

# 点検及び材料技術等の現状及び技術開発

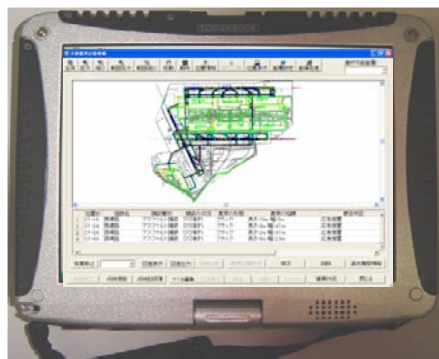
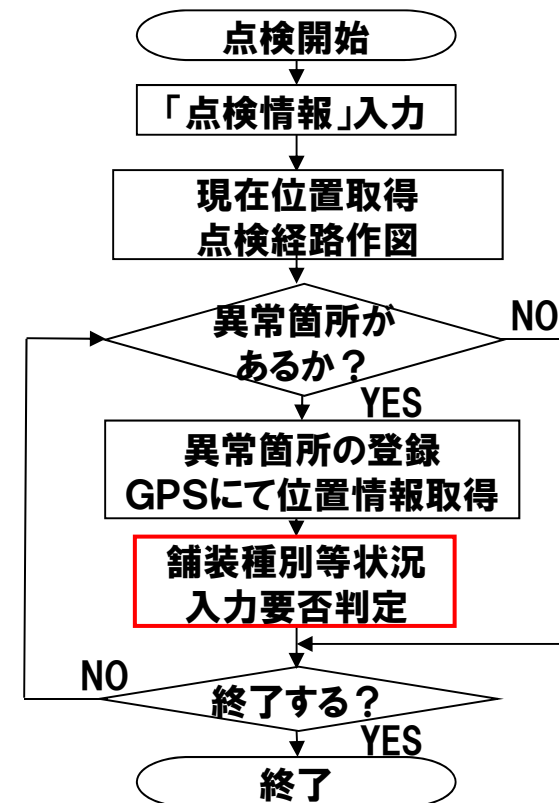
---

国土交通省 航空局  
平成25年 5月

現在空港で採用されている施設点検で機械化等が行われているもの。			今後の施設点検で活用が考えられるもの		
施設等	調査名称等	測定項目等	施設等	調査名称等	測定項目等
舗装	①空港舗装巡回等点検システム	異常箇所の記録	舗装下の空洞	電磁波レーダ	空洞の有無
	②赤外線調査	層間剝離	コンクリート構造物	超音波探査	ひび割れ深さ コンクリート強度
	③路面性状調査	クラック わだち掘れ 平坦性	鋼橋梁	超音波探傷ロボット	鋼床版の異常の有無
	④滑走路摩擦係数調査	すべり易さ	橋梁（コンクリート床版）	スケルカー調査（電磁波レーダ）	床版の異常
	⑤FWD調査	舗装構造の健全性	各種施設	センサー	ひずみ等
トンネル	⑥地下道健全度調査	躯体のひび割れ 目地の変形			
幹線排水	⑦雨水排水施設調査	管渠のひび割れ幅 目地の変形			

## 空港舗装巡回等点検システム

- 機器
  - モバイルパソコン・ DGPS
- 点検実施方法
  - 異常箇所位置の把握
  - 異常の形態・規模の入力
  - 異常形態に対する補修要否判定
  - 点検記録簿の作成



PC画面



路面性状ユニット

異常箇所ID	異常箇所名称	異常箇所位置	異常箇所規模	異常箇所状況	異常箇所補修要否
001	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
002	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
003	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
004	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
005	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
006	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
007	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
008	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
009	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路
010	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路	滑走路

点検記録簿

補修要否判定システム

## 【舗装面赤外線調査(アスファルト)】

- 熱赤外線カメラを用いて、層間剥離に起因する舗装表面の高温部／低温部を検出。
- 赤外線調査は危険箇所を想定する概査として用い、危険箇所を打音調べて入念にチェックすることにより、剥離箇所を確実に検知することが可能。



<赤外線カメラ映像>



異常箇所

## 【路面性状調査(アスファルト)】

- 滑走路、誘導路など舗装面の供用性能を評価する非破壊調査。
- ひび割れ、轍ぼれ、平坦性を用いて舗装を判定。

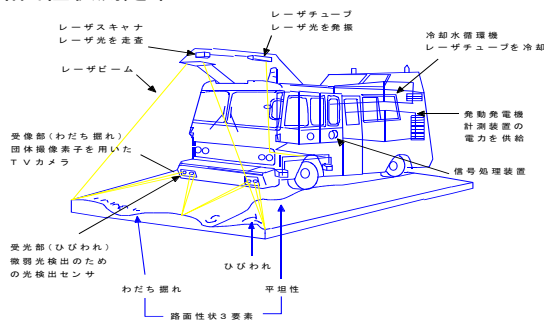
アスファルト舗装: PRI=10-0.450CR-0.0511RD-0.655SV

CR:ひび割れ率(%), RD:わだちぼれ(mm)、SV:平坦性(mm)

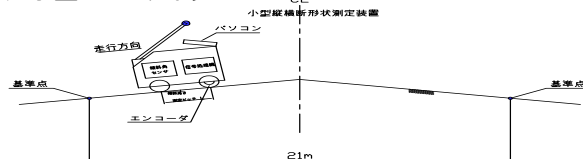
舗装区域	評価				
	A	B1	B2	B3	C
滑走路	8.0 以上	6.6 以上 8.0 未満	5.2 以上 6.6 未満	3.8 以上 5.2 未満	3.8 未満
誘導路	6.9 以上	5.6 以上 6.9 未満	4.3 以上 5.6 未満	3.0 以上 4.3 未満	3.0 未満
エプロン	5.9 以上	3.9 以上 5.9 未満	3.9 未満	0 以上 2.0 未満	0 未満

(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

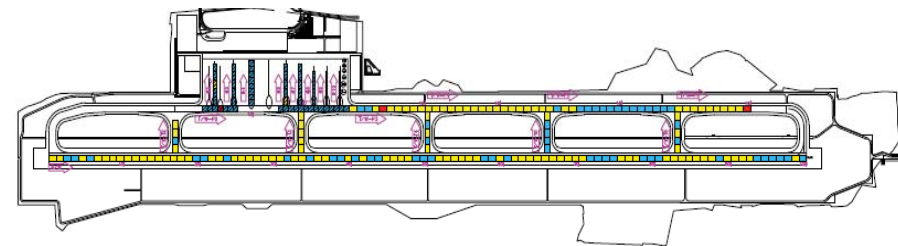
### ◆ 路面性状測定車



### ◆ 小型プロファイラ



### 路面性状調査の評価(例)

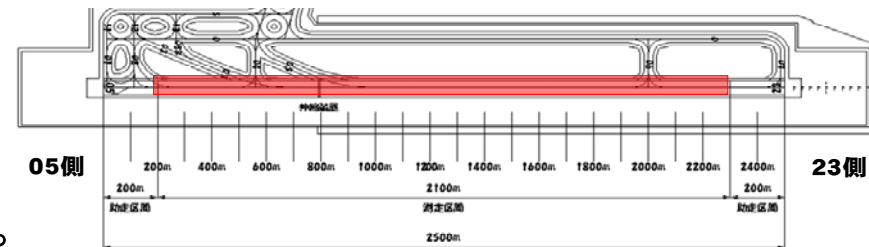
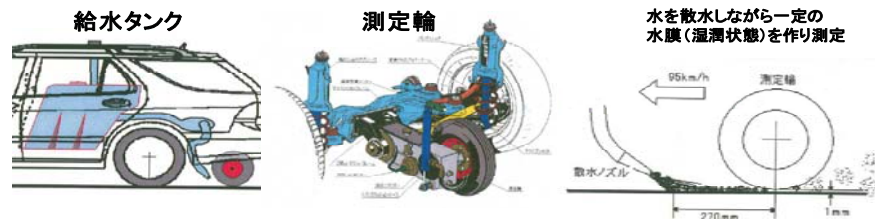


評価区分	色	評価内容
A	青	補修の必要なし
B	黄	近いうちの補修が望ましい
C	赤	できるだけ早急に補修の必要がある

## 【滑走路摩擦係数測定】

○SFTにより滑走路路面の湿潤時の摩擦係数を測定。  
 ○滑走路のセンターから5.5mの位置について、滑走路両末端200mの助走区間を設け測定。

### ◆ SFT(サーフェイス・フリクション・テスター)



### ◆ SFT測定条件(ICAO-Annex14,添付表より)

項目	規格	備考
測定速度	95 km/h	自動定速走行装置使用
路面状態	湿潤	自動散水装置使用
水膜厚さ	1.0 mm	112 L/min
測定タイヤ	type B	
空気圧	210 kpa	

### ◆ SFT摩擦レベル評価指標(ICAO-Annex14,添付表より)

係数	$\mu=0.34$	$\mu=0.47$	$\mu=0.74$
評価	最小摩擦レベル	保全計画レベル	新設目標レベル
対処	湿潤時に滑りやすい状態であることを通告	ゴム除去等の措置の検討	

・空港土木施設管理規程では、 $\mu=0.44$ 以下の場合にゴム除去等の措置の検討が必要

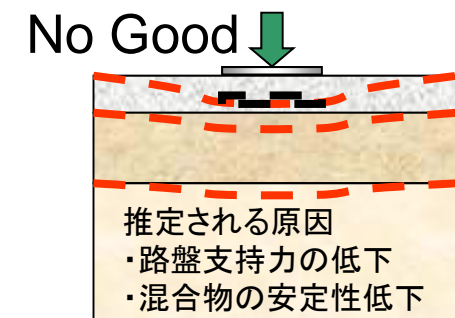
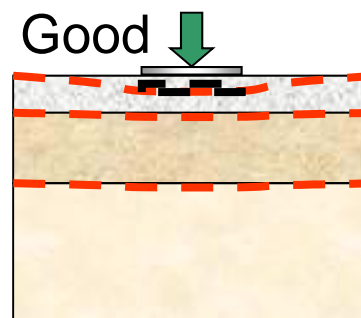
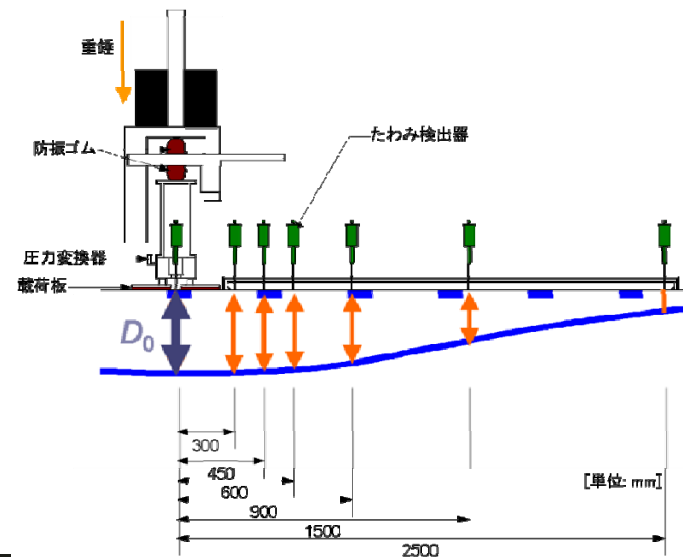
・摩擦レベルは100m平均で管理(10m平均は参考値)



# 【舗装構造非破壊調査(アスファルト)】

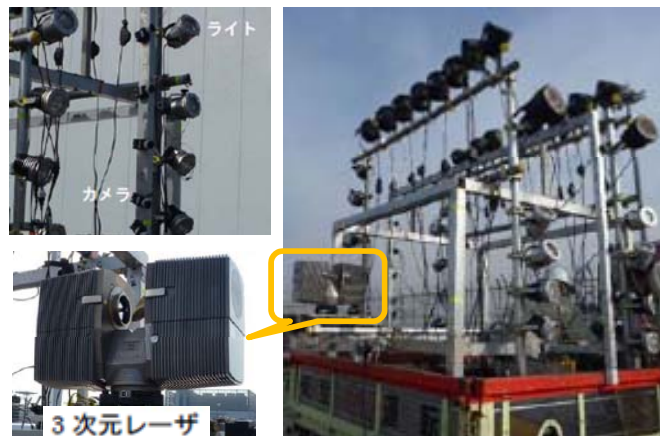
舗装に衝撃荷重を与え、その時のたわみを測定し、たわみ比から舗装の健全度を評価。

FWD(Falling Weight Deflectometer)



## 【地下道健全度調査】

- デジタルカメラにより内空(天井、側面)の破損状況等を調査。
- ひび割れ幅、目地の変形量等を計測。



工種・種別	機器名称	規格・型式・能力・年式	単位	数量
走行型画像撮影システム	FullCAP撮影システム	非圧縮画像録画システムFC-SCOR15-04	式	1
	産業用エリアカメラ	Grasshopper 200万画素	台	16
	カメラ用レンズ	(6~32mm) VP-LE-HC-8(予備含む)	台	20
	画像記録用計算機	(録画ユニット)	台	3
	ビデオライト	1kw、500w、300wビデオライト	台	15
	LEDライトFLOOD NEO	LED(13W×6)	台	10
走行型レーザ計測システム	3Dレーザスキャナ	FARO-PHOTON120(ヘリカル仕様)	台	1
	2Dレーザスキャナ	VT-A型計測距離:100m 50hz	台	1
	ジャイロ	AU7428N200(MEMS)	台	1
	RTK-GPS	OEM4 2周波	台	1
	GPSアンテナ	ANT-532	台	1
車両	トラック	4tユニック付	台	1
その他	発電機A	60kVA(ライト用)	台	1
	発電機B	3kVA(PC用)	台	1







電磁波レーダ地中探査機



ひび割れ深さ超音波測定機



橋梁鋼床版超音波探傷ロボット



超音波コンクリート強度試験機

画面表示例



コンクリート床版  
スケルカー(電磁波レーダ)

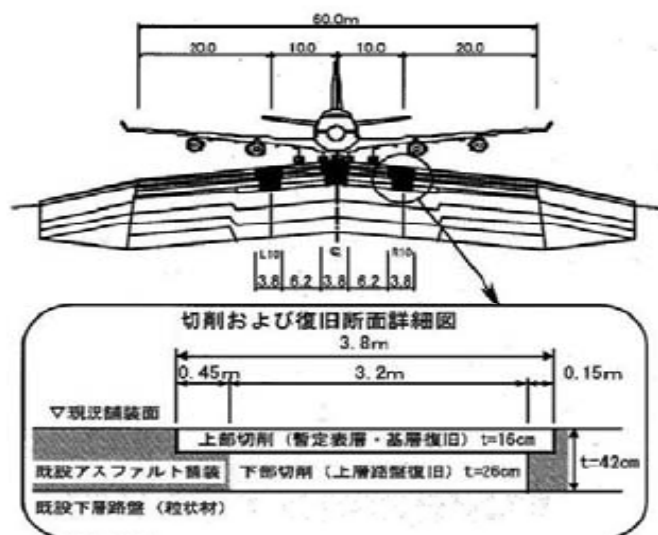
# 材料技術①

## 【中温化合物材】

- アスファルトモルタル中に特殊化学発泡剤を使用したアスファルト混合物。
- 製造温度、締固め温度を30℃程度低くしても通常のアスファルト混合物と同程度の品質・施工性を保つことができ、早期交通解放、初期わだちの抑制、CO<sub>2</sub>排出量を直接的に削減することが可能。

事例(新千歳空港)

○ 空港滑走路の打換え工事(中温化合物材:通常よりも30℃と50℃低減)



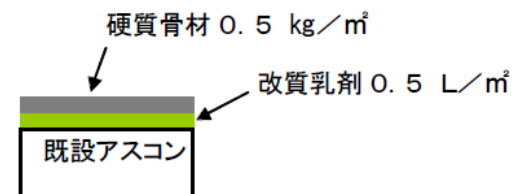
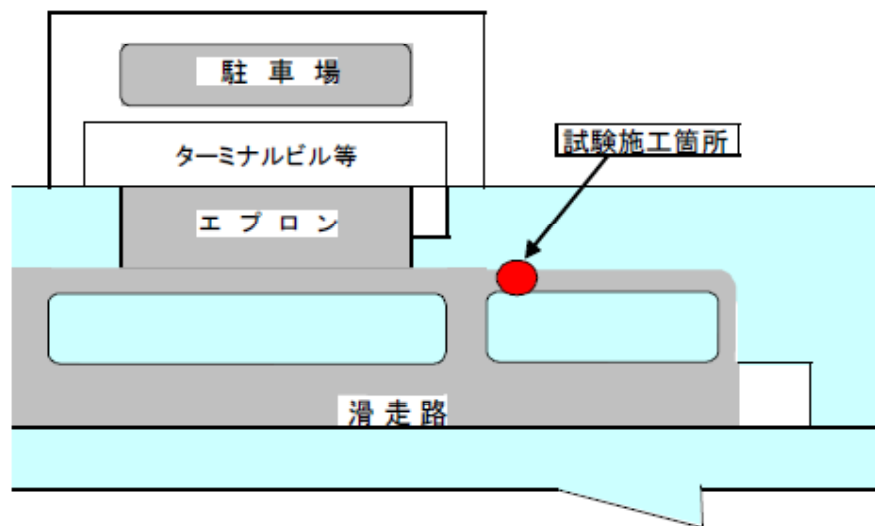
(日経コンストラクション, 2002.8.23)

(池上, 他: 大粒径中温化アスコンを使用した滑走路改良について, 第46回北海道開発局技術研究発表論文集, 2003.2月)

## 【舗装表面処理工法】

○アスファルト舗装路面の荒れ、クラック(ひび割れ)など劣化および破損の進んだ舗装を延命化させるため、アスファルト乳剤等により表面処理を施すもの。

試験施工例(高松空港)



施工前



施工後12ヶ月経過



☆わだち掘れ対策としての遮熱性舗装の使用も考えられる。



## 【高耐久アスコン】

○改質アスファルトよりも高い耐久性、安定性を有するアスファルト混合物

研究例(港湾空港技術研究所、東亜道路工業(株)共同研究)

### 高耐久アスファルト混合物の特徴

- 耐流動性(半たわみ性材料と同等) ←
  - 耐油性
  - 耐水性
- 道路、港湾(コンテナヤード)で使用実績

### 載荷試験の概要

実大航空機荷重車を用いて、実環境に近い条件で室内試験の結果を検証

### 試験条件

- ・3種の舗装(ストアス, 改質II型, 高耐久アス)
- ・載荷荷重: 910kN (B747の脚荷重相当)
- ・走行速度: 10km/h未満(低速走行時を想定)
- ・走行回数: 150往復

### 室内試験

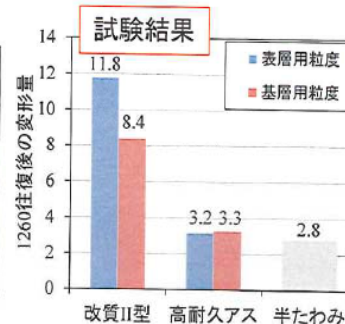


ホイールトラッキング試験

### 載荷試験



実大航空機荷重車



グルーピング形状変化(夏季におけるグルーピングの流動つぶれに関する評価)

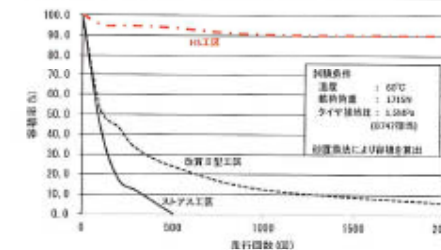
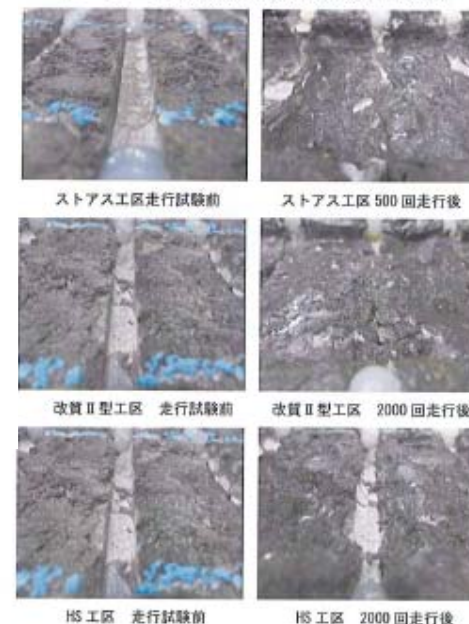


図2 グルーピング箇所切取り供試体の容積変化測定結果





## 【分解促進型タックコート】

### ○分解性能を飛躍的に高めた乳剤

空港舗装補修要領及び設計例(抜粋)

#### Ⅱ-4.6 材料設計

(6)夜間の施工においては、付着性が高く速乾性のある改質系アスファルト乳剤PKM-T(日本アスファルト乳剤協会規格JEAAS-2011)を使用することを原則とする。昼間の施工においても付着性及び速乾性の観点からPKM-Tを使用することが望ましい。

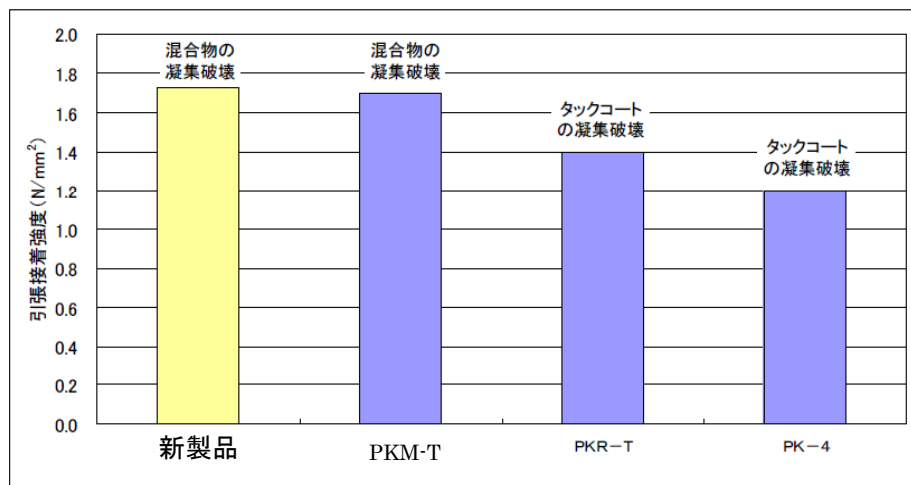


図-2 引張接着試験結果 (20°C、上層：密粒度アスファルト混合物)

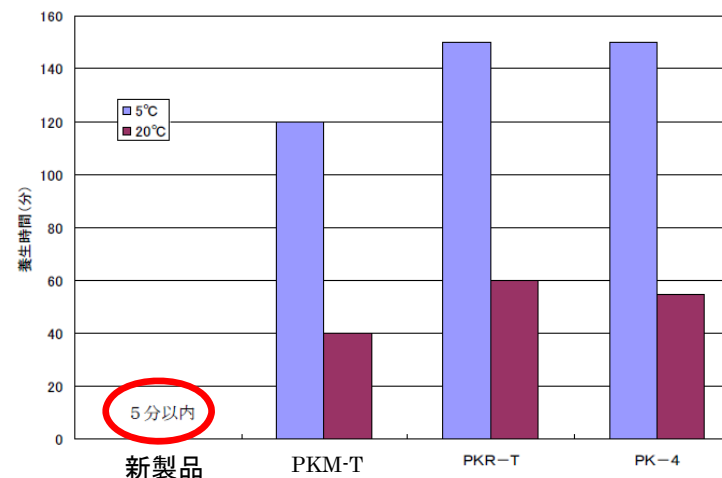


図-1 分解時間測定結果 (5°Cおよび20°C)

PKM-Tの分解性能を飛躍的に高めた乳剤が開発されている。

## ■ 電磁波レーダの原理

探査対象物に向けてアンテナから電磁波を放射すると、電氣的性質の異なる物質（比誘電率で定義される）の境界面で電磁波は反射する。この反射波がアンテナに戻ってくるまでの時間を計測することにより、境界面までの距離を算定することができる。同時に境界面毎に異なる反射の強弱及び位相を計測し、算定された距離とともにデータ処理した上、境界面毎に対象物を断面図化して表示するのが電磁波レーダの基本的な原理である。

電磁波レーダ装置の外観、仕様及び調査箇所は以下のとおり。

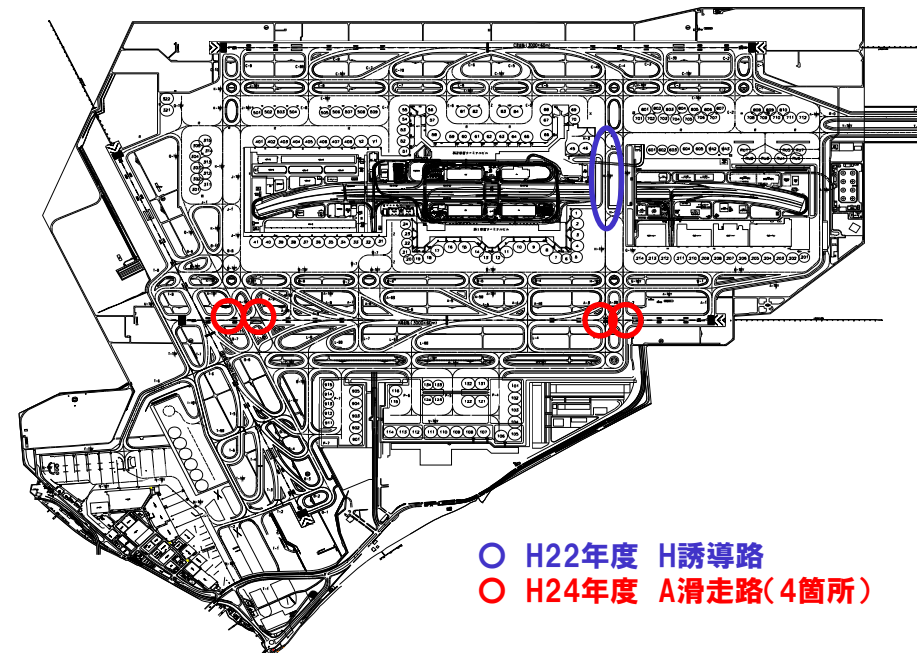
## 電磁波レーダ装置の外観、仕様

外観	使用	
	アンテナ中心周波数	1.6GHz
	入力チャンネル数	1チャンネル
	データ保存	内臓メモリ 1GB
	プロセッサ	Intel StrongARM 206MHz
	表示	8.4インチ TFT800×600ドット 64000色
	入出力ポート	CFメモリーカードスロット×1 USB×1 Ethernet×1
	電源	内臓バッテリー 10.8V
	寸法	315×220×105 (mm)
	重量	4.1Kg
	データ解析ソフト	ImegeAnalyze

## 電磁波レーダ調査状況



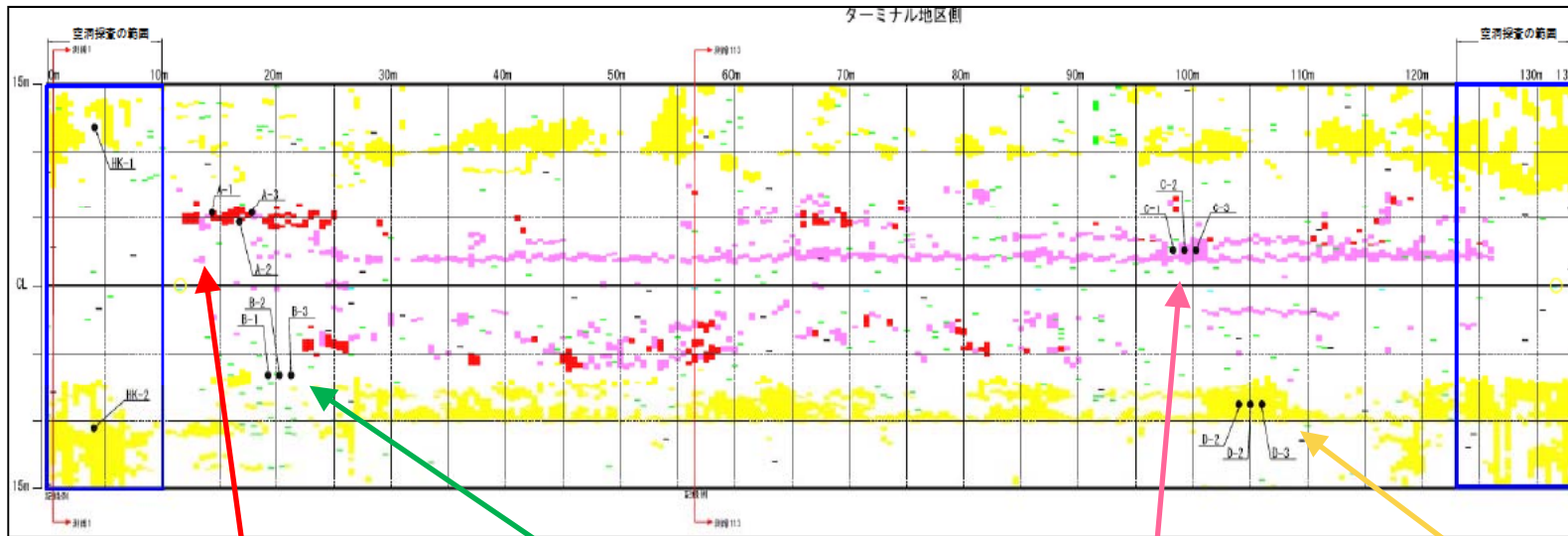
## 電磁波レーダ調査箇所



- H22年度 H誘導路
- H24年度 A滑走路(4箇所)

## ① 舗装劣化度の分布

## ② 破損形態



浮き・剥離	赤
浮き・剥離 (可能性あり)	紫
滞水 (可能性あり)	黄
クラック	緑
異物	灰
灯火	青

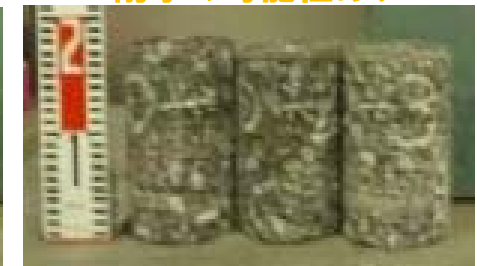
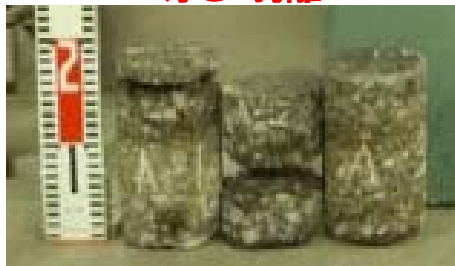
## ③ コア状況

浮き・剥離

クラック

浮き・剥離の可能性あり

耐水の可能性あり



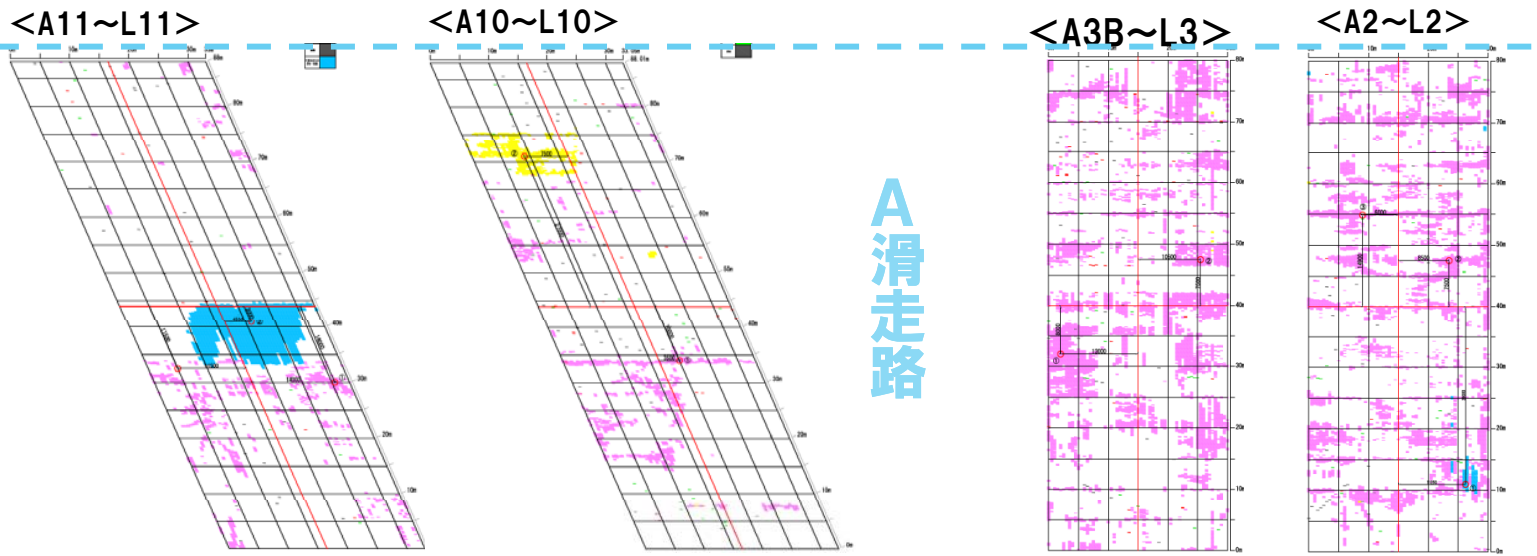
電磁波: 5cm 8cm 5cm  
コア: 3cm 9cm -

電磁波: - - -  
コア: - - -

電磁波: - 4cm 4cm  
コア: - - -

電磁波: 4cm 4cm 4cm  
コア: - - -16

## ① 舗装劣化度の分布



## ② 破損形態

剥離 (表・基層間)	赤
剥離 (新・旧AS層間)	黄
空隙	紫
滞水	青
クラック	緑
異物	灰
灯火	黄

## ③ コア状況

空隙 電磁波:5cm  
コア: -



剥離 (表基層間) 電磁波:4cm  
コア: -



剥離 (新旧AS層間) 電磁波:17cm  
コア:18cm



滞水 電磁波:9cm  
コア:9cm



剥離 (新旧AS層間) 電磁波:17cm  
コア:12cm



剥離 (新旧AS層間) 電磁波:21cm  
コア:16cm



滞水 電磁波:5cm  
コア: -



空隙 電磁波:5cm  
コア: -



剥離 (表基層間) 電磁波:4cm  
コア:9cm





## 「電磁波レーダ調査」と「コア採取」の関係

調査年次	コア採取場所	電磁波調査結果			コア採取				備考
		破損形態	破損深度 (cm)	剥離深さ (cm)	含水率 (%)	空隙率 (%)			
						表層	基層1	基層2	
H22年度	H誘導路	浮き・剥離	5 cm	—	—	2.2%	2.1%	3.2%	表・基間の材料欠損の可能性あり
			8 cm	9 cm					
			5 cm	3 cm					
		クラック <sup>※1</sup>	—	—	0.4%	1.9%	3.8%	4.3%	表・基間の材料欠損の可能性あり
			6 cm	—					
			—	—					
		浮き・剥離 (可能性あり)	—	—	0.5%	4.4%	3.3%	4.7%	表・基間の材料欠損の可能性あり
			4 cm	—					
			4 cm	—					
滞水 (可能性あり)	—	—	1.0%	9.2%	4.0%	4.3%			
	4 cm	—							
	4 cm	—							
H24年度	A滑走路	A2～L2間	滞水	5 cm	—	—	—	—	表・基間の材料欠損の可能性あり
			空隙	5 cm	—	—	—	—	表・基間の材料欠損の可能性あり
			剥離(表・基層間)	4 cm	9 cm	—	—	—	表・基間の材料欠損の可能性あり
		A3B～L3間	剥離 (新・旧AS層間)	17 cm	12 cm	—	—	—	
				21 cm	16 cm	—	—	—	
			17 cm	18 cm	—	—	—		
		A10～L10間	滞水	9 cm	9 cm	—	—	—	
		A11～L11間	空隙	5 cm	—	—	—	—	表・基間の材料欠損の可能性あり
			剥離(表・基層間)	4 cm	—	—	—	—	表・基間の材料欠損の可能性あり

※1. 舗装表面にクラックが発生していた。なお、電磁波調査の結果は「異常なし」である。

- ・ 明らかな浮き・剥離や滞水には有効、数ミリ以上の構造状態の確認には有効。
- ・ ミリ単位以下の構造状態（層間剥離等）の確認は不向き。
- ・ 舗装下の明らかな空洞の確認には有効。