

# 空港舗装の維持管理と 期待する技術開発項目

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

# 内容

1. 空港舗装の維持管理
2. 空港舗装の課題と期待する技術開発項目

滑走路・誘導路  
エプロン

アスファルト舗装が主  
コンクリート舗装が主



# 空港舗装の特徴

- ・面的に広い
- ・舗装のメンテナンスや修繕工事が深夜～早朝
- ・局所的な破損であっても閉鎖→緊急補修

## アスファルト舗装の特徴

- ・施工後、温度がさめれば解放可能。補修しやすい。
- ・水に弱い。
- ・わだち掘れが避けられない。

## コンクリート舗装の特徴

- ・無筋Co舗装が主だが、PPC舗装やPRC舗装もある。
- ・高耐久性。
- ・現場打ちの場合、養生に時間を要する。
- ・プレキャストの場合、高価。
- ・膨張収縮があり目地が必要だが、構造上の弱点となる。

# 空港舗装の点検作業

巡回点検（Ⅰ：徒歩で全域目視，Ⅱ：車両で特定区域目視）

- ・打音調査（近年は熱赤外線調査も併用）
- ・局所的な変形・層間剥離・ブリストリングの確認
- ・ひび割れ注入，パッチング等

定期点検（頻度は国管理空港の例）

- ・路面性状調査（1回／3年）
- ・すべり摩擦係数測定調査（1回／1年）
- ・定期点検測量（縦横断勾配）（1回／3年）

詳細点検

- ・FWD調査（非破壊－支持力の確認）
- ・熱赤外線調査（非破壊－層間剥離の確認）
- ・解体調査（現地試験や採取コアによる室内試験）

# 長期進行的な破損

わだち掘れ, ひび割れ, 平坦性の悪化, 段差など

- ・路面性状調査で定量化, ランク付け
- ・即, 運用停止とはなりにくい破損
- ・大規模修繕のタイミングの見極めに使われてきた
- ・劣化予測手法は国総研で研究中(マルコフ連鎖)



ひび割れ



わだち掘れ

# 路面性状調査

PRI (Pavement Rehabilitation Index)

- ・空港舗装の供用性を示す指標
- ・3要素およびPRIに基づき評価を行う。
- ・アスファルト舗装

$$PRI = 10 - 0.450 CR - 0.0511 RD - 0.655 SV$$

CR : ひび割れ率 (%)

RD : わだち掘れ (mm)

SV : 平坦性  $\sigma$  (mm)

- ・コンクリート舗装

$$PRI = 10 - 0.290 CR - 0.296 JC - 0.535 SV$$

CR : ひび割れ度 (cm / m<sup>2</sup>)

JC : 目地部の破損率 (%)

SV : 段差 (mm)

# 路面性状調査



路面性状測定車

# 路面性状調査

表-2.13 アスファルト舗装破損の各項目に対する評価基準の例

項目	舗装区分	評価				
		A	B1	B2	B3	C
ひび割れ率 (%)	滑走路	0.1 未満	0.1 以上 2.2 未満	2.2 以上 4.4 未満	4.4 以上 6.5 未満	6.5 以上
	誘導路	0.9 未満	0.9 以上 4.8 未満	4.8 以上 8.8 未満	8.8 以上 12.7 未満	12.7 以上
	エプロン	1.9 未満	1.9 以上 6.9 未満	6.9 以上 12.0 未満	12.0 以上 17.0 未満	17.0 以上
わだち掘れ (mm)	滑走路	10 未満	10 以上 19 未満	19 以上 29 未満	29 以上 38 未満	38 以上
	誘導路	17 未満	17 以上 30 未満	30 以上 44 未満	44 以上 57 未満	57 以上
	エプロン	22 未満	22 以上 38 未満	38 以上 54 未満	54 以上 70 未満	70 以上
平坦性 (mm)	滑走路	0.26 未満	0.26 以上 1.39 未満	1.39 以上 2.51 未満	2.51 以上 3.64 未満	3.64 以上
	誘導路	0.91 未満	0.91 以上 2.80 未満	2.80 以上 4.68 未満	4.68 以上 6.57 未満	6.57 以上
	エプロン	1.50 未満	1.50 以上 3.88 未満	3.88 以上 6.25 未満	6.25 以上 8.63 未満	8.63 以上

(注) A：補修の必要はない  
 B：近いうちの補修が望ましい  
 (B1：優先度 低, B2：優先度 中, B3：優先度 高)  
 C：できるだけ早急に補修の必要がある

# 局所突発的な破損

- (As)ポットホール, 層間剥離, ブリスタリング, 骨材飛散など
- ・即, 運用停止となりうる破損であり,  
大規模空港の場合, こちらの方が影響度大(運用に直結)
  - ・大規模修繕のタイミングの見極めに使用するための  
定量化手法・閾値等がないため, 国総研で研究予定



ポットホール



ブリスタリング

# 局所突発的な破損

(Co)角欠け, 目地部の破損, 目地・版下グラウトの破損など



角欠け

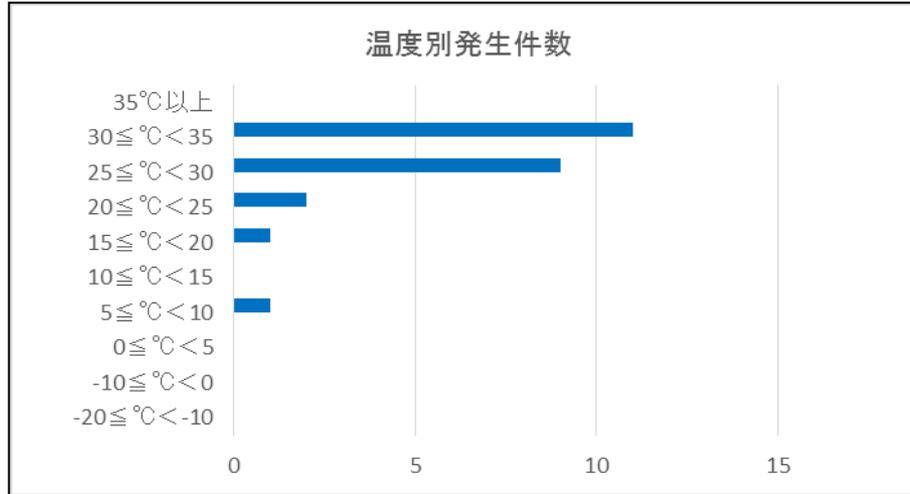


ブローアップ  
(珍しい)

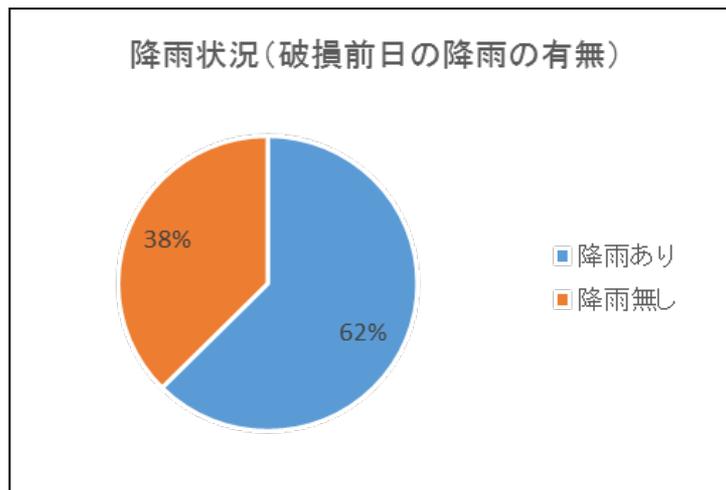
# 局所突発的な破損

国土交通省航空局 空港安全情報分析委員会 報告資料(2015/7)

「滑走路または誘導路において緊急補修実施等のため**実運用時間内に閉鎖した事態**」



気温上昇により急増



降雨後に発生する破損が多い

# 局所突発的な破損→緊急補修



早朝に発見

→緊急補修のため06:08～07:18滑走路閉鎖

→幸い遅延便無し

# 局所突発的な破損→大きな破損になった例



ブリスタリング



表層の空隙が低下し通気性低下のため  
水蒸気圧が高まる



水の侵入・舗装温度による水蒸気化



表層－基層間の層間剥離



平成12年夏 名古屋空港

# FOD (Foreign Object Damage)

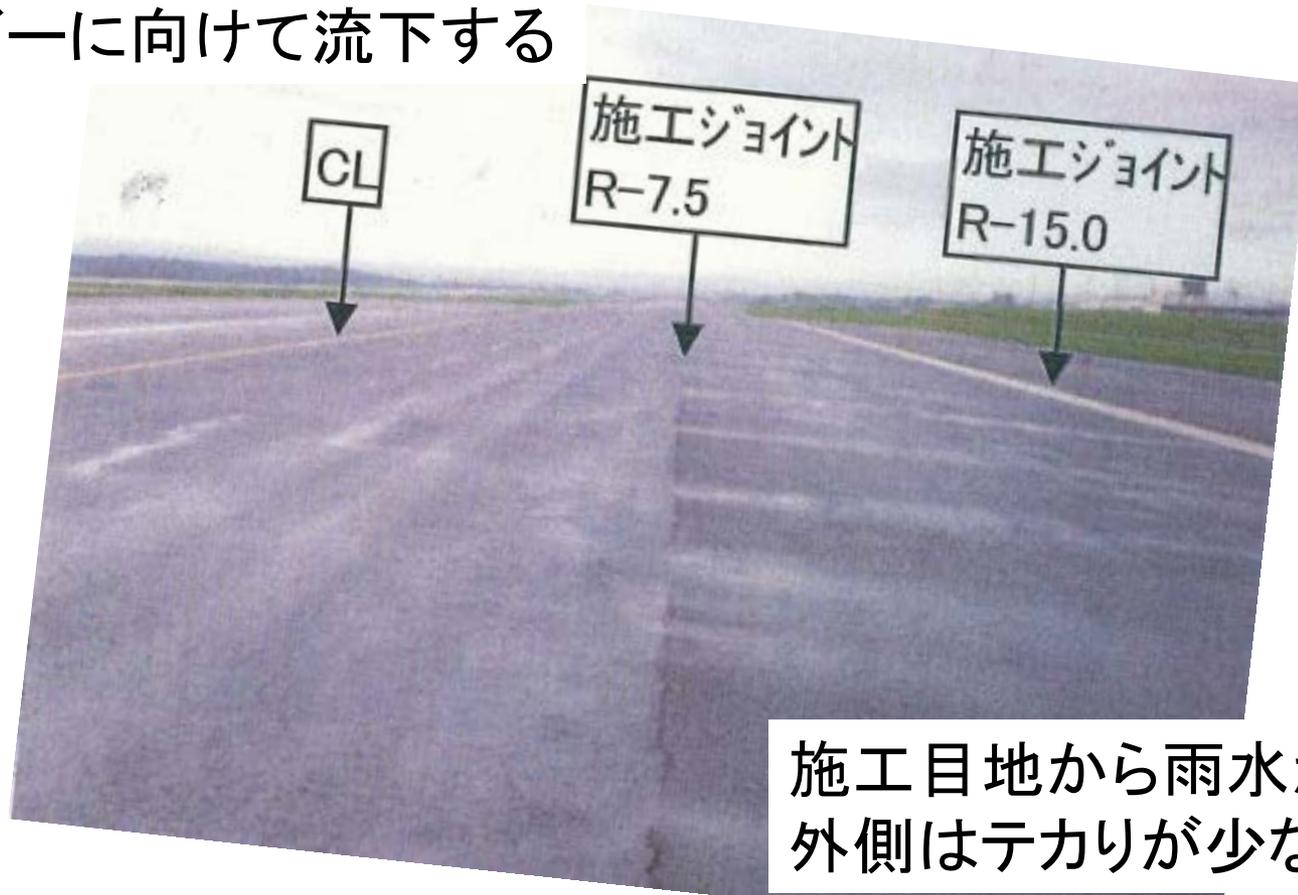


<http://www.nycaviation.com/2014/10/item-small-airports-deal-fod/#.Ve-NkZdLUoA>

舗装上の異物・破片は航空機事故の原因  
(Youtubeで「Aircraft Blast」で検索してみてください)

# アスコンは水に弱い

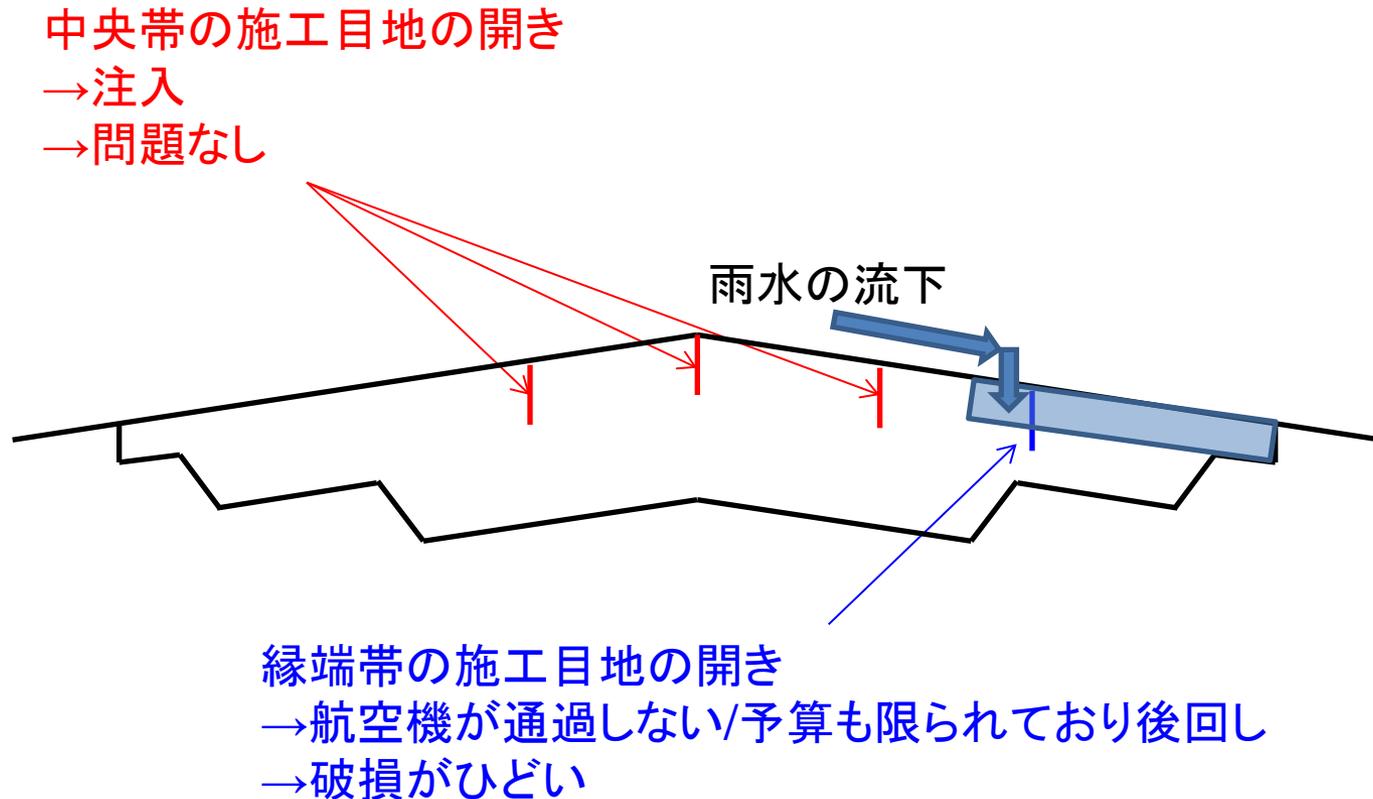
雨水が中心線から  
ショルダーに向けて流下する



↑  
施工目地(アスファルト舗装の施工の継目)から雨水が侵入

# アスコンは水に弱い

- ・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.



# 空港舗装の課題と期待する技術開発項目

## 材料

- ①アスコンの局所突発的な破損を減らしたい

## 調査

- ②層間剥離や粒状化の位置, 大きさを簡便に検知したい
- ③アスコンの骨材とアスファルトの剥離の程度を把握したい
- ④アスコン内の水分を簡単に把握したい
- ⑤液状化による舗装下の空洞・支持力を高速で検知したい

## 施工

- ⑥冬季の夜間施工でも, アスコン層間の付着を改善したい
- ⑦グルーピングを早く切りたい

# ①局所突発的な破損の低減

- ・粒状化, 層間剥離, ブリスタリングなどに起因した「局所突発的な破損」に苦慮している.

- ・以前よりも増加したのでは? という声  
B777の就航? (荷重大 且つ 3軸6輪)  
アスファルトの質?  
再生材の普及?

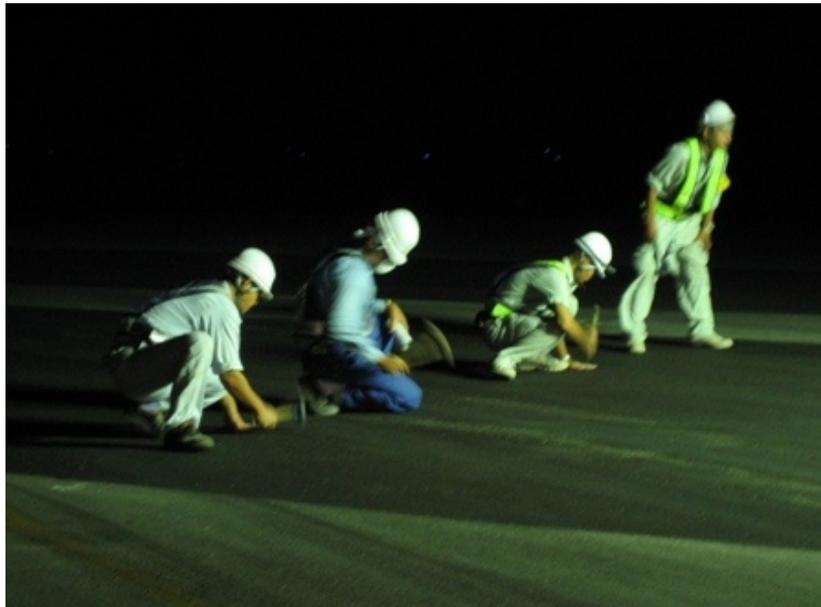


- ・改質アスコン(改質Ⅱ, Ⅲ, Ⅲ-Wなど)の適用  
現在は表層に改質Ⅱが使用されることが多い  
基層が粒状化→基層に剥離抵抗性を高めた材料  
コストと効果の説明(研究中)

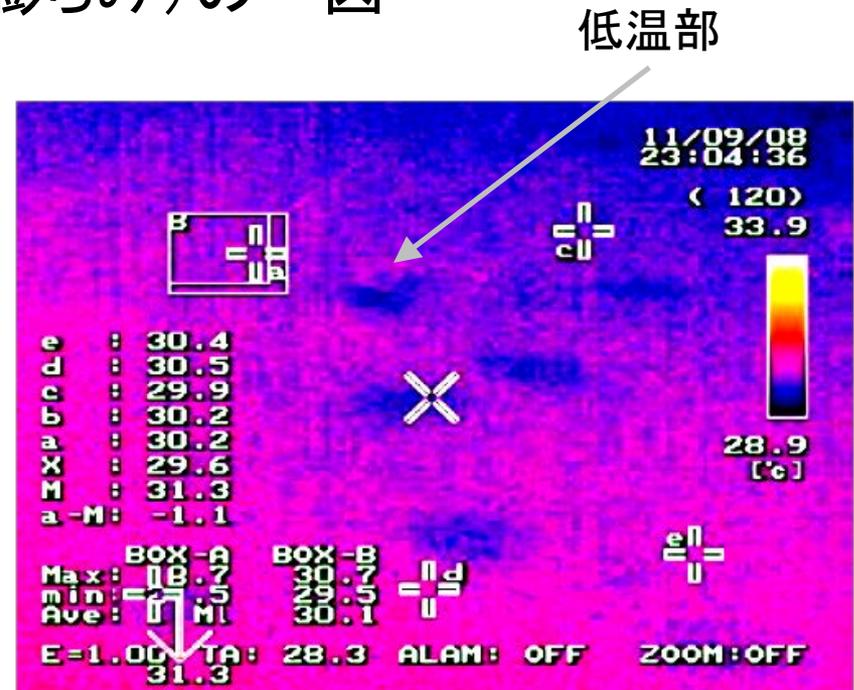
## ②層間剥離や粒状化の検知

### 層間剥離

表層と基層などの層間が付着していない状態  
 打音調査では異音(低音)  
 熱赤外線調査では(夜間は)周囲よりも低温  
 ブリスタリング(舗装の膨らみ)の一因



打音調査



熱赤外線画像

## ②層間剥離や粒状化の検知

### 粒状化

アスコン内に滞留した水や荷重の影響で、  
骨材とアスファルトが剥離し個結していない状態  
ポットホールの原因



## ②層間剥離や粒状化の検知

### 打音調査

- ・点での調査のため、面的な調査には不向き
- ・時間がかかる
- ・個人差もある

### 熱赤外線調査

- ・面的な調査が可能で効率的.
- ・橋脚等の点検とは異なり、調査条件が悪い(夜間)ため、全ての層間剥離を捉えられるわけではない.
- ・非常に微妙な温度差を観察するため、習熟が必要
- ・夏季しか使えない.



高速且つ空港管理職員が直営で巡回点検に使用できる  
調査方法が望まれる

### ③ アスファルトと骨材の剥離の判定

- ・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
- ・現在、舗装内部の剥離程度を確認するための力学試験方法を検討中
- ・現地で簡便にわかるとよい

ポットホール



コア採取



温水につけて  
劣化促進

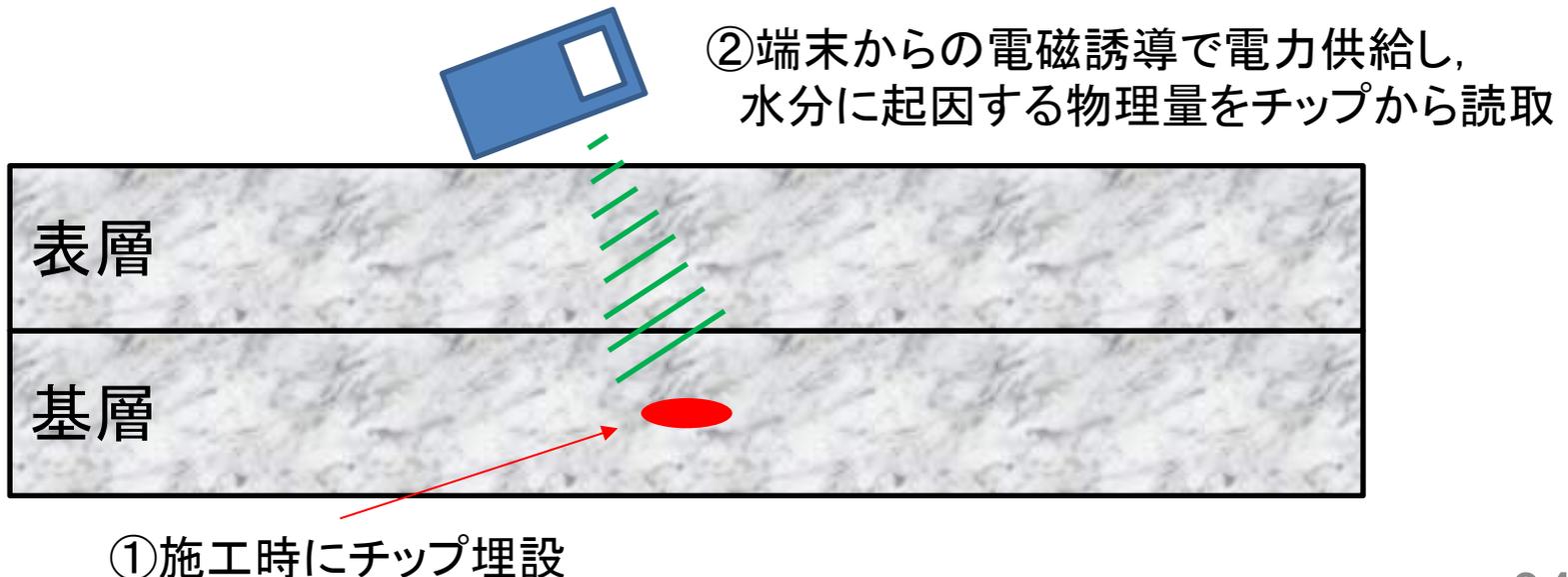
圧裂試験



温水につけると、  
剥離層の圧裂強度は  
大きく低下

## ④アスコン内の水分

- ・アスコン内の水分は局所突発的な破損の原因のため、その場で簡単に水分量がわかるとよい
- ・その他の調査にも言えることだが、空港においては計器を設置し、データロガーまでケーブルを敷設はしたくない。
- ・非接触ICチップと同じ仕組みで、水分に起因する物理量を読み取ることができないか？



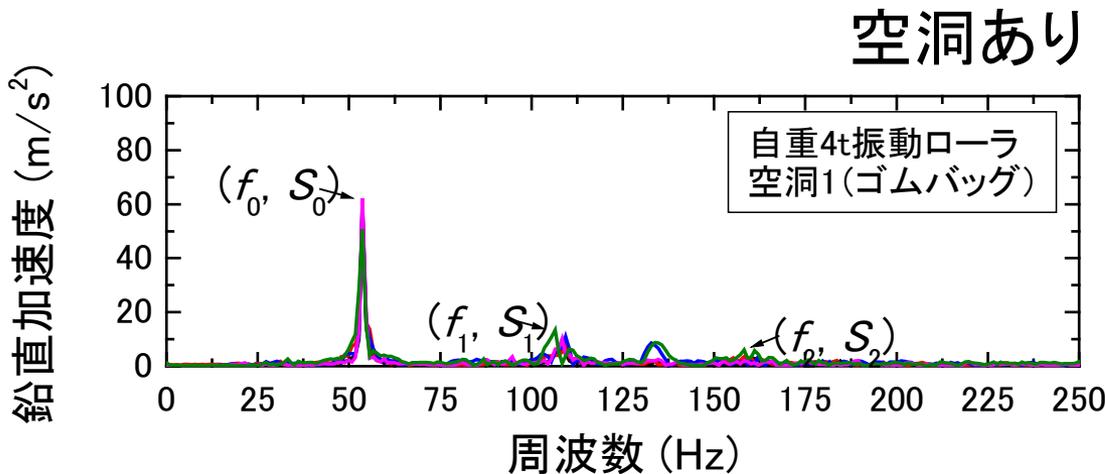
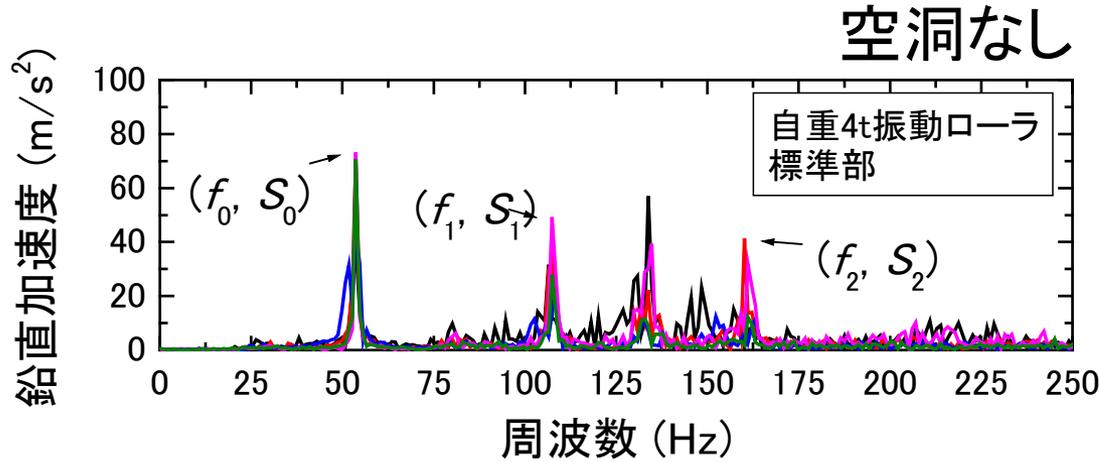
## ⑤地震後の空洞

- ・地震直後に液状化等に起因する支持力不足を確認したい。  
レーダー車：高速で空洞を検知できるが支持力が不明。  
FWD：支持力が確認できるが、それほど高速ではない。
- ・レーダー車もFWDも地震直後に手配できない可能性。
- ・安価な機器、現場にある機器を活用できるとよい。

局所沈下

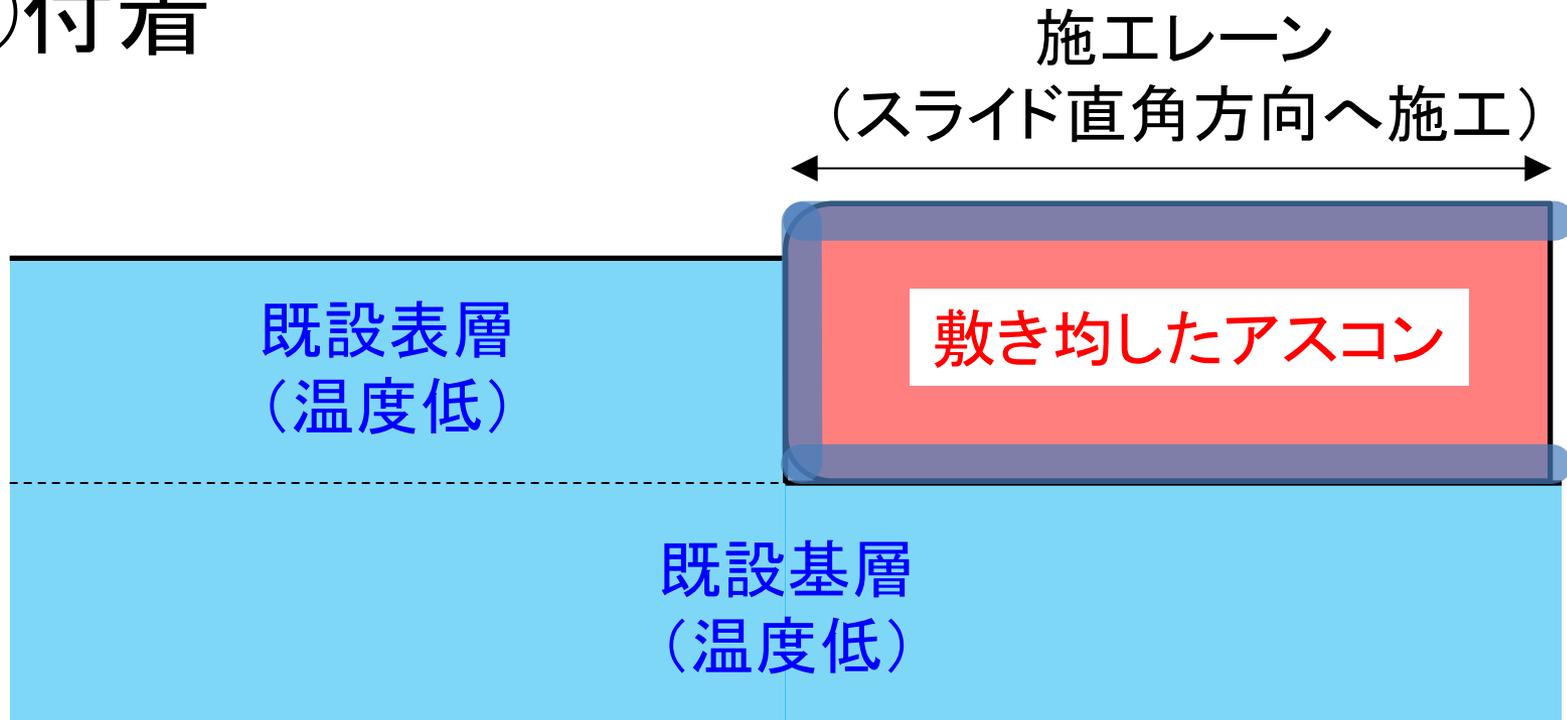


# ⑤地震後の空洞



空洞がある場合の振動ローラの加速度は  
起振周波数以外の周波数が小さい

## ⑥付着



既設舗装は温度が低く、アスコンの温度低下が早い。

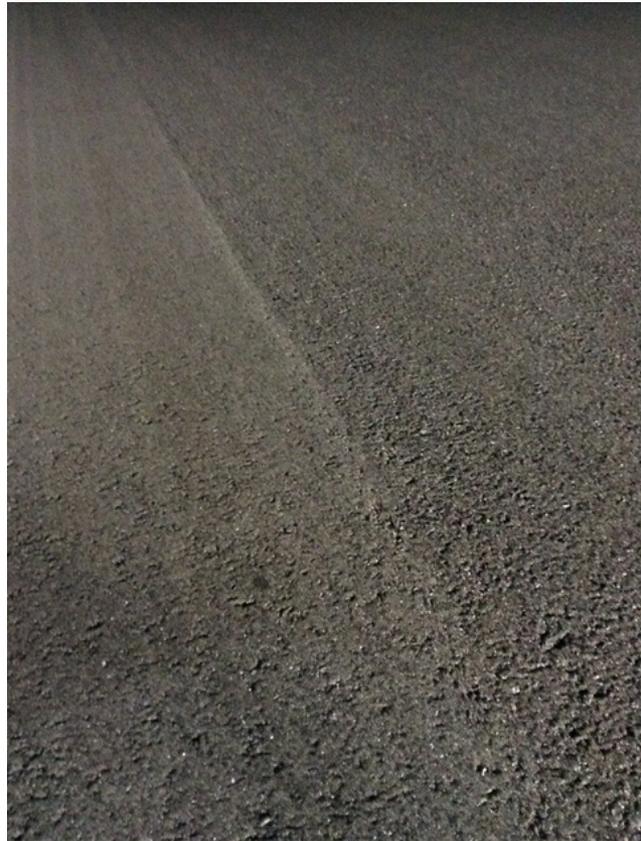
→温度が低下すると締まらない

→弱点部となりやすい・くっつかないで水の進入を許す

対策(側面) タックコートの塗布(空港土木工事共通仕様書に記載),  
成形目地材等の使用, ヒーターでの加熱など

対策(下面) 高性能タックコート(PKM-T)を塗布しているが...

# ⑥付着



良い例



良くない例

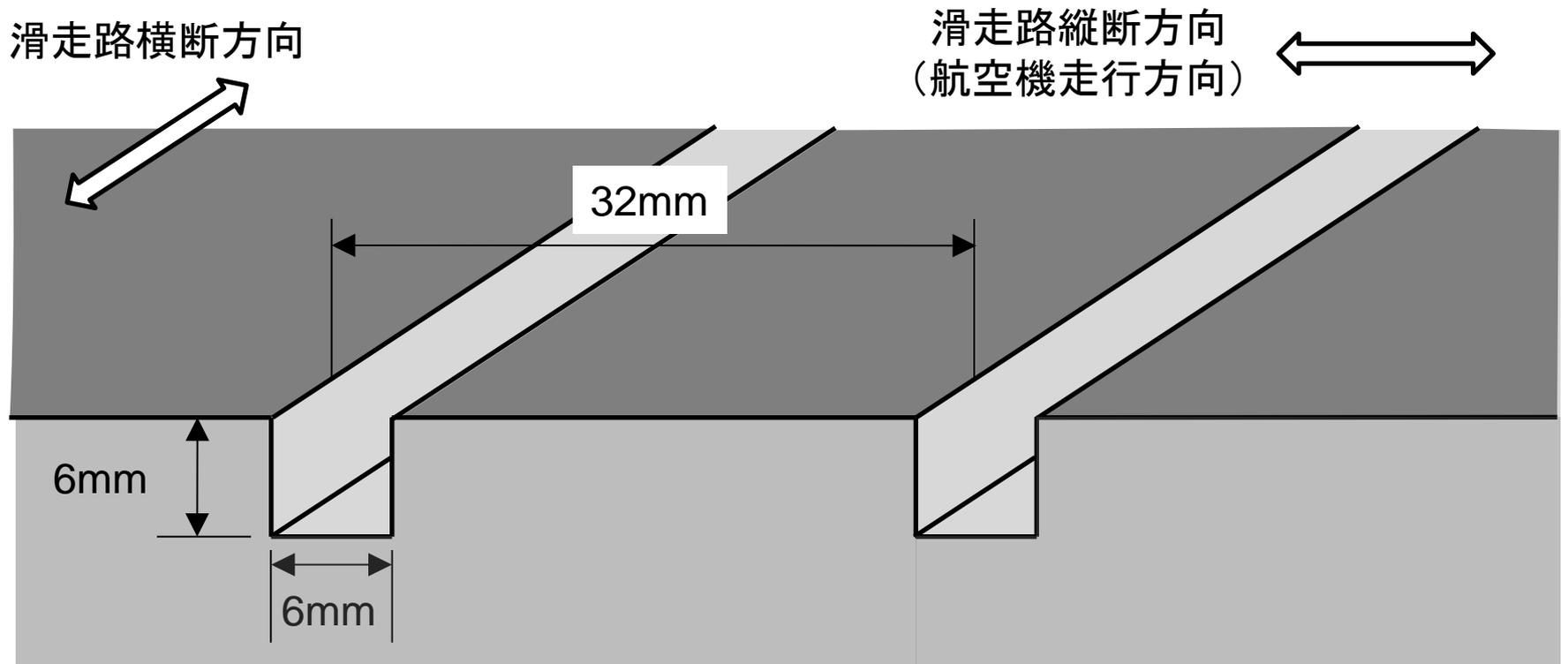


目地からの湧水と  
考えられる  
(降雨は数日前なので  
水たまりではない)

↑  
アスコン温度管理を失敗したものと  
考えられる

## ⑦ グルービング

- ・滑走路表面(寒冷地では誘導路表面も)に設けられている表面排水用の溝.
- ・幅6mm, 深さ6mm, 間隔32mm



## ⑦ グルーピング

- ・表層舗設直後にグルーピングを切ると、目つぶれ・角かけが生じやすいため舗設後2か月後(通常のAs), 1か月後(改質As)に施工.
- ・1~2か月ノングループとなり運用制限がかかるので短縮したい.
- ・既往研究の指標だと差が明確にならないため, 新しい指標を研究中.



正常



目つぶれ・角欠け

# 研究中的内容

路面性状調査・評価手法の改訂

測定方法, 閾値の改訂, 局所突発的な破損の定量化

路面性状劣化予測手法の整備

マルコフ劣化モデル

構造設計法の一本化

経験的設計法(昔から)・理論的設計法(H20dから)

改質アスコンの適用基準(耐流動性よりは耐水性を念頭に)

改質Ⅱ・Ⅲ・Ⅲ-Wなど

既設舗装の剥離判定法

大規模修繕で基層を残置するか切削するかの見極め

ご清聴ありがとうございました