

# 路面陥没の実態・メカニズムと その対策

東京大学生産技術研究所  
桑野玲子

# 国内外で頻発する道路陥没

(路面下空洞対策戦略会議第2回WG資料を再構築)





# 国内外で頻発する道路陥没

Bronx, New York, USA (2015/5/11)



Tredo, Ohio, USA (2012/8/1)



Mumbai, India (2009/12/4)



Liverpool, UK (2008/11/11)



Beijing, China (2011/4/28)



Bangkok, Thailand (2012/3/20)



Phuket, Thailand (2009/8/29)



Bronx, New York, USA (2010/4/8)

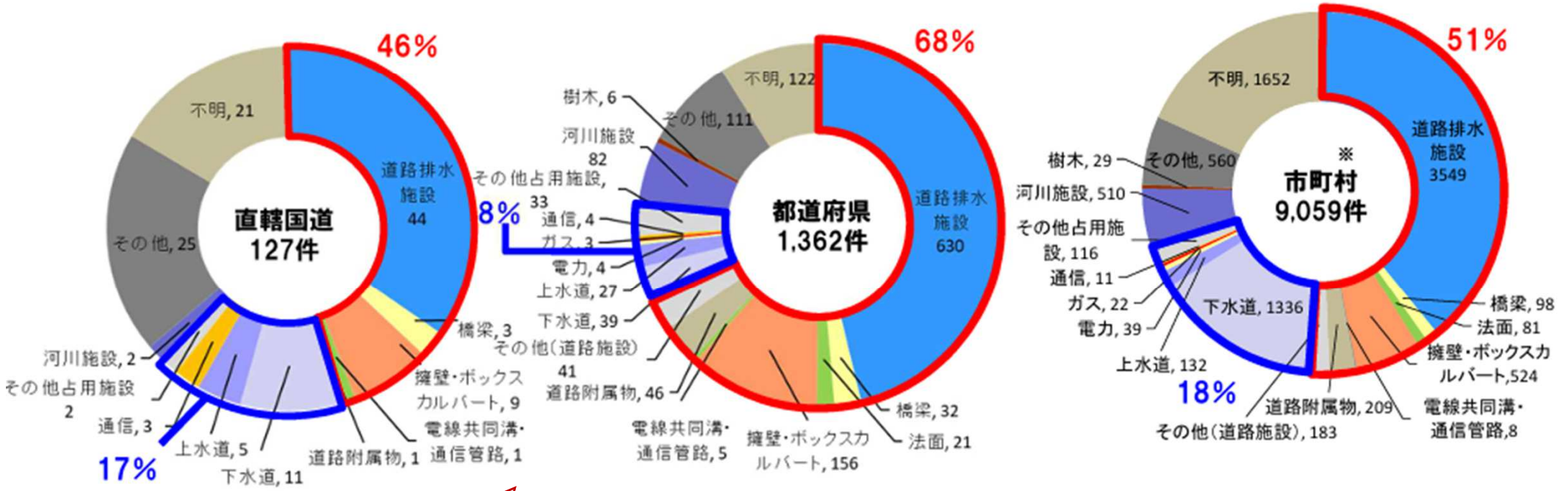




# 都市の道路路面陥没

令和4年度

道路の陥没発生件数とその要因：道路陥没発生件数の内訳



総数約10000件

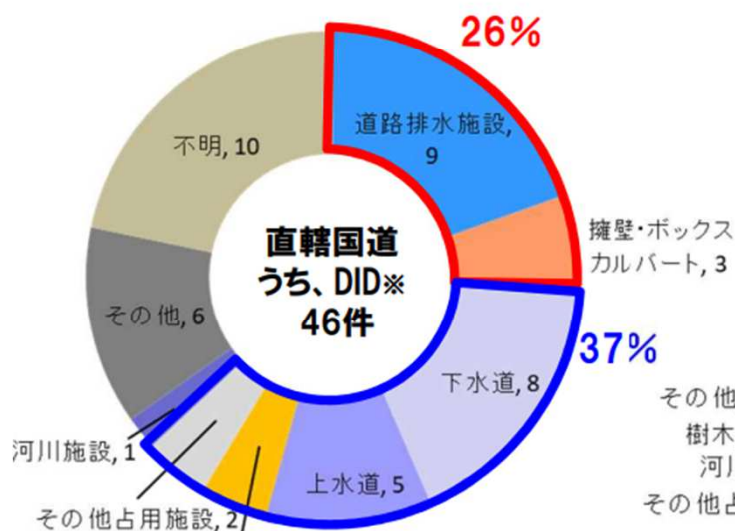
\* ポットホールは含まない     道路施設が要因の陥没     道路占有物件が要因の陥没    (出典)道路局調べ

# 都市の道路路面陥没

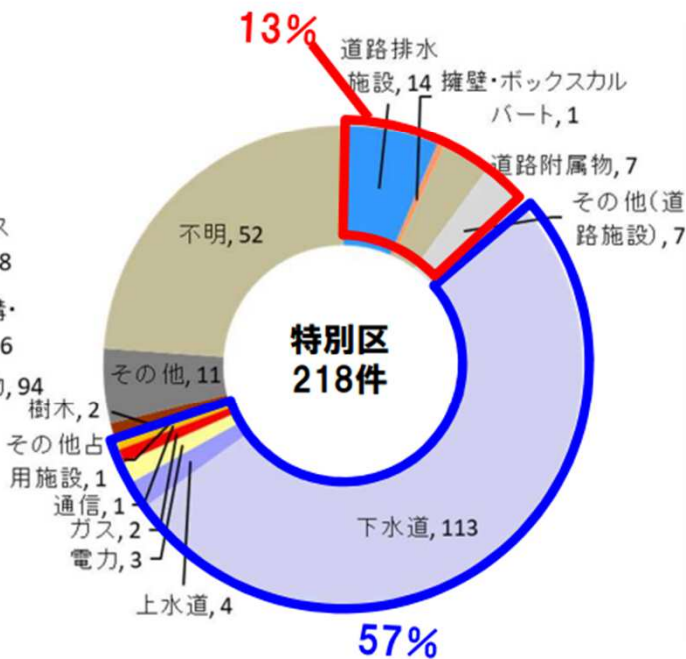
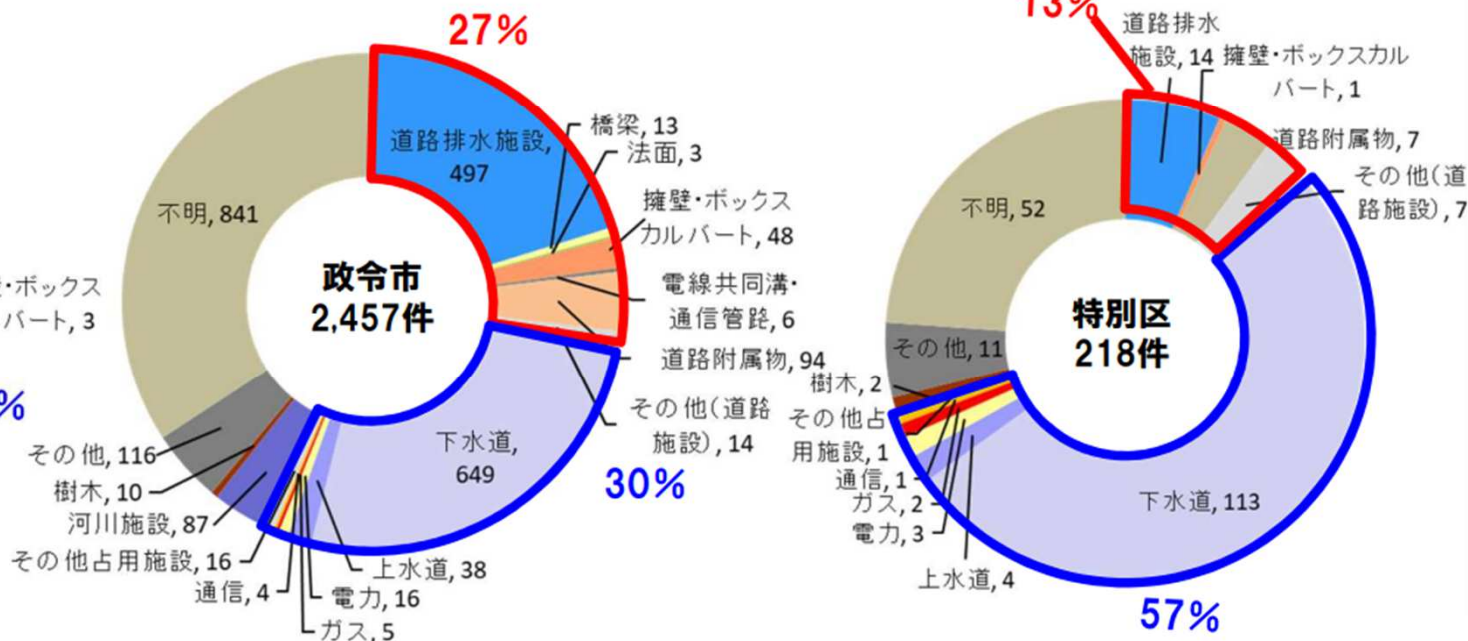
都市部における道路の陥没発生件数とその要因：道路陥没発生件数の内訳

令和4年度

下水道など埋設管起因が多い  
原因不明も多数



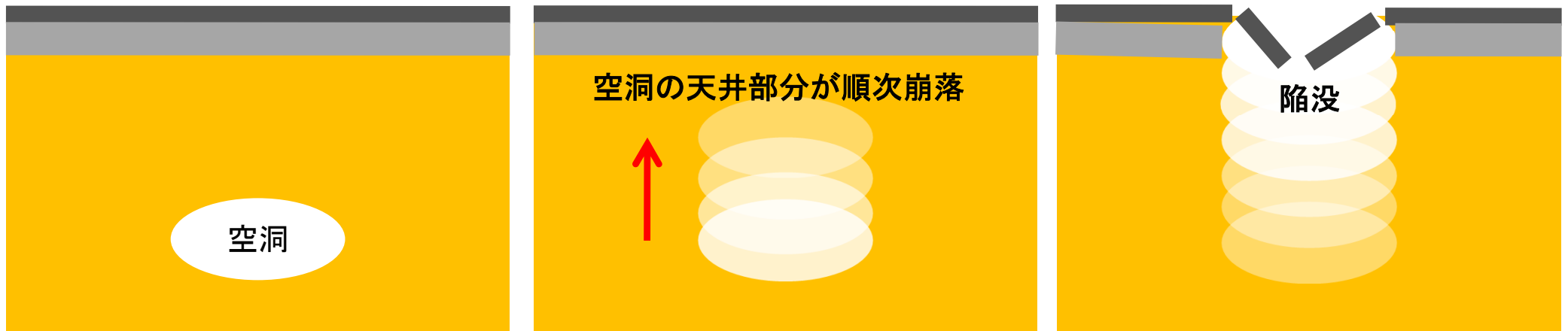
※ DID:人口集中地区



\* ポットホールは含まない      道路施設が要因の陥没      道路占用物件が要因の陥没    (出典)道路局調べ

# 陥没の原因となる地盤内空洞

## 地盤陥没のプロセス



何らかの原因により空洞生成

降雨や地下水の上昇により進展

地表面近くまで空洞やゆるみが発達し陥没

### 自然生成：

- ・ 鍾乳洞など自然に生成した空洞、水みち、パイピング

### 人工空洞：

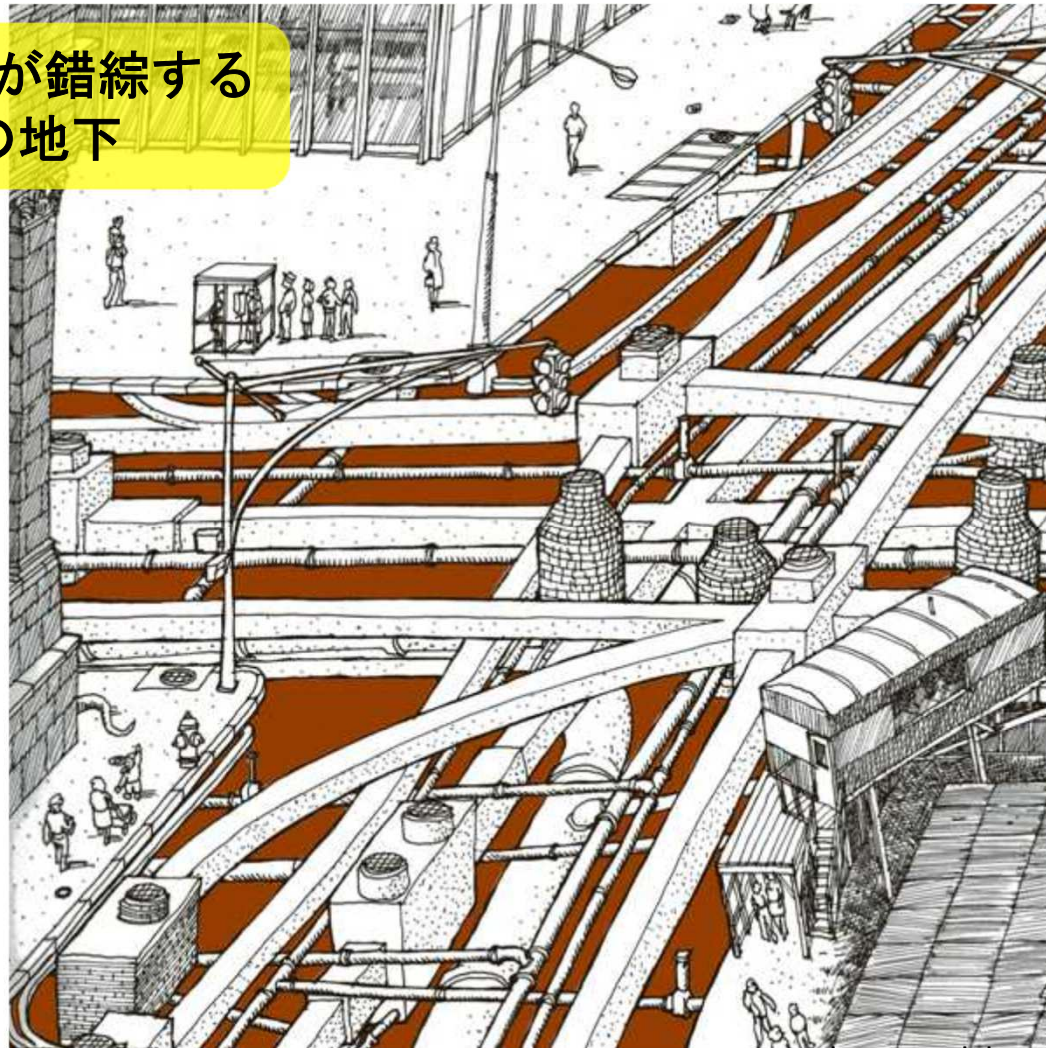
- ・ 採石跡
- ・ 防空壕や軍用トンネル
- ・ 盛土内排水管、下水や上水などの地下埋設管
- ・ トンネル工事起因の急速な土砂流出



# 人工生成の地盤内空洞による陥没

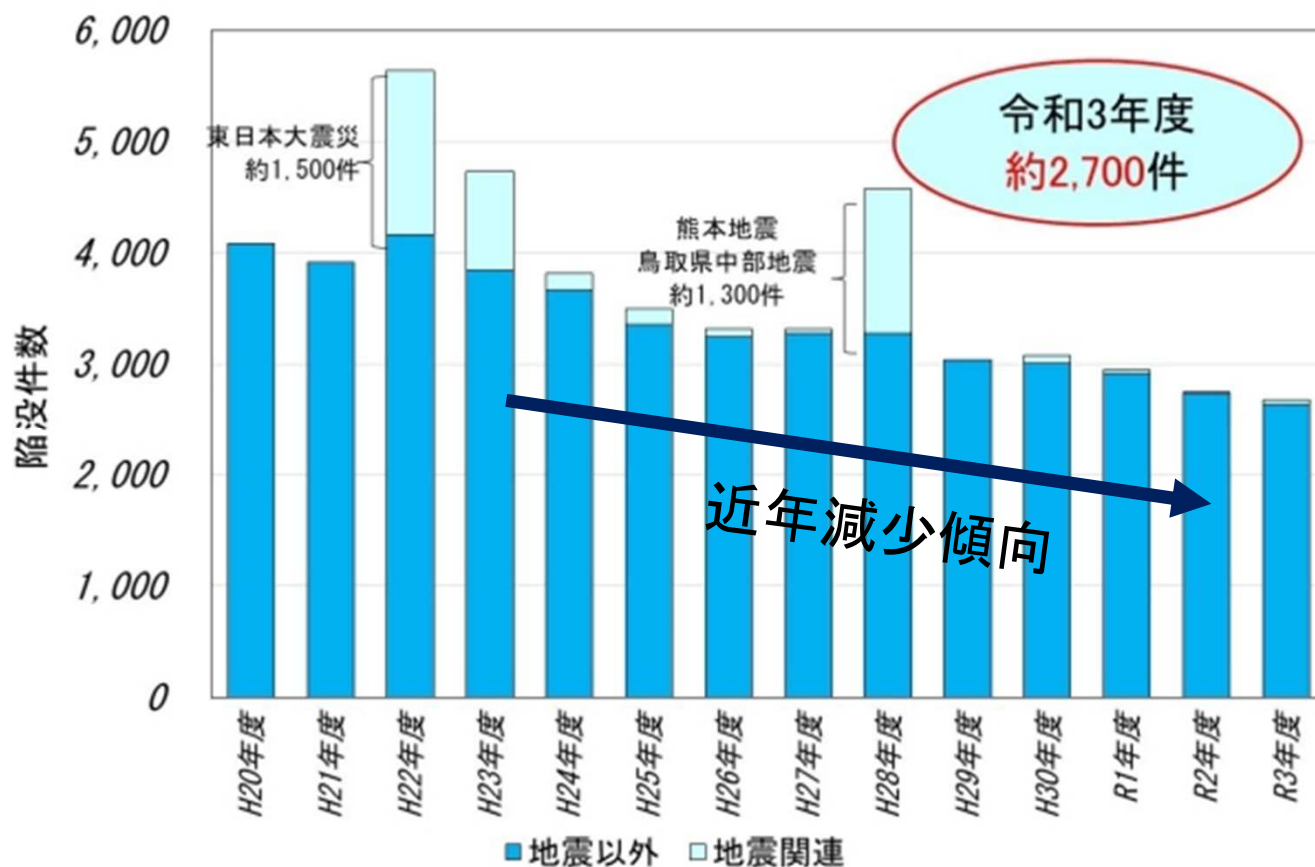
都市部では、  
地下利用の高度化・輻輳化に伴う埋設物起因の空洞・陥没が主体

地中構造物が錯綜する  
都市の地下

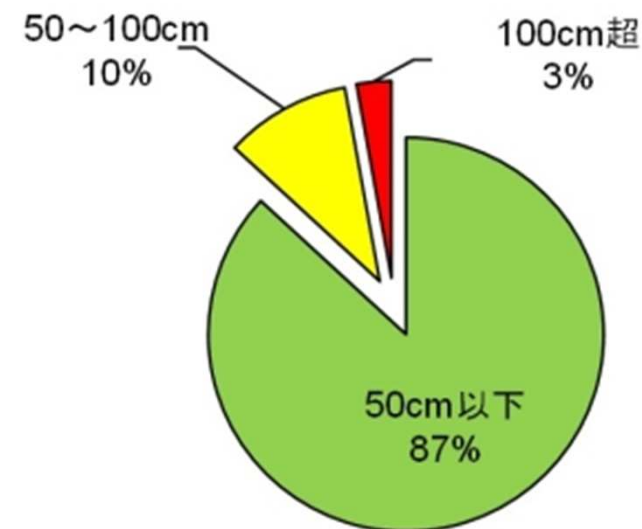


# 下水管路に起因する道路陥没

## 下水管路に起因した道路陥没件数の推移



## 道路陥没深さ



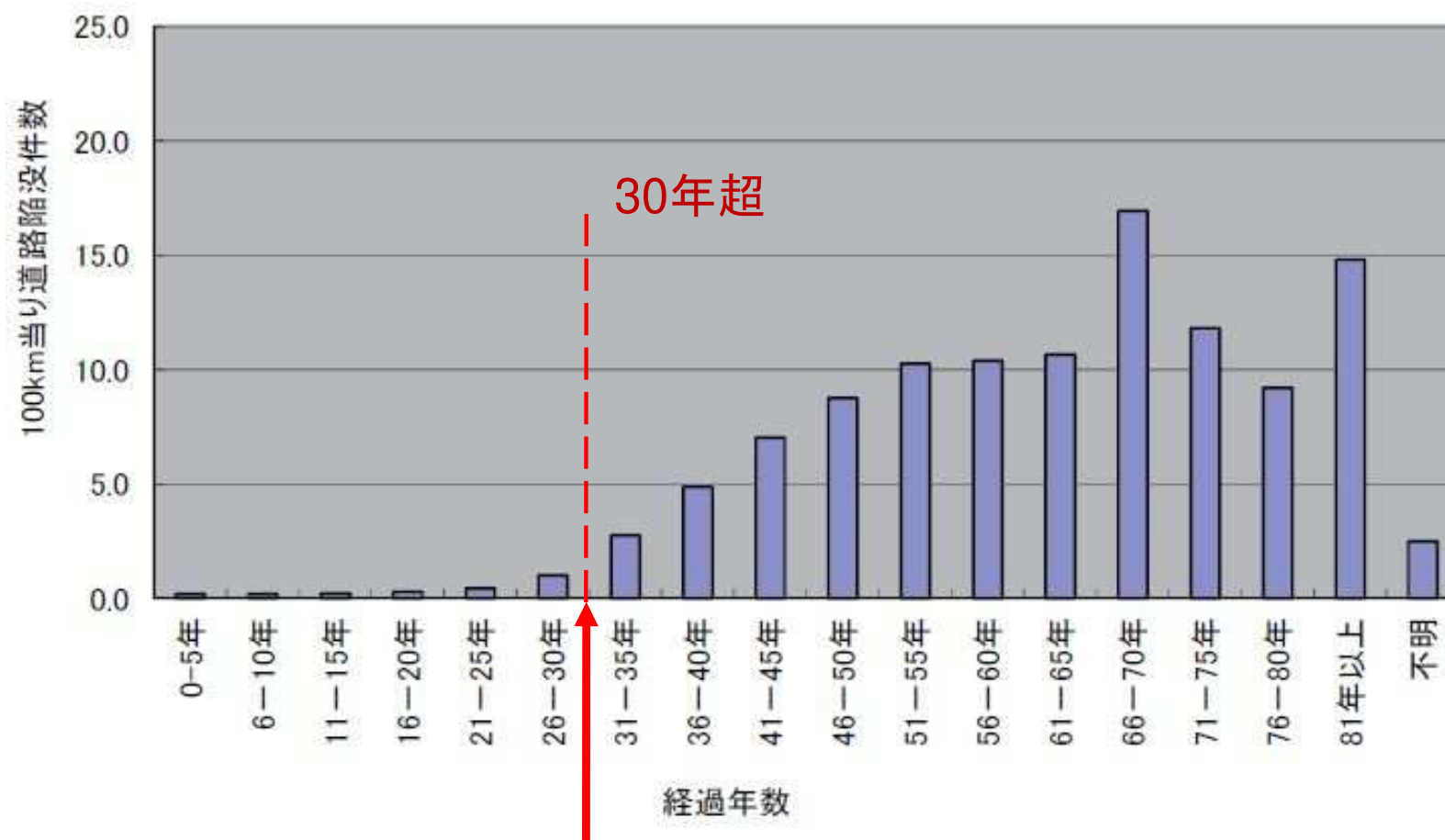
約9割が50cm未満の浅い陥没で規模の小さいものがほとんど

年間約3000件！



# 下水管の損傷による道路陥没

## 下水管の経過年数と道路陥没発生頻度

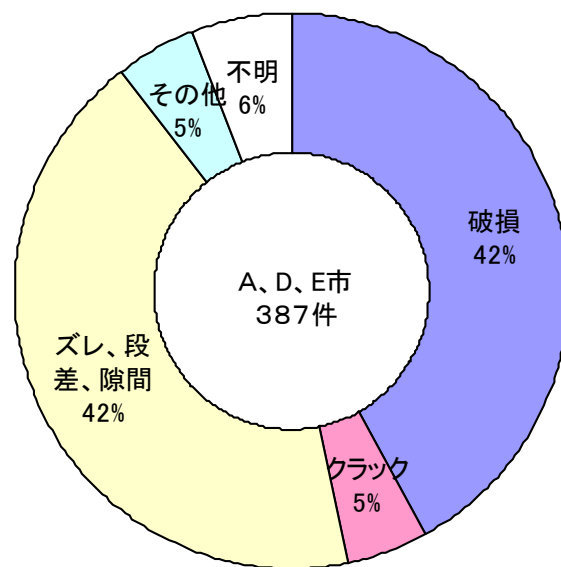


下水管敷設後30年を経過すると道路陥没の発生が増加する。

# 破損の状況



塩ビ管継手部のクラック



2001～2002年に発生した陥没について土木研究所調べ

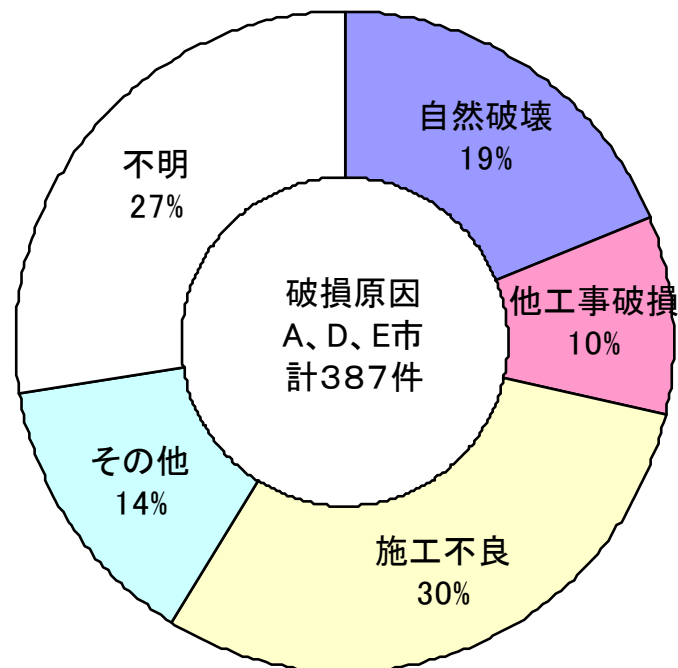


腐食による破損

破損の原因は明確に特定できない場合も多い。クラックやズレ、隙間などの軽微な損傷も道路陥没に至る場合がある



# 推定される破損の原因



自然劣化と施工不良(埋設土の締固不足等)による破損の見分けは明確ではない。

老朽化による劣化は下水中の硫化水素により促進される。

他工事による破損も無視できない。



ガス管や水道管により破損した下水管

# 下水管と道路陥没

---

- 管渠の老朽化と道路陥没には明らかな相関がある。
- 管渠の軽微な損傷でも道路陥没を引き起こすことがある。
- 陥没発生件数が多いのは、
  - 供用後25～30年以上経過した管
  - 夏季
  - 降雨時・降雨後
  - 陶管、次にコンクリート管
  - 取付管、またその接続部

ただし、付近に管の損傷が確認されない陥没事例(原因不明)も少なくない。



# 路面下空洞 → 道路陥没



← 知らぬが仏??

陥没数 ≪≪ 空洞数

陥没を未然に防ぐための  
路面下空洞探査

何故路面下空洞ができるのか？  
空洞がどのように拡大・進展し、路面陥没に至るのか？

# 空洞探査

## 一次調査（路面下空洞探査車による計測+データ解析）

空洞の可能性のある信号を抽出

**空洞上面の大きさと深さ**

路面下空洞探査車  
による計測



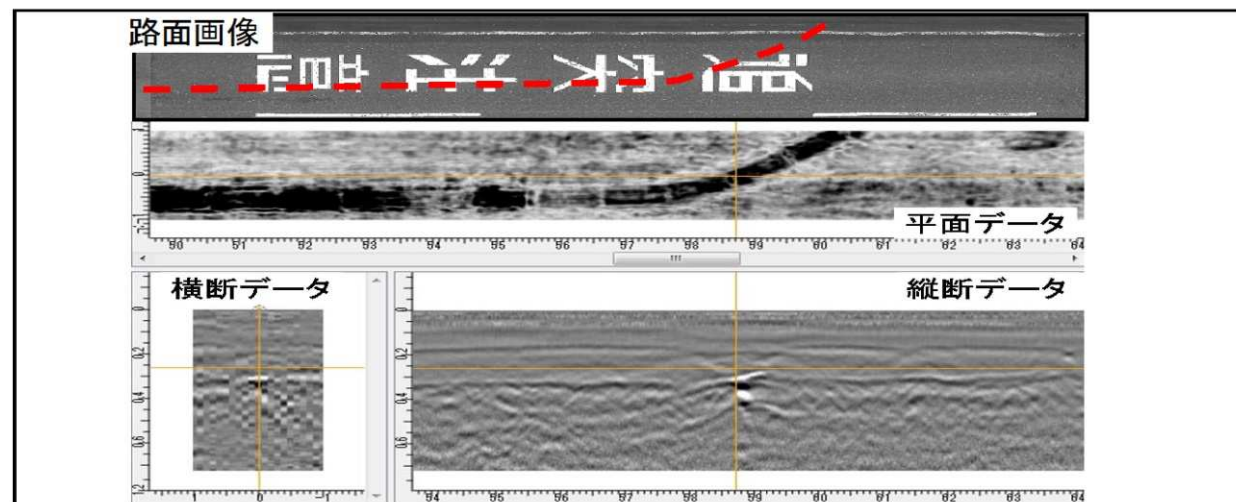
三次元データ化

データ解析

1.5m以浅、  
0.5m四方以上  
の大きさの空洞を探査



最大100km/hで  
走査可能



最近では深さ3mまでの空洞を探査可能なアンテナあり



# 空洞探査

## 二次調査(手押型地中レーダ調査+スコープ調査)

### 手押型地中レーダ調査

異常の種類や広がり等を判定



### スコープ調査

(小口径削孔・孔壁画像撮影)

空洞の有無と規模を確認



### スコープデータ例

ドローンスコープ撮影記録		
異常箇所No.1		
撮影深度0.00~0.82(m)	構成/層厚(m)	深度(m)
10	アスコン 0.22	0.22
20		
30	砕石 0.27	0.49
40		
50	空洞 0.19	
60		0.68
70		
80	砂	

# 地中レーダ探査の精度と信頼性

## レーダ探査（一次調査）

適用深度：1.5m以浅

測定単位：10cm

## 空洞探査能力の指標

検知率：潜在する空洞を見逃さずに見つけ出す能力

的中率：一次調査で判別した空洞信号の正答率

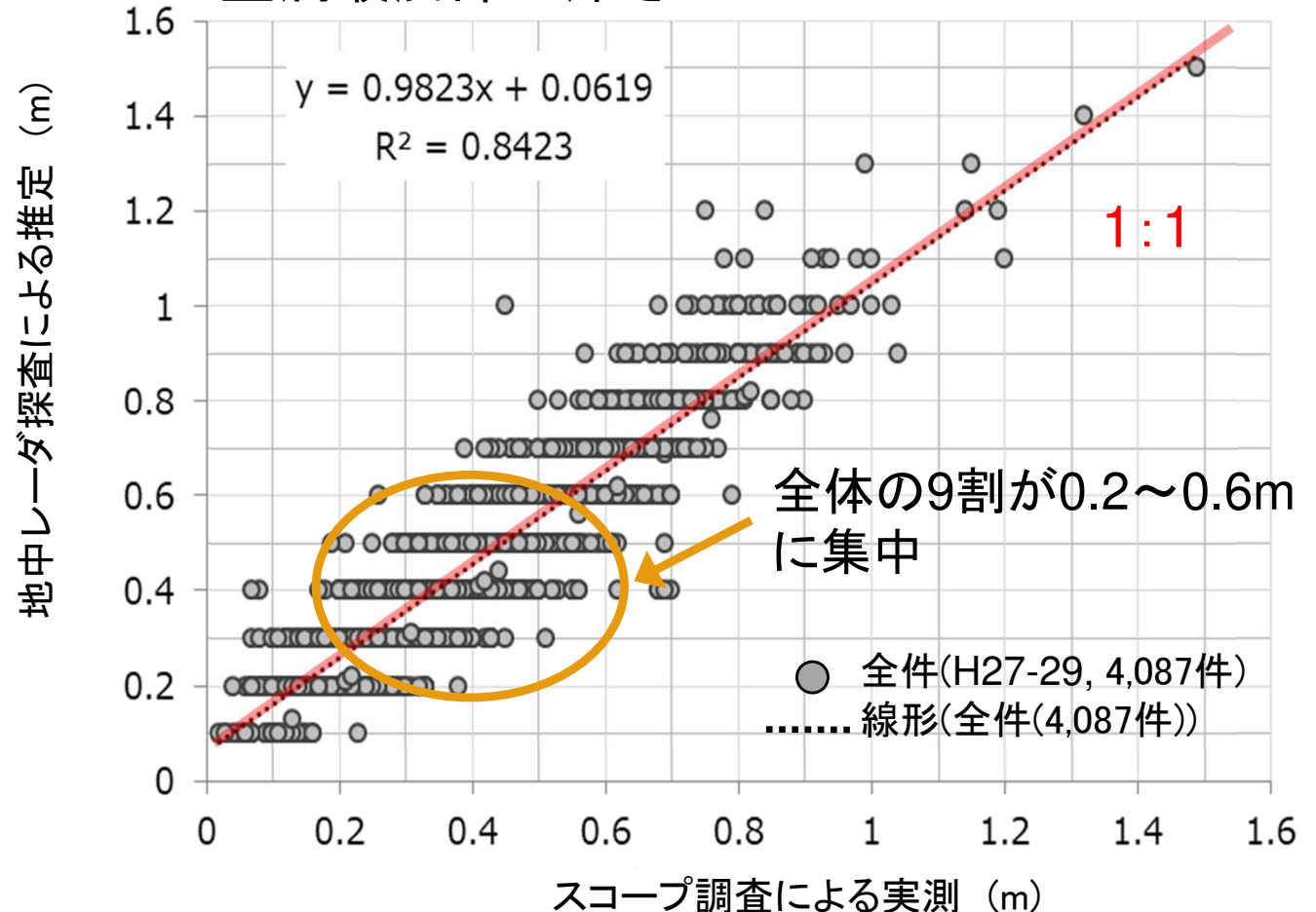
H27-29の3年間の空洞探査データのうちスコープ調査を実施し空洞の有無が明確なものについて

的中率：80~100%  
(平均88.7%)

(徳永ら:2019より)

地中レーダ探査技術は  
ほぼ成熟

## 空洞最浅部の深さ



空洞最浅部の深さは20cm程度深めに評価する場合あり

- ・ レーダ探査とスコープ調査の計測単位の違い
- ・ スコープ用削孔時の空洞上部土塊の崩落
- ・ レーダー探査とスコープ調査の実施時の差異

(濱也ら:2019より)

# 路面下空洞の発生状況

## 路面下空洞の発生頻度

道路管理区分	単位道路延長あたり 空洞数 (個/km)
国・道・府・県	0.59
東京都・政令市	2.06
東京23区	2.09
2014・2013年度の調査した道路延長10,193km(空洞数9984箇所) のデータより	

## 典型的な路面下空洞の諸元

深度： 0.3-0.6m (大半が舗装直下)

厚さ： 0.6m未満が約半数

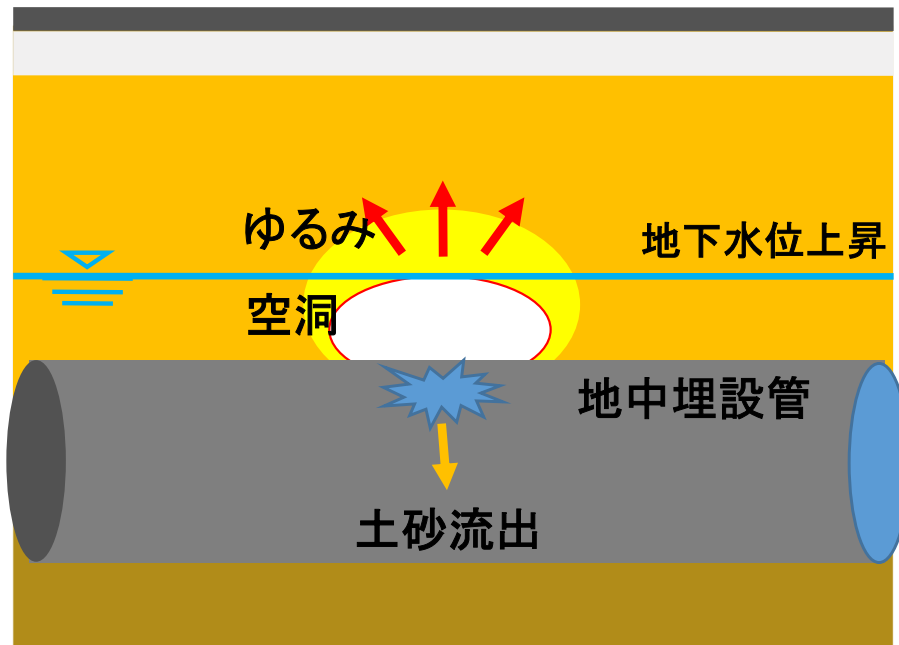
大きさ(面積)： 0.25～2m<sup>2</sup>



# 路面下空洞の生成

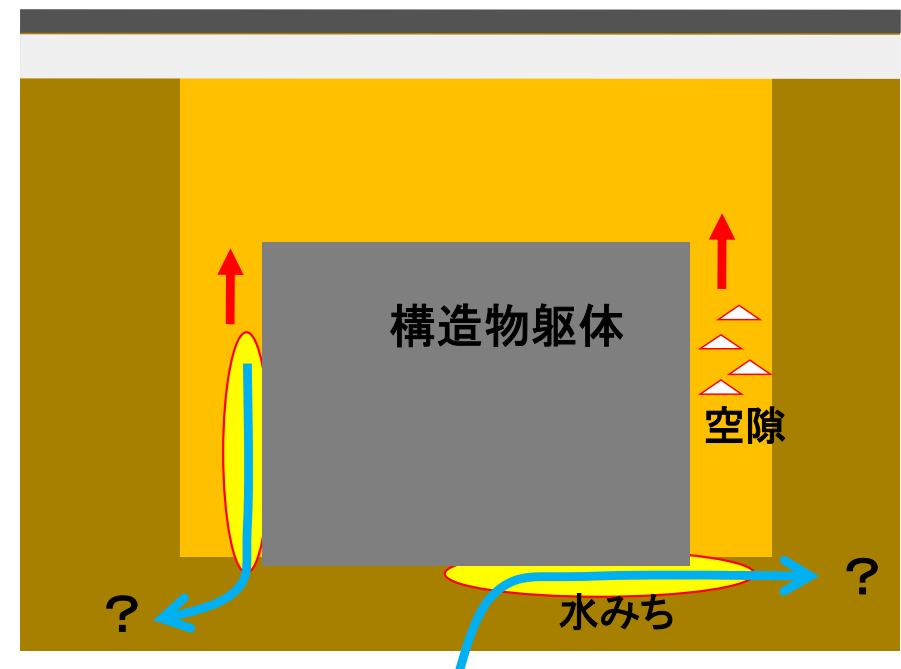
## 主な原因

成熟した都市における  
埋設インフラの老朽化



埋設管など、  
道路下の地中構造物の破損

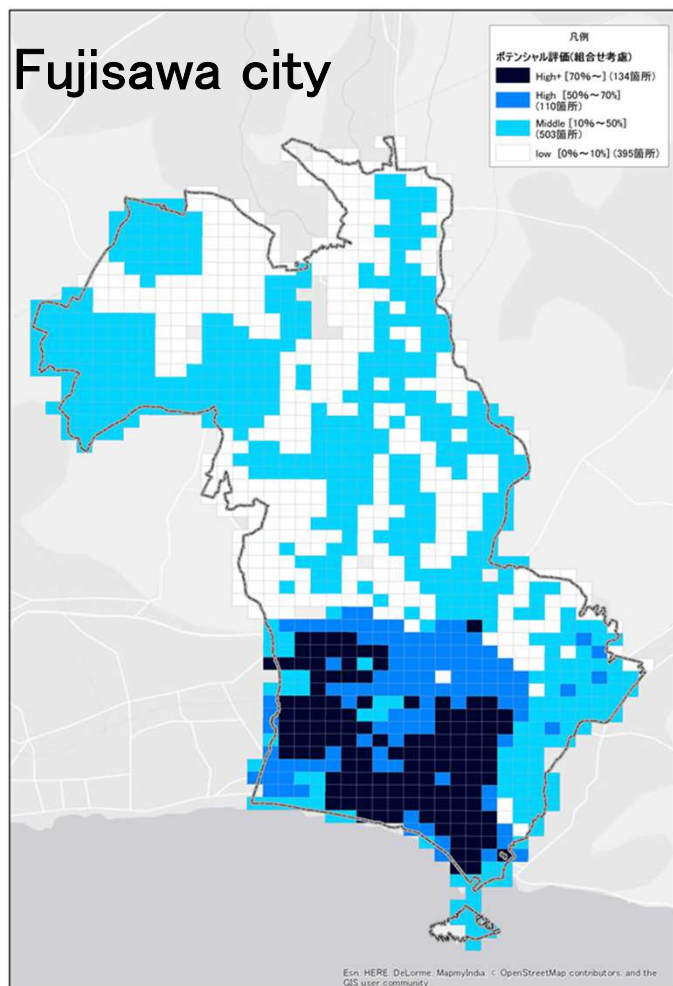
ただし、顕著な空洞を伴わないまま  
路面陥没に至る場合もある



埋戻し材の締固め不良？  
水みち周辺の細粒分流出？  
その他不明な原因??

# 空洞ポテンシャルマップの試作と検証

既存の空洞・陥没データと周辺状況・環境条件を分析し、  
空洞ポテンシャル：空洞の出来やすさの指標（生成可能性）を設定



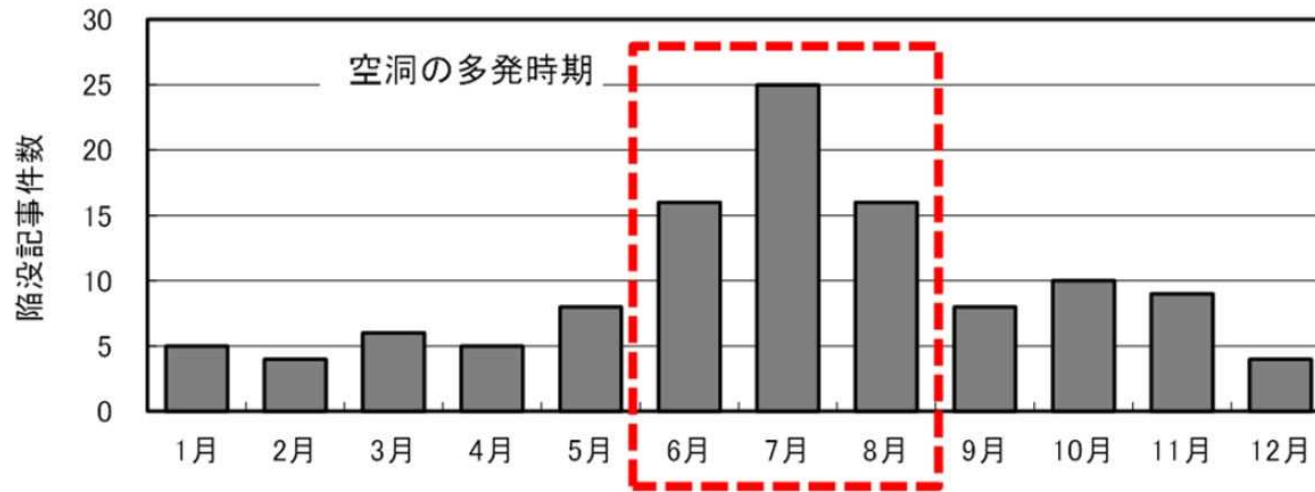
空洞形成に影響する4つの支配要因

- ・ 下水合流式・1950-1980年代
- ・ 下水管取付管多い
- ・ 砂質土
- ・ 地下水位（参考）GL-3m以浅

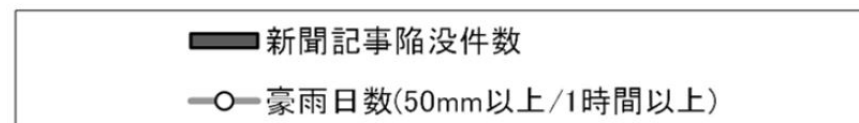
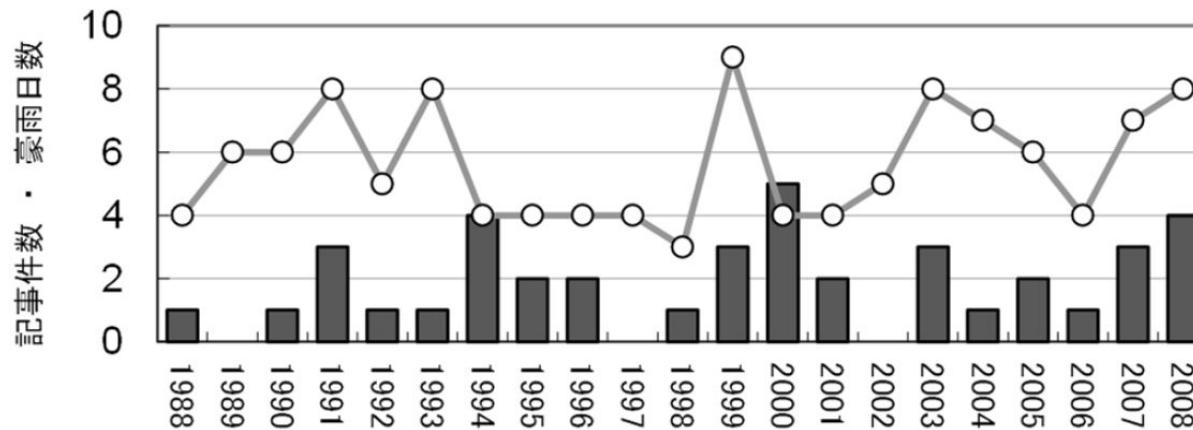
ポテンシャル	要因	頻度 (/km)	
		陥没	空洞
High+	3因子以上	1.2	4.6
High	下水・砂質	0.7	2.4
Middle	上記以外	0.4	0.4
Low	なし	0.1	0.3

藤沢市では本マップに基づいた計画による調査を開始  
調査結果に基づいてマップのアップデート

# 空洞の拡大要因：雨



新聞記事(1988~2006年、日本全国)にみる路面陥没事故の月別発生件数



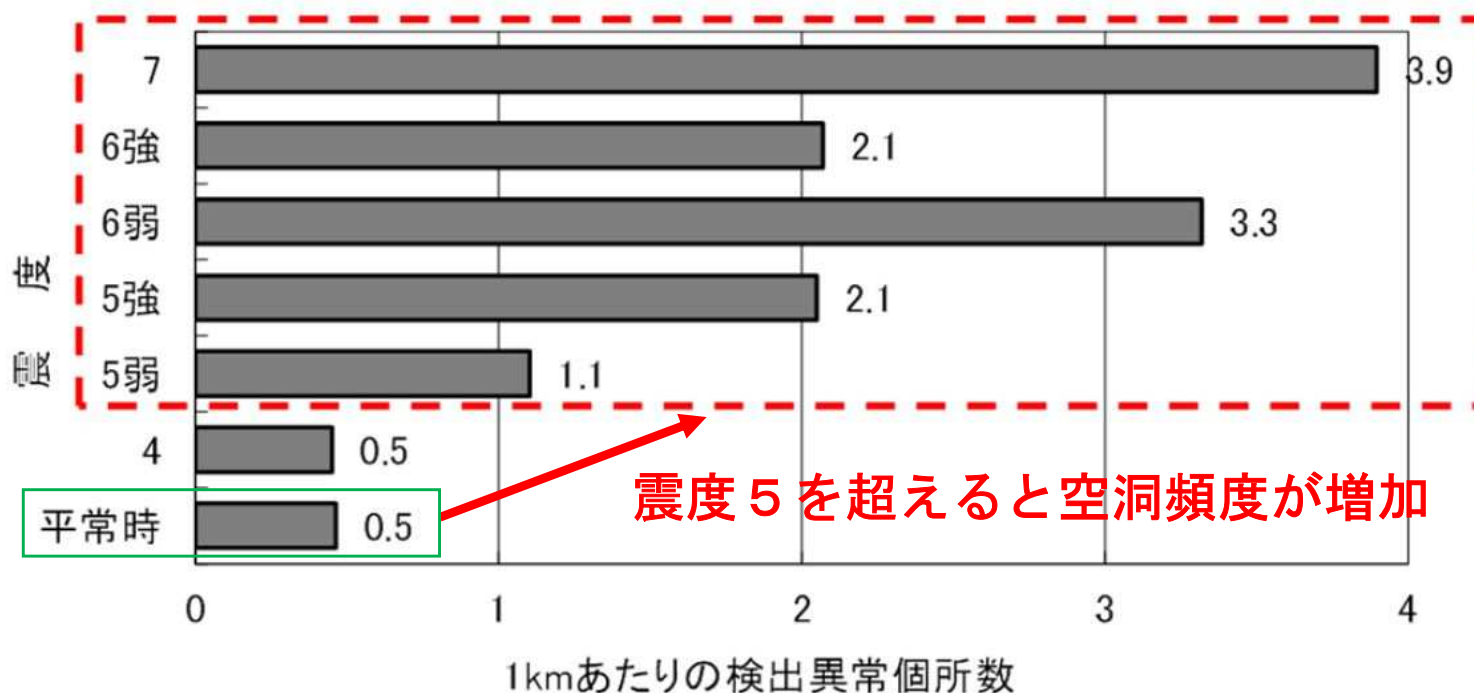
小池ら、路面下空洞の発生状況に関する考察(その1)、第47回地盤工学研究発表会、八戸、2012年7月

新聞記事にみる路面陥没事故と年間豪雨日数の年別件数(1988~2008年、関東地方)



# 空洞の拡大要因：地震

新潟県中越地震前後の異常信号箇所頻度と震度、および空洞規模



調査種別	1kmあたりの異常信号箇所数	空洞規模				
		深度 M	厚さ m	縦長 m	横長 m	面積 m <sup>2</sup>
地震前	0.46	0.38	0.20	1.40	1.20	1.68
地震後	1.72	0.36	0.11	1.40	3.20	4.48

小池ら、路面下空洞の発生状況に関する考察(その1)、  
第47回地盤工学研究発表会、  
八戸、2012年7月

# 空洞生成・拡大の要因

素因： 空洞ポテンシャルマップ

- ・ 地中埋設物の輻輳
- ・ 流出しやすい土質(裏込材)
- ・ 地質・地形・地下水
- ・ 掘削工事履歴 等

空洞が出来やすい素質・要件が備わった上に、

誘因：  
・ 地中埋設インフラの老朽化・破損  
・ 雨  
・ 地震 等

土砂の流出経路が確保されると、

空洞の生成・拡大が加速化

# 空洞ポテンシャルマップ

試作した空洞ポテンシャルマップの検討過程、及び他の道路管理者での作成にあたっての適用性

## 空洞ポテンシャルマップの検討過程

空洞生成／陥没の素因・誘因となりうるパラメータを抽出し、それぞれの寄与度を算定対象地域の各要素地点の空洞ポテンシャル（生成可能性）を評価し、地図情報として表現

### 必要な情報

- ◎空洞データ
- 陥没データ
- ◎地質
- 地形
- 地下水位
- 舗装仕様
- 交通量
- 埋設物（埋設管の輻輳）
- ◎下水本管（埋設年代、材料等）
- ◎下水取付管
- 大型埋設構造物（地下鉄、共同溝等）
- 降雨・地震履歴
- ◎必須、○あるのが望ましい

### 他都市への適用性

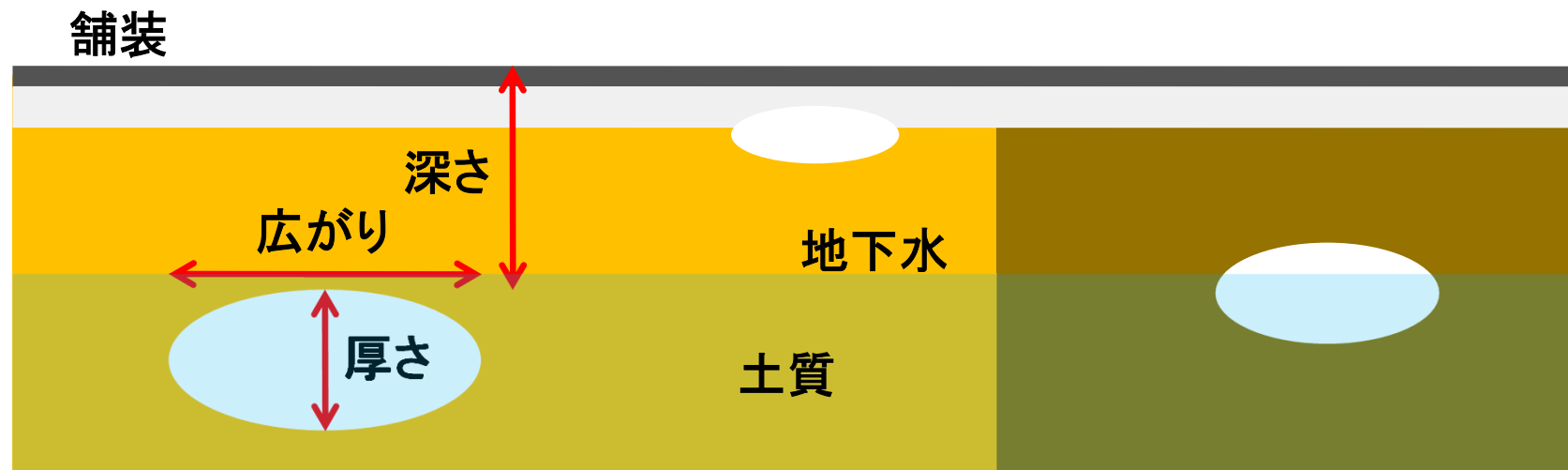
福岡市、藤沢市におけるポテンシャルマップの試作にあたって、多少の地域性の差異はあるものの、空洞生成の主な要因はほぼ共通している。

同様の手法を他都市に展開しそれぞれの都市でポテンシャルマップを作成することは可能。ただし、その精度は、空洞データの精度に大きく依存する。



# 空洞の危険度評価

道路陥没を引き起こす危険な空洞とは？

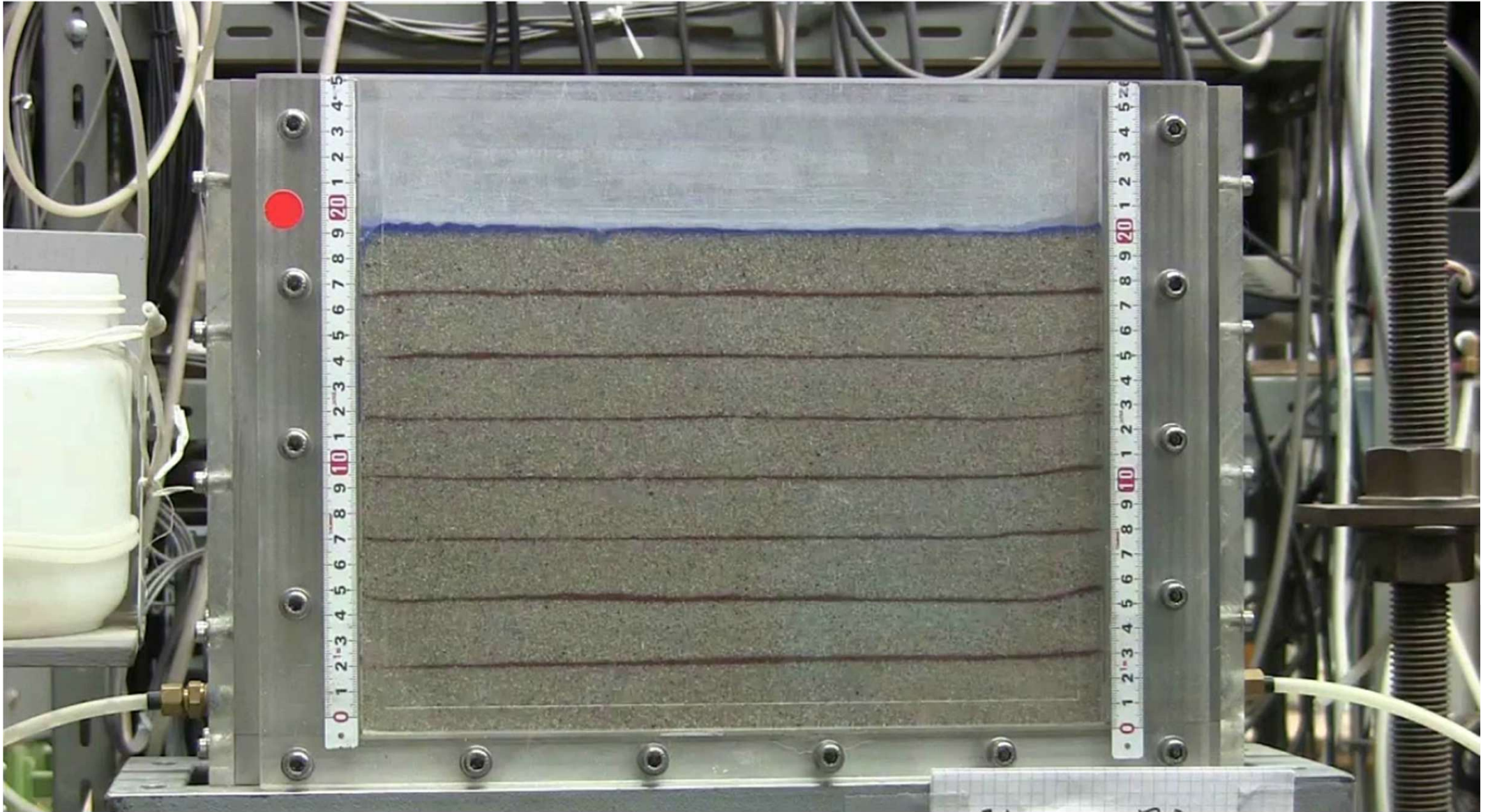


空洞の陥没危険度を考える上での2つの観点

- **現時点における舗装路体の構造安定性に対する影響**  
浅くて大きい空洞が危ない？  
道路構造の安定性への影響度： 空洞の深さ、広がり、舗装の厚さなど
- **現時点では大丈夫でも将来は？**  
空洞の成長速度：土質や地下水などの素因、降雨や地震などの誘因

# 空洞生成・拡大のプロセス

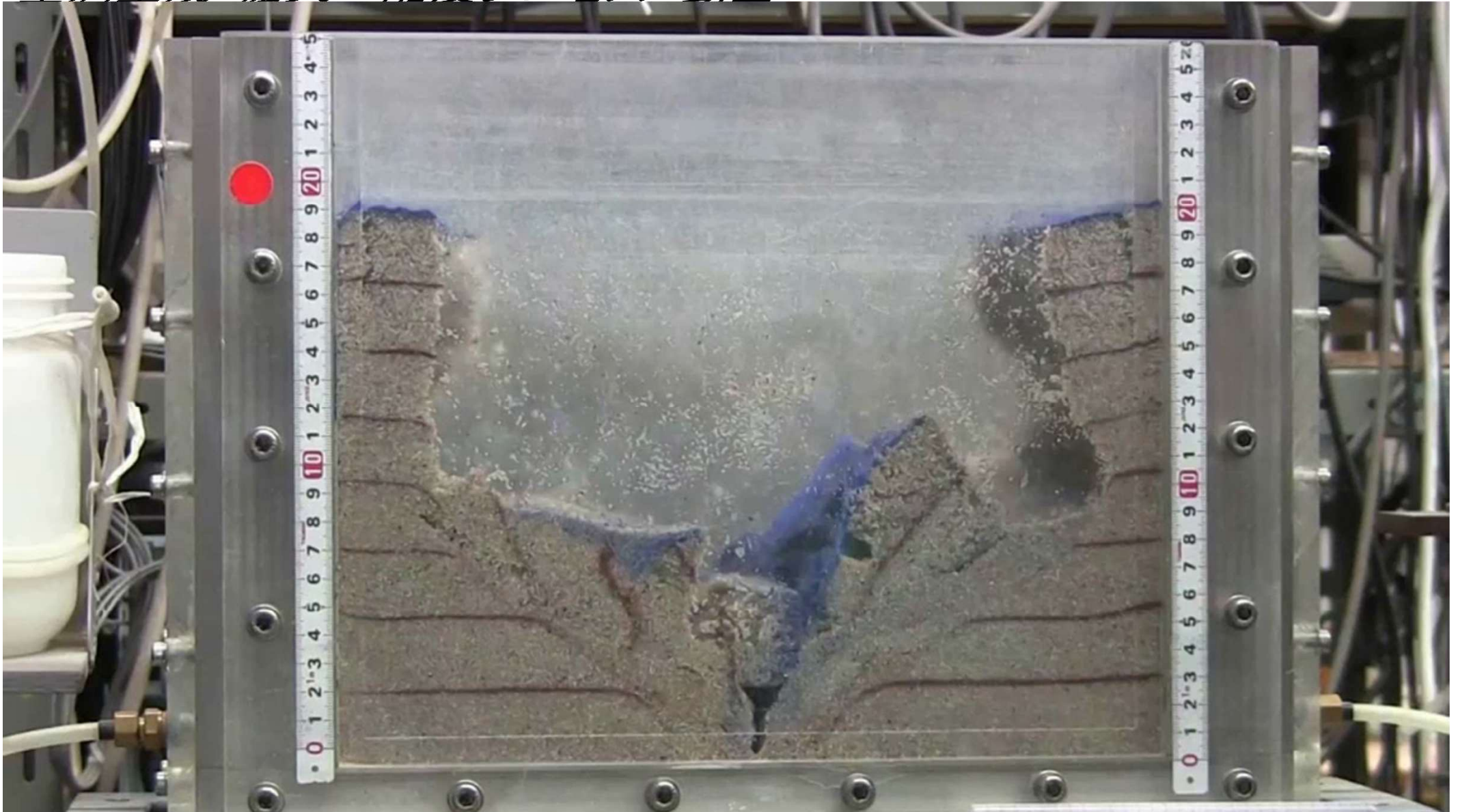
空洞生成・拡大～陥没プロセス 動画





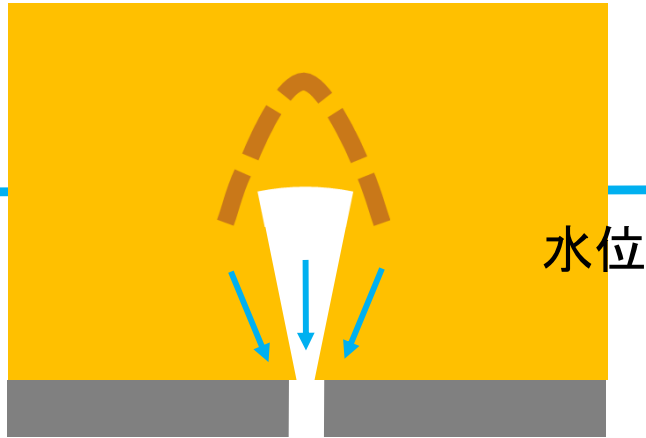
# 空洞生成・拡大のプロセス

空洞生成・拡大～陥没プロセス 動画

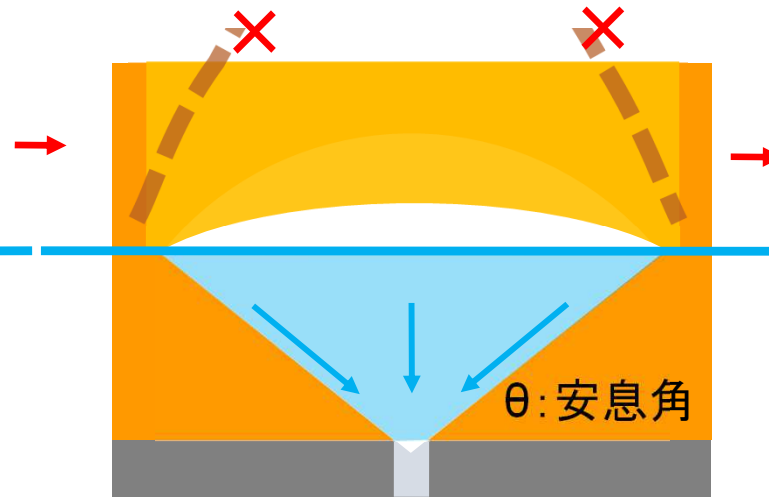


# 空洞生成・拡大のプロセス

空洞が深く広がりが小さい場合は空洞上部に土のアーチ効果が働く



空洞が広がり浅いと上部にアーチングが働く余地がない



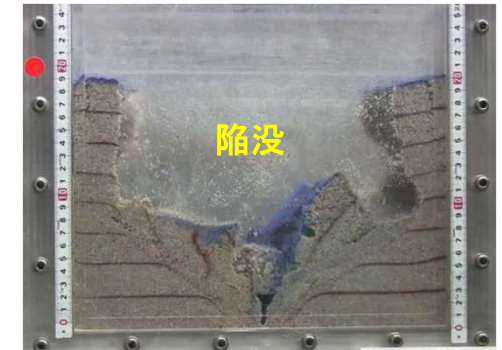
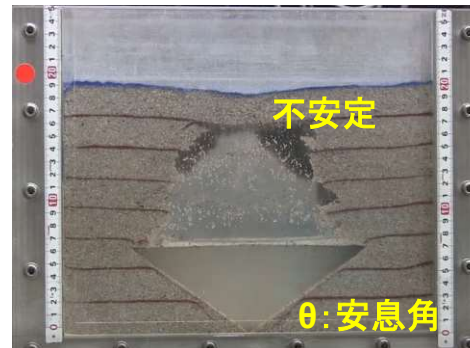
空洞上部の土が崩落し陥没



水が速く抜けた場合は空洞は大きく広がらず、煙突状



空洞内に水が保持されると土砂流出孔上部に扇形に空洞が広がる

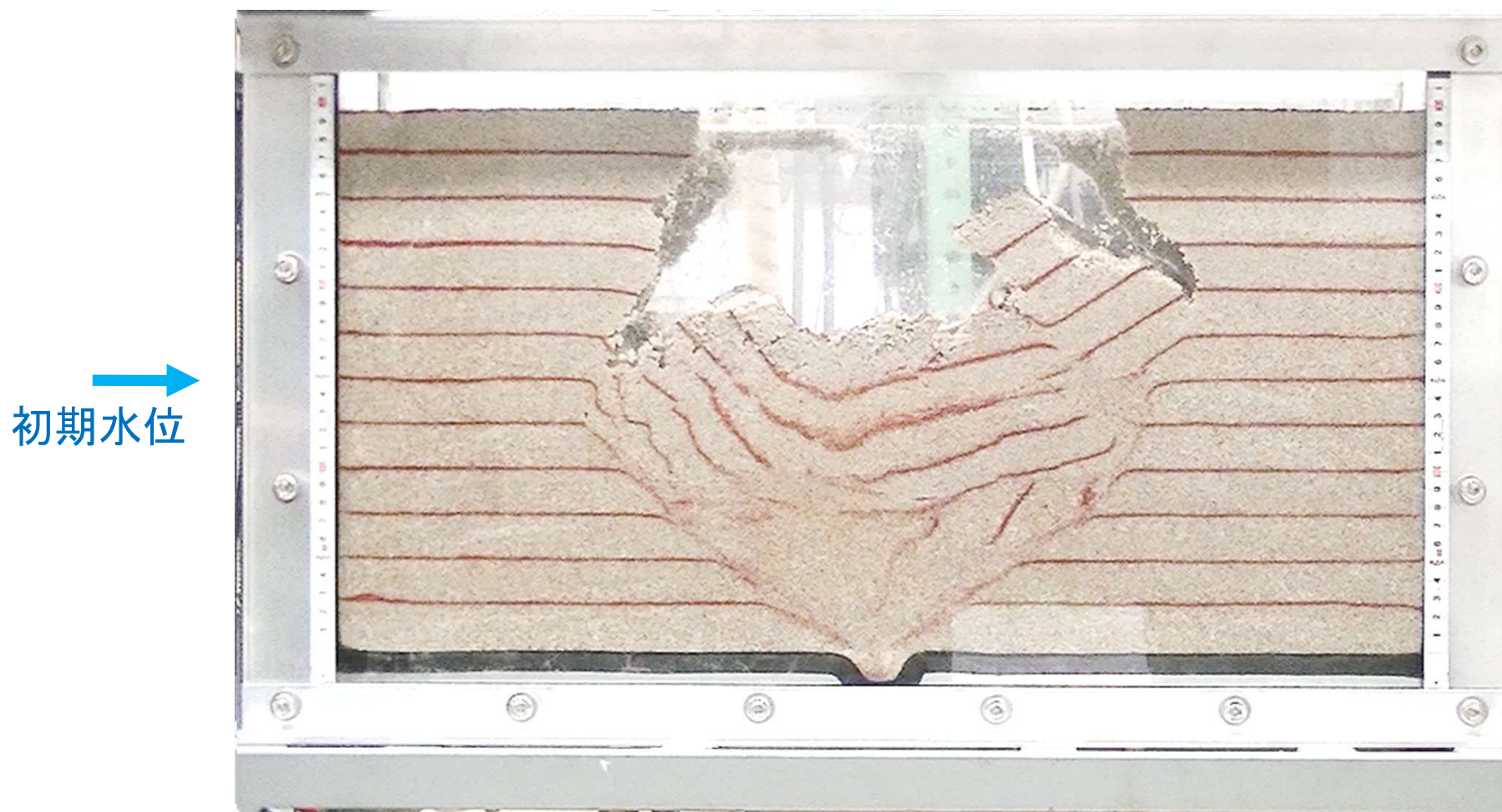


流出孔(隙間)が小さくても、継続的な土砂流出により空洞は拡大しうる  
 地表面に変状が表れるのは末期的状況になってから  
 水位の上下、または高い地下水位は空洞拡大の主要因



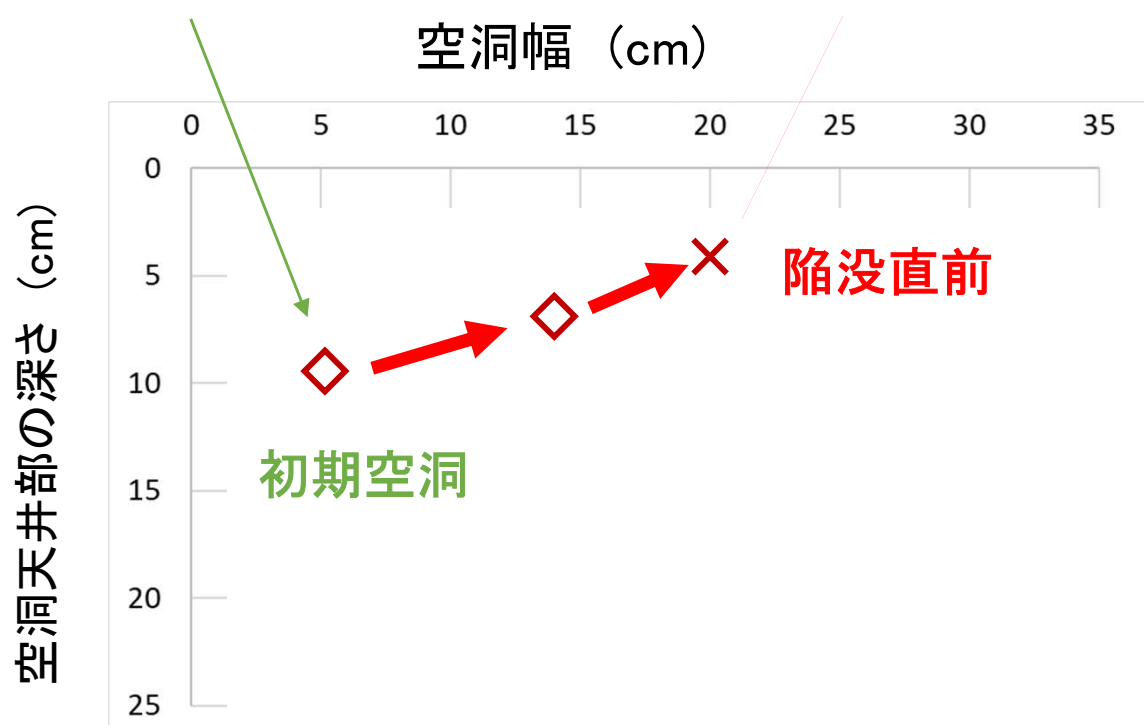
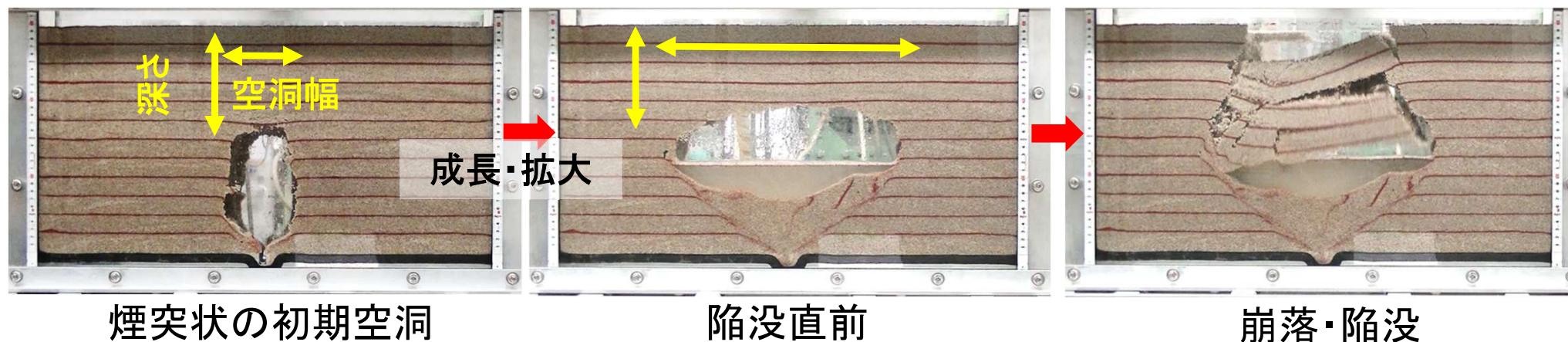
# 土砂流出による空洞生成・拡大・陥没過程

模型実験 (土槽底部の開口部より給排水繰返し)



初期空洞 → 空洞の拡大・進展 → 地表面の崩壊・陥没

# 空洞生成・拡大過程



煙突状の縦長の初期空洞



地下水位以下の空洞幅拡大



空洞上の土塊が崩落し陥没



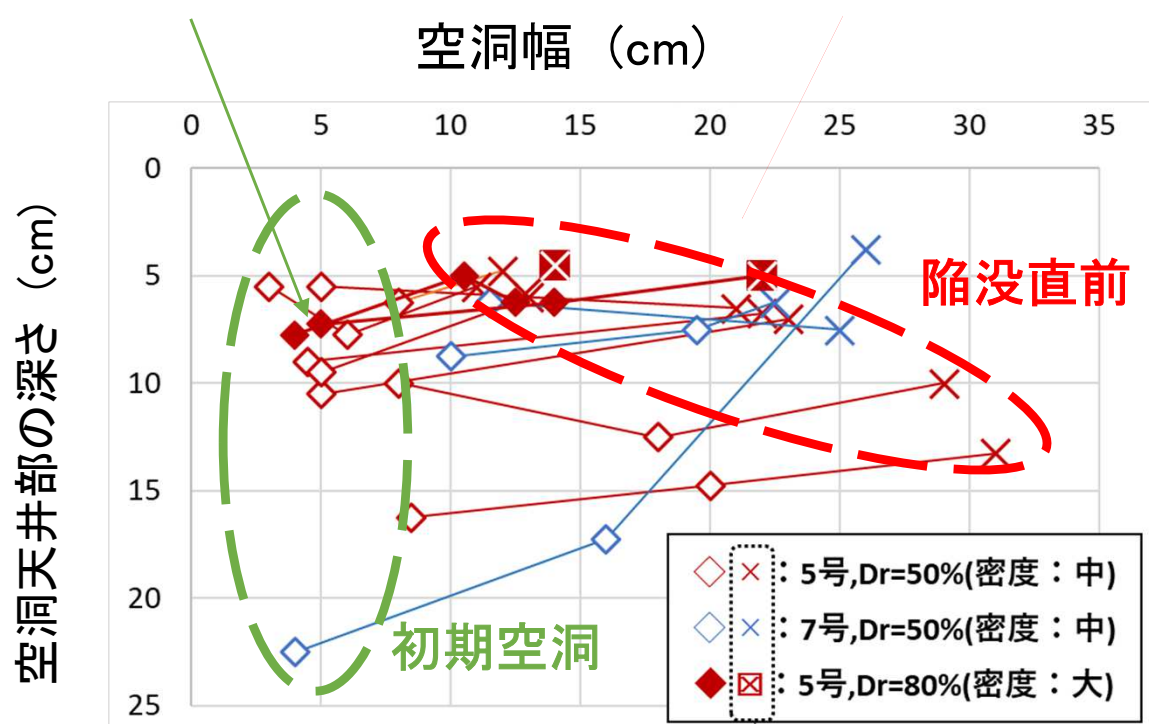
# 空洞生成・拡大過程



煙突状の初期空洞

陥没直前

崩落・陥没

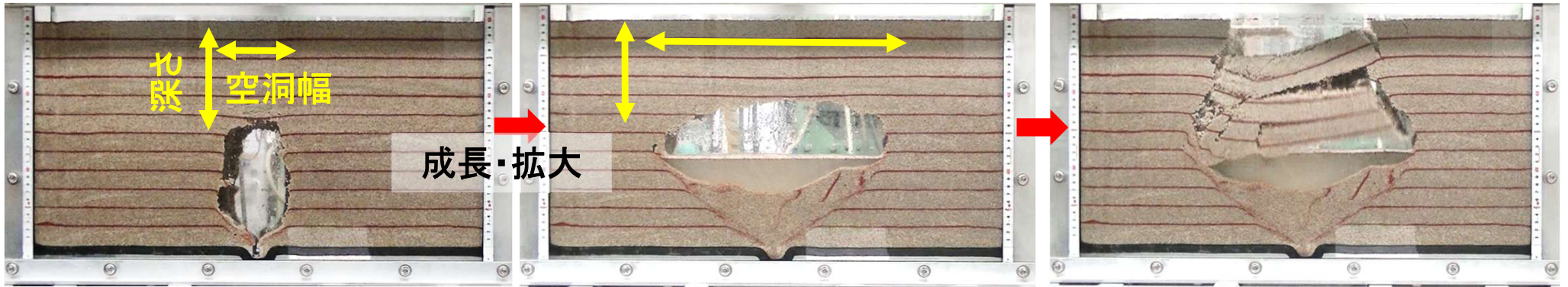


煙突状の縦長の初期空洞

地下水位以下の空洞幅拡大

空洞上の土塊が崩落し陥没

# 空洞生成・拡大過程

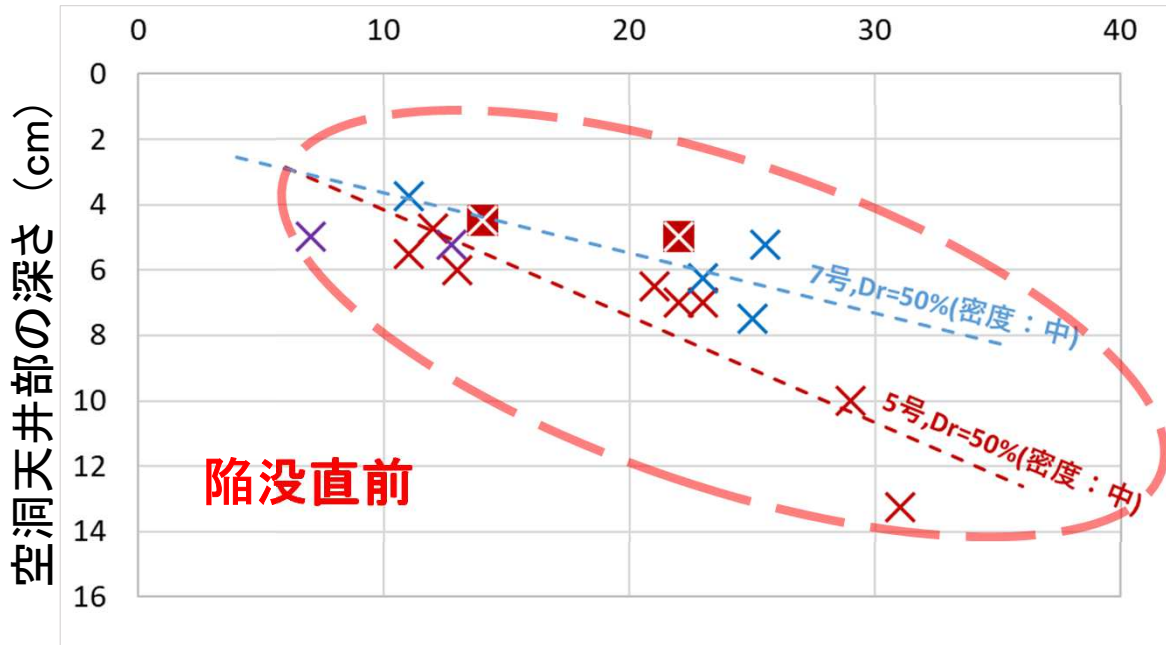


煙突状の初期空洞

陥没直前

崩落・陥没

空洞幅 (cm)



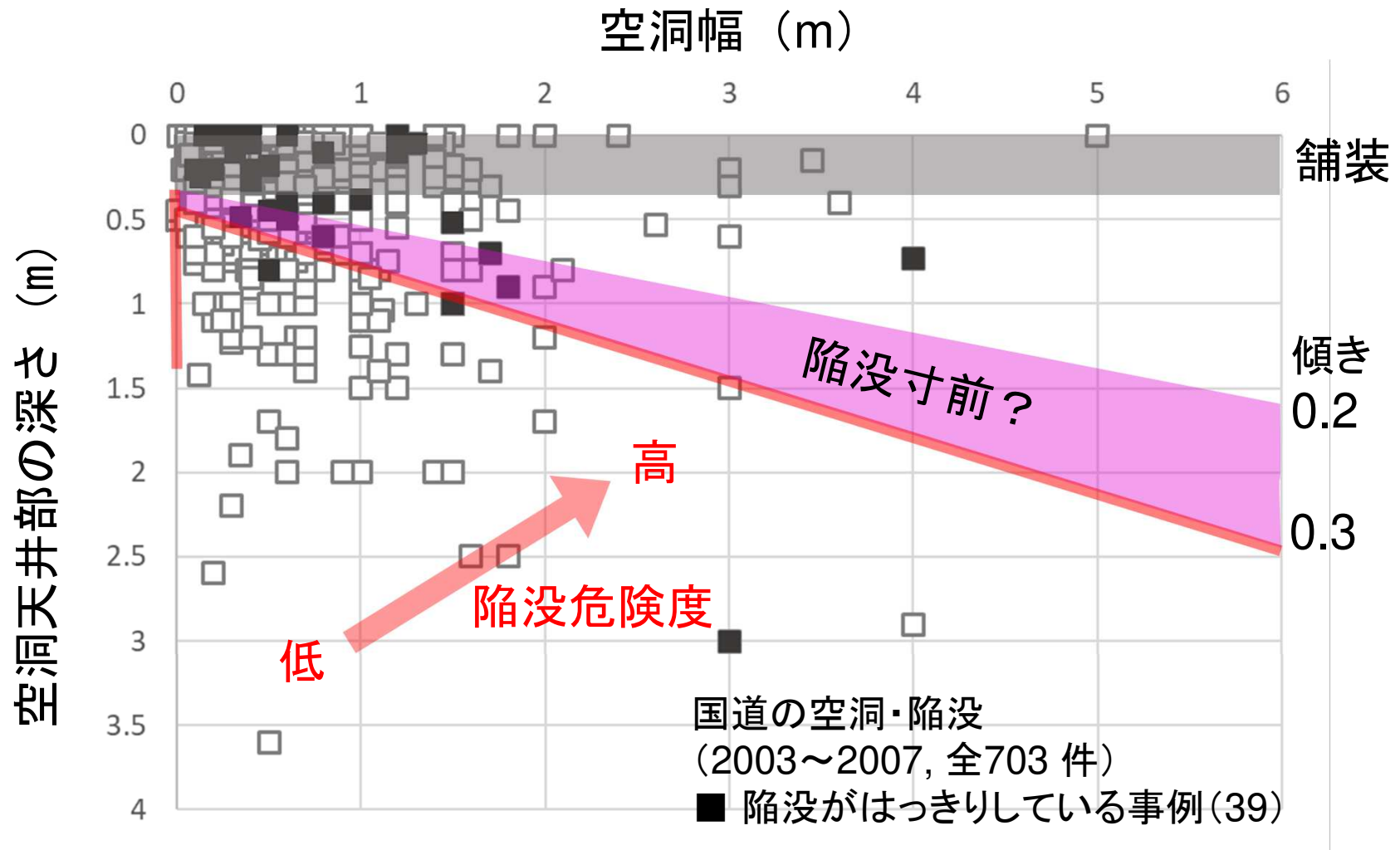
空洞は，土砂流出が継続する場合，地下水位以下で水平方向に広がり成長する

地盤の支持力喪失に関する限界状態は，空洞幅と空洞天端深さで概ね表現でき，空洞深さと空洞幅の比が0.2を切ると空洞上の土は自重による崩落の危険がある



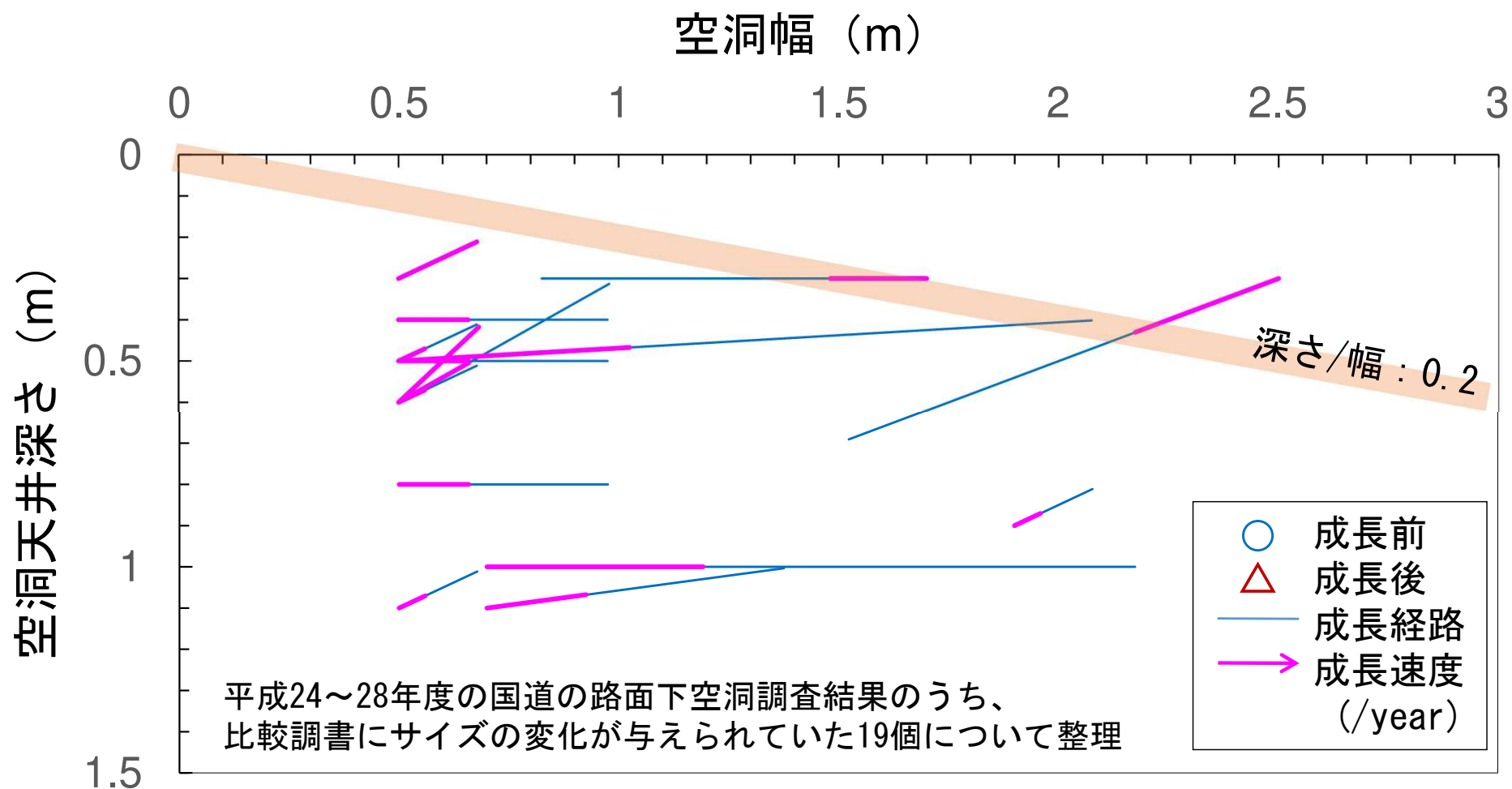
# 空洞の陥没危険度評価

## 国道の空洞・陥没事例



# 空洞の陥没危険度 —成長速度—

## 陥没危険度チャート



・空洞(深度変化有) : 平均 $0.108\text{m}^3/\text{年}$

・空洞(深度変化無) : 平均 $0.52\text{m}^2/\text{年}$

# 下水管に起因する空洞の開削事例

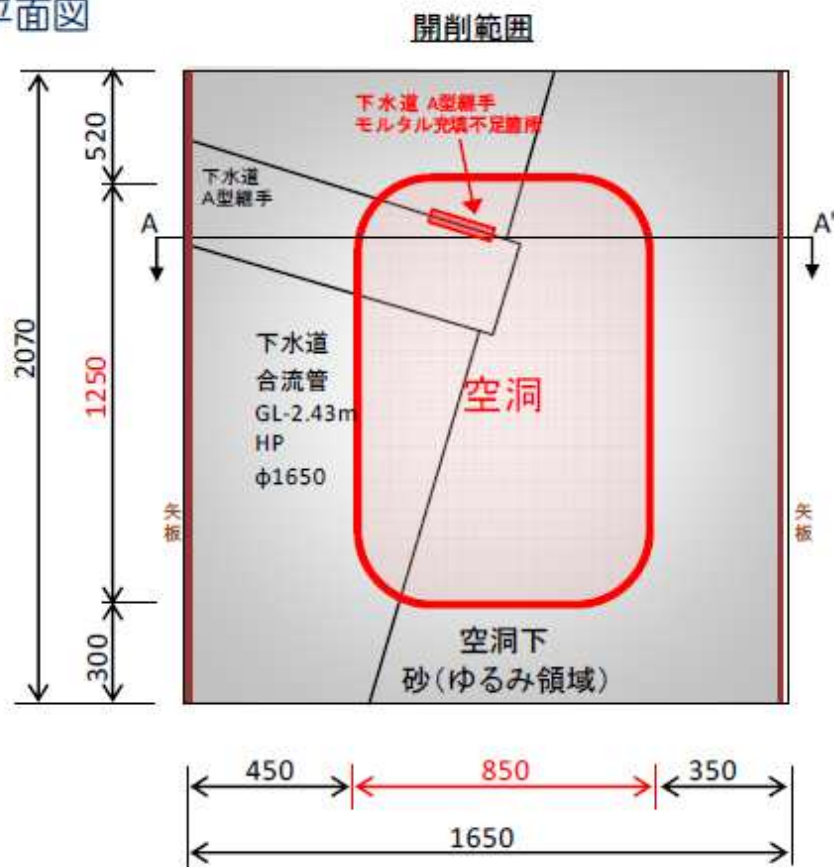


空洞規模 : 縦断方向広がり 1.25m  
 横断方向広がり 0.85m  
 上端深度 GL-0.20m  
 開削日 : 2017年 5月18・19日

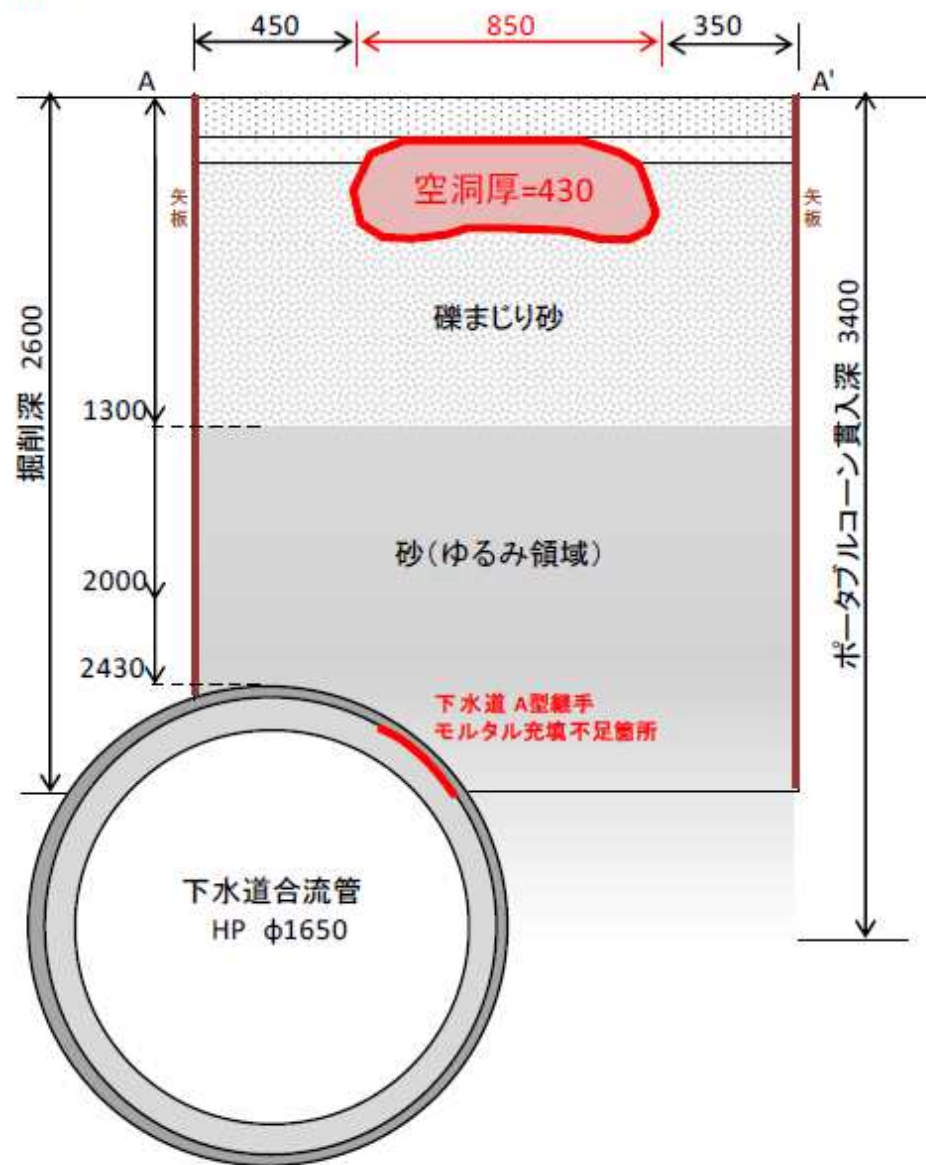


# 下水管に起因する空洞の開削事例①

平面図



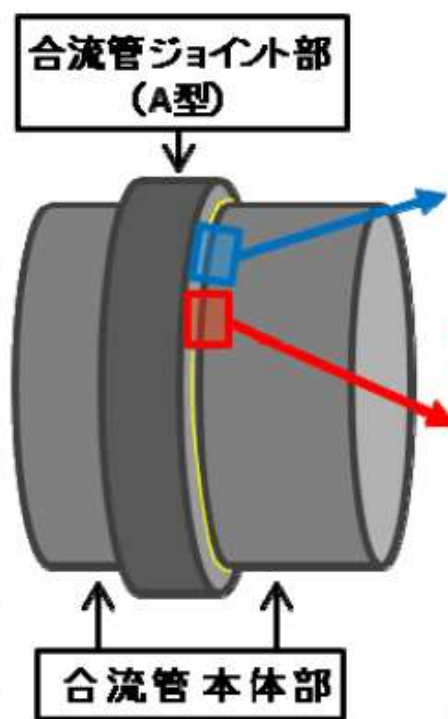
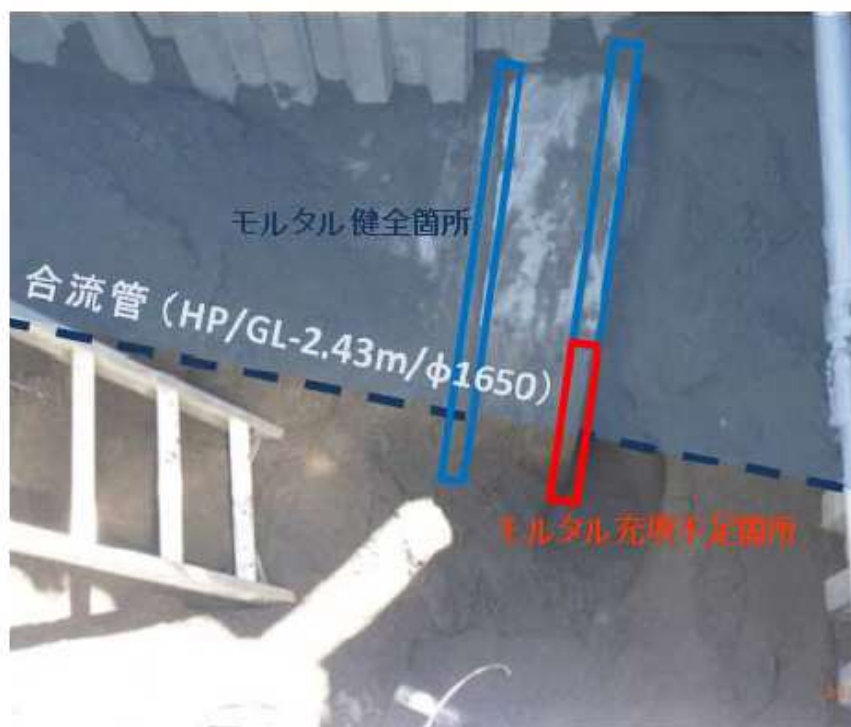
断面図





# 下水管に起因する空洞の開削事例①

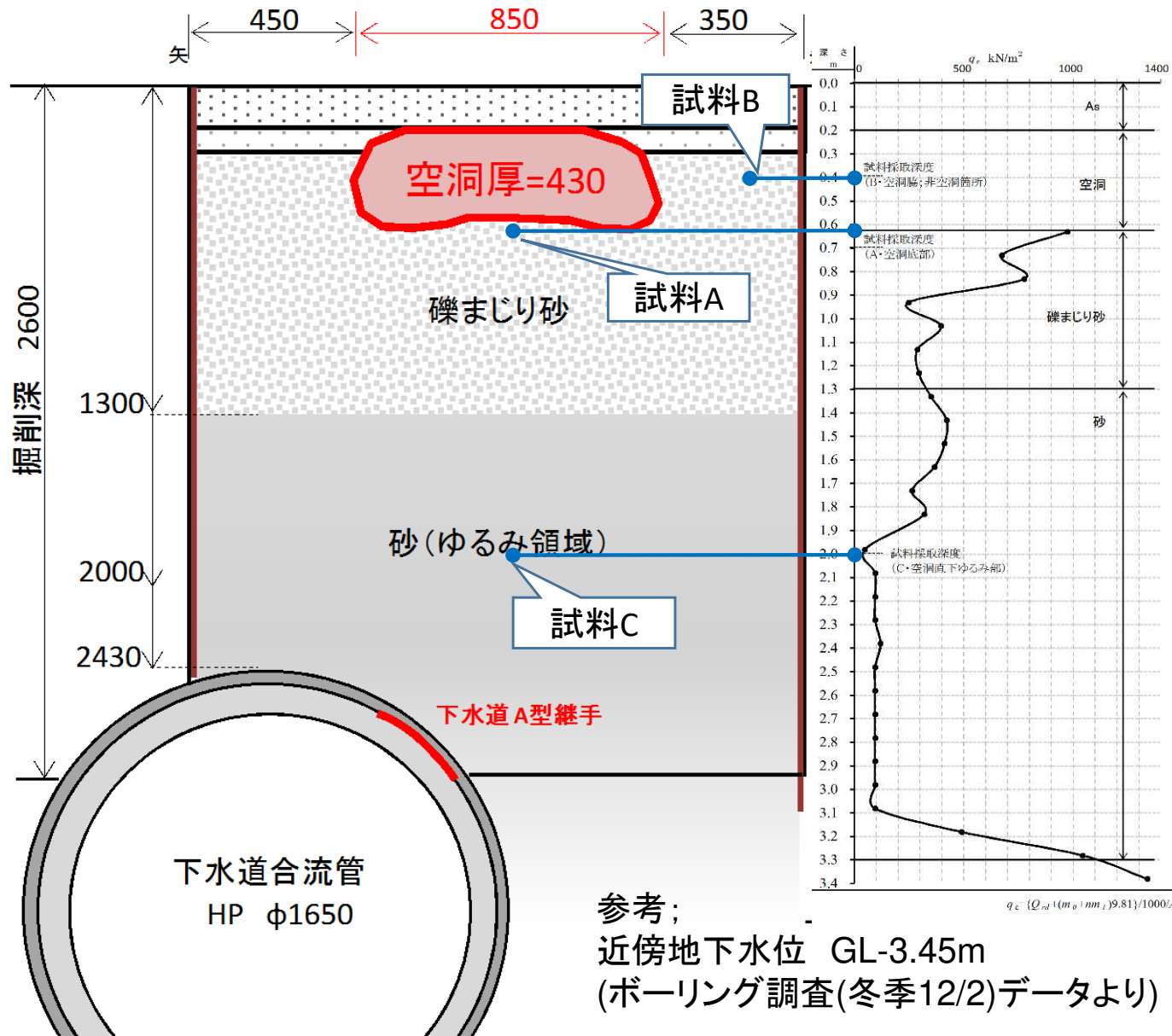
空洞直下の下水管（合流管）に  
ジョイント・本体接合部の目止め材（モルタル）の  
不足箇所を確認



# 下水管に起因する空洞の開削事例①

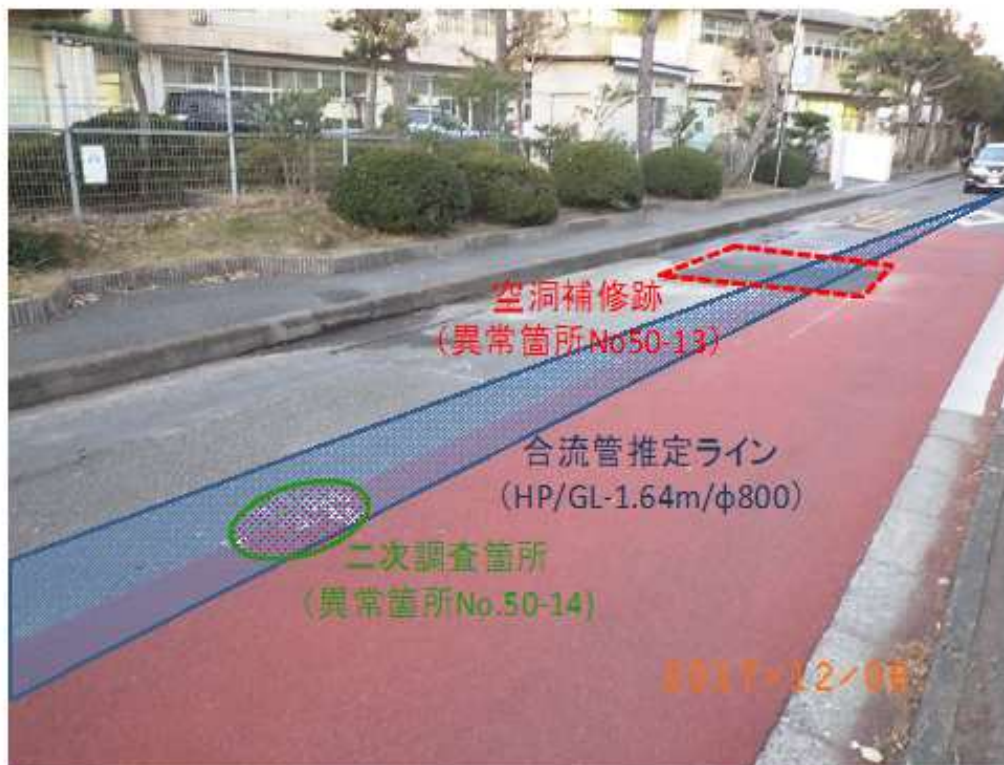
開削断面図とポータブルコーン貫入試験結果

●は試料採取箇所



# 下水管に起因する空洞の開削事例②

## 周辺状況

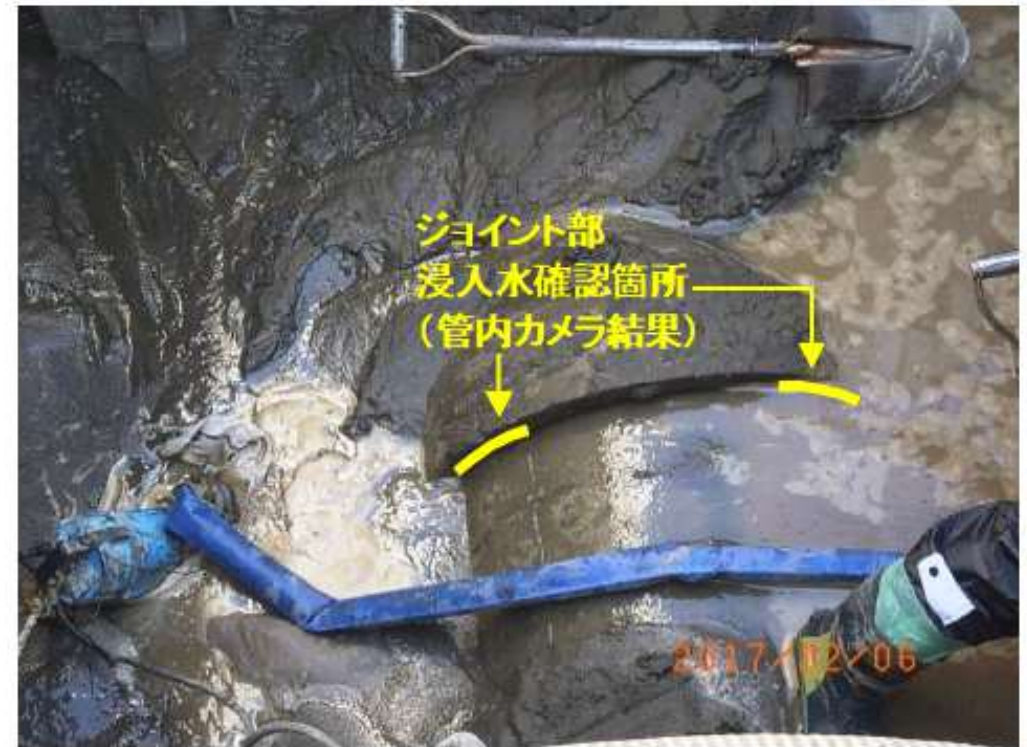




# 下水管に起因する空洞の開削事例②



空洞規模 (W700, L700, H180)

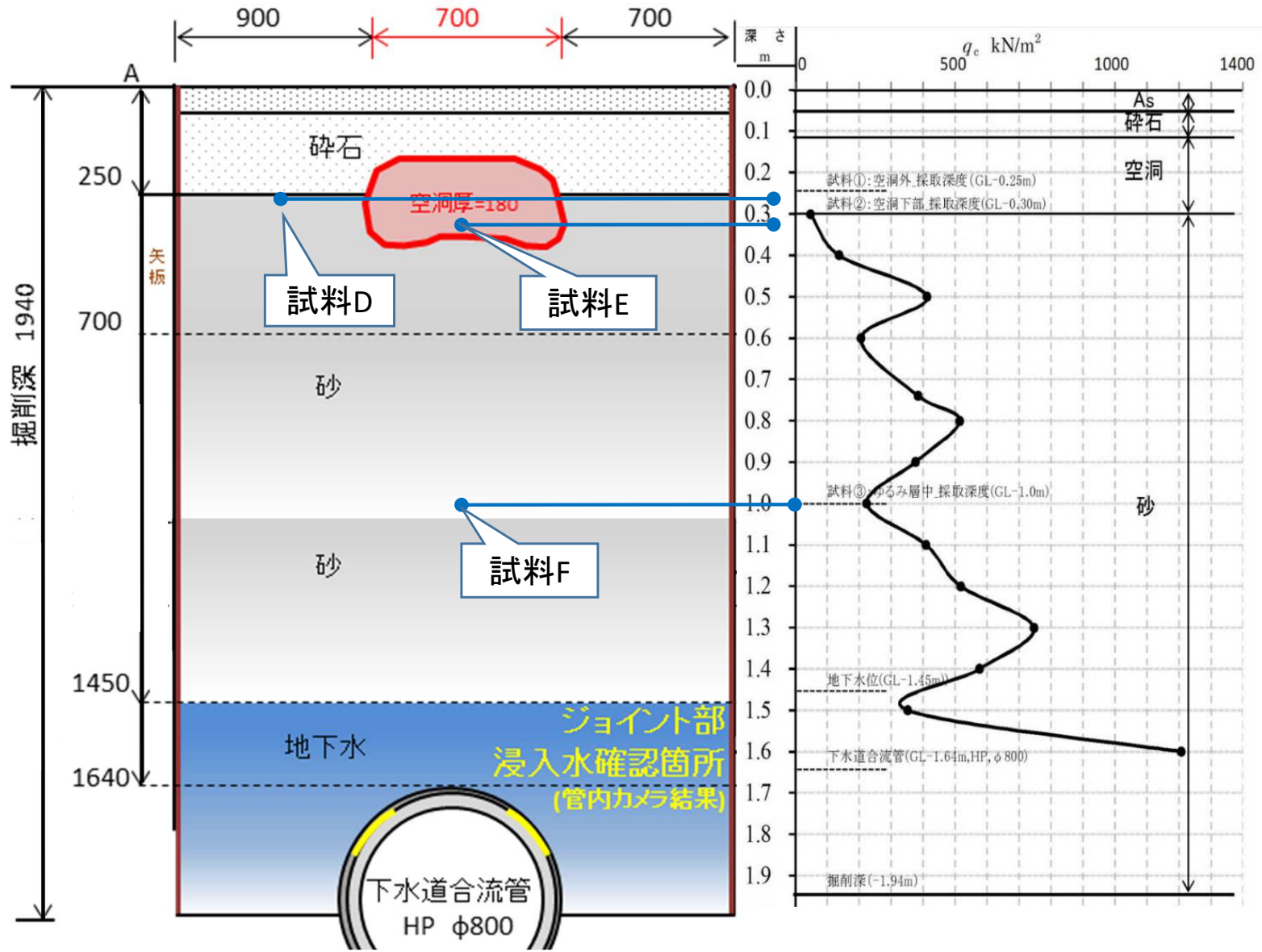


合流管 (Φ800, GL-1.64m)



# 下水管に起因する空洞の開削事例②

開削断面図とポータブルコーン貫入試験結果 ●—● は試料採取箇所



# 下水管への漏水による空洞形成

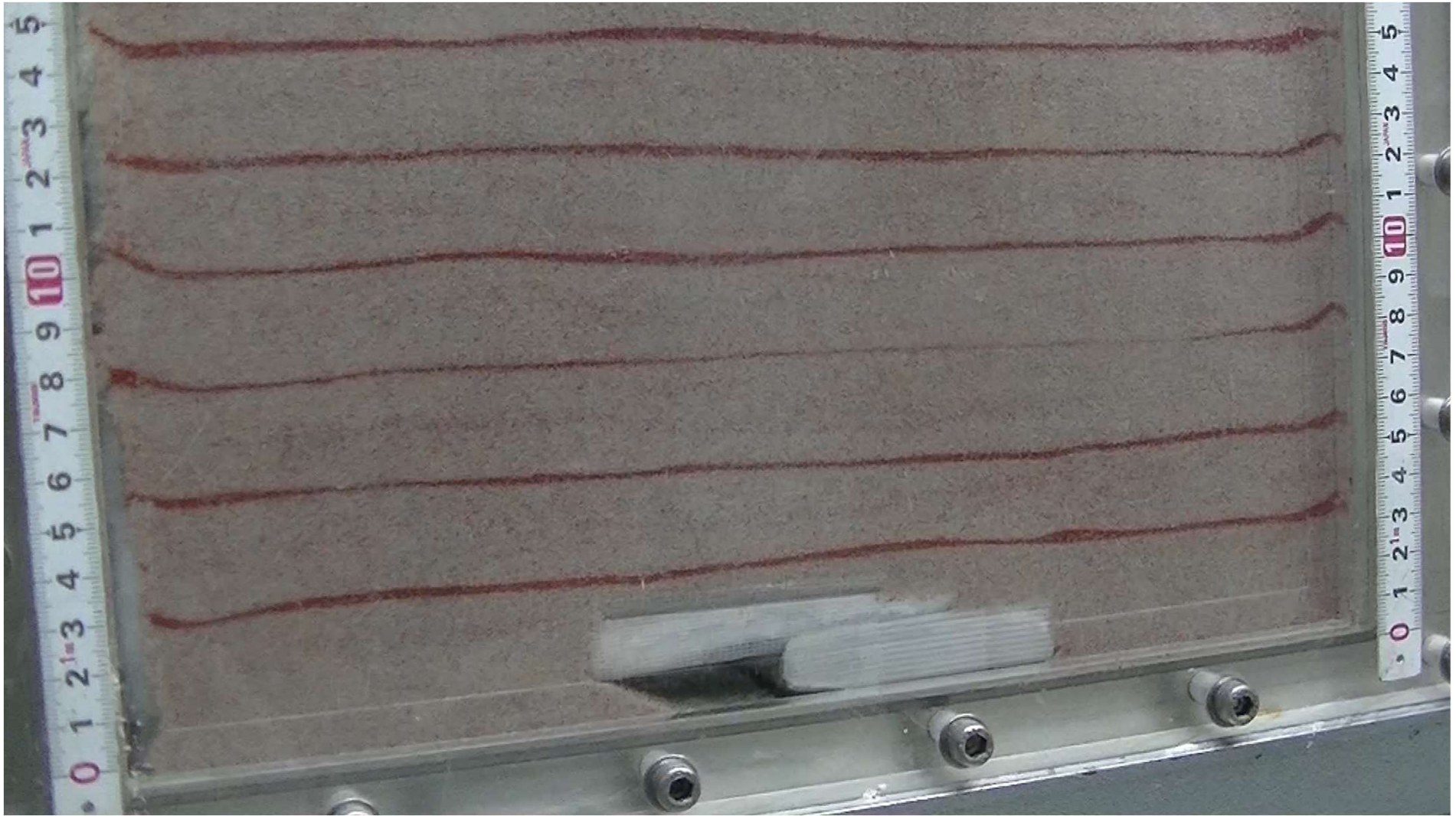
下水管内から明確な破損が確認されない場合でも空洞形成の可能性あり

例えば、管渠継手部の止水パッキンの損傷による漏水は土砂流出の原因箇所となりうるか？



継手様の開口部を設けて  
土砂流出模型実験を実施

# 下水管への漏水による空洞形成



7倍速

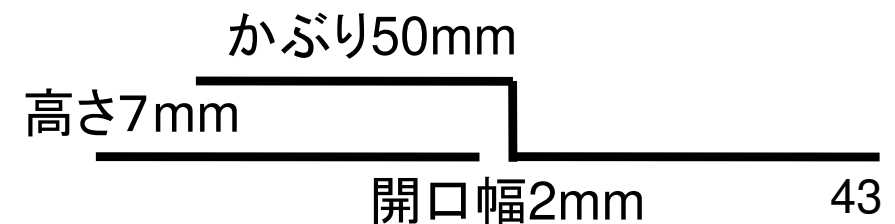
かぶり50mm  
高さ7mm  
開口幅2mm



# 下水管への漏水による空洞形成

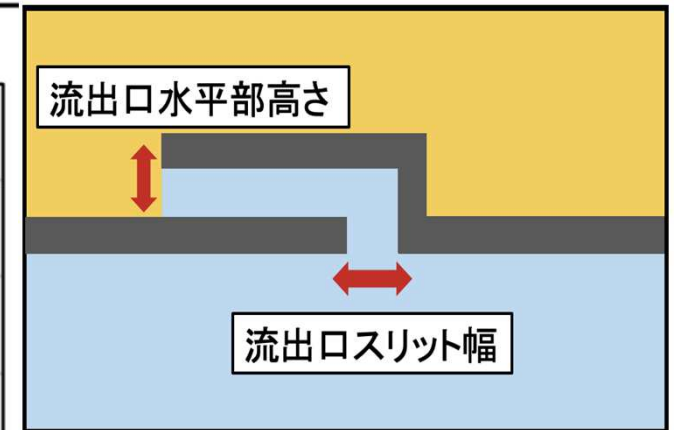
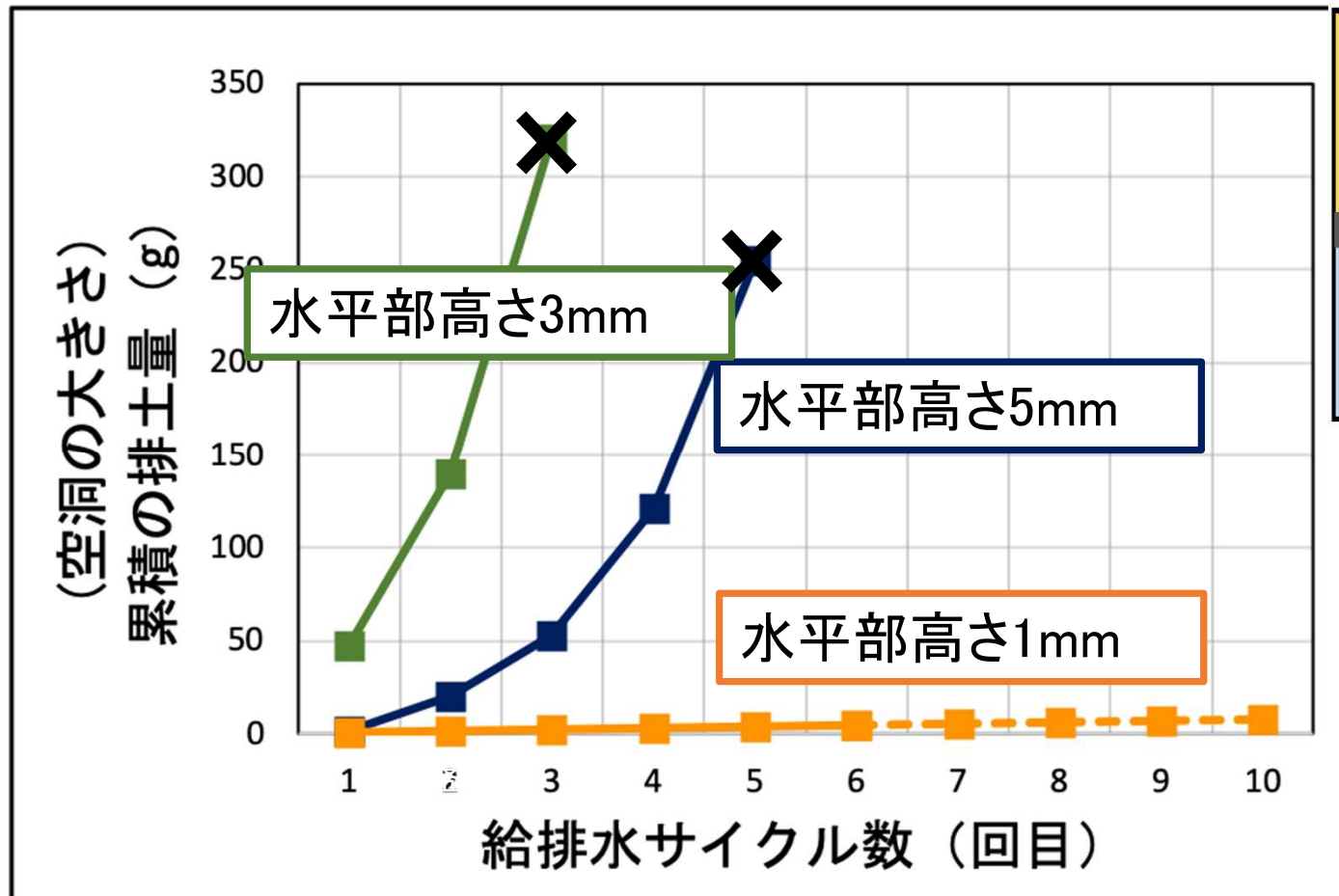


継手のかぶり部が水で満たされて、砂粒を水平に運ぶのに十分な流速があれば流出する



# 空洞発生現場の再現地盤を用いた模型実験

## 流出口水平部高さを変化させた場合



3mmほどの軽微な止水不良箇所でも空洞の生成・成長は生じる

✕ 陥没発生

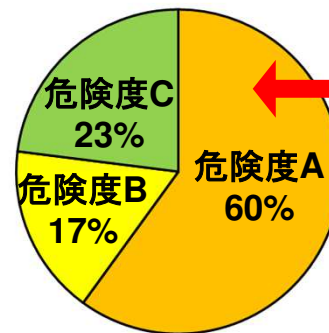
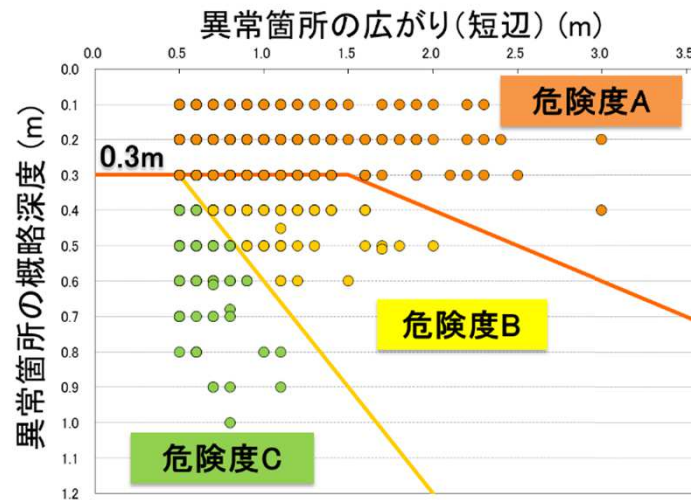
# 地震の空洞危険度への影響

中越沖地震、東日本大震災、熊本地震後に実施された調査報告および分析結果から、明らかになった実態

- ・ 地震後に路面下空洞数が増加する(2~8倍)  
空洞の多発区間が発生する傾向があり、総数が増える
- ・ 陥没危険度の高い 広い・浅い空洞の割合が極端に高くなる

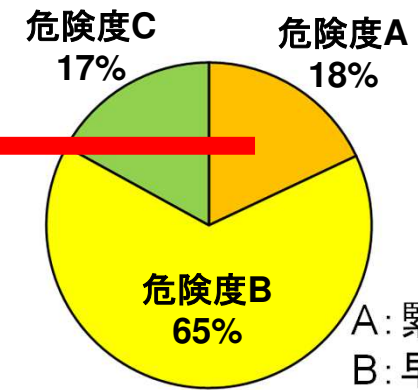
**Aランク:いつ陥没してもおかしくない危険度の高い空洞**

地震後の空洞危険度ランク(熊本地震)



**Aランクが  
大幅に増加  
60%←18%**

平常時の空洞危険度ランク



A: 緊急補修  
B: 早期対応  
C: 経過観察

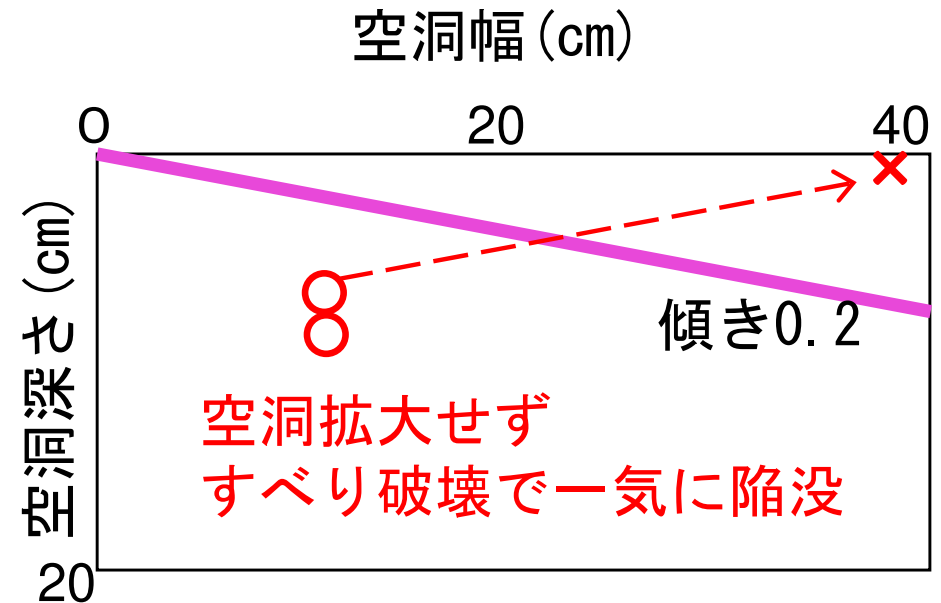
(岡本ら, 地震災害後の早期道路復旧に向けた路面下空洞調査の活用, 土木学会第72回年次学術講演会(平成29年9月)、  
これまで最も早く被災後に現地計測がされた調査結果から分析されたもの(熊本地震から10日後))

(小池ら, 路面下に発生する空洞の発生状況の分析と考察, 土木学会第72回年次学術講演会(平成29年9月))



# 空洞の陥没危険度(地震時)

初期空洞を作製して加振  
最大加速度: 1200 gal



陥没危険度が低い空洞も、  
地震時には空洞内への側部土塊のすべり破壊により拡大

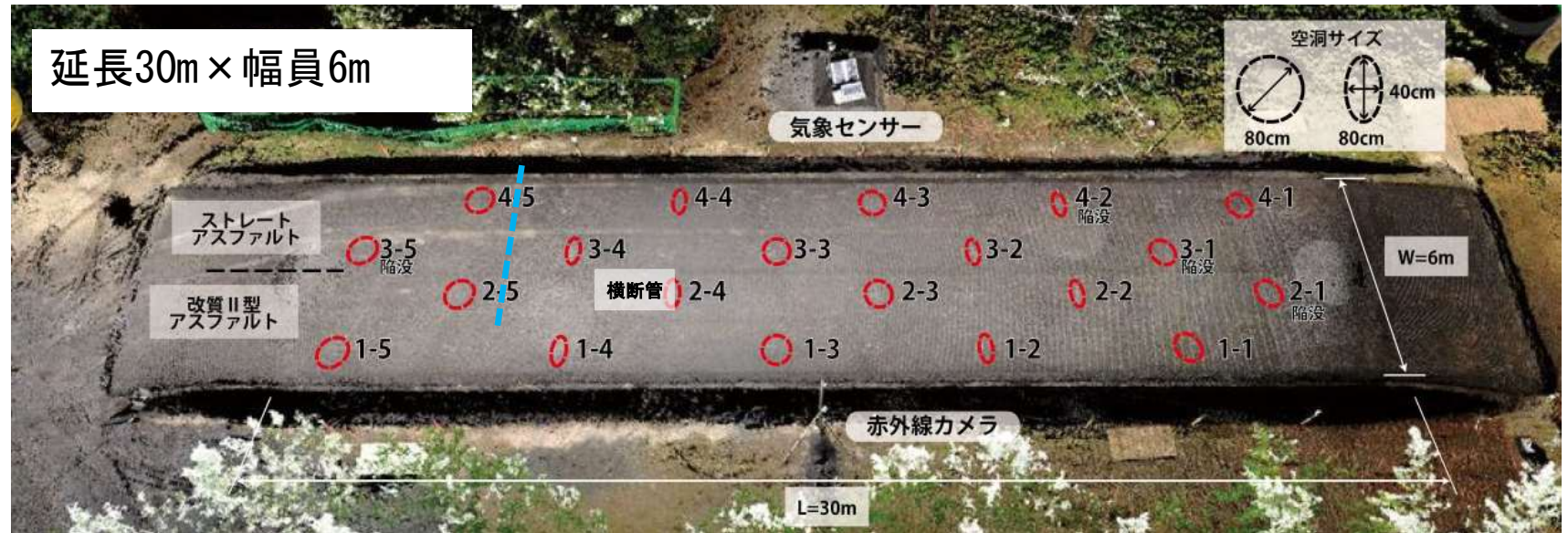


地震時に危険度ランクが高い空洞が増加する調査結果に整合

# 実物大試験道路の構築

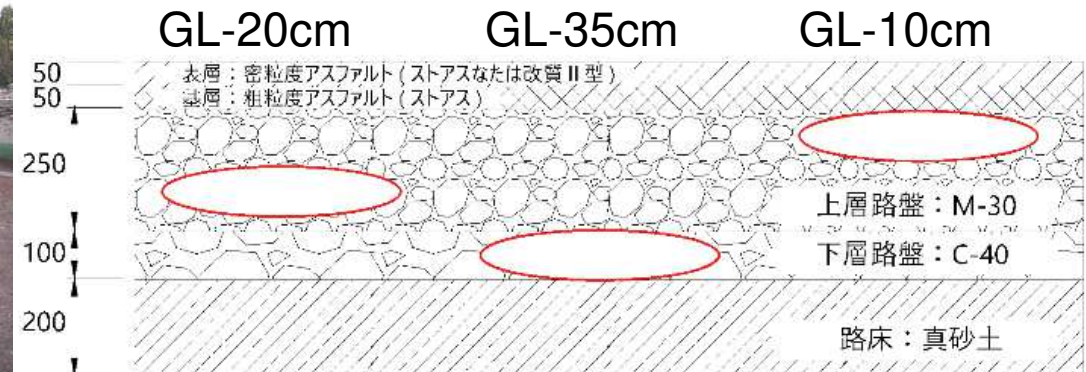
## 試験道路の概要

- 表層：  
 ストレートアスファルト  
 改質Ⅱ型
- 上層路盤：  
 粒調碎石  
 瀝青安定処理
- モニタリング：  
 気象  
 路面温度  
 路面変位



## 試験体の構築

細礫詰め土嚢を路盤内に設置し舗装を敷設し、その後細礫を吸引し空洞生成  
 $\phi 80 \times h 10\text{cm}$  および  $80 \times 40 \times h 10\text{cm}$  の空洞を天井深さ10~35cmに1~3期で計51個設置



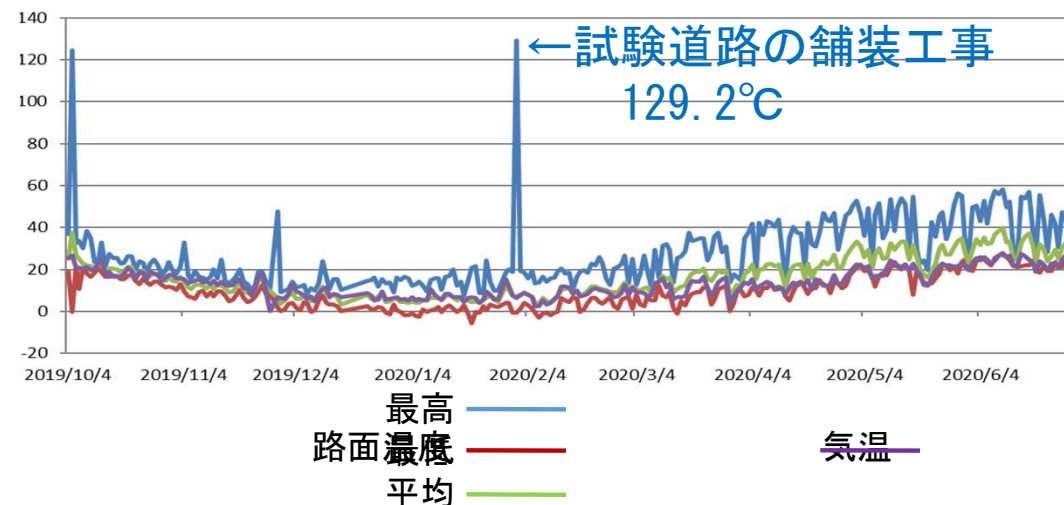


# 実物大試験道路

実物大試験道路の点群  
+空洞三次元合成画像



気温と路面温度 (2019年10月～2020年7月)



19年10月～2020年7月

路面観察と路面温度

2020/07/19 13:40

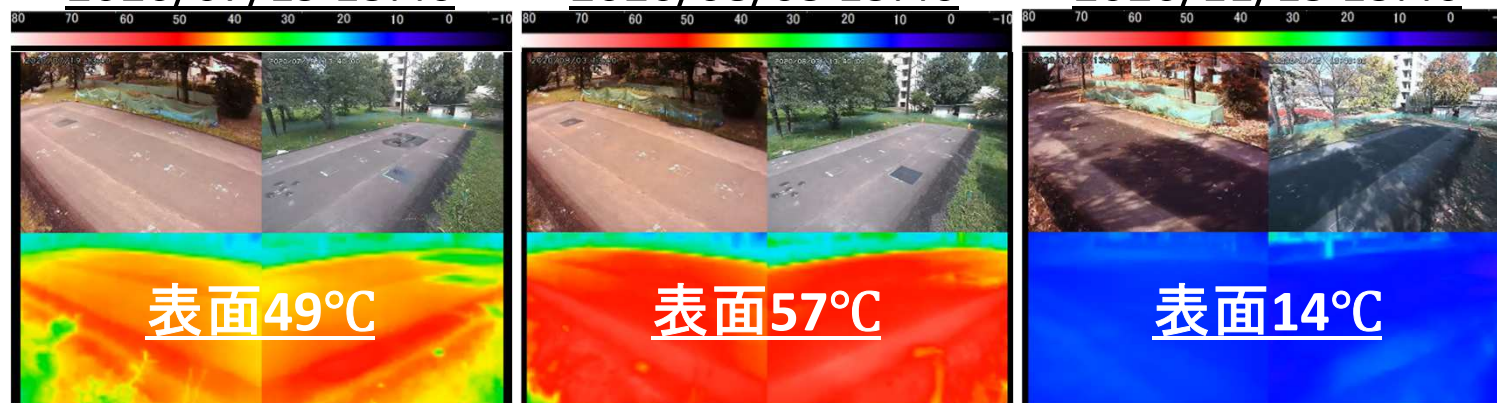
2020/08/03 13:40

2020/11/15 13:40

路面温度の記録  
(2019/10/2-2020/12/1)

最高 62.0°C

最低 -5.9°C





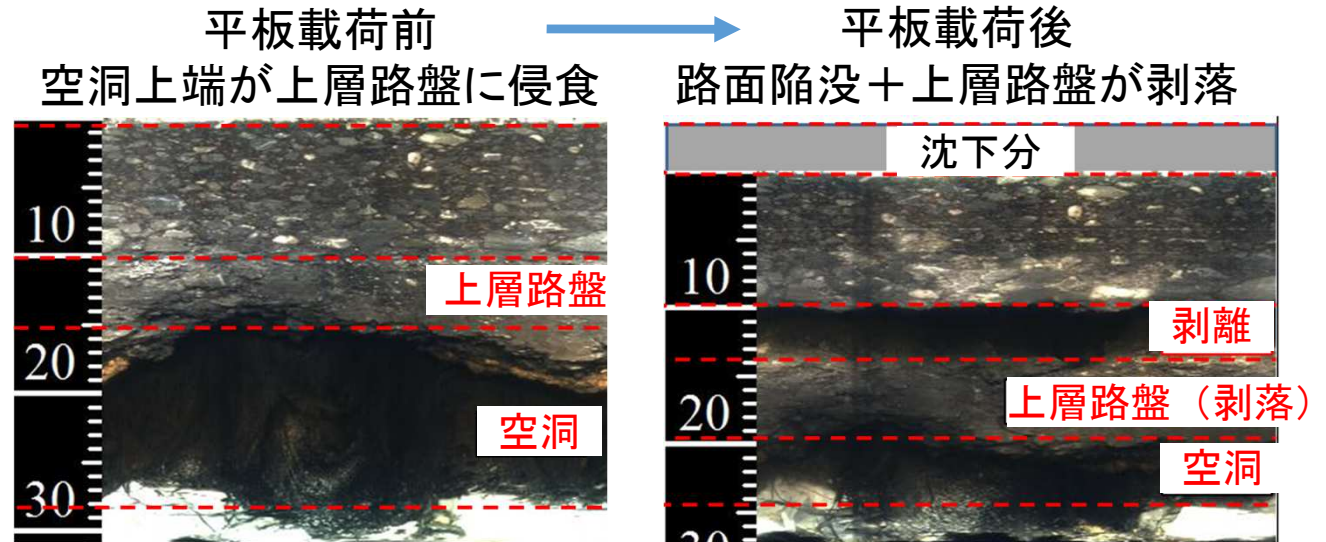
# 実物大試験道路における空洞載荷試験

## 空洞観察・載荷試験

- ・内空観察, 3D計測
- ・FWD試験
- ・小型FWD試験
- ・平板載荷試験

充填空洞, 舗装補強後の  
試験も実施

### 載荷試験前後の内空観察例



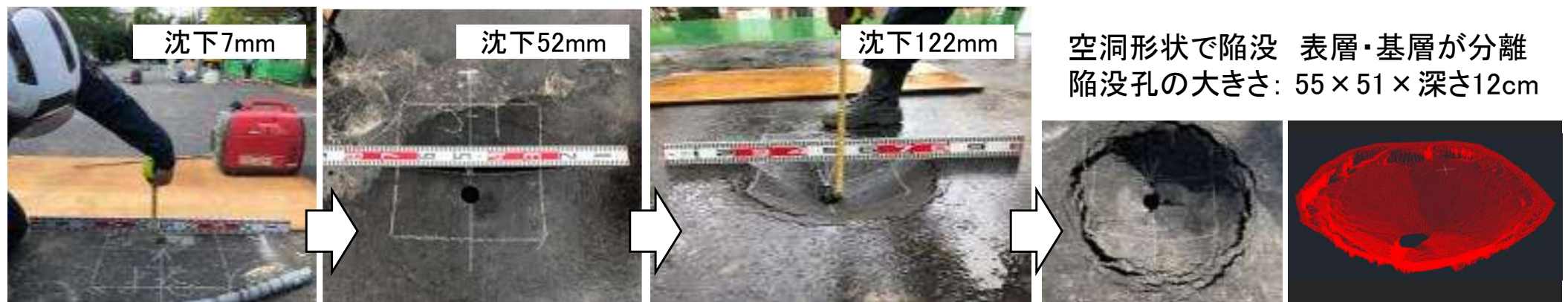
自然陥没 [ストAs ・ As直下 (Dp10cm) ・  $\phi$  80cm ・ 舗装温度約40°C]

空洞作製から1時間後

23時間後

27時間後

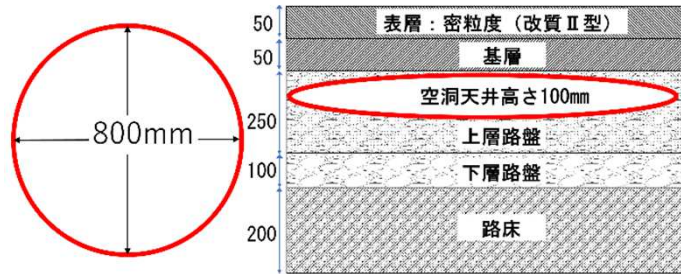
46時間後



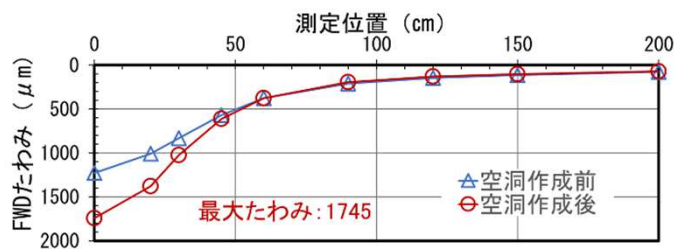
# 実物大試験道路における空洞載荷試験

FWDたわみ量と平板載荷試験沈下量は  
空洞が深いほど変状が小さい

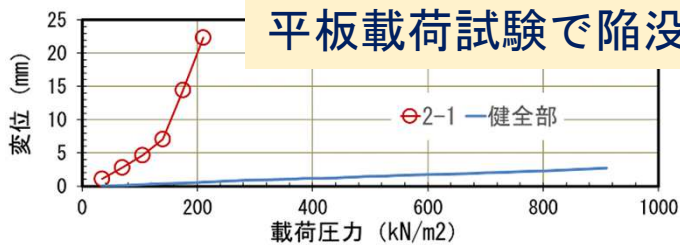
深さ10cm (As直下)



模擬空洞の形状・深さと舗装構成断面

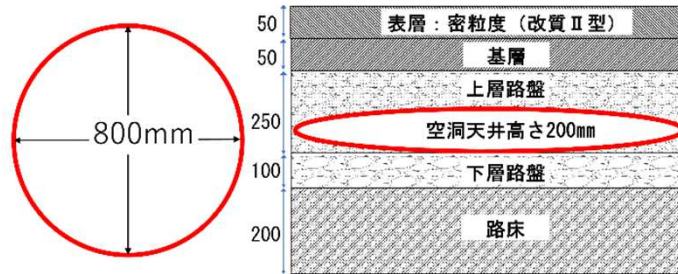


FWDたわみ

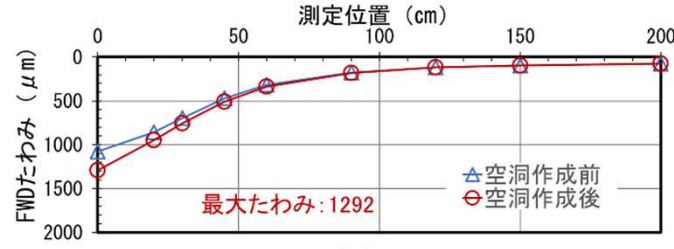


平板載荷試験の荷重-変位関係

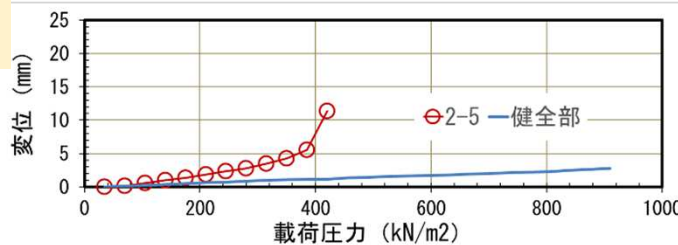
深さ20cm (路盤内)



模擬空洞の形状・深さと舗装構成断面

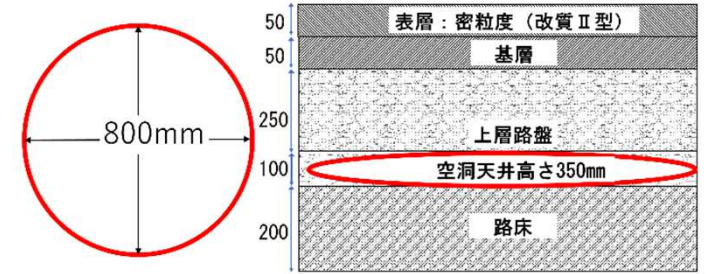


FWDたわみ

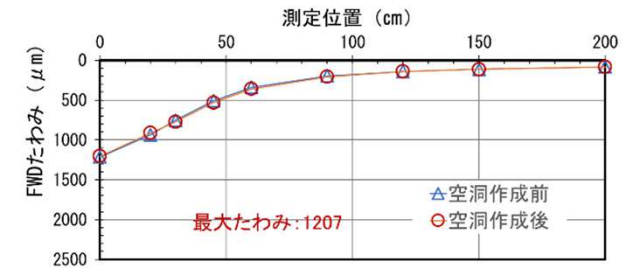


平板載荷試験の荷重-変位関係

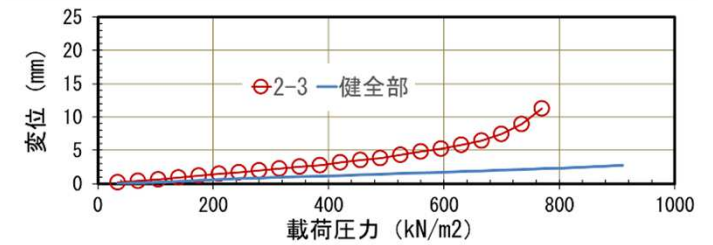
深さ35cm (路盤下)



模擬空洞の形状・深さと舗装構成断面



FWDたわみ



平板載荷試験の荷重-変位関係



# 実物大試験道路における空洞載荷試験

## 夏季（日射・路面温度）の影響

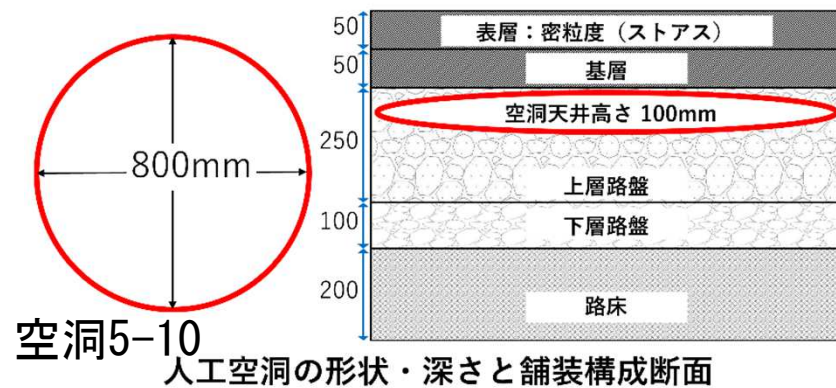
最大たわみ量 = 2000  $\mu\text{m}$  超 ~ 陥没までの余寿命（時間）

夏場は日単位・他は月単位

深さ10cm空洞 FWD後3日で陥没

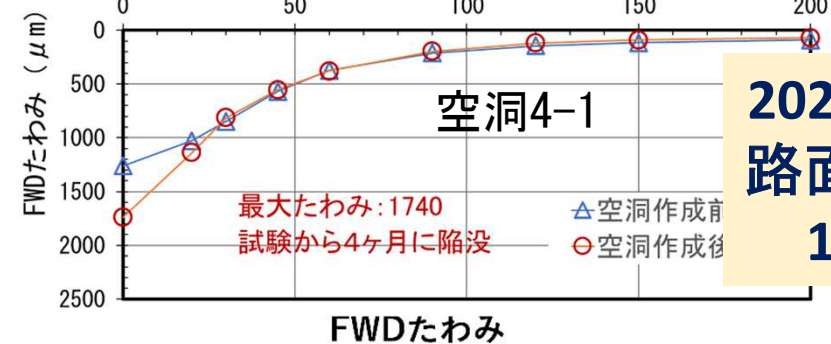
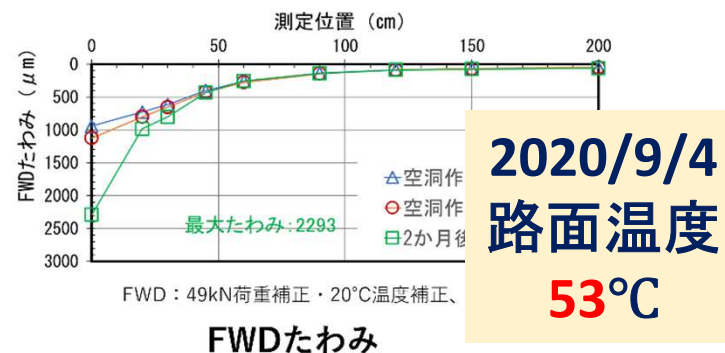
同じ諸元の空洞

空洞4-1（ストアス）FWD後4ヶ月で陥没

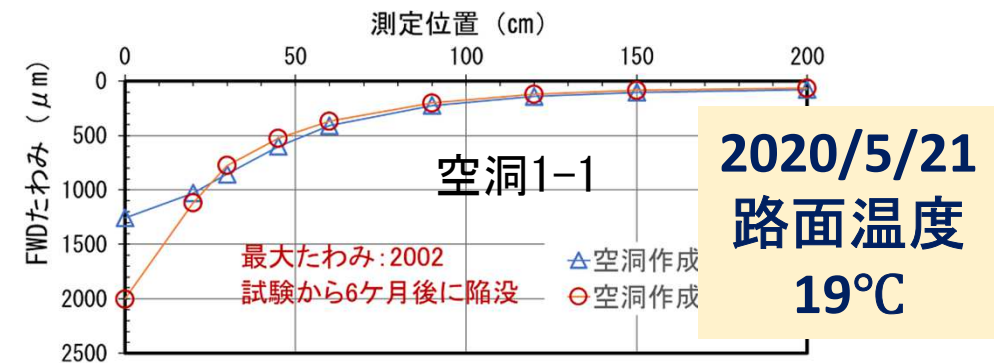


空洞5-10

人工空洞の形状・深さと舗装構成断面



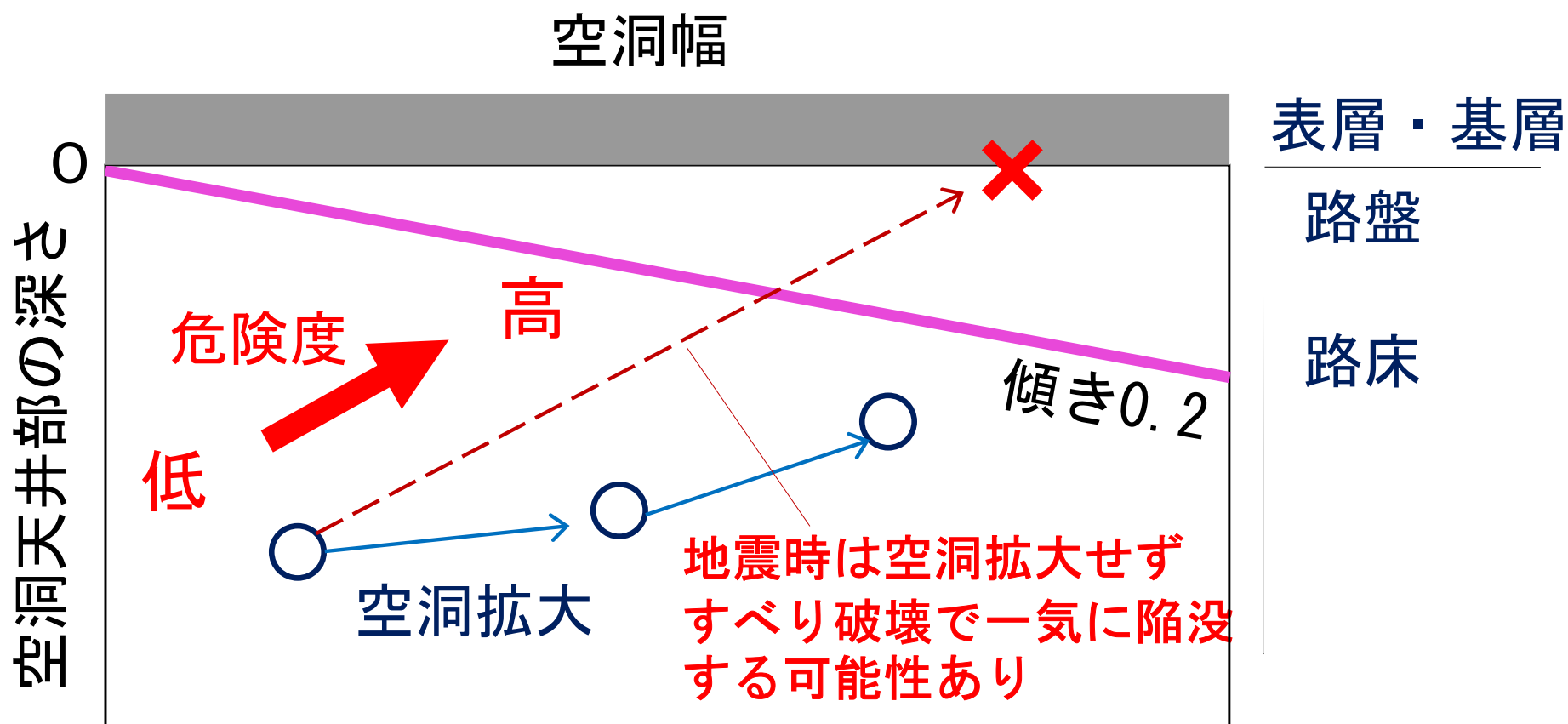
空洞1-1（改質II型）FWD後6ヶ月で陥没





# 舗装構造を考慮した陥没危険度評価

舗装構造によらず，路面下空洞により路盤が侵食されると，路面陥没は時間の問題  
陥没危険度は路盤以下からの空洞深さで評価



# 空洞・陥没の補修と予防

- ・ 開削埋戻し または 空洞充填
- ・ 陥没の原因を明らかにし土砂の流出孔を塞ぐことが重要
- ・ 陥没危険度が低い場合は、モニタリングによる経過観察も有効
- ・ 補修までの応急処置としての路面補強
- ・ 空洞が出来やすい場所に陥没予防策として路盤補強

## 路面補強

空洞を認知してもすぐに補修できない場合のために、路面に応急対策として補強材を貼り付け、強化膜を作ることにより陥没を抑制。

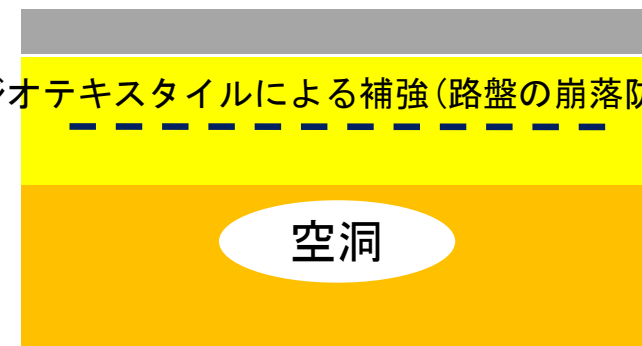
強化膜(応急対応)



## 路盤補強

空洞上に地盤（路盤）が残リアーチ効果が期待できると陥没は起こりにくい。路盤内に補強材を敷設し路盤の崩落を防止。

ジオテキスタイルによる補強(路盤の崩落防止)



# 空洞対策の効果

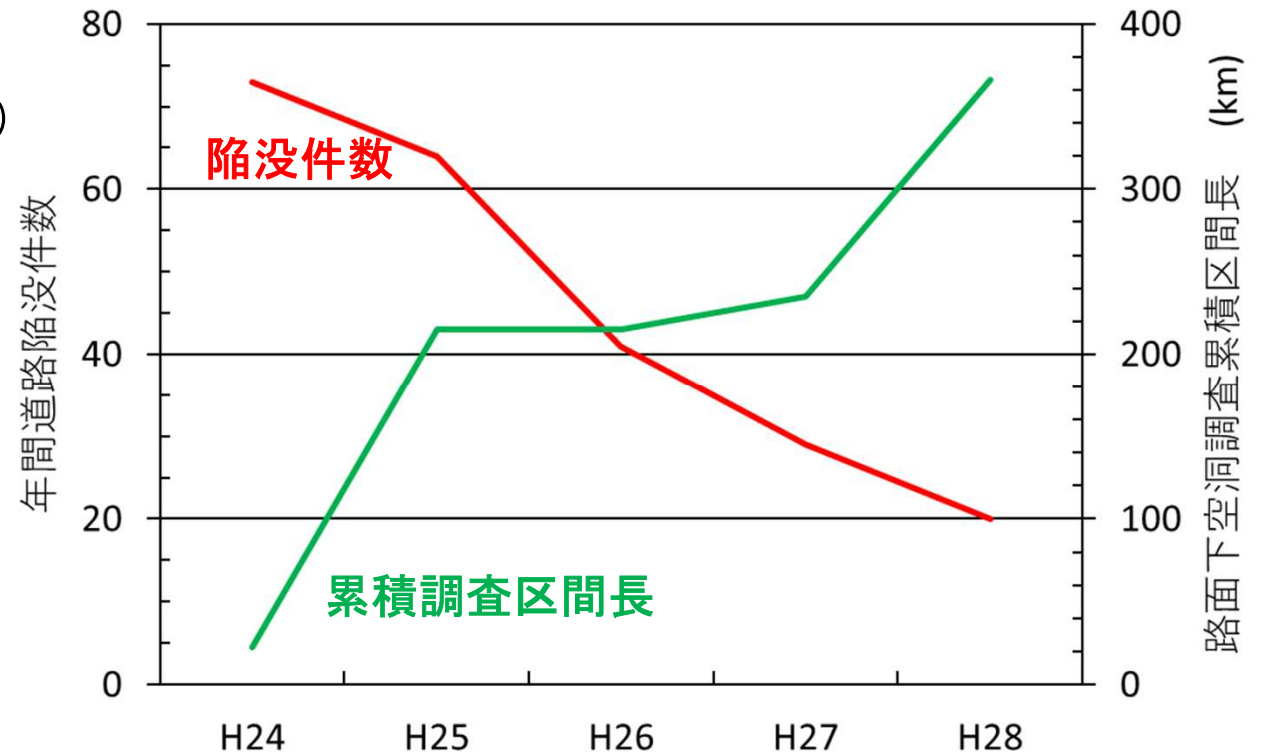
## 東京都・大田区の取り組み (路面下空洞対策戦略会議第2回WG資料より再構築)

H24より路面下空洞調査開始  
主要路線+生活道路 区道全長770km

生活道路の探査のために  
小型空洞探査車(2トラックベース)  
を導入

空洞頻度  
主要路線 1.8箇所/km  
生活道路 2~3箇所/km

空洞箇所合計 828箇所  
(うちAランク101箇所, 12%)

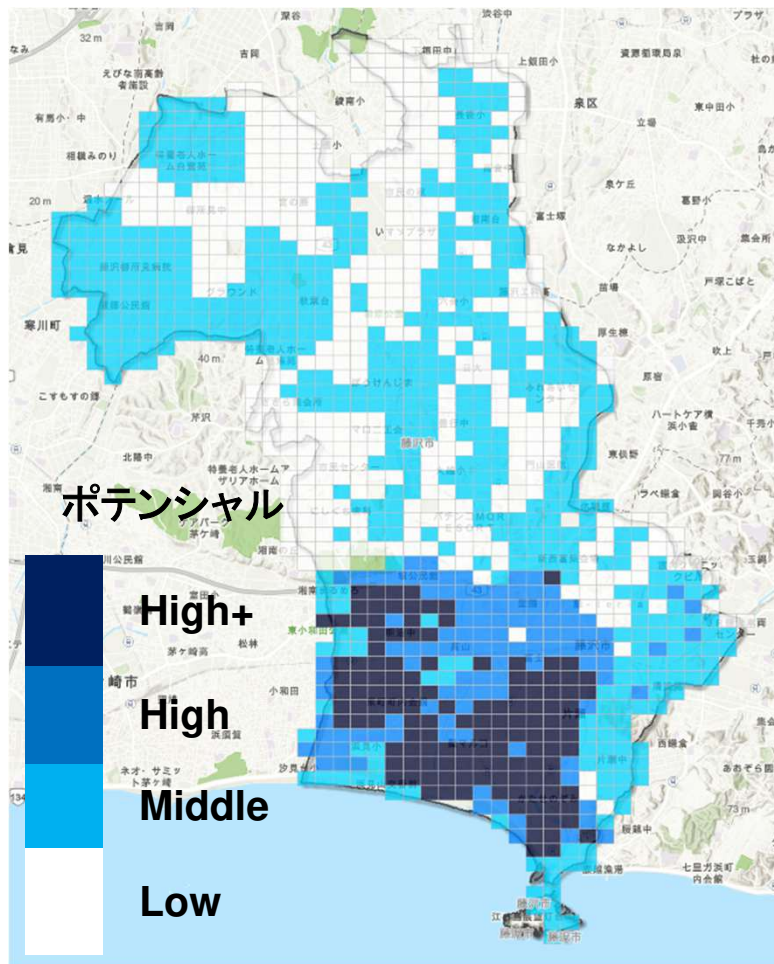


**対策により顕著な陥没抑止効果**

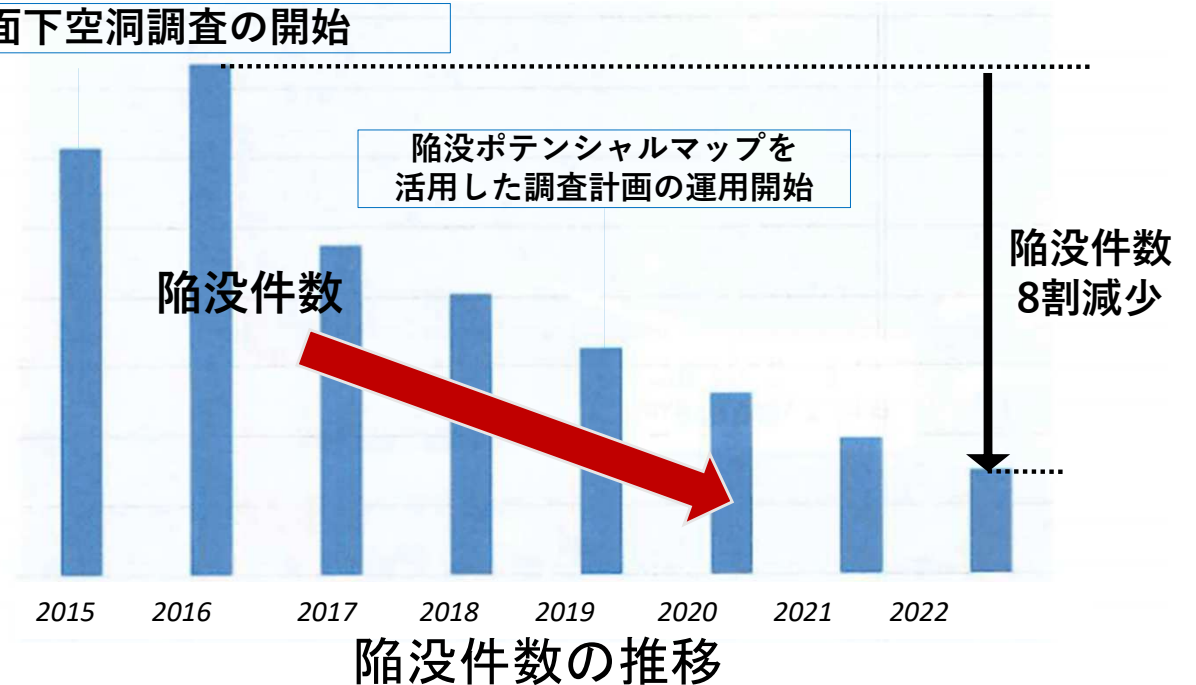


# 空洞対策の効果

## 神奈川県藤沢市の取り組み



### 路面下空洞調査の開始



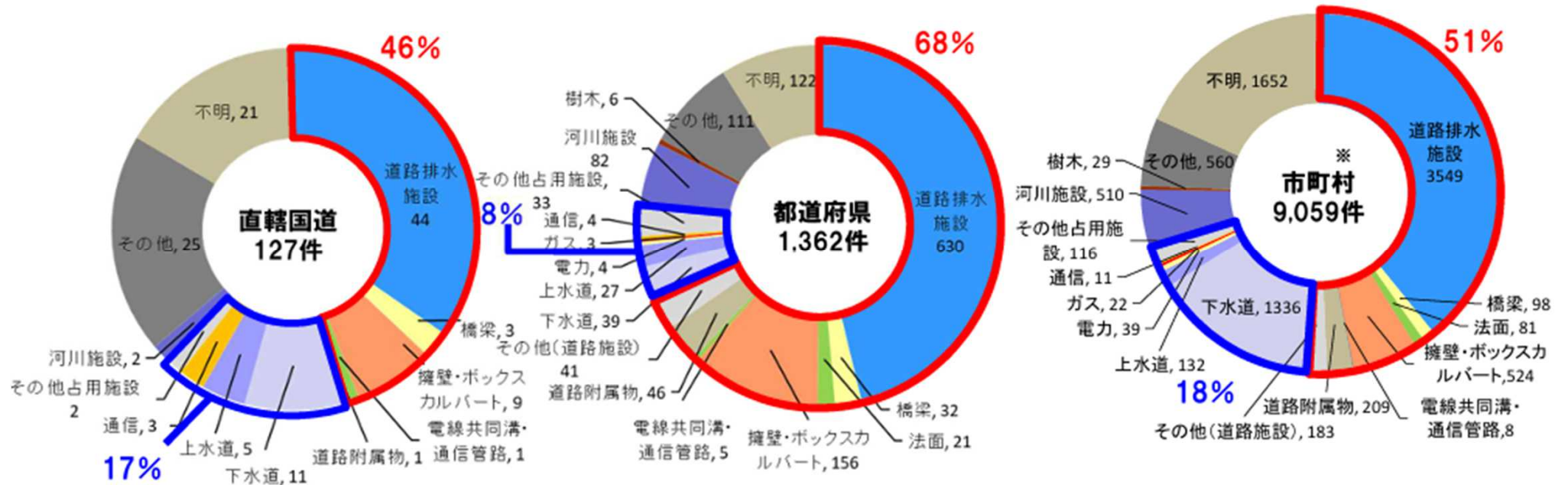
藤沢市資料(一部加筆), 2023年3月, 第4回路面下空洞対策連絡会, 東京大学主催

2019年～計画的な空洞調査：高ポテンシャル陥没リスクエリアの生活道路から開始することで、市全域の陥没数が減少

対策により顕著な陥没抑止効果

# 下水管以外の起因による空洞

令和4年度



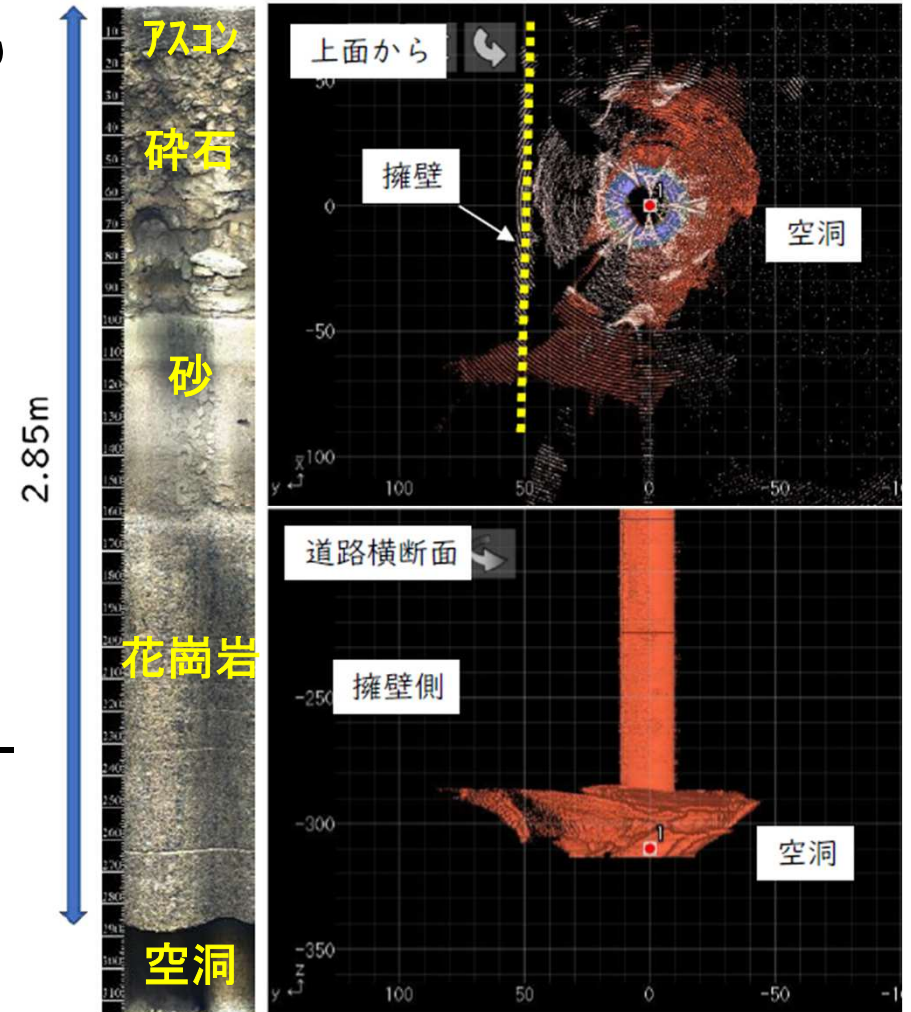
- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| 河川・海岸護岸近傍：  | 土砂の吸出し            |
| 道路排水施設：     | 排水施設の破損、水みち形成     |
| シールドトンネル工事： | 過剰掘削              |
| 地中構造物躯体近傍：  | 裏込め材の沈下・ゆるみや水みち形成 |

# 深部空洞の探査

従来より深い空洞の地中レーダ探査も近年実用化

探査車	従来型	深部型
探査深度	1.5m	3.0m
探査幅	2.5m	2.0m
検知可能 空洞規模	0.5×0.5m 厚さ0.1m	1.0×1.0m 厚さ0.3m

全天球カメラによる空洞内空観察やレーザー  
スキャナによる形状測定により詳細を把握。  
土砂流出経路や空洞の発達過程を確認。



岡本ら (2023)、深い位置の路面下空洞可視化事例、第58  
回地盤工学研究発表会 (福岡)、12-7-1-04 .

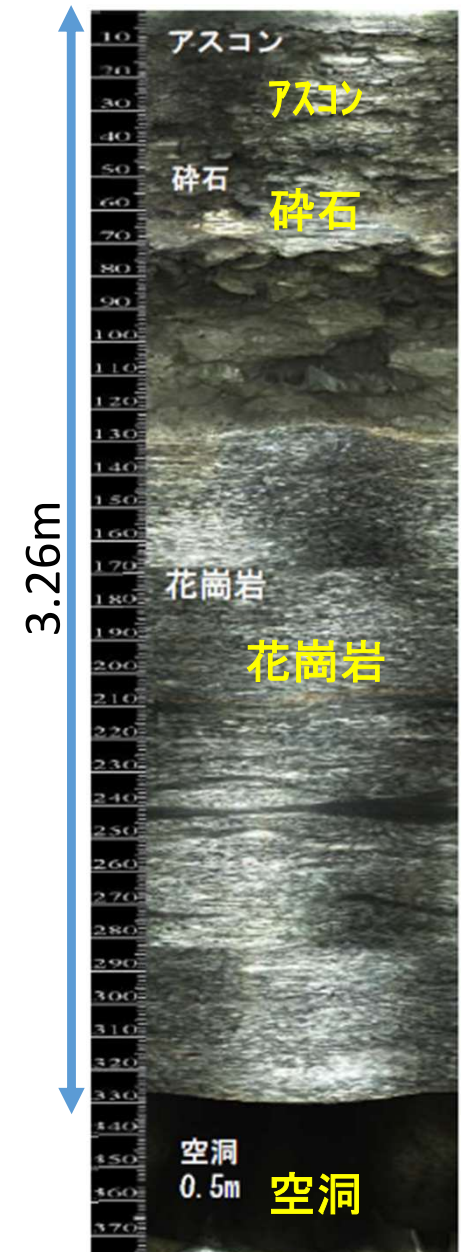
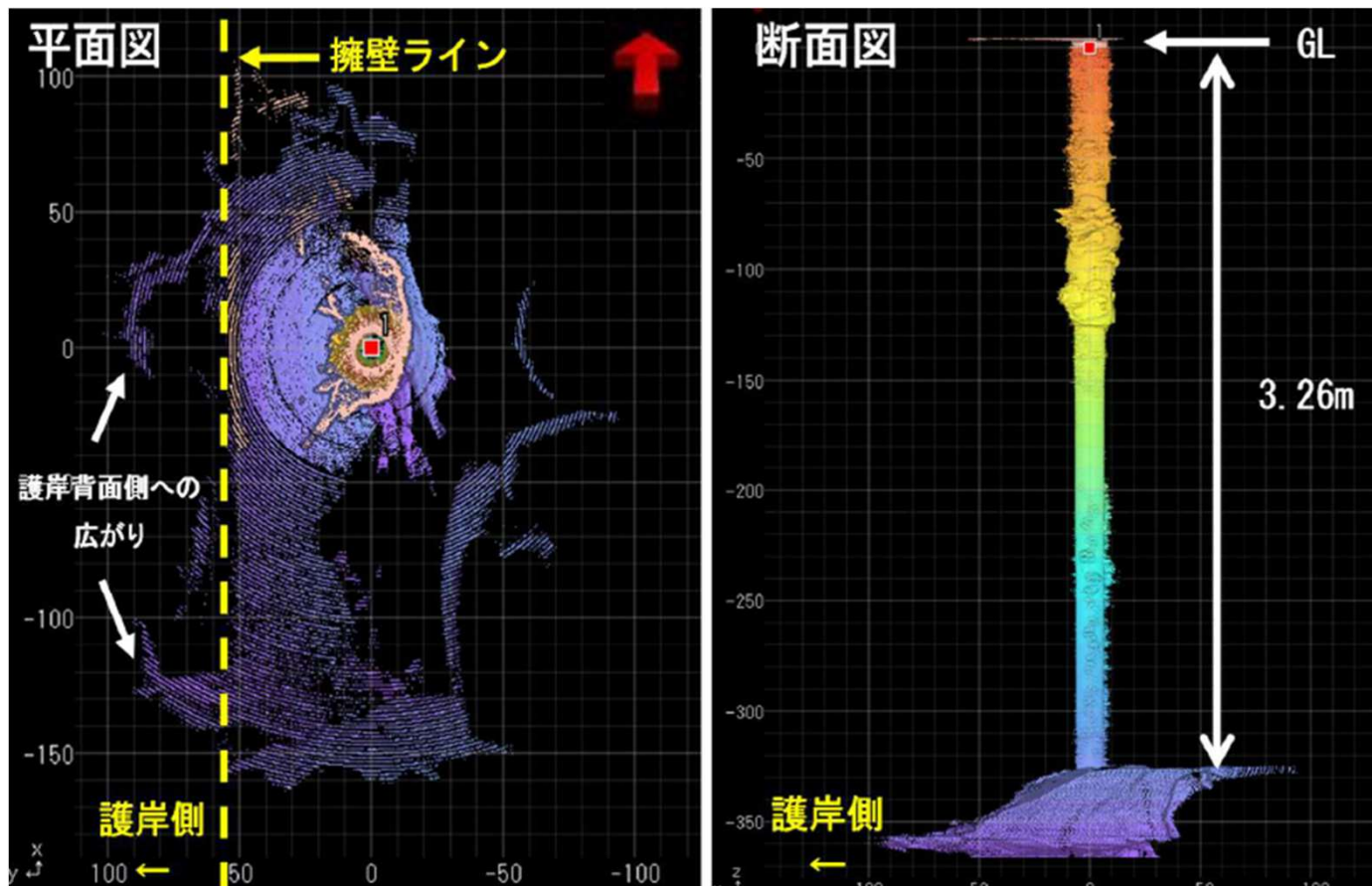
森ら (2023)、海岸護岸付近の空洞形状に関する現地調査、  
土木学会第78回年次学術講演会、Ⅲ-59.

海岸護岸沿いの国道にて発見された  
空洞の削孔調査結果  
(深度2.85m、厚さ0.3m)



# 深部空洞の探査

深部型空洞探査により発見された  
海岸護岸沿いの空洞（深度3.26m、厚さ0.5m）



高橋ら（2024）、空洞発生位置と早期発見を考慮した新型空洞探査車による  
深部空洞確認事例、第59回地盤工学研究発表会（旭川）、24-12-1-08 .

# 道路陥没対策と安全・安心な都市インフラ

## 現状

- 道路陥没問題は都市の成熟およびインフラの老朽化と不可分  
都市の急激な成長から約20年超で問題が顕在化
  - 気象の激甚化により問題は加速化

## 陥没対策

- 探査によって路面下に空洞を見つけ、陥没を未然に防止  
空洞/陥没ポテンシャルの把握による、効率的な調査
- 空洞の成因や発生場所等の条件により、拡大・進展速度や陥没危険度が異なる → 地域特性の把握と陥没危険度の評価
- 道路陥没防止のためには路盤の保全が重要
- 空洞特性や危険度に応じた補修工法の開発および適切な選択
- 空洞・陥没データの蓄積・分析および施設管理者間の情報共有・連携により、効率的・合理的な道路・インフラ管理へ

# 今後の課題

## 道路陥没対策のアイテム：

地中レーダ探査，空洞ポテンシャルマップ，陥没危険度評価チャート，空洞補修用充填材，路面補強工法，路盤補強工法など

## 今後の課題および社会実装するにあたっての留意点：

- 空洞幅と空洞深さで評価する陥没危険度チャート上で，比較的危険度が低いと判定される空洞でも，土質や地下水・降雨条件によっては成長が早い場合がある。また特に空洞厚が大きい場合は地震時に空洞内へのすべりが発生し，陥没危険度が急上昇する場合がある。空洞の成長速度の定量評価に関しては，さらに検討を要する。
- 空洞補修の選択について，基本的な考え方を示した。個々の具体的な工法は今後のアップデートを要する。
- 空洞・陥没データは蓄積し分析することで，次年度以降の空洞調査計画に生かすことができる。また，都市間，道路管理者間で陥没対策の知見や経験を共有することが，道路陥没対策の合理化につながる。今後，道路管理者やインフラ施設管理者の連携体制の整備が望まれる。
- GL-3m以深の深部空洞の探査、空洞厚の非破壊推定については開発途上