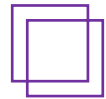


2024年11月21日
(一財)港湾空港総合技術センター
空港土木技術講演会

空港舗装の材料・構造に関する 最近の調査研究

国土技術政策総合研究所 空港研究部
主任研究官 河村直哉



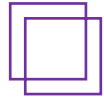
本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績

【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度
- ・グレードの高い改質アスファルト



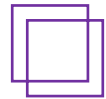
本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
【概要】 工期短縮のために、グレードの高い改質アスファルトを活用できないか検討
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績

【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度



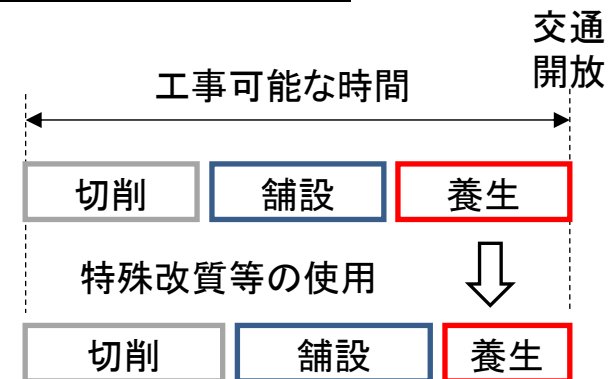
交通開放温度

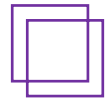
- 交通開放温度とは、加熱アスコンを施工した直後の舗装上を航空機が走行してよいとする表面温度。
→ 載荷重による初期わだちの防止
- 交通開放温度は、時間制約が厳しい空港の夜間工事において日施工面積に影響
- 特殊改質アスファルト等を使えば、高温でも初期わだちが生じにくく、交通開放温度を現規定より高く設定できる？
→ 養生時間短縮 → 日施工面積増

アスファルトの種類

	交通開放温度 (現規定)
ストレートアスファルト	50°C
改質アスファルトⅡ型	70°C
改質アスファルトⅢ型	70°C → ?
高性能 特殊改質アスファルト	70°C → ?

施工のスケジュール感





研究概要

【研究目的】

- ・ ハイグレードの改質アスファルトに関して, ストアス50°Cと同等の初期わだち抵抗性となる交通開放温度を提案する.

【研究フロー】

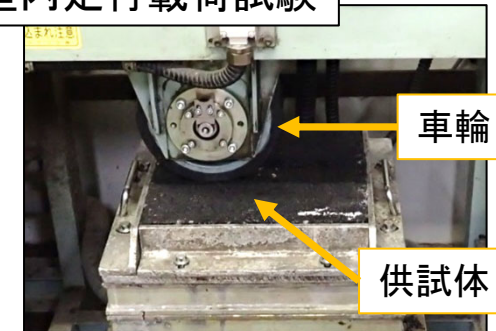
R6d 室内試験

→可能な温度の予備検討

R7d 国総研試験フィールドでの屋外試験

→可能な温度の検証

室内走行載荷試験



試験施工



屋外走行載荷試験



室内試験の概要

【供試体の種類】

- ① 表層の打換えを想定した一層供試体
- ② 表基層の打換えを想定した二層供試体

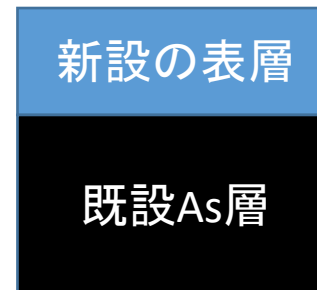
【表層のアスコン種類】

- ① ストレートアスファルト
- ② 改質Ⅱ型
- ③ 改質Ⅲ型
- ④ 特殊改質(重荷重用)

【室内走行載荷試験の条件】

- ・ タイヤ接地圧: 1.4MPa
- ・ 環境温度: 30°C
- ・ 交通開放温度: 50~100°C

表層打換え

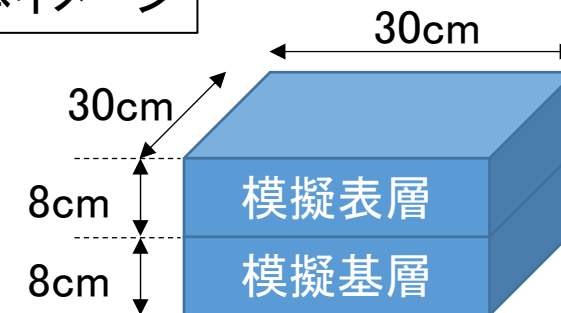


表基層打換え



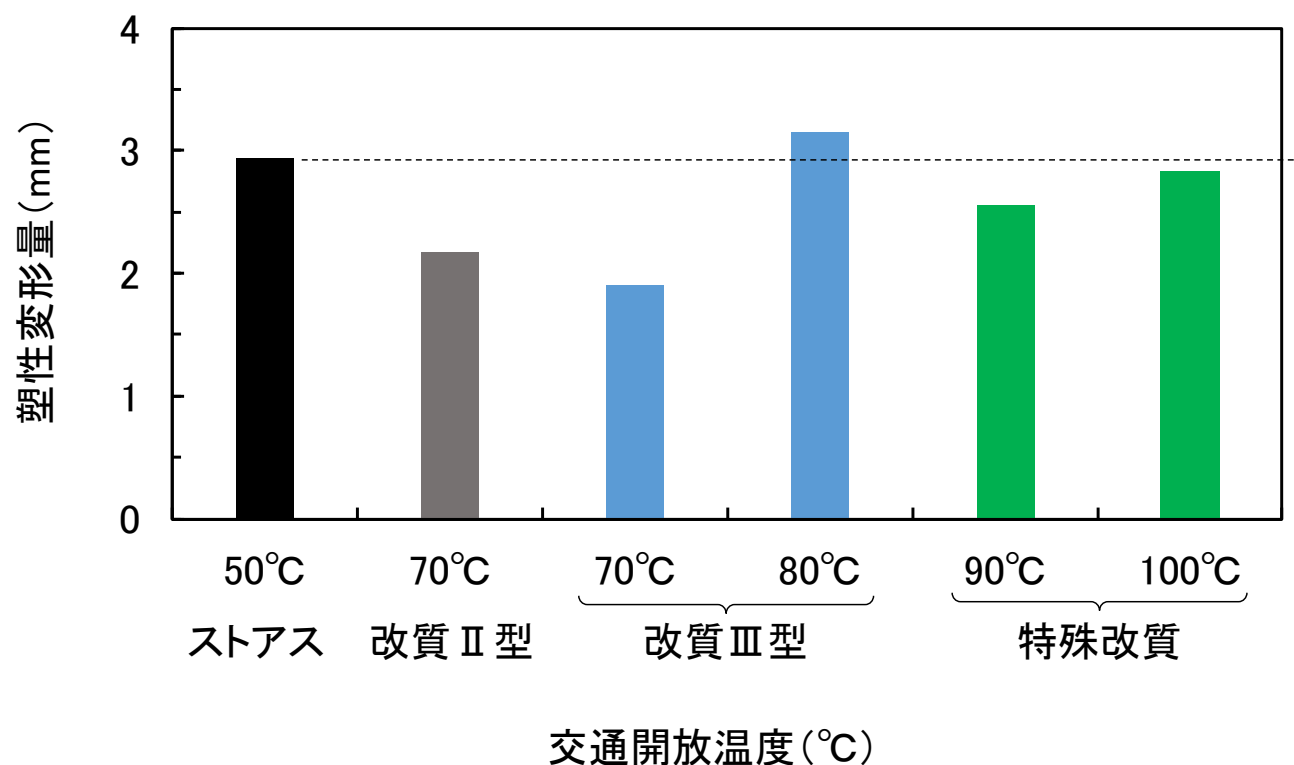
表面温度が同じでも、
打換え層が厚いほど、内部温度は高い

二層供試体イメージ





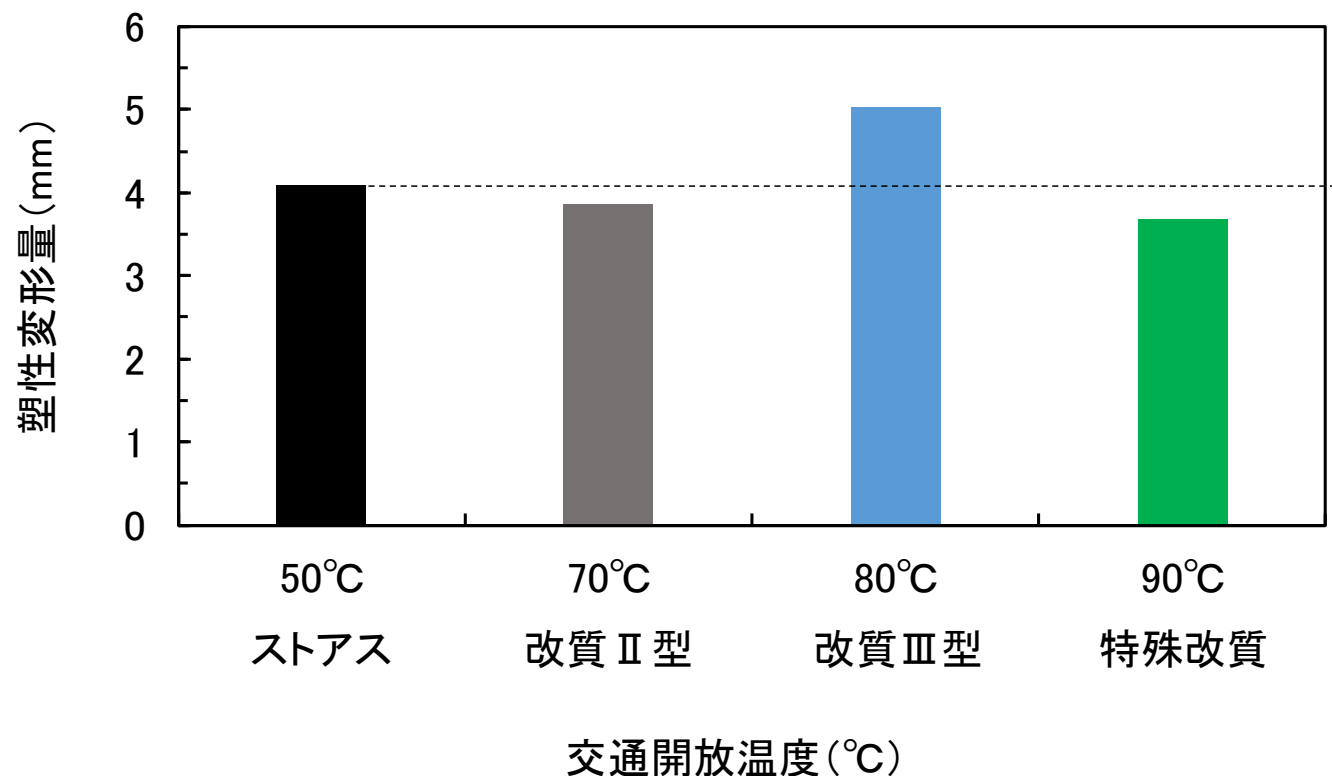
室内試験結果一例(一層供試体での評価)



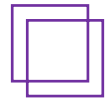
- ・ 改質III型アスコンの場合、交通開放温度が80°Cで、ストアス50°Cと同等の塑性変形量であった。
- ・ 特殊改質アスコンの場合、交通開放温度が90°C, 100°Cでも、ストアス50°Cよりも、塑性変形量は小さかった。



室内試験結果一例(二層供試体での評価)



- 特殊改質アスコンの場合、交通開放温度が90°Cでも、ストアス50°Cよりも、塑性変形量は小さかった。
- 特殊改質アスコンに関しては、交通開放温度を高く設定できる可能性



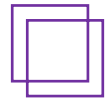
本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
【概要】 空港管理者が、高耐久の常温アスコンを選定するための一方法を提案
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績

【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度



検討概要

- ・ 空港舗装の緊急補修では、施設の閉鎖時間を短くするため、常温アスコンで応急復旧する。
- ・ 滑走路では、常温アスコンの使用に不安があり、加熱アスコンで本復旧する場合がある。
→ 日中～夜を耐えられる常温アスコンを選定するための方法を検討
- ・ 常温アスコンが、加熱アスコンと同程度の塑性変形抵抗性と接着性であることを評価する方法を提案。
(加熱と同程度なら本復旧まで十分耐えられると想定)

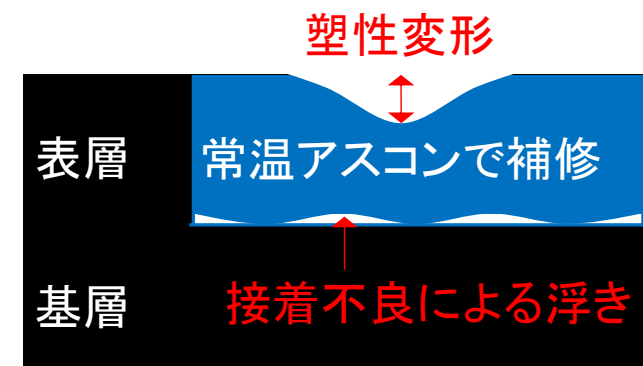
常温アスコン
による応急復旧



加熱アスコン
による本復旧



施工直後に生じる常温アスコンの
変状イメージ

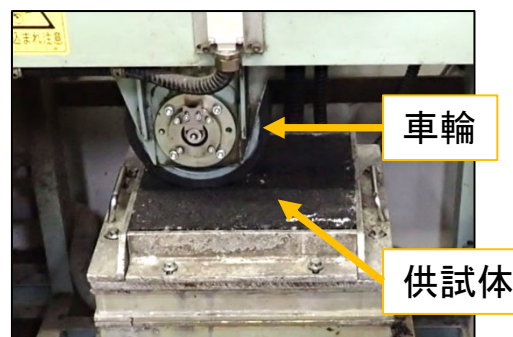


試験方法

①塑性変形抵抗性に関する試験

- ・首都高速道路株式会社の性能評価試験を参考
- ・雨天時の施工を想定して供試体を作製
(雨天時使用も想定の場合)

ホイールトラッキング
(WT)試験装置



供試体作製

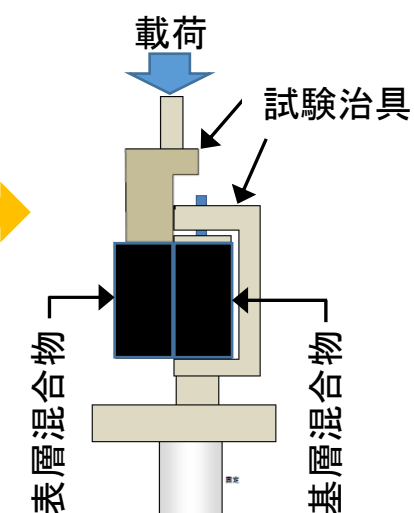


型枠に水を満たし、
散水しながら敷き均し

②接着性に関する試験

- ・コンクリート床版防水層と舗装間のせん断試験方法
(舗装調査・試験法便覧)

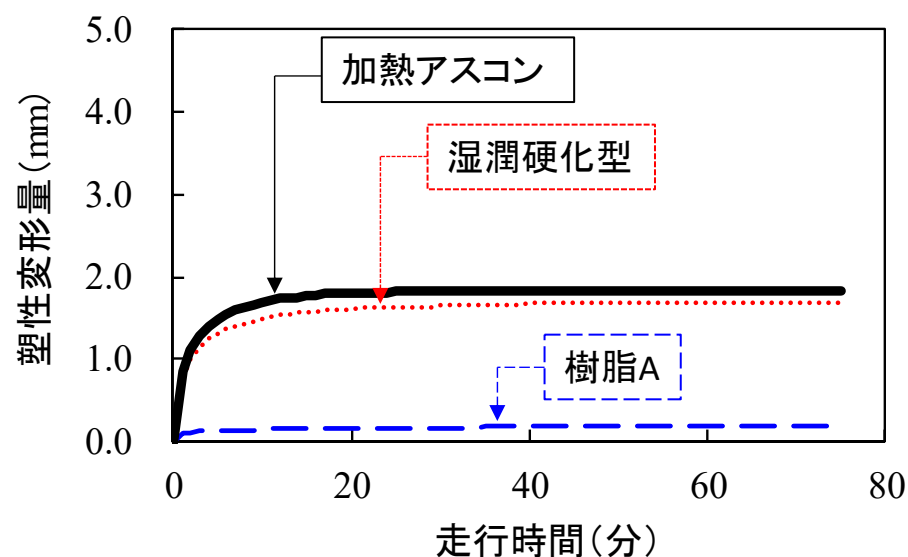
せん断試験



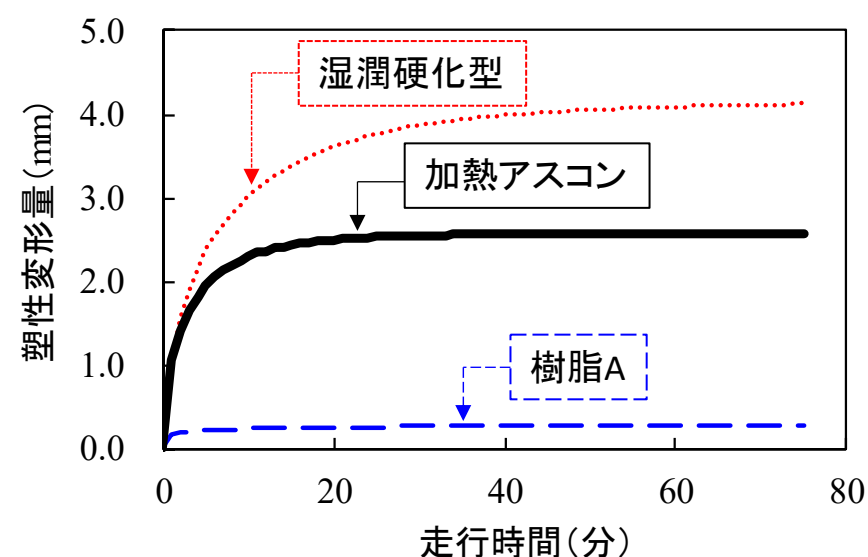


塑性変形抵抗性に関する試験結果一例

タイヤ接地圧0.7MPa(自動車)



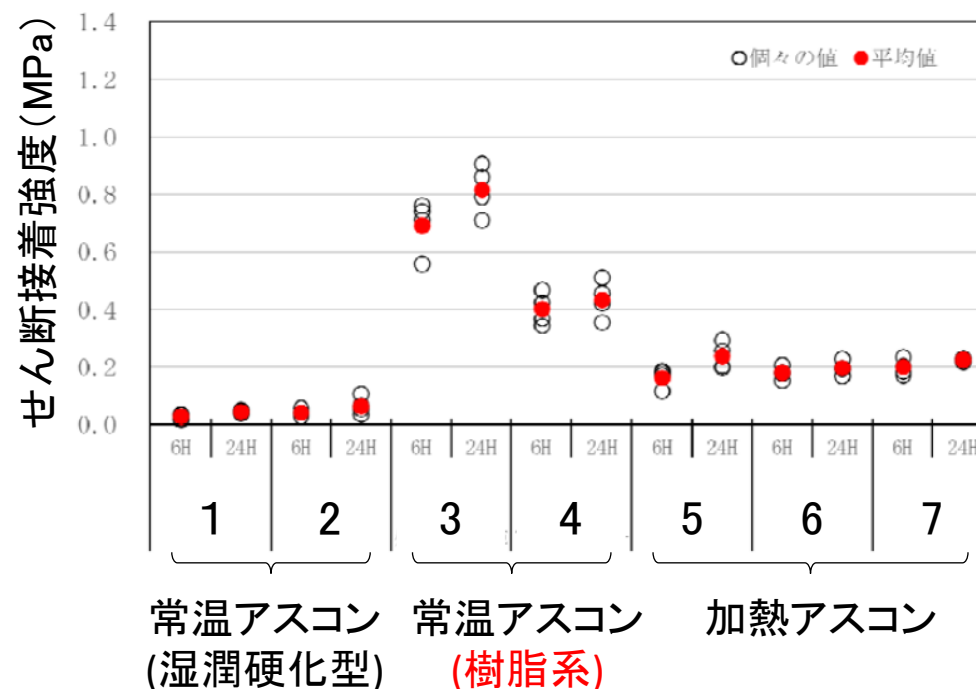
タイヤ接地圧1.4MPa(航空機)



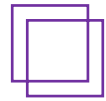
- 航空機接地圧での湿潤硬化型の塑性変形量は、加熱混合物よりも大きくなった。
- 樹脂系の常温アスコンは、加熱アスコンより塑性変形量が小さく、塑性変形抵抗性が高い。



接着性に関する試験結果一例



- ・ 樹脂系の常温アスコンは、加熱アスコンよりせん断接着強度が高く、接着性も高い。
- ・ 検討した試験では、樹脂系の常温アスコンが有望材料となる。
- ・ なお、既に空港で使われている常温アスコンが全てクリアできるわけではないので、試験方法はあくまでも参考。
(国総研資料 No.1285, 2024)



本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
【概要】 破損事例の収集と原因の分析を行い、構造面での改善策を検討
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績

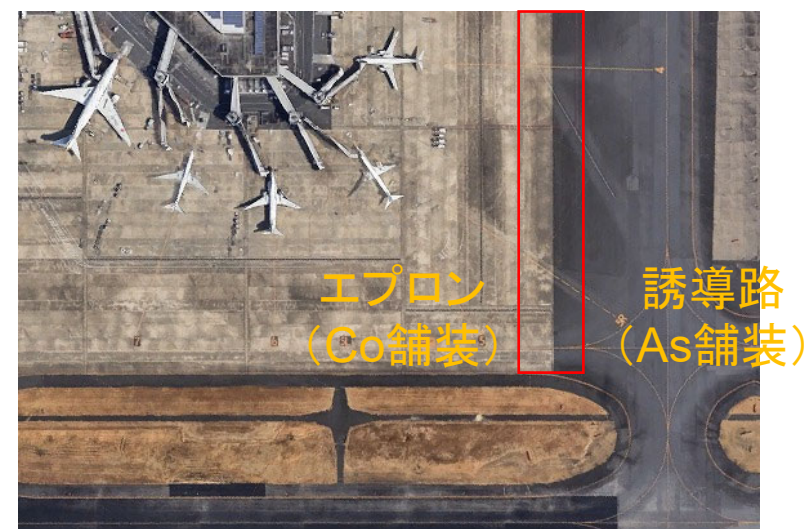
【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度

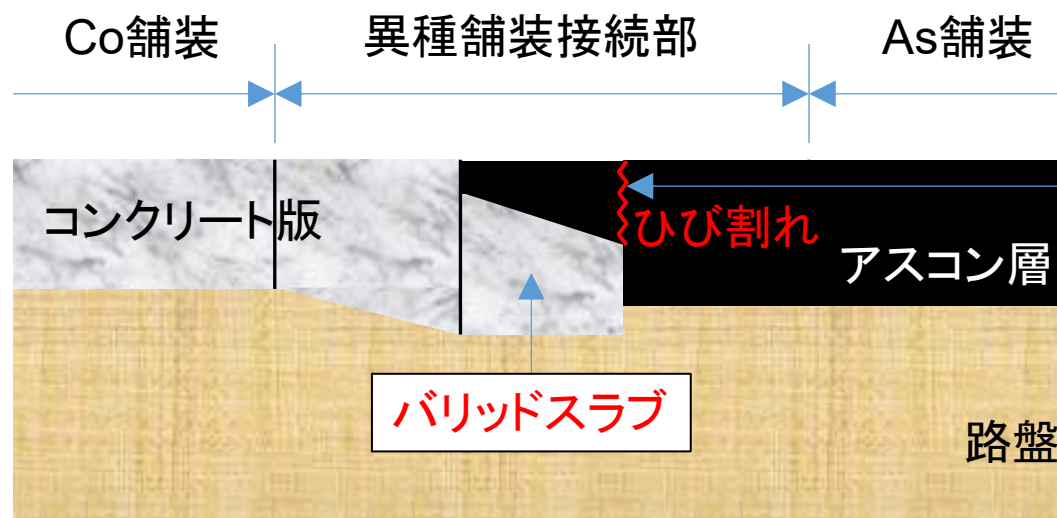
検討概要

- 異種舗装接続部は、アスファルト舗装とコンクリート舗装の接続部であり、ひび割れ等の不具合が生じることがある。
→ 繰返し破損する事例もあり、維持管理上の懸念事項
- 全国での不具合の発生状況、原因、対策について研究しているところ。

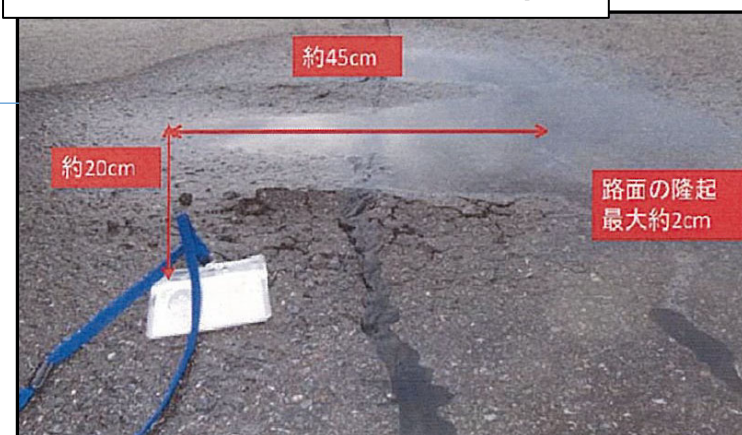
異種舗装接続部



Google Earthに加筆

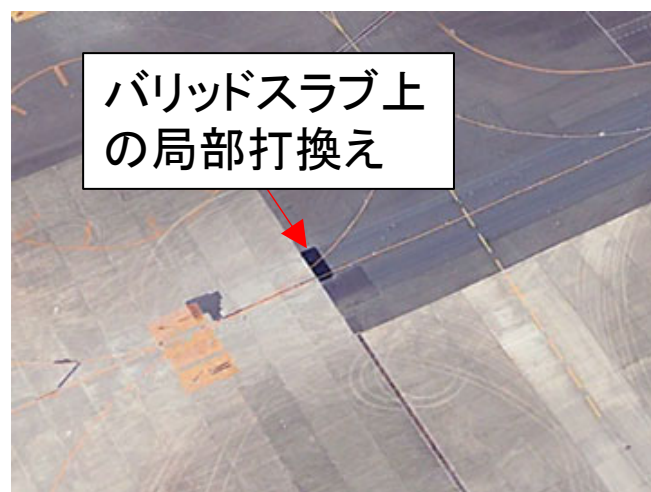
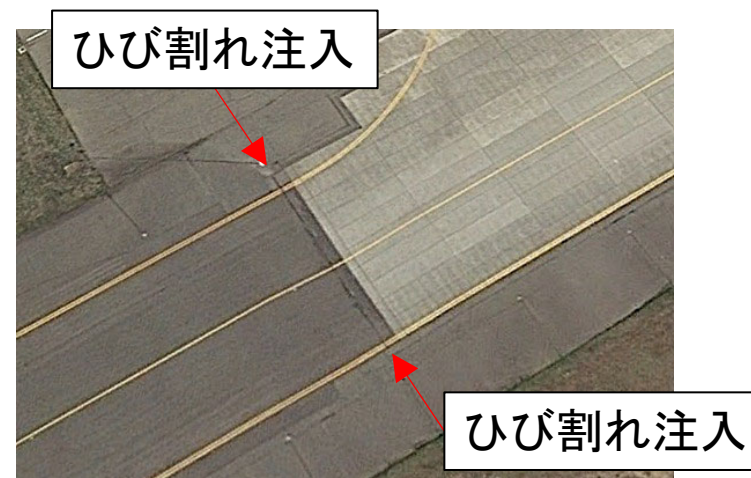


バリッドスラブ上のひび割れ



検討概要

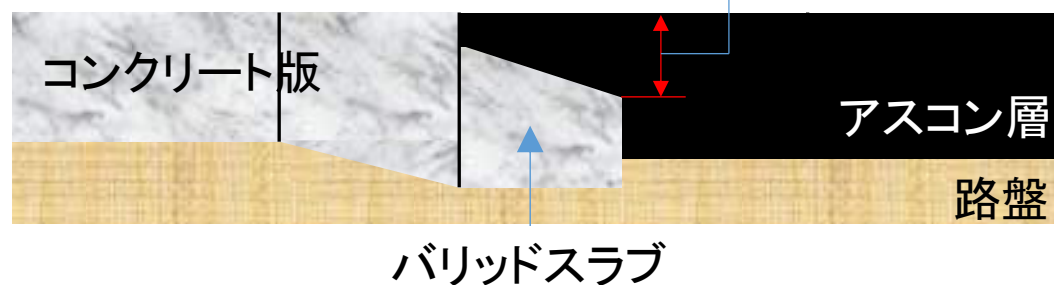
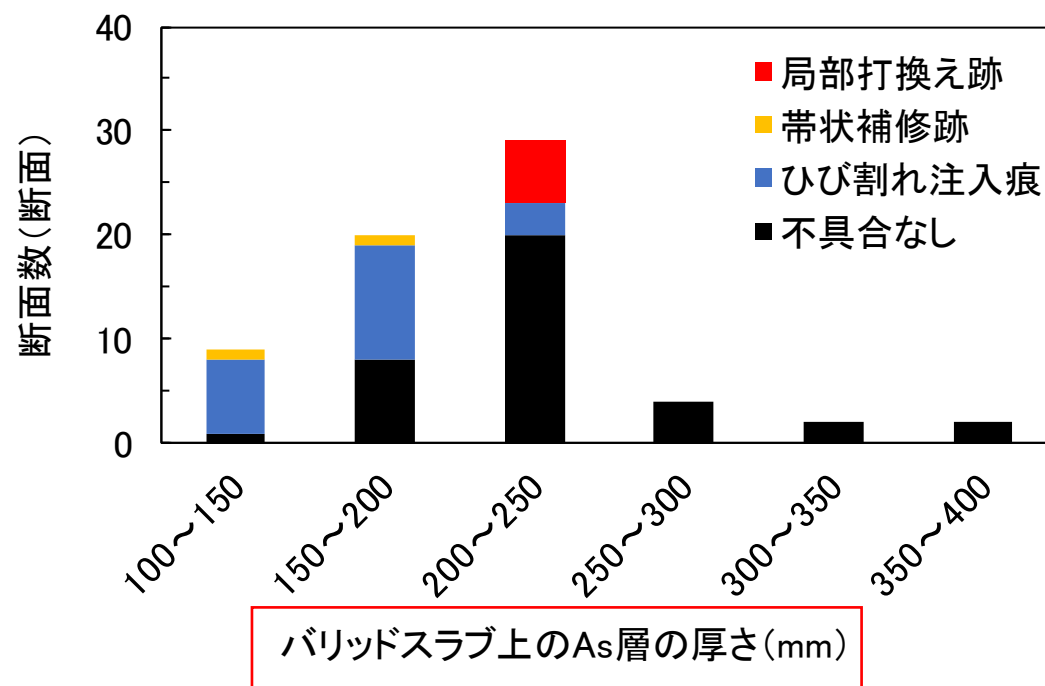
- 全国での不具合の発生状況を把握するため、Google Earth Proで、ひび割れ注入痕や局部打換え跡を確認。
- 現時点で不具合が確認されたのは、31空港中9空港である。
- 地域的な偏りはなく、全国的に確認された。
- 不具合箇所の舗装構造を確認し、不具合の有無で構造的にどう違うかを分析しているところ。



Google Earth

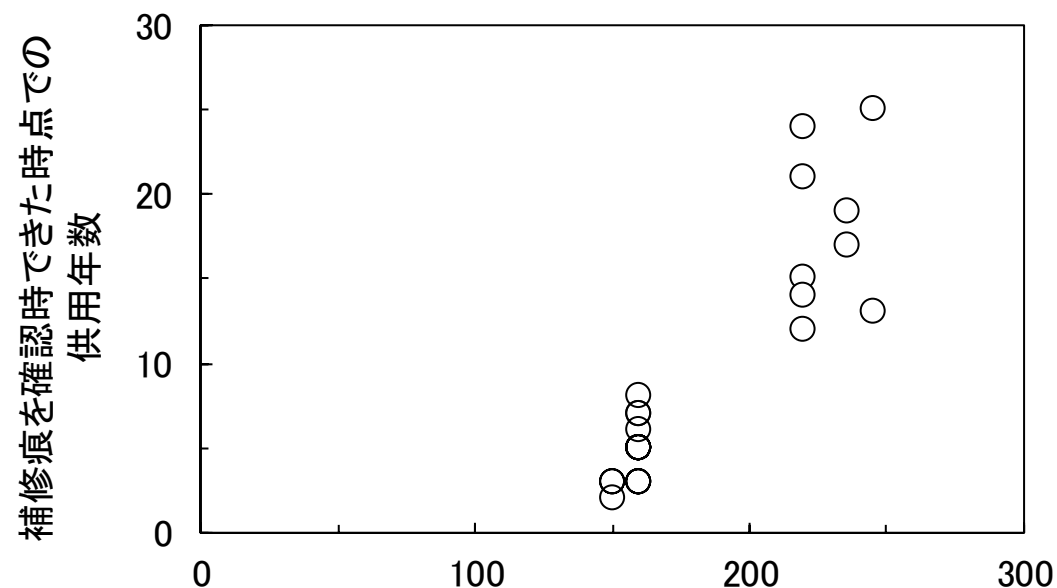
バリッドスラブ上のアスコン層厚

- バリッドスラブ上のAs層の厚さが20cm未満の不具合はすべてプレキャスト版であった。
- バリッドスラブ上のAs層の厚さが25cm以上で、不具合が発生した事例はない。

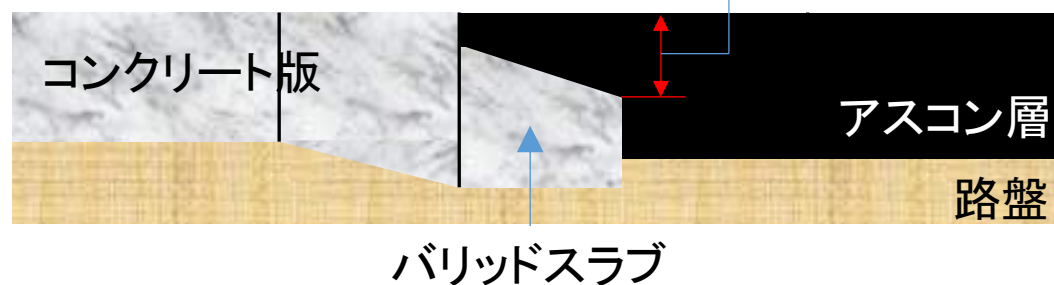


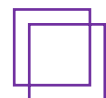
バリッドスラブ上のアスコン層厚

- ・ バリッドスラブ上のAs層の厚さが15cm程度では, 10年以内に不具合が発生している.
- ・ 厚くすれば, 不具合が発生するまでの年数は長くなる.



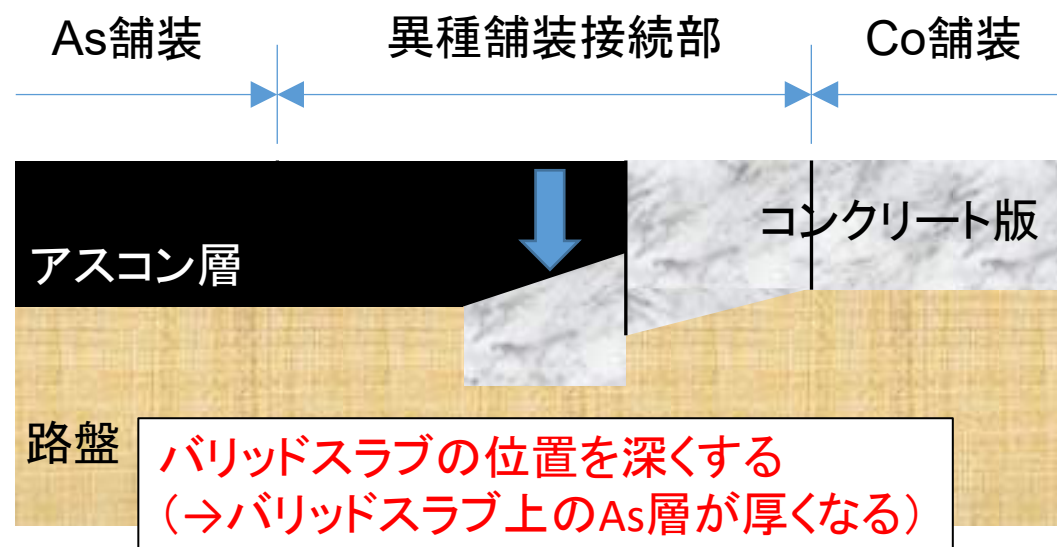
バリッドスラブ上のAs層の厚さ(mm)



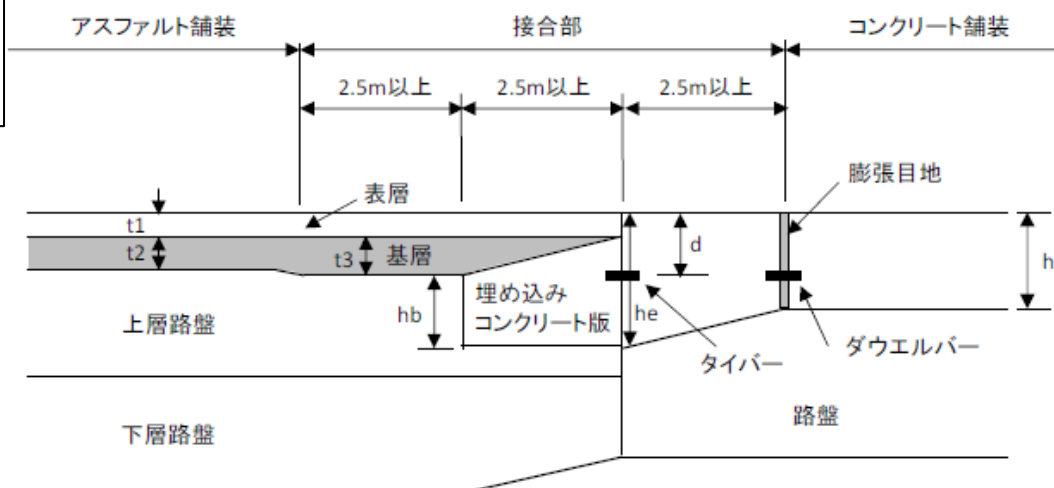


想定される構造面での改善策

これに近い構造は，米国
陸軍の設計例で示されて
おり，米国では実績のある構造



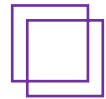
空港土木施設
設計要領(舗装
設計編)p.93



h: コンクリート版厚
he: 1.3h
d=0.6h

t1: 表層厚
t2: 基層厚
t3=(he-hb)-t1 ≥ t2

ただし，
滑走路端部中央帯等 hb ≥ 15cm
その他舗装区域 hb ≥ 10cm
安定処理上層路盤の場合は t3=t2



本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
【概要】 舗装内部の水分が多い箇所を非破壊で検出したい
- ・無筋コンクリートの配合実績

【設計要領の改正予定】

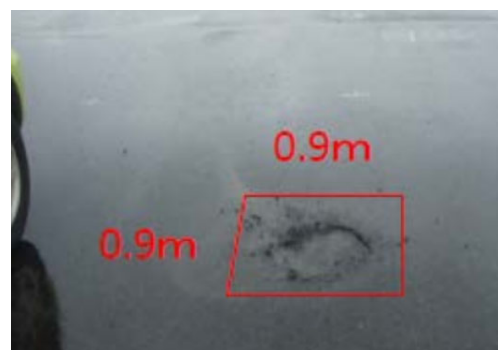
- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度
- ・グレードの高い改質アスファルト



検討概要

- 滑走路等の閉鎖に繋がる舗装の突発破損を防ぐためには、目視できない舗装内部の変状を未然に把握することが重要である。
- 電磁波に基づく非破壊検査技術を用いて、舗装内部の滞水や砂利化を検出する方法を検討しているところ。

突発破損



舗装内部の砂利化



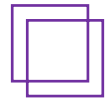
電磁波レーダ



電磁波を用いた
舗装密度測定器



材料	比誘電率
アスコン	4～6
コンクリート	8～11
水	81
空気	1



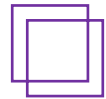
本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績
 - 【概要】 配合検討において発注者・施工者が参考にできるように、空港の配合実績をまとめた。

【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度



調査の背景

- ・ 無筋コンクリート舗装で、近年、低い水セメント比(W/C)のコンクリートが採用されることがある。
 - ・ W/Cを低くすると、曲げ強度は高くなる反面、収縮量が多くなるため、施工後の不具合に繋がった事例もある。
 - ・ W/Cやセメント量等の**配合は**、空港舗装での目安や実績が整理されておらず、**技術者の経験によるところが大きい**。
- **技術継承が今後深刻化する状況にあっては、実績等の資料が空港でも重要となる**(発注者としては、施工者から提示された配合のチェックに役立つ)。

空港の品質規定

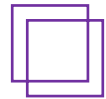
作業性 (スランプ [°] 2.5 or 6.5cm 空気量4.5%)	曲げ強度 (5.0N/mm ² 以上)
--	--------------------------------------

耐久性(W/C ≤ 50%)

道路の書物

舗装設計施工指針





調査方法

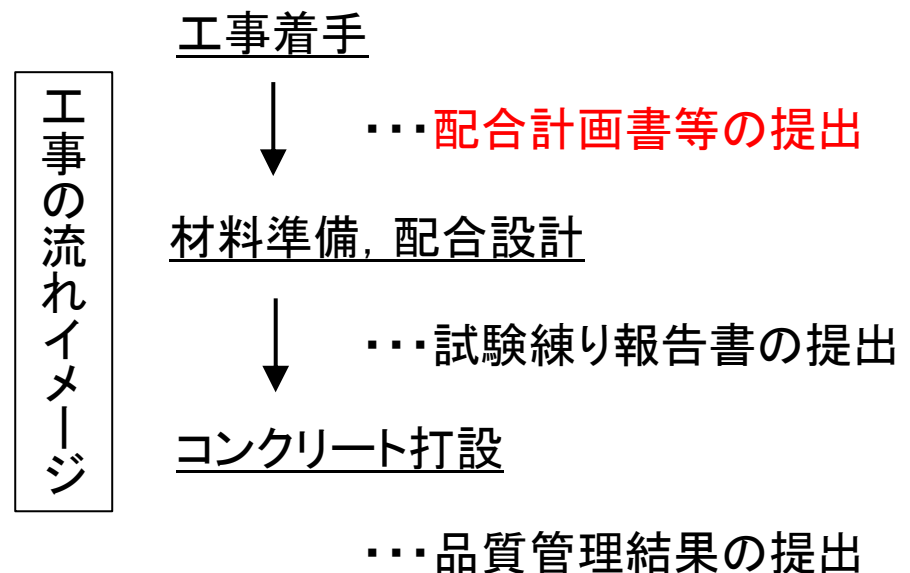
(1) 調査対象

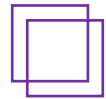
- ・ 空港の基本施設において実施された無筋コンクリート舗装工事
- ・ **全国の空港を対象**とし, 過去5年程度で実施された工事

調査空港		工事件数
北海道	新千歳空港	3
北陸	小松空港	1
関東	羽田空港, 成田国際空港	4
近畿	関西国際空港	2
中国	広島空港, 美保飛行場	4
四国	松山空港	4
九州	北九州空港, 福岡空港, 長崎空港, 熊本空港, 宮崎空港	6
沖縄	那覇空港	1
計	14空港	25

(2) 調査に用いた資料

- ・ 工事で施工者から提出された配合設計に関する資料





調査結果(材料)

- スランプ
 2.5cm: 機械施工(セットフォーム工法)
 5.0cm: 機械施工(スリップフォーム工法)
 6.5cm: 人力施工
- 骨材最大寸法は, 40mm
- セメントは3種類
 (BBは, いずれも西日本の空港)

	コンクリートの種類	プラント数
1	曲げ5.0-2.5-40N	15
2	曲げ5.0-5.0-40N	1
3	曲げ5.0-6.5-40N	14
4	曲げ4.9-2.5-40M	1
5	曲げ4.9-6.5-40M	1
6	曲げ5.0-2.5-40BB	18
7	曲げ5.0-6.5-40BB	17

N: 普通ポルトランドセメント

M: 中庸熱ポルトランドセメント

BB: 高炉セメントB種

本調査における
コンクリートの種類の呼称

曲げ強度

スランプ

粗骨材の
最大寸法

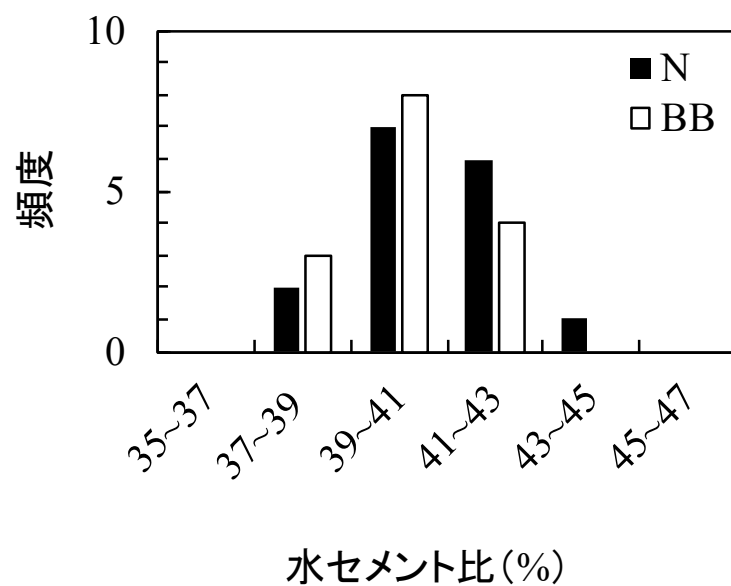
曲げ5.0 - 2.5 - 40N

セメントの種類

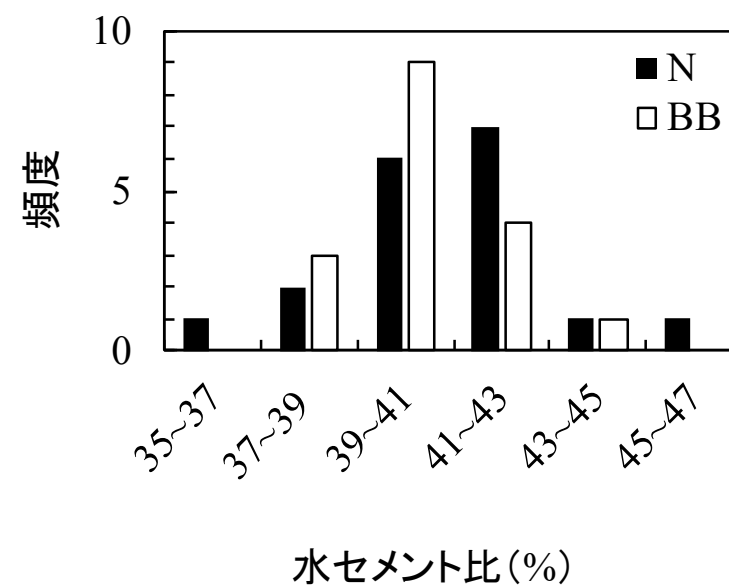


調査結果(配合)

スランプ2.5cmの場合



スランプ6.5cmの場合

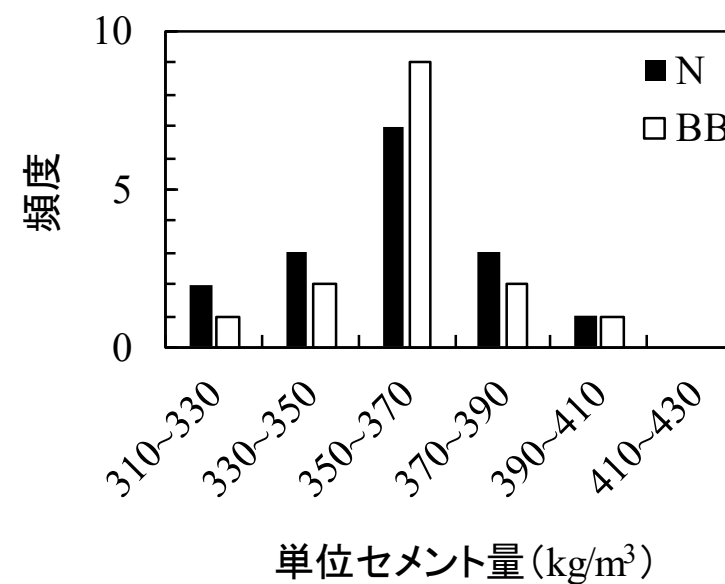
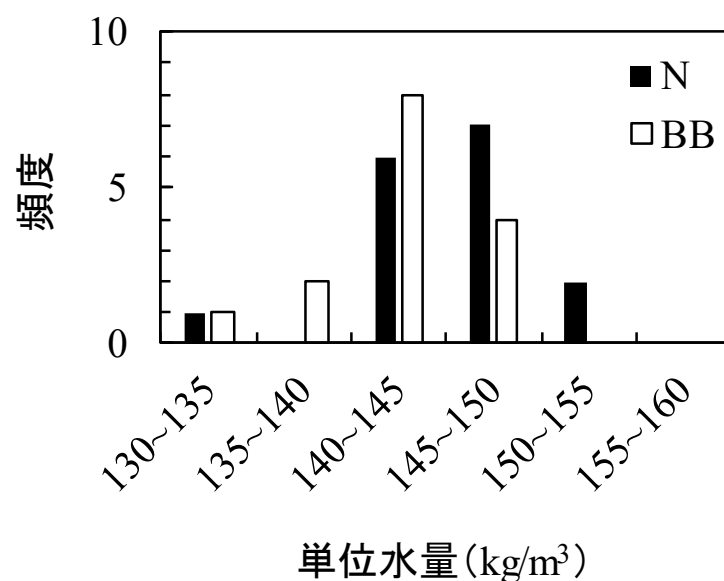


- ・ 水セメント比は, セメントの種類, スランプによらず, 40%前後.



調査結果(配合)

スランプ2.5cmの場合



- ・ スランプ2.5cmのコンクリートの単位水量は、145kg/m³前後が多く、
150kg/m³を超えることはほとんどなかった。
- ・ スランプ2.5cmのコンクリートの単位セメント量は、360kg/m³前後が多い。



R6.4 設計要領の改正

第V章 コンクリート舗装の補修

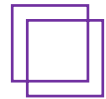
V-4 コンクリート舗装の補修

V-4.6 材料設計

- (1)コンクリート舗装の補修に使用する材料は、「空港土木工事共通仕様書⁵⁸⁾」で示される品質規定を満足するとともに、当該空港や施設の特異性及び施工性を考慮して選定する。
- (2)空港の無筋コンクリート舗装に用いられるコンクリートについては、水セメント比の平均値が約40%である等、配合に関する実績が参考文献¹⁰²⁾に記載されているので参考にとするとよい。
- (3)付着オーバーレイ工法のオーバーレイ層に用いるコンクリートの粗骨材最大寸法は20mmとすることができる⁷⁹⁾。

参考文献

102)河村直哉, 坪川将丈: 空港の無筋コンクリート舗装工事に用いるコンクリートの配合に関する調査, 国土技術政策総合研究所資料, 2023



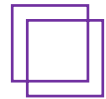
本日の内容

【調査研究の紹介】

- ・改質アスファルトを使用した場合の交通開放温度
- ・応急復旧に用いる常温混合物の評価方法
- ・異種舗装接続部の構造の破損抑制方策
- ・電磁波レーダ等を用いた舗装内水分の非破壊検出
- ・無筋コンクリートの配合実績

【設計要領の改正予定】

- ・ショルダーや過走帯等での交通開放温度
- ・グレードの高い改質アスファルト



おわりに

設計要領を改正するきっかけは

- ① 国総研からの提案
 - ② 地方整備局・地方航空局からの課題の提示
 - ③ 民間企業からの情報提供
- などです。

何かお困りのこと・良い情報がありましたら、随時ご提供頂けると幸いです。
(宛先が分からない場合は、「空港施設研究室」で検索し、トップページの「問い合わせ先」に、ご連絡ください)

空港施設研究室の研究成果・講演資料等は、全て研究室サイトで公開していますので、ご興味あれば、ご検索ください。