

空港舗装の点検技術の 高度化に向けた研究

平成29年12月6日

国土技術政策総合研究所 空港研究部
部長 石原弘一



空港舗装の点検技術の高度化に向けた研究

1. 維持管理等に関する国土交通省の主な取組
2. 管理すべき空港土木施設
3. 空港土木施設の維持管理業務
4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究
5. 地震災害時における空港舗装の迅速な点検・復旧方法に関する研究

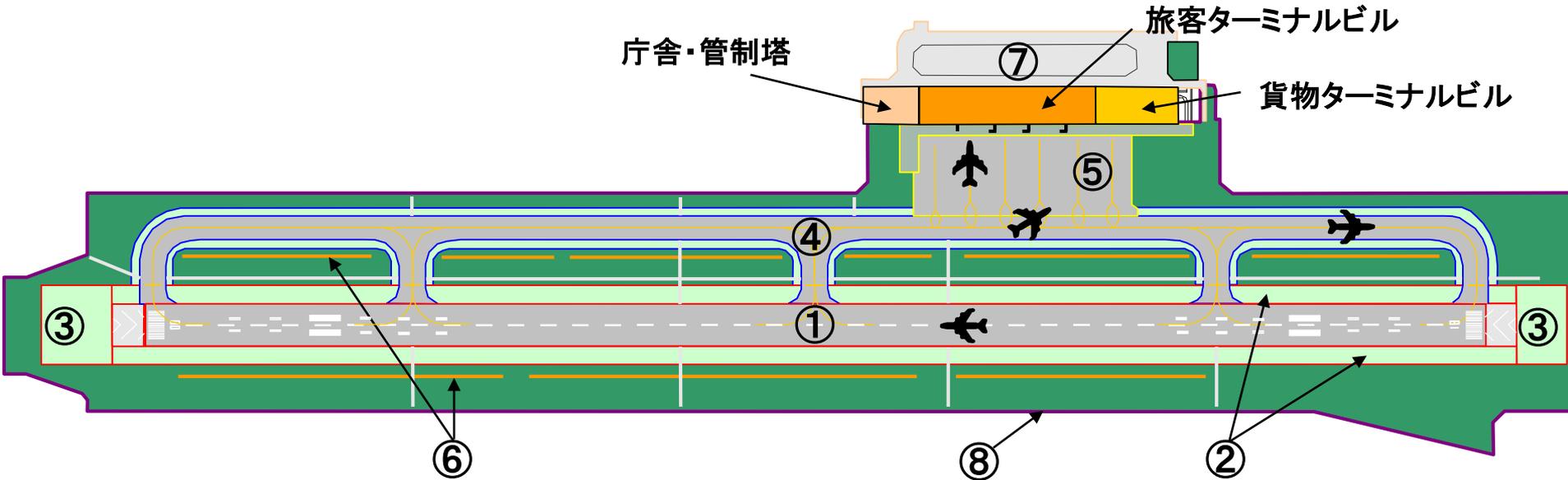
1. 維持管理等に関する

国土交通省の主な取組

- ✓ 平成24年7月26日(社会資本整備審議会に対して国土交通大臣)
「今後の維持管理・更新のあり方について」を諮問
- ✓ 平成24年7月31日
「社会資本メンテナンス戦略小委員会」設置
- ✓ 平成24年12月2日
中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故
- ✓ 平成25年1月21日
「社会資本の老朽化対策会議」設置
- ✓ 平成25年2月5日(航空局)
「空港内の施設の維持管理等に係る検討委員会」設置
 - 空港内の施設の維持管理指針 (H25.9制定)
- ✓ 平成25年6月14日
日本再興戦略(閣議決定)
- ✓ 平成25年10月4日
「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」設置

2. 管理すべき空港土木施設

- ✓ 航空機の離着陸に必要な基本施設等及び空港機能を確保する上で必要な付帯施設



<基本施設等>

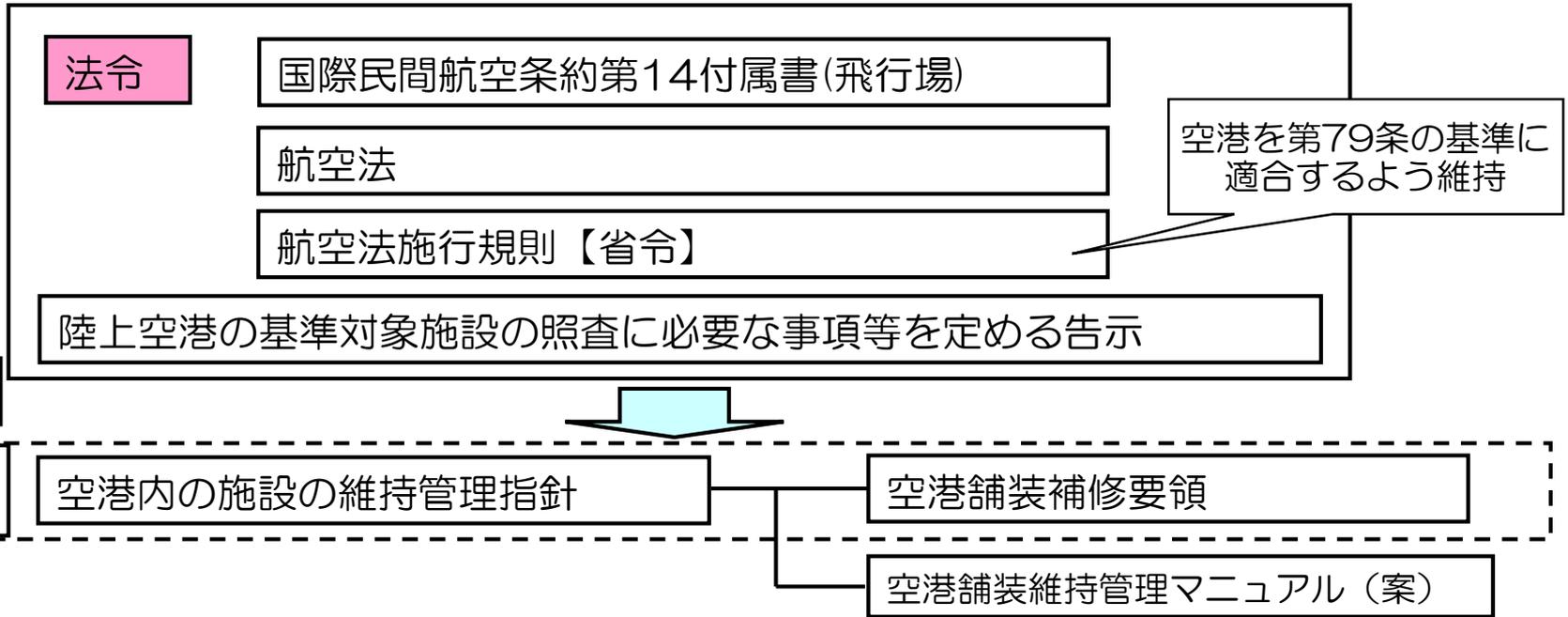
①滑走路②着陸帯③滑走路端安全区域④誘導路⑤駐機場 等

<付帯施設>

⑥排水施設 ⑦道路・駐車場 ⑧場周柵 等

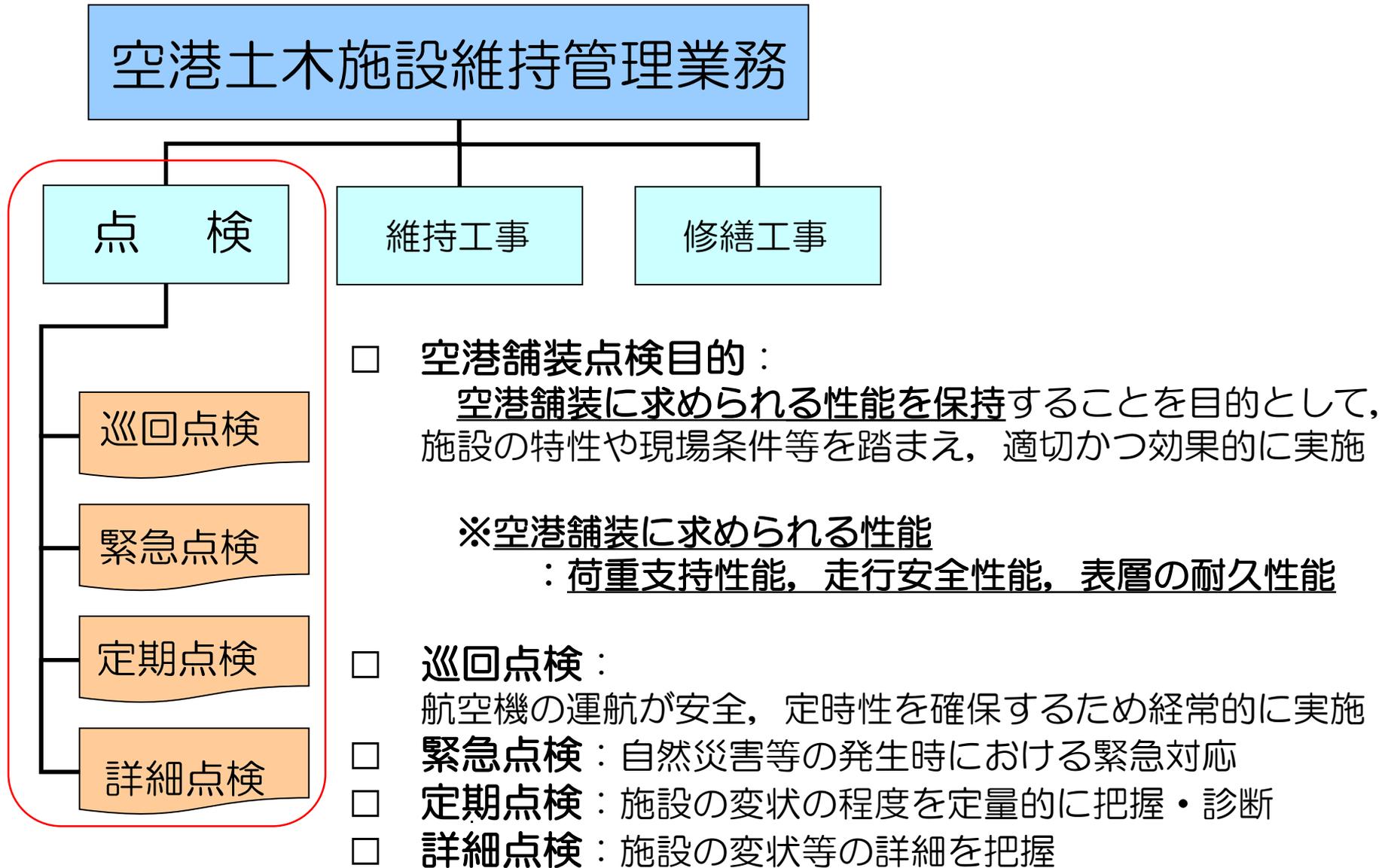
3. 空港土木施設の維持管理業務

(※舗装に関する抜粋)



- 空港管理者は、点検・評価結果等に基づき、次の事項を満足するよう維持が必要
 - 滑走路等舗装の表面に、石片や異物など航空機の損傷の原因となるものがないこと
 - 滑走路の表面が所要の摩擦特性を有していること
 - 滑走路、誘導路及びエプロンの舗装に、航空機の運航に支障を及ぼす影響（ひび割れ、凹み、はく離等）がないこと
 - その他、航空機の運航及び空港の機能を確保するために空港土木施設が良好な状態に保たれていること

3. 空港土木施設の維持管理業務



3. 空港土木施設の維持管理業務

✓ 空港舗装維持管理を取り巻く状況

空港の維持管理は広大な範囲を基本的に運用時間外に実施しなければならない

近年、空港の利便性向上のため運用時間が拡大したり、深夜の国際線や貨物便の就航等の影響により、夜間の維持管理の作業時間が短くなる傾向。

羽田空港の場合（24時間運用）

施設名称	作業可能日	作業可能時間
A滑走路地区	週4日	23:30~05:30
B滑走路地区	週5日	23:30~05:30
C滑走路地区	週3日	02:00~05:30
D滑走路地区	週2日	23:30~05:30(週1日) 02:00~05:30(週1日)
その他主要な誘導路	毎日	00:00~05:30



那覇空港の場合（24時間運用）

6~23時	通常の旅客便利用
23~1時 (2時間)	維持管理作業 (日曜は23~6時)
1~6時	深夜貨物便利用

【深夜貨物便の駐機状況】

深夜便の影響で平日は1日に2時間しか作業できない

3. 空港土木施設の維持管理業務

空港舗装の損傷例



ひび割れ



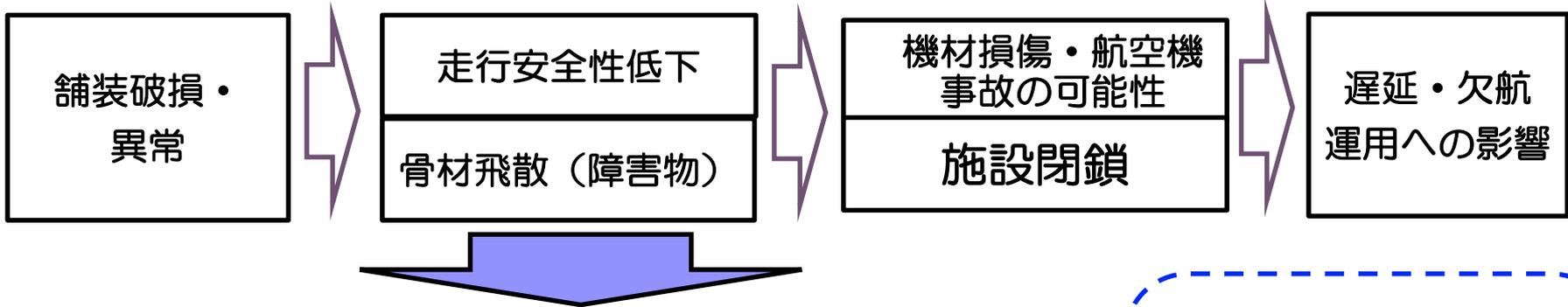
わだち掘れ



ポットホール



剥離



供用中に滑走路等の基本施設の舗装が破損した場合には、飛散した骨材が航空機のエンジンに吸引されたりなど、
航空機運航の安全性及び定時性が確保されない

**航空機運航の安全性及び定時性を確保するためには、
日常からきめ細やかな維持管理が必要**



4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

空港舗装維持管理(点検)の現状と課題

点検の現状

巡回点検 (標準年3回以上)

- 人の巡回による目視、打音による点検
- 主として航空機運航に直ちに支障がないか判断



巡回目視による舗装表面の点検 打音による舗装内部の点検

定期点検 (標準3年毎)

- 路面性状評価のための点検
(ユニット毎のひび割れ、わだち掘れ、平坦性を計測)
- 計画的な舗装の更新実施に利用



路面性状測定車による舗装表面の点検



小型プロファイル測定装置によるわだち測定

巡回点検の課題

- 広い舗装面の点検に時間がかかる
- メンテナンス時間の減少による点検漏れ(抜け)の可能性
- 補修要否の判断に個人差が出る可能性
- 打音点検の組合せに赤外線カメラを導入しているが、天候の影響を受けやすく利用環境が限定的
- 定期点検に使用している計測機器は、計測項目の違いなどの点で日常点検へそのまま適用が困難

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装 の点検手法に関する研究

✓ 目的

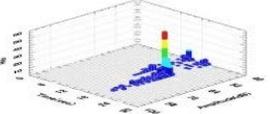
点検作業の時間短縮及び精度向上のための新たな非破壊計測技術の導入

✓ 研究内容

- 新たな計測技術の情報収集・抽出
- 新たな計測技術を用いた点検の評価
- 実地に適用するための機能向上や運用条件の改善及びマニュアル案の作成

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

✓ 約60種類の計測技術の中から、空港舗装の適用性、夜間作業の適用性、可搬性、不具合箇所特定の自動化といった、空港特有の要求性能を評価基準として4技術を選定（第1次評価）

技術名称	技術原理	イメージ	概要	技術開発上の対象物	点検技術の収集にあたっての留意事項			
					(イ) 舗装構成 (空港舗装への適用性)	(ロ) 夜間作業	(ハ) 時間的制約 (可搬性)	(ニ) 測定位置の特定 (不具合箇所特定の自動化)
AE計測システム (Pコ-スティックエミッション)	弾性波 (面的広範囲)		センサを舗装面に貼付け、範囲内に車両を通過させ、アコースティックエミッションを用いた対象物内の損傷について位置および数を把握。	CO部材	舗装対象技術でない。	光量 関係なし	管理車両に積載可能	エリア内の位置がマッピングされる。
打音測定車	打音 (線上)		測定機を手押し走行させ、回転部で得られた衝撃音をレコーダーに収録し、データ解析により、マップ図上に異音部と健全部を表示。	PC床版 RC床版 RC中空床版	舗装を対象として技術（空港での機器紹介・小規模試験の実施あり）	光量 関係なし	管理車両に積載可能	起点からの延長距離が計測可能。
加速度計内蔵ハンマー	打音 (局部)		(加速度計内蔵の)ハンマーでコンクリートを打撃した時の打撃力波形からコンクリートの圧縮強度を推定する技術。打音検査やシュミットハンマーの測定の簡便性を保ちつつ、データを記録出来る。	CO構造物 CO舗装	対象物の弾性係数に依存しない。健全部との比較により評価するため、試験調査の必要あり。	光量 関係なし	管理車両に積載可能	—
中性子水分計	中性子 (局部)		中性子が水素原子に当たると減速し熱中性子に変わる性質を利用し、この熱中性子量を計測する事で浸透した水分量を計測。	工場、プラント等における配管保護材	試験調査の必要あり。	光量 関係なし	管理車両に積載可能	—

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

- ✓ 滑走路等と同程度の舗装構成にした，疑似的な層間剥離舗装を設置
 - 異物は，深さ5，8，10，15cmの4種類の層間に挿入
 - 使用材料は，不織布・プラベニア・石粉とし，大小6ケース設けた

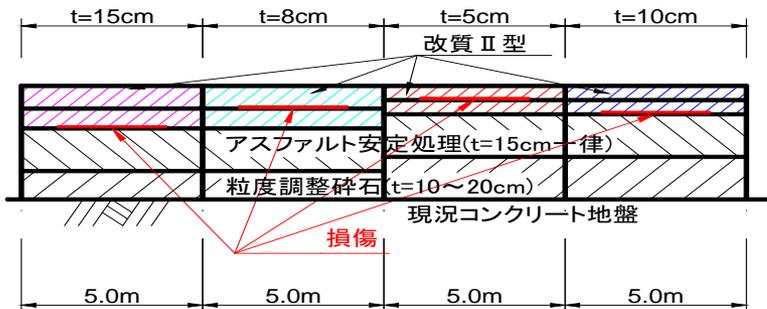


試験舗装製作

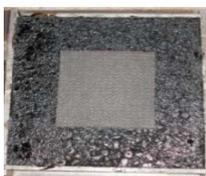


グルーブング切削

(異物の挿入断面)



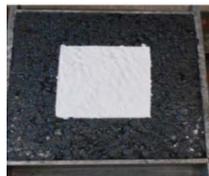
(使用材料)



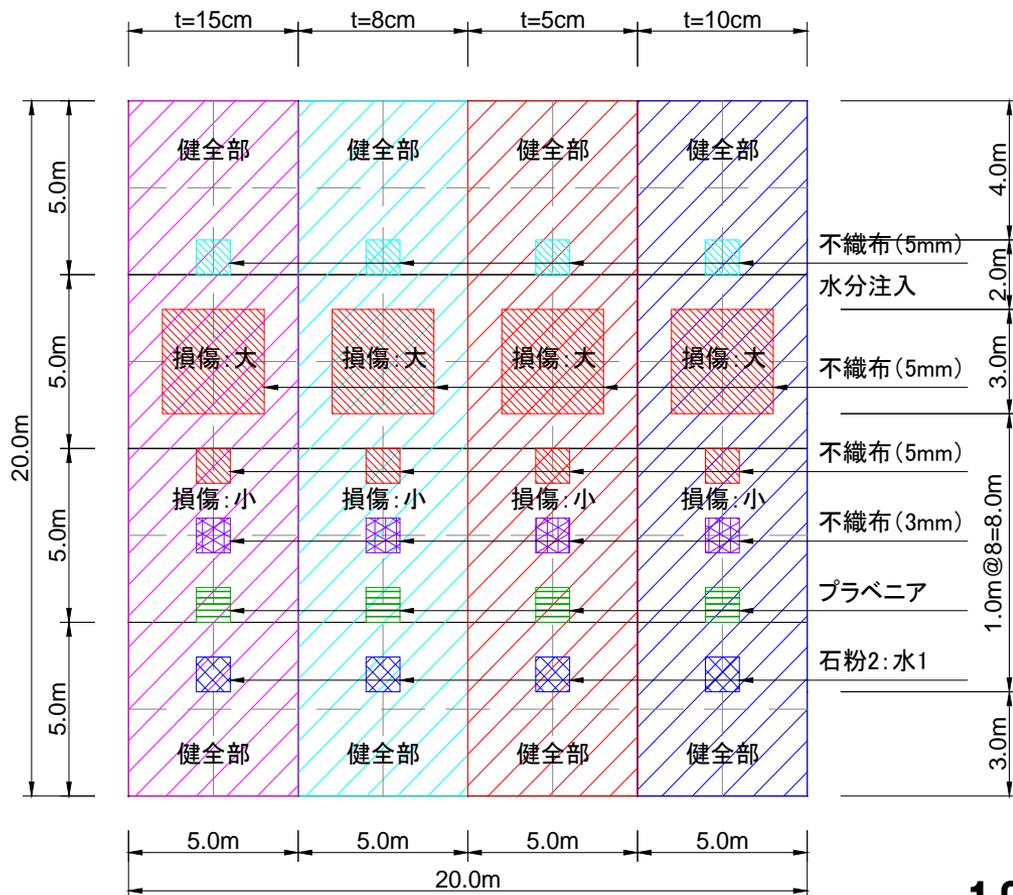
不織布



プラベニア



石粉



4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

✓測定精度を評価

- 損傷に見立てた6ケースの層間剥離の異常の正答率を検知率として評価
- 結果，打音測定車が，効率的な手法であるものと評価（第2次評価）

技術名称	技術原理	検証状況	測定精度・正答率(%)※				評価案
			深さ5cm	深さ8cm	深さ10cm	深さ15cm	
AEシステム (アコースティックエミッション)	弾性波 (面的広範囲)		0 0	0 0	0 0	0 0	×
打音測定車	打音 (線上)		83 85	86 77	73 72	64 61	○
加速度計内蔵ハンマー	打音 (局部)		87 28	10 20	16 5	0 2	×
中性子水分計	中性子 (局部)		25 2	0 0	0 -	0 -	×

(※) 上段：グルーピング無、下段：グルーピング有

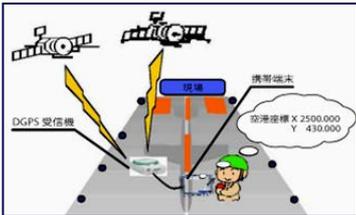
なお，検知率は，損傷箇所と打音走行した異音箇所が合致した割合である。

4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装の点検手法に関する研究

✓ 「打音測定車」を実空港への導入するにあたって、データ取得から活用までより効率的・効果的な点検となるよう、機材の機能向上や運用条件改善の検討

打音測定車による更なる機能向上

GPS機能の付加による位置測定機能の追加



リアルタイムでの異常判定機能の付加



現場での活用に向けた運用条件の改善

雨天時の運用のため、雨水による影響の検討 最適な測定速度の検討



グルーピングの有無によるの影響調査



グルーピング形状

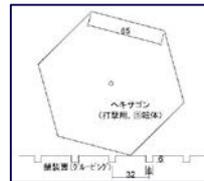
速度メーター



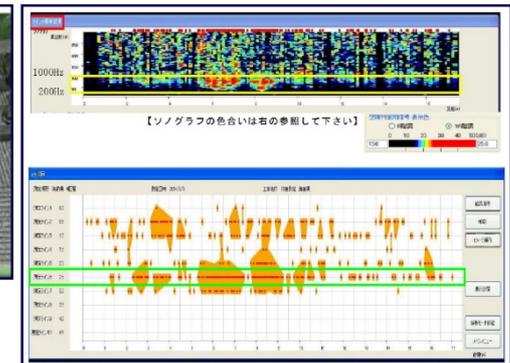
調査の効率化(高速)と測定精度(低速)とのトレードオフの見極め

[打音測定車の概要]

- 測定車を手押し
- ヘキサゴンを回転
(六角形断面のハンマーヘッド)
- その衝撃音を集音計とレコーダーで収録
- 周波数と音圧レベルから異音判定



写真：測定車の集音計等及びソノグラフ、異音マップ図



4. 非破壊計測技術を用いた空港舗装 の点検手法に関する研究

- ✓ 打音測定車の機能向上や運用条件改善の検討結果
 - 音響情報をもとに、平面図上に舗装損傷箇所を凶示する機能が有効であった。
 - 測定している時点で異常を感知した時に測定者に知らせる機能が有効であった。
 - 測定スピードについては時速2 kmが最適と判明した。
 - 雨水による影響はほぼないものと判明した。
 - 剥離内の水分の有無による異音検出への影響もないものと判明した。
 - グルーピングについても影響はほぼないものと判明した。



✓ 導入メリット

- 空港の現場で研究成果の点検手法を活用することで、点検の効率化や質の向上に資する
 - 人力による打音調査（点検ハンマー）に比べ、労力が軽減
 - GPS機能の付加により、広大な範囲でも計測の位置出しが容易
 - 舗装内部で発生した異常箇所の確実な発見
 - 空港管理図に計測結果を反映したデジタルデータの取得が可能
 - 点検結果のデジタルデータ蓄積による経年のモニタリングが可能

5. 地震災害時における空港舗装の 迅速な点検・復旧方法に関する研究

- 空港が緊急物資輸送等の拠点として機能するためには、点検・復旧を速やかに実施する必要がある。
- 地震時の空港舗装の被害の点検・復旧方法の判断基準を確立する。

熊本地震後の離着陸回数

	時間帯	定期便 臨時便	救援機 その他	備考
4/14木	7:30-21:30	76	26	【21:26前震】
	21:30-翌7:30	0	38	
4/15金	7:30-21:30	82	80	平常運航
	21:30-翌7:30	1	37	【25:25本震】
4/16土	7:30-21:30	0	198	ターミナル閉鎖
	21:30-翌7:30	0	7	ターミナル閉鎖
4/17日	7:30-翌7:30	1	124	ターミナル閉鎖
4/18月	7:30-翌7:30	0	123	ターミナル閉鎖
4/19火	7:30-翌7:30	35	149	定期便再開
4/20水	7:30-翌7:30	51	134	

仙台空港の液状化による局所沈下



5. 地震災害時における空港舗装の 迅速な点検・復旧方法に関する研究

研究内容① 点検方法と判定基準の検討

- 一次判定基準の検討（目視）
- 二次判定基準の検討（FWDや大型消防車）



大型消防車を用いた支持力調査
（平成19年能登地震）



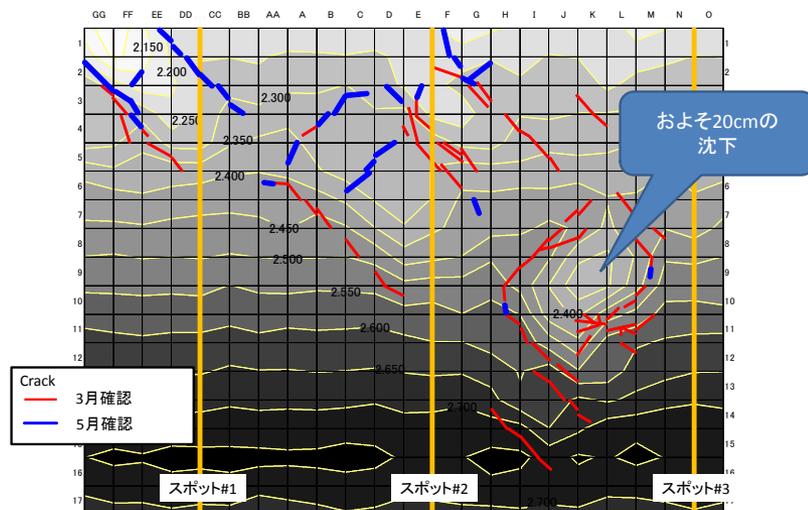
FWDによる支持力調査
（平成23年東北地方太平洋沖地震）

5. 地震災害時における空港舗装の 迅速な点検・復旧方法に関する研究

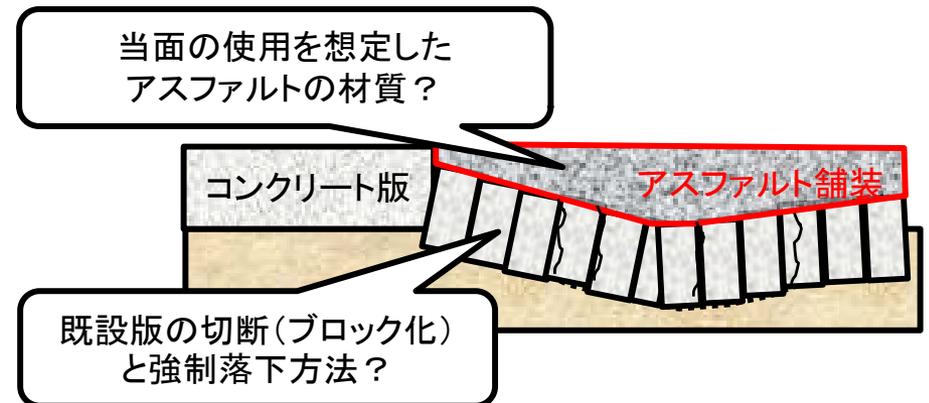
研究内容② 復旧方法の選択基準の検討

- アスファルト舗装の復旧方法
調達可能な舗設機械が限定される場合を考慮した復旧方法選択基準の検討
- コンクリート舗装の復旧方法
アスファルト混合物による復旧方法の検討

仙台空港エプロンの沈下状況



コンクリート舗装の早期復旧イメージ



5. 地震災害時における空港舗装の 迅速な点検・復旧方法に関する研究

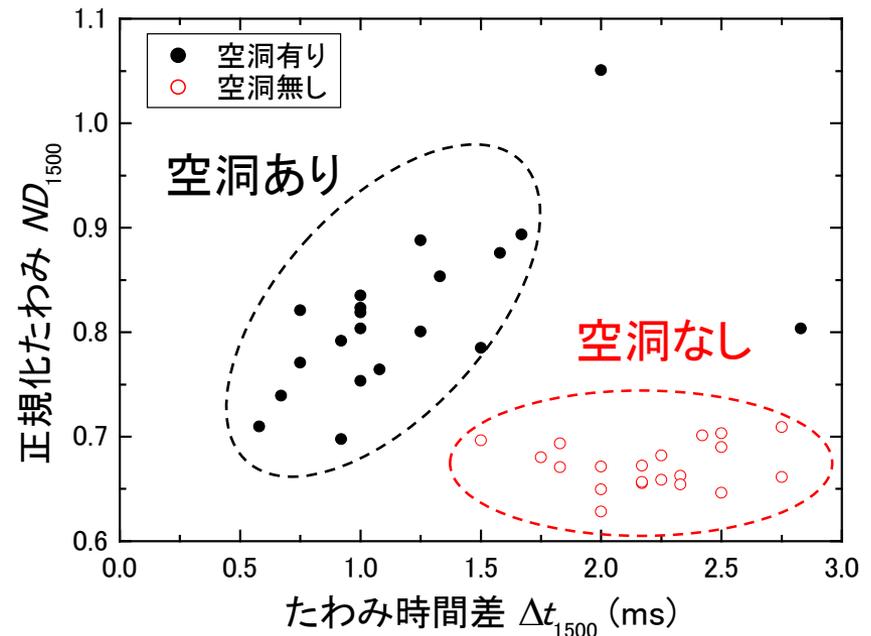
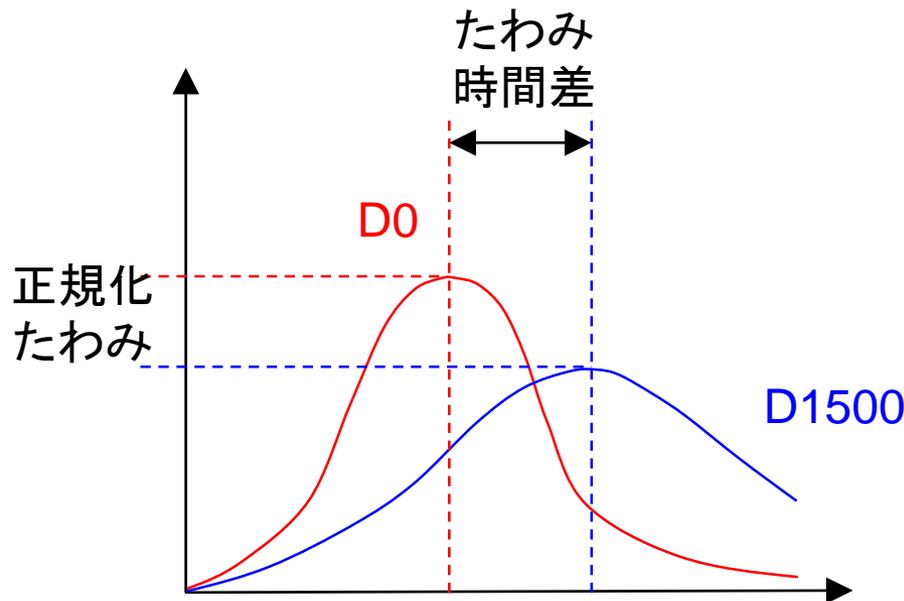


FWD (Falling Weight Deflectometer)

空洞が生じたコンクリート版におけるFWDたわみを分析したところ、
空洞があることにより

- 正規化たわみ は大きく
- たわみ時間差 は小さく

なる。



ご清聴ありがとうございました