

空港舗装の最近の動向

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. 空港舗装の概要
2. 空港舗装におけるニーズ
3. 各種最新技術に関する感想

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



空港舗装の概要

アスファルト舗装の層構成の例

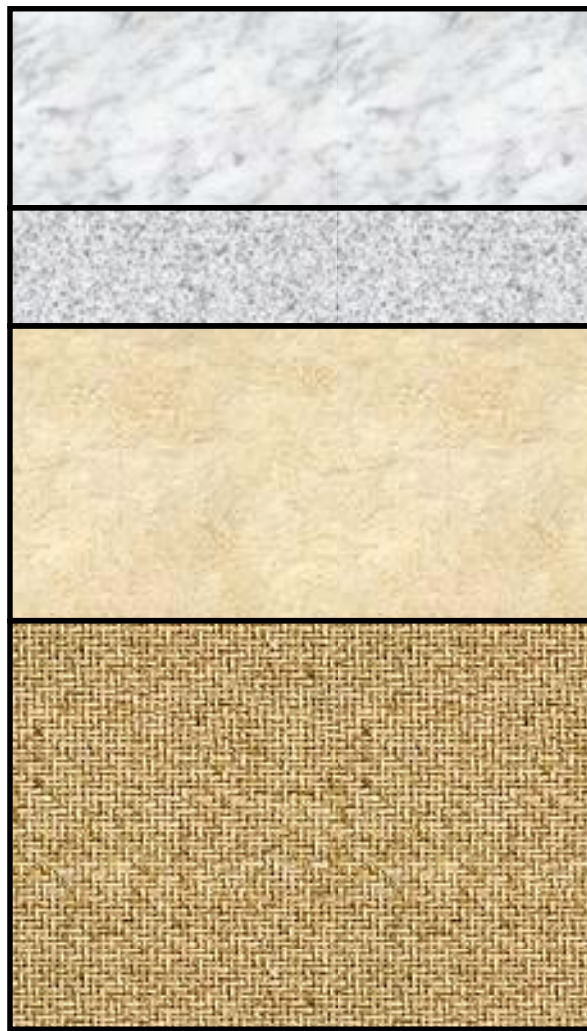


層	厚さ	材料
表層	8cm	密粒度アスファルト混合物
基層	8cm	粗粒度アスファルト混合物
上層路盤	15cm	アスファルト安定処理材 粒度調整碎石
下層路盤	60cm	粒度調整碎石 切込碎石
路床	-	砂

※厚さは設計条件・使用材料により異なる

空港舗装の概要

無筋コンクリート舗装の層構成の例

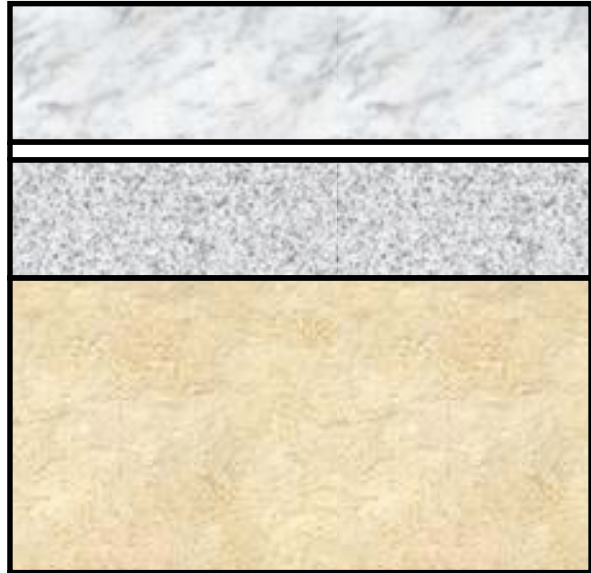


層	厚さ	材料
コンクリート版	42cm	無筋コンクリート (網筋はある)
上層路盤	15cm	アスファルト安定処理材 粒度調整碎石
下層路盤	60cm	粒度調整碎石 切込碎石
路床	-	砂

※厚さは設計条件・使用材料により異なる

空港舗装の概要

プレキャストコンクリート舗装の層構成の例



層	厚さ	材料
コンクリート版	24cm	プレキャストPC版 プレキャストRC版
グラウト層		セメントグラウト
上層路盤	15cm	アスファルト安定処理材 粒度調整碎石
下層路盤	60cm	粒度調整碎石 切込碎石
路床	-	砂

※厚さは設計条件・使用材料により異なる

空港舗装の概要

- ・面的に広い
- ・点検, 小規模な維持工事, 大規模な修繕工事が深夜～早朝(舗装以外も)
- ・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

- ・施工後に温度が下がれば解放可能. 修繕しやすい.
- ・水に弱い→混合物(個体)ではなくなる場合がある.
- ・わだち掘れやひび割れが避けられない.
- ・層間が剥離する場合がある.

コンクリート舗装の特徴

- ・高耐久.
- ・現場打ちの場合, 養生に時間を要する(昼夜閉鎖).
- ・閉鎖できないとプレキャストだが高価.
- ・膨張収縮があり目地が必要だが, 構造上の弱点となる.

各種点検

巡回点検（Ⅰ：徒歩で全域目視，Ⅱ：車両で特定区域目視）

- ・目視，打音調査，熱赤外線調査

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）

巡回点検

局所的な変形・層間剥離・ブリストリング等を対象

- ・打音調査や熱赤外線調査
- ・運用に支障を及ぼす局所突発的な破損の予防保全
- ・局所突発的な破損は大規模空港のアスファルト舗装で多い
- ・層間剥離やブリストリングは空港の規模を問わずある



ポットホール



ブリストリング

巡回点検

層間剥離

表層－基層間などが付着していない状態

ブリストリング

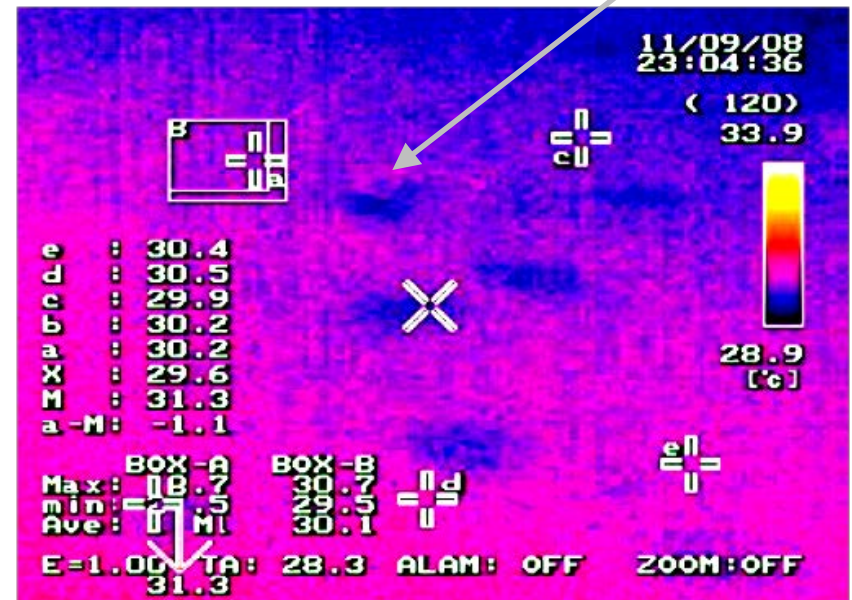
表面が膨らんだ(blister)状態

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



打音調査



熱赤外線画像

(とある理由で面的に確認するため、
施工者がおおがかりに打音調査を実施している)

局所突発的な破損→緊急補修



早朝の場面点検で航空管制運航情報官が発見
→緊急補修のため06:08～07:18滑走路閉鎖
→幸い遅延便無し

FOD (Foreign Object Damage)



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)

局所突発的な破損→大きな破損になった例

表層－基層間の層間剥離



水の侵入・舗装温度による水蒸気化



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



ブリスタリング



平成12年7月2日 名古屋空港
(8m × 4m × 5cmの破損)

路面性状調査

わだち掘れ，ひび割れ，平坦性の悪化，段差などを計測

- ・即，運用停止とはならない長期進行的破損を対象
- ・路面性状測定車やMMS
- ・大規模修繕のタイミングの見極め
- ・劣化予測手法は研究中



ひび割れ

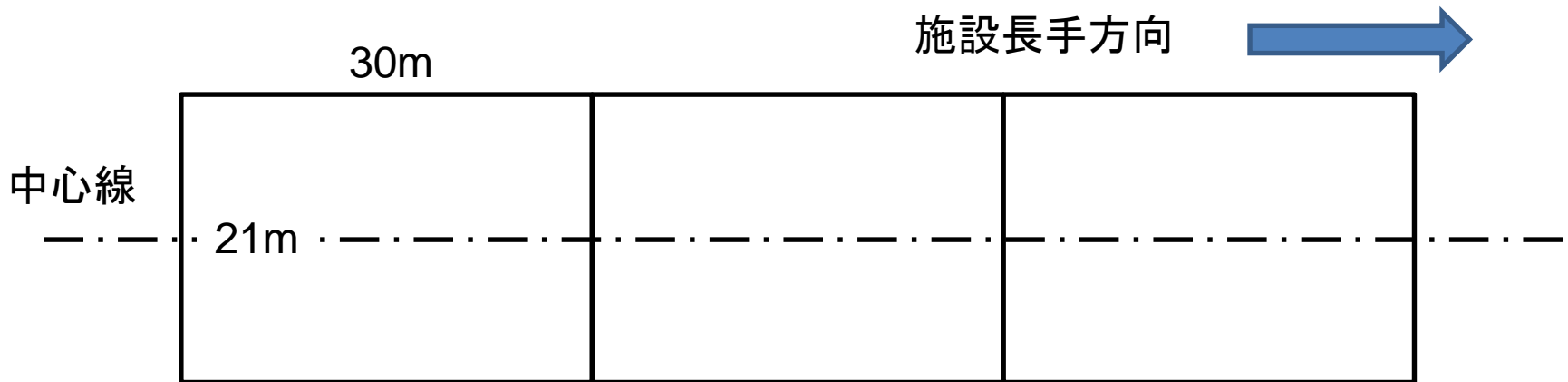


わだち掘れ

路面性状調査

表-2.2 滑走路・誘導路・エプロンのデータユニットサイズ

就航機材	データユニットサイズ	データユニットサイズ
	幅 21m×長さ 30m	幅 21m×長さ 20m
大型ジェット機が就航する空港	幅 21m×長さ 30m	幅 21m×長さ 20m
中小型ジェット機が就航する空港 (DHC-8 シリーズは中小型ジェット機として扱う)	幅 14m×長さ 45m	幅 14m×長さ 30m
プロペラ機および小型機のみが就航する空港	幅 7m×長さ 90m	幅 7m×長さ 60m



アスファルト舗装 わだち掘れ・ひび割れ率・BBI

コンクリート舗装 ひび割れ度・目地部の破損率・段差

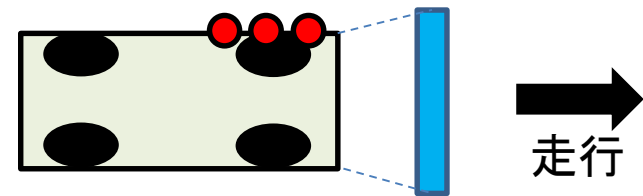
赤字はユニット毎の値として整理

路面性状調査



路面性状測定車

縦断プロフィール

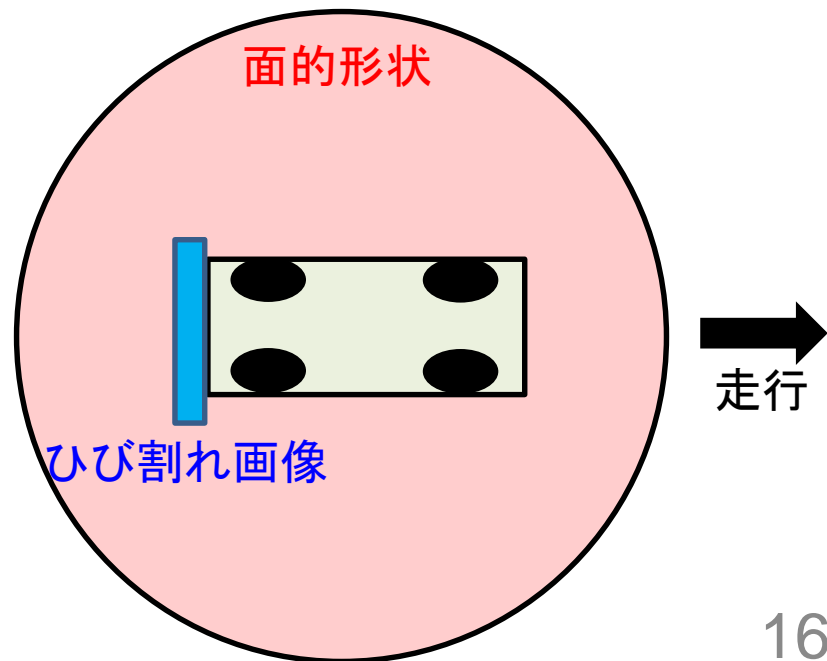


横断形状
ひび割れ画像



MMS

面的形状



ひび割れ画像

空港舗装における技術ニーズ

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アスコン内の水分を簡単に把握したい

施工

④冬季の夜間施工でも, アスコン層間の付着を改善したい

①局所突発的な破損の低減

- ・大規模空港では、粒状化，層間剥離，ブリストリングなど起因した「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？
再生アスコンの使用？



- ・改質アスファルトの適用
要領を改訂したため，最近では表層に改質Ⅱの使用が多い
基層の粒状化対策として，破損程度に応じて基層も改質（H28）

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(**データ分析が必要な手法は不向き**)

打音調査・熱赤外線調査

3人/パーティー(熱赤外線カメラ担当, 打音調査担当, 記録担当)
で実施している例

熱赤外線カメラ担当
低音部を確認し知らせる

記録担当

打音調査担当
低音部を叩く



②層間剥離や粒状化の検知

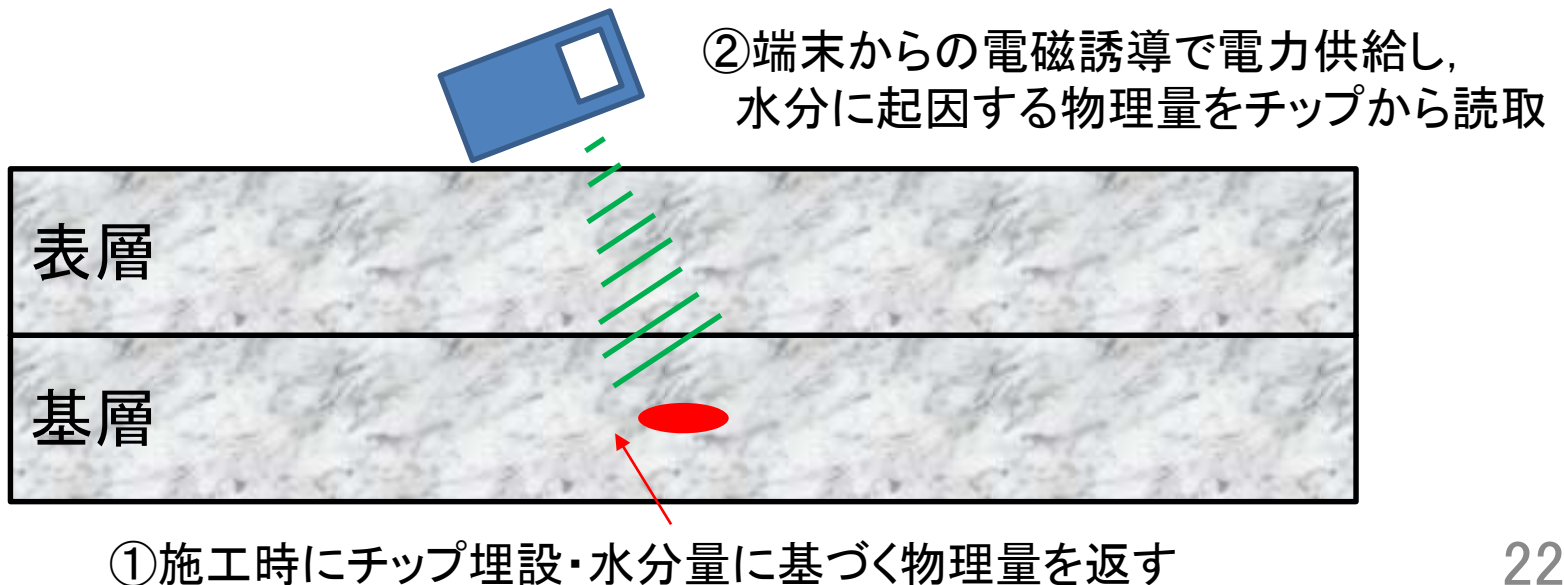
粒状化

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



③アスコン内の水分

- ・アスコン内の水分はアスコン脆弱化に繋がるため、アスコン層内の水分量が非破壊で簡単にわかるとよい
- ・解体調査でドライコアを採取しているが、本数が限られる。
- ・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。
- ・FeliCaなどの非接触型ICカードと同じ仕組みで、水分に起因する物理量を読み取るとか



アスコンは水に弱い

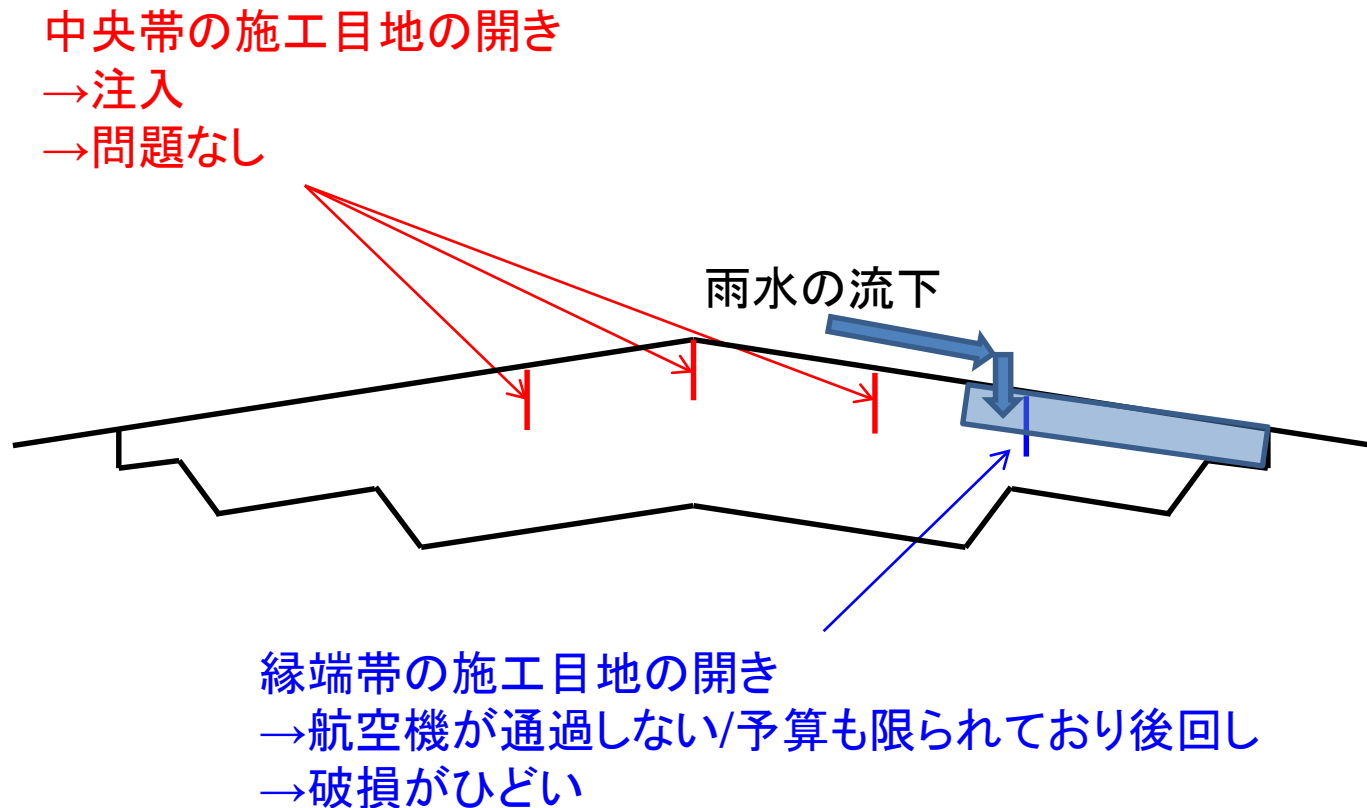
雨水が中心線から
ショルダーに向けて流下する



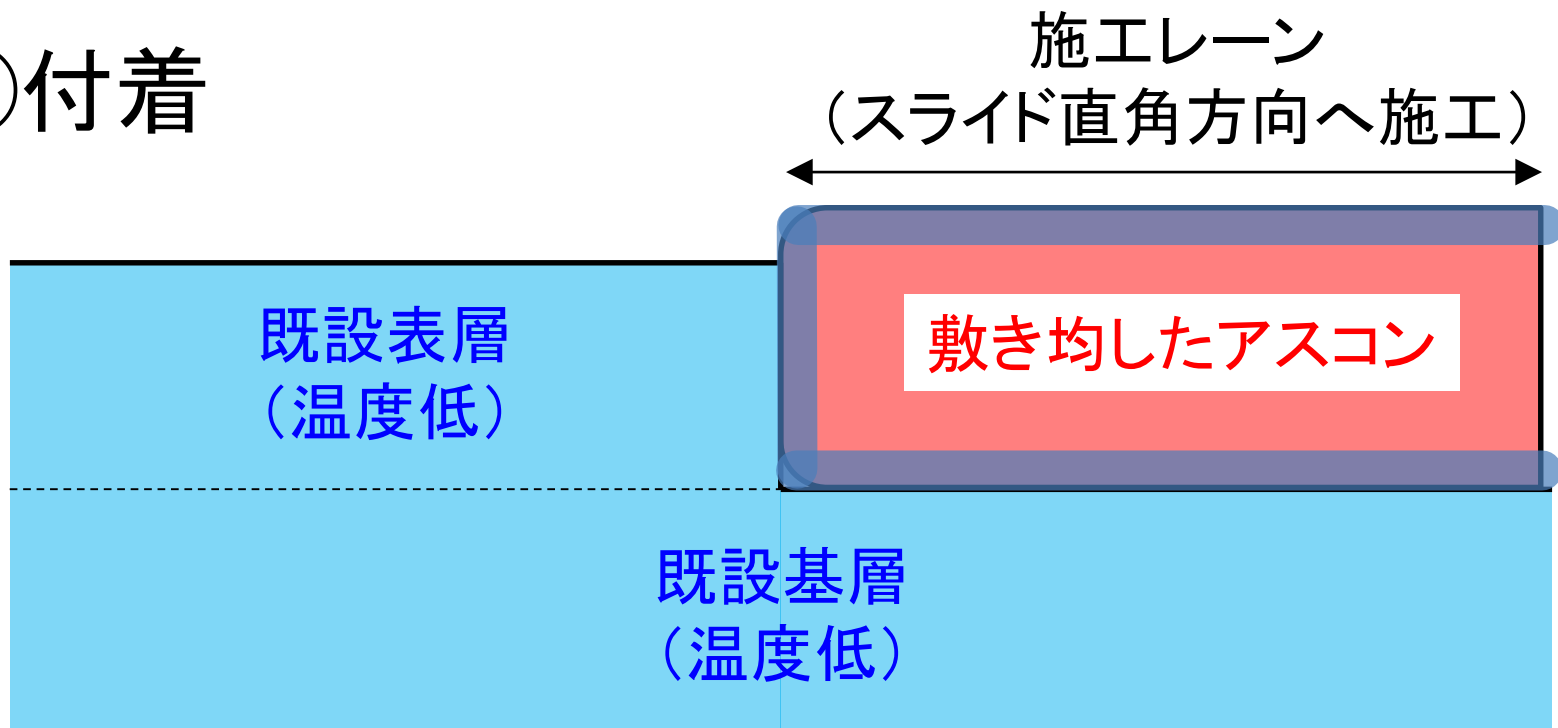
↑
施工目地(アスファルト舗装の施工の継目)から雨水が侵入

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.



④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

H19～

「改質アスファルト乳剤が望ましい」と記載

H23～

改質アスファルト乳剤PKM-Tを標準

H30～

養生時間を短縮させるためには、PKM-Tと分解促進剤の同時散布が有効であることを記載

→分解促進剤が規格化されれば標準としたい
(日本アスファルト乳剤協会には打診済み)

各種最新技術に関する感想

MMS (Mobile Mapping System)

特徴:

- ・車両に搭載したレーザーで、
高速で路面形状(3次元点群データ)を記録

感想:

- ・わだち掘れ(例えば縦断方向に30mピッチ),
縦断プロファイル(例えばセンターから5.5m位置)
という特定位置だけではなく、面的な路面形状が取得可能
- ・面的形状を把握することで維持管理に有益なデータが得られるか?
- ・短期間での局所凹凸(の進展)を把握 → 局所突発的破損の予兆?
- ・局所突発的破損を主眼だと、多頻度(月1・週1など)での調査が必要
→ 発注だと多頻度は困難か?
- ・長期進行的破損を主眼だと、例えば縦断1mピッチで
わだち掘れを計測して何か良いことがあるか?
→ わだち掘れ劣化予測に使用できるデータが増えるのはメリット
→ これは路面性状測定車でも可能だが.

各種最新技術に関する感想

合成開口レーダ(衛星SAR・地上SAR)

特徴:

- ・遠方からマイクロ波やミリ波を照射し路面形状を記録
- ・地盤(斜面・河川堤防等)を対象とした研究がある

感想:

- ・空港内立入不要・非接触なのは大きなメリット
- ・衛星SAR(だいち2号)
 - ・災害直後を想定
 - ・大変形(10cmオーダー)を数時間で知りたい
 - ・衛星が一回通過しただけでは有益なデータは得られない
- ・地上SAR
 - ・「MMSで路面凹凸を多頻度で」と同じことが可能となる
 - ・週1回程度のモニタリングに有望
 - ・高い建物がなく低仰角での精度がどうか?
 - ・ブラストの影響??

各種最新技術に関する感想

打音調査の原理を応用した測定車

特徴:

- ・打音調査の原理で層間剥離を検出
- ・トンネル覆工, 橋脚等を対象とした非接触手法の研究開発がある
- ・作用=レーザーで振動 応答=レーザーで計測
作用=音波 応答=レーザーで計測 などあり
- ・高速でアスコン層間剥離を検出できるかも

感想:

- ・熱赤外線調査は夏季しかわからないので, 年中わかるとよい
- ・「面的に高速に」ならば専用車の開発が必要か
- ・大規模空港なら専用車を保有できるかも
- ・年一回(例えば破損が多くなる梅雨前)の計測等であれば調査発注か?

各種最新技術に関する感想

マルチラレーション(空港舗装の視点から)

特徴:

- ・個々の航空機の移動経路記録を取得

感想:

- ・「滑走路離脱時間短縮のため誘導路移設を検討」に使えるか.
- ・「破損が多い箇所」は空港管理者が既に把握しているが、走行経路が複雑な大規模空港での作用が把握できる.
- ・劣化予測で作用データを「松」にできる(以下は自己流の分類).
 - 松: B737がJ誘導路を●月●日に100回走行 など
 - 竹: ダイヤ機材と年間の滑走路使用比率で推定
北風時=エプロン→C1誘導路→34R離陸 が72% など
 - 梅: ある空港の劣化予測を行う場合で、
空港の運用形態・機材が年毎に激変しなければ
走行回数・走行経路・機材は激変しないので不要(横軸=年でよい)
- ・劣化予測自体が未だ研究レベル.
また 作用データが精緻 → 予測精度向上 という簡単な話ではない.
(アスコン特性のばらつき, ひび割れは荷重载荷がなくても老化で発生)

各種最新技術に関する感想

地中レーダー

特徴:

- ・地中の空洞や水分(に限らず比誘電率が異なる物質)を検知可能

感想:

- ・常時のことを考えれば空港舗装下に空洞はほとんどないので、層間剥離・アスコン水分を検知したい。
- ・表層や基層の浅いところ(高周波)を検知したいが、地中レーダーの多くは深い位置の空洞(低周波)が主眼
- ・白黒画像を判別可能とする技術者による
- ・「人の目による結果」を学習データとしたAIでもよいので、個人差の少ない判定ができるとよい
- ・「わかった結果」は見せてくれるが、「わからなかった結果」はあまり開示してくれない。

各種最新技術に関する感想

発泡ウレタンによるプレキャスト版裏込注入

特徴:

- ・プレキャストコンクリート版下面に注入する裏込グラウトが割れる→水と混ざってノロになる→噴き出す→隙間ができるので、その代替材料

感想:

- ・沈下した工場の床版，道路のCo舗装の高さ修正で実績がある（発泡することで版を持ち上げる）
- ・割れにくい材料としては有望か？
- ・孔から注入するが，流動性は問題なさそう
- ・変形係数が低め
- ・水がある環境だと想定通り発泡してくれない