

# 地震後の空港舗装の 点検・応急復旧マニュアルについて

国土交通省国土技術政策総合研究所  
空港研究部長 小野 正博

# 1. 背景

- 空港は、地震被災後の人命救助、緊急物資輸送、復旧の拠点となる重要なインフラ。
- 地震発生後には、空港舗装の点検・復旧を速やかに実施し、**迅速に供用再開する必要がある**。
- 地震による被災を経験した空港管理者は、限られており、多くの場合、経験に基づく判断が困難。
- 地震発生後の点検・復旧方法のポイント、実施手順を示した**マニュアルを整備**することにより、迅速な供用再開に寄与。

# <地震による被害事例>

## 地震による空港舗装等の被害事例

地震名	空港名	空港舗装等の被害内容	運航状況
平成12年 (2000年) 鳥取県西部地震	米子空港 震度6弱	滑走路・誘導路に多数のひび割れ 過走帯・着陸帯で液状化発生	ひび割れを補修し 5日後国内線再開
平成13年 (2001年) 芸予地震	松山空港 震度5強	着陸帯で液状化発生 (空港舗装は被害なし)	支障なし
平成19年 (2007年) 能登地震	能登空港 震度6強	滑走路・誘導路に多数のひび割れ	ひび割れを補修し 翌日国内線再開
平成23年 (2011年) 東北地方 太平洋沖地震	仙台空港 震度6弱	滑走路・誘導路・エプロンに 多数のひび割れ 誘導路・エプロンの液状化による沈下	4日後に救難活動用ヘリ再開 5日後に緊急物資輸送固定翼機再開 33日後に国内線再開
平成28年 (2016年) 熊本地震	熊本空港 震度6弱	滑走路・エプロンに軽微なひび割れ	4/14前震後: 平常運航 4/16本震後: 3日後に国内線再開 (ターミナル被害に起因)

## 2. マニュアルの構成

- 全16頁
  - 1. 重要なポイント (1頁)
  - 2. 目視点検 (3頁)
  - 3. 詳細点検 (7頁)
  - 4. 応急復旧 (4頁)

### 3. 点検・応急復旧のポイント

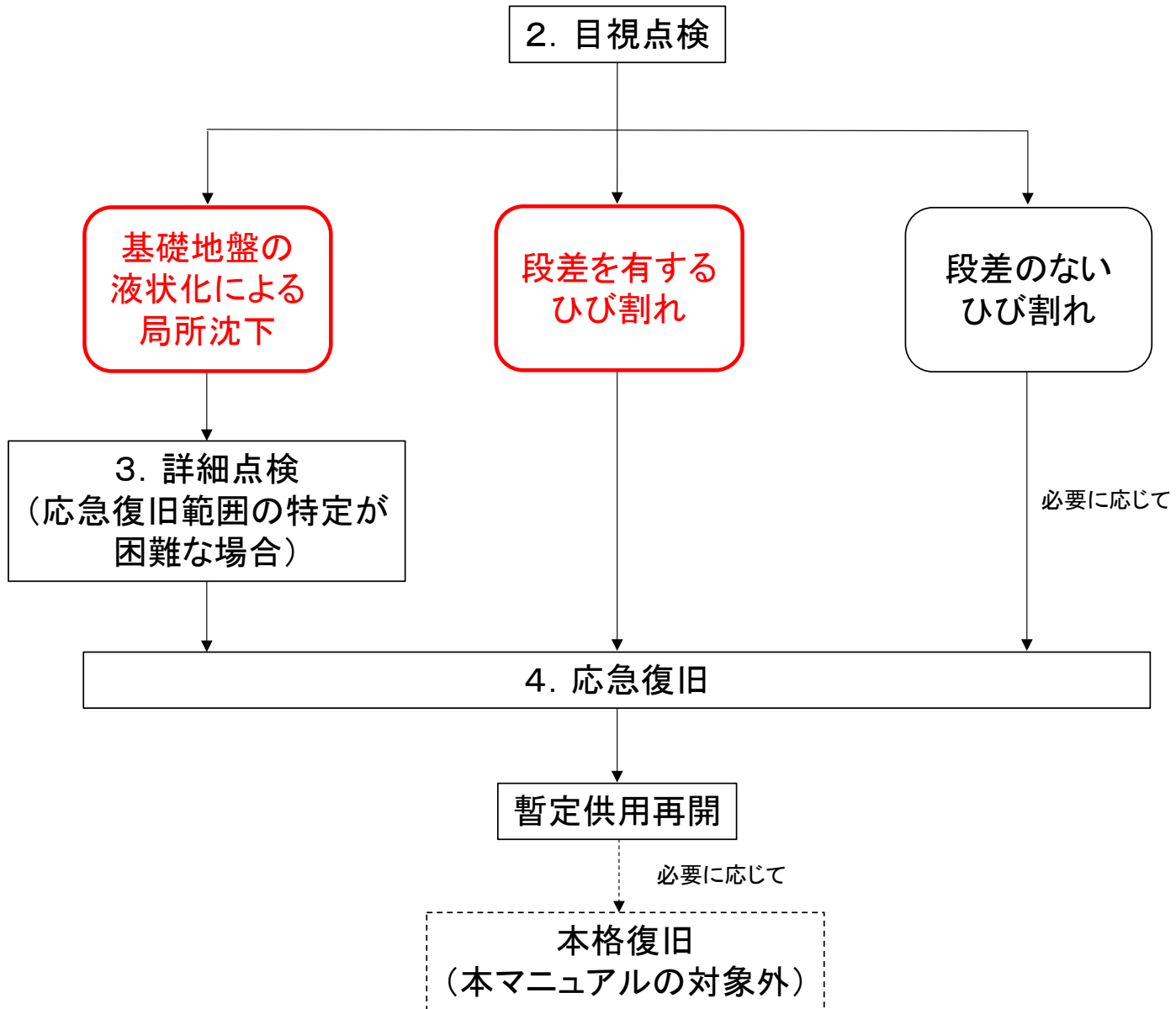
#### 点検

- 運航の支障となりうる【基礎地盤の液状化による局所沈下】【段差を有するひび割れ】を早期に発見すること。
- 運航の支障となりうるひび割れは、段差2cm以上。

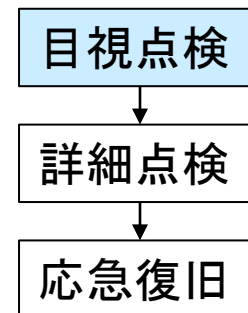
#### 応急復旧

- 早期の暫定供用再開が目的。
- 地震後には材料調達が困難となることから、現状と同じ空港舗装仕様にこだわる必要はない。

# 4. 点検・復旧フロー



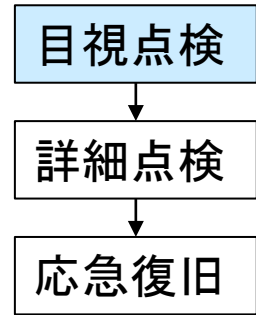
## 5. 目視点検



### 点検のポイント

- 【局所沈下】【段差を有するひび割れ】が起こりやすい場所
  - 液状化が生じた周辺（噴砂痕で確認）
  - 埋立・切り土・盛り土箇所境界
- 点検では、被災状況の記録用に、メジャー、ポール等を持参。  
段差のないひび割れ等の点検、記録は簡潔に。
  - ポールはできるだけ長い方が望ましい←【局所沈下】の範囲把握用
  - 【局所沈下】は路面標識の乱れが参考になる。

# 5. 目視点検（被災箇所への把握・記録）



局所沈下の把握



噴砂痕



沈下による路面標識の乱れ



局所沈下の把握

2018年9月

北海道胆振東部地震

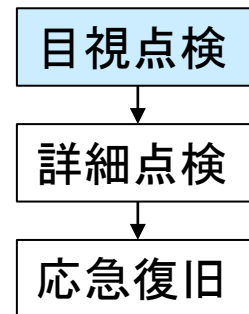
<仙台空港>

2011年3月

東北地方太平洋沖地震

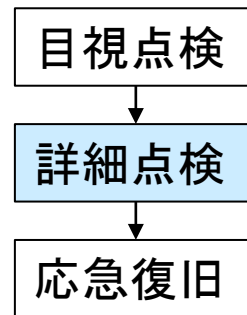


## 5. 目視点検



- 詳細点検の必要性の判断
  - 舗装下で液状化が発生した場合、舗装が自重で沈下しなければ、**空洞を見落とす可能性**。
  - 【局所沈下】が点在・広範囲に及ぶ場合は**FWDによる詳細点検**を推奨。
- 応急復旧へ
  - 沈下範囲が特定できる(ボックスカルバート周囲等)ならただちに応急復旧へ。
  - 【段差を有するひび割れ】はただちに応急復旧へ。

## 6. 詳細点検



- 舗装強度、路盤支持力調査に用いられるFWDによる詳細点検(舗装下の空洞調査)を推奨。
  - 空洞の有無により、FWDの計測値「たわみ量」「たわみ時間差」に差異が生じることに着目し、空洞検出の評価指標を設定



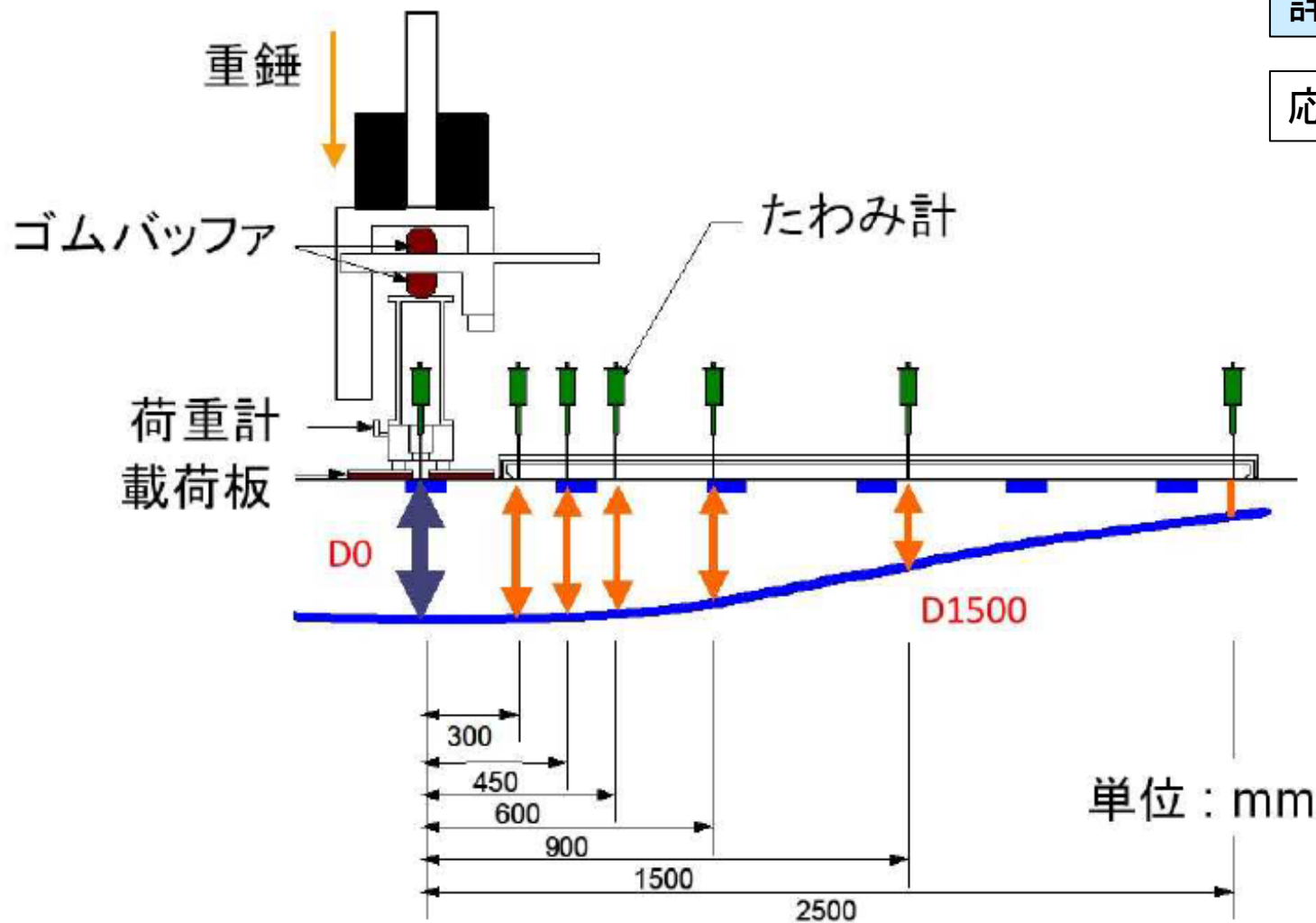
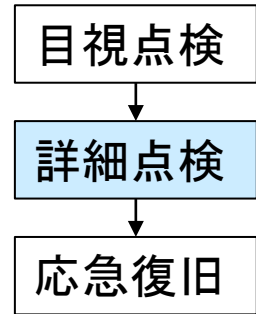
FWD (Falling Weight Deflectometer)

# <点検で用いられる検査機器>

## 舗装の点検で用いられる検査機器

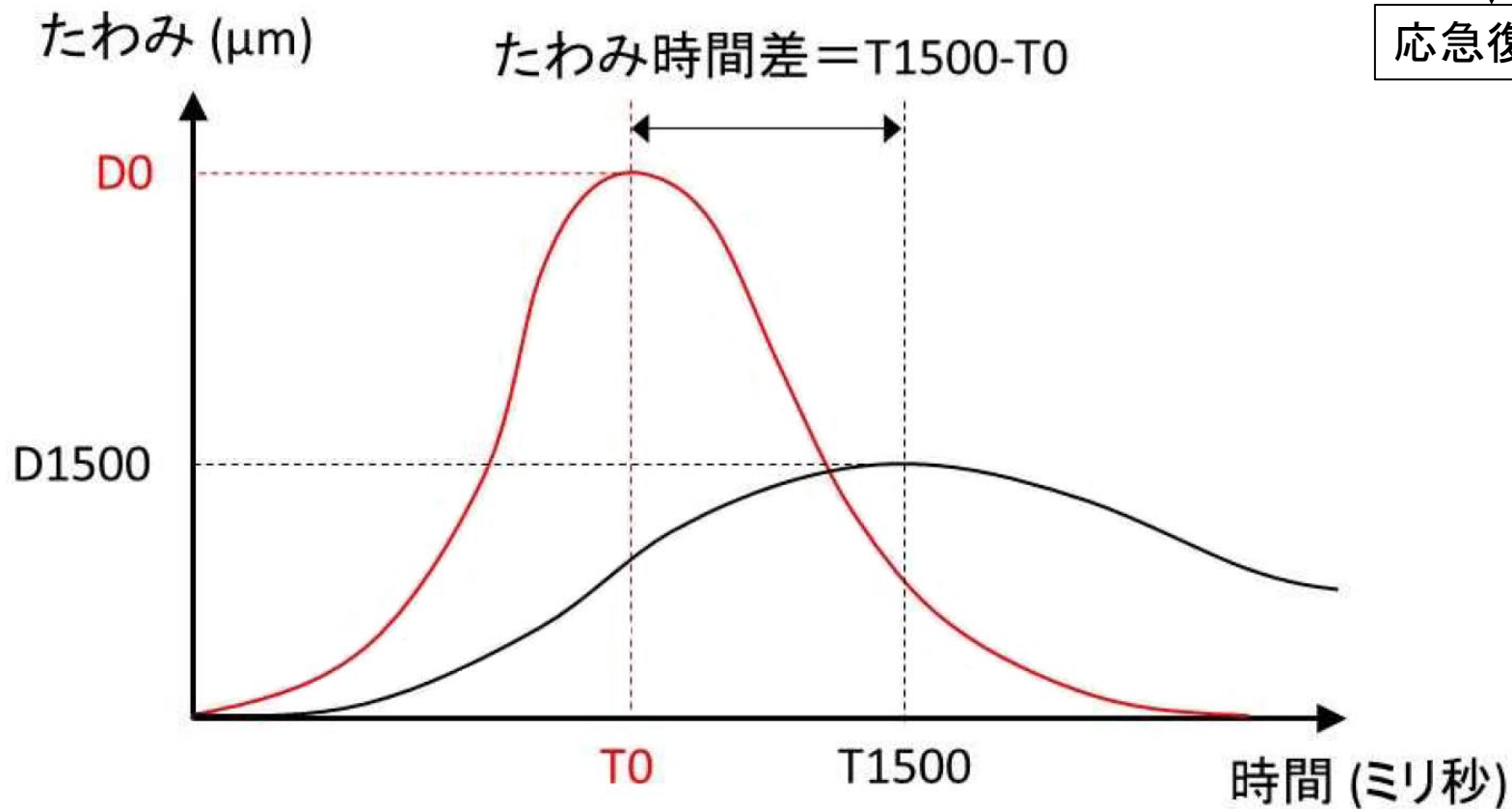
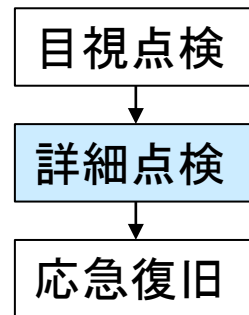
候補機器の用途	舗装表面のたわみ測定装置	電磁波等を用いた非破壊検査機器	解体調査用機器
	例:FWD	例:地中レーダ	例:コアカッター(コア採取)
空洞の検出	△	○	△ (連続的に把握できない)
舗装構造の健全性評価	○	-	-

## 6. 詳細点検



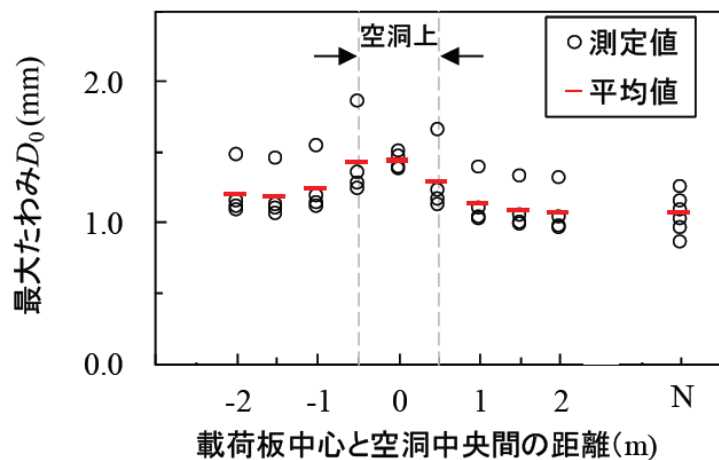
FWD の模式図

## 6. 詳細点検

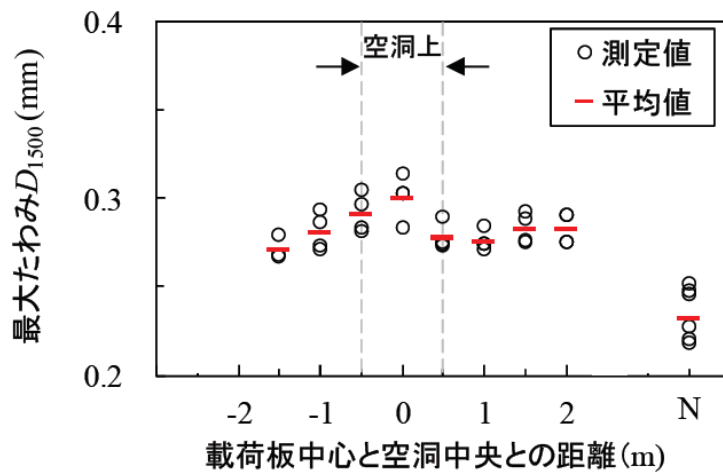


たわみ時間差の定義

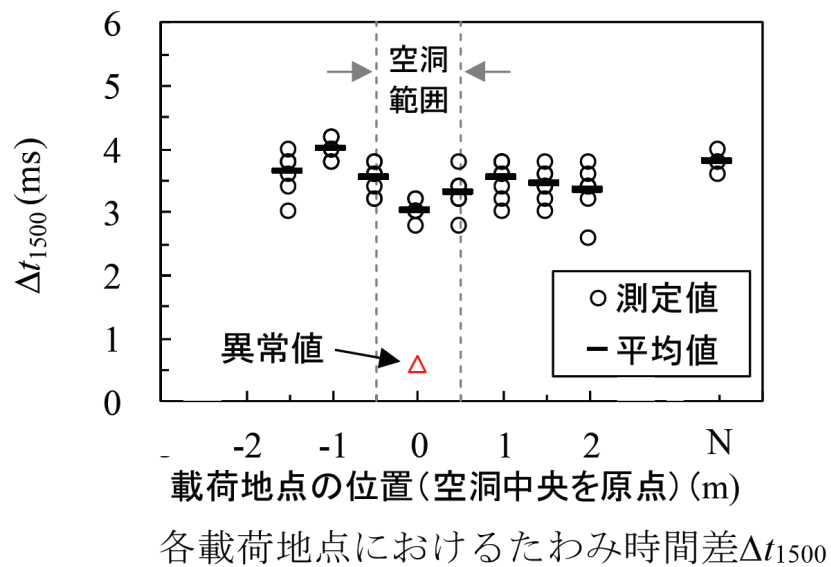
# <実験結果>



a)  $D_0$

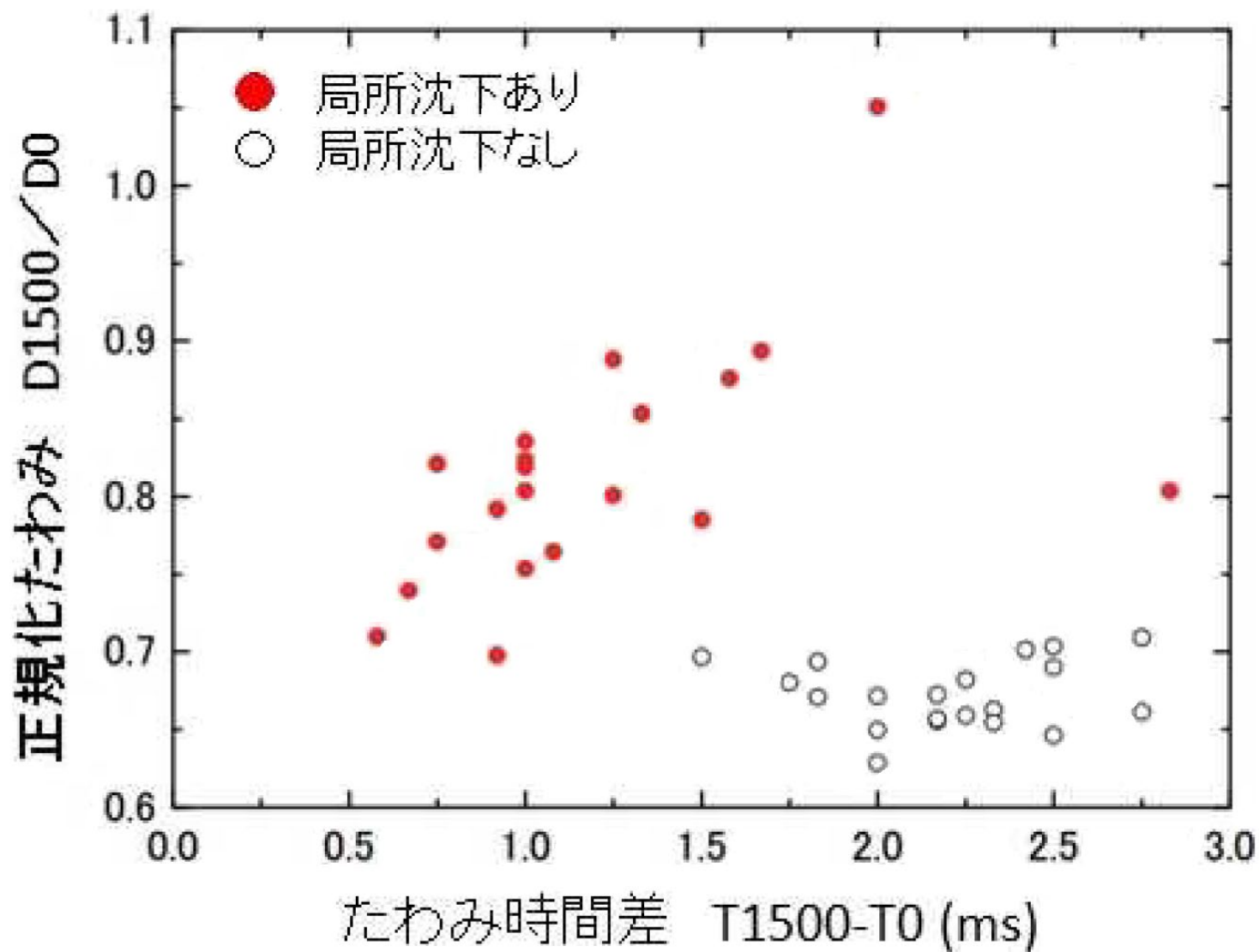


b)  $D_{1500}$

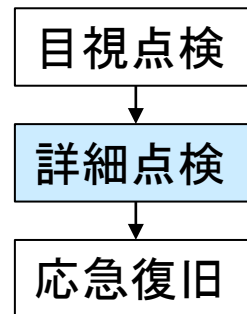


FWD 調査結果

# ＜空洞有無の判定＞



## 6. 詳細点検

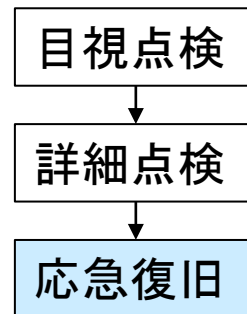


空洞検出指標

	アスファルト舗装	コンクリート舗装	相対比較方法
指標①	D1500	正規化たわみ = $D1500 / D0$	空洞があると <u>大きくなる</u>
指標②	たわみ時間差 = $T1500 - T0$ ( $D0$ が最大となる時間 $T0$ と $D1500$ が最大となる時間 $T1500$ の時間差)		空洞があると <u>小さくなる</u>



## 7. 応急復旧

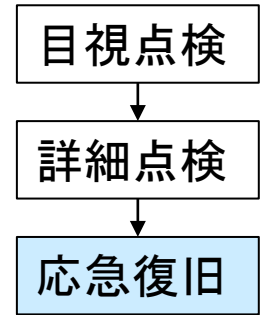


- 通常時の空港舗装仕様に拘らず、臨機応変に対応。
- 点検の結果、以下を早期に決定することが重要。
  - 応急復旧に時間を要する箇所は、当面閉鎖
  - 応急復旧の優先順位（滑走路→誘導路→エプロンの動線を意識）。
- 滑走路全幅に被害が及ぶ場合、航空機が走行する滑走路中央帯を優先。
- 路面切削機の調達に時間を要する場合があるため、先行して調達。



大型路面切削機

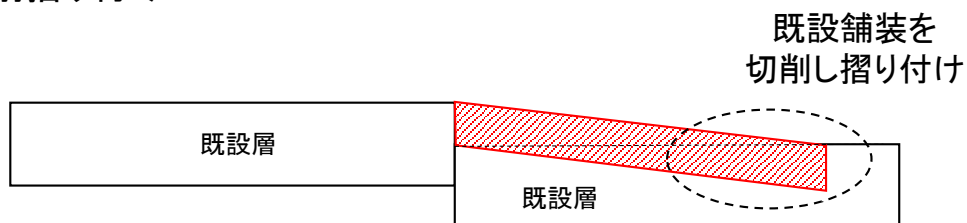
## 7. 応急復旧



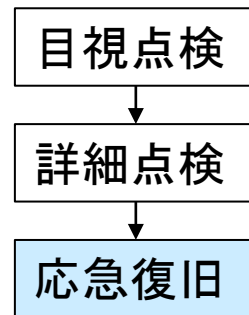
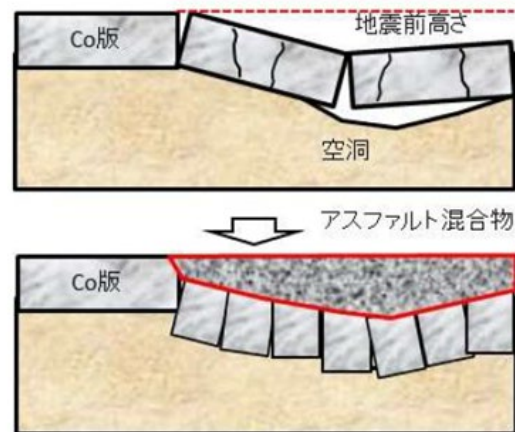
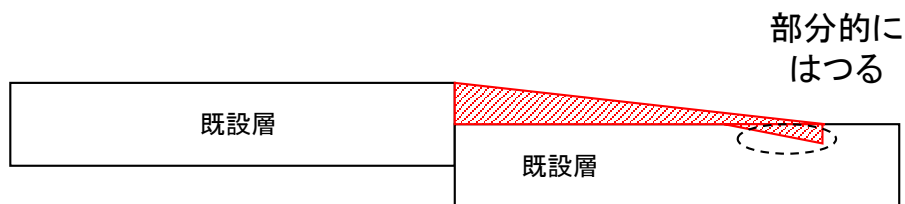
- 【局所沈下】 → 打ち換え
- 【段差を有するひび割れ】
  - 切削摺り付け
  - ゼロ摺り付けなら少しはつる
  - 舗設厚が確保できない場合、粒径大をふるいで除外
- 【段差のないひび割れ】
  - 切り口を押して安定していないなら、注入で落ち着かせる
  - 施工目地が地震で開いた場合、放置でよい

# 7. 応急復旧

切削摺り付け



ゼロ摺り付けとせざるを得ない場合



ブロック状に切断する応急復旧の例 (2011年仙台空港)

## 8. マニュアルの普及

- 航空局「空港舗装等維持管理マニュアル(案)」(令和3年4月)の一部として一般に公開(航空局HP)。
- 空港管理者・関係者向けには、「航空局メンテナンスブロック会議」、研修「空港施設調査・設計コース」で紹介。

# 【参考】 研究成果

## 【発表論文】

- 河村直哉, 坪川将丈

アスファルト舗装下の空洞がFWDのたわみに及ぼす影響

土木学会論文集E1(舗装工学), vol.73, No.3, 2017.

- 河村直哉, 坪川将丈

空洞を有する空港アスファルト舗装に対する繰返し走行試験

土木学会論文集E1(舗装工学), vol.74, No.3, 2018.

- 河村直哉, 坪川将丈

空洞が生じた空港コンクリート舗装の載荷重に伴う破壊の可能性の評価方法

土木学会論文集E1(舗装工学), vol.75, No.1, 2019.

## 【学位論文】

- 河村直哉

地震により空洞が生じた空港舗装のFWDによる空洞検出と健全性評価に関する研究 東京工業大学学位論文(2020年10月31日付).