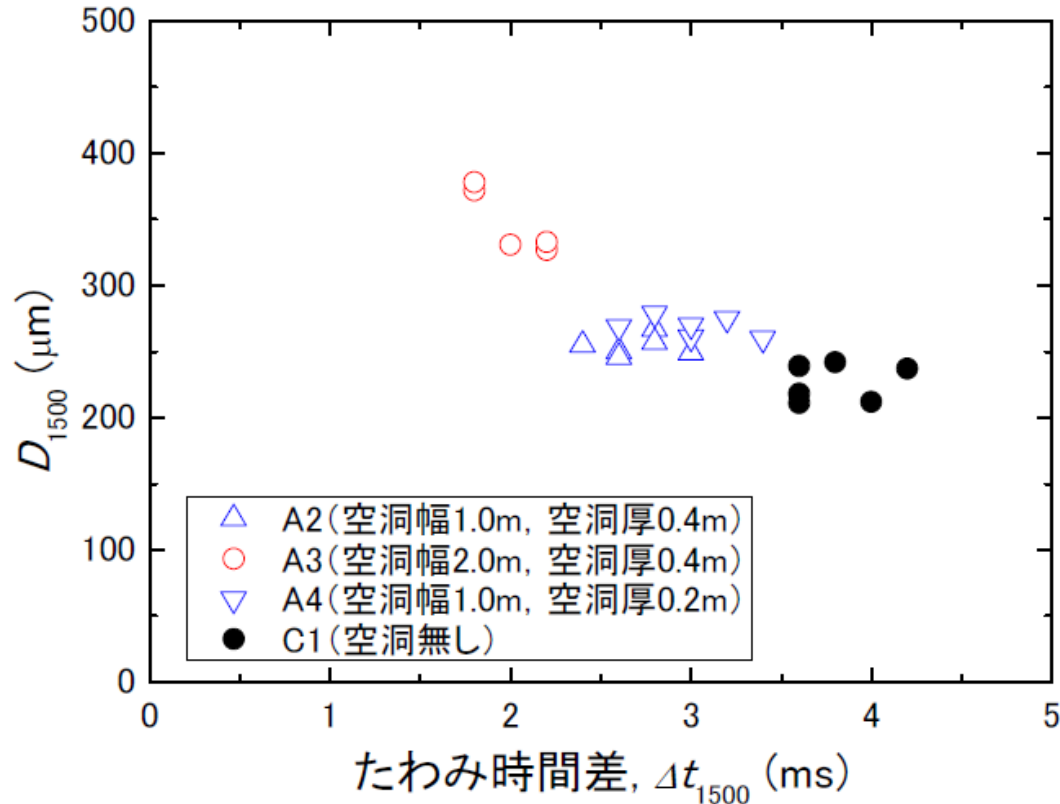


- 注) 空洞あり → D0たわみが大きく沈下量が大きい箇所  
空洞なし → D0たわみが小さく沈下量がほとんどない箇所



# FWDによる空洞検出法

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。

# FWDによる空洞検出法

- 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・経年変化等のデータを維持管理に活用可能。

