

# 空洞を有する空港アスファルト舗装に対する 繰返し走行試験

国土技術政策総合研究所 空港研究部 河村 直哉  
坪川 将丈



# 目次

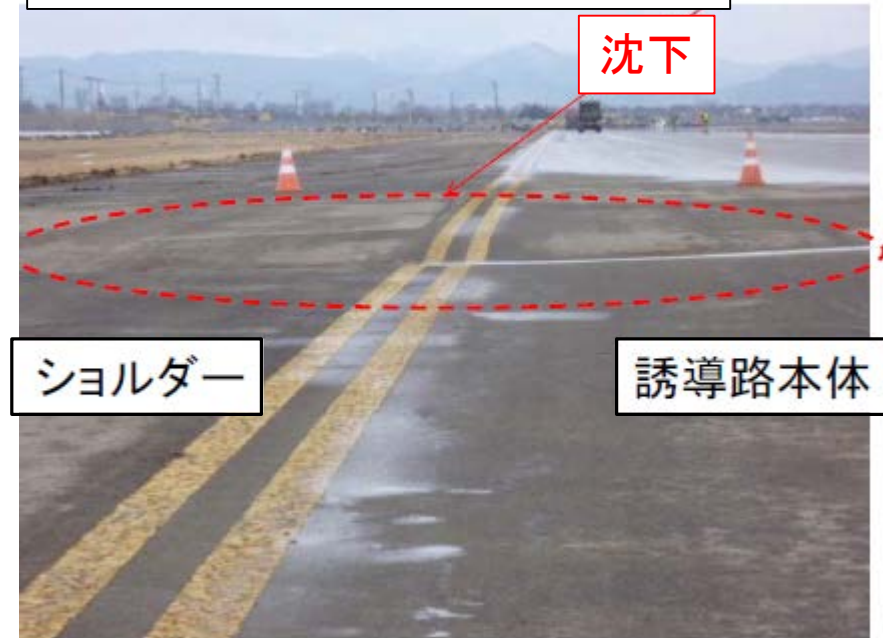
---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と各種調査の方法
4. 調査結果
5. 考察、まとめ

## 背景

- ・ 空港舗装では、地震により基礎地盤の液状化等に伴い、空洞が発生することがある。
- ・ 空洞の発生条件次第では、自重では沈下せず、空洞の存在を見落とす可能性がある。
- ・ そのため、地震後に空洞の発生が懸念される場合には、供用再開前に、空洞の位置を把握し、空洞上の舗装の支持力を評価することが重要である。

2011年地震直後の仙台空港



沈下箇所の拡大



## 背景

- ・空洞の検出や舗装の支持力の評価に利用できる機器には、地中レーダとFWDがある。
- ・地震直後に、少なくともFWDが調達できるとよい。
- ・しかし、地中レーダしか調達できない可能性もあるため、その場合には、**地中レーダで舗装の支持力評価が求められる。**

	地中レーダ	FWD
空洞の検出	○ (面的)	○ (点的)
舗装の支持力	× ?	○

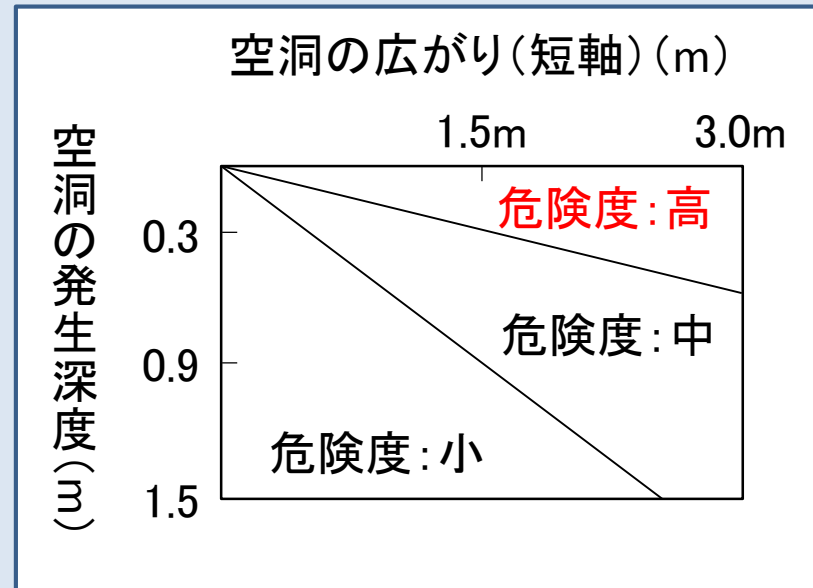
→ **地中レーダで得た空洞の情報に基づき、舗装の支持力を推定できないか？**



# 課題(地中レーダによる舗装の支持力評価)

## 道路舗装での試み

推定した空洞の深さと大きさに基づき、陥没の可能性を評価する方法を検討



空港舗装でも、航空機荷重で大変形や陥没を招く**危険性がある**  
**空洞の大きさや深さ等を地震による被災に備えて明らかにしておけば、**  
 地中レーダしか調達できなくても空洞箇所の補修要否が判断しやすくなると考えた。



## 目的と研究概要

---

### 目的

陥没等を招く危険な空洞の大きさや深さ等を被災に備えて事前に明らかにしておくこと

### 研究概要

実験的検討として、  
空洞を発生させた試験舗装において繰返し走行試験を行い、破壊するまでの舗装の挙動を把握した。



# 目次

---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と調査(表面形状とFWD)の方法
4. 調査結果
5. 考察、まとめ



# 製作した試験舗装

・屋内試験場で構築

・舗装厚

アスコン層: 31cm

(表基層・上層路盤)

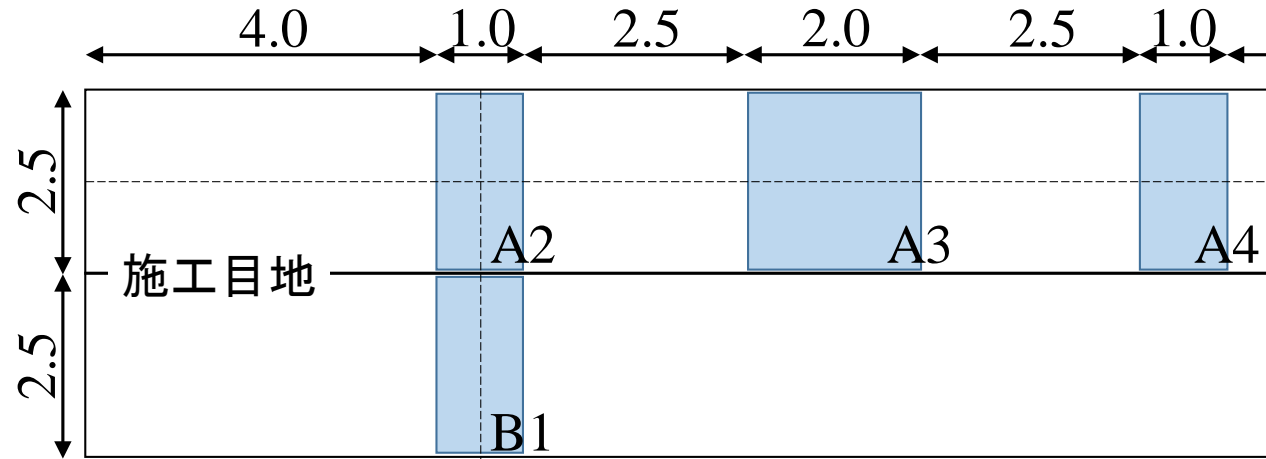
粒状下層路盤: 64cm

・空洞諸元

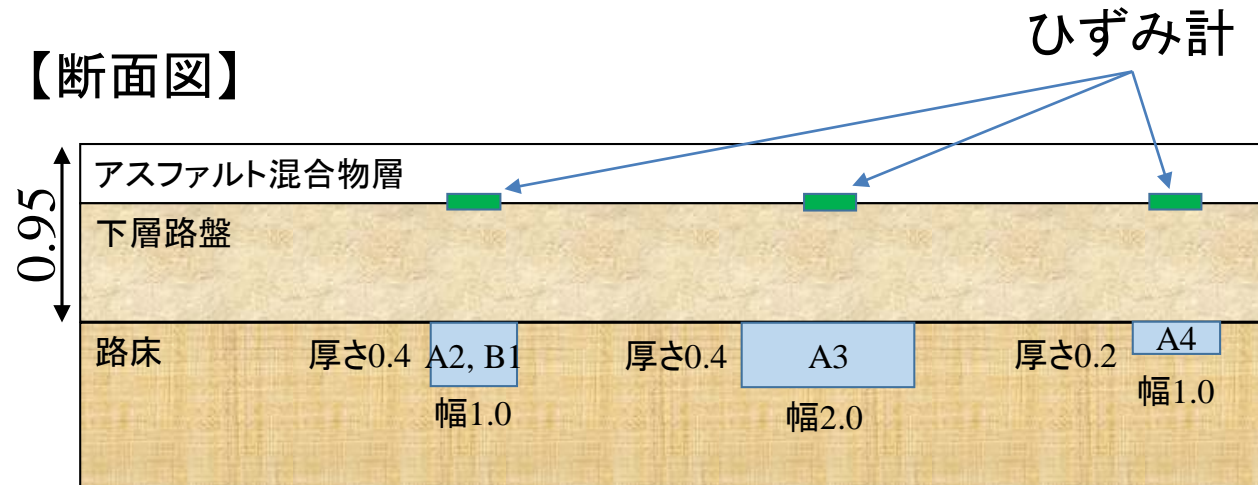
全て路床上部

【平面図】

単位: m  : 空洞



【断面図】



	空洞幅	空洞厚
A2, B1	1.0m	0.4m
A3	2.0m	0.4m
A4	1.0m	0.2m



## 空洞の製作方法



ゴムバッグ

### 手順

- ・路床施工後に一部掘削し、水の入ったゴムバッグを設置
- ・路盤、表基層を施工
- ・バッグから立ち上げた塩ビ管から鉄筋を刺し破裂
- ・水が抜けて空洞の完成



# 目次

---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と調査(表面形状とFWD)の方法
4. 調査結果
5. 考察、まとめ

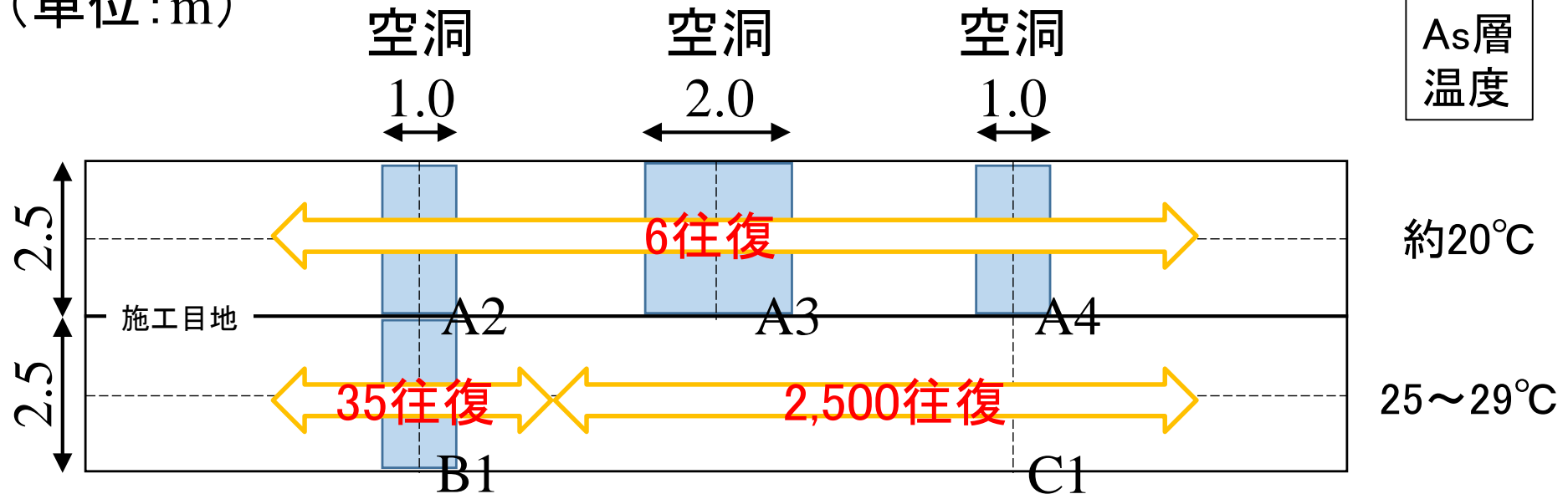
# 繰返し走行試験

試験に用いた車輪(4輪)



車輪配置: B747-400型機に同じ  
 輪荷重: 227.5kN  
 走行速度: 5km/h  
 時期: 9~10月  
 ひずみ計測: 初めの数往復

(単位:m)





## 縦横断形状

航空機荷重に伴う路面の変形量を調査

調査時期：

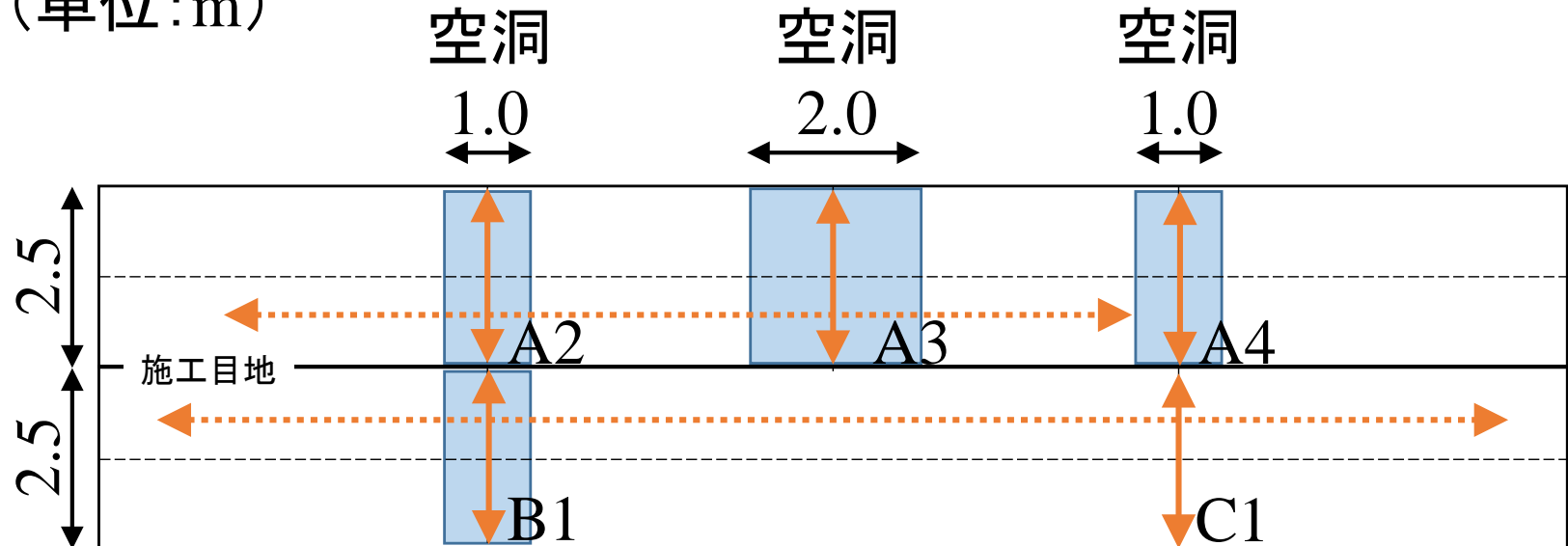
B1とC1では、試験前～2,500往復後

A2～A4では、試験前～6往復後

路面プロファイル測定装置



(単位:m)



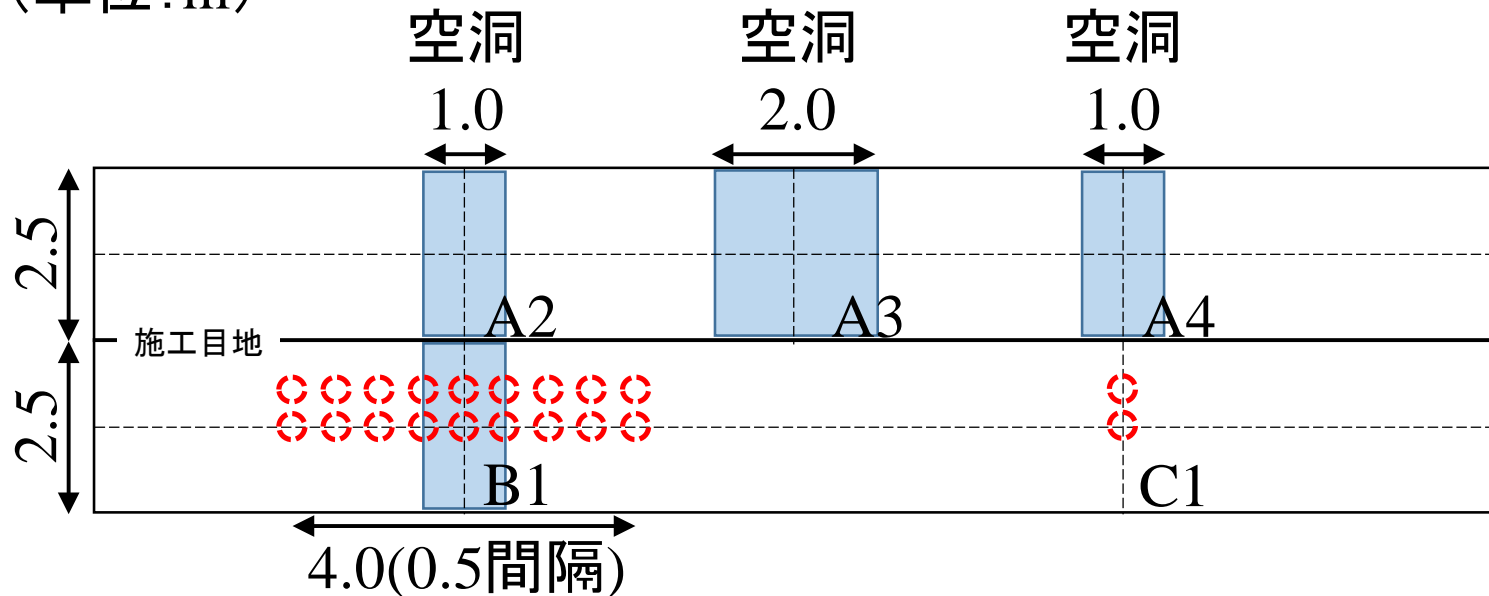


# FWD調査

空洞が周辺の舗装の支持力に及ぼす影響を調査

- ・ 載荷条件: 196kN、 $\phi$  450mm
- ・ たわみ計測位置: 載荷板中心、300~2500mm
- ・ 調査時期: 35往復後
- ・ 評価指標: 最大たわみ

【平面図】 ○: FWDの載荷地点  
(単位:m)





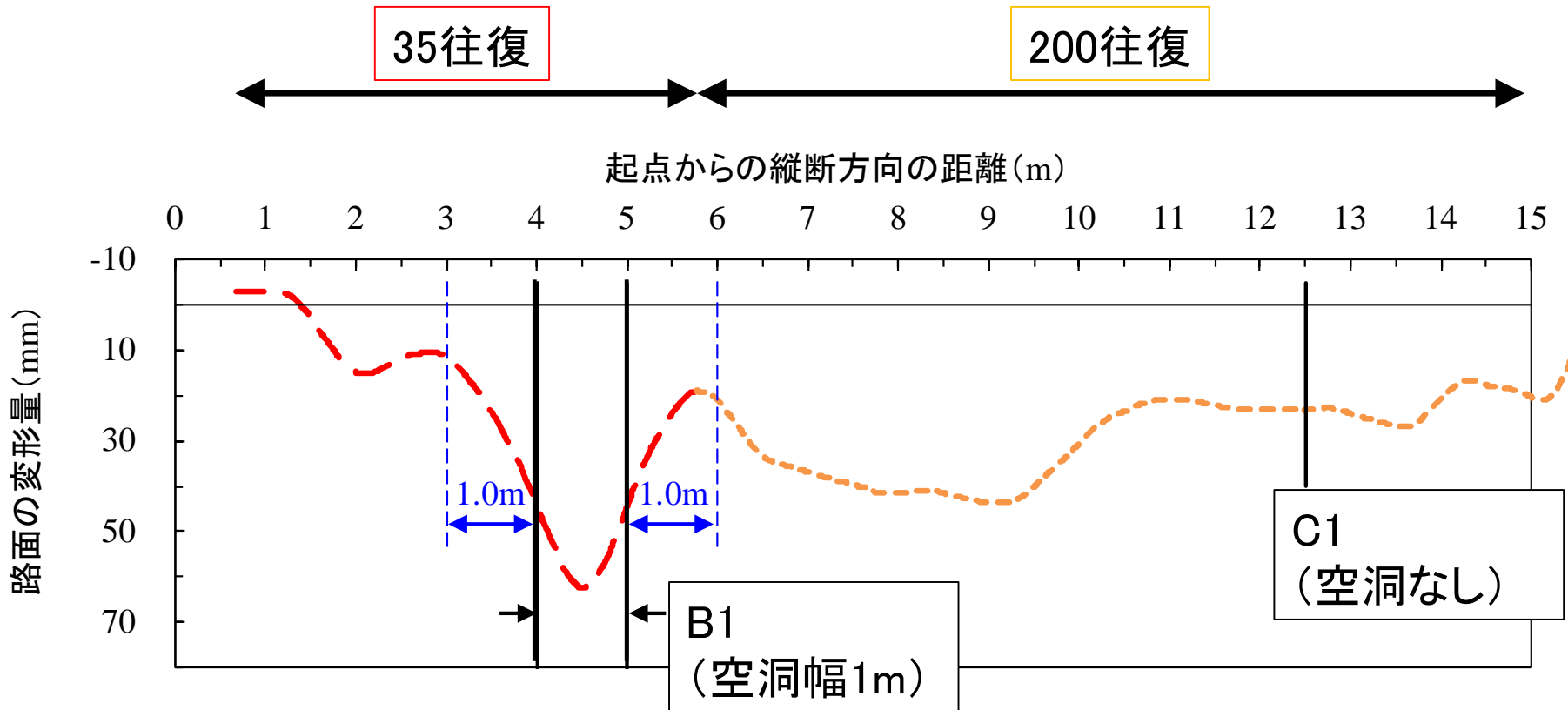
# 目次

---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と各種調査の方法
4. 調査結果(B1(空洞幅1m)とC1(空洞なし))
5. 考察、まとめ



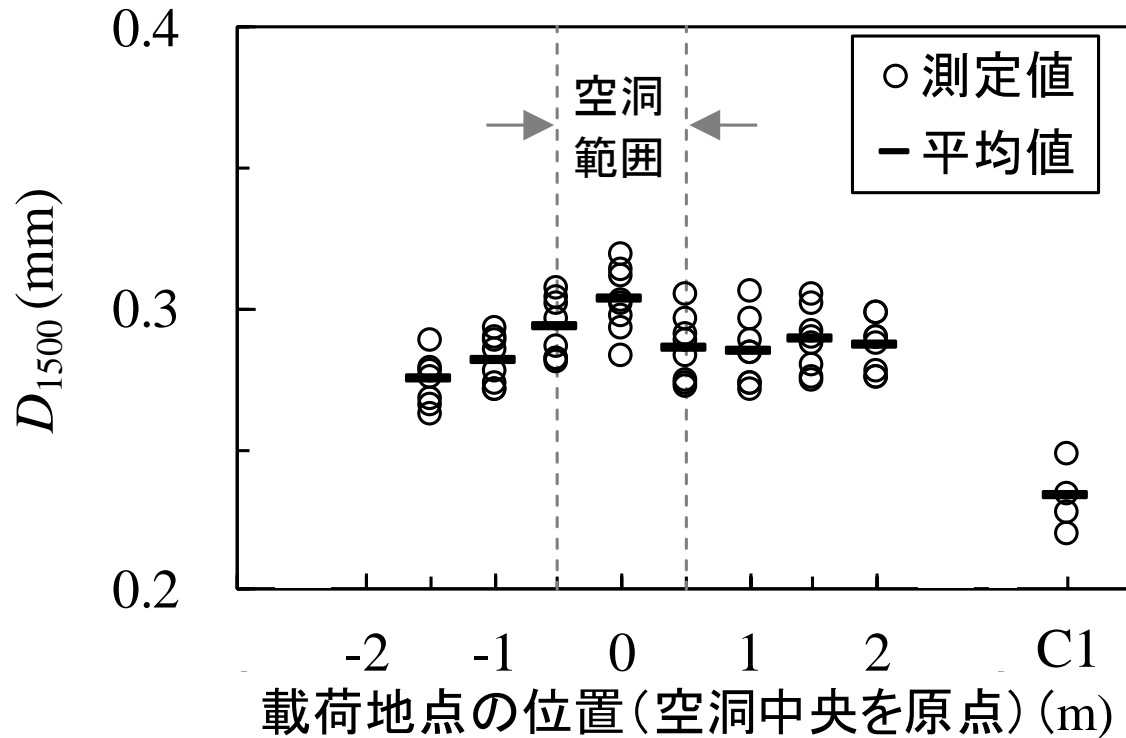
## 縦断形状 (B1とC1)



- B1の変形量は、35往復で65mmに達した
- 空洞より外側約1.0mでも変形が大きい  
→空洞周囲の緩み等が影響した？



## FWD調査結果 (B1とC1)

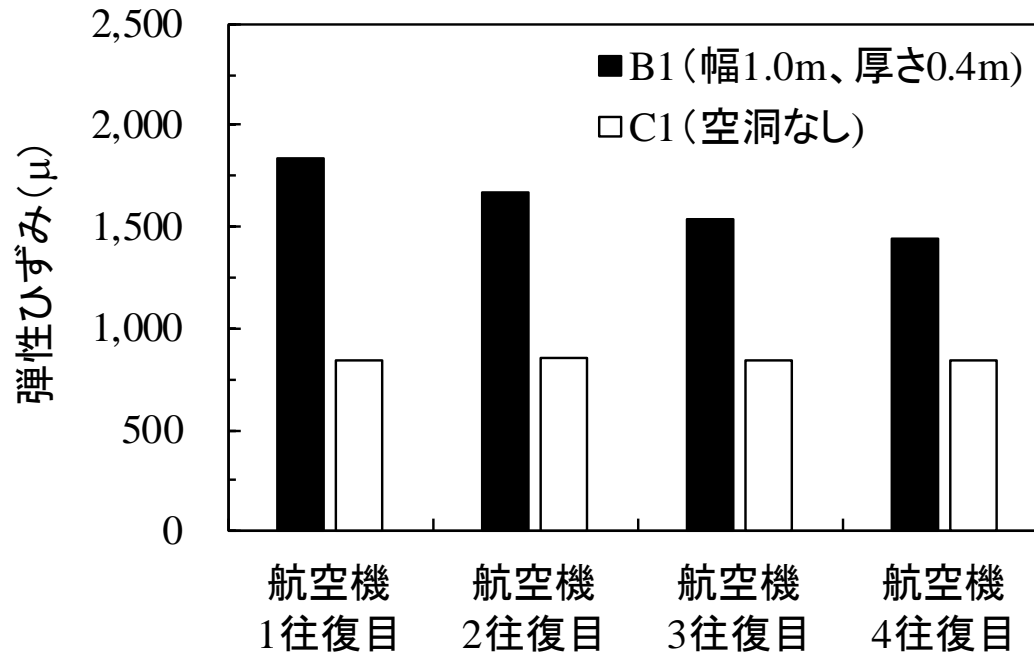


- B1付近の $D_{1500}$ は、空洞上だけでなく、空洞より外側でも、空洞がないC1よりも大きい
- 空洞の影響により、空洞周辺の支持力が低下





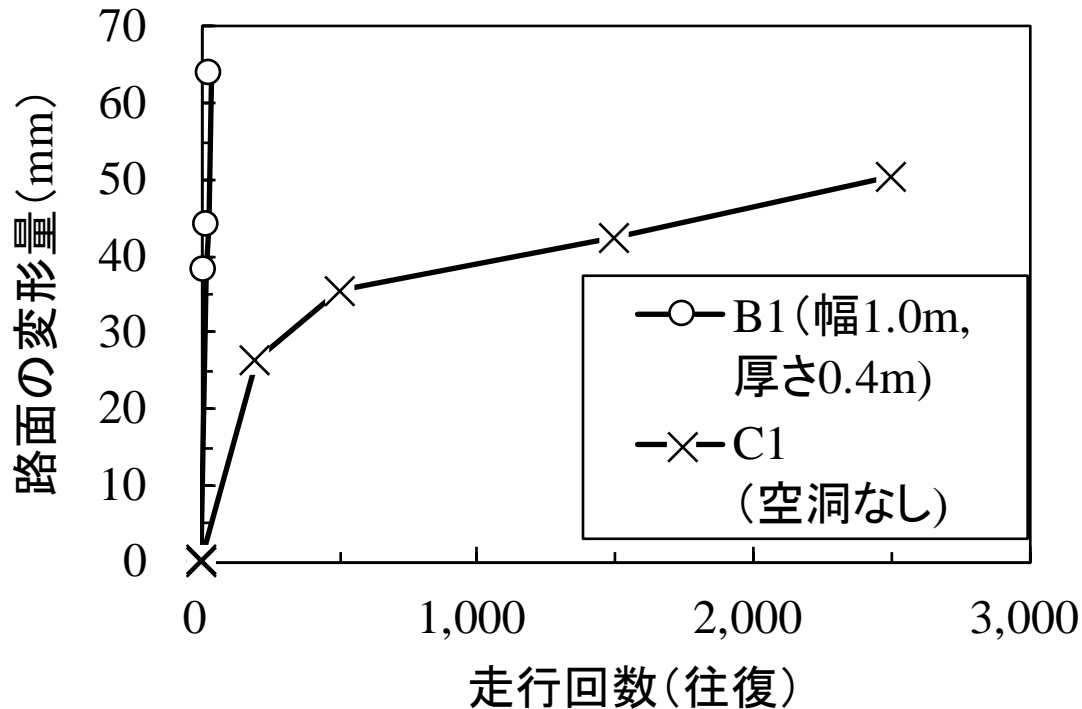
## アスコン層下面のひずみ(B1とC1)



- ・ 空洞幅1mのB1のひずみは、空洞なしのC1の1.7倍であり、空洞の存在でひずみが大きくなった



## 路面の変形量の推移 (B1とC1)



- B1の変形量は、走行回数の増加に伴い急激に増加
- 15往復後のB1の変形量は、500往復後のC1の変形量と同程度

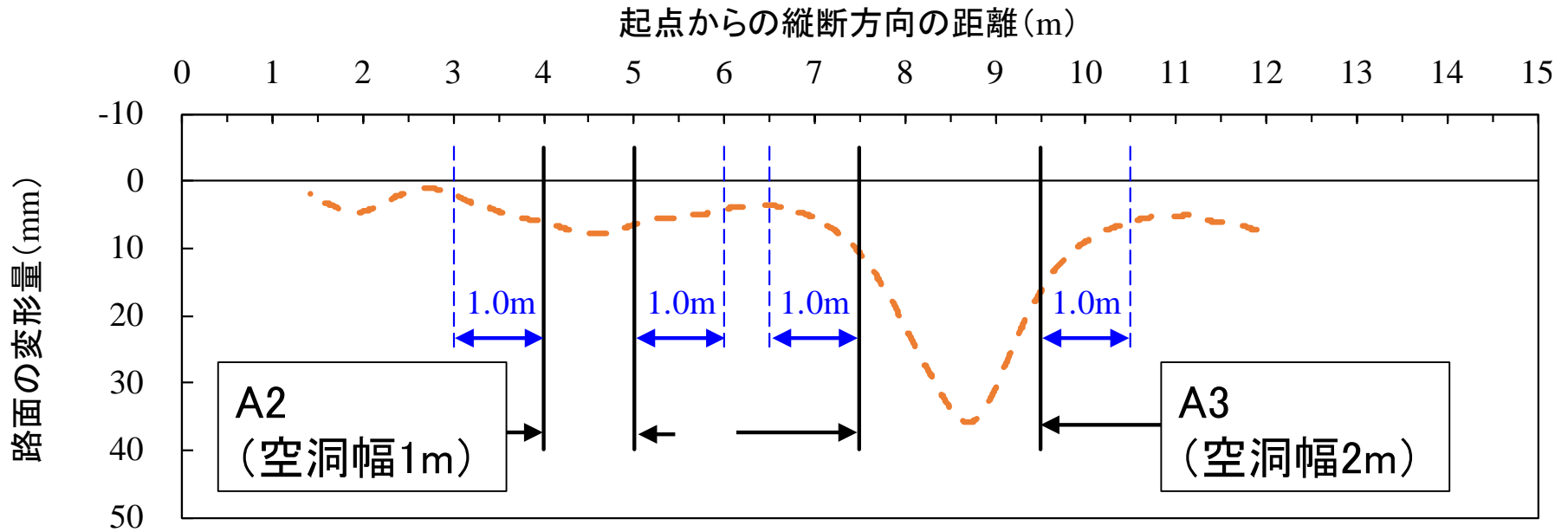
 目次

---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と各種調査の方法
4. 調査結果(A2～A4(空洞幅1～2m))
5. 考察、まとめ



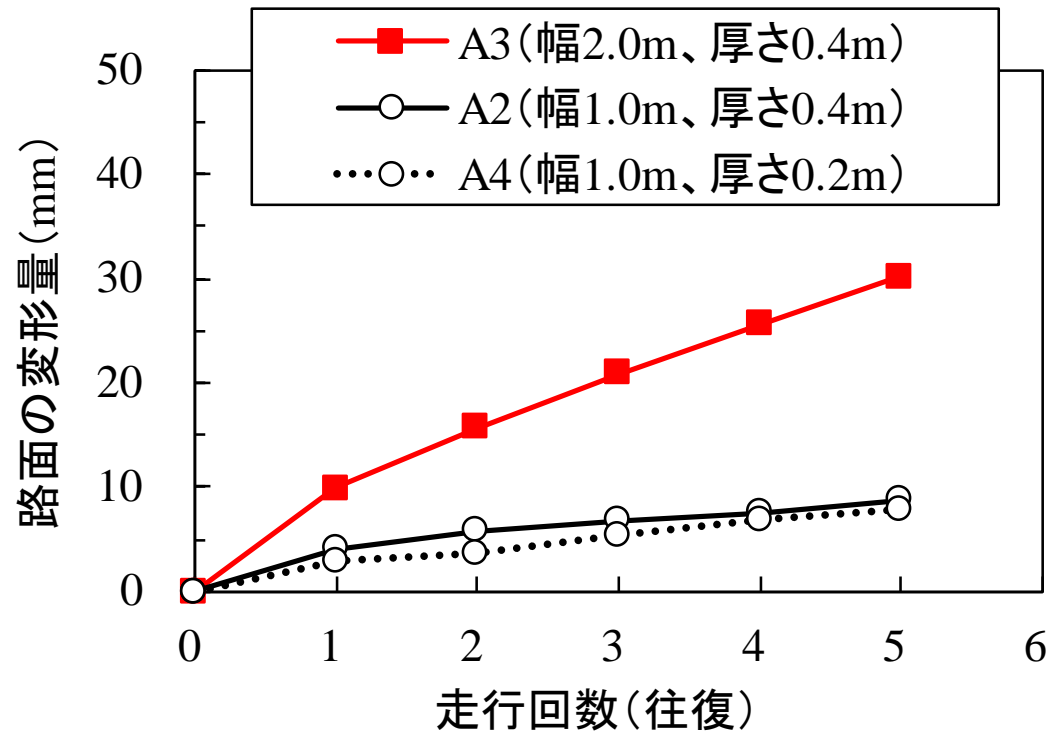
## 縦断形状(航空機荷重5往復後)



- A3の変形量は40mm、A2は10mm
- B1での結果と同様に、空洞より外側約1.0mまで変形が大きい



## 路面の塑性変形量の推移 (A2～A4)



- 6往復目に車輪がA3を通過した時に、路面が大きく変形したため、載荷装置のリミッターが作動し、車輪が停止  
→ 舗装が破壊した可能性



# 目次

---

1. 背景、目的
2. 試験舗装の製作
3. 走行試験と各種調査の方法
4. 調査結果
5. 考察、まとめ



# 空洞が生じた空港舗装の変形の進行に関する考察

路面の変形量に関する  
調査結果まとめ

アスコン層の平均温度	
約20°C	25～29°C
5往復後、 空洞幅1mで 10mm、 空洞幅2mで 31mm変形	35往復後、 空洞幅1mで 65mm変形

アスコン層の2017年の月別平均温度  
(月別平均気温から推定)

	那覇	福岡	大阪	東京	札幌
1月	22.5	9.6	9.5	8.5	0.3
2月	22.1	10.1	9.2	9.2	-1.5
3月	25.5	16.5	15.0	16.1	5.9
4月	27.4	21.7	20.0	19.7	11.8
5月	30.3	26.7	25.5	25.6	19.3
6月	33.0	29.1	27.7	27.8	21.1
7月	36.7	36.1	34.2	33.8	28.8
8月	37.2	36.2	35.2	32.8	27.5
9月	35.6	30.4	30.4	28.7	23.0
10月	33.4	25.4	24.3	22.0	15.9
11月	28.7	18.4	18.3	16.5	8.0
12月	23.4	11.5	12.0	10.6	1.0

前提条件を、本研究と同じ舗装構成と荷重条件の空港舗装とすると、  
路床に幅1.0m以上の空洞があると、春～秋では大きく変形することが懸念される。

## まとめ

---

危険な空洞の大きさや深さを明らかにするために、空洞を有する試験舗装で繰返し走行試験を行った。得られた主な知見は以下の通り。

- (1) 幅2mの空洞箇所では、As層が約20°Cの条件下で航空機荷重を5往復させると、最大で40mm変形した。幅1mの空洞箇所では、As層が25～29°Cの条件下で35往復させると、最大で65mm変形した。**条件次第だが、幅1m以上の空洞が路床に発生した場合には、航空機荷重により早期に大きく変形する可能性がある。**
- (2) 空洞直上のみならず、空洞より外側の路盤路床の支持力が低下し、走行荷重に伴う路面の変形範囲は、空洞より外側おおむね1mまで及んだ。その範囲は、空洞幅や厚さによらなかった。