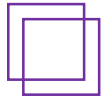


FWDを用いた舗装内部の 空洞検出方法について

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
2. 空洞を有するコンクリート舗装における
FWD調査
3. 空洞を有するアスファルト舗装における
FWD調査
4. まとめ

背景

- 地震直後の空港は、救援機(緊急物資輸送機等)の重要な拠点
- 「地震に強い空港のあり方検討委員会報告(2006、航空局)」で、**発災後3日以内に救援機を受け入れることが提言**
- 空港管理者は、**地震直後の限られた時間で**、目視点検と必要に応じて詳細点検を実施

2011年の地震時の仙台空港の復旧概要

日付	地震発生からの経過日数	事象
3/11	0	地震発生
		仙台空港に津波到達
3/12	1	-
3/13	2	津波注意報解除、被害状況の確認開始
3/14	3	土砂・瓦礫撤去作業開始
3/15	4	B滑走路(600m)の暫定供用開始(救難活動用ヘリコプター限定)
3/16	5	B滑走路(1500m)の暫定供用開始(緊急物資輸送機限定)
3/29	18	B滑走路(3000m)の暫定供用開始(緊急物資輸送機限定)
4/13	33	国内線臨時便就航(仙台空港の暫定供用開始)

背景

- 2011年東北地方太平洋沖地震では仙台空港の基礎地盤が液状化した。その際、舗装が沈下し、場所によっては空洞が発生した
- 空洞の規模によっては沈下などの変状が表れず、目視点検では分からない場合もありえる
- 空洞の見落としは、航空機の走行に伴う突発的な陥没につながる可能性がある
- 空洞の発生が懸念される場合、詳細点検で、空洞の有無と舗装の健全性を把握することが重要である

地震後のAs舗装の沈下



背景

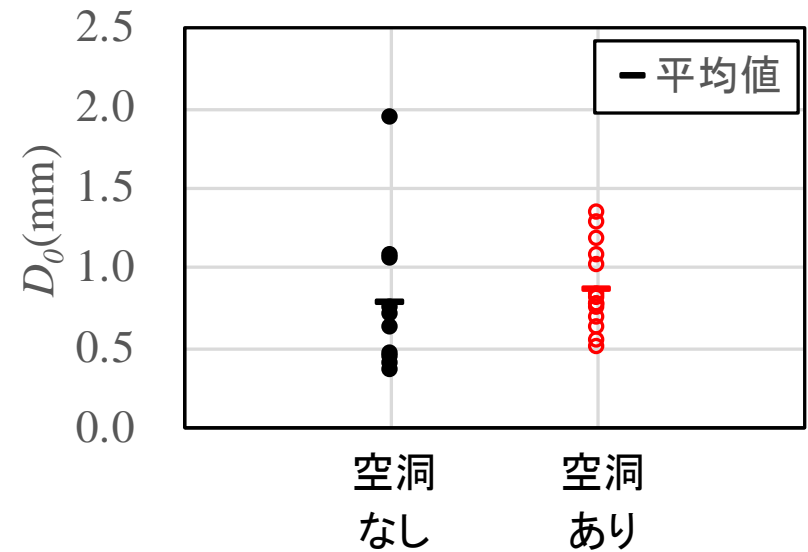
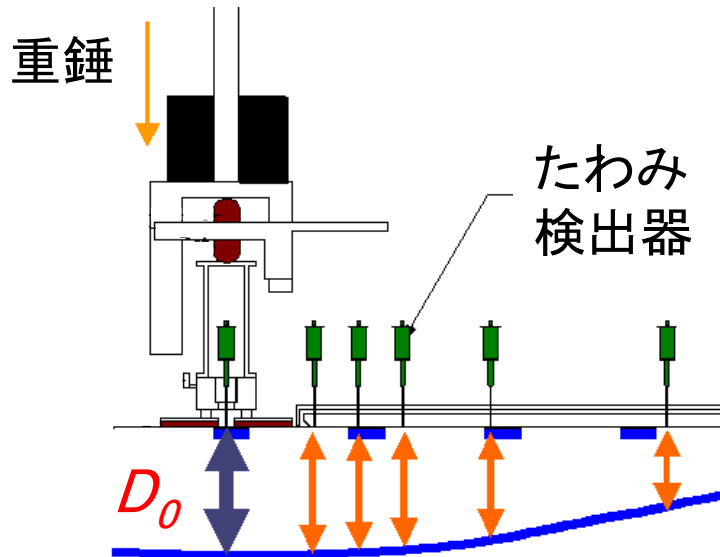
- 空洞検出と健全性評価のための調査機器は、地震直後に容易に調達できるものが望ましい
- FWDは、比較的調達しやすい、また、舗装の構造的な健全性を定量的に評価できる
- 地震直後の詳細点検で、FWDにより空洞を検出できないか？

	舗装構造の健全性	空洞有無
FWD	○	?
地中レーダ	×	○

地震直後の仙台空港でのFWD調査

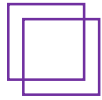


背景



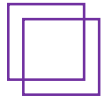
舗装に空洞があれば、载荷直下たわみ D_0 が大きくなるはずであるが、 D_0 では空洞有無で差が出にくい場合あり

→ 空洞検出に適した指標を検討



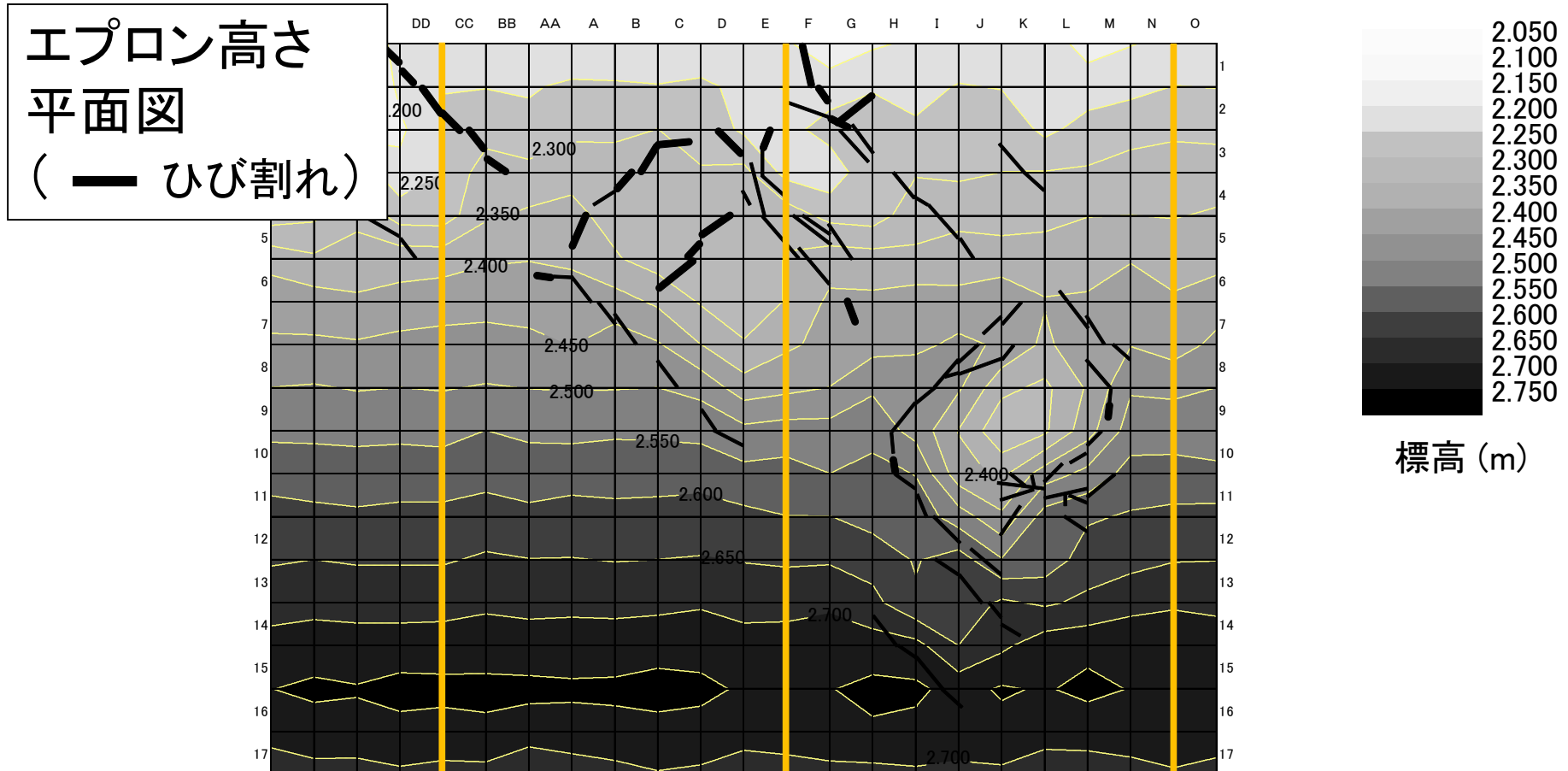
目次

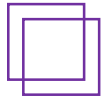
1. 背景
2. 空洞を有するコンクリート舗装における
FWD調査
3. 空洞を有するアスファルト舗装における
FWD調査
4. まとめ



コンクリート舗装の調査箇所

- 2011年東北地方太平洋沖地震後の仙台空港エプロン
- 沈下と空洞が発生したコンクリート舗装
- 空洞の平面分布は不明



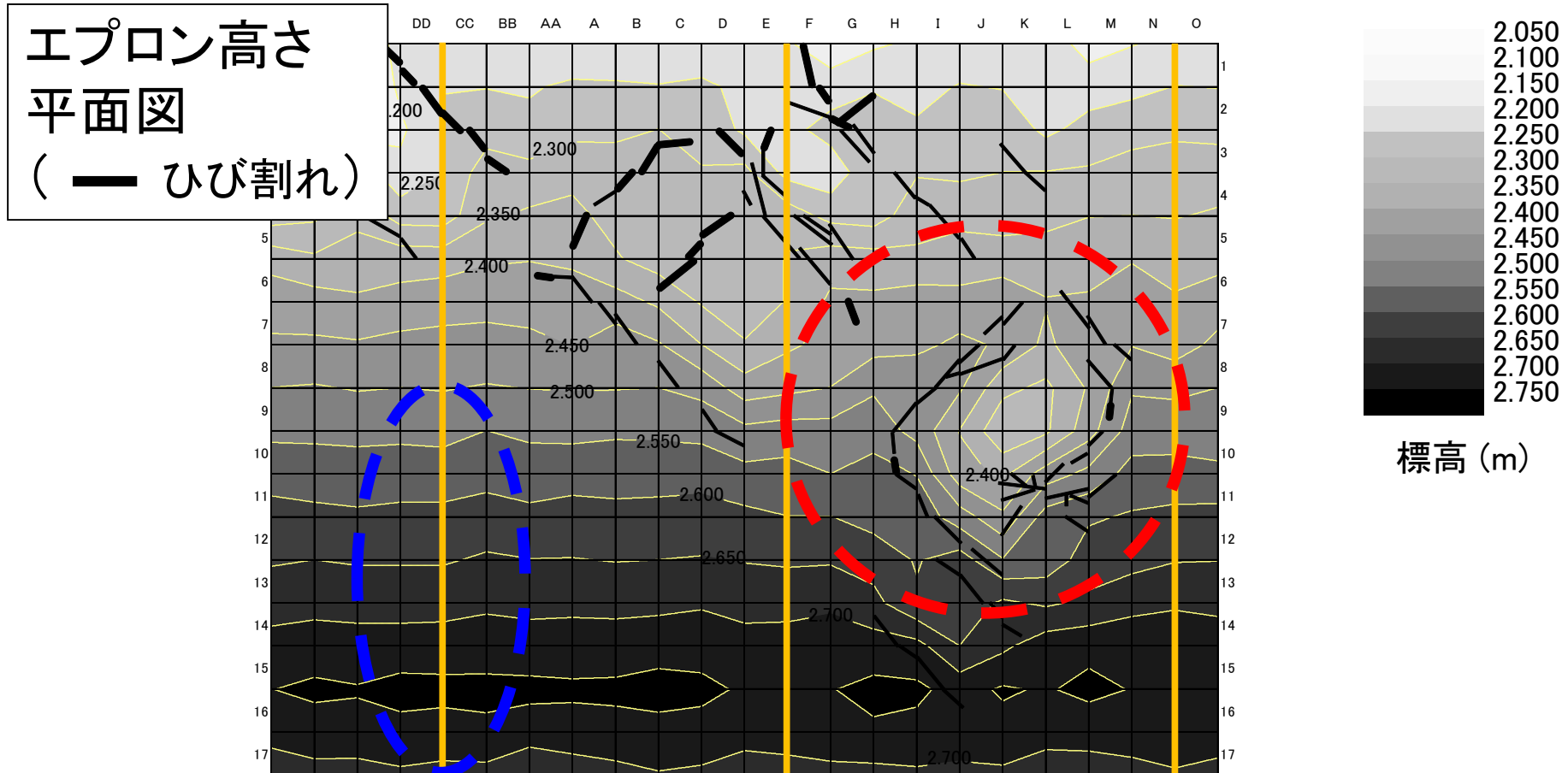


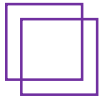
分析データ

“沈下あり、D0大”のCo版20箇所（**沈下版群**）

→空洞がある可能性大

“沈下なし+D0小”のCo版20箇所（**非沈下版群**）





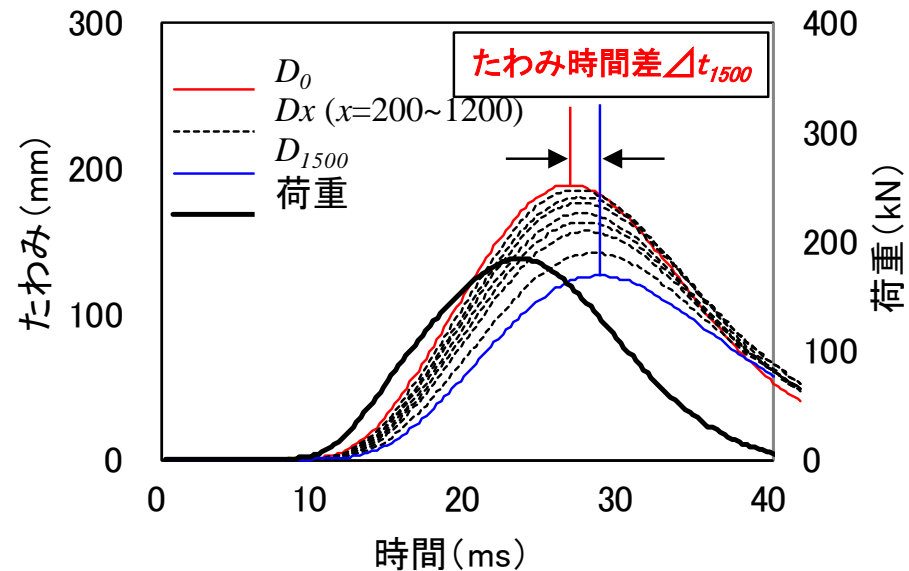
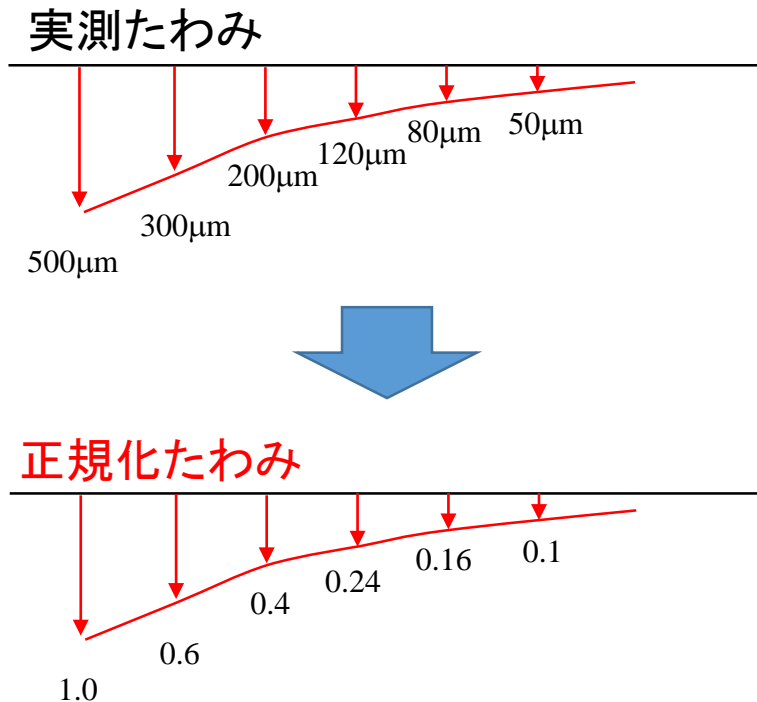
空洞検出として新たに提案する指標

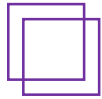
① 正規化たわみ

D0(荷重直下たわみ)で正規化した各位置のたわみ

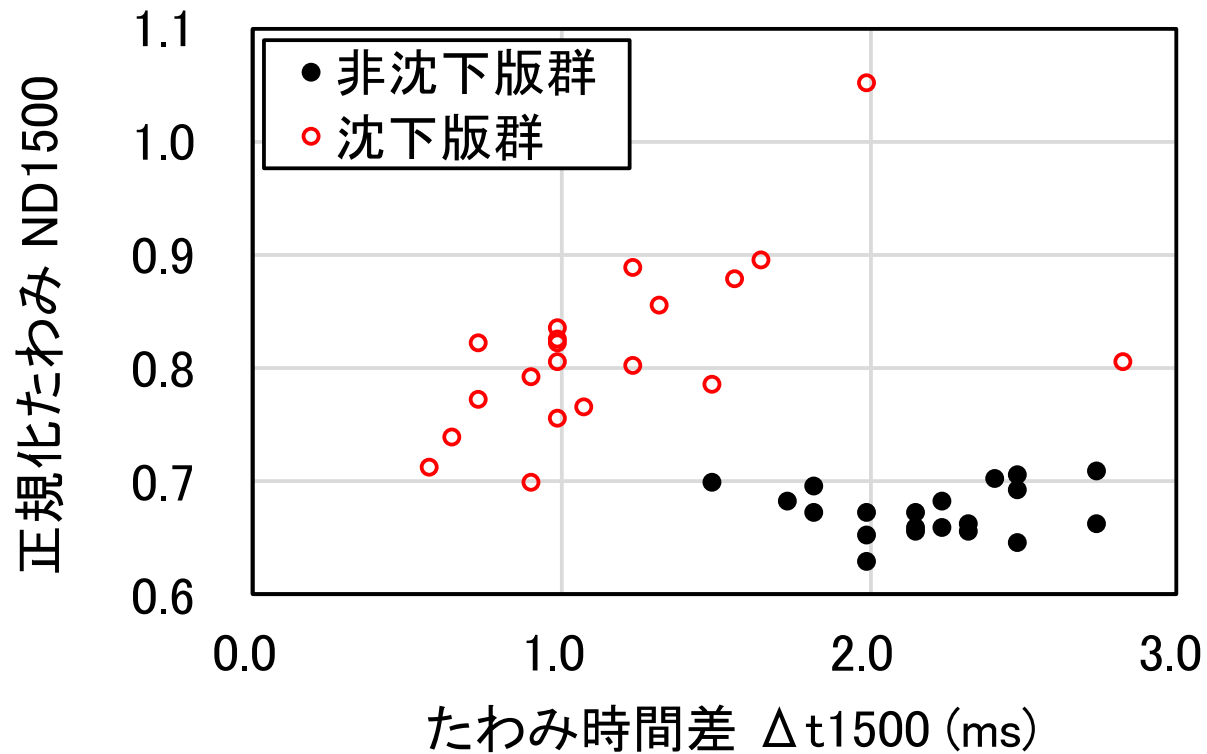
② たわみ時間差

D0ピークから他のたわみピークまでの時間遅れ

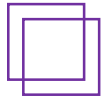




正規化たわみとたわみ時間差の関係(D1500)

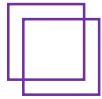


沈下版群では、
正規化たわみが大きく、たわみ時間差が小さくなる傾向



目次

1. 背景
2. 空洞が生じたコンクリート舗装における
FWD調査
3. 空洞を有するアスファルト舗装における
FWD調査
4. まとめ



製作した試験舗装

屋内試験場で舗装構築

・舗装厚

アスコン層: 31cm

(表基層・上層路盤)

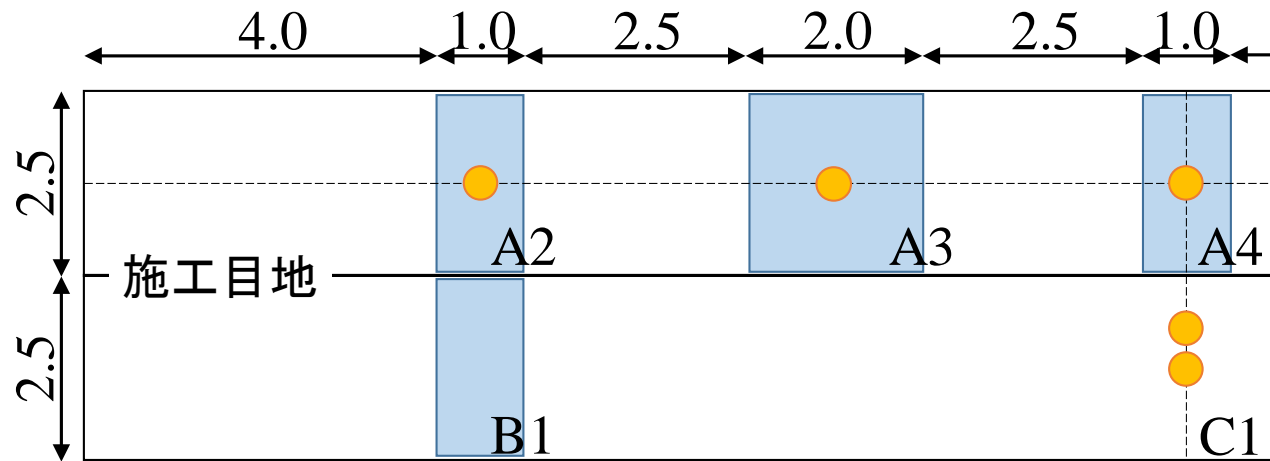
粒状下層路盤: 64cm

・空洞諸元

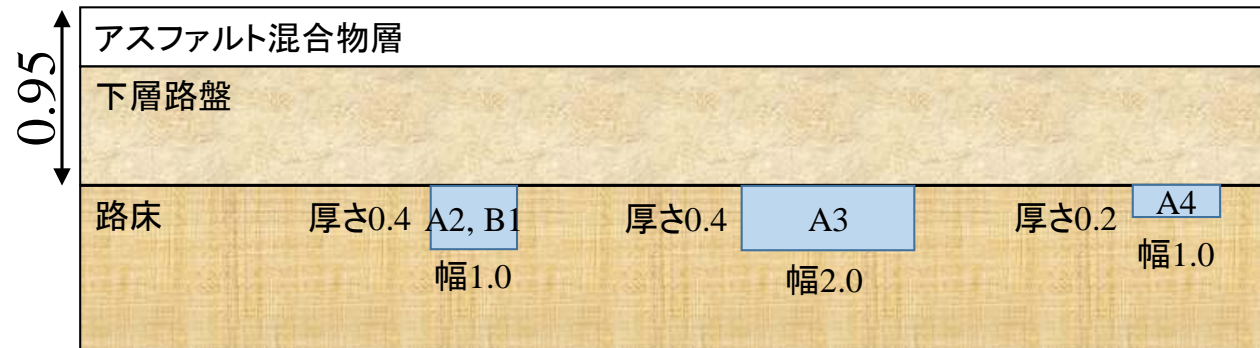
全て路床上部

【平面図】

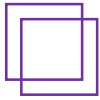
単位: m : 空洞 : FWDの载荷地点



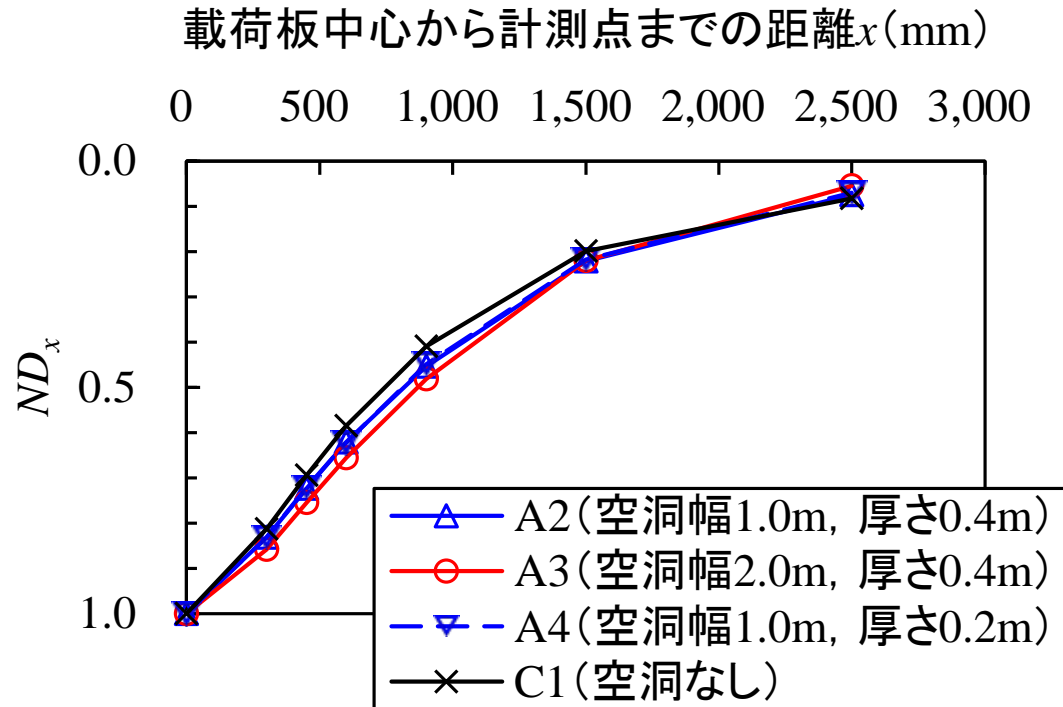
【断面図】



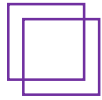
	空洞幅	空洞厚
A2, B1	1.0m	0.4m
A3	2.0m	0.4m
A4	1.0m	0.2m



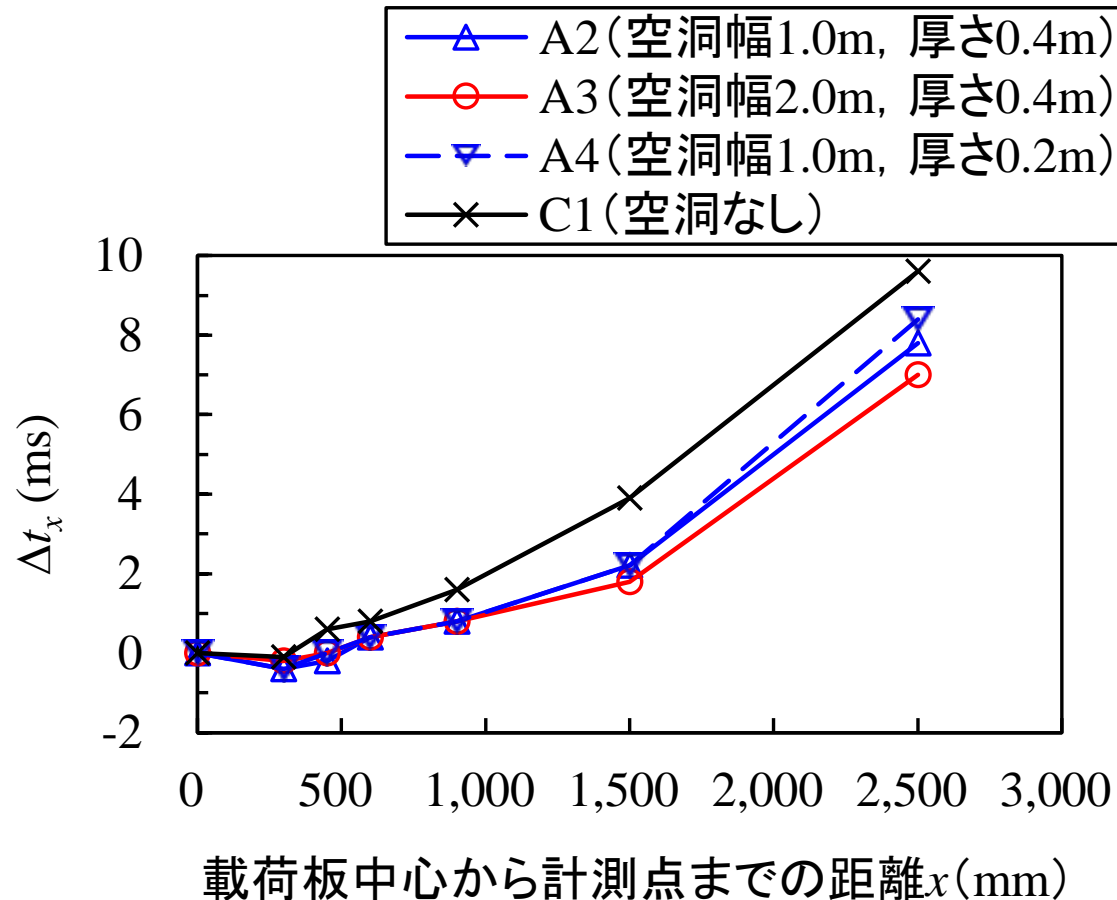
正規化たわみに関する結果



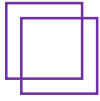
空洞ありでの ND_x は、空洞なしより少し大きい



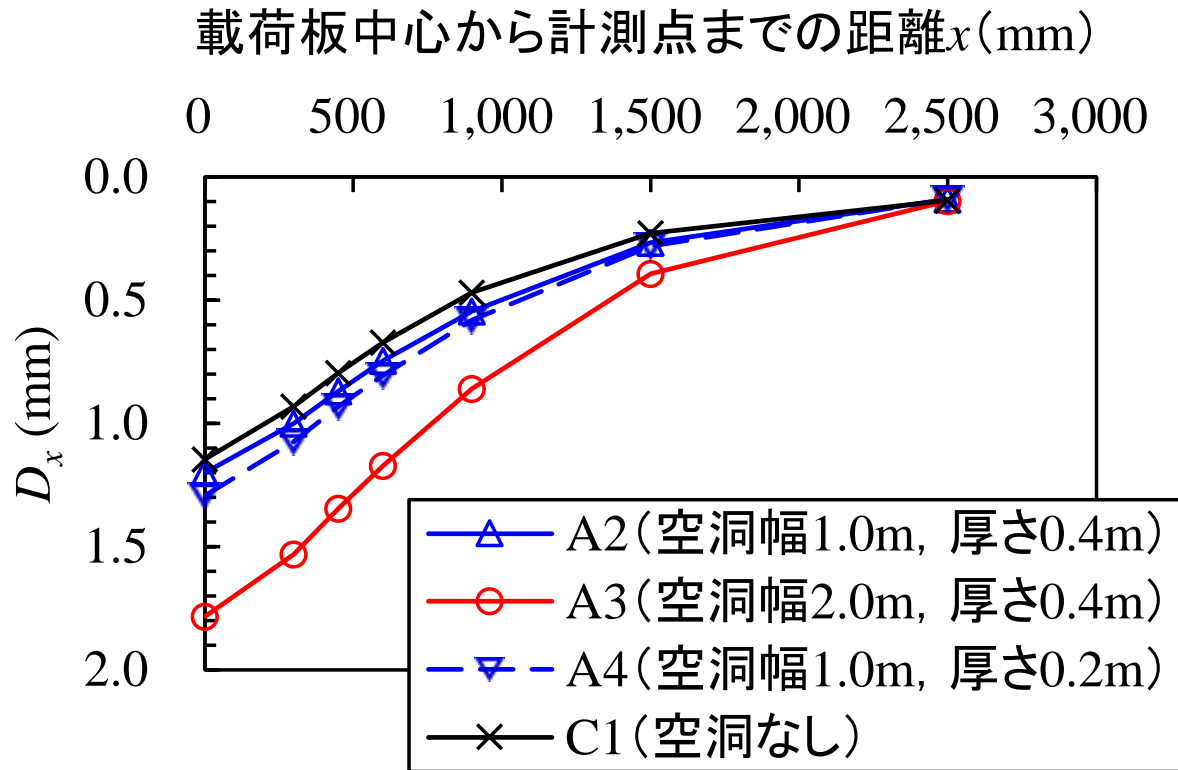
たわみ時間差に関する結果



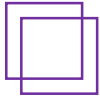
空洞ありでの Δt_x は、空洞なしより小さい



最大たわみに関する結果

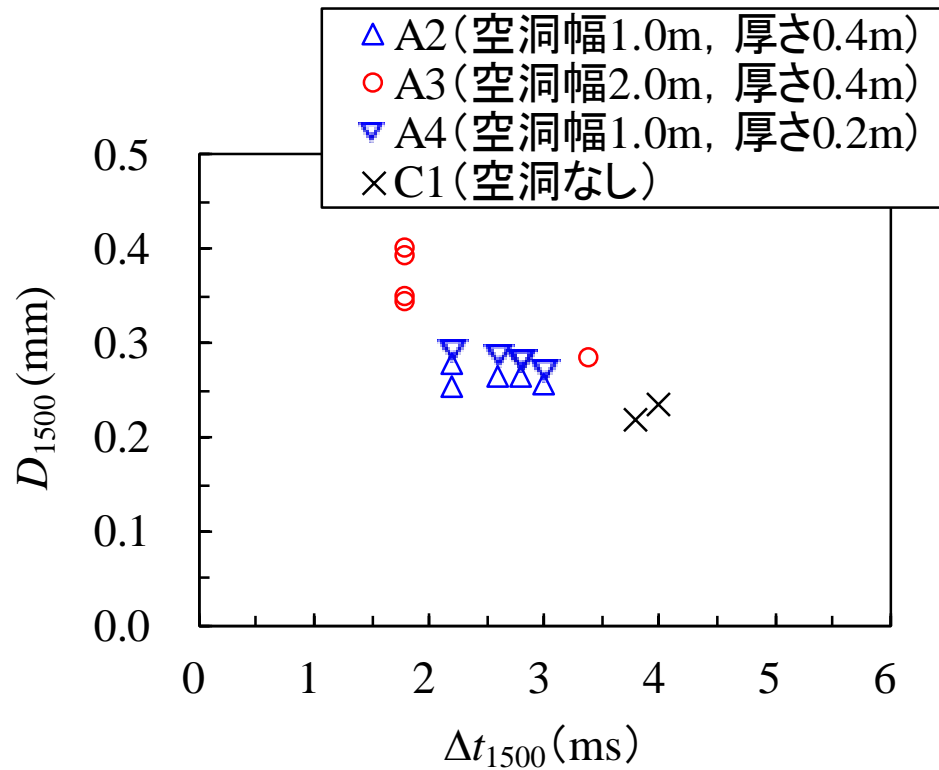


空洞あり(A2、A3、A4)での D_x は、空洞なし(C1)より大きい



最大たわみとたわみ時間差の関係

D_{1500} と Δt_{1500} の関係



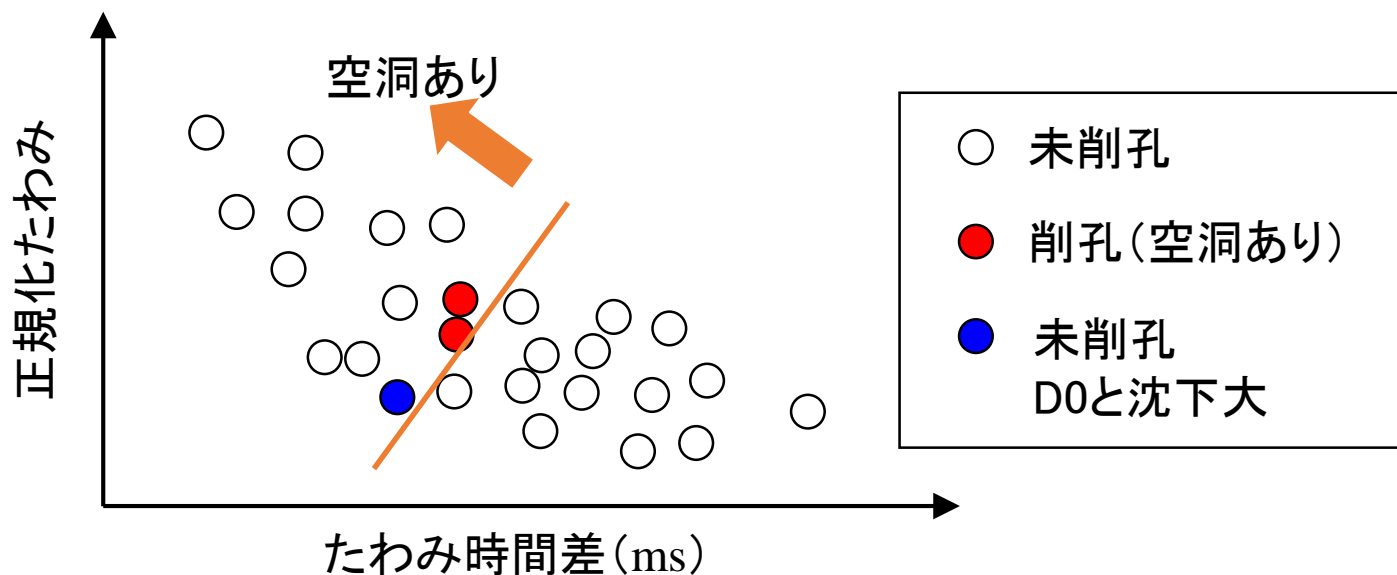
空洞の有無や空洞幅の違いが表れる

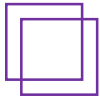


地震直後の空港舗装における空洞判定イメージ

何らかの方法で、空洞の有無の判定が必要

→ 沈下とD0が大の位置があれば、そこを空洞がありとして、境界線を設定(どうしても必要であれば、削孔で1~2点確認)





まとめ

1. コンクリート舗装におけるFWDによる空洞検出として、正規化たわみとたわみ時間差を複合的に用いることを提案
2. アスファルト舗装におけるFWDによる空洞検出として、最大たわみとたわみ時間差を複合的に用いることを提案
3. いずれも単純かつ定量的な評価指標である