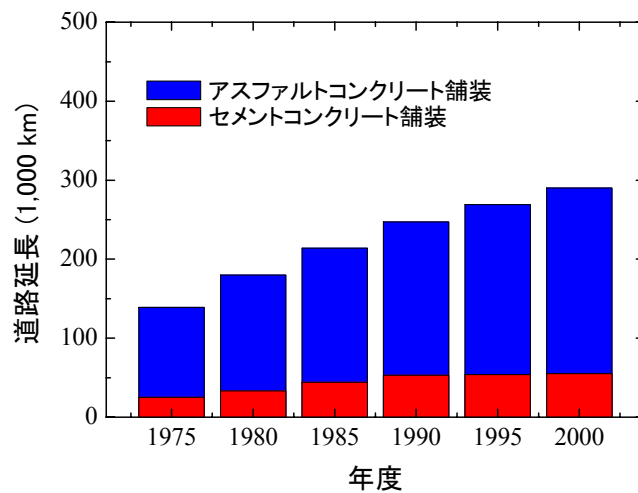


平成17年度 港湾空港技術講演会

# 空港コンクリート舗装の 設計・施工技術の合理化方策

国土技術政策総合研究所  
空港研究部  
坪川 将丈





## コンクリート舗装

- ・メリット  
耐荷性, 耐火性
- ・デメリット  
目地・養生必要, 乗り心地
- ・エプロン, 滑走路端部

## 発表内容

### 空港コンクリート舗装に関する...

- ・高強度コンクリート舗装
- ・被膜養生剤による一貫養生
- ・目地間隔の拡大

## 高強度コンクリートの空港舗装 への適用性に関する検討

## 研究の背景, 目的

- ・航空機の大型化, 交通量の増大
- ・現行では設計基準曲げ強度  $5.0\text{N/mm}^2$  が標準
- ・高強度コンクリートの使用による版厚低減



- ・コンクリート配合試験, 室内強度試験
- ・試験施工—一般的な材料, 施工方法
- ・屋外におけるコンクリート版挙動の観測

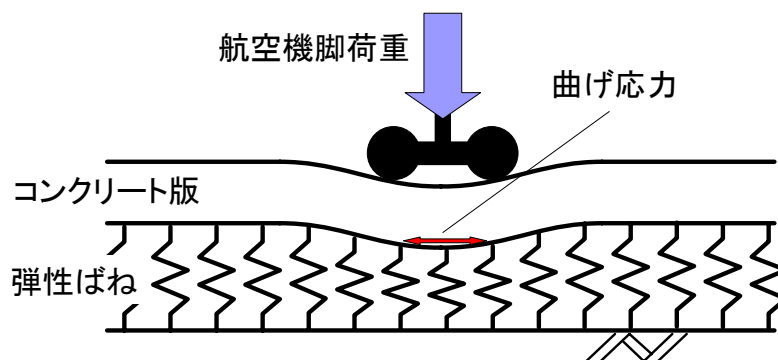


版厚の低減によるコスト削減

## 空港コンクリート舗装構造設計法

### ・荷重応力

Westergaardの中央部載荷公式により  
航空機荷重によるコンクリート下面の曲げ応力を算定

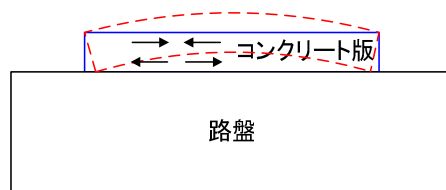


## 空港コンクリート舗装構造設計法

### ・荷重以外の応力(温度応力等)

安全率により考慮

曲げ拘束応力



設計反復作用 回数の区分	安全率
M	1.7
N	2.0
O	2.2

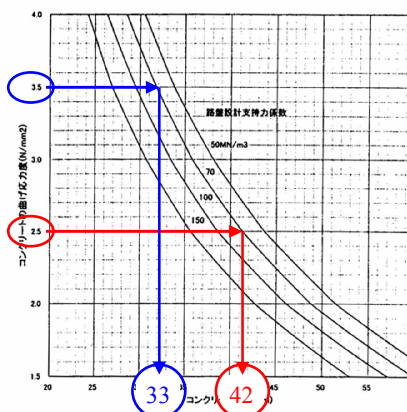
実線—実際の変形

破線—拘束を受けない場合の変形

## 空港コンクリート舗装構造設計法

### ・版厚設計

コンクリート曲げ強度 ÷ 安全率



付図-12.3 コンクリート版厚設計曲線 (B-747-400)

## 着目点

- ・配合選定  
ミニフィニッシャーを用いた施工性試験,  
曲げ強度試験
- ・施工の可否  
試験施工
- ・短期的, 長期的な版の挙動  
試験舗装の長期観測  
FWD試験, ひび割れ観察

## 配合選定

- ・普通ポルトランドセメント
- ・水セメント比: 27~40%
- ・粗骨材最大粒径: 40mm
- ・曲げ強度: 7~9N/mm<sup>2</sup>

## 振動ワーカビリティ試験

- ・練り落とし後, 90分静置したコンクリートに振動を与えた際のモルタル分の厚さを測定



## ミニフィニッシャによる試験状況

- ・練り落とし後,  
30分間—ビニールで覆う(運搬を想定)  
60分間—日射+風(仕上げ遅れを想定)



## 検討した高強度コンクリートの特徴

- ・粘性が非常に高い  
単位水量115～125kg/m<sup>3</sup>では仕上げ困難
- ・スランプ/空気量を保持していても, 仕上げ困難  
表面の乾燥, 硬化

## コンクリート配合, 曲げ強度試験

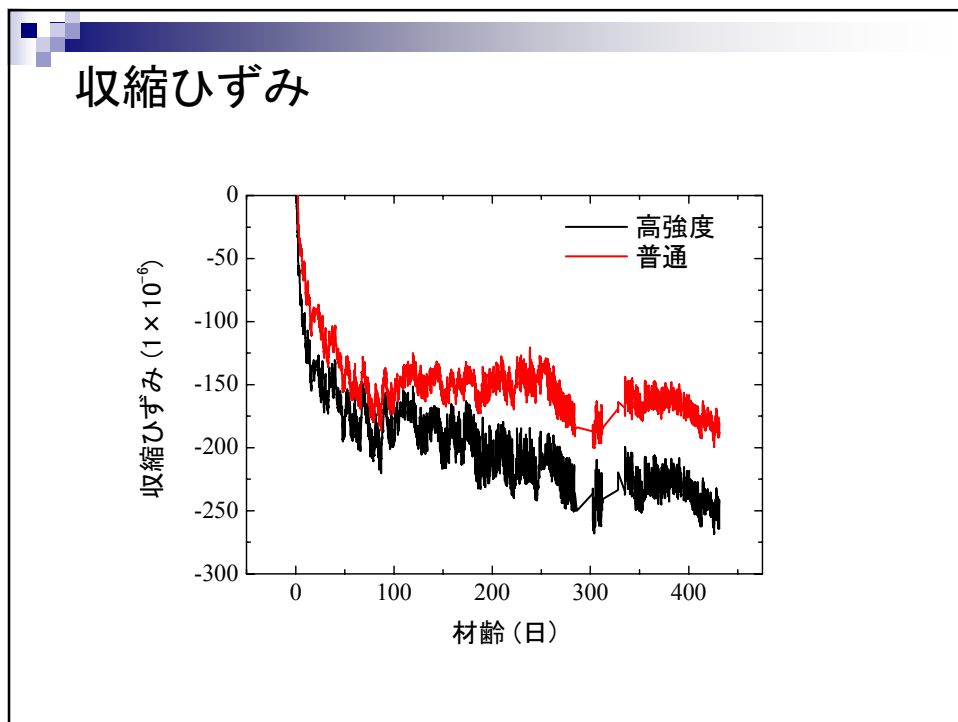
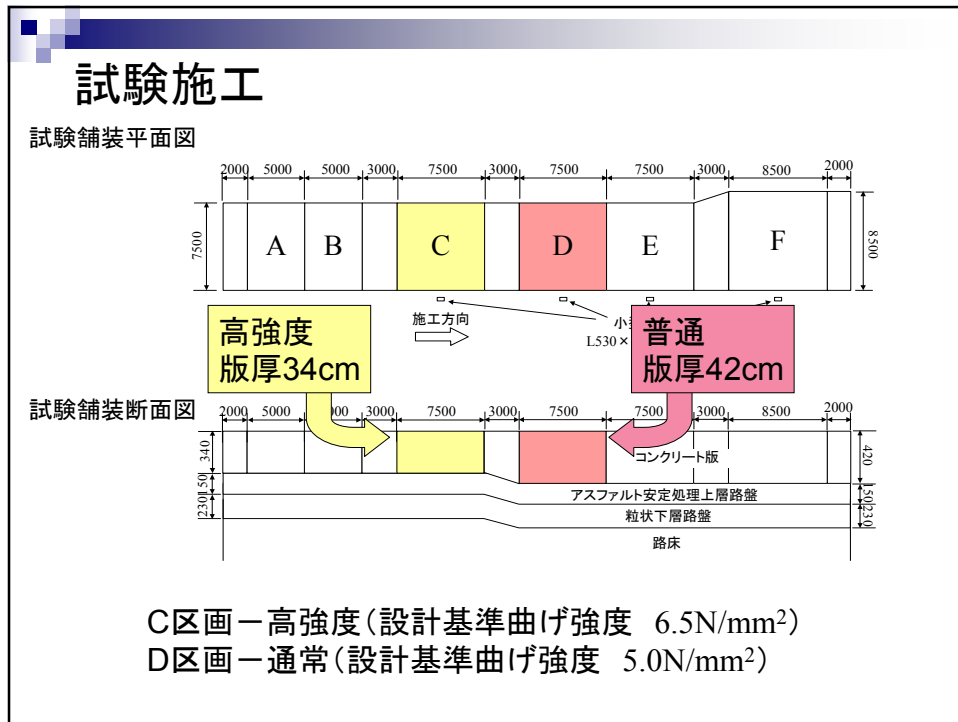
### コンクリート配合

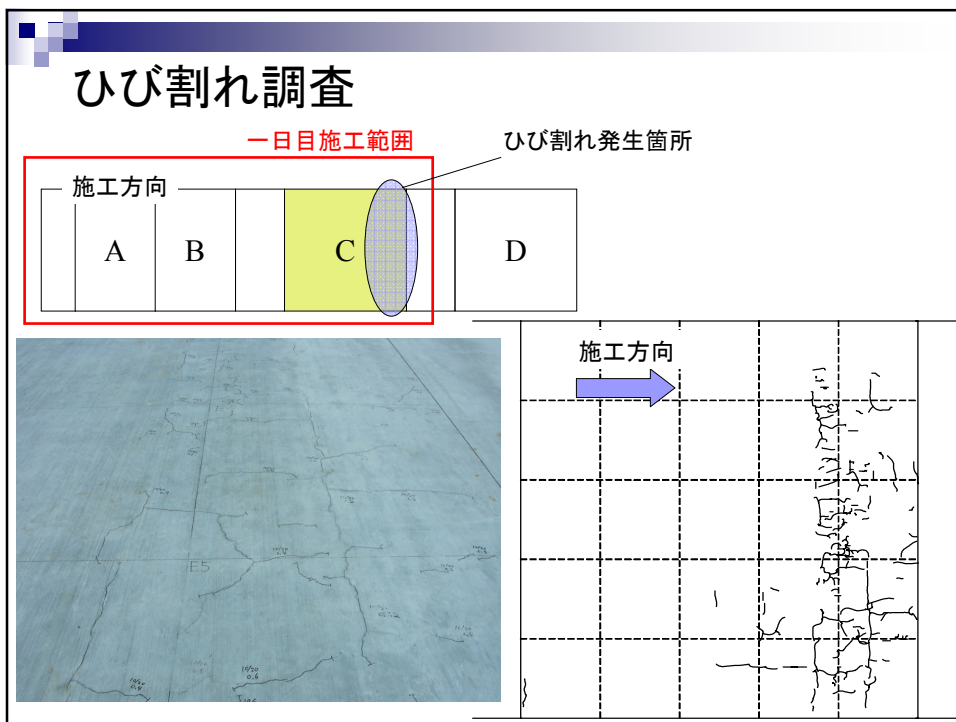
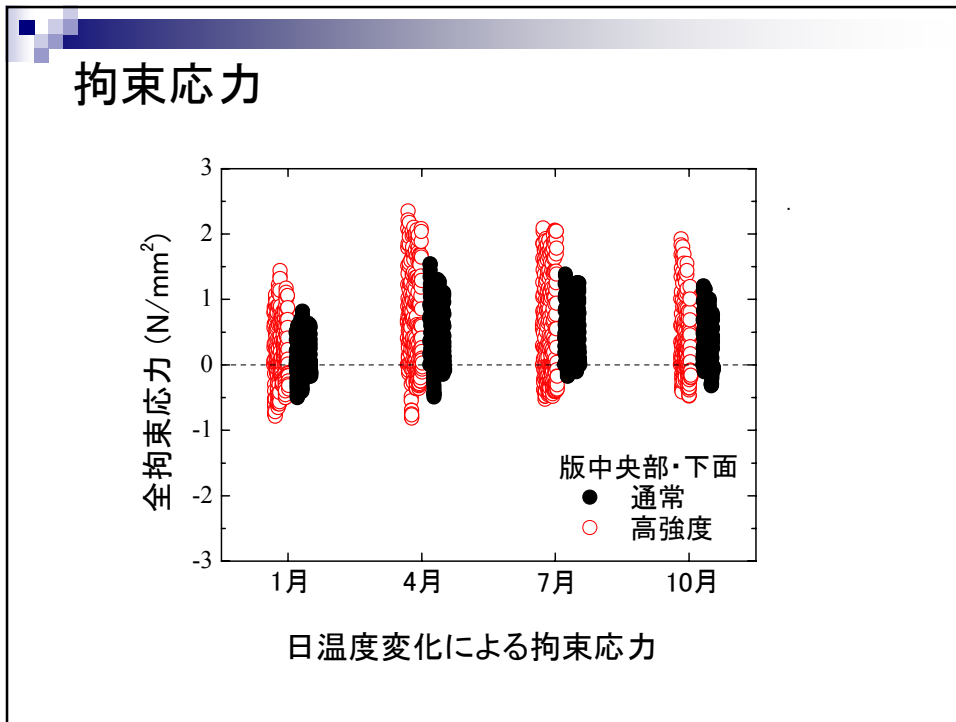
種類	W/C (%)	V <sub>G</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				凝結遅延剤 (%、C×)	高性能AE減水剤 (%、C×)	空気量調整剤 (A)	AE減水剤 (%、C×)
				W	C	S	G				
高強度	30	0.70	35.5	135	450	627	1176	0.3	1.0	5A	—
普通	40	0.72	36.6	138	345	676	1208	—	—	4A	1.0

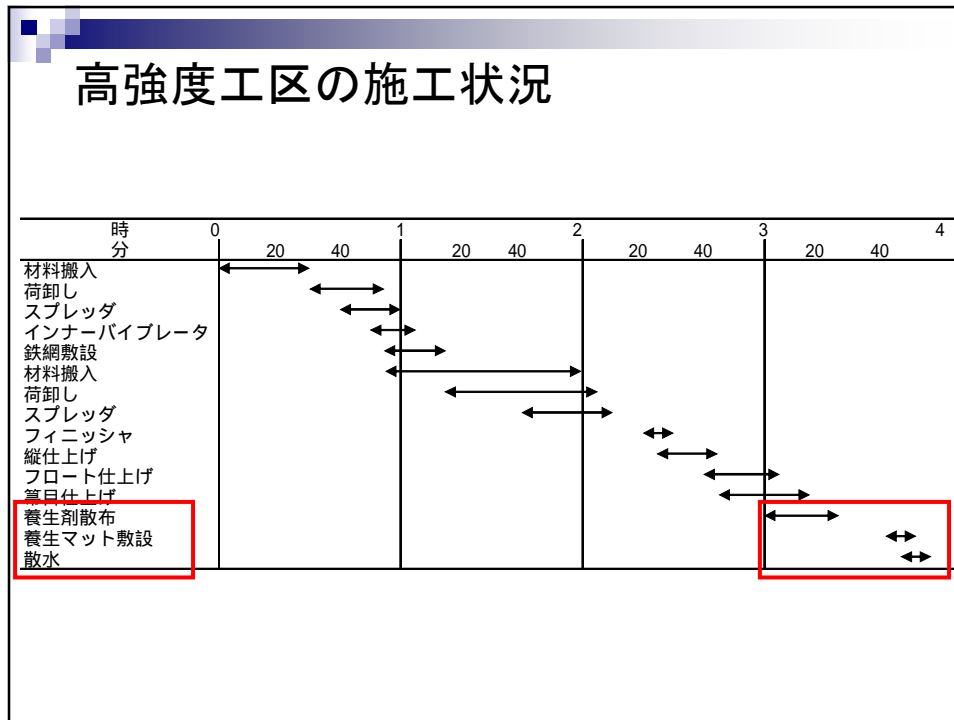
### 曲げ強度試験結果

種類	スランプ (cm)	空気量 (%)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
			7日	28日
高強度	8.5	4.8	6.80	7.40
普通	5.5	4.4	5.19	5.79









### ひび割れ調査

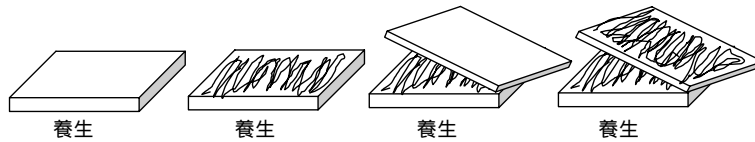
測定位置	ひび割れ深さ (mm)		ひび割れ幅 最大値 (mm)
	コア	超音波による推定	
1	73	20	0.4
2	114	—	0.6
3	105	57	0.9
4	119	50	0.9
5	125	37	1.4
6	108	45	1.1
7	131	57	1.5
8	109	45	1.1
9	48	15	0.6

番号	FWD 最大たわみ (mm)
1	0.292
3	0.261
8	0.240
8'	0.240
9	0.224
9'	0.209

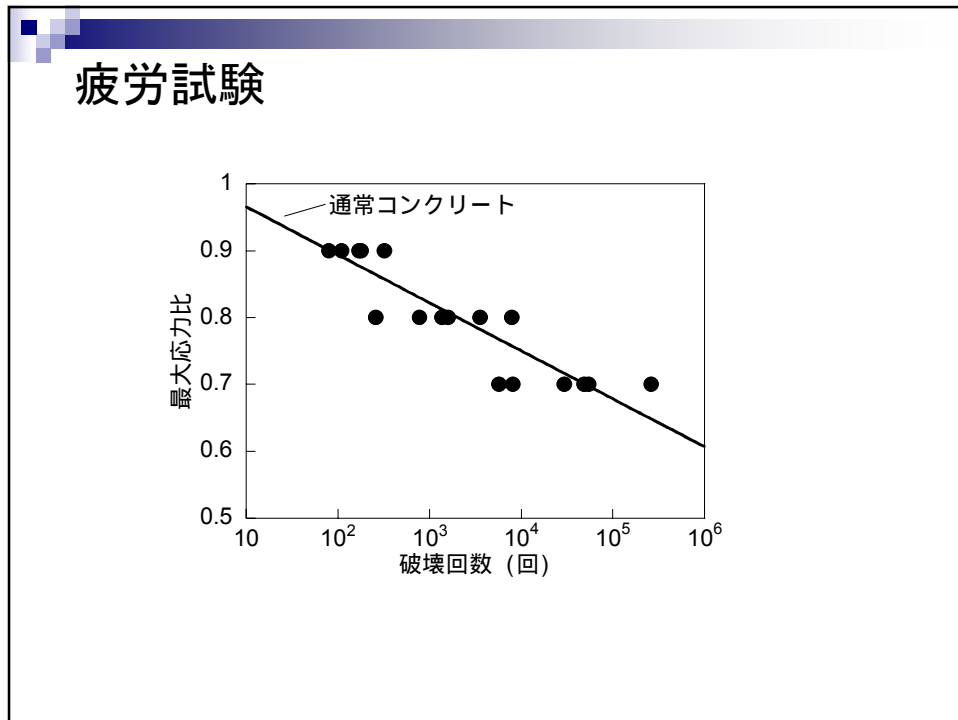
8', 9': 健全部

## モルタル供試体によるひび割れ原因調査



## モルタル供試体によるひび割れ原因調査

養生方法	高強度	普通
養生なし	○	○
養生剤散布のみ	ひび割れ発生	○
養生剤散布+乾燥マット	ひび割れ発生	○
養生剤散布+湿潤マット	○	○



### まとめ

- ①施工  
通常コンクリートと同様の方法で施工が可能
- ②養生  
養生開始時期, 養生方法に注意が必要
- ③コンクリート版の挙動  
通常コンクリートと同様
- ④構造設計法  
現行のものを適用可能

## 被膜養生剤を用いた 一貫養生の空港コンクリート舗装 への適用性

### 研究の背景, 目的

- ・現行 

初期養生	希釈養生剤の散布
後期養生	養生マットによる被覆
	散水養生
- ・問題点 航空機のブラストによるマットの飛散  
所定の期間, 散水が必要



- ・養生剤に関する室内試験
- ・試験施工ー散水養生(標準), 一貫養生
- ・コンクリート版の挙動観測
- ・コンクリート強度試験, FWD試験



養生方法の省力化によるコスト削減

## 着目点

- ・養生剤の効果の把握  
水分損失量試験,  
コンクリート収縮量測定, 曲げ強度試験
- ・短期的, 長期的な版の挙動  
試験舗装の長期観測  
曲げ強度試験

## 室内試験

- ・養生方法を変えて曲げ強度試験, 収縮量測定

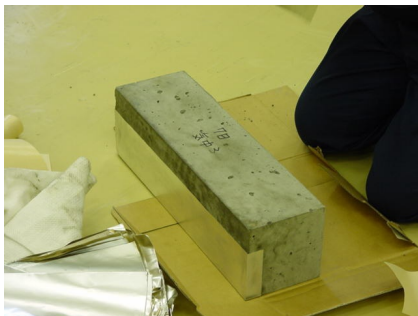
	供試体	養生剤塗布量 (g/m <sup>2</sup> )	養生温度 ( )	備考
	気中	0	20	気中放置
散水養生	散水	60 (初期養生)		希釈養生剤塗布, 材齢14日まで散水
一貫養生	A	200		養生剤塗布, 気中放置
	B	200		養生剤塗布, 気中放置
	C	200		養生剤塗布, 気中放置
	D	200		養生剤塗布, 気中放置
	B-140	140		養生剤塗布, 気中放置
	B-60	60		養生剤塗布, 気中放置

# 室内試験

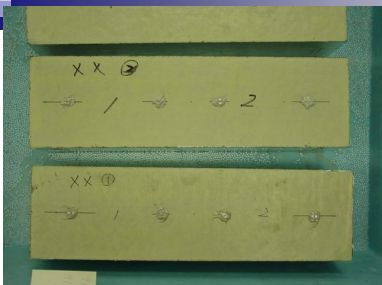
気温20°Cで養生を行い、  
供試体の収縮量、曲げ強度を測定



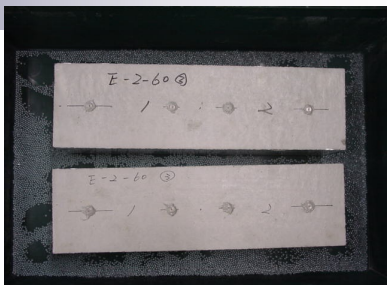
養生剤塗布



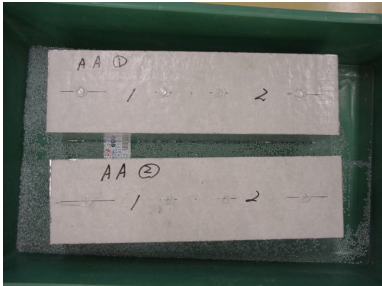
アルミテープによる被覆



養生剤A



養生剤B



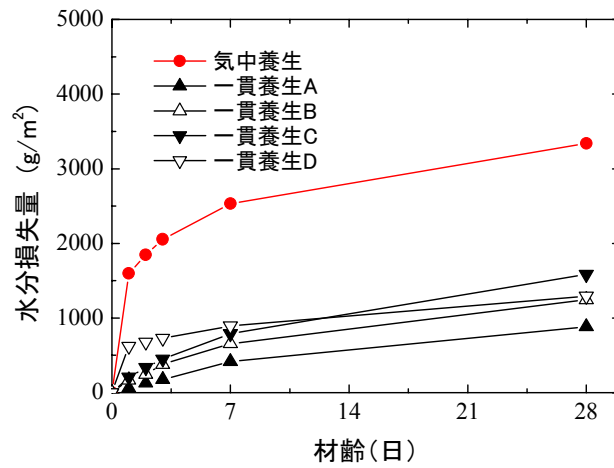
養生剤C



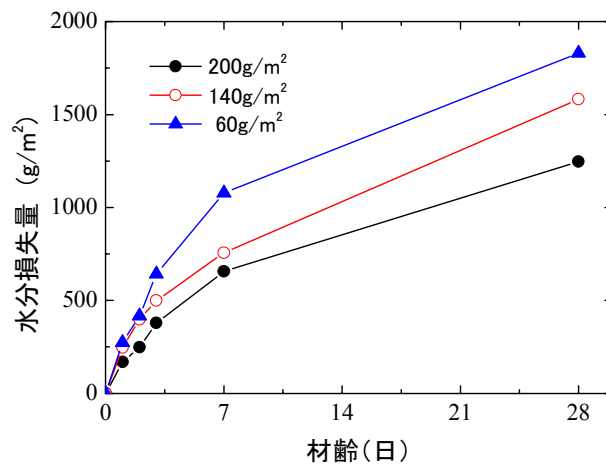
養生剤D



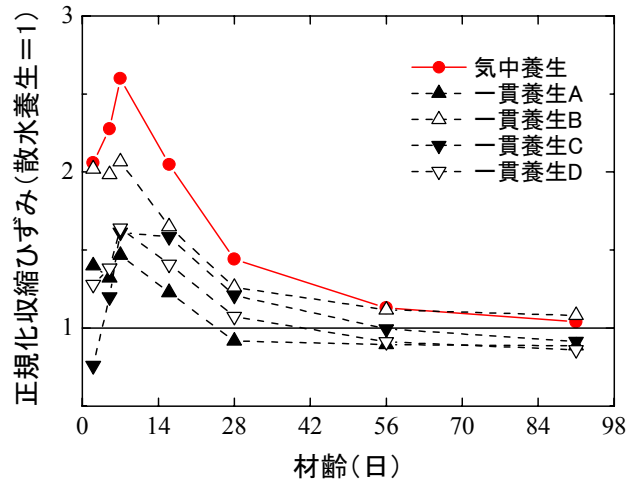
### 水分損失量－養生方法



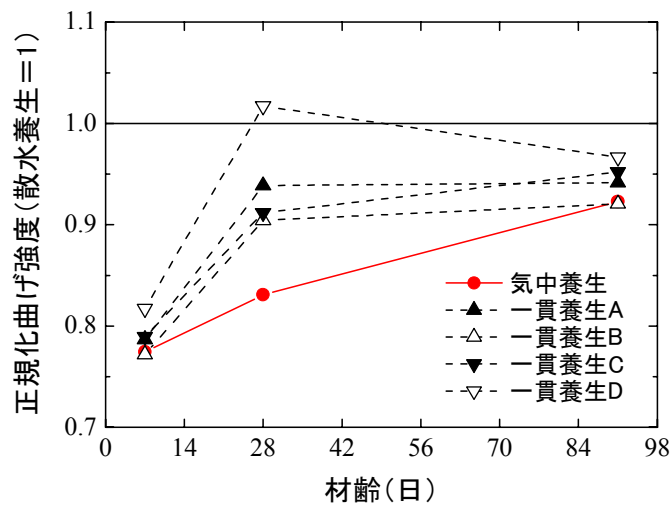
### 水分損失量－塗布濃度

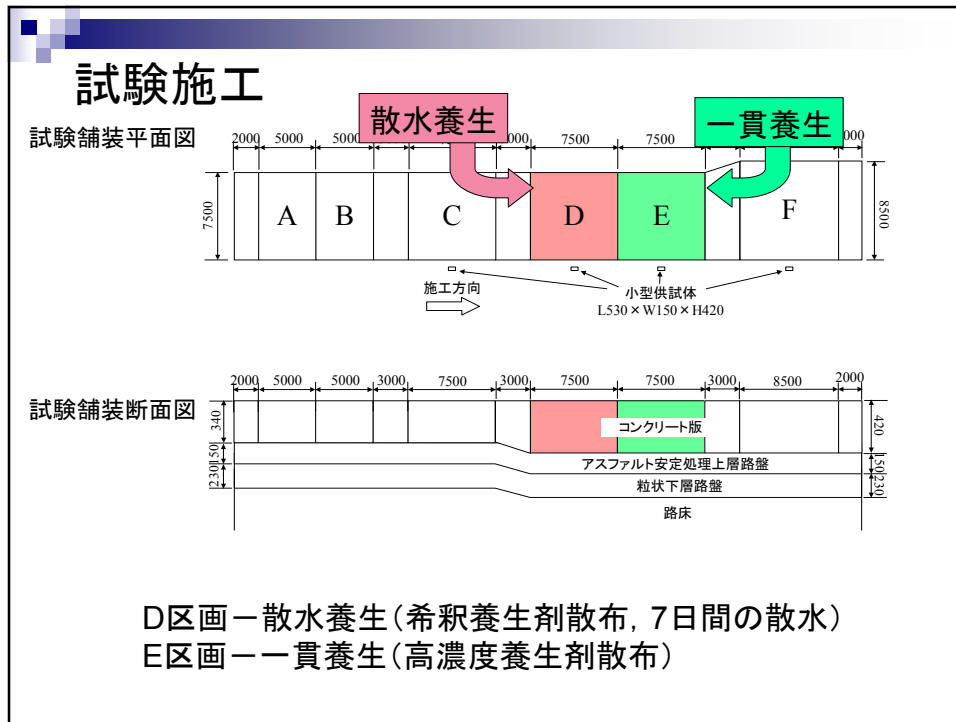


## 乾燥収縮量



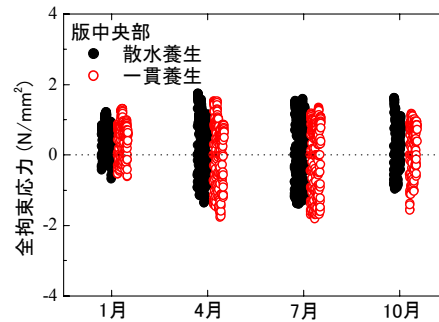
## 曲げ強度





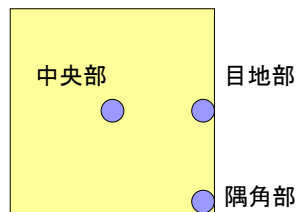
## 拘束応力

試験舗装埋設のひずみゲージによる長期観測結果



日温度変化による拘束応力

## FWDによる構造評価



区画	載荷位置	FWD最大たわみ (mm)
散水養生	中央部	0.176
	目地部	0.231
	隅角部	0.422
一貫養生	中央部	0.174
	目地部	0.230
	隅角部	0.443

## コンクリートの曲げ強度

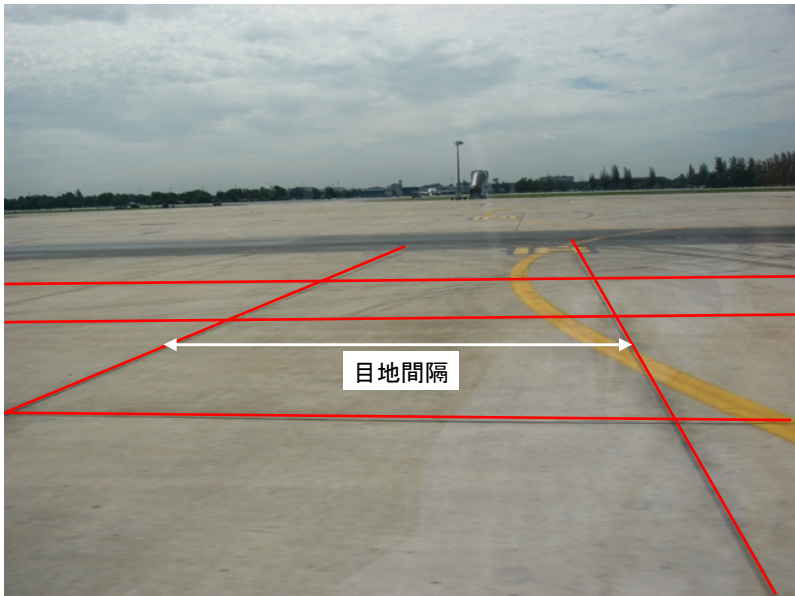
試験舗装から採取した供試体により  
曲げ強度試験を実施

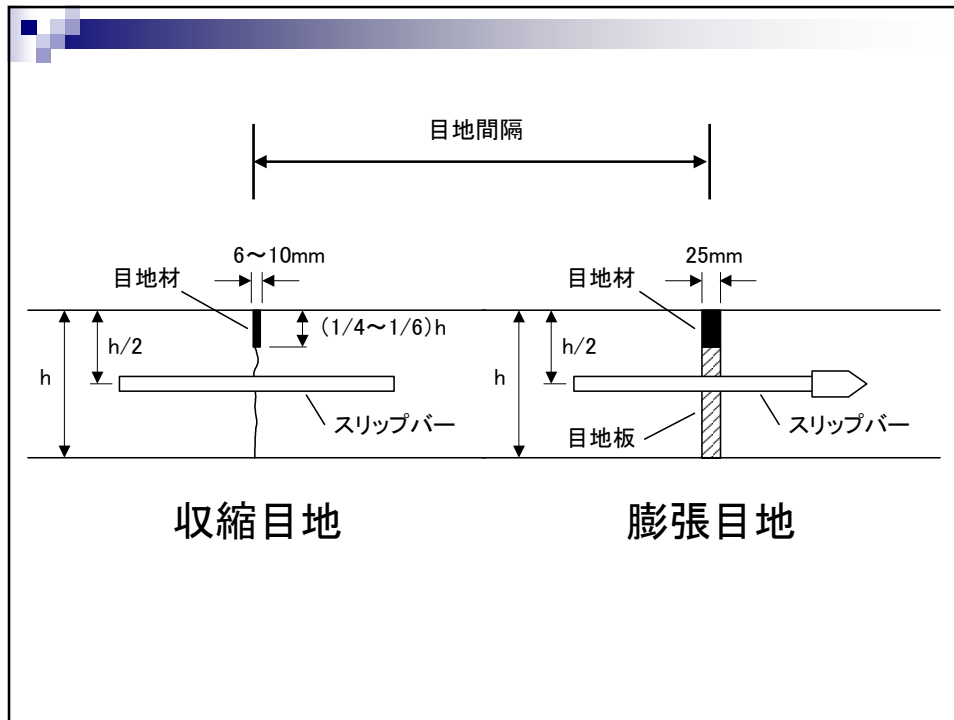
区画	採取位置	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
		平均	全平均
散水養生	上	5.96	6.69
	中	7.13	
	下	6.99	
一貫養生	上	6.40	7.16
	中	7.52	
	下	7.57	

## まとめ

- ①拘束応力  
養生方法の違いによる影響は小さい
- ②コンクリート版の強度  
長期的には十分な強度
- ③構造設計法  
目地間隔, 版厚設計法は  
現行のものを適用可能

# 空港コンクリート舗装の目地間隔の拡大に関する検討





## コンクリート舗装の目地

### ◆コンクリートの容積変化に伴う応力の軽減

- ・収縮目地
- ・施工目地
- ・膨張目地

### ◆弱点

- ・構造上の弱点—荷重伝達
- ・雨水や土砂の浸入—版, 路盤の損傷
- ・乗り心地, 段差



## 研究の背景

- ・現行基準—最大7.5m  
施工機械幅, 経験から決定
- ・建設機械—現在は7.5m以上でも施工可能



- ・試験施工—目地間隔7.5m(標準最大), 8.5m
- ・コンクリート版の挙動観測
- ・FEM解析によるコンクリート版応力の算定



維持補修コストの削減, 乗り心地の向上

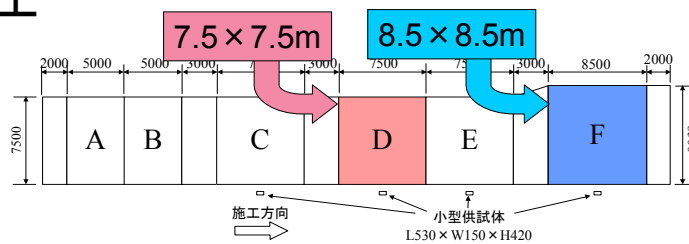


## 着目点

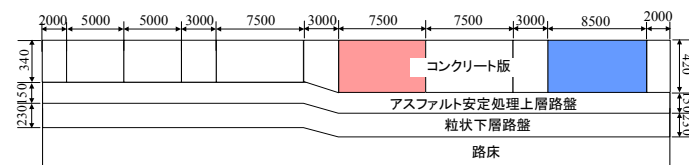
- ・短期的, 長期的な版の挙動  
試験舗装の長期観測
- ・最大目地間隔  
FEMによる構造解析

## 試験施工

試験舗装平面図

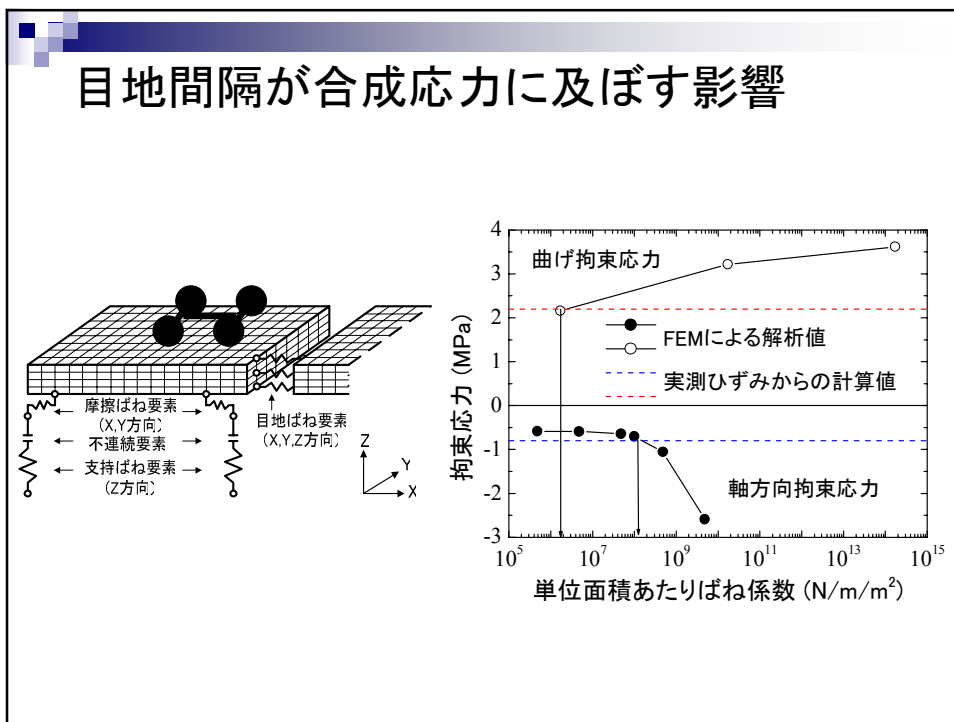
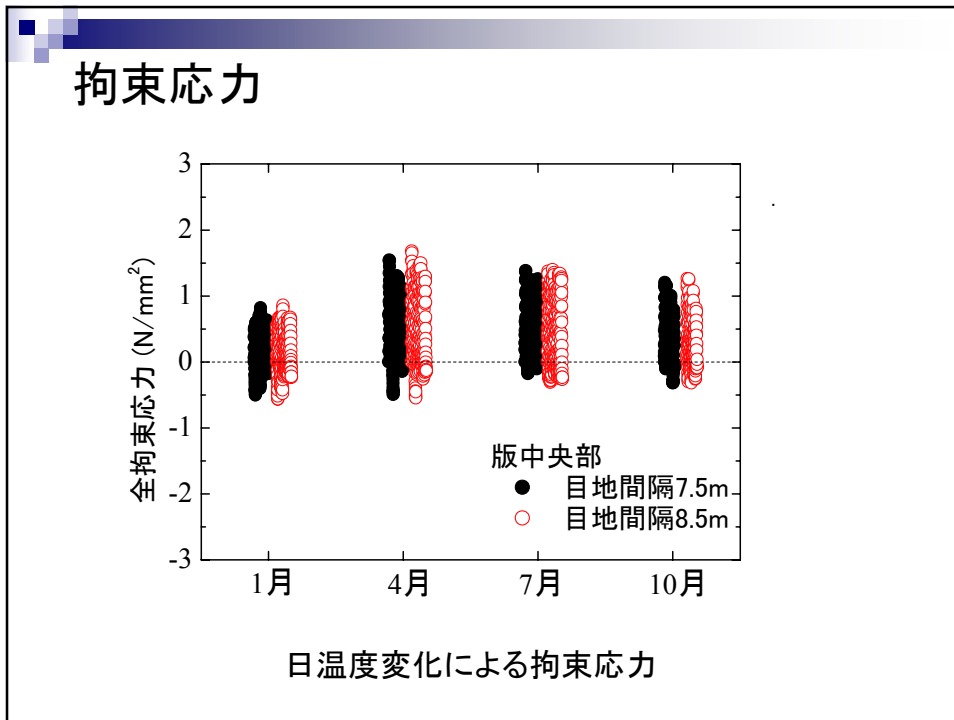


試験舗装断面図

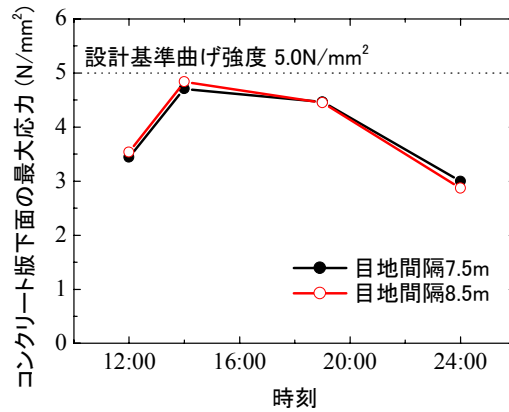


### 設計条件

設計航空機荷重 LA-1  
設計カバレッジ 20,000回  
D区画一目地間隔 7.5m  
F区画一目地間隔 8.5m



## 目地間隔が合成応力に及ぼす影響

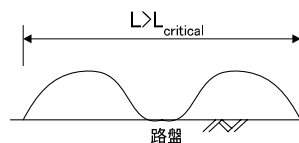
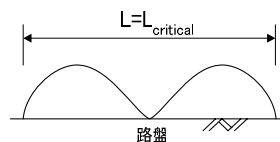
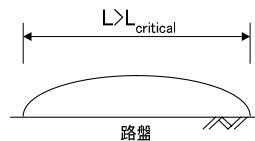
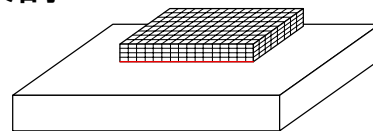
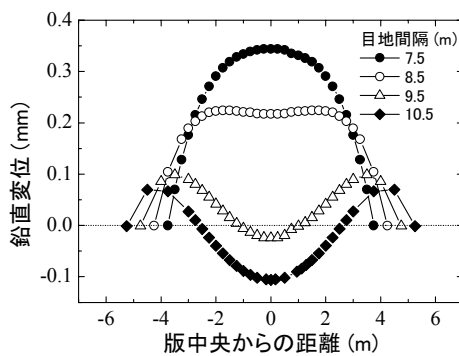


目地間隔1mの延長が合成応力に与える影響は小さい。



目地間隔8.5mの場合でも版厚設計法は従来のものを適用可能。

## 最大目地間隔に関する検討



・目地間隔が8.5m以上では、自重の影響でコンクリート版中央部が路盤に接する。



8.5m程度が限界スラブ長であると考えられる。

## まとめ

- ①拘束応力  
目地間隔1m延長による影響は小さい
- ②航空機荷重と温度変化による合成応力  
目地間隔の違いによる影響は小さい  
版厚設計法としては現行の設計法を適用可能
- ③最大目地間隔  
8.5mよりも長くなると、コンクリート版に  
過大な応力が発生する恐れ

## 結論

- ①高強度コンクリートの適用性  
通常の方法, 施工方法  
養生に留意する必要  
版厚の低減によるコスト削減
- ②一貫養生の適用性  
養生方法の省力化によるコスト削減
- ③目地間隔の拡大  
目地延長の削減による  
維持補修費の削減, 乗り心地の向上