

# 融雪装置を導入した 空港アスファルト舗装の耐荷性能

空港研究部空港施設研究室  
研究員 江崎 徹

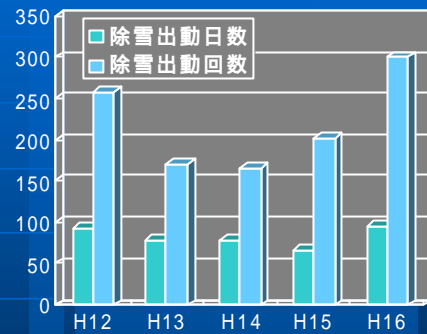
## 内 容

1. 空港における融雪・除雪対策の必要性
2. 検討の方針
3. 室内試験による検証
4. 試験舗装 (実物大試験) による検証
5. まとめ

## 1. 空港における融雪 除雪対策の必要性



除雪作業状況



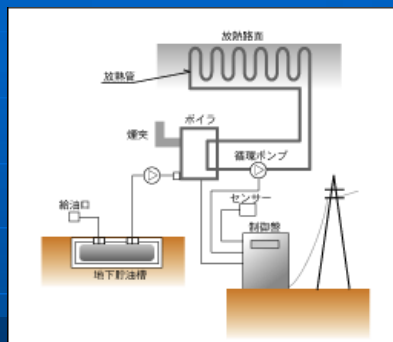
例 新千歳空港の除雪出動状況

## 2. 検討の方針

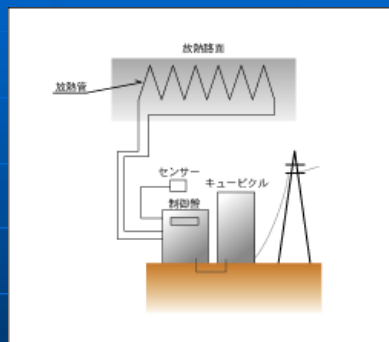
### 除雪・消雪方法 (道路舗装)

- 除雪機械作業
- 凍結防止剤散布
- 凍結抑制舗装
- ロードヒーティング
  - ヒートパイプ
  - 温水循環方式
  - 電熱線方式

## ロードヒーティングシステム



温水循環方式



電熱線方式

## 3. 室内試験による検証

### 実施試験

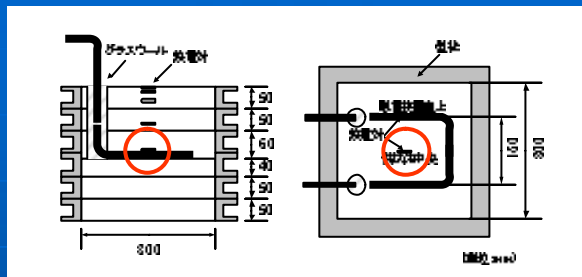
- 舗装内部温度変化試験
- 走行載荷試験 (ホイールトラッキング試験)

### 舗装内部温度変化試験

埋設深さ50mm      埋設深さ100mm      埋設深さ160mm

供試体側面図

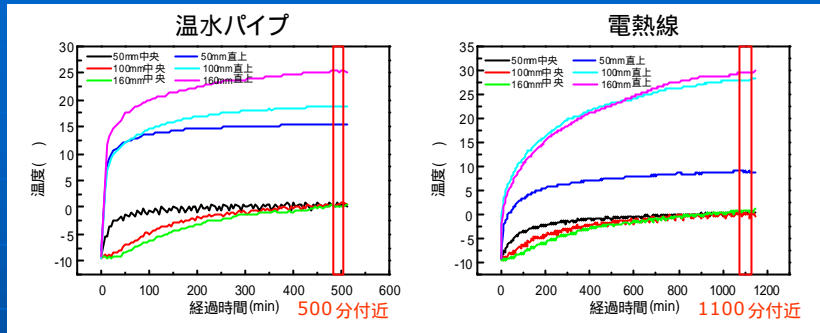
### 熱電対設置位置



方式	融雪装置 埋設深さ(mm)	通水温度 (°C)	電圧(V)	熱電対埋設深さ(mm)					
				供試体中央		融雪装置直上			
温水パイプ	50	32.0		0	0	10	33*		
	100	33.0		0	0	10	30	60	83*
	160	40.0		0	0	10	30	85	143*
電熱線	50		3.8	0	0	10	30		41*
	100		4.2	0	0	10	30		60
	160		4.8	0	0	10	30		85

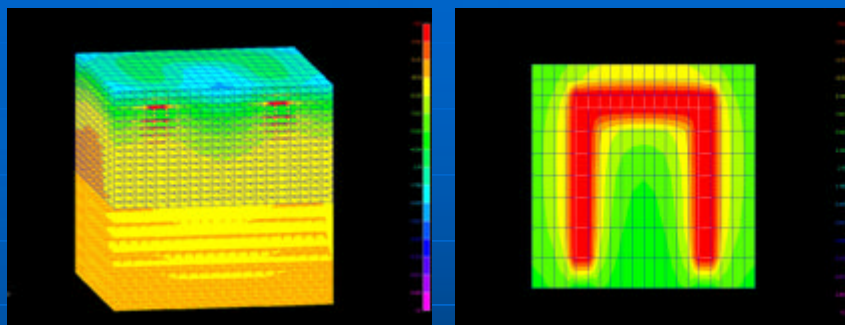
\* 温水パイプ及び電熱線の上面位置

### 試験結果



方式	融雪装置 埋設深さ(mm)	熱電対計測温度(°C)	
		供試体中央	融雪装置直上
温水パイプ	50	0.5	15.5
	100	0.7	18.8
	160	0.3	25.3
電熱線	50	0.3	8.9
	100	0.2	27.9
	160	0.8	29.5

### 3次元FEM解析

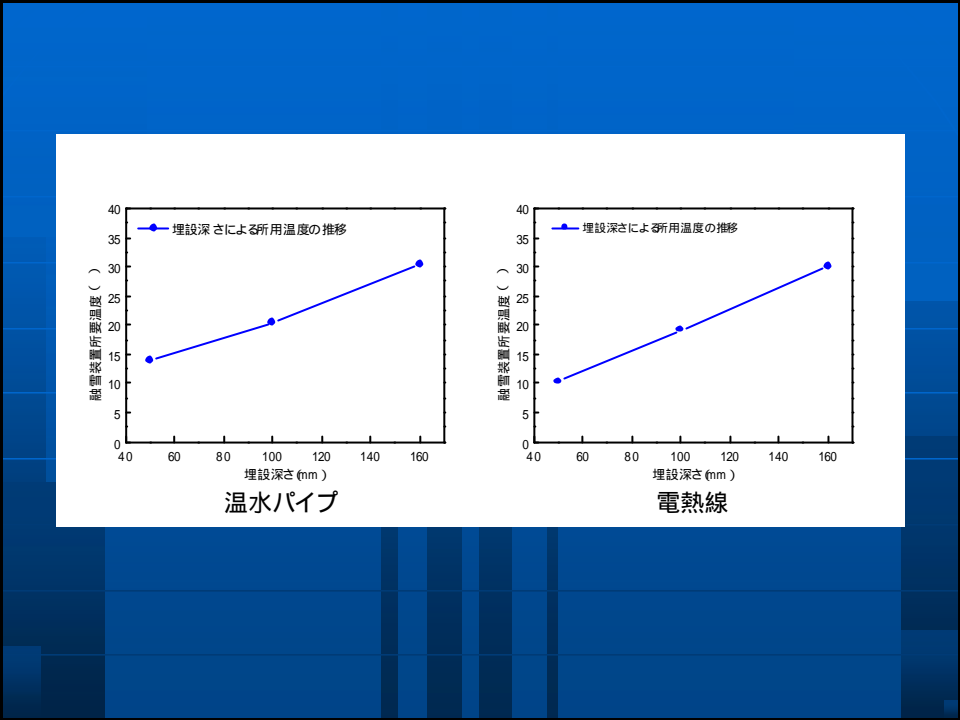


モデル全体図

モデル平面図

供試体中央温度を1°Cにするために必要な融雪装置所要温度

方式	融雪装置 埋設深さ(mm)	熱電対計測温度(°C)	
		供試体中央	融雪装置直上
温水パイプ	50	16.5	
	100	19.5	
	160	27.7	
電熱線	50	10.3	
	100	31.0	
	160	30.0	

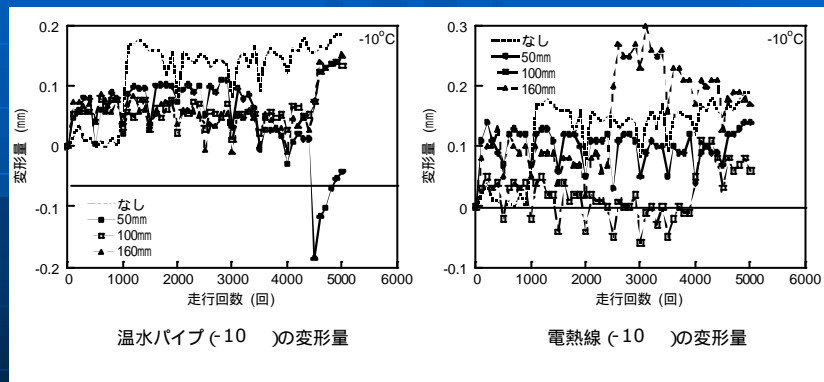


## 走行載荷試験 (ホイールトラック試験)

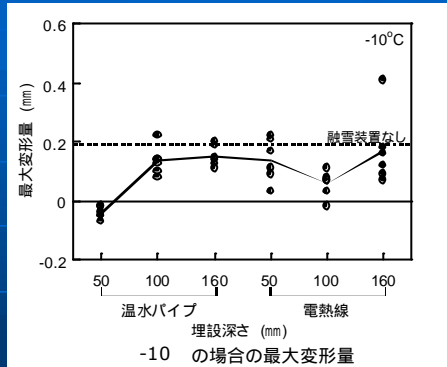
走行載荷試験条件

融雪方式	融雪装置埋設深さ(mm)	試験温度(°)
なし	-	-10, 1, 20, 40
温水パイプ	50	-10, 1, 20, 40
電熱線	100, 160	-10, 40

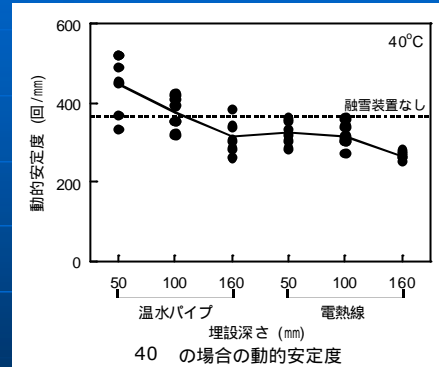
### 1. 変形量



### 2. 最大変形量



### 3. 動的安定度

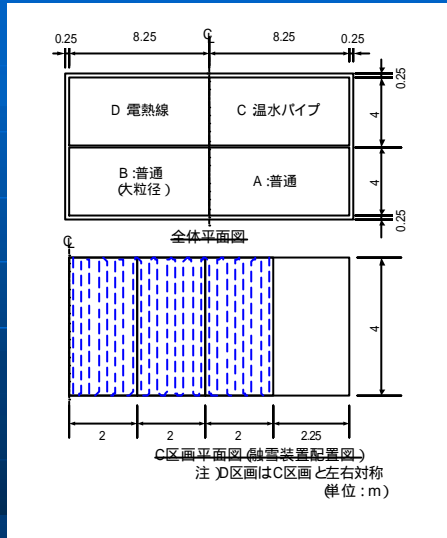


### 室内試験による検証のまとめ

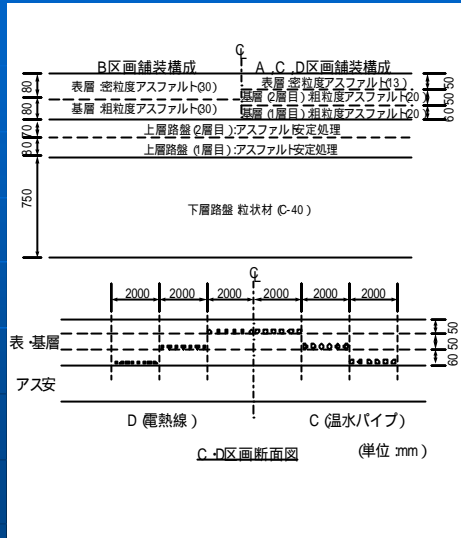
- 舗装内部温度変化試験及び3次元FEM解析により、空港アスファルト舗装の内部温度が変化していく状況について、基礎的なデータを採取することができた
- 走行載荷試験結果により、変形量・最大変形量・動的安定度とも、融雪装置を埋設することによる影響はほとんどみられない

## 4. 試験舗装 (実物大試験による検証)

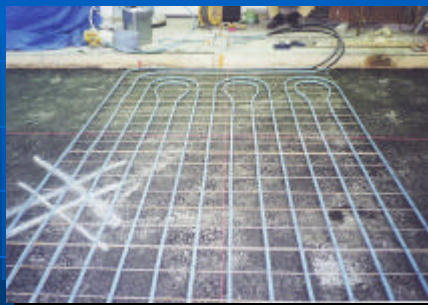
試験舗装平面図



試験舗装断面図



## 融雪装置の設置状況



温水パイプ



電熱線



## 試験内容



静的载荷試験



FWD载荷試験



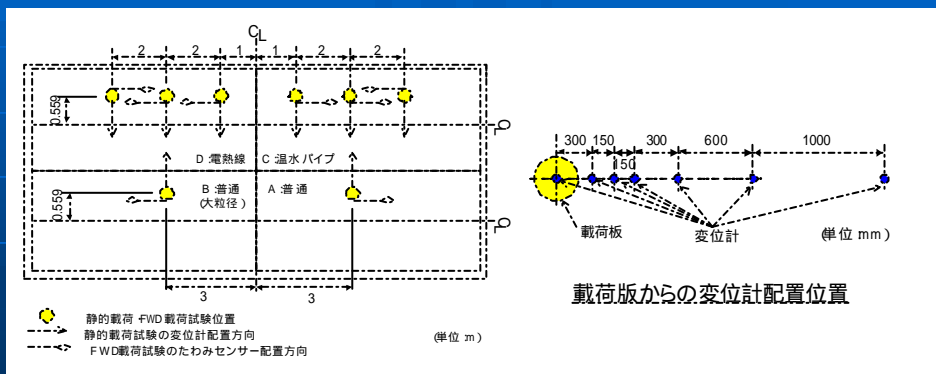
走行载荷試験



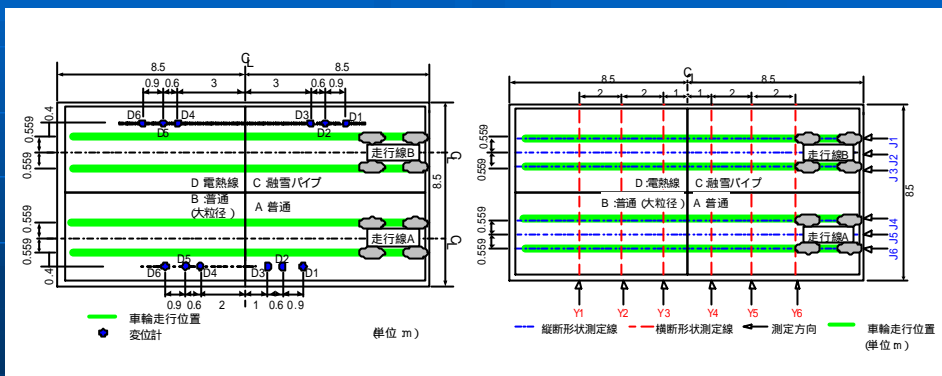
路面形状測定

## 各種载荷試験及び測定位置

### 静的载荷試験/FWD载荷試験

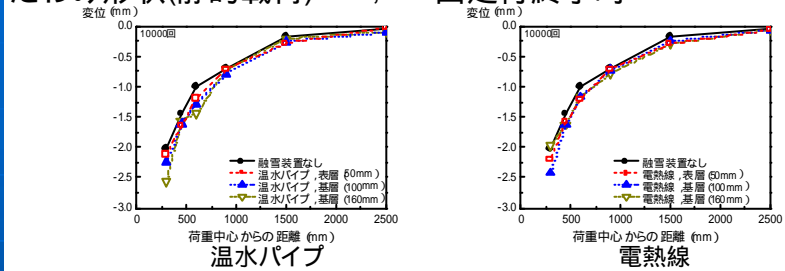


### 走行載荷試験/路面形状測定

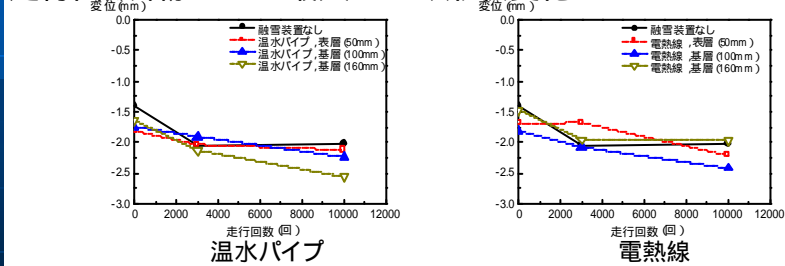


### 試験結果

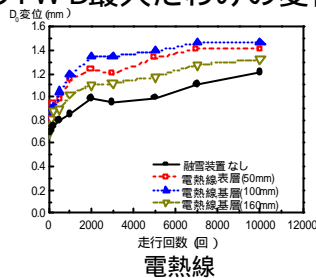
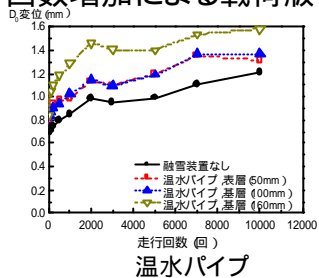
#### たわみ形状(静的載荷) 10,000回走行終了時



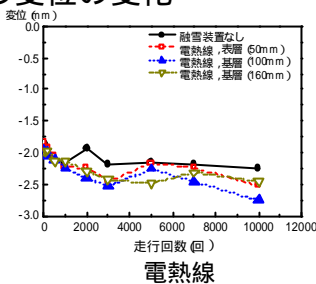
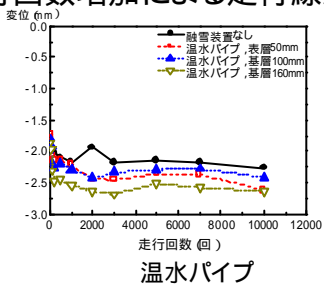
#### 走行回数増加による最大たわみ形状変化



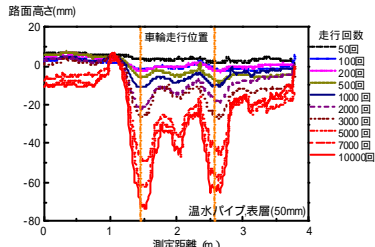
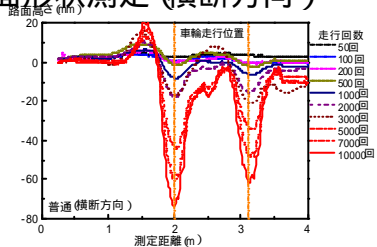
### 走行回数増加による載荷版中心の FWD 最大たわみの変化



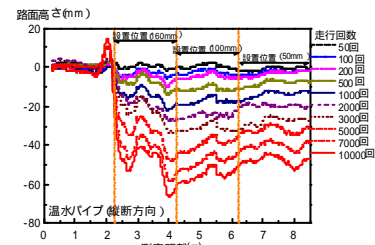
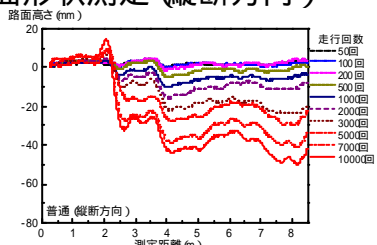
### 走行回数増加による走行線近傍の変位の変化



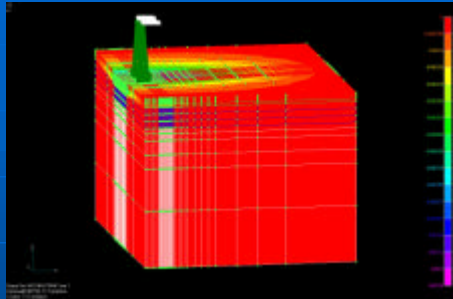
### 路面形状測定 (横断方向)



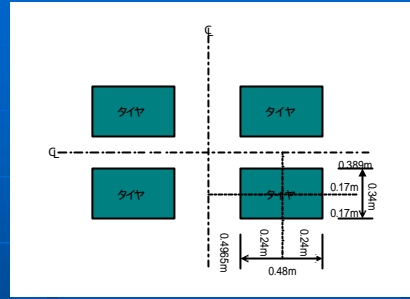
### 路面形状測定 (縦断方向)



### 3次元FEM解析



モデル図 (たわみ形状)



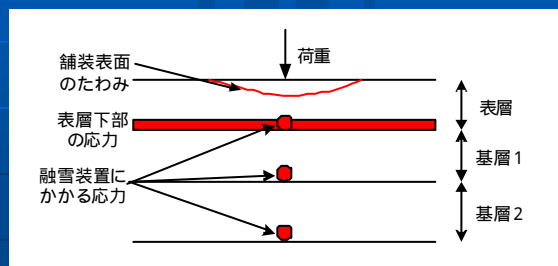
平面図

温度	弾性係数(MPa)		ポアソン比
	冬季	夏季	
AC層	5000	300	0.3
上層路盤	1500	1500	0.3
下層路盤	300	300	0.3
路床	40	40	0.3
融雪パイプ	785	785	0.3
電熱線	3.25	3.25	0.3

力学特性値

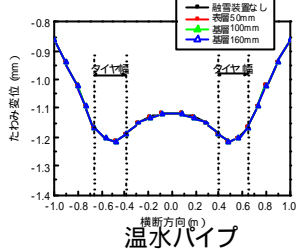
### 注目する項目

- ❖ 舗装表面のたわみ
- ❖ 表層下部の応力
- ❖ 冬季と夏季による融雪装置にかかる応力

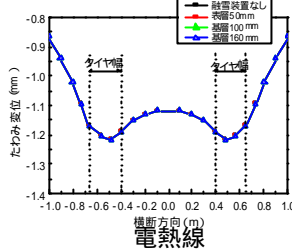


## 解析結果

### 舗装表面のたわみ (横断方向)

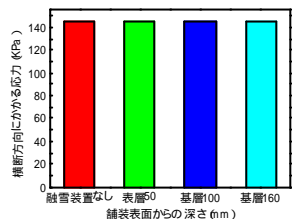


温水パイプ

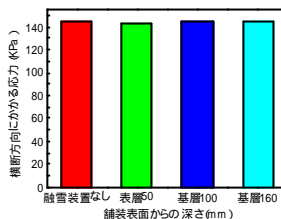


電熱線

### 表層下部にかかる最大応力 (横断方向)

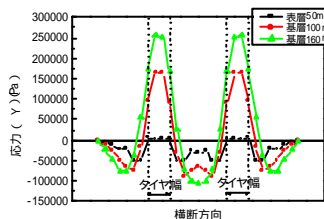


温水パイプ

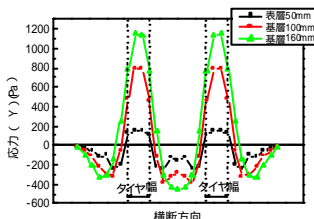


電熱線

### 融雪装置にかかる応力 (冬季)

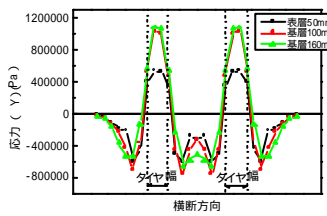


温水パイプ

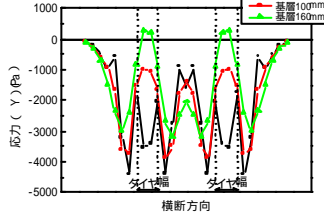


電熱線

### 融雪装置にかかる応力 (夏季)



温水パイプ



電熱線

## 融雪装置強度比較

項目	融雪装置	季節	単位 MPa	
			最大応力(解析)	仕様性能
圧縮強度	温水パイプ	冬季	0.11	57.0
		夏季	0.76	
	電熱線	冬季	0.0005	なし
		夏季	0.0044	
引張強度	温水パイプ	冬季	0.26	29.5
		夏季	1.08	
	電熱線	冬季	0.0011	8.0
		夏季	0.0003	

## 試験舗装(実物大試験)による検証のまとめ

### 実物大試験

- ❖ 融雪装置を設置している区画の方が、融雪装置を設置していない区画よりもたわみは全体的に大きくなる傾向にあり、舗装の応答に違いがみられた
- ❖ わだち掘れといった路面形状については、融雪装置ありと融雪装置なしでは、さほど大きな差はみられなかった
- ❖ 融雪装置の設置位置による影響は、あまり明確にみられなかった

## 試験舗装(実物大試験)による検証のまとめ

### 3次元FEM解析

- 舗装表面のたわみについては、融雪装置を設置しても融雪装置なしの場合の舗装に与える影響とほとんど変わらない
- 表層下部の応力についても、たわみと同様である
- 融雪装置にかかる応力については、弾性係数の違いから、夏季の方が冬季より融雪装置に与える影響は大きかった
- 融雪装置は、航空機荷重にも十分耐えられる性能を有している

## 5.まとめ

融雪装置の空港アスファルト舗装への適用性について

- 室内試験による検証      適用性はあるものと判断される  
(3次元FEM解析結果含む)
- 試験施工(実物大試験)による検証  
  
実物大試験 : 今回の結果だけでは判断できない  
3次元FEM解析結果 適用性はあるものと判断される
- 今後、実際の寒冷地空港での試験を実施するといった検証が必要である