

# 現状の基本施設等のライフサイクル（設計～改良）

---

国土交通省 航空局  
平成25年 5月

# 今後の空港土木施設の維持管理・更新のあり方

今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(中間答申)(**抜粋**)  
:社会資本整備審議会・交通政策審議会

## 第3章 戦略的な維持管理・更新のために重点的に講ずべき施策

### 2. 維持管理・更新へのシステマチックに行うための取組

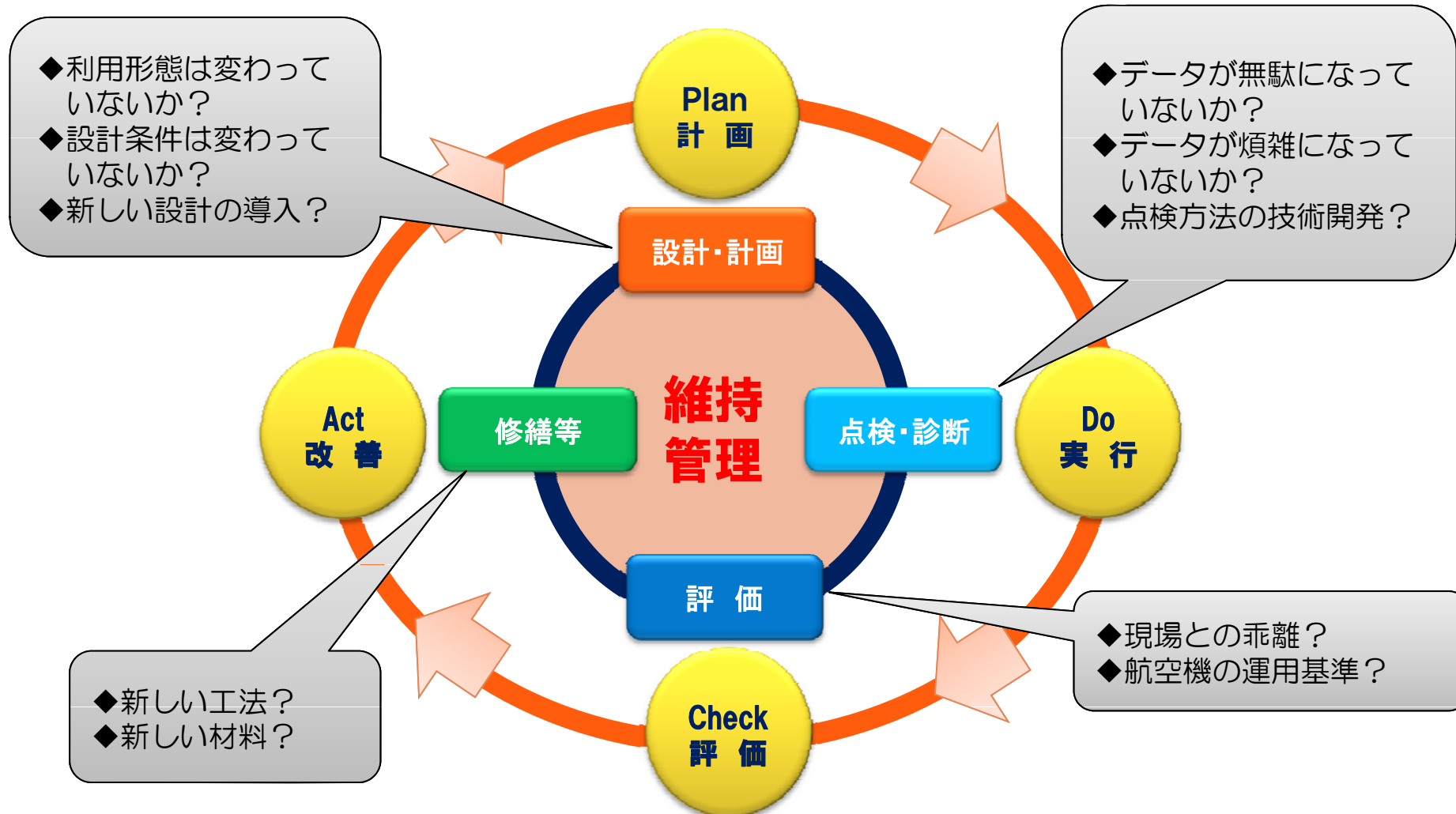
#### (2)維持管理・更新をシステマチックに行うための業務プロセスの再構築

**・維持管理・更新に係る、点検・診断、計画・設計、修繕等の一連の業務実施プロセスについて、PDCAサイクルとして実施する。**

今回の検討は、空港土木施設の維持管理・更新に係る点検・診断、計画・設計、修繕等の改善・開発に係るものとしてPDCAの第一歩としたい。

## 空港土木施設維持管理の特徴

- ・管理する施設が広大である。
- ・代替性がないため施設は精度の高い維持管理が求められる。
- ・維持管理を実施する上での時間的制約がある。



# 基本施設(滑走路等)舗装のライフサイクル

舗装設計・施工

(改良)  
舗装設計・施工

巡回点検(Ⅰ)  
・徒歩点検



巡回点検(Ⅱ)  
・特定区域を車上点検



定期点検  
・路面性状調査  
・すべり摩擦係数調査  
・定期点検測量



緊急補修  
・クラックシール  
・打替、パッチング等



特別修繕  
・部分的な補修(切削打換等)



地方整備局

地方航空局、空港事務所

地方整備局

(年) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 ~

4

# (計画・設計)アスファルト舗装の舗装構造設計方法

## 経験的設計手法によるアスファルト舗装の構造設計

- 設計供用期間：10年
- 米国陸軍工兵隊（CE）の研究による単車輪荷重による基準舗装厚算定式と反復作業回数補正式を用いて算出する方法。

### (1) CE の式

CEの研究による基準舗装厚は、次式のとおりである。

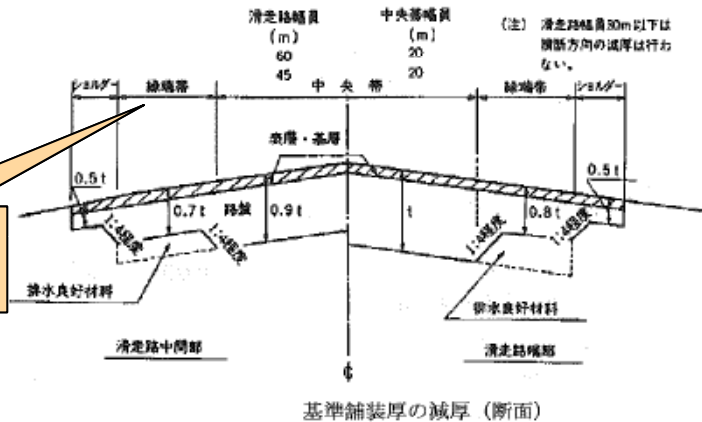
$$\frac{t}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \cdot \frac{CBR}{p}} - \frac{1}{\pi}} = \sqrt{\frac{1}{0.057 \cdot \frac{CBR}{ESWL/A}} - \frac{1}{\pi}}$$

ここに、

- $t$ : 舗装厚(mm)
- $A$ : 1車輪の接地面積(mm<sup>2</sup>)
- $p$ : 接地圧(N/mm<sup>2</sup>)

ESWL: 1脚に2個以上の車輪を持つ複車輪や複々車輪の脚荷重が舗装に及ぼす影響と等しくなるように換算した単車輪荷重

車輪の走行が少ない部分は減厚



### (2) 反復作用回数による舗装厚の補正式

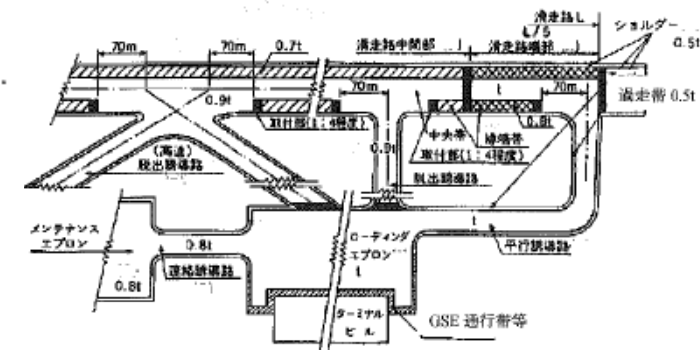
(1)で求めた基準舗装厚を次の方法で設計反復作用回数に対する基準舗装厚を算定する。

$$t_N = \alpha \times t_0$$

$$\alpha = 0.23 \cdot \log(N/2) + 0.15$$

ここで、

- $N$ : 設計反復作用回数
- $t_N$ : 設計反復作用回数 $N$ に対する基準舗装厚
- $t_0$ : (1)で求められる基準舗装厚



基準舗装厚の減厚 (平面)

# (計画・設計)アスファルト舗装の舗装構造設計方法

①  
設計荷重の区分

設計荷重の区分	機 種	代表機種
LA-1	B-747, B-777, MD-11, A380, A330, A340	B747-400
LA-12	A-300, B-767, B757	A300-B4
LA-2	A-320, MD-81, MD-90	A-320-200
LA-3	DC-9-41, B-737	DC-9-41
LA-4	DHC-8	DHC-8-400
LSA-1	ドルニエ 228-200	ドルニエ 228-200
LSA-2	N24A, BN2A	N24A
LT-1	LA-1用のトーイングトラクター	50t トーイングトラクター
LT-12	LA-12用のトーイングトラクター	35t トーイングトラクター
LT-2	LA-2, 3, 4用のトーイングトラクター	15t トーイングトラクター

②  
設計反復作用回数の区分 (アスファルト舗装)

設計反復作用回数の区分	設計反復作用回数
a	6,000
b	10,000
c	20,000
d	40,000
e	80,000

舗装構造



③  
表・基層の最小合計厚

設計荷重の区分	設計反復作用回数の区分	最小合計厚 (cm)
LA-1	a	14
	b	15
	c	15
	d	16
	e	17
LA-12	a	13
	b	14
	c	14
	d	15
	e	16
LA-2	a	12
	b	12
	c	12
LA-3	a	10
	b	10
	c	10
LA-4	a	9
	b	9
	c	9

設計荷重の区分	設計反復作用回数の区分	最小合計厚 (cm)
LSA-1	a	4
	b	4
	c	4
LSA-2	a	4
	b	4
LT-1	a	10
	b	10
	c	10
LT-12	a	9
	b	9
	c	9
LT-2	a	8
	b	8
	c	8

④  
上層路盤の標準厚 (単位:cm)

CDR	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20以上
LA-1				40(35)			35(30)		30(25)							25(20)
LA-12				40(35)			35(30)		30(25)							25(20)
LA-2				35(30)			30(25)		25(20)							20(15)
LA-3					30(25)				25(20)							20(15)
LA-4									20(15)							
LSA-1				15(10)					10(10)							
LSA-2									10(10)							
LT-1						25										20
LT-12					20								15			
LT-2									15							

※基準舗装厚を減厚する施設・部位における上層路盤厚( )内の数値を用いる。

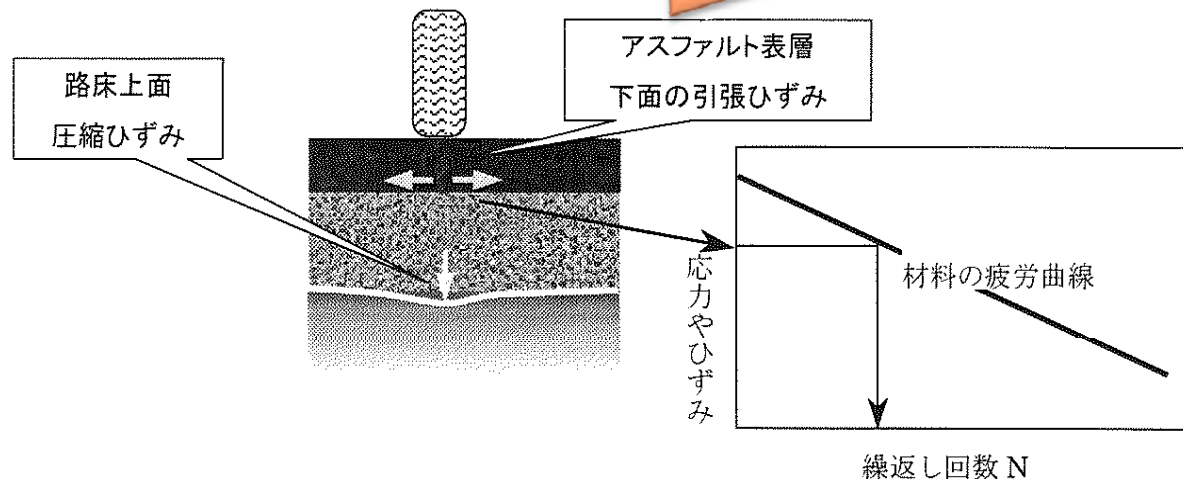
# (計画・設計)アスファルト舗装の舗装構造設計方法

## 理論的設計法によるアスファルト舗装の構造設計

- ・ 設計供用期間：20年
- ・ 舗装表面に航空機の荷重を与え、下図に示すひずみ（多層弾性理論解析プログラム：GAMES）を求め、マイナー則による疲労度から舗装構造（断面）を決定する方法。

データ入力項目（GAMES）：

- ・ 載荷荷重（輪荷重、接地面積）
- ・ 舗装各層の物性値（厚さ、弾性係数、ポアソン比、層間状態）



疲労ひび割れの照査に用いる設計疲労曲線<sup>\*)</sup>

$$Nf = \alpha \times \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^\beta \times \left(\frac{1}{E}\right)^\gamma$$

ここで、<sup>\*)</sup>

$Nf$ : 破壊に至るまでの繰返し回数<sup>\*)</sup>

$\varepsilon$ : アスファルト混合物に発生する引張りひずみ<sup>\*)</sup>

$E$ : アスファルト混合物の弾性係数 (MPa)<sup>\*)</sup>

$\alpha, \beta, \gamma$ : 係数で、<sup>\*)</sup>

$$\alpha = 7.681 \times 10^{-6} \quad \beta = 6.333 \quad \gamma = 3.374$$

したがって、<sup>\*)</sup>

疲労度 = 実交通量 / 破壊に至るまでの繰返し回数<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup>空港舗装設計要領及び設計例

<sup>\*)</sup> 多層弾性理論による舗装構造解析入門、舗装工学ライブラリー3  
平成17年4月（土木学会）

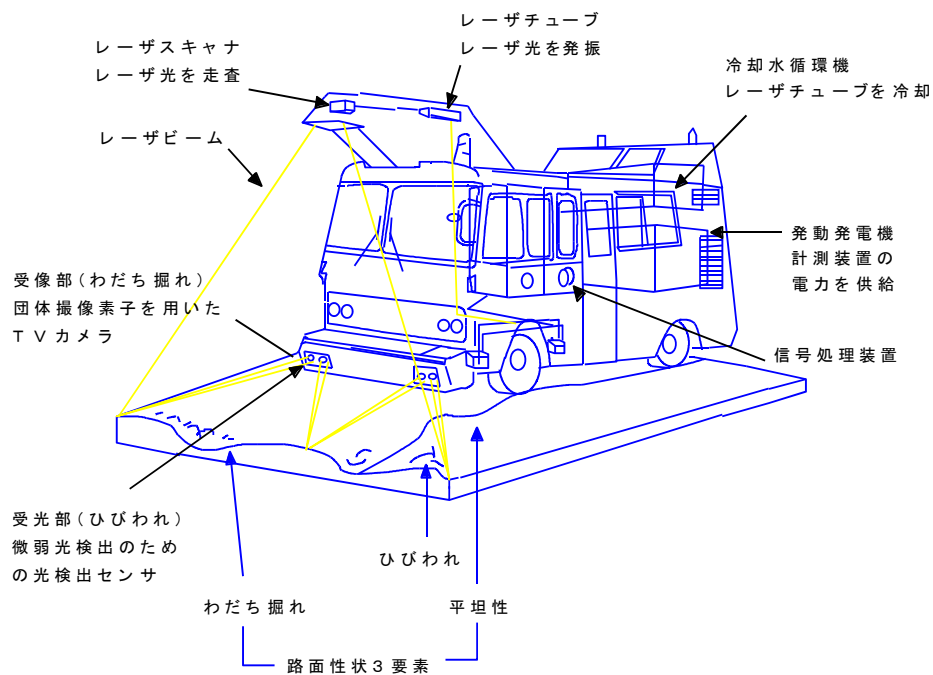
# 空港土木施設のライフサイクル



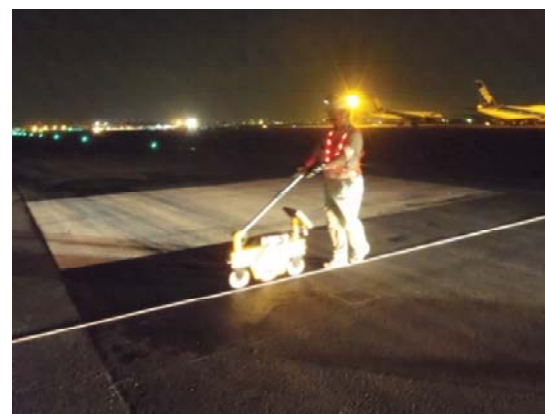
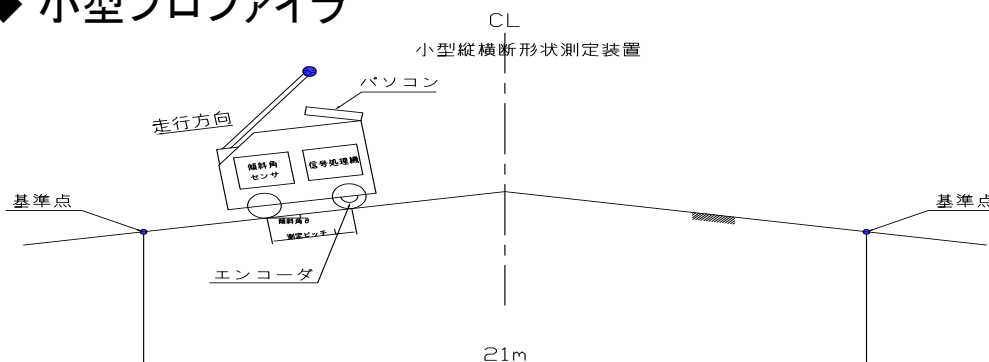


# (点検・診断)路面性状調査評価基準

## ◆ 路面性状測定車



## ◆ 小型プロファイラ



## PRI 調査の評価

路面性状調査(PRI)の評価

$$PRI = 10 - 0.45CR - 0.0511RD - 0.655SV$$

ここに

PRI: 舗装補修指数

CR: ひび割れ率(%)

RD: わだち掘れ(mm)

SV: 平坦性(mm)(縦断方向の凹凸の標準偏差)

項目	舗装区域	評価				
		A	B			C
			B1	B2	B3	
PRI	滑走路	8.0以上	8.0~6.6	6.6~5.2	5.2~3.8	3.8未満
	誘導路	6.9以上	6.9~5.6	5.6~4.3	4.3~3.0	3.0未満
	エプロン	5.9以上	5.9~3.9	3.9~1.9	1.9~0.0	0.0未満

(注)A: 補修の必要はなし

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

各項目に対する評価基準

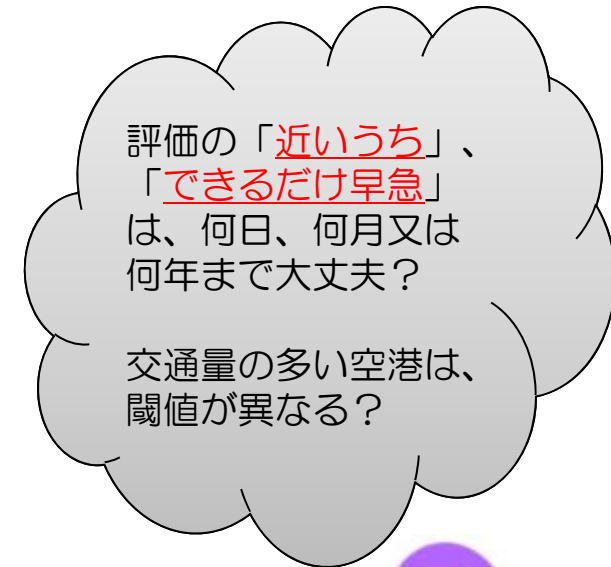
項目	舗装区域	評価				
		A	B1	B2	B3	C
ひび割れ率 (%)	滑走路	0.1未満	0.1~2.2	2.2~4.4	4.4~6.5	6.5以上
	誘導路	0.9未満	0.9~4.8	4.8~8.8	8.8~12.7	12.7以上
	エプロン	1.9未満	1.9~6.9	6.9~12.0	12.0~17.0	17.0以上
わだち掘れ (mm)	滑走路	10未満	10~19	19~29	29~38	38以上
	誘導路	17未満	17~30	30~44	44~57	57以上
	エプロン	22未満	22~38	38~54	54~70	70以上
平坦性 (mm)	滑走路	0.26未満	0.26~1.39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

(注)A: 補修の必要はなし

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



**現場職員の悩み**

## PRI 調査の評価(ひび割れ)

路面性状調査(PRI)の評価

$$PRI = 10 - 0.45CR - 0.0511RD - 0.655SV$$

ここに

PRI: 舗装補修指数

CR: ひび割れ率(%)

RD: わだち掘れ(mm)

SV: 平坦性(mm) (縦断方向の凹凸の標準偏差)

項目	舗装区域	評価				
		A	B			C
			B1	B2	B3	
PRI	滑走路	8.0以上	8.0~6.6	6.6~5.2	5.2~3.8	3.8未満
	誘導路	6.9以上	6.9~5.6	5.6~4.3	4.3~3.0	3.0未満
	エプロン	5.9以上	5.9~3.9	3.9~1.9	1.9~0.0	0.0未満

(注)A: 補修の必要はなし

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

各項目に対する評価基準

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

(注)A: 補修の必要はなし

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)

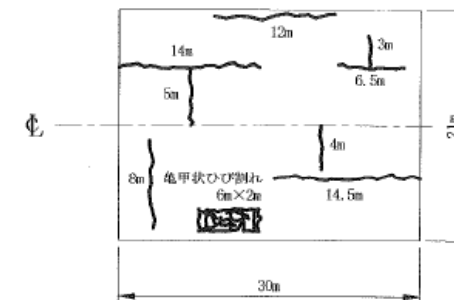
C: **できるだけ早急**に補修の必要がある

### 亀甲状クラック



ヘアクラックや線状ひび割れが進行しひび割れ状態が網状になったもの

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{6 \times 2 + (12 + 14 + 5 + 3 + 6.5 + 8 + 4 + 14.5) \times 0.3}{21 \times 30} \times 100 = 5.1\%$$



ひび割れの実測の例 (大型ジェット機が就航する空港の1データユニット)

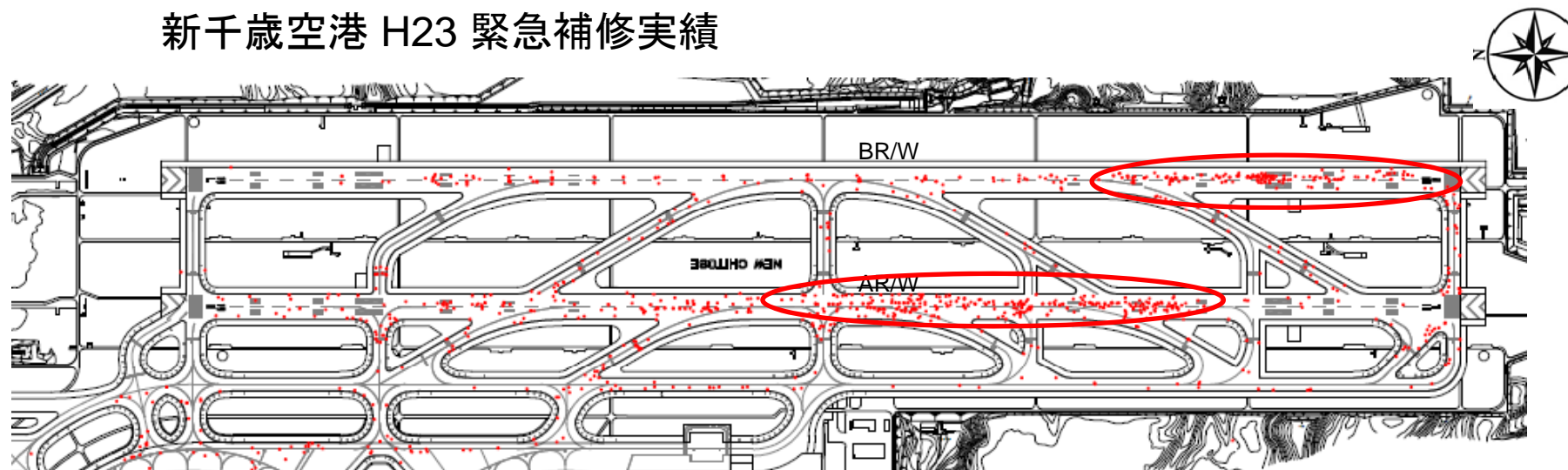
滑走路の亀甲状クラック 6m×2m のみで計算する

$$\text{ひび割れ率(\%)} = \frac{6 \times 2}{21 \times 30} \times 100 = 1.90\% \text{ (B1: 0.1~2.2)}$$

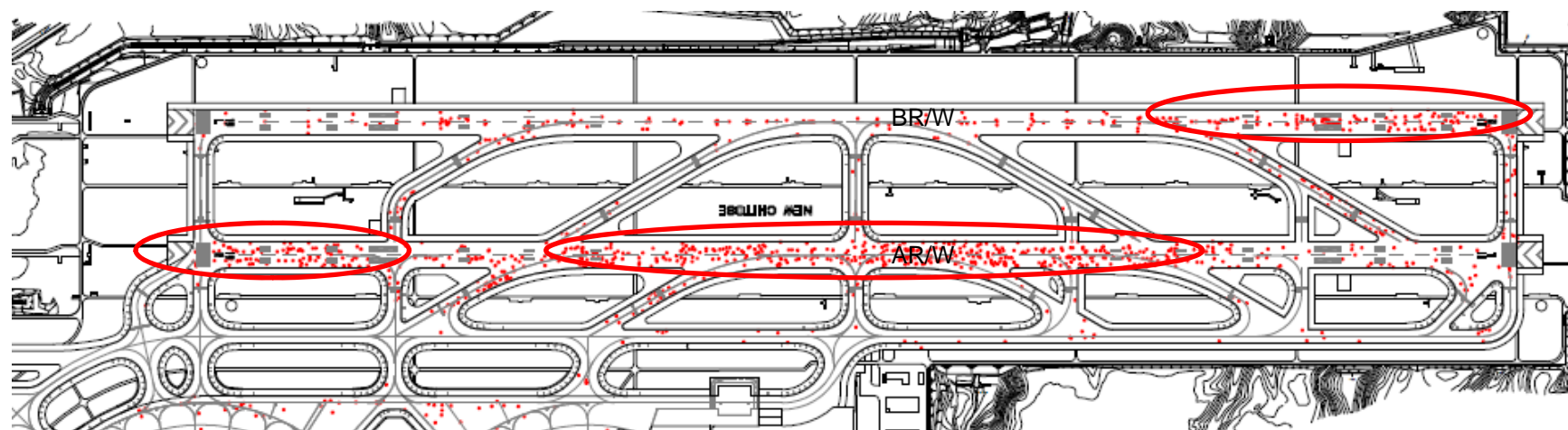
依然、B評価の上位である。

**現場との乖離**

## 新千歳空港 H23 緊急補修実績



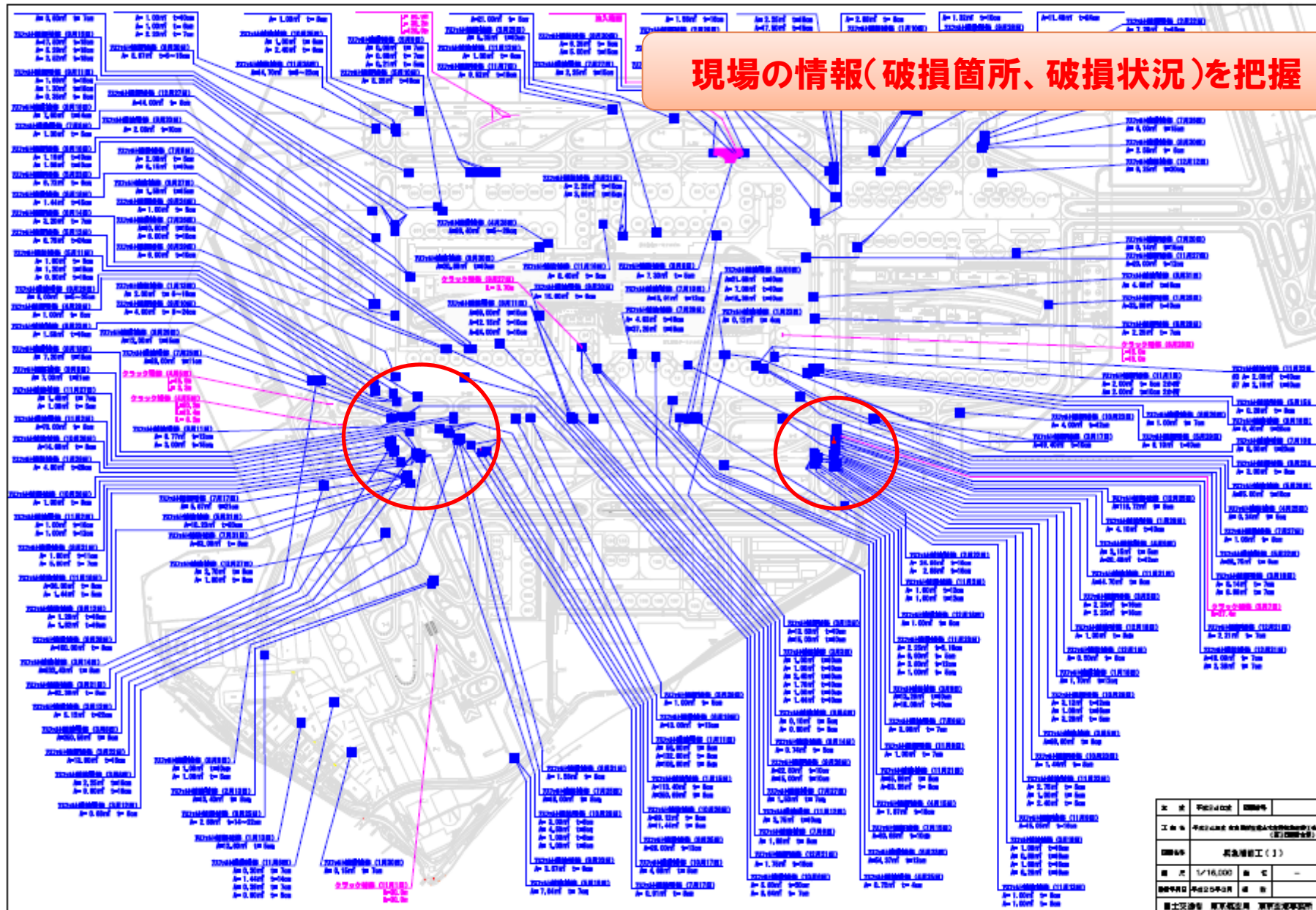
## 新千歳空港 H24 緊急補修実績



※主にA滑走路は離陸、B滑走路は着陸に使用されています。また、夏場の離着陸は北から南で冬場は南から北に変わります。

**現場の情報(破損箇所、破損状況)を把握**

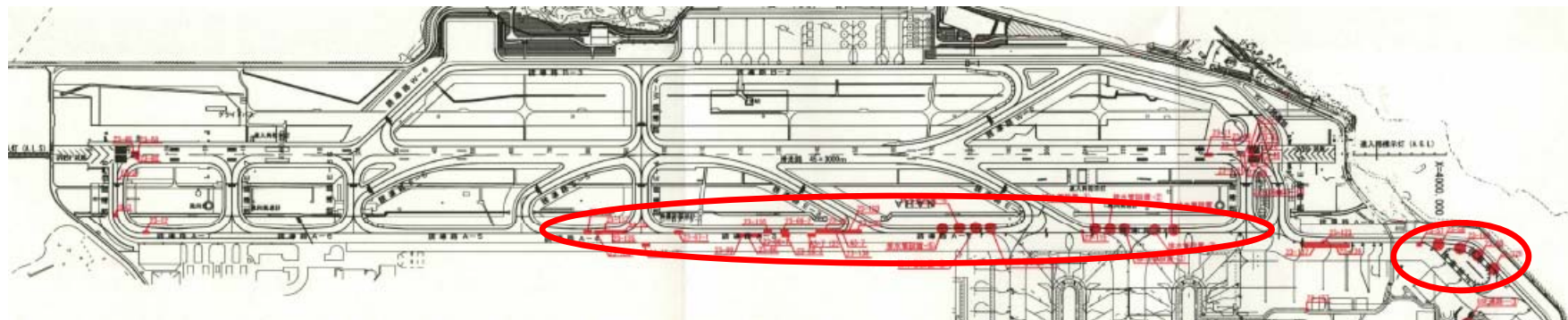
# (点検・診断、評価、計画・設計)緊急補修実績データ



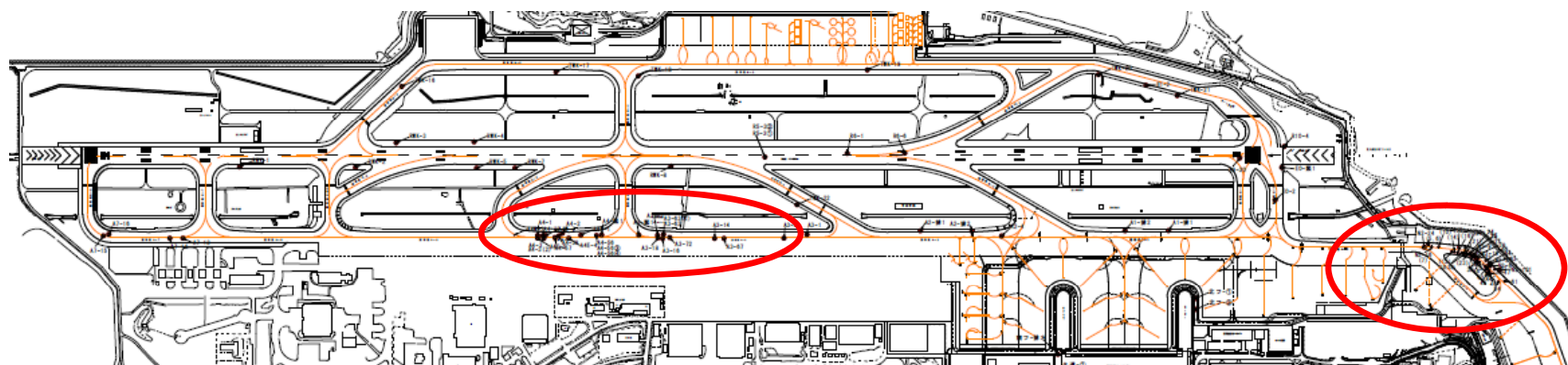
H24 東京国際空港補修実績

A滑走路は主に着陸(北風運用)に使用されている。

## 那覇空港 H23 緊急補修実績



## 那覇空港 H24 緊急補修実績

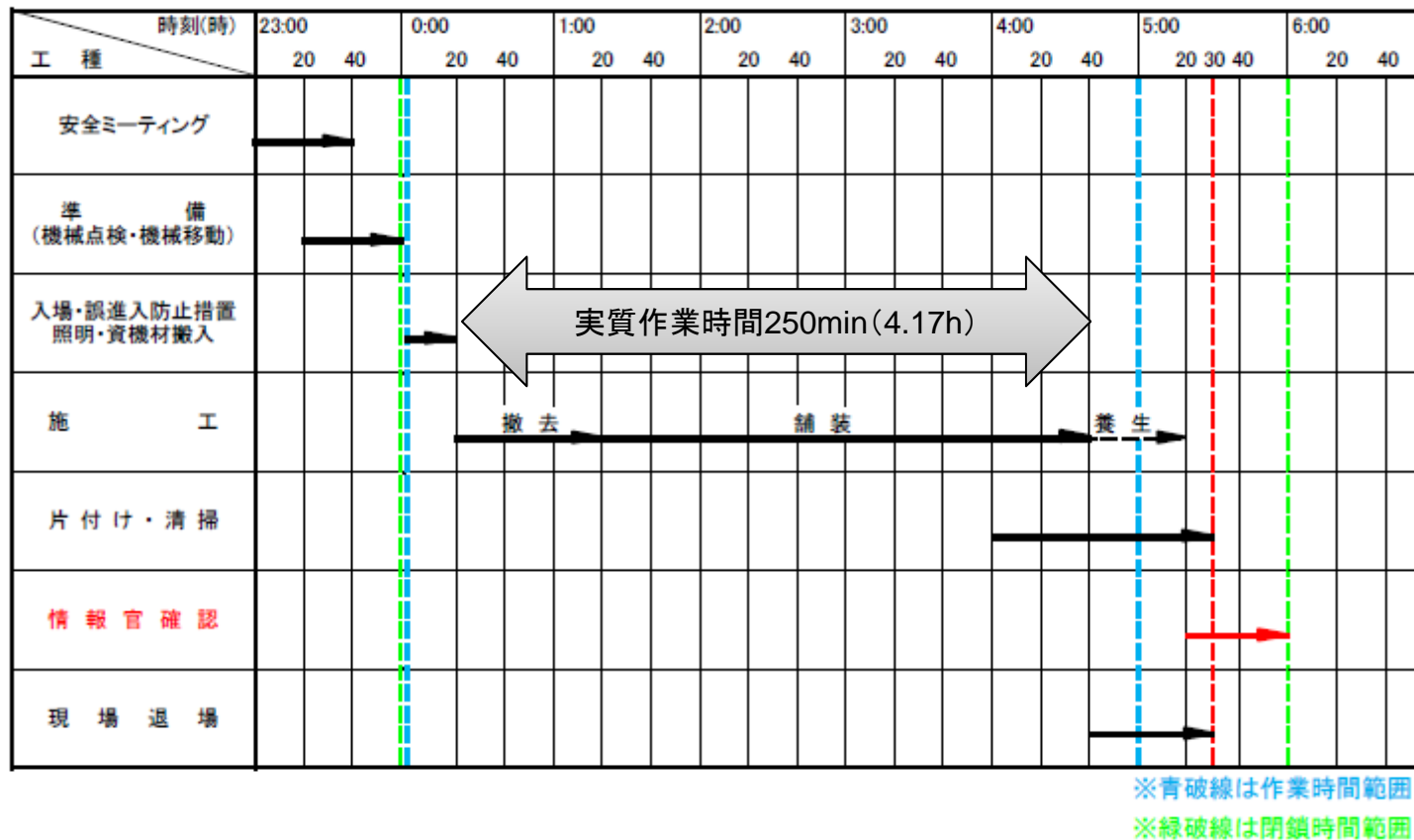


※夏場の離着陸は北から南で、冬場は南から北に変わります。

**現場の情報(破損箇所、破損状況)を把握**

## 東京国際空港における平成24年度補修工事のタイムスケジュール

(1) 夜間施工(作業時間 0:00 ~ 5:30)



**厳しい施工条件**

## 那覇空港滑走路の舗装補修について 平成25年2月2日 那覇空港事務所 施設部 基盤施設

### STEP 1 滑走路舗装補修に係る施工条件

#### ■ 滑走路運用時間（メンテナンス時間）による制約

	06:30	23:00	00:00	01:00	01:30	06:00	06:30
日曜日 (メンテナンスデー)	定期便運航時間 (16.5h)	メンテナンス時間 (7.0h)			RWチェック (0.5h)		
月～土	定期便運航時間 (16.5h)	メンテナンス時間 (2.0h)	RWチェック (0.5h)	深夜便運航時間 (5.0h)			

加熱As合材による滑走路の舗装補修は日曜日(メンテナンスデー)のみ実施可能。  
※好天日に限る

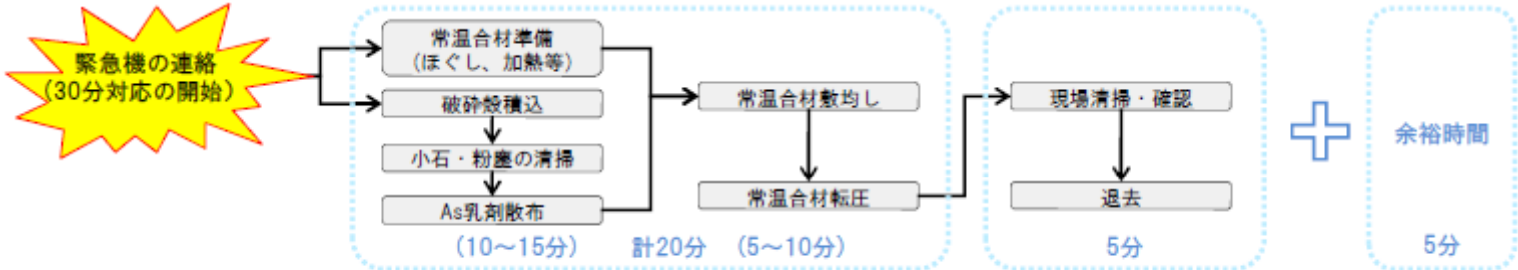
#### ■ 緊急機※による制約

※ 緊急機：スクランブル機、災害派遣、捜索救難及び救助（急患輸送を含む）を行う航空機

- 30分対応 緊急機の連絡を受けてから30分以内に施設を運用できる状態にし、退去完了しなければならない。
- 舗装補修中 緊急機の連絡を受けてから30分以内に補修中の舗装面を復旧し、退去完了しなければならない。  
(=30分対応可能な施工体制・施工規模により補修を実施しなければならない。) →STEP 2

### STEP 2 緊急機の連絡を受けた時の対応（30分対応）

舗装補修工実施中における仮復旧まで最も時間のかかる状況として、As舗装版をコンクリートブレーカ等で破砕した直後で舗装面にAs破砕殻・小石・粉塵等がある時に緊急機の連絡を受けた場合を想定して常温合材にて仮復旧に要する時間を検討する。  
※加熱As合材が現場に到着していても養生時間（合材の温度低下時間）を確保出来ないため、仮復旧には常温合材を使用する。



常温合材敷均し(人力)・転圧(振動ローラ、振動コンパクタ)作業能力

時間	作業能力	備考
1日(8時間)	230.0 m <sup>2</sup>	空港議員工事積算基準 3-3-6
10分	4.8 m <sup>2</sup>	作業能力(1日)/8×10/60
5分	2.4 m <sup>2</sup>	作業能力(1日)/8×5/60

30分対応可能な舗装補修面積は最大約5m<sup>2</sup>と想定されるが、安全性(確実性)を考慮し最大約3m<sup>2</sup>とし補修を計画する。 →STEP 3

**厳しい施工条件**



# (修繕等)補修工事の施工条件

## STEP 3 30分対応可能な体制での加熱As合材による舗装補修計画

### ■ 舗装補修時程表 (2サイクル)

時間	補修範囲A[3m <sup>2</sup> ] (1回目)	補修範囲B[3m <sup>2</sup> ] (2回目)	備考
23:00~	準備(0.25h)		
23:15~	舗装版切断(0.25h)		補修範囲Bの施工を中止した場合は、カッター溝にクイックガードを充填する。
23:30~	舗装補修(2.5h) (撤去・舗設) (4.0h)	舗装補修(2.5h) (撤去・舗設) (4.0h)	
02:00~			舗装養生(1.5h)
04:30~		舗装養生(1.5h)	舗装温度(50℃以下)確認後、現場退去
06:00~	RWチェック		
06:30~	施設OPEN		

※ ( )内は所要時間      □内の作業中に緊急機の連絡を受けた場合は、STEP 2 の体制に移行する。



1回当りの補修面積は3m<sup>2</sup>で、2サイクルでの施工が可能。 →STEP 4

## STEP 4 結論



滑走路の加熱As合材による舗装補修はメンテナンスデー（好天日に限る）で緊急離着陸機の発生等が無い場合、30分対応の体制を整えたうえで日当たり最大約6m<sup>2</sup>(3m<sup>2</sup>×2サイクル)のみ施工が可能。  
また、補修箇所が離れている場合は複数パーティーによる施工が可能。

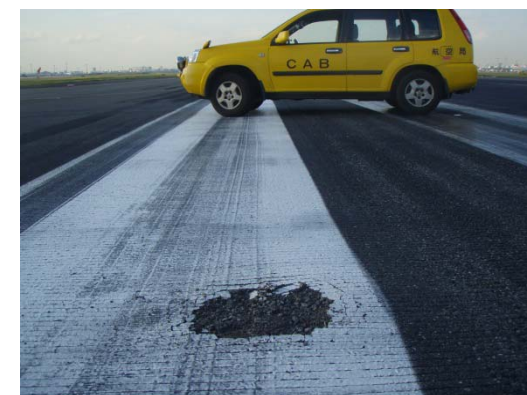
**厳しい施工条件**

# (計画・設計、修繕等)滑走路と誘導路の交差部

平成24年10月20日(土) A滑走路舗装剥離

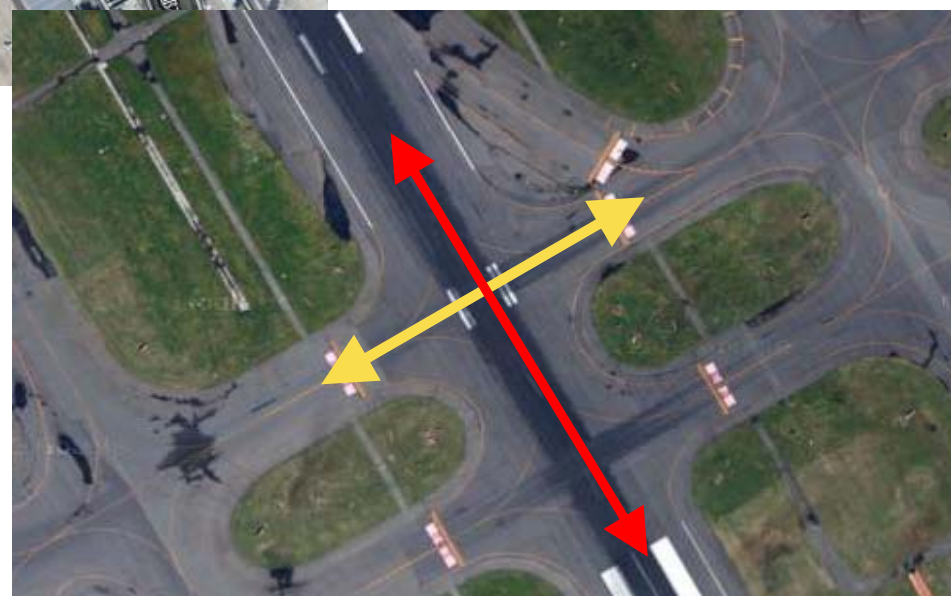


破損状況



- ・ 舗装の剥離：0.4m×0.4m
- ・ 滑走路クローズ：15:22～18:26
- ・ 遅延便：47便

★国際線ターミナル供用後 (H22.10.21) からA滑走路を横断する誘導路として利用されており、利用度も高くなっていた。



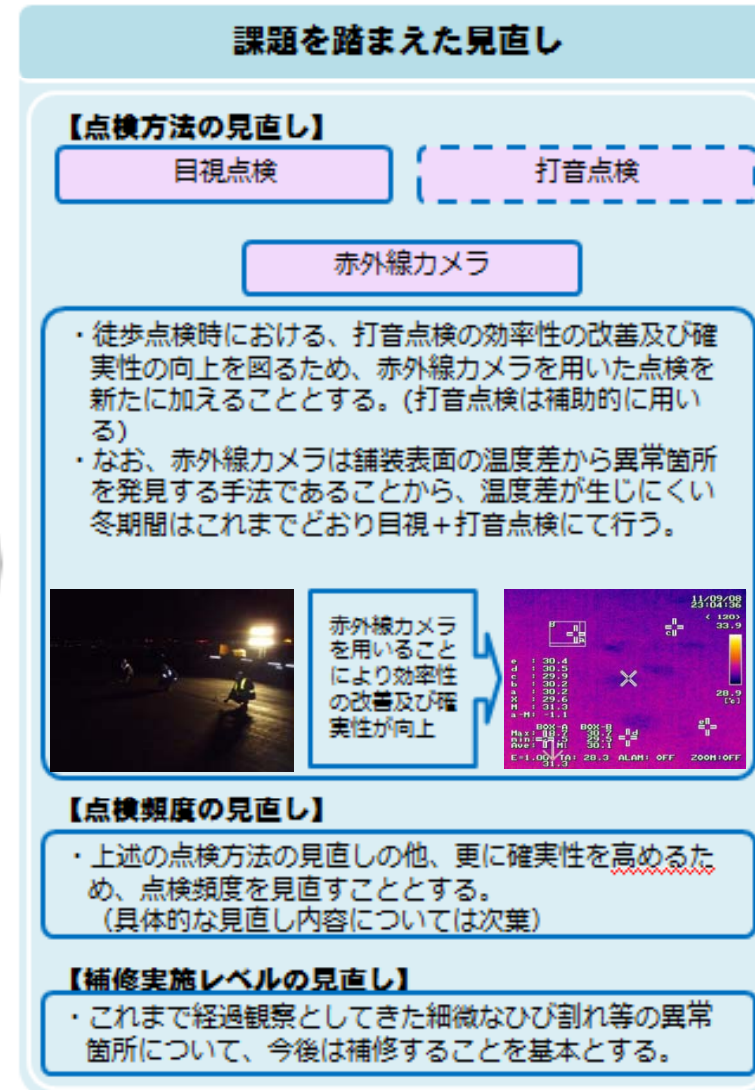
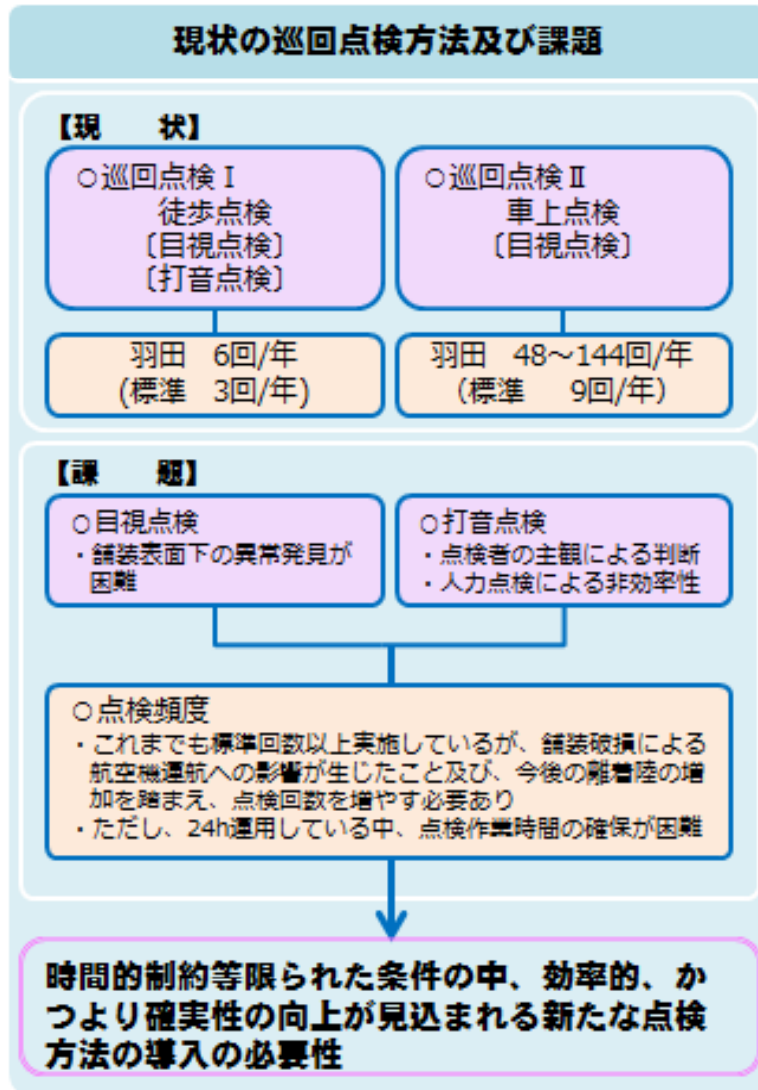
**特殊事例、異なった利用形態**

# (点検・診断、評価)点検方法の見直し例

空港安全・保安対策課

## 羽田空港における舗装面点検方法等の見直しについて

(空港安全高度化会議資料)



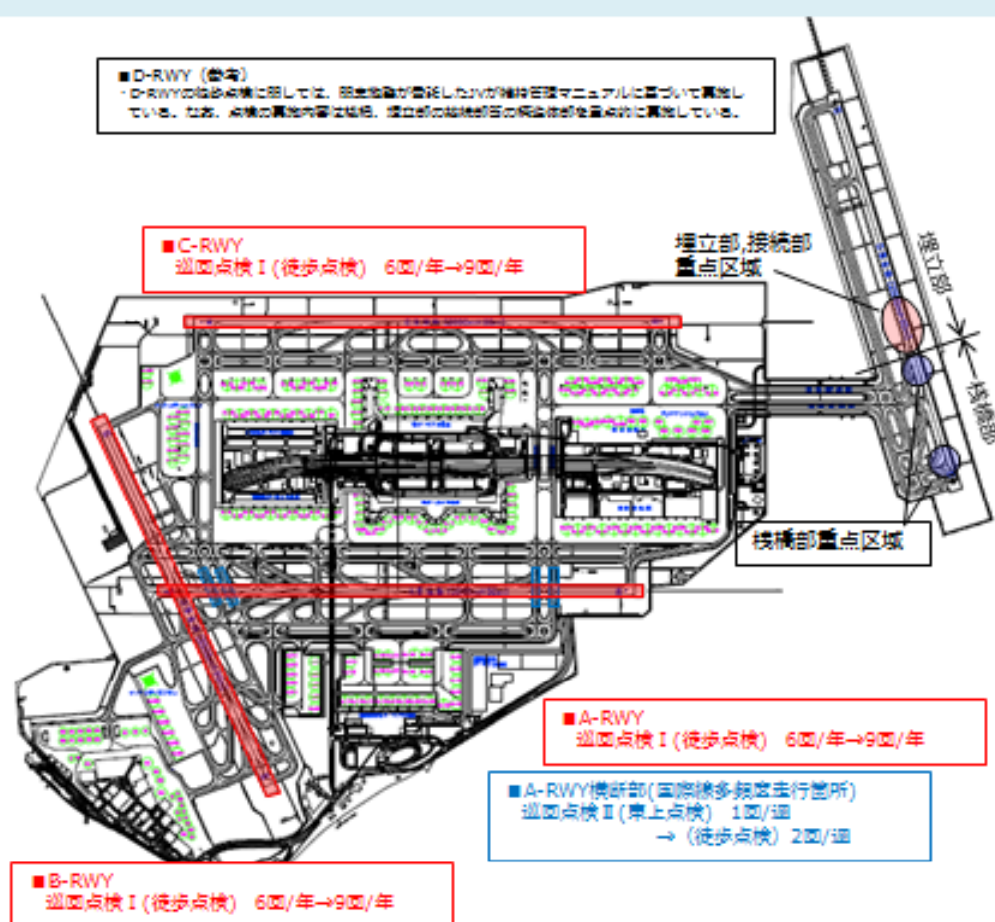
# (点検・診断、評価)点検方法の見直し例

空港安全・保安対策課

## 羽田空港における舗装面点検方法等の見直しについて

[空港安全高度化会議資料]

### 具体的見直し内容



#### 【点検頻度の見直し】

■滑走路  
 ・A~C-RWYの徒歩点検に関しては、6回/年(1回/2ヶ月)の実施を9回/年に増やすこととする。  
 RWYのAs舗装に関しては、気温の高い4月~10月が最も過酷な条件下となるため、これまでの2ヶ月での実施を、この期間に関しては1回/月実施することにより、異常箇所の早期発見を図る。

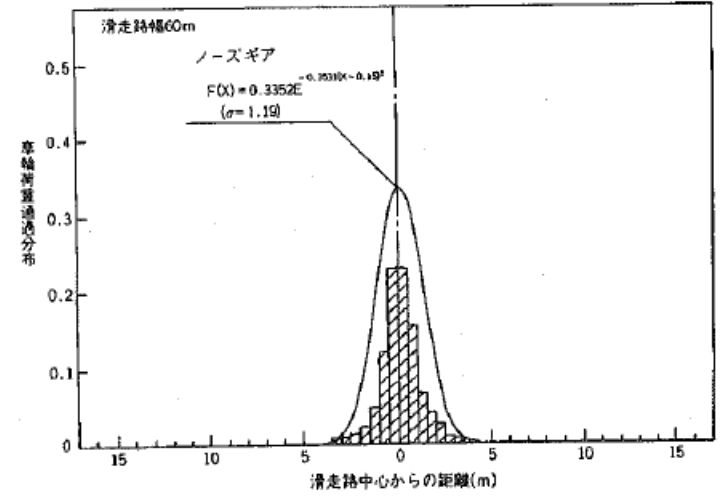
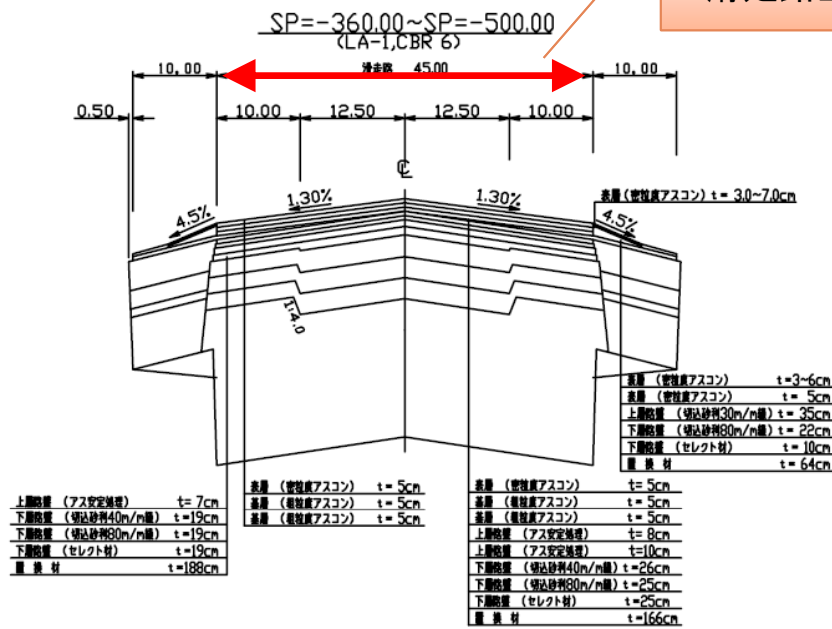
■A滑走路横断部  
 ・A-RWYに関しては、国際線機が横断することから、横断頻度が高い箇所については、RWY延長方向への航空機荷重+横断方向の航空機荷重が発生するため、ハザードエリアとして設定し、これまでの1回/週→2回/週に増やすとともに、車上点検→徒歩点検で重点的に点検することにより、異常箇所の早期発見を図る。

#### 【その他】

・現在、より効果、効率的な点検手法の確立について、両地方局及び国総研と連携し必要な検討に着手したところ。  
 ・また、現在(独)港空研において、長寿命化を図るために新たな舗装材料の技術研究を行っているところであり、研究成果を踏まえ積極的に新技術を採用していくこととする。



滑走路全幅改良



滑走路横断方向のノーズギアの走行位置分布

ひとつの舗装体として全幅改良



羽田空港スカイアーチ



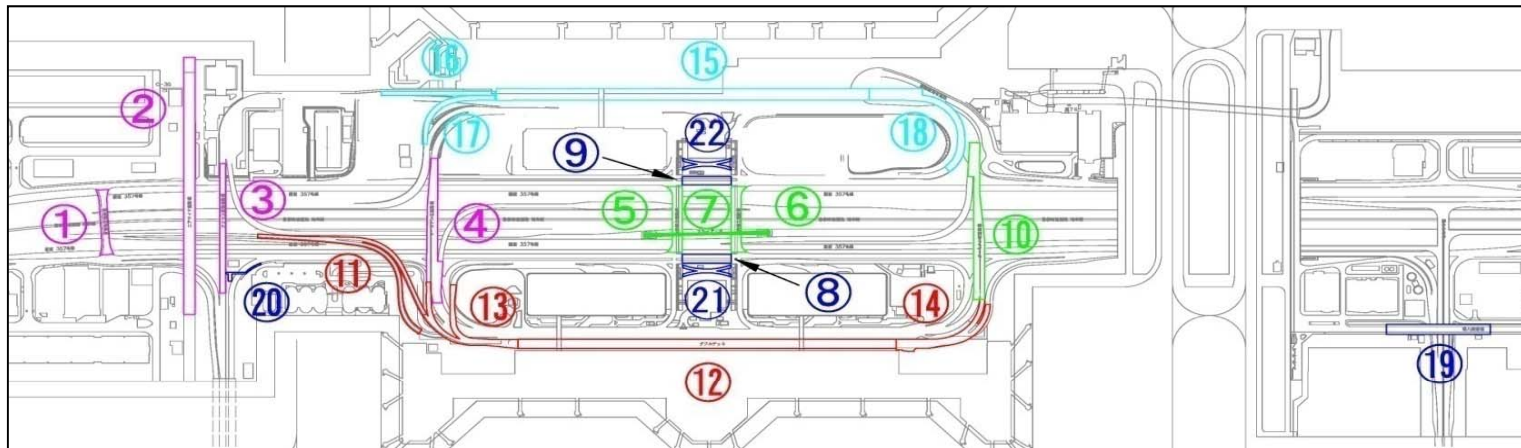
化粧版

羽田空港には様々な構造の橋梁が多数存在し、景観を考慮に入れ化粧版が設置されているものもある。



化粧版取り付け状況

# (点検・調査、評価)その他土木施設(橋梁)



名称	橋長	橋面積	完成年月	構造形式	床版の種類
1 貨物地区連絡橋	101 m	1,429 m <sup>2</sup>	1991.12	3径間連続鋼溶接非合成箱桁橋	RC
2 エアサイド連絡橋	298 m	5,238 m <sup>2</sup>	1991.01	単純鋼床版2主桁橋、2径間連続鋼斜張橋	鋼
3 アクセス道路連絡橋	167 m	1,780 m <sup>2</sup>	1992.03	2径間連続鋼斜張橋	鋼
4 ターミナル北連絡橋	214 m	3,465 m <sup>2</sup>	1992.02	2径間連続RC床版鋼箱桁、4径間連続RC床版鋼箱桁	RC
5 中央北連絡橋	103 m	1,535 m <sup>2</sup>	1993.03	主塔アーチ型並列斜張橋	鋼
6 中央南連絡橋	103 m	1,535 m <sup>2</sup>	1993.03	主塔アーチ型並列斜張橋	鋼
7 スカイアーチ	160 m	—	1993.03	主塔アーチ型並列斜張橋	—
8 中央南北(西側PCホロースラブ橋)	71 m	987 m <sup>2</sup>	1993.06	3径間連続PCホロースラブ橋	PC
9 中央南北(東側PCホロースラブ橋)	71 m	987 m <sup>2</sup>	1993.06	3径間連続PCホロースラブ橋	PC
10 ターミナル南連絡橋	240 m	3,648 m <sup>2</sup>	1993.03	2・3径間連続鋼箱桁橋	RC
11 東京方面ONランプ道路橋	443 m	2,581 m <sup>2</sup>	2004.12	3径間連続RC床版箱桁他	RC、鋼
12 西側上層道路橋(ダブルデッキ)	516 m	9,856 m <sup>2</sup>	1993.03	鋼連続ラーメン橋	合成床版
13 西側上層道路北側取付道路橋	451 m	2,228 m <sup>2</sup>	1993.03	3径間連続鋼床版箱桁他	鋼、RC、PC
14 西側上層道路南側取付道路橋	161 m	2,338 m <sup>2</sup>	1993.03	4径間連続RC床版箱桁他	RC
15 東側上層道路橋(ダブルデッキ)	438 m	7,388 m <sup>2</sup>	2004.02	鋼連続ラーメン橋	合成床版
16 東側上層道路空港アクセス2F取付道路橋	77 m	479 m <sup>2</sup>	2003.10	鋼I桁橋	RC
17 東側上層道路羽田第2出路2F取付道路橋	75 m	574 m <sup>2</sup>	2003.10	鋼箱桁橋	RC
18 東側上層道路駐車場2F取付道路橋	275 m	3,725 m <sup>2</sup>	2004.11	鋼ラーメン橋	合成床版、鋼
19 環八跨道橋	142 m	2,239 m <sup>2</sup>	1992.05	鋼箱桁橋	鋼
20 アクセス道路歩道橋	22 m	56 m <sup>2</sup>	2001.05	鋼I桁橋	鋼
21 西側中央広場歩道橋	66 m	506 m <sup>2</sup>	2005.03	ケーブルトラス橋	鋼
22 東側中央広場歩道橋	66 m	506 m <sup>2</sup>	2004.11	フィンバックトラス橋	鋼
計	4,260 m	53,080 m <sup>2</sup>			

# (点検・調査)その他土木施設(幹線排水)

## 強ブラ管について

強化プラスチック複合管; Fiberglass Reinforced Plastic Mortar Pipes(略称FRPM管)は引っ張り強度に優れたガラス繊維と樹脂及び骨材を組み合わせた複合パイプです。

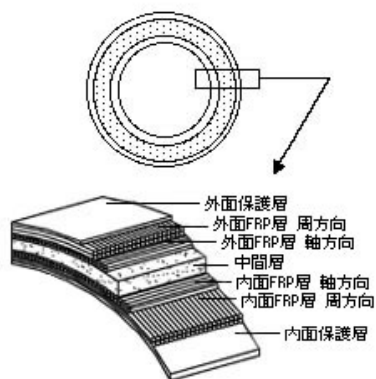
構造(断面)としては、内面、外面がFRP層で中間に樹脂モルタル層を入れたサンドイッチ構造となっています。これにより、内外面の引っ張り強度と中間層の圧縮強度が複合化される事で非常に高強度な製品となっています。

また、強ブラ管はフィラメントワインディング成形により製造されています。

### ○フィラメントワインディング成形(FW成形)とは

ガラス繊維を切断せずに、長繊維のまま樹脂を含浸させ、芯金上に巻き付けて成形する。

### ○フィラメントワインディング成形(FW成形)の断面構造

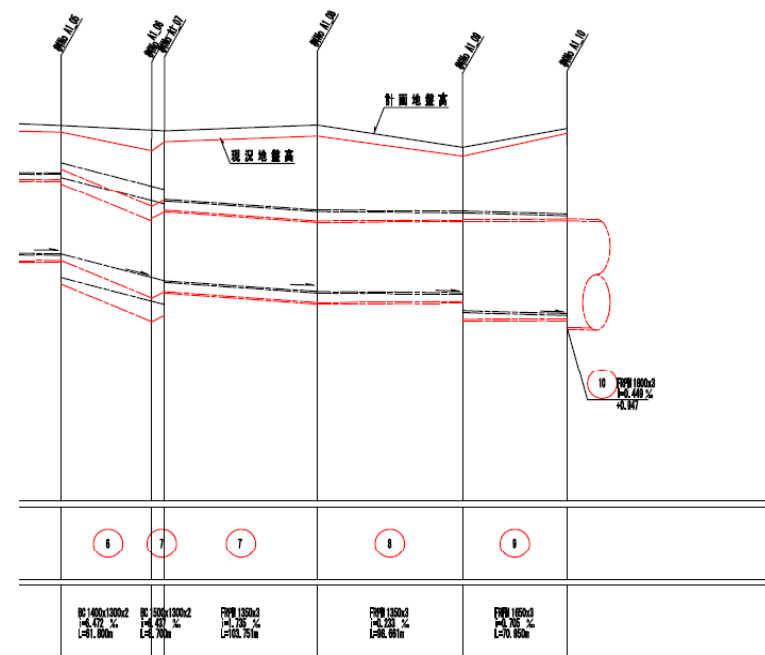


### ○管の仕様

規格	JIS A 5350	JSWAS K-2
呼び径	200~3000	200~3000
有効長	4m, 6m	4m
強さ区分	外圧1種、外圧2種、内圧1~5種	外圧1種、外圧2種



羽田幹線排水(FRPM管)





# 維持管理方法の改善・開発の方向性

## 現状（課題等）

- ・整備主体と管理主体が異なる
- ・点検の評価（閾値）が現場と異なることがある
- ・点検結果情報の蓄積（やや、煩雑の可能性あり）
- ・点検結果では運用実態等から破損箇所や破損事例が特定できる
- ・通常とは異なった施設の利用形態もある。
- ・点検・補修時間が限定されている
- ・舗装以外の重要（老朽化）な土木施設のストックの増加

