

国土強靱化担当大臣

小此木 八郎 様

都市の危機管理における路面下空洞対策に関する提言

平成30年（2018年）6月

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」委員名簿（敬称略）

議長	高島 宗一郎	福岡市長
議長代理	桑野 玲子	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 教授
学識委員	加藤 孝明 (WG 主査)	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 准教授
	村木 美貴	千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻 教授
自治体委員	秋元 克広	札幌市長
	郡 和子	仙台市長
	林 文子	横浜市長
	久元 喜造	神戸市長
	松井 一實	広島市長
	大西 一史	熊本市長
アドバイザー	大石 久和	公益財団法人国土政策研究所 所長 一般社団法人全日本建設技術協会 会長 公益社団法人土木学会 会長
	小磯 修二	一般社団法人地域研究工房 代表理事 元北海道大学公共政策連携研究部 附属公共政策学研究センター 特任教授
	藤井 聡	京都大学大学院工学研究科教授 京都大学レジリエンス研究ユニット長 内閣官房参与
	藤野 陽三	横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授 内閣府参与
オブザーバー	井上 伸夫	内閣官房 国土強靱化推進室 参事官
	米津 雅史	内閣府参事官（防災・防災計画担当）
	手塚 寛之	国土交通省 大臣官房 技術調査課 環境安全・地理空間情報調整官
	村山 一弥	国土交通省 道路局 国道・技術課長
	瀬良 良子	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 研究員
事務局	一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会	
	木寺 康	事務局次長
	江井 仙佳	事務局参与
	小池 豊	事務局参与
	小堺 規行	事務局参与
	河野 雅裕	事務局参与

「ワーキンググループ」委員名簿（敬称略）

主査 加藤 孝明 東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター 准教授

学識委員 桑野 玲子 東京大学生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター 教授

自治体委員

札幌市	吉元 雄次	建設局 土木部 道路維持課長
仙台市	千葉 幸喜	建設局 道路部長
横浜市	新倉 芳樹	道路局 道路部長
神戸市	小松 恵一	建設局 道路部 工務課長
広島市	佐々木 尚行	道路交通局 道路課 課長
福岡市	有吉 知美	道路下水道局 管理部長
熊本市	沼野 猛	都市建設局 土木部 道路整備課長

オブザーバー

手塚 寛之	国土交通省 大臣官房 技術調査課 環境安全・地理空間情報調査官
村山 一弥	国土交通省 道路局 国道・技術課長
吉田 大	内閣官房 国土強靱化推進室 企画官
瀬良 良子	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 研究員

事務局 一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会

木寺 康	事務局次長
江井 仙佳	事務局参与
小池 豊	事務局参与
小堺 規行	事務局参与
河野 雅裕	事務局参与

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」 会議日程

戦略会議	ワーキンググループ	シンポジウム
第1回 (2017.08.23 福岡)		
	第1回 (2017.09.12 東京)	
	第2回 (2017.10.13 東京)	
第2回 (2017.10.26 東京)		今こそ求められる減災対策 都市の危機管理における路面下 空洞対策 (2017.10.26 東京)
	第3回 (2017.12.22 東京)	
	第4回 (2018.03.20 東京)	
第3回 (2018.04.17 東京)		

都市の危機管理における路面下空洞対策

提言書

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

都市の危機管理における路面下空洞対策

提言書

2018年6月

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会
都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

まえがき

平成28年11月に福岡市博多駅前で起きた道路陥没事故で、道路陥没という現象が広く世間に知られることになりました。地下鉄工事に起因した事故である一方で、近年、地下施設の老朽化を原因とする道路陥没も全国各地で増加の傾向にあります。

特に人口が密集し、経済活動の中心地となる大都市では、都市部の地中は高度利用されており、多く分布するインフラ施設も老朽化が顕在化してきました。このような都市部でひとたび陥没が発生すれば、大きな社会的な影響が生じることになります。過去には通行車両や歩行者が陥没した穴に転落して負傷した事例も報告されています。

全国では年間12,000超の道路陥没が報告されており、下水道管など占用物件に起因する事故が全体の23%を占めていることから、2018年3月に成立した道路法改正では、道路管理者が占用事業者に対して維持管理を義務付けるとともに、当該義務違反者への措置命令の規定も取り込まれることとなりました。

このような状況の中で、路面下空洞対策は、従来の「施設の維持管理」から、「都市の危機管理」という視点での対応が必要な状況になりました。

本戦略会議の議長である福岡市の高島宗一郎市長は、「今回の事故から得た教訓は、陥没対策には維持保全の技術での対応として災害を想定して未然に備えることと、さらに大規模地震や大規模事故が起きた時にどういう意思決定をするべきか」を考えることの重要性を指摘されています。

政令指定都市などでは、路面下空洞対策に対する先行的な取り組みが独自に進められてきました。本戦略会議では、これらの先行的な取り組みを大規模地震時の視点と、大規模事故時の視点で整理し、これからの路面下空洞対策の取り組みに対する課題と提案を提言としてとりまとめました。

全国の地方公共団体にて、有事の際の首長の判断や、災害に備えた平時取り組みの一助となることを願っています。

序 先行都市の経験を共有し、 路面下空洞対策を加速化させる

序：先行都市の経験を共有し、路面下空洞対策を加速化させる

目次

1. 路面下空洞とは
2. 路面下空洞問題の影響
3. 路面下空洞にかかる様々な取組
4. 先行都市の経験を共有し、路面下空洞対策を加速化させる

1. 路面下空洞とは (その1)

- 近年、高度成長期に建設された地下インフラの老朽化に伴い道路の路面下において空洞が発生し、路面沈下や陥没が顕在化する事象が数多く生じています。
- また、地下工事に関連した陥没事故の発生、地震・豪雨などの大規模災害後の緊急調査で、路面下に多発する空洞化現象が報告されはじめています。地下が高度利用されている都市部に潜在する空洞は多く、今後老朽化の進行に伴い増加していくと考えられています。
- 道路陥没は年間12,000件超発生しています。また空洞調査の結果として、空洞の発生数は道路延長1kmあたり1箇所となっており、特に都市部市街地に集中する傾向があります。路面下空洞対策は新しい都市問題への対応と言えます。

路面下空洞の発生状況

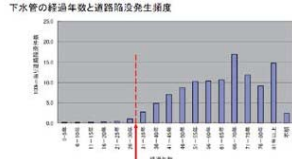
都市部の
占用物件に
起因する
道路陥没が
多く発生している

道路の陥没発生件数とその要因(28年度、市町村)



- 2016年度の全国道路陥没件数は12,000件超(直轄国道116件、都道府県1,077件、市町村11,141件)
 - 下水道管など都市部の占用物件に起因する事故が全体の24%
- 出典 国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/sisaku/pd/f/h27-28kanbotu.pdf>

下水道では、敷設後30年を経過すると道路陥没の発生件数が急増する



下水道敷設後30年を経過すると道路陥没の発生が増加する。

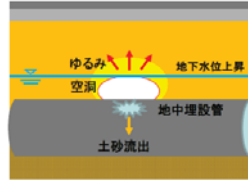
- 道路延長当たりの空洞数調査結果 (個/km)
- 全国平均：1.0
- 国・道・府・県：0.6
- 東京都港区・政令指定都市など人口集中地区：2.1
- その他自治体：1.4
- 空洞発生率は同一自治体内でも道路の種類によっても大きく変わる

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム 桑野裕子教授(東京大学生産技術研究所) 講演資料「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

路面下空洞発生の主な原因

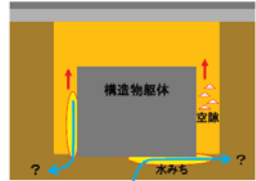
主な原因

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？

21/39

- 東京都の2001～2009年度までの空洞調査で確認された1018件の空洞の発生要因は、下水道および雨水取付管等の破損が要因となった空洞：28%
- 埋戻し不良：32%
- 地下埋設物輻輳：14%

都市部においては地下埋設物起因の空洞が多くを占めている

内山・大石(2012)：4.路面下空洞の開閉状況調査結果、東京都土木技術支援・人材育成センター平成24年度年報
出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム 桑野裕子教授(東京大学生産技術研究所) 講演資料「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

1. 路面下空洞とは (その2)

主な路面陥没事象にかかわる年表

年	トピックス
1988年	東京銀座で道路陥没が連日発生、路面下空洞対策の必要性が認識される。
1990年	東京御徒町でトンネル工事に伴い大規模な道路陥没が発生。
1995年	阪神淡路大震災時、幹線道路・生活道路に道路陥没が多数発生。
2000年	東京都港区で豪雨後に道路陥没が発生し、女子高生2名が負傷。
2003年	北海道十勝沖地震の際、幹線道路・生活道路に道路陥没が多数発生。
2004・2007年	新潟県中越地震・中越沖地震の際、道路陥没が多数発生し、構造物周辺の空洞化、下水道管理戻しの問題が指摘される。

年	トピックス
2011年	東日本大震災の際、宮城県や東京湾沿岸などで多くの路面陥没が発生。地震時の空洞発生メカニズムと陥没対策の詳細研究が始まる。
2013年	大阪府豊中市で小児を抱いた女性が陥没した穴に転落して負傷。
2016年	熊本地震の際、県内全域で道路が変状して、交通ネットワークの機能障害が発生する。福岡市博多駅前で地下鉄工事に伴い大規模道路陥没が発生。
2017年	新潟県出雲崎町で道路陥没が再発し、負傷者が発生。
2018年	年間12,000超の陥没事故の発生状況を踏まえ、道路管理者が占用業者に維持管理を義務付ける道路法の改正が成立。



1988年:東京都中央区(銀座)老朽下水管が原因の陥没



1990年:東京都台東区(御徒町)地下鉄工事による陥没



2000年:東京都港区豪雨後に歩道陥没女子高生2名が負傷



2003年:北海道白老町十勝沖地震で生じた陥没



2011年:宮城県仙台市東日本大震災で発生した地下鉄駅舎近傍の陥没



2011年3月11日:千葉県内東日本大震災の直後に、老朽した下水管に起因する空洞箇所での路面陥没が発生



2013年:大阪府豊中市老朽下水施設が原因の陥没小児を抱いた女性が転落して怪我



2016年:熊本県熊本市熊本地震で発生した陥没



2016年:福岡市博多駅前地下鉄工事による陥没



2017年:新潟県出雲崎町橋梁基礎部分の土砂流出が原因で陥没、負傷者が緊急搬送される

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

2. 路面下空洞問題の影響

- 東京都心部や福岡市などの例に見られるように、大規模陥没事故は、通行者への被害や交通の途絶など、住民の生活に大きな影響を与える問題です。万が一、大規模な陥没事象が発生した場合には、速やかな復旧と情報発信により、安全の確保と安心の提供を行うことが重要です。
- また自然災害時における路面陥没は道路閉塞の一要因となり、避難や救助・救援活動、被災者支援活動などに影響を与えます。

平時の大規模陥没事故の影響例（福岡市博多駅前）

項目	内容
発生日時	2016年（平成28年）11月8日午前5時ごろ
発生場所	福岡市博多駅前
原因	地下鉄トンネル工事に伴うトラブル
陥没の規模	幅27メートル、長さ30メートル、深さ15メートルに渡り陥没
人的被害	なし
物的被害	下水道、上水道、電話・通信、電気、ガス、近隣建築物、空港、金融機関などの都市機能が広範囲に麻痺、市民生活や経済活動に多大な影響
通行再開	陥没発生から7日後、11月15日 午前5時

資料：福岡市

自然災害に路面下空洞/路面陥没が引き起こす影響例（熊本市）

熊本地震発生直後における熊本市圏の渋滞状況 平成28年4月17日(日)

熊本市は熊本地震の発生を契機として、大規模な陥没事故が発生した場合に備え、緊急輸送路の確保や、市民生活や経済活動に多大な影響を及ぼすことを懸念し、熊本市圏の主要な道路やトンネルの調査を実施している。また、熊本市は熊本地震の発生を契機として、大規模な陥没事故が発生した場合に備え、緊急輸送路の確保や、市民生活や経済活動に多大な影響を及ぼすことを懸念し、熊本市圏の主要な道路やトンネルの調査を実施している。

熊本市は熊本地震の発生を契機として、大規模な陥没事故が発生した場合に備え、緊急輸送路の確保や、市民生活や経済活動に多大な影響を及ぼすことを懸念し、熊本市圏の主要な道路やトンネルの調査を実施している。

熊本市は熊本地震の発生を契機として、大規模な陥没事故が発生した場合に備え、緊急輸送路の確保や、市民生活や経済活動に多大な影響を及ぼすことを懸念し、熊本市圏の主要な道路やトンネルの調査を実施している。

地震の揺れに伴い、一般道や高速道路において橋梁の落下や路面の亀裂、路面陥没等が発生し、大規模な交通渋滞が発生した。

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム 熊本市議案資料

3. 路面下空洞にかかる様々な取組

- 先行的に路面下空洞対策を実施している都市では、調査や施工において、様々な工夫がなされています。また、取組を進める中で、問題点・課題も明確になりつつあります。

政令指定都市の先行的な取組

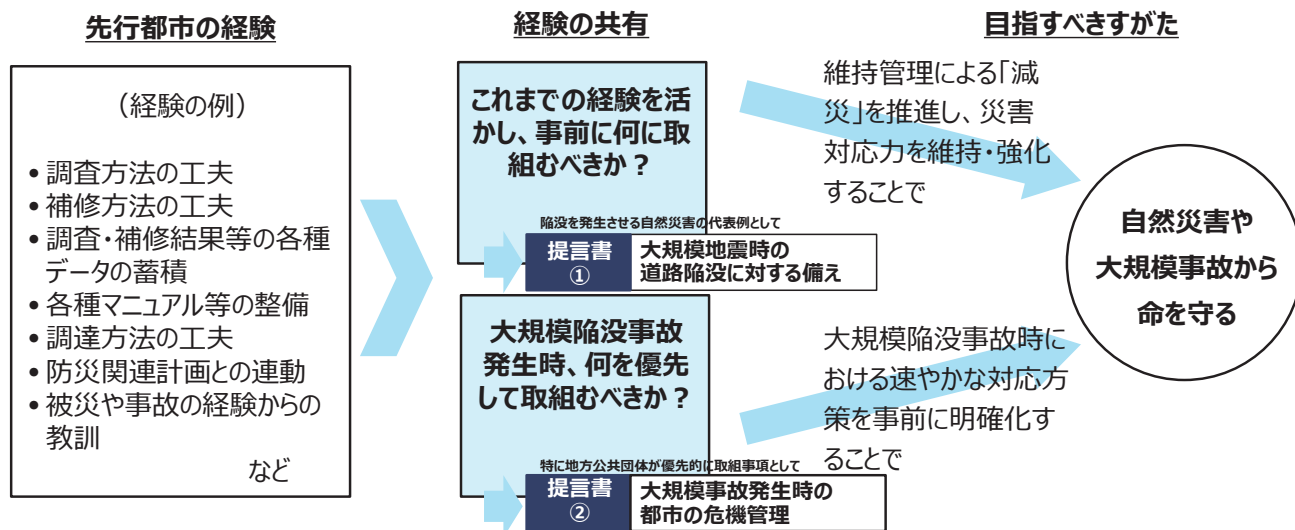
都市名	先行的な取組（特徴的な取組）
札幌市	<ul style="list-style-type: none"> 「札幌市強靱化計画」に路面下空洞対策を位置づけ 事業指標を設定し、計画的に路面下空洞調査を実施 など
仙台市	<ul style="list-style-type: none"> 緊急輸送道路や歩行者の多い都心部の歩道などについて定期的に路面下空洞調査を実施 注入工法や開削工法など適切な補修方法の選定 など
横浜市	<ul style="list-style-type: none"> 緊急輸送路に加え、市役所・病院等へのラストワンマイルを空洞調査対象路線として位置づけ 下水埋設時期が古い湾岸部については、先行的に調査に着手 など
神戸市	<ul style="list-style-type: none"> 阪神淡路大震災の翌年である1996年から現在までに至る20年超の空洞調査結果を蓄積 産官学連携型の研究会による知見の共有 など
広島市	<ul style="list-style-type: none"> 「広島市舗装繕繕マニュアル」を策定 空洞の広がりや発生深度を指標とした陥没の危険性評価を実施 など
福岡市	<ul style="list-style-type: none"> 1994年から路面下空洞調査を実施、2015年から東京大学と共同研究を行っている 空洞調査実施能力を事前確認することで、空洞調査能力の高い調査業者を選定 など
熊本市	<ul style="list-style-type: none"> 地震を契機に本格的な路面下空洞調査を実施 震災後の空洞・陥没等の発生数やその季節変動など、経験にもとづく新たな知見を蓄積 など

※これらの先行都市では、上記以外に様々な取組が実施されています。その詳細については、添付資料をご参照下さい。

4. 先行都市の経験を共有し、路面下空洞対策を加速化させる

- 先行的に路面下空洞対策に取り組んでいる都市の経験を共有することにより、自然災害に対する備えの充実や、大規模陥没事故時の適確な対応を図り、路面下空洞対策を加速化させることが重要です。
- 本“都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議”では、これまでの経験を活かし、自然災害に備えた事前対策や「大規模災害等発生時の都市の危機管理」などを幅広く共有し、**自然災害や大規模事故から命を守る取組**の推進を提言します。

「経験の共有」により目指すべきがた



都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

8

提言 1 大規模地震時の道路陥没に対する備え ～維持管理は危機管理～

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

9

9

目次

1. 維持管理は危機管理

- (1) 大規模地震時に路面下空洞は、道路の沈下・陥没などの要因となる
- (2) 道路閉塞が起こす問題とは
- (3) 事前対策の有効性
- (4) 維持管理は危機管理 ～“防災・減災”としての路面下空洞対策～

2. これからの路面下空洞対策のあり方

- (1) 優先的に対策を行う路線を定める
- (2) 陥没を未然防止できる品質の高い調査・補修を実施する
- (3) 空洞・陥没データ等の共有と活用

3. 今取り組むべきアクション

- (1) 防災・減災に、路面下空洞対策を取り込む
- (2) 「維持管理は危機管理」として必要とされる技術水準を設定する
- (3) 全国との「経験の共有」を促進する

1. 維持管理は危機管理

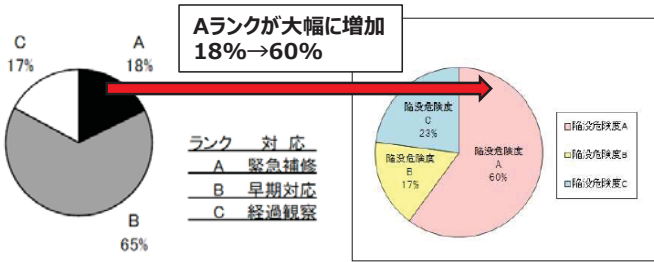
1. 維持管理は危機管理

(1) 大規模地震時に路面下空洞は、道路の沈下・陥没などの要因となる

- インフラの老朽化に伴い地下埋設物に起因する路面下の空洞が増加しています。これに加えて、空洞の発生・成長の原因の一つとして、地震による揺れが挙げられます。
- 地震の前後において空洞の発生頻度が有意に増大した中越地震、震災後に陥没危険度の高い路面下空洞の割合が増大した考えられる熊本地震などの調査例もあり、大規模地震が道路の沈下・陥没の一要因となることが想定されます。

熊本地震後の路面下空洞の陥没危険度調査

全国の道路における陥没危険度の割合 熊本地震後における陥没危険度の割合



熊本県宇城市では、2016年熊本地震後の空洞調査結果において、陥没の可能性の高い危険度ランクAが約60%となっており、これは通常時に全国の道路で確認されている陥没危険度と比べ、非常に高い割合になっている。

出典：濱也(2017)、岡本(2017)

東日本大震災時の路面下空洞による道路の沈下・陥没事例



撮影日 2011年3月11日 (地震当日)

出典 東日本大震災アーカイブ宮城 (白石市)

提供者 白石市総務課 場所 宮城県白石市

<https://kioku.library.pref.miyagi.jp/arcontent/206/20610000000012>

撮影日 2011年3月12日 (地震翌日)

出典 東日本大震災アーカイブ宮城 (白石市)

提供者 白石市建設課 場所 宮城県白石市

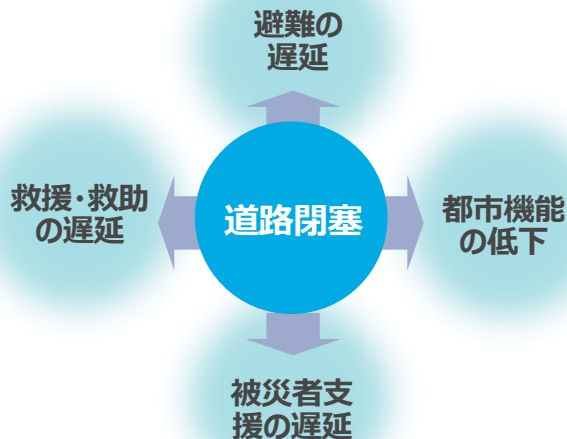
<https://kioku.library.pref.miyagi.jp/arcontent/1000/18470010000001315>

1. 維持管理は危機管理

(2) 道路閉塞が起こす問題とは

- 災害時の道路閉塞は、避難や救援・救助、被災者支援の遅延、特に人口が集中している都市部では都市機能の低下へと直結します。
- 道路閉塞の要因としては、建物倒壊、橋梁の落下、土砂崩れなどがあり、これらに対する事前対策や予防保全措置が取られています。
- 路面下空洞に起因する路面の沈下・陥没は、こうした道路閉塞の一要因ともなり、特に都市部の市街地特性によっては道路閉塞の主たる要因となると予想される地域もあります。

道路閉塞が引き起こす問題



道路閉塞が起因する原因

震災時の主要道路の通行可能性の評価 (C市) 建物倒壊要因と道路陥没起因の比較 (深度1.75m)

C市においては、建物倒壊起因よりも道路陥没起因の道路閉塞が多いことが明らかになっている。



出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム 加藤孝博准教授 (東京大学生産技術研究所) 講演資料 「防災対策として考える危機管理としての路面下空洞対策『維持管理と危機管理』」

1. 維持管理は危機管理

(3) 事前対策の有効性

- 路面下の空洞を調査し、陥没の危険度に応じて計画的な補修対策した結果、平時における道路陥没の数を大きく減らした地方公共団体もみられます。また実験結果から、地震時においては空洞の充填が陥没防止等に対して効果を持つことが伺えます。
- 事前に空洞調査を実施して、陥没の危険度の高い路面下空洞を補修しておくことで、大規模地震災害時に対応が必要となる沈下・陥没箇所を低減させる、防災・減災効果が期待されます。

平時の計画的な事前対策による道路陥没数の低減例（東京都大田区）

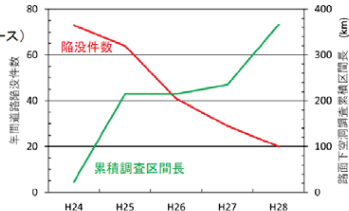
地震時の空洞充填の効果測定実験

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%)



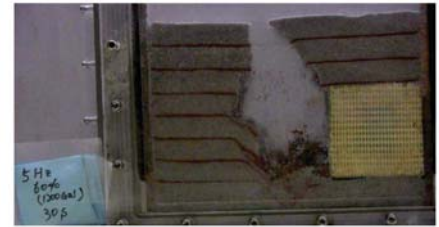
事前対策により大幅な陥没抑止効果があった



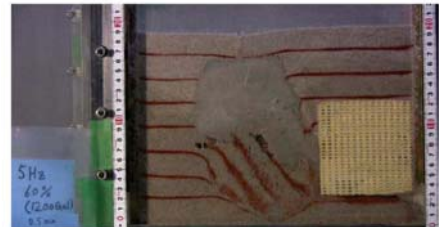
(H24 - 28の調査実績地図)

- 大田区では、空洞調査と補修を計画的に実施し、維持管理を推進した結果、道路陥没数を大幅に減少させた。

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム
桑野祥命子教授（東京大学生産技術研究所）講演資料
「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」



- 地下に空洞を放置した状態で振動を加えると、地表面において陥没が発生。



- 空洞に充填材を注入したのち、振動を加えると、地表面には大きな変化は見られない。

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム
桑野祥命子教授（東京大学生産技術研究所）講演資料
「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

1. 維持管理は危機管理

(4) 維持管理は危機管理 ～“防災・減災”としての路面下空洞対策に取り組む～

- 災害対応力の強い都市としていくためには、災害時であっても住民の避難や救助・救援等に必須の道路について、その交通機能を維持していくことが求められます。このため、こうした道路については事前に優先的に対策を施すことが必要です。
- また地域の応急補修能力を維持するためにも、普段から道路などの維持管理を進め、大規模地震災害時に発生する空洞数を可能な限り低減することが重要です。
- このような視点から本提案では「維持管理は危機管理」と考え、その具体的な進め方を提案します。

路面下空洞に対する基本戦略

大事なところは普段から維持管理を実施

防災・減災等の観点から、優先的に対策すべき路線を予め決定することが重要。

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム
札幌市講演資料

日常の維持管理によりいざという時の空洞発生数を減らす

大規模地震での路面下空洞の発動と道路閉塞未然防止対策の流れ

事前対策 (路面下空洞調査・補修・モニタリング) | 震災および震災直後 | 緊急空洞調査・補修

平時 (空洞発生) | 平時 (空洞拡大) | 地震発生 (新たに空洞発生) | 復旧期 (空洞拡大)

平時 (空洞発生) | 平時 (空洞拡大) | 地震発生 (新たに空洞発生) | 復旧期 (空洞拡大)

通行障害の原因となる空洞数を日常の維持管理で減らし、災害時でも応急補修能力が大きくなるのが重要。

出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム
桑野祥命子教授（東京大学生産技術研究所）講演資料「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

維持管理は危機管理

(具体的な進め方)

- ① 優先的に対策を行う路線をきめることが必要
- ② 陥没を未然防止できる品質の高い調査・補修が必要
- ③ 空洞・陥没データ等の共有と活用が必要


2. これからの路面下空洞対策のあり方

2. これからの路面下空洞対策のあり方 (1) 優先的に対策を行う路線をきめる

- 路面下空洞対策を先行的に取り組んでいる都市では、防災面や過去の空洞発生傾向などを踏まえ、“優先的に対策する道路”を設定しています。例えば多くの政令市では、緊急輸送道路や市役所等の災害対策拠点を結ぶ道路などを優先的な調査対象路線として位置づけています。また空洞発生傾向をふまえて生活道路の総点検を実施した地方公共団体もあります。
- こうした先行事例を参考としつつ、路線の位置づけ、都市機能の立地状況、空洞発生傾向などの視点や地域特性を踏まえて、各都市の実状に合わせた路線選定や調査頻度の設定などが望まれます。

“優先的に対策する道路”設定の視点案

防災計画上の路線の位置づけ
<ul style="list-style-type: none"> 緊急輸送路など、災害時の避難や救護・救援、支援物資の輸送などにおいて必要となる路線
×
災害時に必要とされる都市機能の立地状況
<ul style="list-style-type: none"> 役所、医療機関、警察、消防、輸送拠点、避難所等の立地状況 上記の施設へのアクセス状況（迂回路ルートの有無や陥没が起きても通行できる車線幅の余裕等）等
×
空洞による陥没危険度
<ul style="list-style-type: none"> 空洞の発生傾向 地下構造物、埋設物の分布・老朽化 舗装構造（厚さ、材料、施工の工法） 地盤状況（土質、地下水等）等
×
その他 地域特性等

先行的な取組 横浜市	緊急輸送道路に加え、災害拠点施設へのラストワンマイルを調査対象として設定
<ul style="list-style-type: none"> 横浜市では、1991年から年間平均調査距離 6 km程度の調査を実施していたが、東日本大震災を契機に調査延長を拡大し、第一段階として、2013年から2015年までに緊急輸送路及び緊急輸送路と災害時に重要な拠点となる施設（災害拠点病院・区役所・警察・消防）及び土木事務所を結ぶ接続道路（ラストワンマイル）約 380kmの調査を実施して、152箇所で空洞を確認した。 さらに第二段階として、2016年からは緊急輸送路以外のバス通りなどの幹線道路約600kmについて、下水埋設時期が古い湾岸部から調査に着手している。 	
	
出典：第3回ワーキング資料 都市の危機管理における路面下空洞対策（横浜市）	

2. これからの路面下空洞対策のあり方 (2) 陥没を未然防止できる品質の高い調査・補修を実施する（調査編）


- 事前対策による減災は、陥没の危険性が高い空洞を発見することから始まります。確実に危険な空洞を発見するためには、「性能の高い探査」、「空洞の特定（他の地下埋設物等との区別）」、「精度の高い危険度評価」を備えた品質の高い空洞調査が必要となります。また空洞調査をより広く普及させるためには、調査品質を保ちつつ、コストの低減も必要となります。
- こうした費用対効果の高い調査の普及を図るためには、探査、特定、評価に係る望ましい水準（要求性能）を明確化することが重要です。
- さらにこれらの条件を調達方式（例：仕様書に要求性能を記載する、事前確認する等）に組み込むことなどによって、民間の技術力・コスト対応力の向上を促進する仕組みが重要です。

品質の高い空洞調査の要件の例（事務局提案）

前提条件

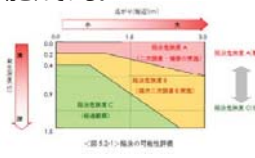
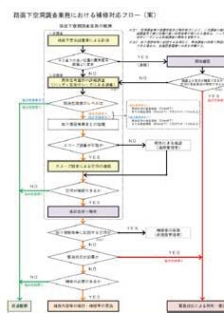
調査プロセスごとの要件

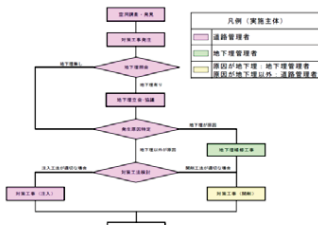
- 発見すべき空洞の条件明確化**
 - 陥没事象につながる恐れのある路面下の空洞の条件を明確化する。
 - これまでの調査結果や陥没事例等をふまえ、危険性の高い空洞へと成長する可能性のある空洞の条件を明確化する。
- 確実な空洞の検知**
 - 空洞の「見逃し」を防ぐとともに、着実な調査を実施していくために、発見すべき空洞の条件に対して、精度（「検知率」、「的中率」）が高く、作業の安全性や現場作業性なども確保した調査を実施する。
- 適切な危険度評価**
 - 調査で特定された空洞について、その位置・形状等に加え、路盤の状況や空洞の発生要因などをふまえ、道路の沈下・陥没につながる危険度を判定し、「いつ」、「何を」すべきかを明確にすることが必要である。

先行的な取組 福岡市	空洞調査能力の高い業者を選定
	<ul style="list-style-type: none"> 福岡市では、1994年から空洞調査に着手した。 2015年からは東京大学と共同研究を行っている。 2012年からは、目に見えない路面下に対しても信頼性の高い調査を行うべく、業者が実際の道路の同一区間をサンプル調査し、空洞発見能力を比較する業者選定方式を採用した。  <p>出典：福岡市</p>

2. これからの路面下空洞対策のあり方 (2) 陥没を未然防止できる品質の高い調査・補修を実施する（補修編）

- 危険度の高い路面下空洞に対しては事前の処置を行い、平時さらには地震災害時の路面沈下や陥没を未然に防ぐことが重要です。発見された空洞の位置や性状によっては早急の補修が必要となるケースもみられることから、事前に対策フローを準備し、普段からその実践を図ることが効果的です。
- また震災後においては、路面下空洞が大幅に増加することが知られています。こうした場合であっても、速やかにかつ経済的な対策を行うことのできる新たな補修技術の開発・導入も重要です。

先行的な取組 広島市	調査・補修の一体化による 速やかな補修
<ul style="list-style-type: none"> 広島市では、道路など市民生活や経済活動を支える基盤となるインフラ資産について、市民の安全確保はもとより効果的・効率的な維持保全を推進するために、点検要領、長寿命化計画を含む「インフラ資産維持保全計画」を2016年1月に策定した。 その中で「広島市舗装修繕マニュアル」については、路面下空洞の調査方法、陥没危険度評価、原因追求を踏まえた対策フローが運用されている。  <p>空洞の広がりや発生深度を指標とした陥没の危険性評価</p>  <p>維持管理フロー</p> <p>出典：第2回ワーキング資料 路面下空洞調査業務における補修対応フロー（広島市）</p>	

先行的な取組 仙台市	補修工事における注入工法の採用
<ul style="list-style-type: none"> 仙台市では、東日本大震災を契機に、道路陥没未然防止のため緊急輸送道路や歩行者の多い都心部の歩道などについて定期的に路面下の空洞を調査するとともに、計画的に対策工事を実施している。 空洞の発生原因が地下埋設物の場合には道路を開削し、原因箇所の補修工事を行う。また、地下埋設物以外に起因する場合は、発泡モルタルを利用した簡易な注入工法を積極的に活用し、陥没防止対策を進めている。  <p>発見した空洞の補修対策フロー</p> <p>出典：都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム 仙台市港湾資料</p>	

2. これからの路面下空洞対策のあり方

(3) 空洞・陥没データ等の共有と活用

- 路面下空洞対策については特に政令指定都市では先行的な取り組みが進んでいるものの、調査・補修技術、評価手法の共有や確立が十分ではありません。
- このため、先行的に空洞調査を実施している地方公共団体のデータを収集し、蓄積し、広く活用することで、空洞の発生・成長メカニズムなどの解明、道路陥没などによる道路閉塞の想定、効果的な陥没対策手法の開発につなげる必要があります。
- また「維持管理は危機管理」の視点にもとづいて事前対策を積極的に進めていくことが、事後処理による将来コストを低減させ、より効果的な公共政策につながるという意識を持って取り組む必要があります。

先行的な取組 熊本市	被災経験の蓄積と新たな発見	先行的な取組 神戸市	神戸大学と連携した 空洞調査データの蓄積・利活用
	<ul style="list-style-type: none"> • 熊本地震では、2016年4月14日前震、16日本震の後、半年間で4000回を超える予震発生（うち、震度6弱以上が7回）を経験した。同年12月には大規模な道路陥没が発生、その後も同様の事例が発生したため、本格的な路面下空洞調査を実施した。 • 熊本市では空洞調査と併せて、震災前からの道路陥没の発生状況についても情報集約と分析を行っている。震災後2年を経た現在においては、継続的に発生する道路陥没現象の実態や、陥没件数の季節変動（6月から9月にかけて陥没が多数発生）等が明らかとなった。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="236 824 454 958"> <p>地震前後の 月別陥没発生件数</p> </div> <div data-bbox="507 824 726 958"> <p>地震前後の 年別陥没発生件数</p> </div> </div> <p style="font-size: small; text-align: right;">出典：第2回ワーキング資料 先進的な路面下空洞対策に関するアンケート票（熊本市）</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 神戸市では、神戸大学や民間企業等で構成する「神戸の減災研究会」と連携して、自然災害の防止・減災に関する調査研究活動を進めている。 • 「神戸の減災研究会」では、市内の地盤情報データベースや下水道管路の現況データ、空洞調査結果などを用いて、これらの関連性を包括的に分析評価している。 • 2018年1月に開催された市民向けの災害対策セミナーでは、1996年から2016年までの21年間の空洞調査の結果を詳細に分析した「空洞調査に基づく陥没等の災害予測」を発表した。 <div data-bbox="1177 577 1439 996"> <p style="text-align: center;">神戸の減災研究会の研究結果 出典：「神戸の減災研究会」</p> </div>

提言 1 大規模地震時の道路陥没に対する備え

3. 今取り組むべきアクション

3. 今、取り組むべきアクション

- 大規模地震災害は、いつ起こってもおかしくない自然災害です。このため、今できることは速やかに開始し、「維持管理は危機管理」の考え方のもと、減災対策の充実を図ることを提案します。

(1) 防災・減災に、路面下空洞対策を取り込む

1) 防災関連計画への位置づけ ～「維持管理は危機管理」を政策に組み込む～

- 「維持管理は危機管理」の考え方を踏まえ、路面下空洞対策を地域防災計画、国土強靱化地域計画、道路啓開計画等の地方公共団体の防災関連計画に反映し、平時からの路面下空洞対策を災害対応力の維持へとつなげる。
- またこうした計画への位置づけを通して、着実なPDCAの実施を図るとともに、沿道建物、橋梁、法面等の強靱化などの相乗効果により、災害対応力の強化へとつなげる。

2) 優先的に対策を行う道路の設定と対応 ～各都市の特性に合わせた重点化を行う～

- 防災・減災の観点から計画的に対策を進めるには、まずは各都市において優先的に対策を施す路線を設定することが重要である。
- 設定にあたっては防災計画上の路線の位置づけに加え、災害時に必要とされる都市機能の立地状況、空洞による陥没危険度などを踏まえ、その他の各都市の特徴や地域の特性にもとづいた路線を選定することが必要である。
- 設定された路線に対しては、持続的に対策可能な路面下空洞調査方法（調査頻度、“経過観察”対象の空洞のモニタリング方法等）を決定することが必要である。

先行的な取組 札幌市	路面下空洞対策を 国土強靱化地域計画に位置づけ
 <p>札幌市強靱化計画</p> <p>札幌市の空洞調査路線図</p> <p>出典：都市の危機管理における路面下空洞対策コンボム（札幌市）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 札幌市では2016年1月に、安全・安心で災害に強い都市の構築に向け「札幌市強靱化計画」を策定した。 この計画の中では、「道外との基幹交通及び地域ネットワークの機能停止」というリスクシナリオ（起きてはならない事態）を回避するための重点施策の一つとして舗装路面下の空洞対策事業を位置づけている。 なお、札幌市では緊急輸送道路及び地下鉄路線の全車線に対して空洞調査を実施することとし、年間あたり約190km調査を行っている。また、路面変状が発生した生活道路などについても、年間あたり約40kmの調査を実施することを、事業指標として設定し、2015年度より計画的な調査を継続している。 <p>『札幌市強靱化計画』実施プログラム及び推進事業 4-4-3 道路施設の防災対策等（重点） 道路陥没を未然に防ぐために、舗装路面の下に発生する空洞対策を含め、道路の補修、維持管理を計画的に実施する。</p> <p>出典：札幌市札幌市強靱化計画</p>

3. 今、取り組むべきアクション

(2) 「維持管理は危機管理」として必要とされる技術水準を設定する

1) 望ましい調査技術水準の設定 ～道路陥没につながる空洞を確実に発見するために～

- 事前の維持管理により減災を推進するためには、道路陥没につながる空洞を確実に、探査、特定、評価する技術が必要となる。一方、路面下空洞問題は近年顕在化してきたテーマであり、現時点においては陥没事故等を未然に防ぐための技術水準が必ずしも十分に整備されていない状況である。
- このため、産官学において各種の客観データの蓄積を図りつつ、「維持管理は危機管理」の視点に立った品質の高い路面下空洞調査の水準（要求性能）を定め、調査発注時の基準として活用することなどを通して、全国で危険な空洞を確実に発見していくことが重要となる。

2) 望ましい補修技術水準や標準的な補修手順の設定 ～陥没させない、再発させないために～

- 発見された路面下の空洞については、その危険度・緊急度、空洞の形状などに応じて、適切な補修を行う必要がある。一方こうした補修については、各都市において様々な施工手法が試みられており、空洞発生経験等の少ない都市などにおいては、どのような時に、どのような対策を行うべきかが、わかりにくい状況となっている。
- このため、先行都市の経験をもとに補修に関する望ましい技術や標準的な補修手順を明確化し、応急対策・抜本対策を含めた補修フローやマニュアル等を整備することで、全国の地方公共団体等に、陥没させない、再発させない補修技術・方法を展開していくことが重要である。

3) 技術水準の設定による技術革新の促進 ～費用対効果の高い対策の推進に向けて～

- 例えば環境や省エネルギーに関わる分野では、望ましい技術水準を調達や許認可に係る基準として採用することにより、民間の技術革新を促し、政策課題の追及と費用対効果とを両立させている。
- 一方、路面下空洞問題に関わる領域では、陥没を未然防止することのできる技術が、必ずしも広く社会に共有されてはいない。このため国などにおいて望ましい技術水準を設定し、地方公共団体等が調達時等の基準とすることにより、民間の技術革新を競争的に促すとともに、健全な市場環境を形成することで、調査や施工に係るコストの低減を図り、減災につながる経済的な事前対策を普及させることが重要である。

3. 今、取り組むべきアクション

(3) 全国との「経験の共有」を促進する

1) 空洞や陥没に関するデータの収集 ～空洞化対策の基盤を準備する～

- 空洞に係る研究の促進や効果的・効率的な減災・維持管理手法の確立、民間の技術革新の促進等にむけては、国が整備する基幹的・統計的なデータに加えて、各地方公共団体での調査、モニタリング、補修事業を通じて得られたデータなどを一元的に蓄積し、幅広く利活用することのできる体制づくりが必要である。現状では全国各地で分散的に様々な取組が行われていることを踏まえ、今後、収集すべきデータの特定や収集方法等について検討をすすめていくことが必要である。

2) 空洞発生メカニズムの解明の促進 ～空洞化対策の礎を築く～

- 効果的・効率的な調査・施工方法の開発に向けては、空洞発生メカニズムのより一層の解明が必要となる。このため官・民両分野において、「路面下空洞対策」を重点的に取り組むべき研究開発テーマとして位置づけるとともに、大学・研究機関等においては研究や技術開発に係る既存の枠組みを活用しつつ、空洞の発生や成長の要因、路面への影響、望ましい対策のあり方やその効果などについての研究成果を蓄積することが重要である。

3) 経験共有のためのプラットフォームを構築 ～全国に優れた取組を広げ、空洞化対策を加速化させる～

- 路面下空洞対策に係る知見の共有のためには、国や地方公共団体、大学・研究機関などの連携が必要となる。このため、情報共有のためのプラットフォーム（仮称：路面下空洞情報共有プラットフォーム）を産官学連携で準備し、調査結果や対策の効果、研究成果等の収集・蓄積を図るとともに、優れたベストプラクティス事例を全国の地方公共団体等へ発信することが効果的である。

提言 2 大規模事故発生時の都市の危機管理

提言 2 : 大規模事故発生時の都市の危機管理 ～事故に直面したとき、地方公共団体は何をすべきか～

目次

1. ガイドラインの必要性
2. 地方公共団体に求められる対策
 - (1) 危機管理体制
 - (2) 初動対応
 - (3) 復旧工法等の選定
 - (4) 関係者間の調整
 - (5) 情報発信
 - (6) 道路の交通再開に向けた確認

参考資料 地下鉄七隈線延伸建設工事における道路陥没事故の対応について

1. ガイドラインの必要性

1. ガイドラインの必要性

過密化・複雑化する都市部の地下空間

- 現在わが国の都市部では地下空間の利用が進み、水や電力・ガス・情報通信等のライフライン、交通、治水、地下街などとして高度な活用がなされています。
- 高度成長期において多数の地下インフラの整備が進んだことでこれらの老朽化現象に加え、現在においても、技術革新や新たな住民ニーズへの対応、さらなる都市機能の強化などの視点により、新たな地下利用プロジェクトが多数進行し、路面下空間はより一層過密化・複雑化しています。
- 路面下については、目視での確認が出来ないことに加え、新設時や補修時等の図面情報なども十分には整っていない状況です。また、複数の事業者が新設・補修等の工事に携わっていることに加え、上記のような過密化・複雑化が進み、地下工事は年々その難易度を増しています。これらを踏まえ、地方公共団体や施工事業者では、人命や安全を第一としながら、調査・施工方法や緊急時の対応策等についての改善を図り、事故等の未然防止に努めています。

経験を活かし万が一の際に備える

- こうした取組により全国的に安全な地下工事が進められている一方、予想外の事象により事故が発生する可能性自体はゼロにはなりません。事故の未然防止が最重要課題であるとともに、万が一、事故発生してしまった場合でも、安全を確保しながら早期の復旧を実現する「想定外を想定範囲とする取組」が求められます。
- 平成28年11月に発生した福岡市博多駅前における大規模道路陥没では、死傷者等の発生はなかったものの、福岡空港を含む周辺地区の停電や水・ガスの供給の停止、近隣ビルに対する避難勧告、下水道使用の自粛など、市民や経済活動への大きな影響が発生しました。これを受け、福岡市ではオール福岡での復旧対応を図るとともに、市民の不安を解消するための情報発信に努めました。
- 大規模道路陥没事故の経験は、全ての都市が持つものではありません。本ガイドラインは、福岡市の取組などを参考に、大規模事故が万が一発生してしまった場合、早期復旧に向け、地方公共団体がまず何に取組むべきなのかを、チェックリストでまとめたものです。未然防止を第一としつつも、いざ事故が発生してしまった際に一刻も早く適切な対応を図るための参考となれば幸いです。

1. ガイドラインの必要性

二次災害の防止、早急な復旧、市民や事業者の安心の確保に向けた6つの対策

- 大規模道路陥没事故が発生した際には、地方公共団体は、二次災害の防止、早急な復旧、市民や事業者の安心の確保などに取組むことが重要です。また、これらの取組を実現するための体制を準備することが求められます。
- 本ガイドラインでは、これらの取組を円滑にすすめるため、次の6つの対策について、事故時に考慮すべき視点をチェックリストとしてまとめています。

取組むべき事項と6つの対策

		取組むべき事項			
		二次災害の防止	早急な復旧	安心の確保	左記取組を進める体制構築
6 つ の 対 策	①危機管理体制	○	○	○	◎
	②初動対応	◎		○	
	③復旧工法等の選定	○	◎		
	④関係者間の調整		◎		◎
	⑤情報発信			◎	
	⑥交通再開に向けた確認	◎		◎	

◎ 特に考慮すべき事項 ○ 事前の準備をしておくことが望ましい事項

参考 地下鉄七隈線延伸建設工事における道路陥没事故の対応について《道路開放までの7日間》

福岡市交通局ホームページ http://subway.city.fukuoka.lg.jp/subway_webapp/app/webroot/files/uploads/0.dourokaihoumade.pdf

2. 地方公共団体に求められる対策

2. 地方公共団体に求められる対策

①危機管理体制

- 大規模道路陥没事故が発生した場合、道路の通行機能が失われるだけでなく、電気、ガス、水道、下水道等のインフラが損傷し、幅広く住民や事業者等の活動に影響を与える可能性があります。
- このため、事故が発生した場合やその危険性が生じた場合には、全庁的な対策本部を設置し、各部局間の情報共有や調整等のスピードをアップさせることが有効です。
- また、事故現場を抱える担当部局においても、現場と本部、さらには本部内の各部各課において役割分担を行い、情報の混乱・錯綜等を防ぐことが重要です。

危機管理体制にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
全庁的な支援体制構築	<input type="checkbox"/> 全庁的な支援体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> 役所機能全体を動かすことのできる体制ができているか 担当部局をバックアップできる体制となっているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没発生後、速やかに市民局に災害警戒本部を立ち上げ、緊急対応会議を招集
	<input type="checkbox"/> 路面下に係る部局の参加	<ul style="list-style-type: none"> 事故要因に関連する部局や道路に加え、関連インフラ担当部局や消防等が、全庁的対策本部に参加しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 土木分野以外にも、市長室、消防局、保健福祉局、財政局、環境局等が参加
担当部局における体制構築	<input type="checkbox"/> 指揮・管理体制の構築	<ul style="list-style-type: none"> 担当部局内にも対策本部を設置するとともに、現場の指揮体制との連絡方法、役割分担を明確化しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没発生後、速やかに交通局に「本局対策本部」、現地に「現地対策本部」を設置
	<input type="checkbox"/> 現場判断の強化	<ul style="list-style-type: none"> 現場での判断・対応力をスピードアップさせるため、権限の付与等の対応を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 交通局理事が「現地対策本部」で指揮し、施工事業者等と連携
	<input type="checkbox"/> 明確な役割分担	<ul style="list-style-type: none"> 部局内対策本部においては、情報の混乱をさけるため、例えば次のような役割分担を検討しているか <ul style="list-style-type: none"> ○全庁的な対策本部との連携担当 ○国等の立入検査対応担当 ○市民や報道機関等への問合せ対応担当 ○庁内各部局との連絡・調整担当 	<ul style="list-style-type: none"> 交通局内各部各課において、役割分担を実施

2. 地方公共団体に求められる対策

②初動体制

- 大規模道路陥没事故に伴い、火災や建物等の倒壊、下水道施設の損傷等による衛生環境の悪化などといった二次災害が発生する可能性があります。こうした事態が起こることを未然に防ぐため、各種インフラ等の調査、点検、緊急補修を実施することが必要です。また、人や車の通行時の安全性を確保するため、警察との連携のもと、速やかに交通規制を行うことも重要となります。
- また、正しい判断を下すためには、正確な情報の収集とその共有が必要となります。緊急時にこうした取組を確実に実施するためには、日頃から連携体制の構築や訓練等を行うことが効果的です。

「初動体制」にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
二次災害の防止	<input type="checkbox"/> 調査、点検、緊急補修の実施	<ul style="list-style-type: none"> 次のような二次災害に対して、全庁的な対応および関係機関との連携に、速やかに対応しているか ○ガス漏れによる火災 ○電力ケーブルの破断、漏電等による火災 ○衛生面の悪化 ○周辺の建物の倒壊 ○路面陥没の拡大 など 	<ul style="list-style-type: none"> 市役所内担当部局（例：住宅都市局が建物の応急危険度判定を実施）に加え、インフラ事業者等の協力で実施。
	<input type="checkbox"/> 安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 陥没に加え、信号機の作動停止などの可能性も踏まえ、交通管理者（警察）との連携のもと、交通規制を実施しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没の兆候を把握し、事前に交通規制を実施
情報収集と共有	<input type="checkbox"/> 施工業者との連携	<ul style="list-style-type: none"> 施工業者に対して、異変があった場合の、早期の連絡を徹底しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没の兆候を事前に報告
	<input type="checkbox"/> 現場状況の的確な把握	<ul style="list-style-type: none"> 目視等に加え、住民の通報やSNS、新技術（ドローン、レーダー技術等）などを活用し、十分な情報収集を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没部を調査するにあたり、ドローン等を活用
	<input type="checkbox"/> 関係者間での情報共有	<ul style="list-style-type: none"> 現場や対策本部等で、情報を適切に記録、集約、共有するための取組がなされているか。 	<ul style="list-style-type: none"> 現地対策本部では、時系列対応記録等による情報共有を推進

2. 地方公共団体に求められる対策

③復旧工法等の選定

- 工法等の選定に先立ち、どのような手順・スケジュールで復旧を図っていくか、方針を決定する必要があります。また、陥没の状況を的確に把握し、再発を防止する施工方法等を選定することが望まれます。

「復旧工法等の選定」にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
前提条件	<input type="checkbox"/> 復旧方針（手順・スケジュール）の決定	<ul style="list-style-type: none"> 陥没した路線の重要度や影響度、陥没の原因等を踏まえ、適切な復旧手順やスケジュールを設定しているか 	<ul style="list-style-type: none"> スピードを重視し、仮復旧（7日間で復旧）、本復旧の二段階復旧を決定
工法等の選定	<input type="checkbox"/> 陥没状況の把握	<ul style="list-style-type: none"> 下記などについて、十分な情報を収集できているか ○陥没の原因 ○再発の可能性 ○上下水・地下水等の流込の有無 など 	<ul style="list-style-type: none"> 下水等の流込により水位が上昇しており、水中での固化が可能な工法が検討
	<input type="checkbox"/> 工法等の選定	<ul style="list-style-type: none"> 望ましい工法等に提案・推奨を受ける体制が整っているか 工法の確実性を担保する情報があるか 	<ul style="list-style-type: none"> 施工会社からの「流動化処理土使用」の提案を受け使用実績を考慮し、採用

④関係者間の調整

- 復旧のスピードアップに向け、関係者間において情報・目標を共有する仕組があることが効果的です。

「復旧工法等の選定」にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
調整会議の開催	<input type="checkbox"/> 早期の会議体の設置	<ul style="list-style-type: none"> 地方公共団体、警察、インフラ事業者等関係機関、施工会社等が会し、課題だしや情報・目標の共有等を行う会議を早期に設置しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 陥没事故から程なく第1回会議を開催
	<input type="checkbox"/> 継続的な開催	<ul style="list-style-type: none"> 復旧の進捗にあわせて必要となる回数を実施できているか 早急な復旧に向け、協力体制が構築されているか 	<ul style="list-style-type: none"> 事故当日、翌日、翌々日に連続して開催 下水、情報、ガス等各インフラを同時並行で工事

2. 地方公共団体に求められる対策

⑤情報発信

- 安全対策を速やかに進める一方で、住民や事業者に「安心」を提供するためには、適切な情報発信が必要となります。また適切なタイミングでかつ多様な手法で伝えることも重要となります。

「情報発信」にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
何を伝えるか	<input type="checkbox"/> 住民が必要とする情報の把握	<ul style="list-style-type: none"> 今、どんな情報を住民や事業者が何を不安視しているのかを把握できているか 応急対策後の安全安心に係る情報を住民に伝えているか 	<ul style="list-style-type: none"> 状況変化に応じた市民の不安を洗い出し（被害状況や原因、復旧手法等） 施工後の沈下に対する周知が十分ではなかった
どう伝えるか	<input type="checkbox"/> 多様な情報発信方法を採用	<ul style="list-style-type: none"> 住民が情報を受け取るツールが多様化していることを踏まえた発信を行っているか 	<ul style="list-style-type: none"> 記者会見（13回）、市長SNS（11回）、ホームページ等で発信

⑥交通再開に向けた確認

- 対策の実施後、道路の供用を再開するにあたっては、その安全性を確認することが重要です。陥没した箇所の施工状況はもちろんのこと、周辺地域や関連インフラ等の状況確認も必要となります。

「交通再開に向けた確認」にかかる具体的な対策項目

分類	項目	内容	福岡市の例
道路陥没箇所	<input type="checkbox"/> 施工状況の確認	<ul style="list-style-type: none"> 強度等が十分に確保されているか 道路として必要な性能を確保されているか 	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング調査等により、強度や施工状況を確認 路床・路盤等の確認
周辺地域等	<input type="checkbox"/> 周辺地域の安全性の確認	<ul style="list-style-type: none"> 周辺の道路についても、安全性を確認しているか 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞調査や地表面沈下モニタリングを実施
	<input type="checkbox"/> 関連インフラ等の確認	<ul style="list-style-type: none"> 陥没要因について、周辺で同様の事象が生じていないか確認できているか 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞発生要因のトンネルについて健全性を調査

会議・ワーキンググループ出席者一覧

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会
 都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議
 戦略会議出席者一覧(敬称略、肩書等も一部省略)

委員	団体名・役職名	氏名	第一回 2017年 8月23日	第二回 2017年 10月26日	第三回 2018年 4月17日	
議長	福岡市長	高島 宗一郎	●			
議長代理	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 教授	桑野 玲子	●	●	●	
委員	学識	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 准教授	加藤 孝明	●		●
		千葉大学大学院工学研究科 建築・都市科学専攻 教授	村木 美貴	●	●	●
	札幌市	秋元 克広 札幌市長 代理 建設局長	河原 正幸	●		●
		代理 建設局 土木部 道路維持担当部長	渡辺 和俊		●	
		建設局 土木部 道路維持課 主査	中谷 裕二			●
	仙台市	建設局 土木部 道路維持課	市川 聖秀		●	
		郡 和子 仙台市長 代理 建設局長口	村上 貞則	●		
		代理 建設局 次長口	小高 睦		●	
	横浜市	代理 建設局長口	小高 睦			●
		建設局 道路部 道路保全課 保全計画係長	五十嵐 大		●	●
		林 文子 横浜市長 代理 道路局長口	中島 泰雄	●		
	神戸市	代理 道路局 道路部 管理課長口	坪井 豊		●	
		代理 道路局 道路部 道路部長口	中村 信治			●
		道路局 道路部 管理課 管理係	大西 健太郎		●	●
	広島市	久元 喜造 神戸市長 代理 建設局 道路部長口	林 泰三	●		
		代理 建設局 道路部 工務課長口	小松 恵一		●	●
		建設局 道路部 工務課 補修係長	松岡 栄蔵		●	
	福岡市	建設局 道路部 工務課 補修係長	町田 博之			●
		松井 一貴 広島市長 代理 道路交通局長口	谷山 勝彦	●		
		代理 道路交通局 道路部 整備担当部長	横町 厚司		●	
	熊本市	代理 道路交通局 道路部 道路課 課長	嶋司 博文			●
		道路交通局 道路部 道路課 技師	深田 陽華		●	
		道路交通局 道路部 道路課 主任技師	河本 健三			●
	熊本県	高島 宗一郎 福岡市長 代理 道路下水道局 管理部長	有吉 知美		●	
		代理 道路下水道局 管理部 道路維持課 課長	田尻 雅信			●
		同席者 道路下水道局長	三角 正文	●		
	熊本県	同席者 交通局建設部長	角 英孝	●		
		道路下水道局 管理部 道路維持課 調整係長	下川 正弘		●	
		道路下水道局 管理部 道路維持課 調整係	木下 良恵		●	
	熊本県	道路下水道局 管理部 道路維持課 調整係長	秋山 仁孝			●
大西 一史 熊本市長 代理 都市建設局 技監 口		田中 隆臣	●	●		
代理 都市建設局長口		田中 隆臣			●	
熊本県	都市建設局 土木部 道路整備課	沼野 猛		●		
	都市建設局 土木部 道路整備課	森嶋 武宏		●		
	都市建設局 熊本駅周辺整備事務所 副所長	中村 孝		●		
熊本県	都市建設局 土木部 道路整備課 主査	末松 達也			●	
	アドバイザー	団体名・役職名	氏名	第一回 2017年 8月23日	第二回 2017年 10月26日	第三回 2018年 4月17日
	アドバイザー	公益財団法人国土政策研究所 所長	大石 久和			
一般社団法人全日本建設技術協会 会長						
公益社団法人土木学会 会長						
一般社団法人地域研究工房 代表理事		小磯 修二	●		●	
元北海道大学 公共政策連携研究部付属 公共政策学研究中心 特任教授		藤井 聡				
京都大学大学院工学研究科教授・内閣官房参与	藤野 隼三					
横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授・内閣府参与						
オブザーバー	所属・役職名	氏名	第一回 2017年 8月23日	第二回 2017年 10月26日	第三回 2018年 4月17日	
オブザーバー	内閣官房 国土強靱化推進室 参事官	井上 伸夫			●	
	(代理) 内閣官房 国土強靱化推進室 企画官	吉田 大		●	●	
	内閣府 参事官(防災計画担当)	米津 雅史				
	(代理) 内閣府 政策統括官(防災担当)付 企画官	門脇 裕樹		●		
	国土交通省 大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調整官	手塚 寛之	●			
	(代理) 国土交通省 大臣官房技術調査課 技術開発官	岡野 大志			●	
	国土交通省 道路局 国道・防災課 課長	村山 一弥				
	(代理) 国土交通省 道路局 国道・防災課 道路保全企画室長	伊藤 高	●	●		
	(代理) 国土交通省 道路局 国道・技術課 道路メンテナンス企画室長	小林 賢太郎			●	
	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 研究員	瀬良 良子	●	●	●	
	事務局	役職名	氏名	第一回 2017年 8月23日	第二回 2017年 10月26日	第三回 2018年 4月17日
	事務局	事務局次長	木寺 康	●	●	●
事務局参与		江井 仙佳	●	●	●	
事務局参与		小池 豊	●	●	●	
事務局参与		小塚 規行	●	●	●	
事務局参与		河野 雅裕	●	●	●	

一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会
 都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議ワーキンググループ
 会合出席者一覧(敬称略、肩書等も一部省略)

委員	団体名・役職名	氏名	第一回 2017年 9月12日	第二回 2017年 10月13日	第三回 2017年 12月22日	第四回 2018年 3月20日	
主査	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 准教授	加藤 孝明	●	●	●	●	
委員	学識 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 教授	桑野 玲子	●	●	●	●	
	自治体	札幌市 建設局 土木部 道路維持課長	吉元 雄次	●	●		●
		建設局 土木部 維持担当部長	渡辺 和俊			●	
		建設局 土木部 道路維持課主査	市川 聖芳	●		●	
		仙台市 建設局 道路部長	千葉 幸喜	●	●	●	●
		建設局 道路部道路保全課 保全計画係長	五十嵐 大	●			
		横浜市 道路局 道路部長	新倉 芳樹	●	●	●	
		(代理)道路局 道路部 管理課 係長	倉品 敏宏				●
		道路局 道路課管理係	大西 健太郎			●	●
		神戸市 建設局 道路部 工務課長	小松 恵一				●
		(代理)建設局 道路部 工務課補修係長	松岡 栄蔵	●	●	●	
		広島市 道路交通局 道路課 課長	佐々木 尚行	●			
		道路交通局 道路課	池野 大輔	●			
	(代理)道路交通局 道路部 道路課 技師	上岡 興仁		●	●	●	
	福岡市 道路下水道局 管理部長	有吉 知美					
	(代理)道路下水道局 道路維持課 調査係長	下川 正弘	●	●		●	
	(代理)道路下水道局 管理部 道路維持課長	田尻 雅信			●		
	熊本市 都市建設局 土木部 道路整備課長	沼野 猛	●	●			
	(代理)都市建設局 土木部 道路整備課	末松 達也				●	
	都市建設局 土木部 道路整備課	香月 博史				●	
客演 大田区 都市基盤整備部 都市基盤管理課長 (統括課長)	足立 周二		●				
都市基盤整備部 都市基盤管理課 計画調整担当 担当係長	神谷 文雄		●				

オブザーバー	団体名・役職名	氏名	第一回 2017年 9月12日	第二回 2017年 10月13日	第三回 2017年 12月22日	第四回 2018年 3月20日
	国土交通省 道路局 国道・防災課長	村山 一弥				
	(代理)国土交通省 道路局 国道・防災課 道路保全企画室長	伊藤 高	●	●	●	●
	国土交通省 道路局 国道・防災課 道路保全企画室 係長	田中 英雄				●
	国土交通省 大臣官房技術調査課 環境安全・地理空間情報技術調査官	手塚 寛之				
	(代理)国土交通省大臣官房技術調査課	吉村 務	●			
	内閣官房 国土強靱化推進室 企画官	吉田 大			●	
	東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 研究員	瀬良 良子	●	●	●	●

事務局	役職名	氏名	第一回 2017年 9月12日	第二回 2017年 10月13日	第三回 2017年 12月22日	第四回 2018年 3月20日
	事務局次長	木寺 康	●	●	●	●
	事務局参与	江井 仙佳	●	●	●	●
	事務局参与	小池 豊	●	●	●	●
	事務局参与	河野 雅裕	●	●	●	●
	事務局参与	小堺 規行				●

政令指定都市における 路面下空洞対策にかかる様々な取り組み

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

政令指定都市における路面下空洞対策にかかる様々な取り組み、参考情報（1）

	札幌市	仙台市	横浜市	神戸市
路面下空洞対策の位置づけ	国土強靱化地域計画(札幌市強靱化計画)	地域防災計画	地域防災計画	国土強靱化地域計画
地域防災計画、国土強靱化地域計画などにおける路面下空洞対策の記述内容、または空洞対策の位置づけ	札幌市強靱化計画 4 施策プログラム及び推進事業 4-4-3 道路施設の防災対策等(重点) 道路陥没を未然に防ぐために、舗装路面の下に発生する空洞対策を含め、道路の補修・維持管理を計画的に実施する。 【推進事業】舗装路面下の空洞対策事業(H27～H31 までの事業指標) 年間路面下空洞調査延長 230km	仙台市地域防災計画風水害等災害対策編 第2部 災害種別対策 第1 道路災害の予防対策〔建設局〕 1. 道路等の点検・調査 (4) 道路陥没の調査 路面の陥没については、常時のパトロールにより、陥没の発見はもとより陥没以前の小さな異常を発見するよう努める。また、陥没の多発している路線や埋設物の輻そうしている箇所及び地下鉄や共同溝等の大型地下埋設物がある路線は、定期的に路面下空洞調査を行い、空洞の有無や進行を調査し、異常が認められた場合は、掘削調査を行う。	横浜市防災計画震災対策編 第2部:災害予防計画 第7節 都市施設の防災機能の強化 1 道路の整備 (2) 緊急輸送路等の地震対策 ウ 機能の維持 路面下空洞調査 地震時の道路陥没を防ぐため、路面下空洞調査を進めます。	神戸市強靱化計画 安全都市づくり推進計画 第2章 災害に強い安全都市基盤の構築 第1節 災害に強い多核ネットワーク都市の形成 第2項 多重性のある広域交通ネットワークの整備 (5)路面下空洞調査 管理する道路において路面下の空洞の有無を非破壊等にて調査・分析を実施し、道路路面の陥没による突発的な事故や被害を未然に防ぎ、道路の保全と道路交通の安全確保を図る。
路面下空洞調査の開始年	1998年から実施	2013年から実施	1991年から実施	2006年から実施
空洞調査の実施方針	札幌市では、路面の陥没事故を未然に防止し、安全で円滑な交通を確保するため、1998年度から過去に陥没が多い路線を対象として空洞調査を実施している。東日本大震災以降、防災・減災対策への関心が強まり、特に緊急輸送道路は、災害時において救援・救護、必要な物資の輸送、さらには、復旧・復興活動を行うため道路として重要視されていることから、定期的に空洞調査を行うこととした。さらに、地下鉄が敷設されている路線についても、これまでの調査結果から陥没の発生が懸念されるため、緊急輸送道路と同様に定期的な空洞調査路線として位置づけ、道路陥没事故を未然に防ぐ取り組みを推進している。	道路陥没は人命に関わる第三者被害を含む重大な事故を引き起こす可能性が高く、陥没事故が発生した場合には、交通規制に伴う渋滞など社会的な影響が非常に大きい。このため、道路陥没事故を未然に防止するため、車道については緊急輸送道路やバス路線を中心に、歩道については歩行者の多い都心部などで、定期的に路面下の空洞を調査するとともに、計画的に対策工事を実施している。 緊急輸送道路および幹線道路において、5年に1回の頻度を基本として路面下空洞調査を実施するとともに、交通量の多い箇所等については補足調査を行い、路面下空洞の状況を把握している。	東日本大震災を契機に、2013年度～2015年度には、緊急輸送路及び緊急輸送路と災害時に重要な拠点となる施設とを結ぶ道路(ラストワンマイル 約380 km)を調査を調査した。2016年度以降は、緊急輸送路を除いたバス通りなどの幹線道路(約600 km)の調査に着手している。下水埋設時期が古い湾岸部から調査を行い、2022年度までに幹線道路の調査が完了する予定。	阪神淡路大震災後の2006年より、空洞による道路陥没の未然防止を目的に路面下空洞調査を実施している。調査は、路面下空洞探査車や小型探査装置を用いたレーダー調査及び解析作業を行う一次調査と、ボーリングによる削孔とスコープによる空洞確認を行う二次調査を行い、空洞の可能性がある箇所は、開削工事等による処置を適切に実施している。
空洞調査計画とその成果	2015年度から以下の路線を対象に計画的な空洞調査を実施している。 【調査対象路線及び調査延長】 ①緊急輸送道路及び地下鉄路線 合計460km 年間調査延長 約190km(道路延長 約50km) 全車線を調査 過去の空洞発生状況を参考に3年、5年、10年の調査頻度を設定している。 ②路面変状などから選定した個別路線 年間調査延長 約40km(道路延長 約10km) 歩道部を含む 調査延長合計①+②) 約230km 【調査結果】 2015年～2017年までの3年間合計で約722kmを調査し、645箇所の空洞を確認している。 確認された空洞については順次復旧をしている。	2013年度、2014年度に実施した路面下空洞調査において、約360箇所の空洞が確認され、その後の補足調査により2015年度に5箇所、2016年度に約70箇所の新たな空洞が確認された。 ◇全体調査(5年毎に実施) 過年度調査: 2013年度、2014年度 車道 491.9km(測線長1,581km)、歩道 19.4km(測線長 179km) 次回調査予定: 2018年度、2019年度 ◇補足調査(全体調査の2～4年後) 空洞の進行状況等を確認する追跡調査 2015年度(市)宮城野通線 1.5km(測線長15km) 過年度調査で空洞が確認され、経過観察としていた箇所で陥没が発生したため、同路線の他の空洞状況や新たな空洞の有無を確認。 2016年度 都心部等 24km(測線長102km) 交通量の多い路線や都心部、過年度調査で空洞が多数確認されている路線の空洞状況や新たな空洞の有無を確認した。	空洞調査の結果、それぞれの道路で調査を発見し、発見された空洞について、必要な対応を実施した。 緊急輸送路380km 幹線道路140km	緊急輸送路・幹線道路及び河川沿い道路を調査しており、2016年度までの調査延長は下記のとおりである。 ・緊急輸送路: 約260km ・幹線道路: 約300km ・2級河川沿い道路: 約80km ・合計調査延長約640km 2017年度に約100km行うことで、調査が一巡する予定であり、2018年度以降の計画を策定中である。
空洞調査・補修対策の特徴、フローなど	路面下空洞探査車による1次調査の結果、空洞の路面からの深さや広がりをもとに陥没の危険度を3段階で評価し、危険度の高いものから順次詳細調査及び開削による補修を行っている。	空洞箇所の補修 空洞の発生原因が地下埋設物の場合には道路を開削し、原因箇所の補修工事を行う。また、地下埋設物以外に起因する場合は、発泡モルタルを利用した簡易な注入工法を積極的に活用し、陥没防止対策を進めている。		一、二次調査により空洞が確認された箇所においては、道路を開削し、地下埋設物や河川による吸出し及び地下水の変動などの原因を把握した後、補修工事を行う。
占用企業者との調査・補修費用の負担割合の取り決め	調査: 占用企業者との取り決めはなく、道路管理者、占用企業者(下水道)の双方が調査を行い、情報共有している。 補修: 空洞の原因が占用物件の場合、占用企業者が負担する	調査: 占用企業者の負担無し 補修: 空洞の原因が占用物件であることを確認できた時には占用企業者が100%を負担	調査: 占用企業が50%を負担 補修: 空洞の原因が占用物件であることを確認できた時には占用企業者が100%を負担	調査: 占用企業者が50%を負担 補修: 空洞の原因が占用物件であることが確認できた時には占用企業者が100%を負担
品質の高い空洞調査実施するための取り組み(調査会社の選定)	2015年度までは、同種業務の履行実績を基に指名競争入札により実施していたが、2016年度より、価格面と技術面の両面で評価する総合評価一般競争入札を実施している。	路面下空洞調査手法に関する技術革新が進んでいることを受け、費用のみの判断ではなく、事業者の実績や技術力、創意工夫を評価対象とすることで、道路利用者の安全・安心の確保をより確実なものとするため、平成28年度から公募型プロポーザル方式を採用し調査業者の選定を行っている。	2015年度から価格と技術の両方を評価する総合評価(除算方式)による一般競争入札で実施している。	以前は指名競争入札であったが、2015年度より入札参加者が実際に調査を行うことで「空洞発見能力(検出率)」、「空洞ヒット率(的中率)」を評価し、併せて技術提案書の審査と見積り合わせを行うプロポーザル方式を試行的に導入した。2017年度業務は、一定以上の技術力を持つ事業者を抽出し、それら事業者の実績や技術資料など、提出書類の審査を行った上で見積り合わせの指名業者を選定する方式を採用している。
路面下空洞対策に関連する特徴的な取り組み、データの利活用、研究機関連携による分析評価など	調査対象路線の空洞調査データを蓄積し、空洞箇所数の変化や空洞の広がりについて、今後検討していきたいと考えている。	自治体職員の技術力向上やパトロールに加えて、スマートフォンを活用した市民参加による道路不具合通報システムを2017年10月に導入した。	調査結果を道路局所管のGISシステムに提供している。GISシステムは、道路台帳や河川の情報に限らず、複数の情報を集約しており、情報をレイヤーのように重ねてみることでできるので、空洞の分析や次回以降の調査に活かしたいと考えている。	神戸市では、神戸大学や民間企業等で構成する「神戸の減災研究会」と連携して、自然災害の防止・減災に関する調査研究活動を進めている。その活動テーマの一つとして、市内の地盤情報データベースや下水道管路の現況データ、空洞調査結果などを用いて、これらの関連性を包括的に分析評価している。2018年1月に開催された市民向けの災害対策セミナーでは、1996年から2016年までの21年間の空洞調査の結果を詳細に分析した「空洞調査に基づく陥没等の災害予測」を発表した。

政令指定都市における路面下空洞対策にかかる様々な取り組み、参考情報（2）

	広島市	福岡市	熊本市
路面下空洞対策の位置づけ	地域防災計画、インフラ資産維持保全計画	福岡市道路整備アクションプラン2020	2016年 熊本地震後の道路変状に対する対応
地域防災計画、国土強靱化地域計画などにおける空洞対策の記述内容	広島市地域防災計画震災対策編 第2章 震災予防計画 第4節 道路・公園緑地・河川等の公共施設の整備 第1 道路・橋梁《道路交通局道路課・街路課・都市交通部》 地震災害時において、その機能が失われることなく十分発揮できるように広域的な主要幹線道路、地方公共団体の庁舎所在地や救援物資等の輸送拠点等を相互に連絡する道路等の緊急輸送道路については、路面下の空洞化及び路体の緩みの調査並びにトンネル点検を行い、異常が発見された場合には早急に対策を講じる。他の道路についても、順次点検を行う。	危険な空洞をあらかじめ発見し対策することで、道路陥没事故を未然に防ぎ、道路の安全や交通・物流ネットワークを確保して、災害に強いまち、安全・安心なまちをつくるため、路面下空洞調査を実施している。	現行の地域防災計画上の位置づけはない。現在、本計画の改訂を進めていることから、空洞化対策の位置づけの検討を行うこととする。
路面下空洞調査の開始年	2013年から実施	1994年から実施	2017年から実施
空洞調査の実施方針	広島市では、2013年に庁内横断的な体制である「公共施設老朽化対策検討会議」を設置し、公共施設等の老朽化対策に本格的に着手した。インフラ資産については、2014年にインフラ資産全般に共通する維持保全の基本的な考え方や対策の方針などを取りまとめた「インフラ資産維持保全計画」を策定した。また文化・スポーツ・福祉施設などの「ハコモノ資産の更新に関する基本方針」を2015年に策定した。これらをもとに2017年に「広島市公共施設等総合管理計画」として策定した。空洞調査については、「インフラ資産維持保全計画」の中で、路面下の空洞調査では、道路の路面下に発生した空洞を発見することにより、陥没による被害を未然に防止し、市民の安全・安心の確保を図ることを目的とする、と位置づけている。	道路保全維持管理業務の一環として、管理する道路の路面下空洞を早期に発見し、未然に予防措置をとることにより、安全・円滑な交通を確保することを目的に実施。	2016年4月14日に前震、16日本震(震度7クラス)の熊本地震が発生した。地震直後に道路パトロールを実施するも陥没は特段見受けられなかったが、その後、半年間で4000回を超える予震発生(うち、震度6弱以上が7回)し、2016年12月には、市管理県道で道路陥没が発生、その後も同様の事例が散見された。そこで熊本市では初めてとなる路面下空洞調査を実施することとなった。
空洞調査計画とその成果	過去の調査結果等を踏まえ、5年毎に調査対象路線を抽出し、調査計画を作成した上で実施することとしている。 なお、地震などの発災後においては、必要に応じて計画以外の路線についても調査を実施することができるものとしている。 (実施結果) ・2013年度 実施延長:105km、空洞133箇所 ・2014年度 実施延長: 86km、空洞124箇所 ・2016年度 実施延長: 16km、空洞 93箇所 ・2017年度 実施延長: 58km、空洞156箇所	○幹線道路 ・1994年度より調査を実施しており、2012年度からは全幹線道路について空洞の発生確率(地形・交通量)と路線重要度(緊急輸送道路・バス路線・DID地区)で評価し、調査路線及び調査頻度を設定している。 第5次計画(2014～2016年度)において499kmの調査を実施し、636箇所の空洞を発見した。 ○生活道路 ・2015年度より、優先度の高いエリアから計画的に調査を進めている。 ・2015～2016年度において63kmの調査を実施し、210箇所の空洞を発見した	○調査計画 調査では、レーダー車による1次調査後、空洞の疑いがある箇所についてカメラスコープによる2次調査を実施した。 対象路線は市が管理する国道、県道で緊急輸送道路にあたる路線のほぼ全て、1・2級幹線市道のうち地震の被害が激しかった市の南東部地域を対象に合計440kmを選定した。 ○調査結果 一次調査の結果、315箇所に空洞の疑いが確認され、このうち危険度A、Bランクに位置づけられた合計204箇所について二次調査を実施。 Aランクで91箇所、Bランクで97箇所の空洞が確認され、Aランクについて整備優先順位を検討した結果、「Ⅰ」:41、「Ⅱ」:56と判定された。 最も緊急度が高い箇所については即日夜間工事を実施(空洞深:1m 道路縦断方:5m 横断方:2m)し、市民への安全安心情報の発信として、緊急対応の内容を市のHPで公開した。その後、優先順位「Ⅰ」の復旧を基本とし、1.31時点37箇所の工事が完了している。 ○補修優先順位(Ⅰ～Ⅳ) 「Ⅰ」:危険度が極めて高いため、即時の補修が望ましい。 「Ⅱ」:危険度が高いため、早期の補修が望ましい。 「Ⅲ」:空洞の成長性が高いと予想されるため、優先的な補修が望ましい。 「Ⅳ」:空洞の成長性が低いと予想されるため、計画的な補修が望ましい。
空洞調査・補修対策の特徴、フローなど	2016年に、インフラ施設に対して点検要領、長寿命化 計画を含む「インフラ資産維持保全計画」を策定した。その中で「広島市舗装修繕マニュアル」を策定し、路面下空洞の調査方法、陥没危険度評価、原因追求を踏まえた対策フローを運用している。	空洞箇所の補修 危険な空洞については、早期に開削による補修を実施している。その他の空洞については、空洞の規模や路面状況などを勘案し、順次補修を行っている。	道路管理者にて開削を行い、原因が不明な事案については同管理者にて即日復旧。一方、上下水道が原因の場合は、後日、上下水道部局にて復旧工事を実施することとしている。
占用企業者との調査・補修費用の負担割合の取り決め	補修: 空洞の原因が占有者によるものであった場合、占有者が100%を負担	○調査 幹線道路については占有企業者が50%を負担(占有企業者と協定を結んでおり、協定の上限額を超えた分については、道路管理者が負担している) ○補修 基本的に道路管理者が補修を実施し、空洞の発生原因が占有企業者であることが判明した場合、占有企業者で復旧を行う。	現状、特に無し
品質の高い空洞調査実施するための取り組み(調査会社の選定)	調査内容の特殊性から同種業務の履行実績のある業者を指名して入札を行う指名競争入札により、2013年度より実施していたが、より精度の高い成果を得るため、技術面を評価できる入札方式を検討してはどうかとの意見を踏まえ、他の政令市を参考に、2016年度からは総合評価落札方式により実施している。	2011年度までは価格のみの評価を行っていたが、路面下空洞調査においては各社で技術力に大きな差があると考えられたため、技術力評価を行う必要があり、2012年度より、指名型プロポーザル方式を採用している。プロポーザルで、参加業者が発注者指定の路線を実際に調査することにより審査する。評価基準については、「調査能力(空洞発見数・ヒット率)評価」、「価格評価」及び「技術提案(取組み意欲等)評価」としており、評価点の最も高い業者を選定している。	条件付一般競争入札としている。入札参加資格として、管理技術者の資格や過去に地震に伴う路面下空洞調査の実績の有無等を条件としている。
路面下空洞対策に関連する特徴的な取り組み、データの利活用、研究機関連携による分析評価など	路面下の空洞調査の記録は、日常管理などに活用できるよう保管することとし、「広島市統合型GIS(ひろしま地図ナビ)」に登録している。 また、蓄積した記録は、修繕実施区間の抽出などに活用することとしている。	東京大学との共同研究で空洞の発生特性を分析や効果的な補修工法の検討を行っている。 2017年4月には以下の福岡市公開講演会を開催した。 テーマ「次世代へつなぐ道路と下水道」～安全・安心な暮らしを支える取組み～	熊本市では空洞調査と併せて、震災前からの道路陥没の発生状況についても情報集約と分析を行っている。震災後2年を経た現在においては、継続的に発生する道路陥没現象の実態や、陥没件数の季節変動(6月から9月にかけて陥没が多数発生)等が明らかとなっている。

シンポジウム講演録

「今こそ求められる減災対策 都市の危機管理における路面下空洞対策」

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

シンポジウム開催報告

「今こそ求められる減災対策 都市の危機管理における路面下空洞対策」

【主催】一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会

【開催日】 2017年10月26日

【内容】 『災害時に道路が機能すること』これは危機管理における最重要課題です。特に人・施設そして機能が集中している都市部においては、災害時に安全に活動できる道路空間および交通機能を確保することが地域防災計画に重要施策として位置づけされており、沿道建築物の耐震改修が進められています。しかしながら道路機能を阻害する道路の陥没・変状に対しては、その事前対策や事後対策が明確にされておらず、原因となる路面下空洞への減災対策を確立することが急務になっています。

当協議会では本年8月に「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」（議長：高島宗一郎福岡市長）を立ち上げました。この一環として、全国自治体の公共政策・危機管理・道路管理の関係者や民間企業の関係者の皆様を対象に、減災対策としての路面下空洞対策の重要性を共有していただくことを目的として、シンポジウムを企画し、議論いたしました。

今こそ求められる減災対策
都市の危機管理における路面下空洞対策

10/26 定員200名様

13:00 開会
13:05 来賓挨拶
13:15 講演①
13:30 講演②
13:45 質疑応答として考える危機管理としての路面下空洞対策
15:00 (休憩)
15:15 パネルディスカッション
16:15 閉会

プログラム(予定)

13:00 開会
13:05 来賓挨拶
13:15 講演①
13:30 講演②
13:45 質疑応答として考える危機管理としての路面下空洞対策
15:00 (休憩)
15:15 パネルディスカッション
16:15 閉会

13:00 開会
13:05 来賓挨拶
13:15 講演①
13:30 講演②
13:45 質疑応答として考える危機管理としての路面下空洞対策
15:00 (休憩)
15:15 パネルディスカッション
16:15 閉会

13:00 開会
13:05 来賓挨拶
13:15 講演①
13:30 講演②
13:45 質疑応答として考える危機管理としての路面下空洞対策
15:00 (休憩)
15:15 パネルディスカッション
16:15 閉会



開会・主催者挨拶

藤井 聡（京都大学大学院工学研究科教授 京都大学レジリエンス研究ユニット長、内閣官房参与
一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会 副会長）

来賓挨拶

小此木 八郎（国土強靱化担当 内閣府特命（防災）担当大臣）
古屋 圭司（初代国土強靱化担当大臣／衆議院議員）

講演①「福岡市における都市の危機管理」

高島 宗一郎（福岡市長、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長）

講演②「路面下空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

桑野 玲子（東京大学生産技術研究所教授、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理）

事例報告「災害や事故による道路被害と取り組み対策事例」

【札幌市における路面下空洞対策】

渡辺 和俊（札幌市 建設局 維持担当部長）

【東日本大震災時の道路被害の状況】

小高 睦（仙台市 建設局 次長）

【熊本地震 道路の被害状況について】

田中 隆臣（熊本市 都市建設局 技監）

【地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会 答申について】

石橋 隆史（国土交通省 大臣官房 技術調査課 技術開発官）

「減災対策として考える危機管理としての路面下空洞対策～戦略会議における検討の方向性（中間報告）～」

加藤 孝明（東京大学生産技術研究所准教授、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」WG 主査）

パネルディスカッション「路面下空洞問題 道路の維持管理は危機管理」

パネリスト

桑野 玲子（東京大学生産技術研究所教授、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理）

加藤 孝明（東京大学生産技術研究所准教授、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」WG 主査）

藤井 聡（京都大学大学院工学研究科教授 京都大学レジリエンス研究ユニット長、
内閣官房参与、一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会 副会長）

渡辺 和俊（札幌市 建設局 維持担当部長）

小高 睦（仙台市 建設局 次長）

有吉 知美（福岡市 道路下水道局 管理部長）

モデレーター

小磯 修二（一般社団法人地域研究工房代表理事、元北海道大学特任教授）

総括・閉会

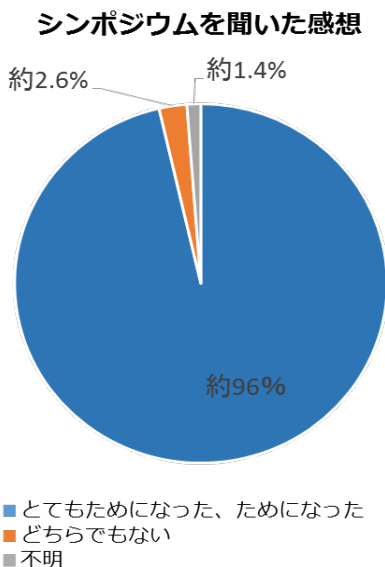
桑野 玲子（東京大学生産技術研究所教授、「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理）

【シンポジウム来場者アンケート集計結果】

シンポジウム来場者数 206 名、アンケート集計者数 83 名

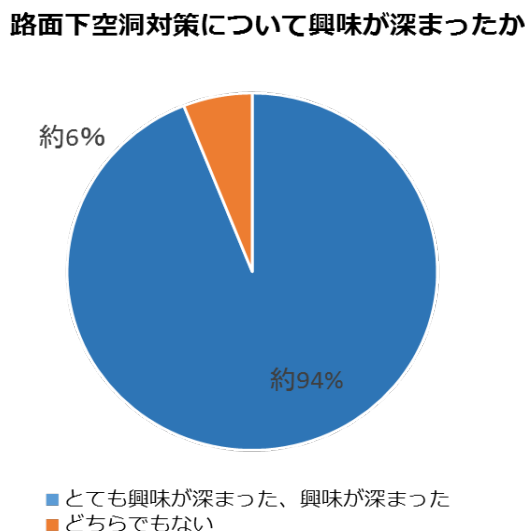
シンポジウムを聞いた感想

とてもためになった、ためになった 約96%
 どちらでもない 約2.6%
 不明 約1.4%



路面下空洞対策について興味が高まったか

とても興味が高まった、興味が高まった 約94%
 どちらでもない 約6%



感想

- ・ 日常的にリスク対策の必要性を改めて確認できてよかった (男性/20 代以下)
- ・ 初心者でも分かりやすい内容になってよかった (男性/20 代以下)
- ・ 普段の業務で疑問に感じていたことを知ることが出来た (男性/20 代以下)
- ・ 講演において、行政がどう有事の対応を考えているのか理解できた (男性/20 代以下)
- ・ 空洞調査の実施計画を検討中であり、たくさんのヒントが得られた (男性/30 代)
- ・ 他自治体の空洞調査事業計画が参考になった (男性/30 代)
- ・ 福岡市の陥没事故におけるスピーディーな判断はとても勉強になった (男性/30 代)
- ・ 路面下空洞を身近に感じることができた (男性/30 代)
- ・ 行政としての役割や、現在の取り組み状況について大変参考になった (男性/40 代)
- ・ 高島市長の講演がとても参考になった (男性/50 代)
- ・ 空洞調査の必要性を改めて感じた (男性/50 代)
- ・ 路面下の問題はもちろん、平時の維持管理全体が災害時の約束の中で大きな意味を持つと気づいた (女性/20 代以下)
- ・ 自分が住んでいる自治体の路面下空洞対策がどのようになっているのか調べていくことが危機管理を進めていくことであると思った (女性/50 代)

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下**空洞**対策

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00~16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

開会挨拶 藤井 聡 氏

京都大学大学院工学研究科教授 京都大学レジリエンス研究ユニット長
内閣官房参与、一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会 副会長



皆さん、こんにちは。本日は、大変お忙しいところ多数お集まりくださりまして、まことにありがとうございます。本日は、「都市の危機管理における路面下空洞対策」と題しまして、シンポジウムを企画いたしました。福岡市高島市長を初め、国土強靱化担当の小此木大臣、初代の大臣であられる古屋先生にもお越しいただいて、このような会を開催させていただくことができたことを本当にありがたく感じております。

レジリエンスジャパン推進協議会の取り組み

ご紹介いただきましたように私はこのシンポジウムの主催者である一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会の副会長を仰せつかっています。小此木大臣を中心に政府が今進めております国土強靱化の取り組みは、政府中心の行政的取り組みです。巨大地震や先日来たような巨大台風、そういった自然災害等々に対して十分対応できる力、これを強靱性（レジリエンス）と呼んでおりますが、日本国家そのもののレジリエンスを確保するためには、行政の取り組みのみでは半分の取り組みにしかすぎません。

日本国家の運営は行政と民間の活動で成り立っているものですから、政府以外の民間諸組織が強靱になり、さまざまなリスクに対する対応力、レジリエンスを確保することが必要であるという認識のもと、政府との議論も踏まえながら民間のレジリエンス活動を促進するという趣旨で、レジリエンスジャパン推進協議会が設置されました。

道路の空洞対策によるレジリエンス強化への期待

本推進協議会の中には、道路、交通、エネルギーなど、さまざまな分野におけるワーキンググループを設置しております。技術的には、強靱性（レジリエンス）確保のためには道路の地下空間・空洞の問題がぜひ必要であるという議論はかねてからありました。先ほど昨年の福岡市博多での道路陥没事故からおおよそ1年が経過したと高島市長から伺いましたが、この経験以降、空洞対策についてさまざまな取り組みを進めなければならないという認識が深まったことを受け、路面下空洞対策に向けてのワーキンググループを設置したところです。

本日はワーキンググループでの議論、さらに様々な自治体のお取り組みを中心に行うと同時に、この問題に取り組んでこられた大学の先生方、学識経験者の方々のお話も伺いながら、この地下空洞対策をどう進めていくかについて議論を重ねていきたいと思っております。それぞれのプレゼンテーションに引き続いて、事例報告、パネルディスカッションというプログラムを組んでおります。一連の議論を通して、道路の地下空洞問題への社会的認識をさらに深め、その取り組みを中央政府のみならず民間と地方自治体が一体となって進めていけるような議論の深化のための一日になることを祈念いたしまして、私のご挨拶に代えさせていただきます。本日はどうもありがとうございます。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年 **10/26** 木
開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

来賓挨拶 小此木 八郎氏 氏

国土強靱化担当 内閣府特命（防災）担当大臣



皆さん、こんにちは。小此木八郎と申します。今日はこのシンポジウムの開催を心からお喜び申し上げる次第でございます。開催に当たりご尽力されました高島福岡市長、桑野東京大学教授を初め、関係各位に心から敬意を表する次第であります。藤井先生、ありがとうございました。私は現在の大臣でありますけれども、初代大臣である古屋先生もお越しですから話すことはありませんが、せっかくですから一言だけお話しさせていただきます。

レジリエンスジャパン推進協議会の取り組み

このレジリエンスジャパン推進協議会におかれましては、今回のような国土強靱化に関するシンポジウムの開催、国土強靱化の推進に当たっての課題解決に向けたワーキンググループの運営などを初め、日ごろから我が国の強靱化に資する取り組みを積極的に推進いただいております。改めて感謝を申し上げます。

さて、東日本大震災、あるいは熊本の震災もございました。台風被害も相次いでおります。さらには洪水などもあり、近年、多数の災害が発生していることはもうご案内のとおりです。それから南海トラフ地震、首都直下地震。こうした中、

大規模自然災害から人の命を守る、経済被害を最小化する、迅速な復旧・復興を果たすことを目的とした強靱な国づくりへの取り組みを着実に進めていく必要があると認識していることは言うまでもありません。

国・自治体・民間による路面下空洞対策への期待

本日のテーマである路面下空洞対策は、高島市長を議長とする都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議において検討が進められていると聞いております。路面下空洞対策等による大規模地震時での道路機能の確保は、応急復旧や被災者支援等を迅速に行うために重要であることから、地方自治体においては、国土強靱化地域計画へ反映する等により地域の強靱化に努めていただきたいと思います。

最後に、本シンポジウムにより、路面下空洞対策の重要性が全国の自治体、民間の皆様と共有され、災害時の都市機能の維持に向けた検討や取り組みが進むことを期待して、私からの挨拶といたします。ありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下**空洞**対策

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

来賓挨拶 古屋 圭司 氏

初代国土強靱化担当大臣／衆議院議員



ご紹介いただきました古屋圭司でございます。初代大臣というご紹介をいただきましたが、私はいつまでたっても初代です。いつもこうやってご紹介いただいております。

国土強靱化基本計画とアクションプラン

初代というのは白地のキャンバスに絵を描くことが許されます。私は1年半かけて国土強靱化基本計画をつくりました。ここにはその時のチームの仲間である藤井先生ほか皆さんいらっしゃいます。強靱化を進めるに当たって、この計画は、今、それぞれの分野のいわばバイブルになって、様々な取り組みが進められております。これは私にとっても本当にやりがいのあるものでした。今、小此木大臣が就任されておられますが、小此木大臣も我々が作り上げたこの強靱化計画をしっかりパワーアップしてやっていただけると本当にありがたい限りです。

国土強靱化基本計画の中で、毎年アクションプランが組まれます。今年は国土強靱化アクションプラン 2017 を6月に閣議決定させていただきましたが、ここでも地盤の調査等々につきまして、幾つかの新しい文言も取り上げさせていただきました。

レジリエンスはビジネスチャンス

このレジリエンスジャパン推進協議会は、メルマガ会員な

どを入れると現在 8000 社ぐらいと相当大きな組織になってきました。この強靱化（レジリエンス）には大きなビジネスチャンスがたくさん埋まっております。これをいかにうまく引き寄せていけるかはそれぞれの企業の皆さんのご判断でしょうけれども、そういった新たなビジネスチャンスができるように思っています。

もう一方で、安倍政権は今回の選挙でも皆さんから厚い信任をいただきました。したがって、今の政策をさらに加速していきなさいという信任をいただいたわけであって、決してリセットするということではないということが我々にわかりましたので、その推進をしていきたいと思っています。その中で、生産性革命を一つの柱にしておりますが、これは技術の高度化だと思います。これから人手不足が深刻ですので、そういったものにどうやって変わっていくか、そして制度とかクオリティをいかに高めていくかというところが、安倍政権の次の課題です。アベノミクスはもちろん進めますが、一方で十分でなかったところをしっかりとそこで補強していくということです。

レジリエンスによる技術革新

特にこの地盤の問題にも同じことが言えると思います。今まではどちらかというと、内科検診でいうと聴診器を当てる問診ということで、ずっと橋や道路の検査をしていました。この世界は技術革新が非常に急速に伸びてきております。

今日は高島市長もお見えですが、去年の博多駅前の地盤沈下にも新しい技術をたくさん使って対応しました。あれは、時間もコストも大幅に節約できるという一つの例だと思います。ただ問題は、今、直轄国道一つとっても、平成 27 年度ベースで実際に陥没しているところが 160 か所近くあります。さらに補助国道、二級国道、あるいは県道、主要地方道等々になると、その数は大変な数字になります。それだけでなく、橋も検査します。

ただし、本当に悪いものはどれか、あるいはどの程度で補修をやっていったらいいのか、そのタイムスケジュールを決めていくためには、新しい技術をふんだんに入れていかなければいけないということで、平成 29 年度から国土交通省は新技術情報提供システム（NETIS）を活用して技術公募しています。ですから、新しい技術をしっかり科学的に分析し、一番すばらしいものが採用されていく時代だと思います。この分野に取り組んでいる業者の皆さんはたくさんいらっしゃいます。ビジネスチャンスは多くあるけれども、一方では大変厳しい競争にもさらされていくということだと思いますので、ぜひ自らの技術を大いに高めていただきたい。結果的には、それが国益として国民の安心・安全に間違いなくつながっていきます。そして国の財政にも影響を与えて、効果的にレジリエンスを構築することができると思います。

品質を確保した陥没対策の位置づけへの期待

国土強靱化アクションプランには幾つかキーワードがあります。

一つ目が、「地域交通ネットワークが分断する事態」という項目の中に、「路面下空洞や橋梁の点検等の高度化・効率化に資する民間技術の導入を進める」とあります。これはまさしく皆さんが狙っているところだと思います。

二つ目が、リスクコミュニケーションの分野で「関係省庁及

びレジリエンスジャパン推進協議会等の民間団体等と連携しつつ、国土強靱化に対する国民の意識を高めるためのコンテンツの開発や、ハザードマップ、地盤情報等のリスク情報のデータベース化等及び普及を促進する」。

三つ目が、老朽化対策の一環として、「真に必要なインフラにおける点検・診断、修繕・更新、また点検情報等の整備により、円滑なメンテナンスサイクルを構築する」。

四つ目が、「非破壊検査技術やロボット技術等の新技術・IT の活用により、社会資本の維持管理・更新システムを高度化し、インフラ管理の安全性、信頼性、効率性の向上を実現する」。

そして最後に、「路面下空洞や橋梁の点検の高度化・効率化に資する民間技術について、要求性能に基づく技術の公募、フィールド実験、評価を行い、現場導入を推進する」とあります。要するに品質をしっかりと確保していくということが極めて重要だと私は思っております。ぜひそういった視点に立っていただきたい。

成長戦略につなげる強靱化の実現

今日は関係者の皆さんが一堂に会する有意義な会合です。日本は、地震も多い、災害も多い、そしていよいよインフラの更新の時期も来ております。日本人の知恵と技術をもって、そういったことを克服していくことに取り組んでいただきたいと思います。我々がつけた強靱化は、単にマイナスを減らすということではありません。それを克服することによって成長戦略にもつなげていくという大きな目標があります。ぜひそんな取り組みを民間の立場からご支援いただけますように心からお願い申し上げて、初代強靱化担当大臣としてのご挨拶に代えます。ありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下**空洞**対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年
10/26(木)
開催日時 13:00~16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

講演①「福岡市における都市の危機管理」

高島 宗一郎 氏

福岡市長

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長



ご挨拶

皆様、こんにちは。福岡市長、高島でございます。今日はようこそお越しくださいました。日ごろからこの空洞対策につきましては、桑野先生を初め、戦略会議、ワーキンググループの皆様とともに、さまざまなこれまでの知見、それから先進的な事例を共有して、日本全体のレベルアップにつなげていこうと考えております。特に高度成長期につくったインフラが大変老朽化を迎えるこの時期にあって、その中に空洞化ができてくるといったことはおそらく全国各地で起きることであろうと思います。

こうした知見に関しての共有は進んできておりますが、一方で、空洞が非常に大きなものになり、例えば陥没などの事態になったときに、計画どおりにきちんと執行できるのか、有事のときの決断のあり方についても、現実の政治レベルでも非常に重要になってきます。去年、ちょうど1年前、博多で道路陥没事故がありました。こうしたときに、いかに速やかに復旧に当たるかということに取り組んできました。今日は、そうした福岡の知見も踏まえて皆さんと共有して、参考にできるところがあれば参考にさせていただければと思います。今日は二つに絞ってお話します。有事の際のリーダーシップ、それから平時からの潜在的なリスクに対する取り組みについてです。

有事の際のリーダーシップ～博多陥没事故への対応～

まずは、去年の11月8日に、大規模な陥没事故が発生したという話が私の耳にも入ってきました。長さ30メートル、幅27メートル、深さ15メートルというとても大きく、しかも場所は博多駅から直線300メートル、一直線のところですので、福岡の人はもちろん、もしかしたらここにいらっしゃる方も朝ニュースをご覧になって非常に驚いたかもしれません。

普段は空洞化が自然に起きた場合のことを考えておりますが、今回の福岡の場合は空洞を人為的につくっていたわけです。地下鉄の駅を掘るといって地面に穴を掘っていました。上の岩盤に非常にもろい部分があって、上から土砂が落ちてしまって、空洞がさらにその上に発生してしまい、陥没につながってしまったわけです。

事故発生直後に現場に駆けつけて聞いたのは、「地下水が非常に動いている。地下水が動くということは、周辺の土砂を動かすので陥没が広がるおそれがある。その二次被害を何とか防がなければいけない」ということでした。周辺の電気、ガス、水道、通信網が直撃され、停電が発生して、また福岡市内の他の場所でもATMが使えないということも発生しました。こうした状況の中で、二つの決断をすることになります。一つは復旧優先、二つ目

は2段階復旧です。復旧優先の決断

復旧優先は当たり前のことではないかと思われる方がいらっしゃるかもしれませんが、当時、テレビではどういう言い方をしていたか。「復旧しようとする、このままでは原因がわからなくなってしまうので、拙速に穴を埋めて復旧することは今後の対策にもつながらないし、原因もわからなくなる。そこをうやむやにしたまま埋めてしまうのはどうか。まず原因をしっかりと究明してからではないか」。テレビ上では、実はこうした議論が非常にありました。

火事が起きているときに原因を究明してから消火活動をする人はいません。当然、今すぐこうした二次被害を防ぐことが大事になってきます。こうしたときに、今は原因究明ではない、復旧を優先させなければいけないという政治決断を必ずしなければいけません。決断できるのはリーダーだけです。地方でいけば首長です。なぜなら、選挙があるから、間違った判断であれば首長は責任をとることができます。ですから、いかに早く決断するかが極めて重要になってきます。

2段階復旧の決断

次に2段階復旧の意味をお話します。2段階復旧をするということは、仮復旧して本復旧するということです。まず仮復旧を行うことによって、状況を平時の状態に一旦戻すということです。どうしてこのようなことを考えるかという、その動機は、実は安全と安心というのは極めて違うのだと私が捉えているからです。

正しい情報の発信

これまで、行政的には、常に安全を当然考えて、やるべきことを粛々ときちんとやっていたら伝わるだろうと思っていました。ところが、専門家の皆さんの中でそうした議論がなされても、一般の市民の皆様、つまり前提条件として土木の基礎知識もないような人も含めて、これは通じません。安心はまた別の部分になって、数値ではあらわしません。

例えば原子力発電所に関して不安に思っている人を安全性の数値で一生懸命説得しようと思っても、そもそも質が違うものなので、なかなかそこにこぎつけられません。安心は、安全とは別物です。正しい情報を市民の皆さんにしっかりと提供して日常生活を通常に戻すことは、安

心にとって非常に大事なポイントになります。日常を取り戻すために、まず2段階復旧をしたということです。

正しい情報を提供するとありますが、一方で正しくない情報があつて、市民は不安に陥るわけです。何によって、どこから正しくない情報が流れて、市民の皆さん、国民の皆さんが不安に陥るのか。それはテレビです。

例えば陥没が起きたときもこういうことがありました。テレビ中継のレポーターが、「先ほどからこの大きな穴にたまった水を抜いています。私は3時間前に来たのですが、水位はまだ下がっていないようです」と、不安そうな声で中継します。そして、スタジオの有識者の方は、「これ、水は相当遠くまで捨てに行かなくてははいけませんね」とか、真剣に言っています。しかし、中に土を入れているわけですから、水位は下がるわけがありません。現場から生中継をすると、視聴率は上がります。ところが現場には情報が無いわけですから、現場からの中継は見たものを描写するしかありません。そうすると、「今こういうふうに思う」というような不正確な情報をずっと流し続けることになります。こうした状況を平時の状況に一旦戻す、すなわち、この生中継を一旦終わらせるということが実は非常に大事になってきます。

スタジオから正確な情報を流す分にはいいですが、生中継にはそうした不確かなところがあります。その辺に関して、私は多分日本で一番よくわかっていると思います。なぜかという、私もかつてテレビ局のアナウンサーとして同じことをしていたからその仕組みがわかるわけです。日常を取り戻す、平常の状況にまず一旦戻すことは極めて重要になります。だから仮復旧をまず行います。

短期間での補修目標を決定

私の後に東京大学の桑野先生から空洞のメカニズム等、技術的なことに関して詳しくお話いただけますが、地下には埋設物がたくさんあります。復旧しようとするときの問題は、通常は電気、ガス、水道、通信、下水道の作業を同時に行わないことです。電気に2週間かかります。次のガスに2週間かかります。下水道は特注のパイプがまだ完成していないので1カ月かかります。これらが全部積み上げ方式になって、非常に多くの日数かかってくるわけです。

ただ、今回は有事、そして2段階復旧です。事故の時にはちょうどインドの首相が日本にやってきました。安倍総理が新幹線をインドの首相に見せてトップセールスを行う時期だったのです。日本の技術の高さをセールスする場面で、この事故を見た人が、「これは日本と思えない、どこか他の国かと思った」みたいないろいろなインターネットへの書き込みをしているのを見て、私は、日本の信用とか信頼を落としてしまったことに当時ものすごく責任感を感じて落ち込みました。

しかし、地下に関係するインフラ関係の皆さん、それから警察、そういった皆さんを全員集めて、話をしました。「今、日本中が心配している。一方で、世界中が、これをどうするのだろうと好奇の目で見ています。だからこそ、時間は戻せない。私たちに唯一できることは、これからの復旧だ。どう復旧をなし遂げるかを世界中が見ている。だから力をかけてほしい。同時に作業をしてほしい。2段階復旧をして欲しい」とお願いしたわけです。

そうすると、手が拳がりました。「わかりました。うちは迂回路をつくります。ここを通らずに、迂回路でできるようにします。その代わりに、後日また掘っていいのですね」と。「はい、大丈夫です」。「うちも仮でやりますので、2日間でいいです」、「それではうちも2日間でいいです」と。2日間でできるということは、積み上げではありません。同時にしていただければ、全部の工事が2日間で終わるわけです。

そして、警察、国家公安委員長など、いろいろな方に力を借りて、本来であれば相当時間がかかるはずのものを、例えば信号機も落ちてしまったので、そういった信号も5日間で手に入れるというものすごい形で、皆さんに協力していただきました。土木の方はいつもバッファをとって完成時期を言うことも大体わかっていたので、実際3日ということは2日でできるだろう。それらを組み合わせたら1週間で復旧できる、という目標を設定しました。

流動化処理土の活用

実際、作業を始めようというときに、問題が起きました。それは、水がたまっていたのですが、水を抜いてしまうと地下水が移動するので陥没が広がるおそれがある。水が入っていたほうが安定する。それでは水が入った状況でどのように埋めていくのか。流動化処理土という物質が見つかりました。これには極めていい三つの理由がありました。水

の中で固まること、二つ目は、中にはいろいろなものが落ちていますが、そのすき間に自ら入っていつく来て、物理的な圧力を加えなくても固まってくれること。三つ目は、掘り返しが可能なこと。三つ目については、原因究明を先にすべきではないかと主張する人に対する反論の論拠になります。必要があればボーリング調査等もできるくらいに、適度な強度があるということを説明することができることで、よし、この流動化処理土でとにかく埋めようという判断をしたわけです。

ところが、陥没の規模が大き過ぎて流動化処理土がものすごく大量に必要だし、遠方から輸送できない。私は九州中から集めろと言ったのですが、隣県の熊本や大分から運搬するのでは固まってしまう。ということは、もう福岡市近郊で集めるしかない。ということは、多くの台数のミキサー車をどうやって集めるか。福岡市内で、いま工事に入っているものを皆止めていただいて、全員でこれに協力していただかないとできません。

何とか力をかけて欲しいという思いに対して、皆さん協力してくれました。日本の防災力に強みがあるとすれば、地域のため、国のためであれば何かしようという気持ちが皆にあるということです。そこを適切に誘導していくことが大事だと思います。通常の工事の系列を超えて、ライバル関係を超えて、皆さんに今やっている工事を断っていただいて、そのミキサー車にはセメントに代わって流動化処理土を入れていただいて、ものすごい勢いで集めていただきました。おかげで、2日後には埋め戻しが完了したということになったわけです。

補修工事の安全の確認と情報提供

そして、先ほどのインフラの整備も2日間で終了することになりました。また、逆に、早く作業が進んでいくと、こんな声もありました。「早過ぎて大丈夫か、安全なのか?」。陥没した直後には「補修には長期間かかって大変だ」と言っていた同じ番組が、作業が早く進むと、「早過ぎて大丈夫か、やはり時間をかけてでも丁寧にして欲しいですよ」と言い出したわけです。そういうものに決して振り回されてはいけない。ちゃんと武器を持つ必要があります。私たちはその論拠として、当然、地盤のボーリング調査の結果をちゃんと写真に撮ってウェブサイトアップしました。

それから、地下の状況は上から見ても当然わかりませ

んから、レーダー技術を使って地下の状況をしっかりチェックしました。福岡市は以前から、地下の調査に関して非常に信頼度の高い技術コンペを行ってありました。そういう調査が行える会社があったので、そこをお願いして、常に地中を確認しながら工事を進め、安全性を市民の皆様にはわかる形でお知らせしました。

また、私自身は SNS を使いました。一般的に、土木の専門家の皆さんのお話は、そもそも前提となる知識がないとわからないことが多いので、それを自分なりにかみ砕いて、常に SNS で発信しました。その心は、先ほど言った、安全と安心の違いです。大体、ヤフーなどのニュースに載れば、その下にコメントがつきます。薄目でざっと流し目をしてみると、大体みんなどんなことが気になっているのかなということがわかります。そこに出了ことは、大体翌日ないしは 2 日後のテレビのワイドショーなどで取り上げられます。ですから、先に、これから来そうな、皆さんが不安に思っているようなことの答えを、わかり易く SNS で発信することを心がけて、安全プラス安心というところを同時並行で進めていきました。

安全は数値で示せますから、専門家にしっかり進めていただく。一方、安心は、都市のリーダーが市民の不安に手を当てるという形です。仮に新聞やテレビなどで大丈夫かなと不安になるようなところばかりを映したとしても、今は SNS などを使って発信するすべができましたので、そうしたことも一つ大事になってきます。

ちなみに行政と個人の発信の違いは何でしょう。行政は過不足なく全ての情報を網羅しようとするので、情報が多くなり過ぎて逆に何も伝わらない。情報は少なくてもシンプルに伝播する力があります。個人だからこそ、自分で咀嚼（そしゃく）して発信できるという強みがあります。

そして 7 日間ということになりました。道路を見て、初めてかっこいいと思いました。多くの人の知見によってどういふふうに道路ができてくるかを、私も初めて一から見たわけです。こんなに新品のアスファルト、そして道路の車線が本当にきれいでかっこいいと思ったことはありませんでした。

平時の場合の潜在的なリスクへの取組み

最後に、平時の場合の福岡市における潜在的なリスク調査についてお話しします。福岡市は平成 6 年から路面下の空洞調査を行っています。年間延べ 100 キロです。そこで大事になってくるのは、調査をしているといっても、いかに地下のことですから、本当に空洞があるとかないとかということが正しいのかどうかわかりません。ですからやはりしっかりと調査をすることが必要なもので、こういう調査をするときは必ず技術コンペを行います。先ほど、大臣たちと隣の部屋で話したときも、こうした診断をするときは一定の要件とかこうした品質評価をつけて、技術的な担保が必須になってくるのではないかという話を頂きました。そうしたものを取り入れて、高品質な形で地下の空洞調査を行っております。

また、そうした調査結果も加えて、東京大学と一緒に共同研究ということもスタートして、桑野先生にも大変お力添えいただいています。空洞の地域特性とかメカニズムを分析し、これらの結果を日本全体としてまた共有することができればいいなと考えております。

むすび

有事発生時はスピーディな判断、決断を首長がしっかり下していくことが重要になってきます。平時からのリスクマネジメントとあわせて空洞化対策をしていくことが肝要であろうと考えております。今後ともどうぞよろしく申し上げます。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

定員**200名様**

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

講演②「路面下空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

桑野 玲子 氏

東京大学生産技術研究所教授

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理



皆様、こんにちは。東京大学の桑野と申します。今日は、地盤陥没を引き起こす路面下の空洞がどういふわけであるか、そしてどういふプロセスを経て陥没に至るかということをご紹介したいと思います。そして、それに対してどういふ対策をとればいいのかということもあわせてお話ししたいと思います。

国内外で頻発する道路陥没

皆様ご存じのように、今も、国内でも、それから国外でも、地盤陥没、道路陥没は頻発しております。地震の後にも路面下の空洞が陥没として顕在化することがあります。

ワーキンググループでは、1988年に道路陥没問題が顕在化してからの経緯をまとめています。地盤陥没はまるで突然起こるかのようには見えますが、当然ながら、陥没の芽となる空洞は突然発生しているわけではありません。何らかの原因によって空洞ができて、それが地表面まで到達し、そして地表の崩落という形で陥没となって現れるわけです。

では、どういふ原因でこの空洞がもともとできるのか。自

然にできるものもあれば、先ほどの福岡の例でありましたようにトンネル工事に起因するものとか、いろいろあるわけですが、都市で起こる道路陥没は、地下の利用が高度化して、地下埋設物が輻輳化し、インフラが老朽化してというような、埋設物起因の空洞や陥没が主体となってきています。

道路陥没の発生状況

都市の道路路面陥没はさまざまな原因で起こるわけですが、道路の地下埋設物に起因する陥没の件数がかなりのウエートを占めていることがわかります。

特に下水管に起因する道路陥没件数は、平成27年でも1日平均約10件で、もう3000件を超える勢いです。やはり都市の埋設インフラの老朽化とはかなり密接な関係があると言えます。

下水管の経過年数と道路陥没の発生頻度の関係を見ても、道路陥没数と下水管の経過年数との相関が見てとれます。30年を超えると急激に陥没数が増えています。

どうい下水管の破損状況で道路陥没を引き起こすか。下水管が腐食して大きく破損しているときは当然ながら上の道路も陥没するであろうというのは皆さんご想像のとおりですが、実はわずかなクラックでも陥没を引き起こします。特に取付管と本管との接合部が空洞化を起こしやすいといったこともありますので、わずかな破損だからといって侮れないといった事実もあります。

それから、陥没発生件数が多いのは、夏季の降雨時・降雨後ということがあります。

道路の下に空洞があって、それが舗装のすぐ下まで迫っているような場合でも、もしかすると私たちは「知らぬが仏」状態で上を歩いているかもしれません。実際に陥没を引き起こす空洞の数が、見つかった空洞の数に対してどれぐらいの割合であるかというのはまだよくわかりませんが、陥没として顕在化している空洞よりもはるかに多い数の空洞が路面の下には成長している途上であると言えます。

路面下空洞調査

「そこで道路の陥没を未然に防ぐためには、路面下の空洞探査をしなければなりませんし、さらに、どうしてこのような路面下の空洞ができて、それがどのように拡大・進展して陥没に至るのかというメカニズムの研究も必要になってきます。

既に、自治体あるいは国では、空洞探査がやられています。車載型の地中レーダー探査装置を使って、道路の上を走りながら地面の下の空洞を非破壊で探査する技術がもう既に実用化されています。この非破壊検査では、空洞の上側の大きさと深さがわかります。空洞の大きさとしては、地面から 1.5 メートルよりも浅いところで、0.5 メートル四方以上の広がり空洞を探査できます。

異常な怪しい箇所を見つけたら次に行うのが二次調査で、さらに詳しく、異常の種類や空洞の広がりを判定します。そして実際にスコープを入れて、そこに本当に空洞があるか確認し、空洞の厚さを調べるといったことが実際に行われています。ですから非破壊の調査の品質というものは極めて重要になってきます。」

路面下空洞の発生状況

路面下の空洞の探査で見つかった空洞の実態に

ついて、国・道・府・県管理のものと、それから例えば東京 23 区では、いわゆる空洞の発生頻度が大きく違ってきます。東京 23 区では地下埋設物も多く、そういう地下埋設物起因の空洞も多いといった事情も多分あると思います。典型的な路面下空洞の諸元としては、深度 0.3 から 0.6 メートル、厚さ 0.6 メートル未満が約半数といった実態となっています。

2012 年度から 2016 年度の国道の路面下空洞の発生状況を、地方整備局ごとに比較すると、車道と歩道、それから地域ごとに空洞発生の頻度が大きく異なることが見てとれます。さらに、どういったところに空洞が多く発生するかをまた詳しく調べていくと、ざっと見ていただいても、地域性もあるということが見てとれます。

東京都の 2001 年度から 2009 年度までの空洞調査で確認された空洞の発生要因は、下水道起因 28%、埋め戻し不良 32%、地下埋設物輻輳 14%というレポートがあります。発生要因が何であるかを一つに特定するのは難しい話ではありますが、やはり都市においては地下埋設物起因の空洞が多くを占めているということがわかります。」

路面下空洞が拡大する要因

「空洞の拡大要因として最も支配的なものは、間違いなく雨や地下水だと思います。路面陥没事故の月別発生件数をまとめてみると、やはり 6 月、7 月、8 月の雨の多い時期に陥没件数が多くなっています。

もう一つの拡大要因が地震です。新潟県の中越地震前後のデータによれば、平常時の空洞頻度で、1 キロ当たり約 0.5 個というような場所が、震度 5 を超えたところで 2 倍から 8 倍多く発生するというように、有意に空洞頻度が上がるという結果があります。

このように、路面下空洞の生成の主な原因は埋設インフラの老朽化による吸い出しといわれるものだと思います。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どうもそれなりにあるようです。国土交通省のまとめた陥没のデータでも、約 4 分の 1 程度は原因不明に分類されています。

空洞の発生状況を調べるために、土を入れた箱、土槽、を用いて模型実験を行いました。土槽の一番下の

部分に幅 0.5 ミリの開口部をつくり、そこから土と水が出ていくということで空洞の再現をしているものです。水が上がっていくと空洞が広がるという傾向が見てとれます。さらに水が上がっていくと、土砂が引きずられて、空洞の大きさが拡大して横方向にも広がっていくのが見てとれます。

そして、地表面はかなり最後の局面に至るまで大きな変化はありません。これだけ大きな穴が下にあいていても、舗装が載っていればそれなりに耐えてしまいます。私たちは今これを横から見ているから、こんなことがあったらと思ってぞっとするわけですが、実際は、上からだ気づきにくい。であるからこそ、やはり事前の調査が重要になってくるわけです。

今の土槽実験は下に 5 ミリしか穴があいていません。けれども、約 30 センチの土槽の幅いっぱいほとんど穴が広がるということで、流出するすき間が小さくても継続的に土砂が流出していくことによって、空洞は非常に大きく広がってしまうこと、それから、地表面に変状が現れるは末期的状況になってからであるということが言えます。

このほかにも、空洞の生成・拡大の過程で一番の鍵となるのは水位の上下です。水位の上下、または高い地下水位は、空洞拡大の主な要因になり得ることが研究の結果明らかになっています。

また、地中構造物の躯体脇はやはり水みちがでやすく、空洞や緩みが発達しやすいということも大体わかっています。躯体模型を入れた土槽実験では、躯体の横に大きな空洞が発生して、ここに地震が来ると、崩落してしまうのは当然の理と言えるかと思います。ですので、陥没する前に充填、あるいは何らかの補修をしなければいけないということになります。

路面下空洞の発生・拡大の素因と誘因

空洞生成や拡大の要因を実験や調査を通していろいろと調べてまいりました。要因といっても、素因と誘因の二つに大きく整理できるかと思います。素因とは、空洞ができやすいような素質です。例えば地中埋設物が輻輳していること、それから流出しやすいような土の条件であること、あるいは地質や地形や高い地下水位、もしくは掘削工事履歴などももしかしたら弱点になり得る素質になってしまうかもしれません。

そういう素因に対して、誘因としては、地中埋設インフラが実際に壊れて破損する、あるいは雨が降る、あるいは地震で揺られるといったようなことがあります。最後に土砂の流出経路が確保されると、空洞の生成や拡大が加速化することになります。

空洞といっても、周りに緩みを伴ったり、不明瞭な形で空洞が存在したりすることも多いです。その場合には地表近くの空隙を塞ぐだけでは不十分で、やはり土砂流出の源まで成因をきちんと確認して対策をすることが必要になります。緊急事態の際には原因を究明している場合ではないということもあると先ほど高島市長がおっしゃっていましたが、緊急事態の際の「応急復旧」と併せて、しっかり原因究明をして「抜本的な対策」をする、これらをきちんと組み合わせることが大切になってくるかと思います。

探査技術が上がってくると、いろいろな空洞が見つかるようになります。危険な空洞を見落とすのは言語道断ですが、小さい空洞も見つかる、あるいは深い空洞も見つかるかもしれません。そこで道路陥没を引き起こすような本当に危険な空洞とは何かという危険度の評価をきちんとやっていかなくてはならないと思います。

空洞の陥没危険度

空洞の陥没危険度を考える上で、二つの観点があるかと思います。一つは、現時点で道路構造の安定性に対してその空洞がどう影響を与えるか。つまり現時点での危険度です。もう一つは、今は大丈夫かもしれませんが、その空洞があつという間に成長して近い将来危険度が増すこともあります。近い将来の可能性はどうかということで、空洞の成長速度のようなものもきちんと評価していかなくてはいけないかと思います。

この戦略会議で今回対象にしている地震時、災害時の空洞の危険度のことですが、これもワーキンググループでいろいろ調べてみたら、やはり地震時に陥没危険度が上がることが確認できました。一つは、地震の後には路面下の空洞が増加するということです。熊本地震、あるいは中越地震、東日本大震災のデータをよく調べてみますと、路面下の空洞数が約 2 倍から 8 倍にふえます。それから、空洞の多発区間が発生する傾向があつて、総数も増えます。

いつ陥没してもおかしくないような陥没危険度ランク A の空洞の割合は、平常時には 18%だったものが、例えば熊本地震の後の調査では 60%にもなっており、地震の影響は非常に大きいと言わざるを得ないと思います。

空洞または陥没への対応

では、こういう空洞や陥没にはどういふふうに対応していけばいいのでしょうか。陥没してしまったら埋め戻すしかないかと思います。ただし抜本的な対策のためには、原因を明らかにして、土砂の流出孔をきちんと塞ぐことが重要で

です。陥没する前の空洞の段階の場合はどうかという、これも原則としては埋め戻す、または充填です。同じように原因を明らかにし、土砂の流出孔をきちんと塞ぐことが非常に重要です。そして、応急対策と恒久対策のメリハリをつけること。例えば陥没危険度が低い場合には、やみくもに埋めるのではなく、モニタリングによる経過観察も実務的にはあり得る話だと思います。

戦略会議のワーキングの中で、東京都大田区の方から対策の効果についてご紹介がありました。東京都大田区では、平成 24 年から区道全長 770 キロを対象に、生活道路も含めて調査をして対策をした結果、陥没件数がこの 4 年間で顕著に減っています。

地震時においても、陥没危険度の高い A ランクの空洞が 18%から 60%に増えるといった事実を踏まえ、やはり事前にきちんと対策することによって、いつ落ちてもおかしくないような A ランク空洞を減らしていけるといった対策の効果が出ると思われます。

これからの陥没未然防止対策

空洞を見つけて、埋めて、陥没を未然に防ぐ対策は、先進的な自治体さんでは定型業務としてとしてしっかりやっておられることだと思います。これからは、より積極的な陥没対策として、できれば空洞をつくらない、できてしまったとしてもそれを拡大させない、そして再発させない対策が必要になります。そのためには、やはりきちんと素因と誘因を明らかにする必要があるかと思います。そして、地域特性も考慮しながら、都市の空洞や陥没のポテンシャルを評価して、地下空間の安全管理の戦略を立てることが必要かと思っています。私自身も、実際に、福岡市と藤沢市と共同研究の形でいろいろお手伝いをさせていただいております。

まとめ

最後にまとめます。現状、道路陥没問題はインフラの老朽化と不可分です。いい加減に工事・管理したから空洞ができるという問題ではありません。都市の急激な成長から約 20 年たったら問題が顕在化するの、国内でも国外でも起こっていることです。さらに最近の気象の激甚化によってゲリラ豪雨などもあるので、問題は加速化しています。

ですから対策として重要なのは、まず見つけて、未然に防止することです。探査技術の品質をきちんと確保して、信頼性の高いデータを得ることが不可欠です。さらに陥没の危険度を適切に評価して、その危険度に応じた補修工法を開発することが重要だと思います。どうもありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

定員**200名様**

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

事例報告① 「札幌市における路面下空洞対策」

渡辺 和俊 氏

札幌市 建設局 維持担当部長



ご挨拶

皆さん、こんにちは。札幌市建設局で維持担当部長をしております渡辺と申します。本日は「都市の危機管理における路面下空洞対策シンポジウム」にお招きいただきまして、ありがとうございます。シンポジウムのテーマであります路面下空洞対策につきましては、道路管理者として適切に道路を管理していくに当たり非常に重要なことです。札幌市におきましても都市の成長とともに整備してきた社会インフラ施設の老朽化に伴う道路陥没が発生しておりまして、安全・安心な道路交通を確保するために対策を進めているところでございます。そこで本日は札幌市の平時、いわゆる日常の維持管理の中で取り組んでいる路面下の空洞対策についてご紹介いたします。まず札幌市の概要について簡単にご紹介いたします。次に平成28年1月に策定いたしました札幌市強靱化計画について、さらに札幌市の路面下空洞対策として平時、いわゆる日常の維持管理での取り組みについてご紹介いたします。

札幌市概要

初めに札幌市の概要です。人口は平成29年10月現在で196万人、この人口は全国で5番目です。また面積は1,121平方キロメートルで、東京23区の約2倍です。

特徴としては市街地と自然とが調和した都市として、また年間を通してさまざまなイベントを開催しておりまして、観光都市として国内外から多くの観光客にお越しいただいております。

札幌市の主な社会インフラについては、道路は約5,600キロメートルを管理しております。また橋梁は1,280橋、トンネルは16カ所ございます。このほか道路内の地下埋設物としては、上水道が約6,000キロメートル、下水道が約8,200キロメートル、地下鉄が48キロメートルございます。

札幌市強靱化計画の背景

続きまして、昨年1月に策定いたしました札幌市強靱化計画の概要についてご説明します。初めに、計画策定の背景について触れたいと思います。

昨年の8月17日から23日の1週間で、7号、11号、9号の三つの台風が立て続けに北海道へ上陸しました。単年で三つの台風が北海道に上陸するのは観測史上初めてのことです。さらに8月29日以降の台風10号の接近によりまして、被害が拡大いたしました。国道274号線、日勝峠では大規模な土砂崩れが発生しました。今週の10月28日、土曜日に全面開通をする予定となっております。

す。空知川では堤防決壊により南富良野町で浸水被害がありました。

札幌市に目を向けますと、過去に市内で被害のあった地震としては十勝沖地震、浦河沖地震がありますが、幸い市民生活に壊滅的な被害を与える災害ではありませんでした。一方、風水害につきましては昭和 56 年 8 月の 2 度にわたる豪雨によりまして、市内北部を中心とした洪水氾濫がございました。札幌市は大規模自然災害が比較的少なく、また地理的に首都圏や関西圏から一定程度離れていることから、首都直下地震や南海トラフ地震などの災害との同時被災リスクも低いという状況ではありますが、近年の集中豪雨による浸水害や土砂災害、雪による交通機能の麻痺など、備えるべき自然災害のリスクは存在しています。

札幌市強靱化計画における 4 つの目標

東日本大震災の教訓や大規模自然災害の発生に対して事前防災や減災、そのほか迅速な復旧・復興に資する施策を総合的かつ計画的に実施するため、国土強靱化基本計画が平成 26 年 6 月に閣議決定されました。これを受けて北海道においても、平成 27 年 3 月に北海道強靱化計画が策定されました。

札幌市におきましても少子高齢化の急速な進行と人口減少、都市基盤の老朽化及び更新時期の集中、自然災害に対する防災力の強化、これらの課題解決に向けまして、安全・安心で災害に強い都市の構築のために北海道の計画と調和した国土強靱化地域計画として札幌市強靱化計画を策定いたしました。策定に当たりましては、本日のパネルディスカッションのモデレーターである小磯先生には有識者会議の議長を務めていただきました。

計画では、4 つの目標を立てております。一つ目としては、北海道の中心都市である札幌に北海道全体の人口の約 3 分の 1 が住んでいるほか、近隣市町村から働きに来る方や多くの観光客が訪れることから、安全・安心な都市を構築して、それらの人々の生命・財産を保護するということをまず第 1 の目標としております。

二つ目として、交通基盤の整備など、その効果が北海道全体に波及する取り組みを推進することで、北海道の強靱化に寄与するほか、北海道及び道内市町村との連携を推進し、相互協力を図ることで、北海道全体での災

害対応力を強化することを目的としております。

三つ目として、札幌市は地理的に首都直下型地震や南海トラフ地震などの同時被災リスクが少ないということ、また生活都市機能が集中していることを踏まえ、札幌市中心部におきましては災害に対する防災力のさらなる向上に取り組むことで、企業の本社機能や生産拠点の誘致による経済活動のリスク分散、バックアップ機能の発揮を積極的に進め、国の強靱化に貢献できるものと考えています。

四つ目として、人・企業・投資を呼び込み、雇用の創出など経済活動の活性化につなげるとともに、東京一極集中の是正を促し、地方が元気になる地方創生につなげていきたいと考えております。

札幌市強靱化計画における路面下空洞対策

札幌市強靱化計画における路面下空洞対策についてご説明いたします。自然災害に対するリスクについて、地域性を考慮して 6 つの категория に分けました。このうち路面下空洞対策は、ライフラインの確保という categoria に属します。この中で道路陥没による交通車両等の事故防止のため、舗装路面下に発生する空洞対策が必要であるとの脆弱性評価を行い、施策プログラム及び推進事業を設定しております。施策プログラムとして道路施設の防災対策を重点項目として位置づけ、舗装路面下の空洞対策事業を推進事業といたしました。事業手法としては、年間の路面下空洞調査延長を 230 キロメートルと設定し、道路陥没を未然に防ぐための調査を計画的に行っていくこととしております。

平時における路面下空洞対策の取組

ここからは平時、いわゆる日常の維持管理について路面下空洞対策の取り組みをご紹介します。まず初めに道路パトロールについてです。道路陥没はいつどこで起きるかの予測が困難なため、定期的なパトロールにより路面の性状をいち早く察知することが重要です。札幌市では管理している 5,600 キロメートルを幹線道路、準幹線道路、生活道路の 3 つに分類し、それぞれに頻度を決めて定期的に点検しております。パトロールでは照明灯や標識などの道路施設のほか、路面に変状がないかもあわせて確認しております。車上からの目視点検を基本としますが、車上目視が困難な歩道や立体横断施設などは徒歩でパトロールい

たします。また、パトロールの際に発見した軽微な損傷は、その都度処理することで道路利用者の安全確保に努めております。

平時の取り組みの二つ目として、緊急輸送道路等の空洞調査についてです。札幌市では市内全域に広がる緊急輸送道路のほか、緊急輸送道路に含まれない地下鉄路線を加えた約460キロメートルを対象に、平成27年度から計画的な空洞調査を行っています。さらに路面変状が見られるなど空洞の可能性がある路線についても、個別に空洞調査をしております。年間の調査延長としては、これらを含め約230キロメートルの路面下空洞調査を行っています。

この調査方法につきましては、もう少し詳しくご説明したいと思います。まず1次調査として、路面下空洞探査車にて路面下空洞に起因する異常信号を検出し、およその空洞の位置と規模を推定いたします。次に、1次調査結果をもとに2次調査を行います。2次調査では、まずハンディ型地中レーダーにて空洞の位置及び規模を特定し、さらに空洞箇所をコア抜きし、孔内カメラによる断面撮影、空

洞の発生深度、空洞の深さなどを特定します。これらの調査の結果をもとに、陥没の危険が高い箇所から順次補修を行っています。

先ほどご説明しました札幌市強靱化計画に示すとおり、毎年230キロメートルほど、3年間では約700キロメートルの調査を行ってまいりました。調査の結果、空洞箇所数としては年間200カ所ほど、3年間合計では645カ所の空洞を確認しております。確認された空洞箇所を調査延長で割りますと、1キロメートル当たりおおよそ1カ所弱の空洞があったことがわかります。空洞が確認された箇所につきましては、順次復旧をしているところでございます。

むすび

札幌市では引き続き計画的に空洞調査を実施し、道路陥没による事故を未然に防ぐ取り組みを進めてまいります。以上で札幌市における路面下空洞対策の事例報告を終わります。ご清聴ありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

定員**200名様**

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

事例報告② 「東日本大震災時の道路被害の状況 ～地下鉄駅周辺の陥没に着目して～」

小高 睦 氏

仙台市 建設局 次長



ご挨拶

ただいまご紹介いただきました仙台市の小高と申します。私からは東日本大震災時の道路被害の状況につきまして、地下鉄駅周辺の陥没に着目して簡単にご報告をさせていただきます。

東日本大震災による人的被害状況

初めに地震の概要です。平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ、三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 の地震が発生し、仙台市内では震度 6 強を観測しています。仙台市東部の沿岸部には津波が襲来しました。実に大変な津波でした。

被害状況ですが、人的被害としては市内で死者 904 名、行方不明者 27 名、負傷者は 2,275 名となっています。建物被害は全壊が約 3 万棟、大規模半壊が約 2 万 7000 棟、半壊が約 8 万 3,000 棟となっていて、津波被害だけでなく丘陵部の宅地の崩壊など内陸部での被害も甚大でした。被害推計額は 1 兆 3,000 億円で、ライフラインおよび道路、橋梁の被害額は約 2300 億円に上りました。

仙台市では平成 27 年度までの 5 年での震災復興計画を立てて、取り組んでまいりました。おかげさまで平成 27 年度末には住まいの再建は果たすことができました。海岸部のかさ上げ道路などの事業が残っていますが、そういったものも今、鋭意進めておるところでございます。また、復旧に当たりましては、国内のさまざまな他市町の方からの応援もいただきまして、延べ 240 名ほどの方が平成 23 年発災直後から平成 25 年まで本市でご尽力をいただきました。この場をおかりして御礼を申し上げます。

東日本大震災による道路・橋梁の被害状況

次に、道路・橋梁の被害状況です。市内では主に住宅団地内の区画道路など約 100 か所で全面通行止めが発生いたしました。橋梁ではアバットメント背面が沈下して段差が生じる被害が市内の多くの箇所を確認されましたが、落橋や橋脚が壊れるなどの大きな被害は発生しなかったことから、震災前から実施してきた橋梁耐震化の効果があったものと考えています。

のり面崩壊や路面の亀裂など市内各所で被害が発生いたしました。道路のり面が崩壊、路面が波打つよう

に隆起、ひび割れが多数発生しました。下水道マンホールの浮き上がりや、地下埋設物の埋め戻しの箇所の沈下など、地下埋設物に起因する道路の損傷箇所も数多く見受けられました。市内の道路では約 1 万 2000 カ所でさまざまな被害が発生し、発災直後から緊急輸送道路やバス道路など重要な道路を優先して応急復旧工事を実施いたしました。

東日本大震災による道路陥没被害状況

続いて、道路陥没被害の状況です。地震直後に陥没が発生した事例のほか、地震により路面下に緩みや空洞が発生し、時間がたってから陥没に至った事例も確認されています。

地下鉄駅周辺で発生した大規模な沈下や陥没事例についてご説明いたします。地下鉄南北線は昭和 62 年に開業しまして、駅舎部は開削工法により施工をし、山砂で埋め戻しを行っています。本日は被害の大きかった五橋駅と長町一丁目駅の事例についてご説明いたします。

地下鉄南北線、五橋駅付近では道路の中央部が沈下し、交通規制をしました。長町一丁目駅付近では地震直後に歩車道境界付近で縦断方向に連続して陥没が発生し、防護柵も傾きました。また道路全体が広域的に沈下し、道路が大きく波打つ状況となりました。

地下鉄五橋駅は仙台駅の南へ約 1 キロメートルのところにあり、当時は沿線に災害拠点病院であった仙台市立病院がございましたが、病院は現在、太白区あすと長町に新設移転しています。また、この道路は緊急輸送道路に指定されていました。

地震直後に南行き車線 60 メートルの区間で沈下が発生しました。沈下は徐々に進行し、駅直上全域に拡大いたしました。地震発生から 3 日後の 3 月 14 日に南行き車線で沈下が確認されたことから通行制限を行い、その 1 週間後には今度は北行き車線でも陥没が発生し、こちらも通行制限を行いました。250 メートルにわたり通行制限を行った結果、北行き、南行き車線とも深刻な交通渋滞を引き起こしました。

応急復旧工事は 4 月 25 日に着手し、舗装版を撤去し、碎石で埋め戻しを行い、舗装をかけるというもので

す。応急復旧工事の施工中には路床の緩みや空洞が確認されましたことから、本復旧工事にかかるまでの間はパトロールを強化し、路面の変状を監視いたしました。5 月 20 日に工事を完了し、交通開放いたしました。

その後 10 月までに陥没が数カ所発生し、その都度緊急工事を行うとともに、全体的に沈下が進行して路面が波打ち状になるなど変化が進みました。本復旧工事は年明けの平成 24 年 1 月に着手し、6 月に完成しました。

4 月下旬の地元紙には、通行規制が長期化し交通渋滞が深刻化していること、路線バスの迂回運行や夜間工事による騒音など、市民生活へ少なからず影響が出たことが取り上げられています。9 月に発生した陥没について、地元紙で自転車の転倒によるけがと乗用車のパンクが 2 台の被害が報道されています。このときにできた陥没穴は直径約 1 メートル、深さは約 90 センチという規模でした。

道路陥没のメカニズム

次に道路陥没のメカニズムについてです。応急復旧工事に先立ち施工範囲や復旧工法を決定するため、地中レーダー探査とスコープカメラによる路面下空洞の確認を行うとともに、FWD により舗装の支持力を調査いたしました。また調査箇所のコアを採取したところ、路盤には路床が混入している試料も確認されました。この付近は地下鉄建設時にも豊富な地下水が確認されており、大規模地震で地下水が上昇し、路盤材の吸い出しや、路盤に路床材が混入したものと考えられます。

これらの調査結果から、地下鉄駅周辺で発生した道路陥没のメカニズムを推計いたしますと、駅舎の両脇と、あと上部に埋め戻しをした山砂が流動化し地下水が上昇し、時間の経過とともに上昇した地下水が降下することにより、地盤沈下と空洞化が生じたものと考えられます。路床の支持力調査の結果でも、北行き、南行き車線とも第 1 車線と第 2 車線に空洞や緩みなど支持力不足が確認されていることから、このような地盤変状があったのではないかと考えております。

本復旧工事の内容

次に本復旧工事の内容です。延長約300メートルの区間の中で、沈下量が大きく、路床の緩みや空洞が発生していた歩道側の第1車線と第2車線までの部分についてはソイルセメントによる路床改良を行いました。沈下が比較的小さい中央部分は切削オーバーレイによるすり付けを行いました。

この路線の交通量は南行き、北行きともに12時間で約1万3000台と非常に交通量が多いということから昼間の交通規制を避けて、全て夜間工事で施工を行いました。沿線には病院やマンションが多く、住民への事前広報あるいは夜間作業時の騒音対策など、徹底して工事を進めました。

平時における道路陥没事故防止の取組み

次に平時における道路陥没事故を未然に防止する取組みです。仙台市では、車道については、緊急輸送道路やバス道路を中心に定期的に路面下空洞調査を実施しております。歩道についても、歩行者の多い都心部などで調査を実施しております。5年に1回の全体調査のほか、空洞の進行状況等を確認する追跡調査も実施しております。

対策の流れ

次に空洞が発見された場合の対策の流れです。空洞の発生原因は先ほど来申しておりますように地下埋設物に起因することが多いことから、まず管理者の立ち合いのもと試掘を行い、空洞や陥没の発生原因を特定します。その上で地下埋設物が原因であると特定された場合には、地下埋設物管理者が、それ以外の場合には道路管理者が対策工事を実施しております。

むすび

最後になりますけれども、道路陥没が発生しますと社会に与える影響が非常に大きいため、事前の対策が非常に重要だと考えております。そのため民間技術の向上、自治体職員の技術力向上やパトロールに加えて、市民参加による道路不具合通報システムを導入いたしました。これはスマートフォンを使って写真を撮って、位置情報をつけて通報していただくというシステムです。既に実施されている自治体も何件かあるとは思いますが、仙台市でも今月の初めの10月2日から取組みを始めております。こういったことを行いながら道路の安全・安心を確保してまいりたいと考えています。以上でございます。ありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下**空洞**対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

平成
29年
10/26木
13:00～16:30(12:30受付開始)

定員**200**名様

開催
日時

開催
場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

事例報告③ 「熊本地震 道路の被害状況について」

田中 隆臣 氏

熊本市 都市建設局 技監



ご挨拶

皆さんこんにちは。ただいまご紹介いただきました熊本市都市建設局技監の田中でございます。まず、昨年の熊本地震に際しまして各方面から多大なるご支援をいただきましたことに対して、改めましてこの場を借りてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。まだ1万世帯を超える方が仮設住宅での生活を余儀なくされております。私も熊本市も本年を復興元年と位置づけまして、一日も早い復旧・復興に今、全力で取り組んでいるところでございます。それでは、ご説明をさせていただきます。

熊本地震の概要・特徴

熊本地震の概要、特徴です。前震・本震という震度7クラスの地震が立て続けに2回発生しました。また6弱以上の地震が7回も発生しました。余震は累計として4,000回を超えました。4月16日の本震の日には1,223回、前震が起きた4月14日から30日までの間では3,024回でした。阪神・淡路大震災、新潟県中越地震と比較して著しく多い余震となっています。

熊本市は地震経験が少なく、私も大きい地震を経験

したことはありません。前震・本震、それと2週間に3,000回ぐらいの余震があったということで、その間、最大で11万人の市民の方が避難所に避難をしました。

被害額は全体で1兆6000億円強です。主なものとしては建物被害が多く、1兆2000億円。道路被害は7,416カ所、44億円。橋梁被害は657カ所、27億円です。そのような中、通行止め市内全域で約200カ所、幹線道路が44カ所ありました。

熊本地震における道路被害状況

熊本市では道路防災情報システムを運用しています。その中に、道路通行止め箇所、道路損壊箇所、橋梁被害箇所、がけ崩れ箇所などを地図上で確認することができます。その結果、道路の損壊箇所が非常に多かったことがわかります。同様に橋梁の損壊箇所も市内全域にわたりました。市内では約200カ所の通行止めがございました。熊本駅の近くの緊急輸送路にも指定されている道路の橋梁の被害では、通行止めが1カ月強ぐらい続くこととなりました。

今回の地震で益城町の被害がよく知られています。熊本市の東に隣接した町です。熊本市内でも東方面、

それと南部方面が震源に近いということで激しい道路の被害がありました。九州縦貫自動車道が熊本市の東部方面を通ってしまし、橋梁が非常に甚大な被害を受けたということです。市の南部では液状化が発生して電柱が1メートル以上も沈下しました。そのほか路面亀裂の被害が多く、路面陥没や、橋梁、河川の近傍では陥没や段違いの被害が起こっています。

地震発生直後における市内の渋滞状況が市内全域で起こりました。発災直後は、九州縦貫自動車道植木インターから約60キロ南の八代インターが通行止め、それとゴールデンウィークまで市内に通じる植木インターから益城熊本空港インター間が通行止めになっていました。特に福岡との連結する国道3号など主要道路が渋滞しました。また海側の道路は通常、渋滞しませんが、市内交通止めのために迂回車両が集中して、非常に渋滞しました。

熊本地震における道路被災と関連死

お手元にはかわいらしい女の子の写真と熊本市大西一史市長が載った資料をお配りしました。女の子の写真の載った資料は「闘病の4歳児も関連死 熊本から転院の混乱で容体悪化」と題する新聞記事です。心臓病の4歳女児が病院の転院が負担となり、関連死になりました。この子はもともと先天性の心臓病で、熊本市民病院に入院をされておりました。地震によって市民病院も被災を受けて、310名ぐらいの患者さんが全て転院を余儀なくされるというような事態のなか、この子も本震が起きた4月16日に福岡の病院に転院になりました。通常2時間弱ぐらいで行くところが道路の変状と渋滞のために3～4時間かかったということで、内容を読ませてい

たきます。

「到着したのもつかの間、すぐに血圧が低下。「幼稚園に行こうね」。ご両親が（貴土さんとさくらさんは）声をかけ続け、交代で看病した。だが21日の未明——本震から5日後ですが——つないだ手を握り返すことなく息を引き取った」

次の市長の写真が載った資料は、5月に全道協の大会で市長が講演した内容の記事です。先ほどの女の子のこと、さらに道路渋滞によって避難所にいた11万人の避難者に道路渋滞によって物資がなかなか届けられなかったこと、応援に来ていただいた多くの他都市からの方が市内のホテルとかが被災してなかなか泊まれないということで、県外に宿泊して駆けつけてくれたけれども、やはり福岡から来るのに6時間ぐらいかかったというようなことなど、災害復旧にも非常に影響があったということが紹介されています。

むすび

道路は社会を下から支えるインフラストラクチャーであり、今回の地震を受けてなかで、市民の生活だったり、救助活動だったり、経済活動だったり、先ほどの女の子の事例のように、まさに命を運ぶ道路であるということで、その道路の重要性を痛感したという記事になっています。

そのようなことから今後、熊本市では、市長の記事にもあるように、当然、道路の多重化、耐震化などネットワークの強化に加えて、これからの維持管理時代にあって、維持管理の重要性をますます大切だと痛感したところでございます。以上で発表を終わらせていただきます。本日はどうもありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

事例報告④ 「地下空間の利活用に関する安全技術の 確立に関する小委員会答申について」

石橋 隆史 氏

国土交通省 大臣官房 技術調査課 技術開発官



ご挨拶

ただいまご紹介にあずかりました国土交通省の石橋と申します。今日は「地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会」で出されました答申について簡単にご説明をさせていただきます。

この委員会は、福岡の陥没事故などの事案を背景として、地下空間の安全に関して議論をしていく必要があるということで始まった委員会です。全4回開催して、ちょうど先月、大西有三委員長から石井国土交通大臣に答申を渡しました。本日お越しいただいております桑野先生にもご協力いただきました。

4つの答申

内容は大きく4つに分かれています。一つ目は、「地下工事の安全技術の確立」で、ボーリングデータなどの地盤情報の共有化して、地盤のリスクアセスメントに活用するものです。地盤情報データベースには国の直轄事業とか地方公共団体に幾つかデータベースがありますが、民間事業者などのデータも含めると網羅的に集められているデータベースは無い状況です。また地質調

査業務を発注する際の資格要件などが発注者によってまちまちになっていますので、地盤情報の品質確保も課題です。さらにリスクアセスメントに関しては、技術的手法が明確に確立されていない現状がございます。

二つ目は「ライフライン等の埋設工事における安全対策」で、地下には上下水道、電気、ガスなど、いろいろなものが埋設されていますが、それら地下埋設物の位置については、必ずしも正確な位置が把握できていないという実態がございます。実際に地下を掘り返してみると、無いはずのところに埋設物があって破損してしまったとか、そのような事例がよくあります。

三つ目は「地下空間における適切な維持管理への誘導・連携」です。路面下の空洞化の原因の一つとして、例えば下水道とか地下に入っている管渠の老朽化によって水が出たりすると、そこから空洞が発生して拡大していくような話があります。この老朽化の状況をしっかり把握できるような、そしてそれをもとに対策をしていけるようなデータベース、こういったものが必要ではないかというような課題があるのではないかと考えております。

四つ目は「地下空間に関わる諸課題への対応」で技

術開発の話題なので、今日は割愛させていただきます。

地下空間に関する事案

地下空間に関する事案をいくつか紹介させていただきます。まず一つ目、本日も紹介のありました博多駅前の道路陥没事故です。事故自体は発生してしまったわけですが、極めて短期間で仮復旧まで至っているところが特徴かと思えます。

二つ目は、本年1月20日、大阪市で下水道のシールド工事に伴いまして起きた陥没事故です。

三つめは、工事に伴う地下埋設物の損傷の事故例です。実際に工事で地面を掘り返しているときに間違っ

て埋設物を傷つけてしまったというような事例が報告されています。

四つ目は、道路陥没の諸外国の話ということでアメリカの例を載せております。日本に限らずこのような事故が報告されています。

五つ目は、上水道・下水道の老朽化による陥没があります。上水道から水が噴き出しているようなところで陥没が発生しているという事例や下水道では年間3000件ぐらいの陥没事故が報告されています。道路の陥没発生件数については先ほど桑野先生のお話にもありました。当然、地域によって原因はさまざまなので、全国ベースで見た場合と比較的大都市部の政令市とかで見た場合と異なってくるわけですが、路面下に埋まっているもの別にいろいろな割合になっています。

六つ目は、陥没というわけではありませんが、地下街が老朽化してきて、漏水とかいろいろな問題が発生している事例です。

七つ目は液状化に関する事案です。熊本市の事例にもありました。東日本大震災のときに広範囲で液状化が見られました。こういったことも地下に伴う事案として考えていく必要があります。

地下工事の安全技術の確立に向けた情報の共有化

次に情報の共有化ということが当委員会では大きく取り上げられました。情報の共有化は主にボーリング柱状図などを念頭に置いて議論をしてきました。情報がしっかり把握できていれば、それに伴った対策ができるということ

です。ここは民間も含めて情報を集めて、もう少し地下の状況を明らかにしていくことによって、例えば陥没事故を防ぐことができる、ないしは防ぐ可能性を高めることができるようなことに活かせるのではないかと、その対策をするための周辺環境の整備として、実施する必要があるのではないかとという背景です。地盤情報としては、国土交通省直轄事業で得られたボーリング柱状図などが保存されている「KuniJiban」、全国地質調査業協会連合会が、地方公共団体の方のデータなども取り込みながら公開している「全国ボーリング所在情報公開サイト」、東京都など地方公共団体として取り組まれているデータベースも複数ございます。「関西圏地盤情報データベース（KG-NET）」は近畿地方整備局、UR、水資源機構、NEXCOなど公的な団体、地方公共団体などが運営するデータベースがあります。さらに東京都足立区では民間の建築確認時に得られたデータを所有者の方の同意を得て公開されているものもあります。

施設の維持管理について

次は施設の維持管理の話です。維持管理自体は各施設の管理者が計画を持って対応されていますが、こういった維持管理の状況の情報も公開していく必要があるということで、「社会資本情報プラットフォーム」というものを国土交通省の取り組みとしてこの3月に出しています。ここに維持管理に関する情報なども付加していくことによって、老朽化の対策につなげていけるような環境整備をしていきたいと考えております。

今後の方向性と対応策

こういった周辺情報を踏まえまして、答申としてとりまとめた今後の方向性と対応策についてお話しします。

まず、官民が所有する地盤・地下水等に関する情報を共有化するために、国は、地盤情報等の収集・共有、品質確保、オープン化等の仕組みを構築します。実際どのようにやっていくかというのはこれからの議論になるわけですが、例えば公共工事については発注する際にしっかり、情報集約を要件化して収集していく。ライフライン工事や民間工事を発注される方につきましても、例えば道路占有手続など、依頼者の同意を得ながら集めていけな

地盤リスクアセスメントにつきましても技術的手法がまだ確立されていませんので、研究機関などの協力を得ながら議論を深めてまいりたいと思っております。

地下埋設物につきましては正確な位置の把握をするとともに、空洞の発生につながらないように老朽化対策をしっかりとっていく。そのためにもまず老朽化の状況をしっかりと把握していくようなデータベースを構築していくべきでは

ないかという取りまとめがなされております。

具体的なアクションにつきましては今後の話になりますので、本日の段階で申し上げられることはありませんが、国土交通省としてこのような方向性で取り組んでおりますので、今後ともよろしく願いたします。私からは以上とさせていただきます。ありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

平成29年 **10/26** 木

定員**200**名様

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

「減災対策として考える危機管理としての路面下空洞対策 ～戦略会議における検討の方向性（中間報告）～」

加藤 孝明 氏

東京大学生産技術研究所准教授

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」WG 主査



ご挨拶

東京大学の加藤です。よろしくお願いします。「減災対策として考える危機管理としての路面下空洞対策～戦略会議における検討の方向性（中間報告）」いうことでお話します。まだそれほど議論が進んでおりませんので、大きな方向感について、これからの話で読み取っていただければよいかと思います。

今回の提言書の趣旨は、「維持管理は危機管理である」という新しいメッセージです。災害時の危機管理の前段階として、平時の維持管理の中に災害時の対策を埋め込んでおくということが、今回の一番重要なポイントです。

平時の防災の危機管理においてやるべき3つのこと

平時の防災の危機管理において、3つのやるべきことがあると考えております。1番目は、物的・人的被害の小さい都市を実現していこうということ。2番目は、災害時の都市機能をきちんと維持できるようにしておこうということ。3番目は、円滑かつ適切に復興のための事前準備をしておこうということ。この3点セットが揃うと災害が

来たとしても、災害をしのぐことができる都市ができるだろうと考えております。

ところがこれまでの都市の防災対策を見ていくと、1番目の脆弱な市街地において人的被害・物的被害を軽減していくというところになかなか主眼が置かれていて、相対的にほかの部分は少し手薄になっているというのが現状の日本の都市の状況かと思えます。

今回の検討においては、2番目の災害時の都市機能をきちんと維持できるような都市をつくっていくべきであると思います。先ほど熊本市の事例の中にもありましたけれども、災害時の都市機能が維持できないことで、小さな女の子の命もなくなってしまうといったようなことが起きる。人の命にかかわる、さらには生き残った被災者の方のいろいろな苦勞を軽減するという意味において、災害時の都市機能を維持することは非常に重要であると考えてるわけです。

具体的には、活動を支える拠点機能がきちんと維持されている。避難場所として活用できる、あるいは復旧の拠点として活用できるオープンスペースの機能をきちんと

維持できるようにしておく。そして、災害時にも最低限の交通が機能できるようにしておくことが非常に重要です。

災害時の都市機能確保に必要な道路機能

では、これらのことについて、地域防災計画の中で実際にどのように記述されているかといいますと、多くの場合、「指定をする」というところに留まっています。この機能を確実にしていくというような書き方をしている地域防災計画は、世の中それほど多くはないです。ですから単なる指定ではなくて、もっと積極的に災害時の都市機能をきちんと機能させていくべきだ、という方向に転換していくことがとても重要だと思います。

道路の交通機能に着目してみますと、1番目は、物理的にきちんと道路が使えるようにしておく。2番目は、渋滞などしないように交通管制によって行き来する機能を確保しておく。この二つのことが確保できると、初めて災害時の交通機能がきちんと確保できるということになるわけです。

道路を物理的にきちんと使えるようにしておくという点に着目しますと、二つの条件があります。一つは、沿道の構造物、電柱とか家屋などが揺れによって倒れて道路の通行の邪魔をしないようにすること。そしてもう一つは、道路の路面の状態をきちんと通行できるようにしておくこと。この二つの対策が必要であろうということです。

1番目に関しては耐震改修促進法（建築物の耐震改修の促進に関する法律）で、緊急輸送路沿いの建築物についての耐震改修が義務づけられており、法律に基づいて積極的に前に進められるようになっていきます。ちなみに耐震改修促進法による沿道建物の耐震化については、東京都の例でいうと平成37年（まで）に100%を実現することになっています。要するに沿道の建物は全て耐震改修をしていくという方向で、かなり労力とお金をかけて頑張っています。私はこの東京都の耐震改修の委員会（特定緊急輸送道路沿道建築物の耐震化促進に向けた検討委員会）の委員長をやっていますが、相当大変な努力をしているわけです。

一方、路面の状態に関して言いますと、先ほど事例紹介の中にもあったように橋梁の耐震化とか液状化対策が行われています。今回この会議で着目しているのが、

さらに道路下の空洞起因によって路面が変状して通れなくなってしまう状況について、きちんと対策していこうということです。道路というのは全てのマイナスの要素に対して対策をしないと、最終的に通行できるものにはならないということです。

沿道建物の耐震改修で大変な努力をしたとしても、道路の路面が陥没によって使えなければ、実際に被害が起きたときに「あれっ」という状態になるわけです。ですから、確実に完璧に災害時の交通機能を確保していくことが非常に重要だと思います。

災害に着目した道路の事前対策の目標設定

路面に着目した対策の目標について考えてみると、結局は次のようなことだと考えます。災害が起きて路面が変状しました。それでは、直せばいいじゃないか、という話になります。そうすると対策目標としては、「直す能力」と「通行障害の数」を比べて、「通行障害の数 = 空洞の数」を常に小さくしておけばいいわけです。「直す能力」とは地域の応急補修能力であり、実際に地元の土建屋さんが直すわけです。これを増やしていけばいいという考え方もありますが、今の趨勢を見ると増える筈がなくて、どんどん対応能力は低下していつているわけです。そうすると「通行障害の数 = 空洞の数」もきちんと減らしていかないと災害時の対応ができなくなってしまう可能性があるということです。

災害時に致命的な通行障害となるような数を減らしていくにあたり、もし道路下の平時の空洞がその要因となっているとするならば、平時の空洞の数も減らしていくことが必要となるわけです。

ある自治体における道路陥没の影響評価例

今から説明する話は、神奈川県のあるC市で共同研究をしたときの一つの成果です。この研究では、まず空洞が時間の経過とともにどのように成長するかというモデルを作りました。また先ほど桑野先生の動画にあったように、地震が起きたときにその空洞がどう挙動をするのかというのをわからないなりにモデル化してみました。さらにある大きさの空洞があったときに、その上の舗装面がどれぐらいの確率で破壊されるかというのも、わからないなりにモデル化してみました。

これを使って地震時の建物倒壊起因による道路閉塞と、道路空洞起因による道路の交通障害を計算してみると、それらが結構拮抗している、あるいは道路陥没による通行障害のほうが大きくなるケースも中にはあるという結果が出ました。ただし空洞が起因となる道路変状によって、必ず道路が通れなくなるという仮定を置いた計算結果になっています。非常に幅員が広い道路だとすれば、どこかで道路陥没したとしても、それを避ければ通行できるという話になります。逆に言うと、この地域のこの都市のこの道路は比較的幅員が狭い。一番広い道路でも片側1車線、南北の道路に関していうと6メートル、8メートルぐらいです。ですから、ほぼ通れなくなる可能性もあるということで、ここではこういう仮定を置いたわけです。

そうすると、もしこれが地震による被災直後に生じた状況とするならば、例えば消防署から重要な交差点までの移動を考えると、かなりの確率で到達できないというような状況も心配されるわけです。こういった状況をなくしていくために何が必要かという、先ほど申したような目標をきちんと実現しておくということです。

陥没原因となる空洞は、先ほどの事例説明や桑野先生の講演にもありましたけれども、下水道などの地下の埋設物の老朽化が原因になっています。老朽化すればするほど穴の数は増えていくという趨勢にありますので、事前にきちんとモニタリングをして、陥没可能性のある空洞の数を補修によって常に一定以下の数にしておくというのが、一つ重要なポイントになってくるかと考えています。

本戦略会議ワーキングでの検討の方向性

検討すべき課題は今、議論を進めているところですが、様々あるかと思います。基本的に、空洞と道路陥没、さらには揺れによる空洞の拡大や道路陥没という現象について、科学的にその現象がある程度はわかりつつあるけれども、未解明なこともあるということで、そういった基礎的な部分をきちんと押さえた上で、最終的に提言まで持っていきたいと思っています。

もう一つ重要な問題があって、空洞をなくせばなくすほどそれはいいに決まっているのですが、コストがどうしてもか

かる。そうすると優先順位をどうつけていくのかということも考えていかなければいけません。その点についてもワーキングや戦略会議の中で議論をして明らかにしていきたいと思っています。これまでに2回の戦略会議、2回のワーキングをしながら徐々に問題意識が共有され、提言の方向性がだんだん見えてきたかなというのが現状になります。

「なまはげ」に学ぶ災害への備え

最後になりますが、防災の究極の姿は「なまはげ」だと思っていますので、「なまはげ」についてご紹介しましょう。

なまはげというのは、年に1回、「悪い子はいねえか」と言っておどかしに行く秋田県男鹿市の年中行事で、子供はとても怖がります。映像などでご覧になったことがあると思います。子供がなぜあれだけ怖がるかというと、なまはげの風貌が怖いからだけではなく、なまはげが家族しか知らない秘密を指摘するからです。あのときあんなうそついたりするとか、あのときあんな悪さしたりするわけですね。それでこそ、あんなに怖がるのです。実は未婚の男性がなまはげの中に入っていて、事前にお父さんからヒアリングをしていて、ノートに書いて、それを持って脅かしに行くのです。

なぜ、なまはげがうまくできているかというと、実は未婚の男性ということは、消防団とかのメンバーであり、災害時に大活躍する人です。そういう人が年に1回、集落の全ての世帯の暮らし向きをきちんと理解する機会になっている。今風に言えば、災害時の要配慮者名簿というのが自然な形で作られているわけです。

むすび

究極の災害対策の姿というのは、災害への備えを自然な形できちんと日常に埋め込んでおくことであるということです。そういう意味で冒頭の「維持管理は危機管理」という言葉があったわけです。日常の維持管理の中にきちんと災害への備えを確実に入れておくことが今回の提言の大きな方向性になるかと考えております。

以上です。どうもありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下**空洞**対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

定員**200名様**

平成29年 **10/26** 木

開催日時 13:00～16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

パネルディスカッション

「路面下空洞問題 道路の維持管理は危機管理」

◎パネリスト

- 桑野 玲子 氏** 東京大学生産技術研究所教授
「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理
- 加藤 孝明 氏** 東京大学生産技術研究所准教授
「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」WG 主査
- 藤井 聡 氏** 京都大学大学院工学研究科教授 京都大学レジリエンス研究ユニット長
内閣官房参与、一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会 副会長
- 渡辺 和俊 氏** 札幌市 建設局 維持担当部長
- 小高 睦 氏** 仙台市 建設局 次長
- 有吉 知美 氏** 福岡市 道路下水道局 管理部長

◎モデレーター

- 小磯 修二 氏** 一般社団法人地域研究工房代表理事、元北海道大学特任教授

■ご挨拶、北海道における国土強靱化計画づくり

小磯： ただいまご紹介いただきました小磯です。本日の最後のプログラム、パネルディスカッションの進行役ということで参りました。今日のシンポジウムの全体テーマは「都市の危機管理における路面下空洞対策」ということで、これまでご来賓のご挨拶、講演、事例報告とかなり

盛りだくさんの情報を目の前にされて、皆さんこれをどう咀嚼していけばいいのかということ掘り下げてまいります。このパネルディスカッションのパネラーはこれまでご登壇された方々ですので、改めて今後に向けて路面下空洞問題にどのように取り組んでいけばいいのか、少し幅の広い議論を集約できればと考えています。



小磯 修二氏

今日は北海道から参りました。北海道ではいち早く強靱化計画を策定しました。その後、先ほど札幌市の渡辺さんからご報告のあった札幌市の強靱化計画をお手伝いして、現在は釧路市で、地方都市としての強靱化問題に向き合っています。私は以前、今の国土交通省の国土政策の部署におり、長らく北海道開発の仕事をしていました。主として計画の部門が専門分野で、その後は20年近く大学で公共政策、地域政策の研究に関わってきました。

藤井先生がご専門の社会資本整備は、これまでややもすると、作ること、整備することが大きな目標でした。次第に、それをどういう形で運営しマネジメントしていくのかという流れの中で、公共投資に関わるいろいろなコストをどう確保するかが大きなテーマになりました。特に事故が起こったときのコストは、従来の成長の時代であれば、起きれば処理すればいい、というぐらいの少し乱暴な発想もありましたが、これからはきちんと予防し、いい意味で長期的な視点でマネジメントしていくことでトータルのコストを下げていくという政策が大事ではないかと考えています。そんな問題意識の中でこの道路の空洞化問題にめぐり会い、きちんとした予防や事前対応がこれからの公共投資政策の中で大事なテーマではないか、その一つの私なりの関心事例という形でかかわってまいりました。そんな思いで進行役を務めますので、よろしくお願いいたします。

先ほど北海道における国土強靱化計画づくりにかかわってきたとお話しましたが、その前段に、北海道では2011年3月の東日本大震災直後にバックアップ拠点構想をつくりました。この政策の理念はまさにレジリエンス、強靱な社会づくりでした。首都圏から離れた北海道がしっかりと強い地域をつくっていくことが、首都圏における

いろいろな機能をバックアップする形で結果的に日本という国全体の強靱化につながっていく。そういう思想でバックアップ拠点構想を、さらにそれを踏まえた強靱化計画をつくり、そのときは藤井先生にもお手伝いいただき、大変お世話になりました。

ということで、今日のこれまでの自治体の報告、関係者のご講演を踏まえた中で、強靱化政策という視点から、まず初めに藤井先生のご感想をお聞かせいただきたいと思います。

■ 国土強靱化の取り組みと路面下空洞対策

藤井： どうもありがとうございます。今日こちらにお越しいただいた皆様方のいろいろな事例報告、それから桑野先生のビデオを見て、空洞ができるメカニズムを実感していただけたのではないかと思います。横から見ていると空洞の形がわかりましたが、福岡の事故はまさにこうやってできたのだというのが手に取るようにわかっていただけたと思います。



藤井 聡氏

国土強靱化計画ができて4年目になります。お話を聞きながら、路面下の空洞対策ができてきているのかと考えていましたが、必ずしも十分な対応はとれていないわけです。

強靱化政策の中では、KPI（キー・パフォーマンス・インディケータ）という強靱化政策を進めるに当たって目安となる数値を設け、これをどんどん上げていこうとしています。例えば橋梁が弱く、地震が起こってそこが破断してしまうと復旧するのに非常に時間がかかるということで、いま首都圏とか南海トラフ地域の各都市で橋梁の耐震強

化をしています。それから、電柱の地中化もできるだけ可及的速やかに進めておかないと、地震が起こると全部倒れて啓開できない、全然通行できないということが起こったりする。あと法面对策とか斜面对策に対して、現状は何%だけど、これを何%にしよう、この数字を5年間でどれぐらいにするというおおよその目安を決める KPI を置いて、それでは、2017 年度はこれを数%上げようと、そのような形で合理的な計画を立てつつ予算を充当し、長期的な視点で強靱化を進めようとしています。

路面下の空洞対策に関して KPI が設定されているかというと、今の時点では設定されていないわけです。5カ年計画ですので、今まさに次期の計画の議論を進めていますが、ぜひこの問題を反映していかなければいけないと、内閣府参与並びにレジリエンス懇談会の座長として感じたところです。今この部屋の中で共有されているものを、いち早く国の政策の中にも導入していく必要がある。私のみならず、本日は大臣も来てくださいましたし、推進室の皆さん方にも同席いただいていますので、どう進めていけばいいのかを考えていきたいと改めて思いました。

小磯： どうもありがとうございました。大変重要なメッセージをいただいたと思います。今の藤井先生のご発言に、私の経験を踏まえて少しお話しします。国土強靱化基本計画が策定されたのは平成 26 年 6 月でした。北海道はその後すぐに強靱化計画の策定に取り組み、平成 27 年 3 月に策定しました。その時点においては、空洞化対策が KPI の項目になっておらず、私も十分な認識が足りませんでした。

その後、平成 28 年 1 月に札幌市で強靱化計画をつくる策定の議論の間に、私自身、問題意識が芽生えました。いろいろな情報を収集していく中で、札幌市の強靱化計画にはこの空洞化対策を盛り込み、先ほど札幌市の渡辺さんが話されたような内容になったという経緯があります。したがって、国が国土強靱化計画を策定された時点においては、多分私と同じような問題意識だったのではないかと思います。逆に言うと、まさに今日のような議論を通じて国の政策にしっかり伝えていただくことは大変大事なことだと思いますので、今のご発言に感謝します。ありがとうございました。

■ 先行的な路面下空洞対策の取り組み

小磯： 先ほど桑野先生のお話を聞きながら、あの空洞発生メカニズムには驚愕しました。表面における認識は最後の最後に来るといって、その怖さを改めて感じて、大変わかりやすい発表をいただき、ありがとうございました。その後、各自治体からのご報告がありましたが、その発表を踏まえて桑野先生はどういうふうに受けとめられたか、感想をお聞かせいただければと思います。

桑野： ありがとうございます。今お話にあったように、地面の下で何が起きているかというのは表面からは見えませんので、皆さんの認識に上るのは、多分ほかの目に見えるものが先で、地面の下は後になるというのは今までは仕方のないことだったのかもしれませんが。去年の博多のようなことが起き、地面の下というのは必ずしも揺るぎのないものではないのだということが一般の方にも認識されて、地下の安全というのが皆さんの意識に上ってきたのではないかと考えています。



桑野 玲子氏

先ほどの自治体の方々の発表を伺っておりますと、先端的な自治体では、問題意識は十分におありで、地中空洞探査で事前に空洞を見つけて対策をしており、しかもそれがもうルーチンになっているというのは皆さんもお聞きになったとおりだと思います。今後は、そういう先進的な自治体で蓄積してきたデータを次に活かす、あるいは共有化してほかの自治体でもその知見を活かしていく取り組みが必要ではないかと思っています。そのようにデータを蓄積していく上では、信頼性の高いデータをきちんと取得していく努力が必要ではないかと思いました。

小磯： ありがとうございました。私自身もそうですが、こういう場で各地域のいろいろな取り組みや努力を情報共

有することの大切さと、これらを仕組みとしてどういう形に展開していけばいいのか、そういう命題だと感じました。

■ 空洞下空洞対策を踏まえた災害に強い都市づくり

小磯： 先ほど加藤先生から大変わかりやすいお話をいただきました。特に今は中間報告の取りまとめにご努力されていますが、そこでの一つの視点が災害時の交通機能の確保が都市のマネジメントにおいて大変重要だとご指摘がありました。その中で空洞化対策が新しいテーマになってきていると思いますが、各自治体の皆さん方のご報告をお聞きになって、その辺のところを改めてご発言いただければと思います。

加藤： 私自身は社会的には防災の専門家とされていますが、もともと都市計画やまちづくりで、都市全体を俯瞰的に見ながら、災害時にどう備えていくか、自然災害リスクの小さい都市をどう作っていくのかという視点でずっと研究してきました。その中で地面は基本的に揺らがないものだはずと思っていたのです。ところが、桑野先生を初めとして、いろいろな方のお話を聞いて、比較的最近この道路陥没の影響の事実気がついたということです。

災害対策を進めていく上で非常に重要なポイントとして、これはよく市民の方にも言うのですが、幸せに生活する方法は二つある。「知らない幸せ」と「知っている幸せ」です。こういった危険性を知らなければ当然幸せなのですが、やはりきちんと知った上で、どう幸せに暮らすかを考えるという方向が多分正しいと思うんです。ですから、きちんと事実を知ることが、全ての第一歩なのかなという気がしています。

それから、これも防災では非常に重要なポイントだと思いますが、過去の事例で噴出してきた問題に対応していくというのが、これまでの防災でした。言ってみれば後追いです。ところが一方で、過去の災害では出てきてないけれども、次の災害では出てきそうな潜在的な危険性をあらかじめ発見して、先手を打っておく。すなわち先取りで防災を進めていくという視点できちんと事実を知ろうとしていく、そういう姿勢が非常に重要です。

まさに今回の空洞の問題は、空洞を原因として道路が通れなくなってしまったというのは、これまでは危機的な問題としてはあまり出てきていません。だけど今後はあるかもしれないという可能性を評価した上で、もしそうだとすれば積極的に打っていくということが非常に重要だと感じています。

もう1点、これは高島市長が医療機器に例えて聴診器という話をされましたが、今の技術に照らして、都市の現状を知るための道具は実は足りていないような気がします。今は健康診断をすれば色々な機械から色々な数値が出てきますが、これを都市に置きかえると、性能の悪い聴診器だけを持って一生懸命に体質改善を図ったり、災害への備えを実施したりしているような気がします。そういう意味では、もっとよりよく知るという方向性で社会が動いていくと、まさに強靱な都市が出来上がると感じています。



加藤 孝明氏

小磯： ありがとうございます。聴診器という道具は、医療の世界でも今はものすごく進んでいますあの進み方に比べて、それでは都市はどうかと振り返ってみると、考えさせられるところがあると思います。

■ 先行自治体の空洞下空洞対策、危機管理対策

小磯： 今日はこのパネルに三つの自治体からご参加いただいています・福岡市は先程話された市長は帰られたので、有吉さんが市長代理ということで、この後お話しさせていただきたいと思います。先程高島市長のお話、あの実体験の中から政策への問題提起をされ、いま全国に声をかけて進めておられる中でオール福岡というお話がありました。しかもこれからオール九州と、将来へ向けての対応という政策ということで、地域の中核都市として周辺地

域も含めた役割を担っていく政令市としての役割、マインドがあるように感じました。その辺のところを具体的にどうい
形で進めておられるのか、少しお聞かせいただければと思
います。

■政令市としての役割～福岡市～

有吉： 今日もいろいろ事例報告がありましたが、九州
は去年4月に熊本地震、今年7月に九州北部豪雨が
ありました。日本の国土面積の10%が九州ですが、実
は全国の2割の土砂災害が九州で起こっていて、ある
意味で課題先進地域と言うこともできると思います。私
共の市長はそういう中で、実は防災だけでなく観光や物
産など様々な活動で WITH THE KYUSHU、九州と
一緒というキャッチフレーズでいろいろな施策を進めており
ます。



有吉 知美氏

例えば庁舎の1階で各県の観光とか物産の情報のパ
ンフレットが手に入るということもやっていますし、防災につ
いては、高島市長は九州市長会の防災部会長になって
います。これも市長みずから旗を振ってなっていますが、
去年、九州地方知事会と災害発生時の支援の連携の
覚書を結びました。九州内で何か起こった時は、県は人
的、物的な支援、いわゆる組織づくりをしっかりやっていく。
その下にいる都市には実際に上下水道管理や消防など
の現場力があるので、担当県を決め、その指示でどんど
ん動いていくという組織づくりをまず準備としてやっておこう
と決めました。当然、熊本地震や今回の九州北部豪
雨では、私共の市からもいち早く派遣して支援に当たっ
ているところです。

今日、市長が講演しましたが、みずからの市では起こ
っていないけれども他地域での災害に対して考えておくとい

とで、私共の市の職員の基本として災害対応、危機管
理対応はこうすべきというのが習慣になってきています。こ
の習慣があるからこそ瞬間的に、博多駅のミラクルとも言
われていますが、色々な事情が絡まったにせよ、1週間で
復旧ができたということにつながっているのかと思っています。

そのほかにも、私共の市はスタートアップ都市でいろ
んな施策を打っていて、ソフトバンクの社長の弟さんで、ア
ントレプレナーの孫泰藏さんのところで防災アプリを開発
したりしています。今日、SNSの話もありましたが、他市
の災害時に本当に必要になってくる物資は何かかわかれ
ば、すぐにSNSで発信し、それを集めて必要なところに
送る。今あるメディアやさまざまなものを使って、行政だけ
がやる支援ではなく、いろいろな主体が連携してやってい
ます。

NPOも含め、支援だけでなく受援、支援を受ける受援
はどういう準備をしておかないといけないか、そういった準
備をしっかりしていこうじゃないかと。それをまた情報発信
することで、他県にいろいろ支援しているようで、逆にうち
の市で何かあったときの訓練にもなっているところがあるの
かなと思っています。

小磯： ありがとうございました。広域的な連携は、実は
言うは易く、行うは難しいですが、お互いに意味があるの
だと、手をつなぐことは結果的に得なんだと、そういうところ
を目指していくことがやはり大事ではないかと思えます。

今、行政だけでなく、NPOを含めて幅広く声をかけて
いくというお話が有吉さんからありましたが、先ほどの仙台
市の小高さんのお話の最後のところでこれは大事だなと
感じたのは、これから路面下空洞対策の中で市民参加
による道路の不具合の把握という項目があって、実際に
スマートフォンを使われているというお話がありましたが、そ
こをもう少し詳しくご紹介いただければと思います。

■市民参加による道路把握～仙台市～

小高： 道路下の空洞については、平成24年の笹子
トンネルの事故を受けて国のほうで道路ストックの総点
検という号令が出された後に、法定ではないにしろ路面
についての空洞調査に着手し、平成25年から本格的

に調査を始めたという状況です。当然、その前にも路面が陥没するという話は市内のいろいろな箇所でありました。その際には対症療法的といいますか、ほとんどが電話による苦情の形で通報があり、職員が確認をしに行き対応するという状況でした。

その際にも、先ほど申し上げたとおり、地下埋設物が入っている道路であれば最初に地下埋設物の影響を疑い、管理者立会いのもとで開削して原因特定をしてという流れでやっていました。今回、この10月から新しく導入したシステムは、仙台が一番初めではありませんが、市販のアプリを使います。スマートフォンにアプリをダウンロードしていただくと、スマホには位置情報も入っているので、写真を撮った場所が自動的に反映されるシステムになっています。「何時何分、どこどこに穴ぼこあり」というコメントをつけて送信してもらえると、それが役所側のサーバーに入ります。



小高 睦氏

それを見た担当者が、今までの電話だと一々住宅地図を出してどこですかとやっていた手続きも必要なく、ああ、ここですね、とすぐに現場に確認に行き、応急装置なり、応急で済まない物については、後日、立会いのもとで地下埋設を掘り返してみたり、といったサービスを行えるようになりました。

東北地方でいうと、郡山市といわき市が既に同じアプリを使ってやられています。我々はまだ試行という段階で行っていますが、あまり毎日それがいっぱいに入ってきてしまうと職員も対応できないこともあります。ただ、先進都市の話の聞くと、そんなに多くない、相変わらず電話のほうが多いという話もあったので、試行しています。今のメンバーは五つある区役所が対応していますが、道路課で区

役所を説得し、そんな大した件数は入ってこないから、ちょっとやってみないかということで始めています。

20日ほど試行しましたが、実際の数としては5区で48件、1区あたり約10件。そのうち道路に関する問題はほとんどなくて、大体が街灯の球切れや、舗装の補修をしてくれとか、側溝が詰まっているから改修してくれというもので、狙っていたわけではありませんが、道路の空洞による陥没については上がってきていません。

そのほかに我々は下水道の維持管理部門を持っていますが、そちらも結構苦情が来ています

それは側溝の詰まりやマンホールからの溢水が多いですが、たまに陥没もあります。ただ下水道由来の陥没はほとんどなく、今のところ本市の場合は路面下空洞が悪さをしている状況ではありません。先ほどの事例で申し上げたように、地下鉄とかかなり前につくった大きな構造物については、経年変化で圧密が進んで舗装だけをもっていて、それが今回の大地震では結構長い時間揺れたので一気に圧密が進み、路盤と舗装の間にすき間ができたのかなと考えています。以上です。

小磯： ありがとうございます。始められてまだ間もないということなので、その辺の成果でうまくいった情報があれば、また皆さん方に共有していただけるように取り組んでいただければと思います。

札幌市の渡辺さん、私も強靱化計画をお手伝いさせていただいて、他の自治体の皆さんの情報をお聞きすると、あの強靱化計画で路面下空洞対策ということで思い切って指標を入れて取り組んだというのは結構進んでいるのかなと感じたのですが、その後の動きや状況をコメントいただければと思います。

■強靱化計画策定のその後～札幌市～

渡辺： 札幌市では自然災害がそれほど多くないと先程お話ししましたが、平成28年1月に強靱化計画をつくったときには、まず脆弱性を評価する段階でそれぞれのリスクに対して数値化しました。5年間の計画の中で数値目標を設けて実施していこうということで、空洞化対策については年間230キロメートルの調査をやっていくと。3年が過ぎ、今のところ悪いとかいいという状況にはまだ

至っていません。5 年たてば計画の見直しが必要ですので、実際にやった成果の内容を吟味し、次期計画にもしっかり目標として出せるような形にしたいと考えているところです。以上です。



渡辺 和俊氏

小磯： ありがとうございます。いま渡辺さんのお話を聞きながら、札幌市の強靱化計画をつくったときの議論を思い出していました。強靱化計画には幅広くいろいろな方々が参加していただいたので、例えば札幌という都市で安心感の熟成をどう目指していくのかという議論にもなりました。

これから北海道全体がインバウンドも含めて観光都市を目指す。もし災害があり、道路が陥没して渋滞が起きたとき、そこに住んでいる方ではなく、特に海外から来られた観光客の方への対応を札幌市の強靱化政策としてどう向き合うのかという議論が結構大きかったのです。したがって、終盤は観光部門の方にも入っていただいて、結果的にそれをしっかりやるのが外から来る観光客にとっても札幌市の魅力につながっていく。札幌で何かあったとしても、この都市は大丈夫なのだという安心感を与えることは、強靱化政策のスキームの中でも議論すべき大事な部分ではないかと思いました。

なぜこれをお話するかというと、強靱化政策は守りとか防御というイメージになるのですが、実はより創造的な地域づくり、都市づくりにつながっていく政策だと感じたものですから、ちょっと話はそれますが、札幌の強靱化政策では議論があったということを紹介しておきたいと思いません。

■ 路面下空洞対策の実施に向けた課題と展望

小磯： 本日、せっかく 3 名の自治体の方がパネラーでおられるので、これからどう目指そう、こういうことをやればいいんじゃないかという部分だけでなく、金もない人もない中でそんなことできるかというような本音もあると思います。特に自治体の政策にかかわっておられる方にそういう声を直接あげていただいて、後で藤井先生にコメントをいただくという流れで第 2 幕を進めていきたいと思います。札幌市の渡辺さんからお願いします。

渡辺： 空洞化対策というよりも、道路の維持全般的な部分を担当しています。先ほど仙台市さんからお話が合った笹子トンネル以後、6 施設の法定点検が義務化され、今市町村で鋭意やっている状況です。そのほかに法定 6 施設以外の舗装、のり面も当然点検対象になっているのが実情だと思います。

札幌市でも今、舗装の点検については修繕計画を策定し、毎年一定の距離をやっています。路面性状調査をやっていますが、点検のお金がかかるという状況で、幹線という太い道路しかできていない。これから細い道路をどう管理していくのかとなると、道内でも北見工大さんで今、スマホに搭載して路面の性状を見るようなシステムを実験中です。

そういうなるべく安価に点検が出来るものを開発していただきたいというのが本音で、空洞調査についても今は年間に実際 230 キロしかできない、予算もなかなかないという現状の中で、安価で確実な点検手法を何とか技術開発していただき、より長い延長を調査に向けられるような、そんなシステムになったらと考えているところです。以上です。

小磯： ありがとうございます。大事なご発言だったと思います。技術ありきとなると、その技術にかかるコストがややすると意識されない。それよりも、やはり現場の感覚は限られた予算で最大効果を上げていく。そういう立場からの切実なご発言ではないかと思います。

では次に、仙台市の小高さん、お願いします。

小高： 我々も法定の 6 項目の点検のほかに、路面とか道路照明灯の柱、共同溝もあるものですから、そうい

たものの点検も進めています。先ほど言った路面下空洞については、舗装というくりの中で舗装の性状調査のほかに舗装の空洞調査を含め、平成 25 年度から点検を進めてきているところです。

ただし、空洞についてはやはり目に見えず、これが一体いつ悪さをするのが全くわかりません。一般的には浅い部分で大きな広がりを持った空洞が非常に危険ではないかという話になっていて、それは確かにそうだろうと感覚的にはわかります。ただ、その要因だけでなく、地下水の高さはどのくらいだとか土質はどうだという複合的要素があり、浅い大きいものでも意外と安全なものから、もしかするとすぐに手をつけなければならないものからいろいろあるのではないかと。逆に言うと、ちょっと深いところであっても、水の関係上、土質の関係で早めに手をつけなければならないものももしかするとあるかもしれない。

そういったものの技術的な判断基準がまだ明確になっていません。我々もそういった対策ももちろんやっていかなければいけないという認識はありますが、限られた予算の中でほかの対策も含めて優先順位をつけて対策せざるを得ない中で、そのあたりの基準を何とか早く示していただけると非常にありがたいと思っています。

小磯： ありがとうございます。優先順位の政策的な位置づけはなかなか難しいところもありますが、逆に言うと空洞化問題の大きさといいます、先ほどの小高さんの報告の中でも、あれだけ渋滞による生活への影響がありました。東日本大震災のとき、ああいう問題は意外に伝わってきませんでした。結果的に経済的なマイナス効果という面から見ると、影響は大変大きいですね。そんなところも含め、今はほかのいろいろな道路管理、道路維持、舗装という部分でやっているとお聞きしましたが、その中で空洞化問題をどう位置づけていくのか。今日の議論も含め、これからまだまだ議論していく必要がある部分だと思います。

それでは、福岡市の有吉さん、どうでしょうか。この機会ですから、ざっばらんにお話ください。

有吉： 福岡市も仙台市さん、札幌市さんと同様で、予算は今、どうしても福祉や医療にどんどん割かれますの

で、予算が少ない中でいかに効果的な調査ができ、効率的に維持補修ができることが大事だと思っています。

管理する側として、空洞対策のほかに最近よくあるのは、照明灯の倒壊です。事故にまでなりません、それが起こると同種類、同タイプの同年代以降に設置されたものを一気に緊急点検するという対症療法です。起こる前に調査できるというのはなかなか少なくて、今回の路面下空洞調査というのはそういった意味ではありがたいといえます。

博多駅は工事に起因するもので本当に特殊なものと思いますが、我々も平成 6 年から空洞調査をやっていて、幹線道路について大きな物損、人損になる事故はそんなに起こっていないところは、ある程度予防保全できているかなと思っています。

そんな中で、仙台市さん、札幌市さんが今おっしゃられたように、調査、保守がいかに効率的にできるかが課題です。今後、AI や ICT を使った維持管理に移るときに、今の空洞調査についても、どういったデータ形式がいいのか、どういった項目を揃えるのがいいのか。そういったところは今回も助言をいただければと思っています。

小磯： ありがとうございます。三つの都市からこういう声が上がっていますが、藤井先生、どうでしょうか。

藤井： 3市の皆さん、どうもありがとうございます。札幌市さんからは安価な方法ができないだろうかというお話。仙台市さんからは点検のときの基準、何が危なくて、どれぐらいのものだったら優先順位を下げているのかという判断、福岡市さんからも、最終的にどういう技術を活用していくといいのだろうかという話でした。やはり予算の問題と技術の問題は、行政の展開において基本的に大きな問題だと思いますが、小磯先生が先ほどおっしゃったように、この問題に我々技術者並びに行政が気付いたのがちょっと遅かった。

橋梁の問題や電柱地中化の問題は気づいていたわけですが、福岡市の事故の問題が大きくなり、やはり本気でやらなくてはいけないとなってきた中で、技術や基準の策定がおくれているところであるという認識を行政の現場ではお待ちなのだと感じました。

先ほど申し上げた国土強靱化次期5カ年計画の導入まであと1年ほどありますので、加藤先生、桑野先生のお話をいろいろと参考にさせていただきながら、どういった基準にしていったらいいのかという行政的な決めのところと、さらに研究開発をやっていくところのプッシュも行政としてやっていくべきだと思います。並びに、先ほど申し上げたKPIを設定できれば行政が合理的に着実に進んでいくことにもなりますから、どういふようなKPIを設定するといったのかという議論も必要です。大学の先生方と自治体の現場の皆様の声をお聞きしながら、そして国土交通省の道路のさまざまな検討も進んでいるでしょうから、そういった知見を総合的にしながら進んでいく方向に政府の資源を投入していく必要があると改めて感じました。

小磯： ありがとうございます。最初に藤井先生にいただいたご発言と今のご発言をあわせて、今後、政府の中で、いま自治体の皆さんが本当に直面している問題をぜひ受けとめていただければと思います。

予算の問題も現場では大変で、その問題をもう少し掘り下げていくと、社会資本整備、インフラ整備にかかわる予算が今は大変厳しい状況です。長期的に言えばそんなに大幅な伸びが期待はできない中で、特に維持管理を、いい意味で質を最低限のコストで運営していくための知恵といいますか、その部分が今後の社会資本整備全体の中で大事な役割を担うことになります。社会資本、インフラというのは作ることの醍醐味が大きいものですから、そちらに予算が振り分けがちですが、やはりしっかり維持管理していく、しかも予防していく。こういう部門の大切さ

を訴えて、全体の中でそういうところに対して少しシフトしていくという方向も大事ではないかと感じています。

私は北海道にいますが、以前、民主党政権のときに道路の維持管理経費が大幅に一律削減されました。北海道にとって致命的だったのは、除雪などの部分も全部維持管理なのですが、それが全国一律で削られてしまった。冬場の我々の生活経済活動である除雪は手を抜くわけにいかないとなると、それ以外の維持管理部門が壊滅的になる。あの当時の北海道の4月は悲劇でした。

冬場のスパイクタイヤで路面がかなり荒れるので、春先に早急に補修しないと夏場の走行に影響を与える。でも、それが補修できないということで、結果的に数年後に大規模な補修を伴う大きな予算をそこに投じなくてはならないという負のスパイラルのような動きを経験しました。ということは、発見した時に速やかに手を打ち、きちんと維持管理していくことで、いかに将来のコストを防ぐか。この部分もいろいろな意味合いで製作につなげていこうという議論が大事ではないか。今日の今までの議論をお聞きしながら、そんなところも思い出しました。

■ 路面下空洞対策～都市マネジメントの視点から

小磯： 加藤先生、これまでの自治体の皆さん方の思い、藤井先生の国としてのご対応、そんなところの意見交換をお聞きになって、先ほどからお話にあった都市計画、都市のマネジメントの点からご感想をお聞かせください。



加藤： 今、いろいろなことをやらなければいけないけれどもやれないと、多分これが時代的に共通の悩みかなと改めて感じました。この難局を乗り越える方法は二つしかないと思っています、一つは分野横断的に考える。別の言い方をすると、単一目的で何かをするのではなく複数の目的を持って一つの事をやると、多分総コストは削減されていくのではないかという気がしています。恐らく強靱化計画もそれを志向しているのではないかと思いつつ、ただ、現場レベルに行くとやはり従来の単一目的になってしまっているという感じもします。だから、多目的化していくという一つの方向性と、もう一つは市民の力を引き出すという、この二つの方向しかないかなという気がしています。

防災の観点でいくと自助、公助、共助という話であって、共助をきちんとやっていきましょう。要は行政ではやり切れないから市民にお願いねと言っているのに等しいです。しかし、いま地区防災計画という制度ができていの中で、曖昧糲糊とした共助を、もう少しきちんと確実なものにしていくという動きがあります。その中では、地域の事は地域社会できちんと考えていく。ふた昔前、もっと昔は多分そういう状況だったと思います。そういう形を目指す方向として、ただ昔に戻れという話でなく、未来的に解釈した上で昔のアイデアを未来に生かしていく、そういう形で市民の力を引き出していくという方法も一つあるのかという気がします。

道路の舗装や陥没というと多分プロでないと直せないと思いますが、災害時に限って言うと、プロでなくても簡易に直せる方法を開発して、市民が自分たちで不便だから不便がないようにちょこちょこ直すというやり方もあり得るかもしれません。あと、災害時でないときだって、市民総出で舗装面を直して、厚いさなかにみんなで頑張ってるって、おいしいビールでも飲んでうれしいなみたいな、そういう形ももしかするとあり得るかなという気がしています。今の話はほぼ空想ですが。

小磯： ありがとうございます。でも、こういう取り組みに市民を巻き込んで、いい意味でのムーブメントですね、関心呼び起こすということは大事だと思います。

小高： 道路に限った話ではないのですが、仙台の場合、大震災を受けて、小学校区単位で避難所運営を

行いました。当時は自助、共助という概念は市民の方にはなくて、全部やってもらえるだろうと思っていた。それでうまくいかなかったという反省を踏まえて震災の後に防災計画を改めまして、避難所運営も市民協働でやってもらう。市も各課がどこの小学校担当と割り振り、地元の人とどういった運営をしていけばいいかと話し合いをした上で運営をしていくという形をとるようになりました。

その後、災害はあまりありませんが、一昨日の大雨と今週の台風のときに、全ての避難所ではありませんが、そういう形で幾つかの避難所を開設したという例がありました。

小磯： ありがとうございます。仙台市は東日本大震災のときも、私もその後何回かお邪魔しましたが、行政全体が上手い対応をして、復興のスピードも非常に速かったという印象もありますし、いい意味での地域との連携力をお持ちの都市だなという印象がありました。そんな意味で、今の避難所の話も、地域の方たちが主体的に運営していくというお話でした。

■ 路面下空洞対策～技術的なポイントと対策

小磯： 桑野先生、これまでの皆さん方のご議論をお聞きになって、改めての感想をお聞きたいのですが。

桑野： 先程の自治体様からのいろいろなお困りの事、ご要望を聞いて、技術的にはポイントは二つあると思います。一つは、空洞を見つけることも重要ですが、見つけた空洞の危険度を適切に評価する。先ほど講演の中でも危険度には2種類あるとお話しましたが、現在の道路構造の安定性に対してどういう影響を与えるかということ、その空洞が将来どれくらい成長するか、この二つの危険度をきちんと評価することがまず大事だと思っています。

次に、その危険度に応じた対策のメニューを提示していくというのが大切だと思っています。危険でない空洞は慌てて補修することはないとか、優先度の話にも通じますし、やはり危険度に応じた過不足のない対策、補修のメニューをこれからきちんと評価して考えていかなければならない。それが効率的な対策に結びつくのではないかと思います。

■まとめ

小磯： ありがとうございます。いつの間にか予定の時間も参りました。今日は限られた時間でのパネルディスカッションということで、特に自治体の皆さんが現場で感じておられるところを、せつかくの機会なので本当は思いのたけを述べてほしかったのですが、少し遠慮されながら、というところもあったと思います。いま加藤先生、桑野先生がまとめておられる中間報告の取りまとめの中にも、ぜひ活かしていただければと思います。最初に申し上げましたが、私はこの分野において技術的な専門的な知見を持っているわけではなく、経済学を中心とした社会科学系の分野で、地域の長期計画、まちづくりにかかわっている立場です。その中で、私なりに感じる今日のテーマ、路面下空洞対策の持つ意味は、これは事前に空洞を発見し、将来ひよっとしたら起こるかもわからない大きな事故を防ぐ、そういうところに向けての取組の議論だということです。

私も以前行政の現場にいましたが、この部分は日本の行政としては非常に難しい分野です。行政は目の前に実際の事象があらわれて初めて対応でき、よくわからないことに金を使うことに対しては、国民やメディアの非難もあり、やや慎重にならざるを得ない。要は、顕在化していない事象に対して、行政の政策の分野はややもすれと関心が薄くなってしまいがちという、この分野に対するある意味でアンチテーゼのような議論だと思います。

ただ、じゃあ空洞化をどうやって見つけるんだといっても、それを見つめる技術はいつの間にか次第に高まってきてい

る。ここにおられる研究者の方も、そういう取り組みをしておられる。であれば、経済学という立場から見ると、将来起こり得るそれを防ぐ事前の予防措置について、もし低コストでしっかりやることができれば、トータルで見ると日本という国のそれぞれの地域にとって非常に安全・安心な地域づくりにつながっていく、そういう仕組みにつなげていく、一つの挑戦的な事例の分野ではないかと思います。

問題は、これをきちっと予知し、予防していく技術です。それがしっかりある程度しっかりしたものになっていかないと議論にたえていけない。その部分は、これからの議論の大きなポイントだと思います。医療の世界は、そういう分野は先進的に進んでいます。結果的に癌になった時、致命的な症状の中で、措置するための医療コストは大変大きなものです。それを防ぐために、人間ドックや余地の技術がいま進みつつあります。だから、社会資本整備、公共政策の世界においても、そういう考え方でこれから取り組んでいく必要があります。そのための技術開発や取り組みに対しては、ある意味で思い切った予算を投じてという考え方や議論が出てきてもいいように思います。

そんなところに今日のシンポジウムが上手くつながっていただければという思いを最後の締めとさせていただいて、今日のパネルディスカッションはこれで終了します。大変熱心にお話を聞いていただいて、ありがとうございました。パネラーの皆さん、どうもありがとうございました。

今こそ求められる**減災対策**

都市の危機管理における 路面下空洞対策

オールジャパンで
国土強靱化を

レジリエンスジャパン
推進協議会

定員200名様

平成29年
10/26(木)
開催日時 13:00~16:30(12:30受付開始)

開催場所 鉄鋼会館
〒103-0025東京都中央区茅場町3-2-10

総括・閉会 桑野 玲子 氏

東京大学生産技術研究所教授

「都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議」議長代理



今日1日、大学の先生方、それから自治体の皆様、そしてここに集まりの皆様、本当に活発な議論をどうもありがとうございました。今日の議論を振り返り、一言、総括させていただきます。

先ほど加藤先生がパネルディスカッションの際に「知る幸せ」と「知らない幸せ」があるとおっしゃっていましたが、これまでの路面下空洞の世界というのは「知らない幸せ」の世界だったと思います。

私は地盤工学の専門家ですが、地面の下のことというのはなかなか社会に認知されない現象です。地震の液状化は少し前までは専門家しか知らない現象でしたが、今では小学生もおそらく地震の液状化という言葉を知っています。知ることによって認識が高まり、それに対応していこうという底上げの力も上がっていきとじています。

路面下空洞の話も、くしくも昨年の博多を契機として、皆様の関心がかなりそちらに向きましたが、これをマイナスの出来事ではなく、路面下空洞の対策に関するターニングポイントととらえ、これからは「知る幸せ」に変えていけた

らいいのではないかと考えています。

今、戦略会議とかワーキングの中でもいろいろと議論を重ねていますが、ワーキンググループの加藤主査から「維持管理は危機管理である」という話がありました。今回の取り組みを一言であらわすならば、そういうことだと思っています。今までは、維持管理と防災対策は全く別々のラインでやっていたことも、先ほど多目的化という話があったように、一緒に取り組んでいくことがこれから目指すべき道ではないかと、今日の議論を通して改めて思いました。

そんな中で、具体的な課題も自治体様からはいろいろ出てきています。例えば探査のときのデータの信頼性の話や予算の話、それから具体的にどういふふうに対策していったらいいかというガイドラインがまだ存在しないなど、そういった話も一つ一つ解決していけるように、これからの戦略会議の取り組みを実りのあるものにしていただきたいと思います。本日は本当にありがとうございました。

「空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策」

東京大学生産技術研究所
桑野玲子

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

空洞生成のメカニズムと地盤陥没対策

東京大学生産技術研究所
桑野玲子

シンポジウム
都市の危機管理における路面下空洞対策
2017.10/26

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)



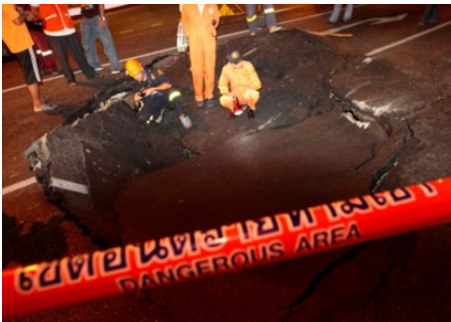
Liverpool, UK (2008/11/11)



Beijing, China (2011/4/28)



Bangkok, Thailand (2012/3/20)



Phuket, Thailand (2009/8/29)



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



3/39

地震で顕在化する路面下空洞

東日本大震災(千葉県内):
3/11の翌朝に撮影された投稿写真 原因は下水からの吸出し



出典: Yahoo! JAPAN 東日本大震災 写真保存プロジェクト

東日本大震災(宮城県内):
3/11当日に撮影された投稿写真



出典: Yahoo! JAPAN 東日本大震災 写真保存プロジェクト

(路面下空洞対策戦略会議第2回WG資料より)

路面下空洞に関わる年表

年	トピックス
1988年	東京銀座で道路陥没が連日発生して、路面下空洞対策の必要性が認識される
1990年	東京御徒町で新幹線トンネル工事の際に大規模な道路陥没が発生する
1995年	阪神淡路大震災の際、幹線道路・生活道路に道路陥没が多数発生する
2003年	北海道十勝沖地震の際、幹線道路・生活道路に道路陥没が多数発生する
2004・2007年	新潟県中越地震・中越沖地震の際、幹線道路・生活道路に道路陥没が多数発生し、構造物周辺の空洞化、下水道管理戻しの問題が指摘される
2005年	福岡県西方沖地震の際、港湾施設に多くの路面陥没が発生する
2011年	東日本大震災の際、宮城県、仙台市内、東京湾沿岸地域で多くの路面陥没が発生し、地震時の空洞発生メカニズムと陥没対策の詳細研究が始まる
2016年	熊本地震の際、県内全域で道路が変状して、交通ネットワークの機能障害が発生する
2016年	福岡市博多駅前地下鉄工事の際に大規模な道路陥没が発生する

(路面下空洞対策戦略会議第2回WG資料より)

5/39

陥没の原因となる地盤内空洞の生成とその拡大

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
が到達し陥没

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:

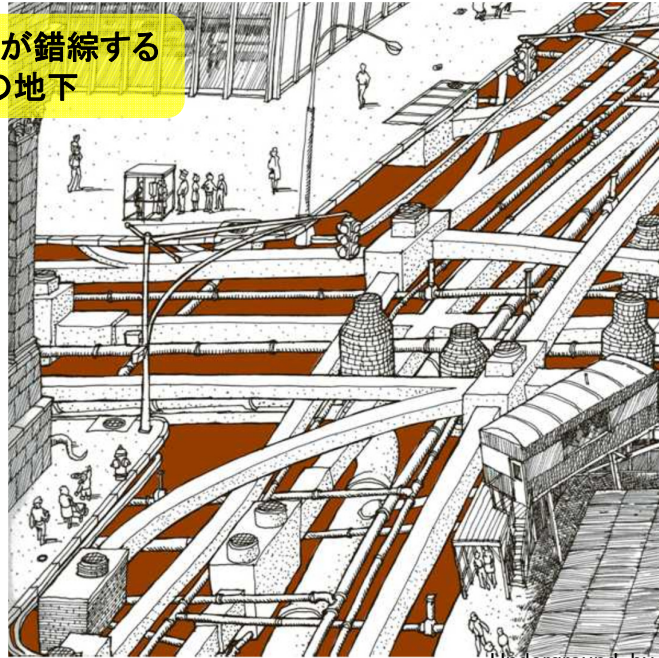
- ・ 採石跡
- ・ 防空壕や軍用トンネル
- ・ 盛土内排水管、下水や上水などの地下埋設管
- ・ トンネル工事起因の急速な土砂流出

6/39

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

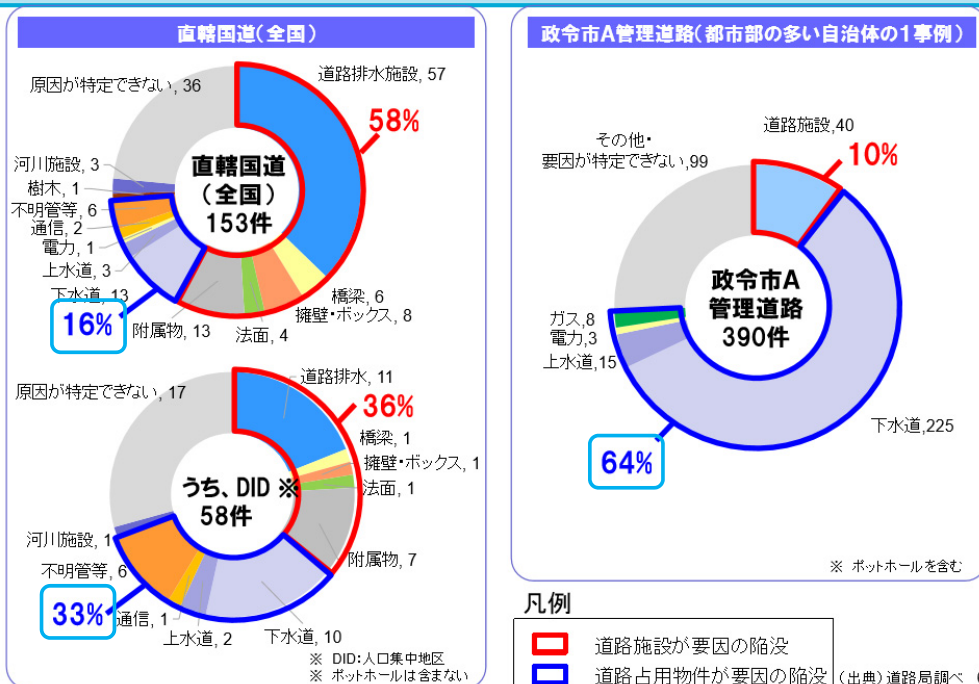


Underground, by David Macaulay (1976) 7/39

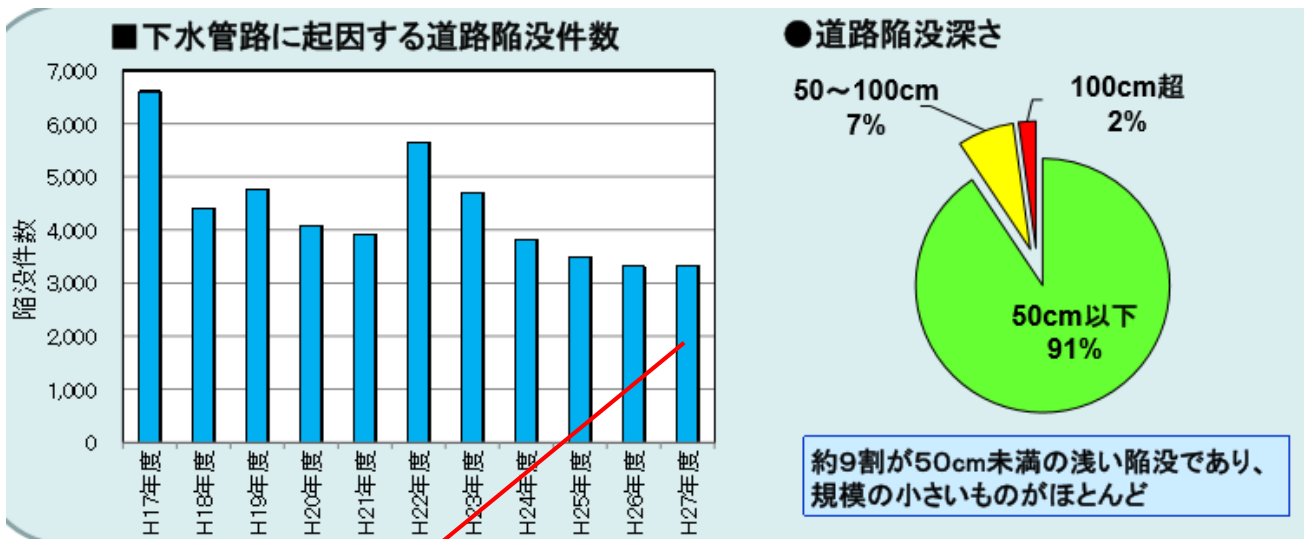
都市の道路路面陥没

道路の陥没発生件数とその要因(平成27年度)

国土交通省



都市の道路路面陥没



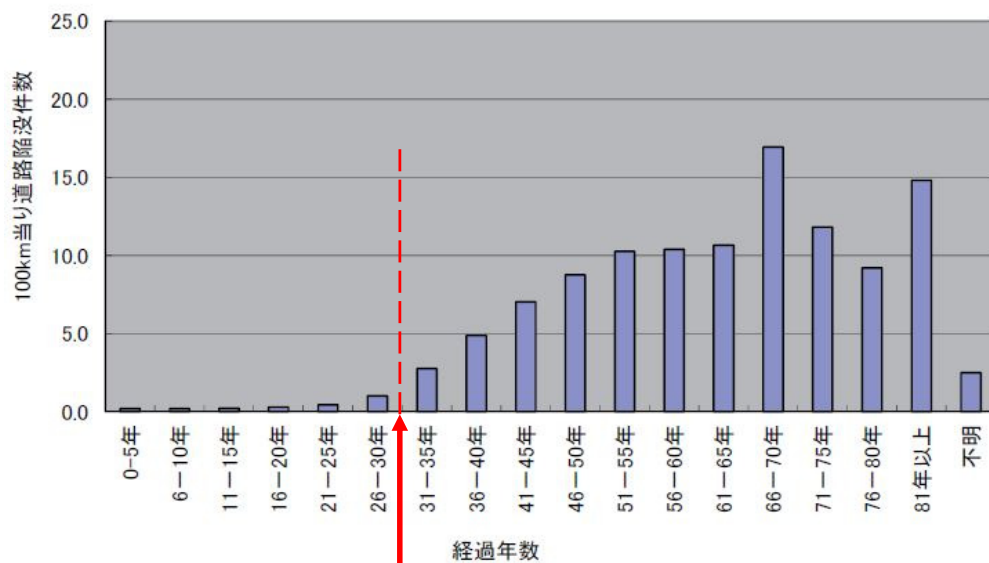
1日平均約10件！！

国土交通省 地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会 資料(2017)より

9/39

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。

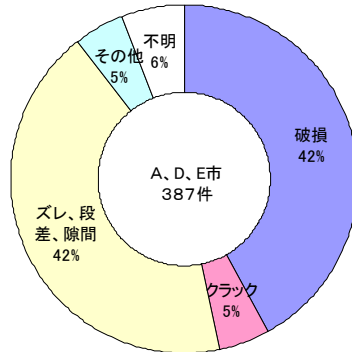
出典：横田、深谷、宮本(2012)、下水道管路施設に起因する道路陥没の現状(2006-2009年度)、国土技術総合政策研究所資料No.668

10/39

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

11/39

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。

12/39

80

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？

13/39

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

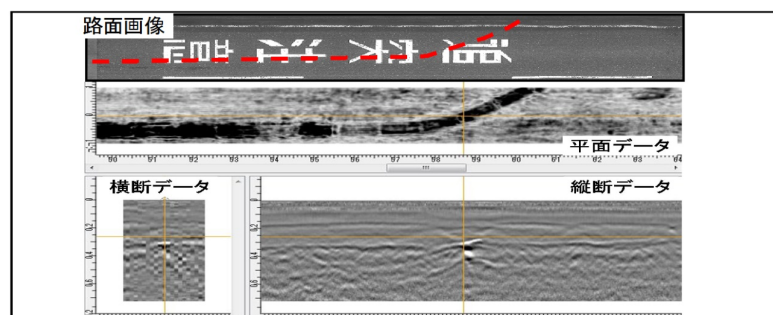
三次元データ化

データ解析

1.5メートル以浅、0.5メートル四方以上の大きさの空洞を探査



最大80km/hで
走査可能



14/39

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

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

15/39

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
その他自治体	1.37

2014・2015年度に調査した道路延長10,091km(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): 0.25~2m²

小池ら、路面下空洞の発生状況の分析と考察、
第72回土木学会年次学術講演会、福岡、2017年9月 16/39

国道の路面下空洞の発生状況

	車道			歩道		
	調査道路延長 (km)	空洞数 (箇所)	空洞頻度 (箇所/km)	調査道路延長 (km)	空洞数 (箇所)	空洞頻度 (箇所/km)
北海道	1736	442	0.25	45	121	2.69
東北	670	357	0.53	113	97	0.86
関東	1835	3,574	1.95	125	146	1.17
北陸	566	763	1.35	36	41	1.13
中部	1732	610	0.35	109	342	3.14
近畿	1603	1,295	0.81	2	32	14.41
四国	404	574	1.42	32	158	4.92
中国	1324	1,473	1.11	76	331	4.35
九州	1196	656	0.55	37	93	2.54
沖縄	421	423	1.00	0.06	3	50.00
合計	11487	10,167	0.89	575	1,364	2.37

国土交通省各地方整備局、内閣府沖縄総合事務局の2012～2016年度調査データより

17/39

路面下空洞の発生要因

東京都の2001～2009年度までの空洞調査で確認された1018件の空洞の発生要因は、
 下水道および雨水取付管等の破損が要因となった空洞： 28%
 埋戻し不良： 32%
 地下埋設物輻輳： 14%

内山・大石(2012):4.路面下空洞の開削状況調査結果、東京都土木技術支援・人材育成センター平成24年度年報

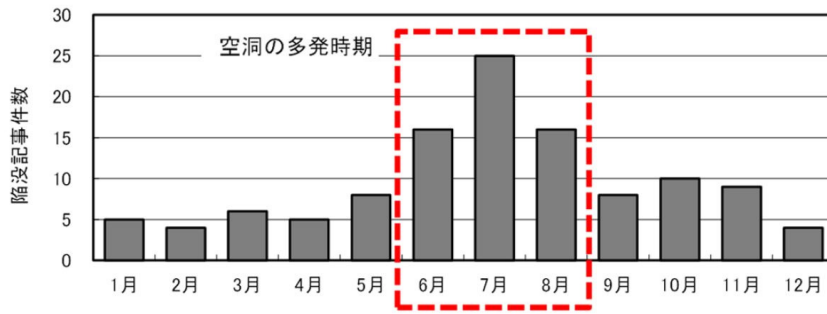
都市部においては地下埋設物起因の空洞が多くを占めている

主要7分類	要因の詳細
占用埋設物周辺土砂の流出	管破損、管接続不良、管未閉塞、人孔躯体破損、柵・側溝破損、水道管漏水
占用埋設物周辺地盤の圧密	埋戻し転圧不足、戻し材不良、近接部工事の影響、推進・シールド工事の影響
大型地下構造物関連	地中残置物、地下構造物周辺の水みち
雨水・地下水の影響	地下水の影響、雨水浸食
地震の影響	地震の影響
護岸の吸出し	護岸からの土砂流出
その他・不明	—

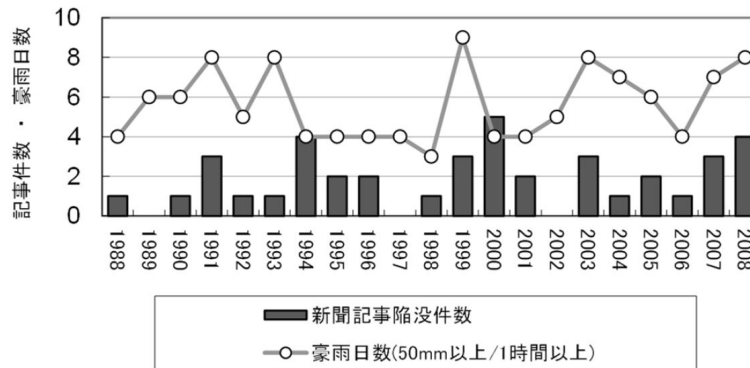
小池・瀬良(2012):路面下空洞の発生状況に関する考察(その1) 空洞発生状況の特徴、地盤工学研究発表会(八戸)

18/39

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

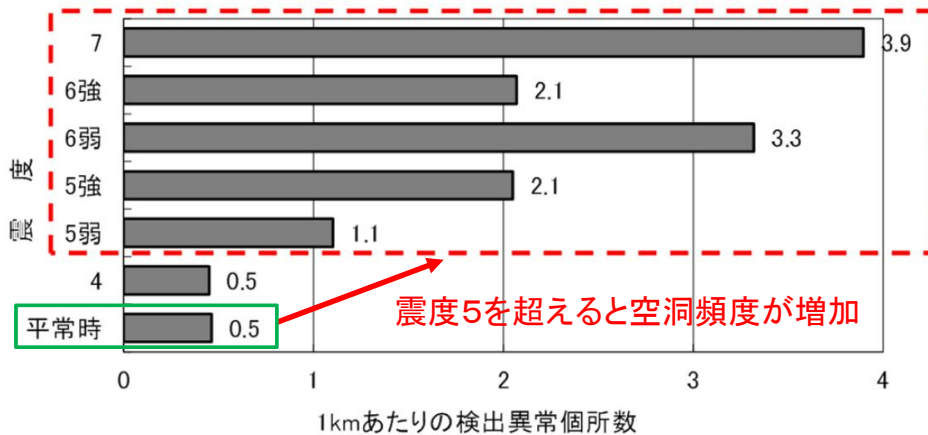


新聞記事にみる路面陥没事故と年間豪雨日数の年別件数(1988~2008年、関東地方)

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



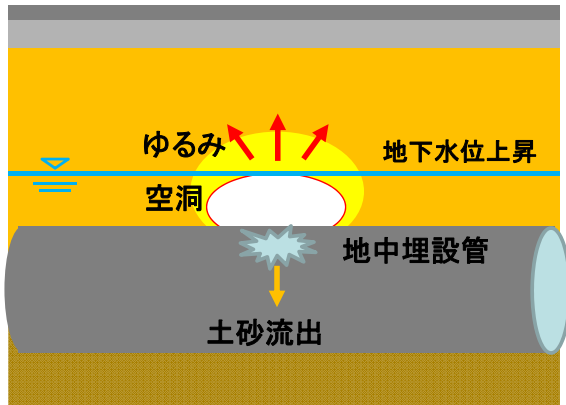
調査種別	1kmあたりの異常信号箇所数	空洞規模				
		深度 M	厚さ m	縦長 m	横長 m	面積 m ²
地震前	0.46	0.38	0.20	1.40	1.20	1.68
地震後	1.72	0.36	0.11	1.40	3.20	4.48

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

路面下空洞の生成

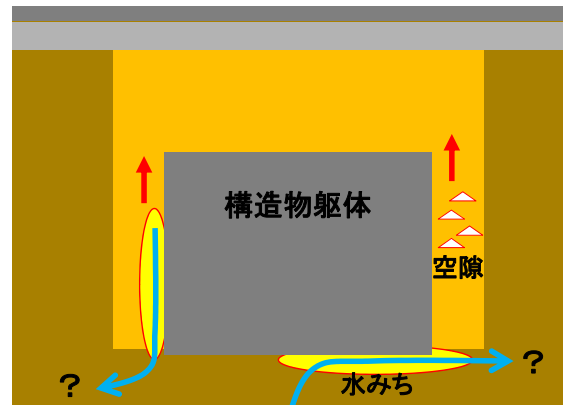
主な原因

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

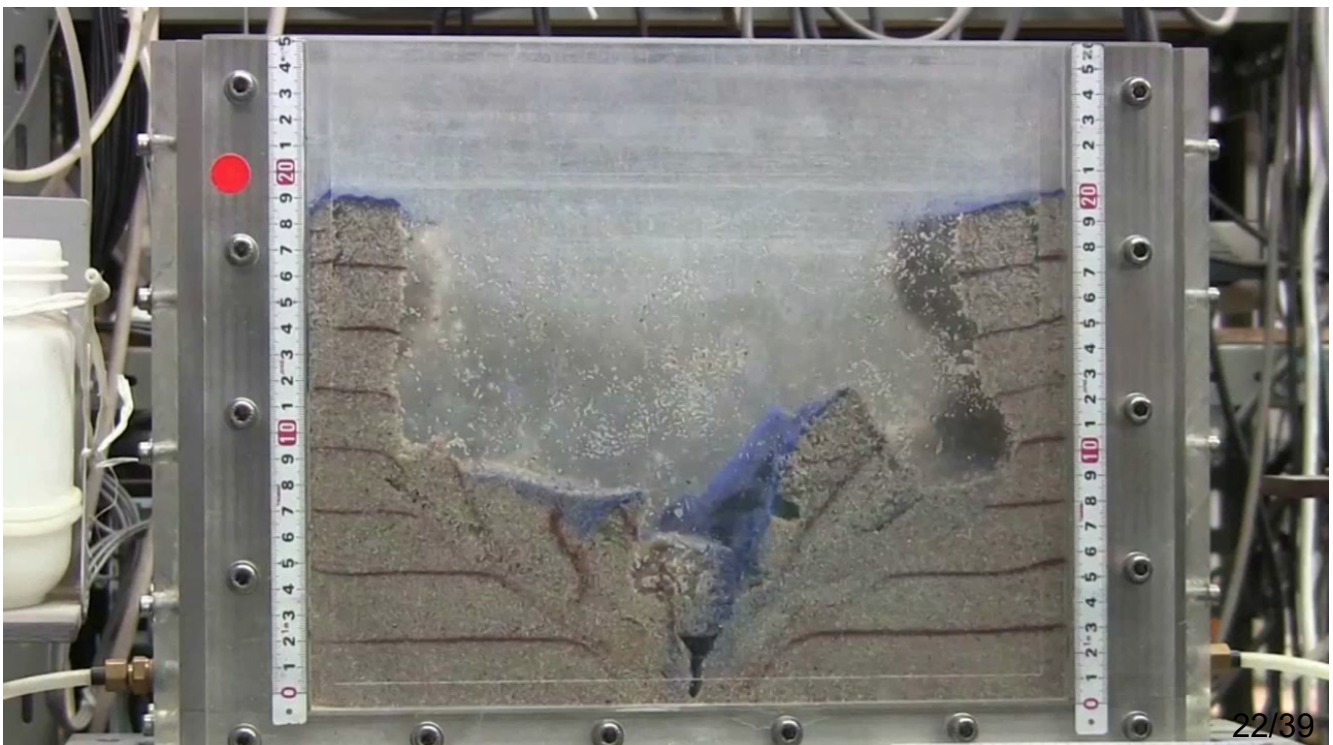


埋戻し材の締固め不良？
水みち周辺の細粒分流出？
その他不明な原因??

21/39

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

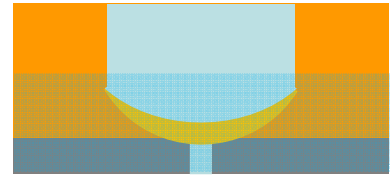
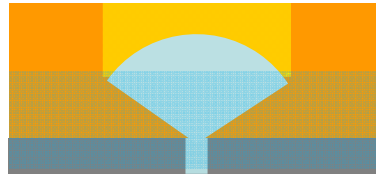
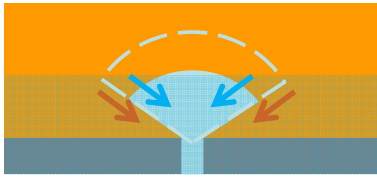


22/39

空洞生成・拡大のプロセス

自立しない土層の下に抜け道があることによる土の亡失

(地中埋設管やトンネルなどの“地下空間”の天井部が損傷し、上に自立できない土がある場合)



流出孔から地下水位以下の土砂が水と共に流れ出し空洞が生成・拡大

空洞天井部が地表面近くまで達し、空洞上部が不安定

空洞上部の土が崩落し陥没

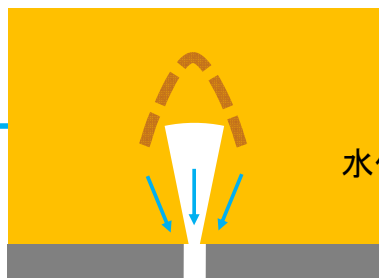
流出孔(隙間)が小さくても、継続的な土砂流出により空洞は拡大しうる
地表面に変状が表れるのは末期的状況になってから

23/39

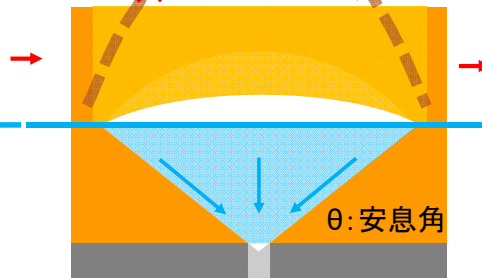
空洞生成・拡大のプロセス

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

空洞が広がり浅い箇所にあると上部にアーチングが働く余地がない



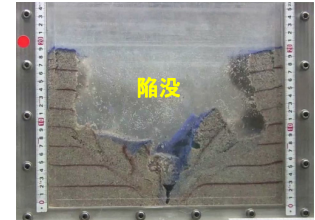
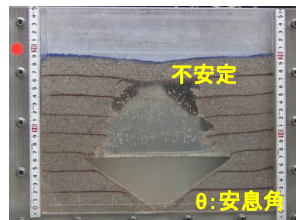
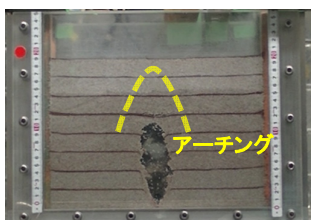
水位



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

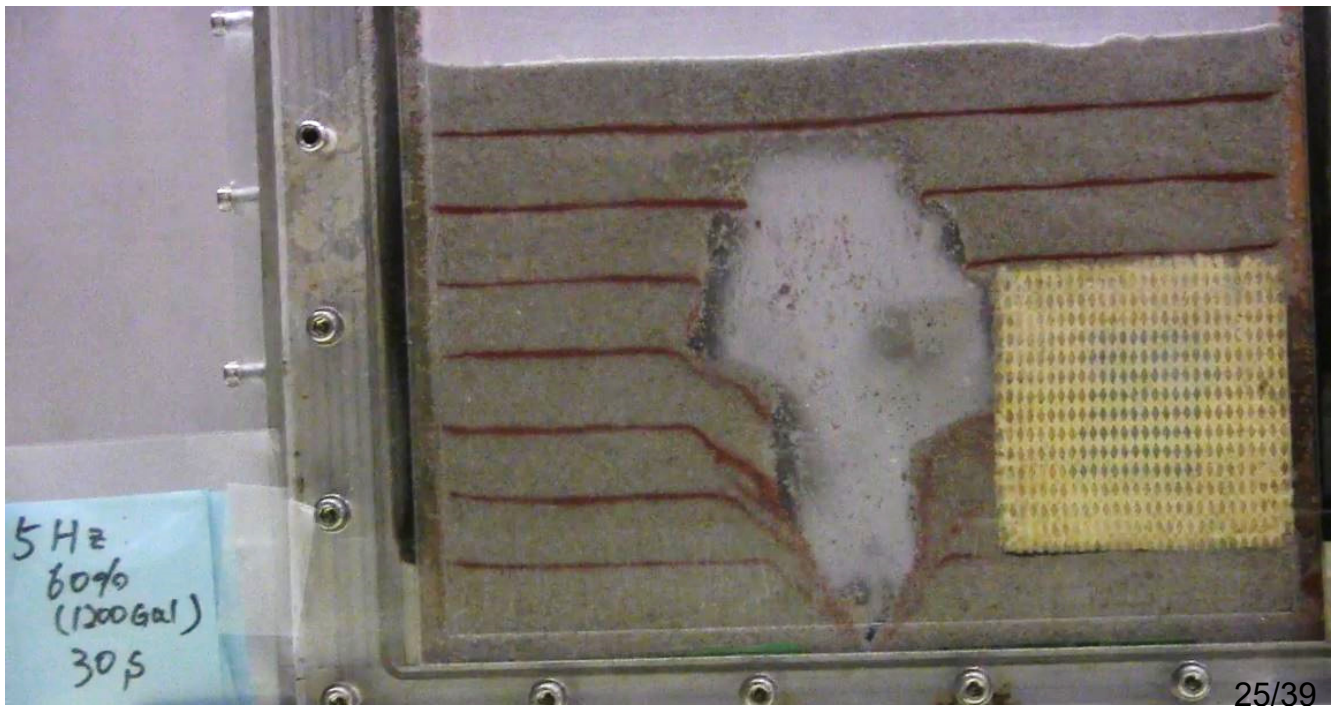


水位の上下、または高い地下水位は空洞拡大の主要因

24/39

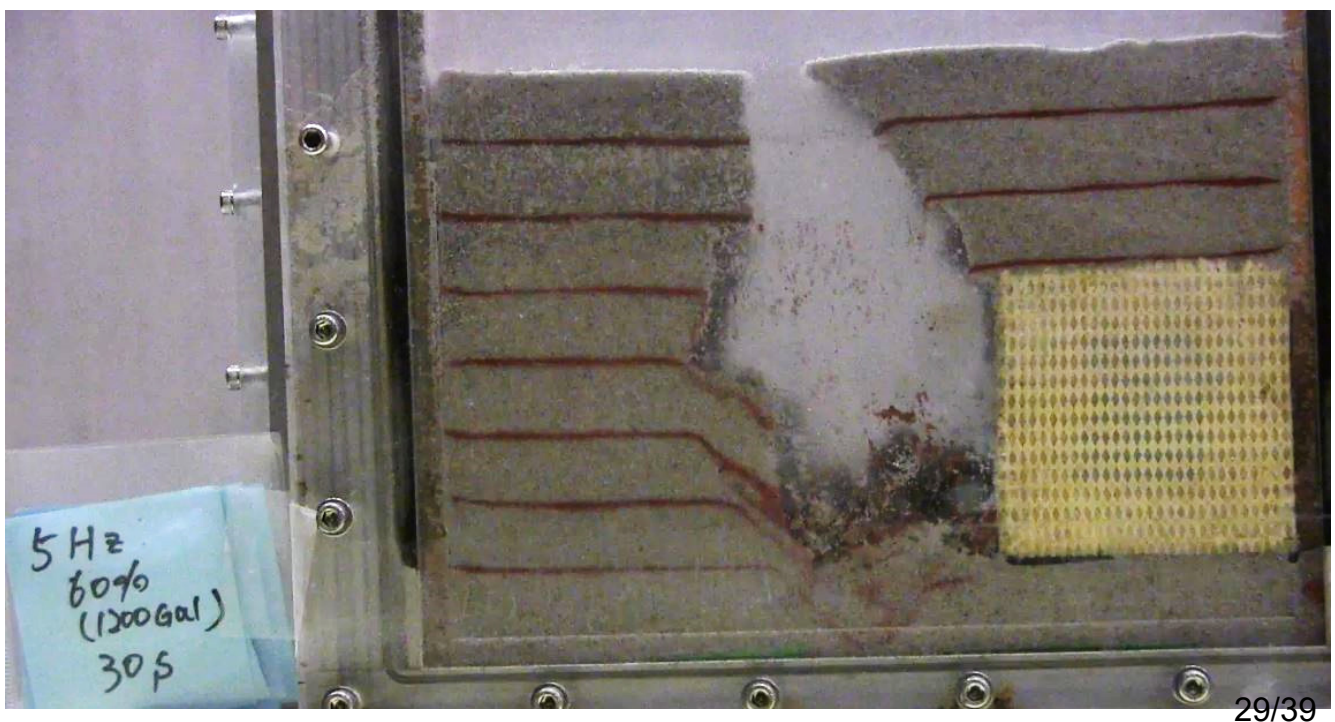
水みちと土砂流出

地中構造物の躯体脇は水みちができやすく空洞・ゆるみが発達しやすい



地震による空洞上部の崩落

空洞を放置すると、地震動により崩落



空洞生成・拡大の要因

素因:

- ・ 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:

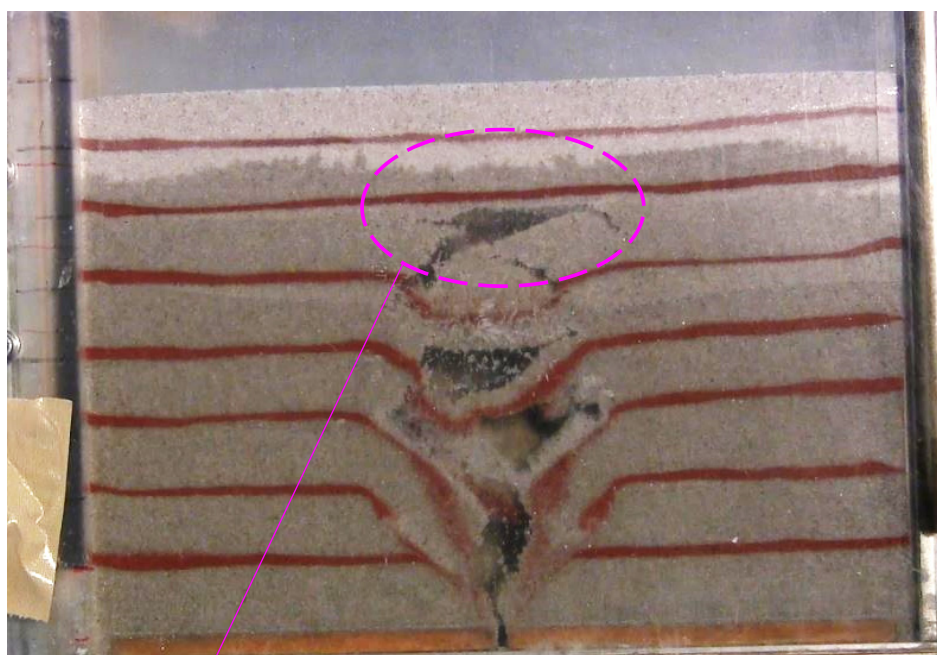
- ・ 地中埋設インフラの老朽化・破損
- ・ 雨
- ・ 地震 等

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

30/39

空洞とゆるみの拡大・進展

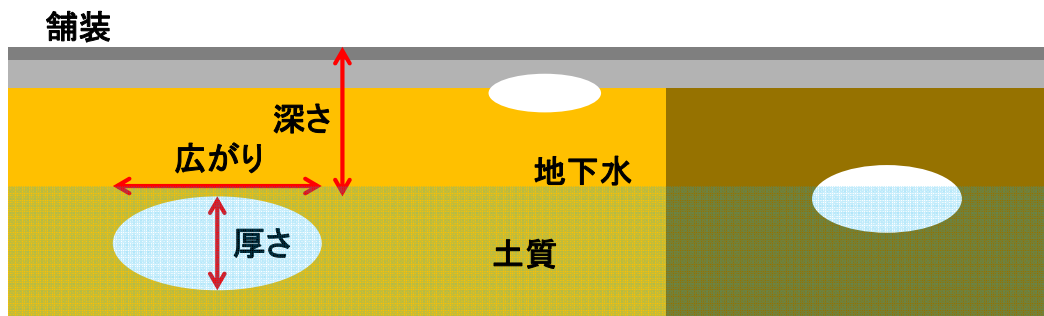


空洞は周辺にゆるみを伴うことが多い
地表近くの空隙を塞ぐだけでは不十分、土砂流出の源まで要対策

31/39

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

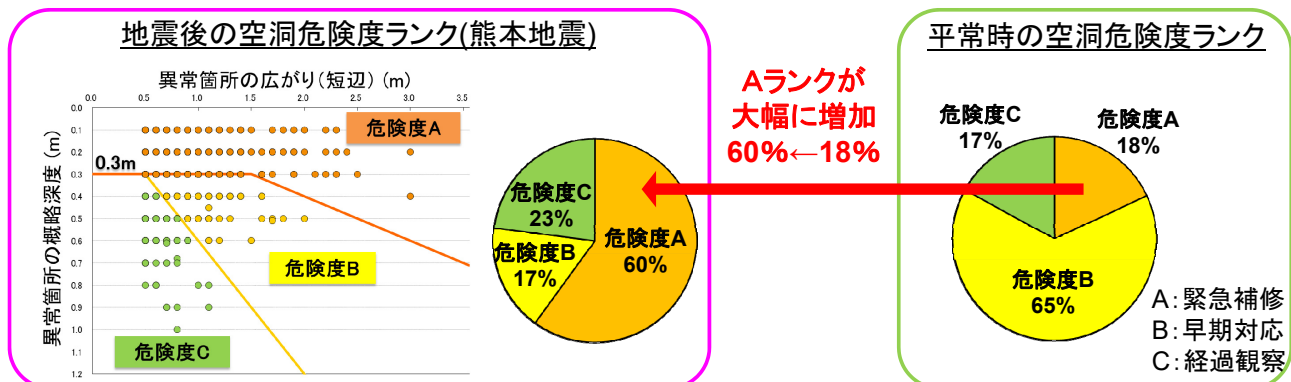
- ・ 現時点における舗装路体の構造安定性に対する影響
浅くて大きい空洞が危ない？
道路構造の安定性への影響度： 空洞の深さ、広がり、舗装の厚さなど
- ・ 現時点では大丈夫でも将来は？
空洞の成長速度：土質や地下水などの素因、降雨や地震などの誘因

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



(岡本ら、地震災害後の早期道路復旧に向けた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・陥没への対応

陥没:

- ・ 埋戻し
- ・ ただし、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

空洞:

- ・ 原則として、埋戻しまたは充填
- ・ ただし、空洞生成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、モニタリングで経過を見守る事も有効

34/39

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)

<p>路面下空洞調査の取組 </p> <p>○東日本大震災を教訓に平成24年、大田区総合防災力強化検討委員会から『災害時道路ネットワークの確保』提言</p> <p>↓</p> <p>○路面下を非破壊で調査を行い、発見し、陥没事故を未然に防ぎ、道路保全と道路交通の安全を図る</p>	<p>路面下空洞調査の取組 </p> <p>空洞調査業界において小型空洞探査車開発</p> <p>↓</p> <p>○平成27年度、小型空洞探査車の試行調査 (調査延長 20.0km)</p> <p>調査結果、良好!</p> <p>↓</p> <p>○平成28年度より、大田区全域の空洞調査を「5か年計画」で予定 (調査延長 530.0km)</p>
<p>路面下空洞調査実績(平成24~28年度) </p> 	<p>区民への情報発信! </p> 

35/39

空洞対策の効果

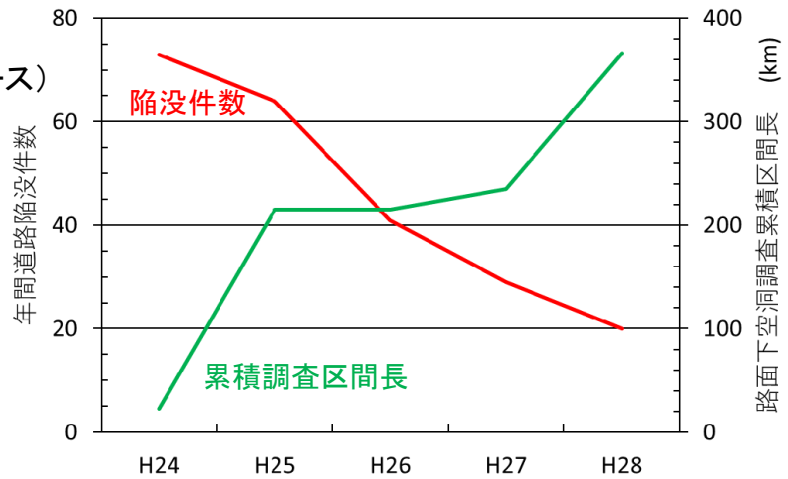
東京都・大田区の取り組み (路面下空洞対策戦略会議第2回WG資料より再構築)

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(2t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

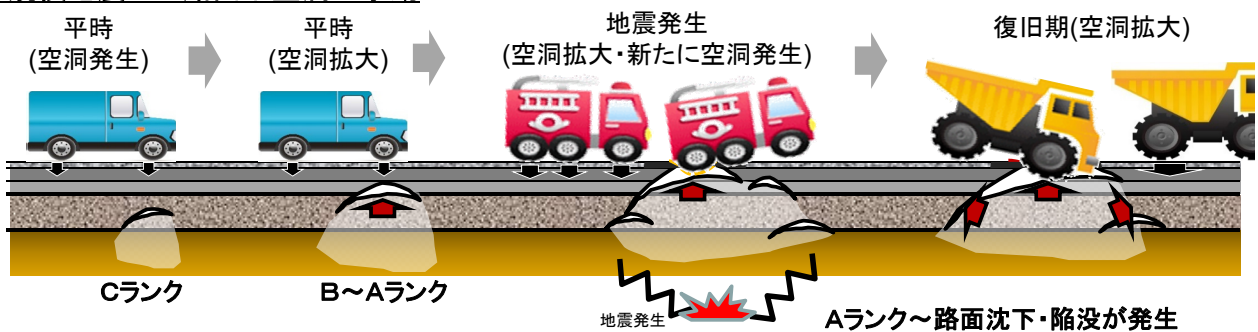
空洞箇所合計 828箇所
 (うちAランク101箇所, 12%)



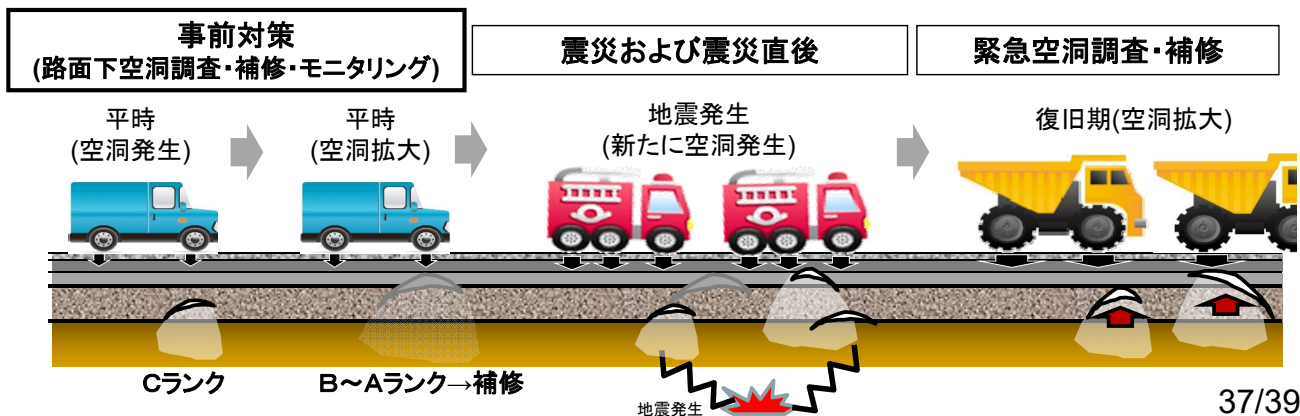
対策により顕著な陥没抑止効果

地震時における空洞対策の効果

大規模地震での路面下空洞の挙動



大規模地震での路面下空洞の挙動と道路閉塞未然防止対策の流れ



積極的な陥没対策へ

従来の陥没対策:

空洞を見つけて埋め、陥没を未然に防ぐ

より積極的な陥没対策:

空洞を生成させない、拡大させない、再発させない

- 空洞生成・拡大の素因と誘因を明らかにし、
- 地域特性も考慮しながら、
- 都市の空洞・陥没ポテンシャルを評価して、
- 地下空間の安全管理の戦略に資する
合理的な調査計画
空洞の陥没危険度に応じた適切な対策

福岡市と共同研究: H27年12月～

38/39

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
探査技術の品質確保が不可欠
- 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
- 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・陥没データの蓄積と空洞拡大・進展メカニズムに関する知見を融合し、
効率的・合理的な道路・インフラ管理へ貢献

39/39

事例報告

札幌市における路面下空洞対策

札幌市

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

都市の危機管理における路面下空洞対策

事例報告

札幌市における路面下空洞対策

札幌市

SAPPORO

1

目次

- 1 札幌市の概要
- 2 札幌市強靱化計画の概要
- 3 札幌市の路面下空洞対策

SAPPORO

2

1 札幌市の概要

■人口:1,962,918人(H29.10現在)(全国で5番目)

■面積:1,121.26km²(東京23区の2倍弱)

■特徴:観光都市

(年間を通してイベント開催)

よさこいソーラン祭り



提供:YOSAKOIソーラン祭り組織委員会

さっぽろ大通ビアガーデン



さっぽろオータムフェスト



さっぽろ雪まつり

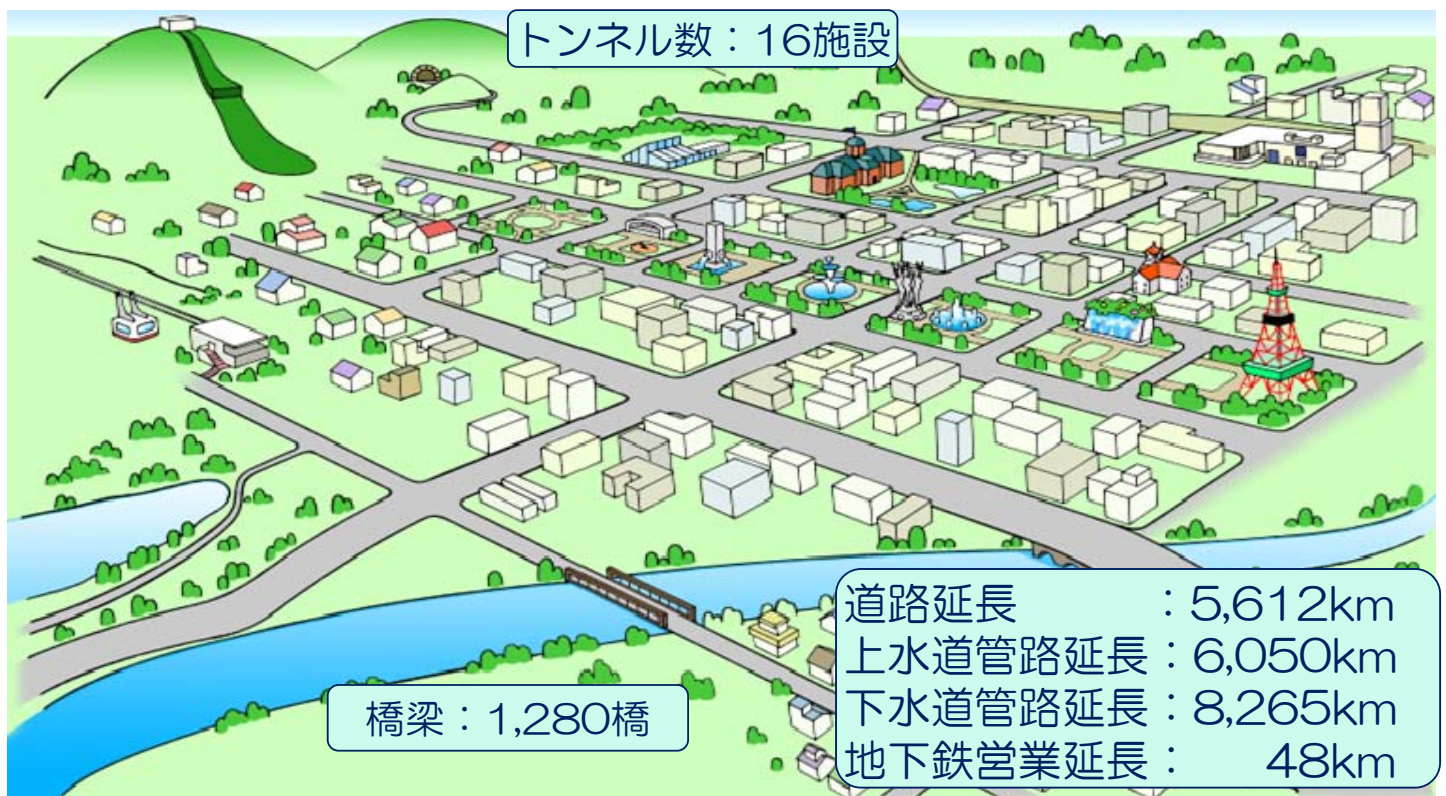


SAPPORO

3

1 札幌市の概要

札幌市の主な社会インフラ施設(H28年度時点)



SAPPORO

96

4

2 札幌市強靱化計画の概要

①北海道豪雨災害

平成28年8月17日以降の1週間で7号、11号、9号の3個の台風が北海道に上陸。単年度で3つの台風が上陸したのは、観測史上初。



国道274号日勝峠（清水町）
土砂崩れ



空知川上流（南富良野町）
堤防決壊

（写真）平成28年度 土木学会北海道豪雨災害調査団緊急報告会資料より

2 札幌市強靱化計画の概要

②札幌市における自然災害

〔過去の地震被

地震名	年月日	市内深度
石狩地震	1834/2/9	推定5以上
十勝沖地震	1952/3/4	震度4
十勝沖地震	1968/5/16	震度4
浦河沖地震	1982/3/21	震度4
十勝沖地震	2003/9/26	震度4

〔昭和56年の風水害〕

発生年月日	浸水被害家屋
集中豪雨 1981/8/4	6,363戸
台風15号 1981/8/23	10,192戸

地震や台風などの自然災害の発生頻度は低く、また、首都直下地震・南海トラフ地震などとの同時被災リスクも低いが、

備えるべき自然災害リスクは存在

2 札幌市強靱化計画の概要

③札幌市強靱化計画策定の背景・必要性

国土強靱化基本計画
(H26.6閣議決定)

北海道強靱化計画
(H27.3策定)

札幌市強靱化計画
(H28.1策定)

札幌市の課題

- ・ 少子高齢化の急速な進行と人口減少
- ・ 都市基盤の老朽化及び更新時期の集中
- ・ 自然災害に対する防災力の強化

安全・安心で災害に強い都市の構築のため、北海道の計画と調和した、国土強靱化地域計画として「**札幌市強靱化計画**」を策定

④札幌市強靱化の目標

- ①大規模自然災害からの生命・財産及び社会経済機能の保護
- ②北海道の強靱化への貢献、連携の促進
- ③国全体に対するバックアップ機能の発揮
- ④経済活動の活性化、地方創生

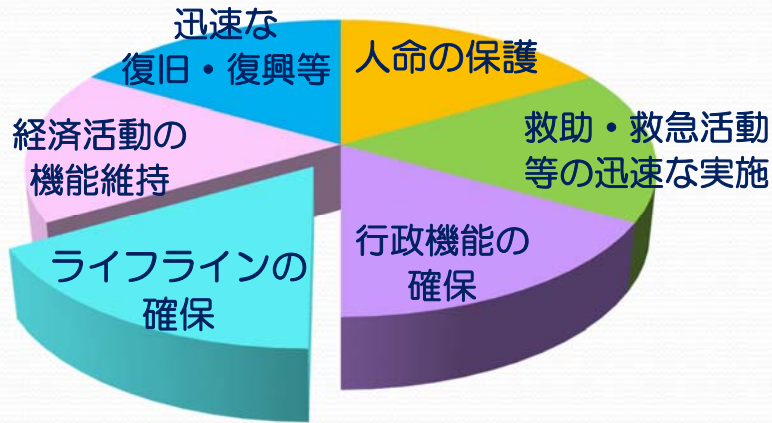
SAPPORO

7

2 札幌市強靱化計画の概要

⑤強靱化計画における路面下空洞対策

6つのカテゴリーを設定



脆弱性評価

道路陥没による交通車両等の事故防止のため、舗装路面下に発生する空洞対策が必要

リスクシナリオ	施策プログラム	推進事業	事業指標
道外との基幹交通及び地域ネットワークの機能停止	道路施設の防災対策等【重点】	舗装路面下の空洞対策事業	年間路面下空洞調査延長230km

SAPPORO

98

8

平時の取組み① 道路パトロール

■調査対象
管理道路全線 約5,600km

■調査方法
車上目視

■調査頻度



道路種別	頻度	備考
幹線道路 (幅員20m以上)	1週間に1回以上	車上目視が困難な歩道・立体横断施設等は徒歩でパトロール。パトロール中に発見した軽微な損傷は、その都度処理する。
準幹線道路(幅員12~20m)	2週間に1回以上	
生活道路 (幅員12m未満)	4週間に1回以上	

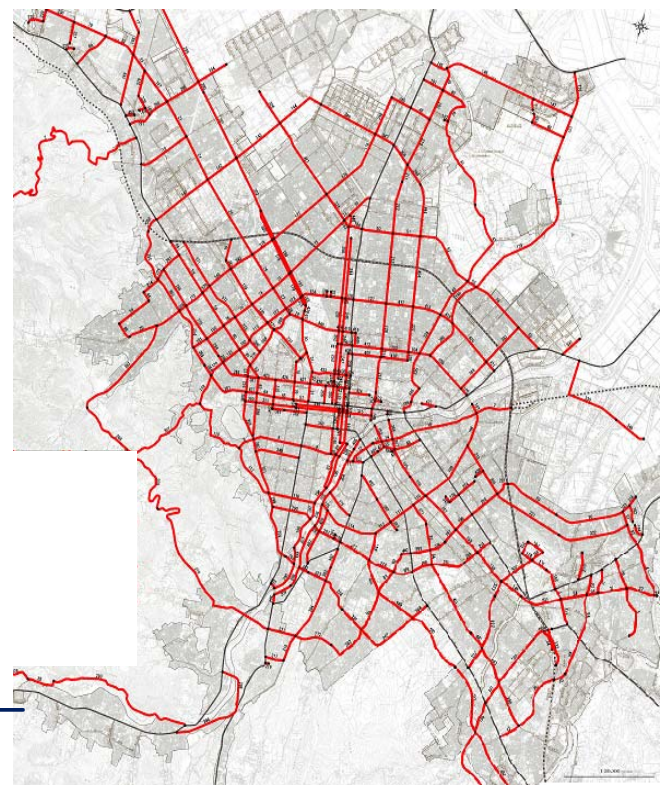
平時の取組み② 緊急輸送道路等の空洞調

■調査対象
①計画路線 約460km
(緊急輸送道路及び地下鉄路線)

②個別路線
(路面変状などから選定)

■年間調査延長
①約190km(道路延長約50km)
(全車線を調査)
②約 40km(道路延長約10km)
合計230km

■調査方法
1次調査：空洞探査車による調査
2次調査：ハンディ型地中レーダー
孔内のカメラ撮影



平時の取組み② 緊急輸送道路等の空洞調査

1次調査(空洞探査車)



異常信号から空洞の位置・規模を推定

2次調査(小型地中レーダー)



空洞の位置規模を特定

2次調査(孔内カメラによる断面撮影)



発生深度、深さを特定

路面下空洞調査実施状況

年度	調査延長	異常信号箇所	空洞箇所数	箇所/km
H27	230km	370	172	0.75
H28	233km	363	268	1.15
H29	254km	464	205	0.79
合計	722km	1,197	645	0.88

ご清聴ありがとうございました。

SAPPORO

13

事例報告 東日本大震災時の道路被害の状況

仙台市

オールジャパンで
国土強靱化を



一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

東日本大震災時の道路被害の状況

地下鉄駅周辺の陥没に着目して

平成29年10月26日



目次



1. 東日本大震災における被害状況
2. 道路の被害状況
3. 地下鉄駅周辺の道路陥没
4. 道路陥没のメカニズム
5. 復旧対策工
6. 平時における取り組み
7. 最後に

地震概要

- 発生日時 平成23年3月11日(金) 14時46分頃
- 震央地名 三陸沖(北緯38.1度、東経142.9度)
- 規模 マグニチュード9.0
- 市内震度 震度6強 宮城野区
震度6弱 青葉区、若林区、泉区
震度5強 太白区
- 津波 3月11日14時49分 太平洋沿岸に大津波警報発令
津波の高さ 仙台港 7.1m(推定値)
(地震発生後、約1時間後に津波(第一波)到達)

※最大余震

- 発生日時 平成23年4月7日(木) 23時32分頃
- 震央地名 宮城県沖
- 規模 マグニチュード7.1
- 市内震度 震度6強 宮城野区
震度6弱 青葉区・若林区
震度5強 泉区
震度5弱 太白区



沿岸部の津波

市内の被害状況

◆人的被害(平成29年3月1日現在)

	仙台市内	
		うち仙台市民
死者	904名	809名
行方不明者	27名	
負傷者	2,275名	

※仙台市外で死亡が確認された仙台市民 193名

◆建物被害(平成25年9月22日現在)

	仙台市内
全壊	30,034棟
大規模半壊	27,016棟
半壊	82,593棟
一部損壊	116,046棟

◆市内被害額の概要(平成29年3月1日現在)

被害推計額計 約1兆3,006億円

- 市有施設関係 約2,586億円
 - ・ライフライン 約996億円
 - ・道路、橋梁、公園等 約1,270億円
 - ・生活、衛生関係 約20億円
 - ・学校、庁舎等建築物 約300億円
- その他公共施設 約1,452億円
- 住宅・宅地 約6,086億円
- 農林水産業関係 約 735億円
- 商工業関係 約2,147億円

- 道路や橋梁等では、法面崩壊や路面の亀裂、沈下、段差、マンホールの隆起などの被害が発生
- 市内では約100箇所で全面通行止

道路法面の崩壊



路面の損傷



5

橋梁背面の段差



路面の亀裂



路面の沈下や段差



マンホールの隆起



7

道路陥没



路面下の空洞



仙台市営地下鉄南北線



9

大規模な沈下や陥没

○ 地下鉄南北線 五橋駅周辺



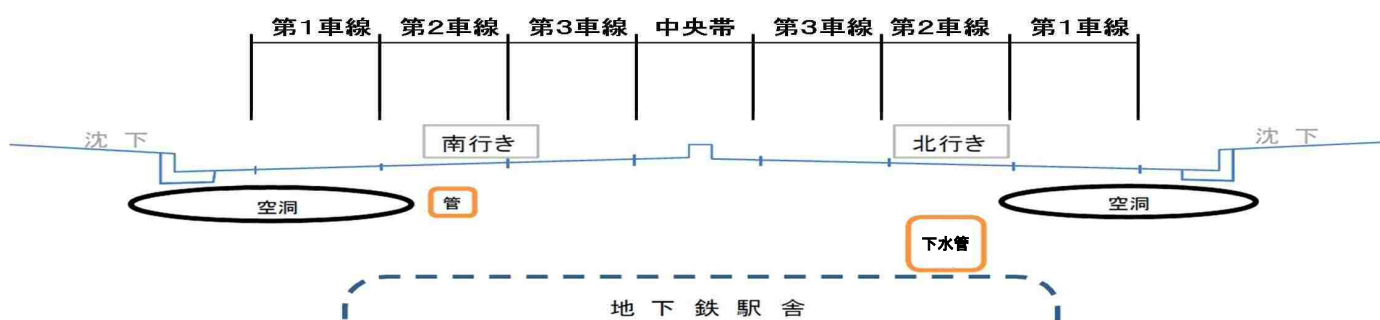
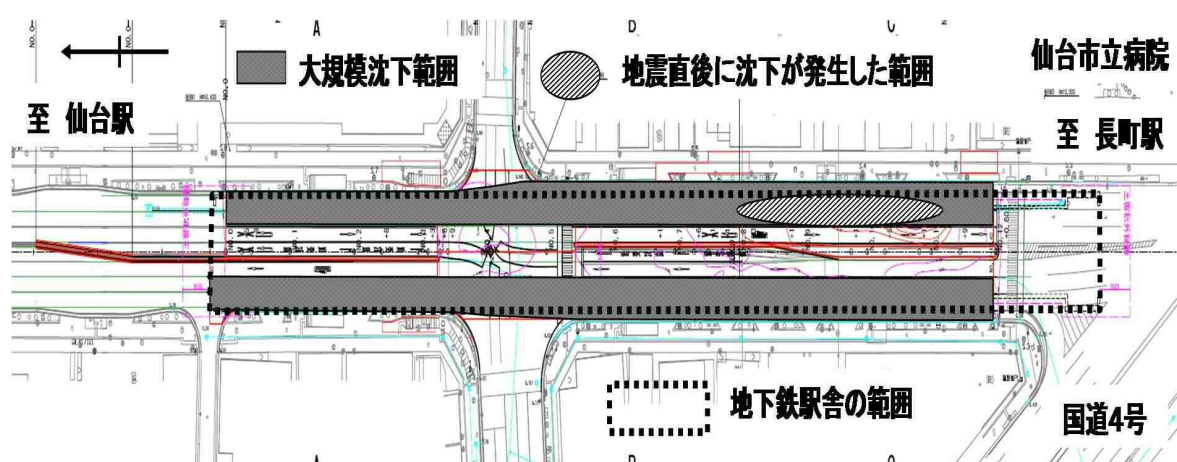
大規模な沈下や陥没

○ 地下鉄南北線 長町一丁目駅周辺



11

地下鉄五橋駅での復旧事例



復旧工事の経過

平成23年	3月11日	地震発生
	3月14日	南行き車線で沈下確認
		南行き車線通行制限
	3月21日	北行き車線で陥没発生
		北行き車線通行制限
	4月25日	応急復旧工事着手
	5月20日	応急復旧工事完了
		バリケード撤去



平成23年6月～10月 陥没が数箇所発生するとともに、全体的な沈下が進行
本復旧工事までの期間はパトロールを強化し路面変状を監視

平成23年 9月23日 陥没事故発生

平成24年 1月～6月 本復旧工事

市民生活への影響

- ・通行規制が長期化
- ・深刻な渋滞
- ・路線バスの迂回
- ・夜間工事による騒音

- ・地震発生から半年後、平成23年9月23日に陥没事故発生
- ・自転車の転倒及び乗用車2台がパンク



15

地下鉄駅周辺の道路陥没のメカニズム

復旧工法検討や陥没原因の調査

地中レーダー探査

サウンディング調査

コア採取

スコープカメラ調査

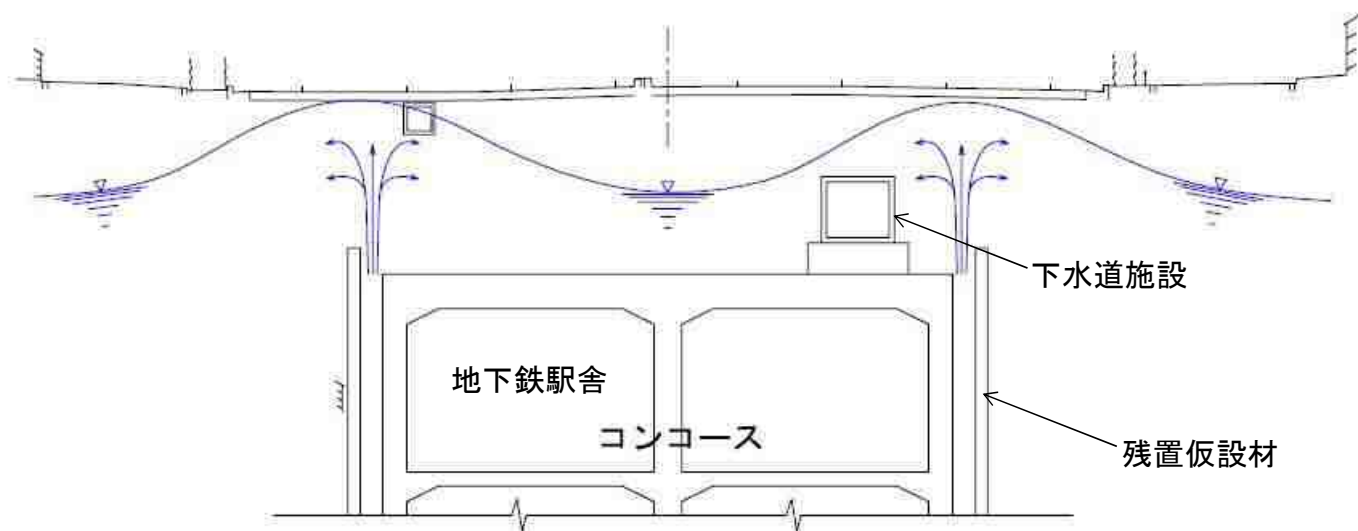
FWD調査

室内CBR試験

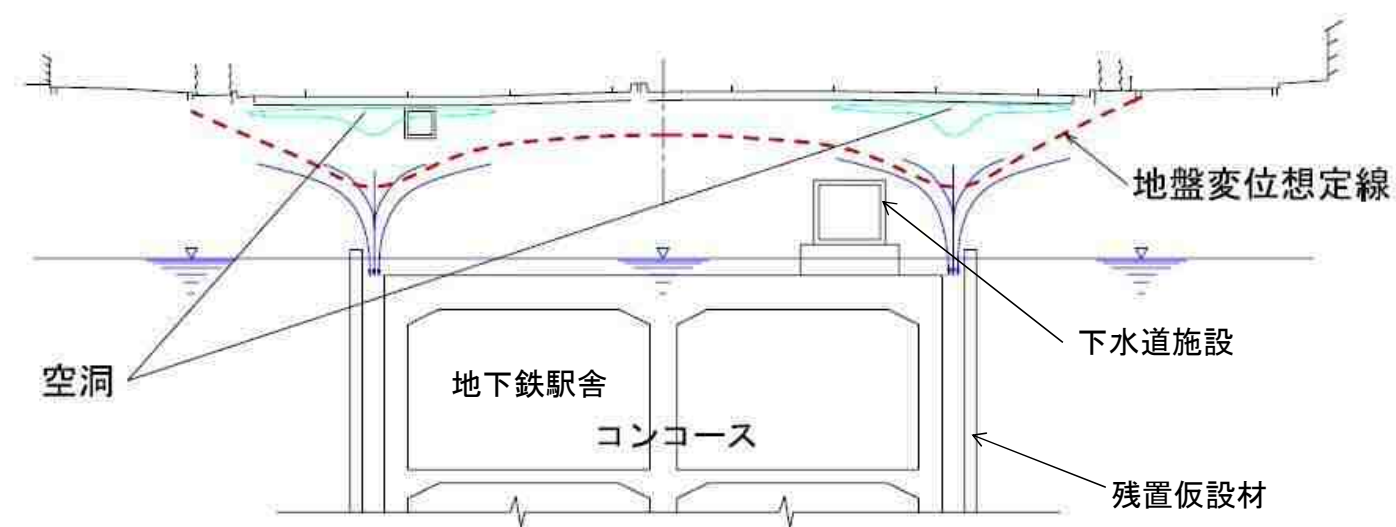
沈下箇所のコア採取路盤に路床土が混入



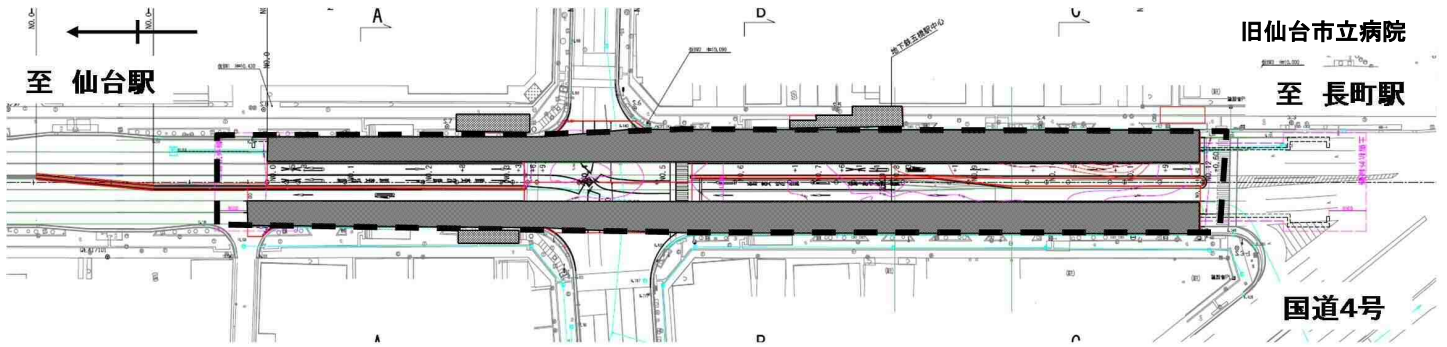
流動化による地下水上昇



地下水降下による地盤沈下と空洞化



路床改良（ソイルセメント）による対策工

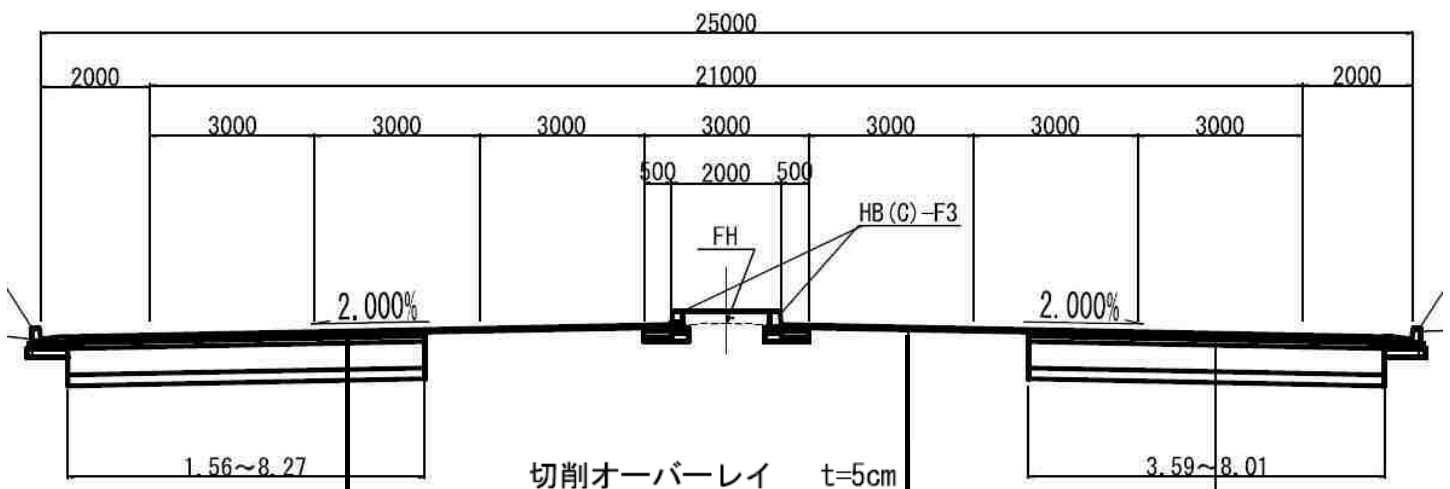


工事概要

復旧延長 L = 299.8 m

車道部	表層工	A = 5, 503 m ²	歩道部	ブロック舗装工	A = 215 m ²
	基層工	A = 3, 762 m ²		上層路盤工	A = 31 m ²
	上層路盤工	A = 2, 791 m ²		下層路盤工	A = 215 m ²
	下層路盤工	A = 3, 247 m ²			
	路床置換工	A = 2, 530 m ²			

路床改良（ソイルセメント）による対策工



表層	密粒度(20)ポリマー改質Ⅱ型	t= 5cm
基層	粗粒度ポリマー改質Ⅱ型	t= 7cm
上層路盤	瀝青安定処理	t=10cm
下層路盤	クワッシャーランRC-40	t=48cm
路床改良	ソイルセメント	t=20cm

道路陥没の未然防止

⇒ 定期的な路面下空洞調査の実施

- 定期的な路面下空洞調査

- ◇全体調査（5年に1回）

- 【対象路線】

- 車道 約500km（緊急輸送道路及び幹線道路）

- 歩道 約20km（歩行者の多い都心部など）

- ◇補足調査（全体調査の2～4年後）

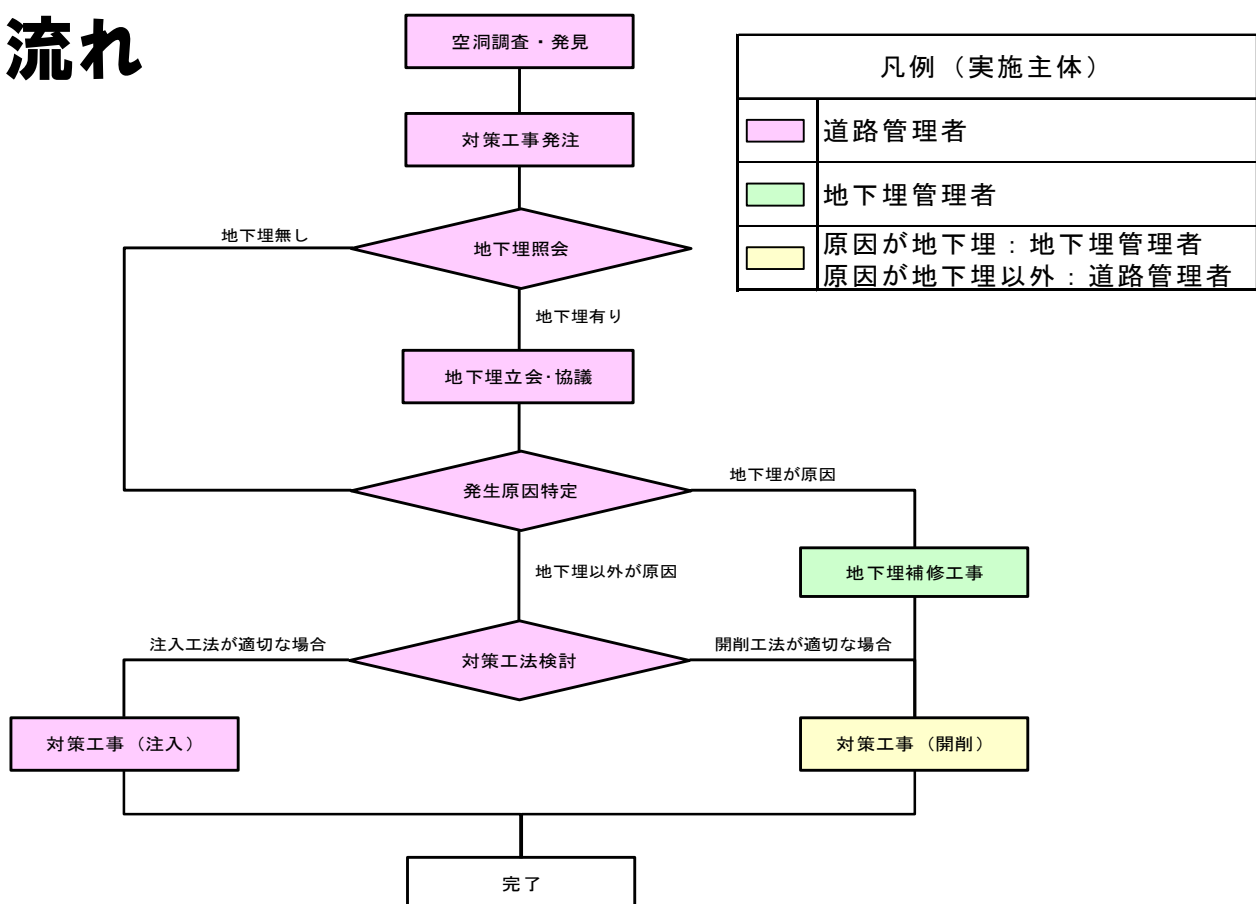
- 空洞の進行状況等を確認する追跡調査

- 【対象路線】

- 全体調査で空洞が多く発見されている路線

- 交通量の多い路線

対策の流れ



路面下空洞対策

道路施設や地下埋設物の老朽化の進展
地震や大雨などによる災害リスクの高まり

- ・ 民間技術の向上や新技術
- ・ 自治体職員の技術力向上
- ・ 計画的な空洞調査と対策の実施
- ・ 道路パトロールによる路面変状の把握
- ・ 市民参加による道路不具合箇所の把握
- ・ 各種データの蓄積
- ・ 関係機関との連携



道路通行の安全・安心を確保

23

防災環境都市
仙台

地盤及び土質特性等による 路面下空洞の発生傾向分析に関する研究

神戸市・神戸の減災研究会

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

地盤及び土質特性等による路面下空洞の発生傾向分析に関する研究

神戸市・神戸の減災研究会

1. 神戸市内の路面下空洞データの抽出および評価

神戸市が H8～H28 で空洞調査を実施した件数は 816 件 (図-1) であり, H8～H24 の 17 年間で 275 件(約 16 件/年), H25～H28 の 4 年間で 541 件(約 135 件/年)と近年, 空洞調査の実施数が急増していることが確認できる. 空洞調査の実施数が急増している理由として, 近年道路陥没が頻繁に発生しており, 空洞調査の重要性が高まってきているからと推測できる.

実際のデータより, 空洞調査の空洞ごとの最終評価は「空洞」と判断されたものが 219 件, 「空洞の可能性有」と判断されたものが 547 件, 「その他」と判断されたものが 50 件であった. 「空洞の可能性有」と判断されたものは大半が H25～H28 の調査分のものであり, 路面陥没発生の危険度評価に則ってレーダー探査の後, スコープ調査を実施していない. 路面陥没発生の危険度評価によってスコープ調査をするか否かを判断するようになった理由として, H25 から空洞調査実施数が急増しており, 全てを詳細に調査すると手間・費用が膨大になってしまうため, 危険度の高い空洞だけを詳細に調査する必要があるからである. 「その他」と判断されたものは空洞ではなく埋設物・異物の可能性が高いものあるいは異常がないと判断されたものである. 「空洞の可能性有」・「その他」と判断された 599 件に関しては傾向分析を行っていない.

路面下の空洞調査を実施した年度, 空洞発生の道路種別, 空洞発生位置座標や空洞の深度・規模(厚み, 縦横断長さ, 面積, 体積)のデータを抽出することで対象地域の路面下空洞の性質を考察する.



図-1 路面下空洞調査分布図

1.1 道路種別

路面下空洞割合は車道 98%, 歩道 2%であった. 一般に地下埋設物は車歩道に関係なく埋設されていることから, 車道上の交通活荷重が空洞発生要因のひとつであると推測できよう.

1.2 路面下空洞の深度分布

地中レーダー探査の限界深度は 1.5m である. 路面下空洞の深度分布を図-2 に示す. 空洞深度は概ね 1.0m より浅く, 発生件数は深度 0.3m から 0.4m にかけて急激に増加しており, その後山なりに減少している. また, 深度 0.4m~0.6m で発生している路面下空洞が全体に占める割合は 67.6%であった. この付近には, 内径 100~150mm の雨水管が埋設されている可能性が極めて高く, 雨水管の不具合と空洞発生との因果関係が示唆される.

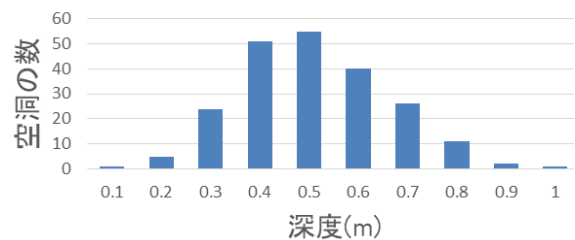


図-2 路面下空洞の深度分布

1.3 路面下空洞下部の地盤材料の構成割合および地盤層の崩壊割合

空洞と判断された 217 件のうち, 空洞上下部に広がる地盤材料が特定できた 185 件の調査データを分析した. 図-3 に, 路面下空洞下部の地盤材料の構成割合を示す. 細粒分を殆ど含まない碎石, 砂および真砂土が全体の 70%を占めている. 図-4 は, 路面下空洞上下部の地盤材料を同一層と異層とに分類した結果である. 一方, 同一層における地盤材料毎の空洞件数を表-1 に示す. 路面下空洞の 66%(123 件)が異層間で発生しており, おそらく交通活荷重による振動により, 異なる地盤材料の境界面で空洞が発生したことが推測される.

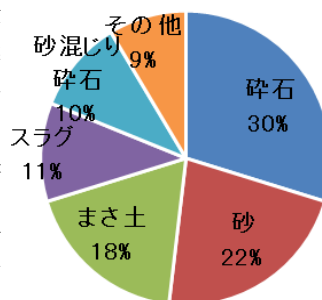


図-3 地盤材料の構成割合

表-1 路面下空洞件数

地盤層の崩壊	空洞件数
同一層	62
異層	123
同一地盤層	空洞件数
スラグ	20
碎石	18
まさ土	11
砂	6
砂混じり碎石	4
その他	3

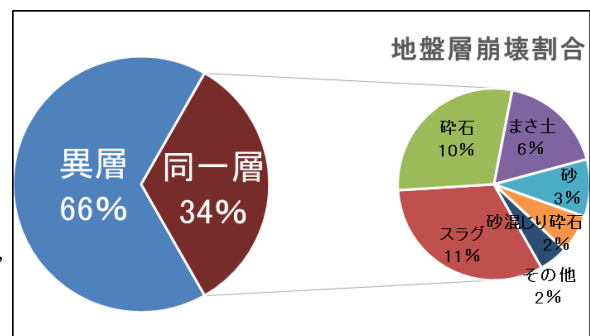


図-4 地盤層の崩壊パターン

つまり, 異層の境界面では交通振動に対して異なる挙動を示すため, ひずみが生じやすく空洞発生の原因となり得る. また, 異層間で生じた空洞 123 件の大半は, 空洞上部がコンクリート・スラグ系の堅固な層, 空洞下部が砂・真砂土・礫系の軟弱な層で構成されており, 空洞下部の軟弱層が空洞上部の堅固層と比べて, 振動の影響を受けやすいことがわかった. 一方, 同

一層においては、スラグ・碎石における路面下空洞の件数が顕著に多いことがわかった。

1.4 空洞の厚みと空洞下部の地盤材料の関係性

図-5 に、空洞下部の地盤材料と発生した空洞の厚みとの関係を示した。図-5 より、砂混じり碎石、スラグのように粒度分布が良く比較的粒子の大きな地盤材料の場合、砂・真砂土・碎石と比較して締固め易く、浸食されにくいいため、空洞の厚みが相対的に小さくなる傾向が見られた。

2. 空洞発生の分類と事例分析

本稿では、空洞の発生過程を「吸出し型」と「沈下型」の2種に大きく分類した。「吸出し型」の空洞は主に護岸際や下水道等の水系埋設物の近辺で発生し、台風・豪雨の影響を大きく受け、空洞が急速に拡大する傾向にある。一方、「沈下型」の空洞は締固め不足等が原因で、振動、水浸等の外因により生じる。

2.1 「吸出し型」で生じる空洞の事例分析

「吸出し型」で生じる空洞の主な事例として、護岸構造物背面土砂の吸出しが挙げられる(図-6.1)。発生箇所は護岸擁壁や橋台の背面であり、地盤内へ水が流入・流出を繰り返す、徐々に土砂が浸食される。図-6.2 に示す事例は、ある地域における河川沿いの市道で発生した。空洞の発生深度は0.22mと比較的浅く、空洞厚さは0.62mと大きいものであった。なお、周辺に埋設物は敷設されていない。

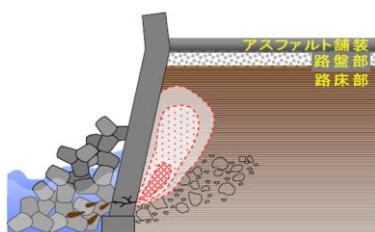


図-6.1 構造物背面土砂の吸出し

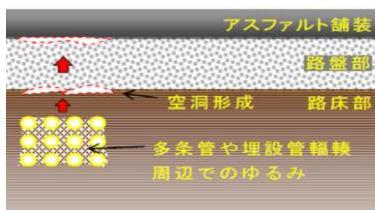


図-7.1 路盤の転圧不足

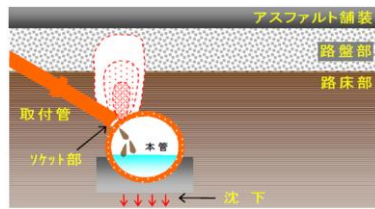


図-8 地下埋設物破損箇所からの吸出し

2.2 「沈下型」で生じる空洞の事例分析

「沈下型」で生じる空洞の主な事例に、路盤の転圧不足が挙げられる(図-7.1)。発生箇所は地下埋設物や構造物の周辺であり、埋設管敷設時の転圧不足で生じたゆるみが拡大するのが原因である。図-7.2 に示す事例は、道路交差点部に位置し、空洞の発生深度は0.61mで空洞厚さは0.05mであった。空洞の周辺には下水道管とガス管が敷設されていた。

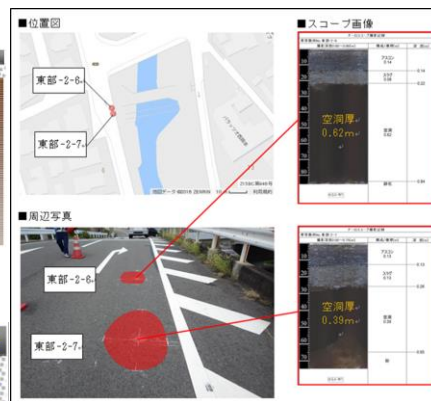


図-6.2 吸出し型の適用事例



図-7.2 沈下型の適用事例

3. 交通量および人口数による空洞発生箇所の傾向分析

交通活荷重の影響による振動によって、異なる路盤材料の境界面で空洞が発生する可能性もあるため、交通量による空洞発生箇所の傾向を把握する必要がある。

そこで、本研究では、神戸市に所在している3つの区(長田区、兵庫区、中央区)における25箇所の路線を対象とし、国土交通省道路局で平成27年度に実施した「全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 箇所別基本表」の内、24時間自動車類交通量(小型車+大型車)のデータを用いて、空洞位置とArcGIS上に重ね合わせることで傾向分析を実施した。ここで、空洞位置のデータは、H8~H28まで実施した空洞調査結果の内、スコープ調査により「空洞」と判断されたデータ(219件)に、レーダー探査装置により「空洞の可能性有り」と判断されたデータ(547件:スコープ調査未実施)を加えたデータである。

一方、空洞位置における人口数を把握することも重要であるため、「国土数値情報のGISホームページ」から入手した「500mメッシュ別2010年人口数(総務省統計局)」のデータを追加でAirGIS上にインプットし、その傾向を分析した。その結果を図-9に示す。

図-9から分かるように25箇所の路線の中、24時間の交通量が5,181~10,000台の路線は4箇所、10,001~20,000台の路線は12箇所、20,001~30,000台の路線は6箇所、30,001~40,000台の路線は2箇所、40,001台以上の路線は1箇所と

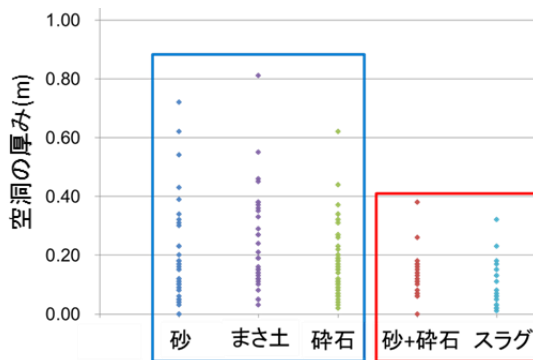


図-5 空洞下部の地盤材料ごとの空洞厚み

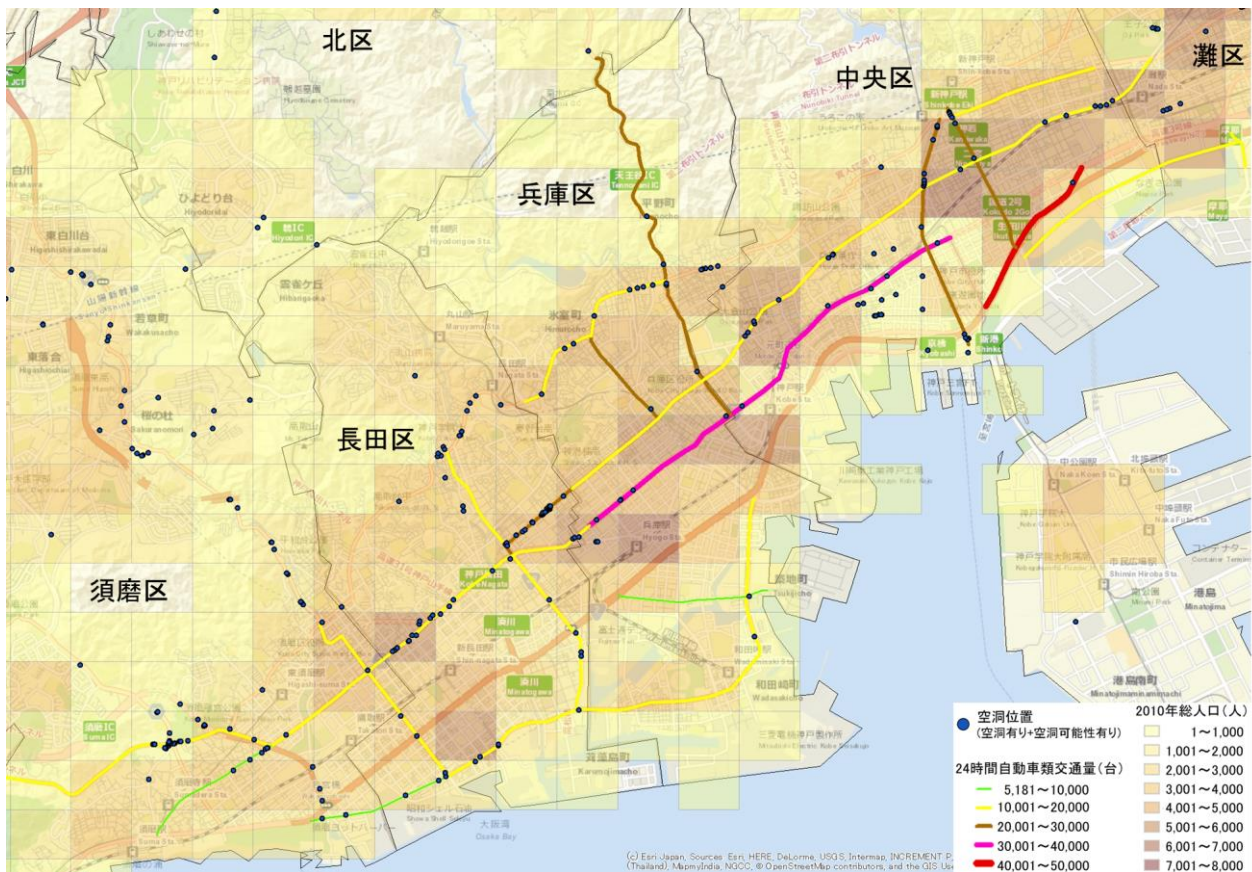


図-9 交通量，総人口，空洞位置をArcGIS上に重ね合わせた分布図

なっている。その内、10,000台以上の路線がほとんどで、20,000台以上の路線は中央区と兵庫区を中心に分布しており、交通量が高い一部の路線では、空洞が集中している傾向もあるが、交通量が高くなるほど、空洞が多くなる明確な傾向は見られなかった。

しかし、人口数と併せて定性的に分析してみると、山岳部などの人口密度が低い地域より、人口密度が高い市内において、交通量が10,000台以上の地域に空洞が多い傾向が確認できた。

もちろん、交通量のデータがない路線もあり、実際にスコープ調査が行われていない「空洞の可能性有り」のデータも図-9に含まれていることから、今後、神戸市全地域を対象とした路線別交通量のデータと人口数データをAirGISに加えて精査して行く必要がある。

4. 汚水管による空洞発生箇所の傾向分析

神戸市においては、公共下水道管路施設の台帳システムがあり、管路施設の諸元及び管内調査結果等を蓄積している。台帳システムデータの内、特に汚水管路施設については、管内調査結果が多く蓄積されているため、汚水管渠の異常による空洞発生箇所の傾向を把握する必要がある。

そこで、本研究では、神戸市に所在している3つの区（長田区，兵庫区，中央区）におけるスコープ調査により空洞と判明された空洞箇所（84箇所）及び地中レーダー探査から空洞の可能性ありと判断された箇所（96箇所）の全180箇所

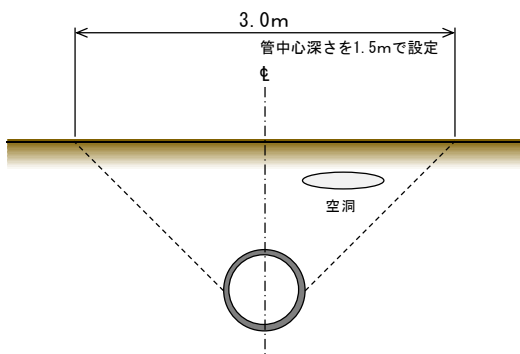


図-10 汚水管渠が起因する可能性のある空洞位置抽出イメージ図

表-2 汚水管渠が起因する可能性のある空洞箇所抽出結果一覧表

空洞 深 度 (m)		0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	計
空洞調査結果	空洞	47	37	0	84
	空洞の可能性あり	42	52	2	96
	計 (Σ a)	89	89	2	180
汚水管渠抽出結果	空洞	9	5	0	14
	空洞の可能性あり	11	15	1	27
	計 (Σ b)	20	20	1	41
割合 Σ b / Σ a	空洞	0.19	0.14	—	0.17
	空洞の可能性あり	0.26	0.29	0.50	0.28
	計	0.22	0.22	0.50	0.23

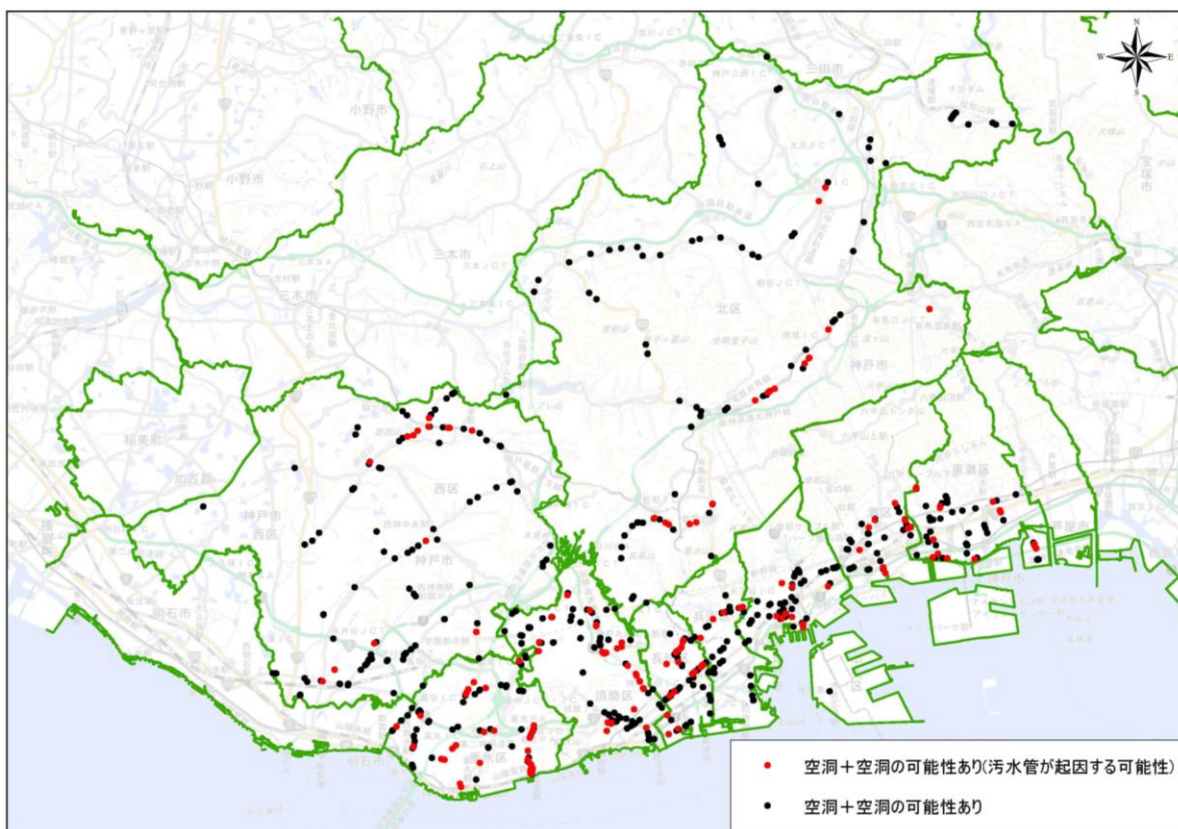


図-11 汚水管渠が起因する可能性のある空洞箇所抽出図

所の空洞位置を対象とし、神戸市公共下水道管路施設台帳システムのデータを用いて、空洞位置と下水道管路（汚水管渠）を ArcGIS 上に重ね合わせることで傾向分析を実施した。

ここで、下水道管路（汚水管渠）が起因する可能性のある空洞位置は、図-10 に示すように汚水管渠法線を中心に幅 1.5m の範囲（全幅 3.0m）に存在する空洞位置を抽出した。

抽出された空洞位置は、図-11 に示すとおりであり、空洞箇所数を整理すると表-2 のようになり、空洞箇所は 17%（14 箇所/全 84 箇所）、空洞の可能性のある箇所は 28%（27 箇所/全 96 箇所）、トータルで 22%（41 箇所/全 180 箇所）である。概ね、空洞及び空洞の可能性のある箇所の 1/4 は、下水道管路（汚水管渠）が起因する可能性がある。次に、空洞の発生に起因する可能性がある下水道管路（汚水管渠）に着目して分析を行う。

公共下水道管路施設の台帳システムデータは、管渠番号（人孔から人孔＝スパン）で管理されているため、空洞の発生に起因する可能性がある汚水管渠は、スパン単位で抽出される。

表-3 汚水管渠の管種別抽出スパン整理表

管 種	スパン数	割合
鉄筋コンクリート管	35	0.90
硬質塩化ビニール管	4	0.10
計	39	

表-4 異常箇所数の管種別・異常種別集計表

管 種	破損		鉛直ズレ		鉛直クラック		水平クラック		目地開き		浸入水		木根侵入		取付管異常		計
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
鉄筋コンクリート管	5	0	3	17	8	0	2	1	53	2	2	1	6	0	0	100	
硬質塩化ビニール管	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
計	5	0	3	17	8	0	2	1	53	2	2	1	6	0	0	100	
全異常に対する割合	0.05	0.00	0.03	0.17	0.08	0.00	0.02	0.01	0.53	0.02	0.02	0.01	0.06	0.00	0.00		

※取付管異常：破損、ズレ、木根侵入、浸入水

表-2 に示す空洞及び空洞の可能性のある 41 箇所に対し、汚水管渠は 39 スパン抽出された。この汚水管渠を管種別に整理すると表-3 のようになり、鉄筋コンクリート管が 90%（35 スパン/全 39 スパン）、硬質塩化ビニール管が 10%（4 スパン/全 39 スパン）である。

抽出された 39 スパンの汚水管渠で管内カメラ調査を実施しているスパンは、28 スパンであり約 7 割が管渠内の異常を確認している。

空洞発生に起因すると考えられる異常は、管内に管周辺の土砂を引き込む可能性のある異常と考えると、以下の異常である。

- 破損 A
- 継手部鉛直ズレ A・B
- 継手部目地開き A・B
- クラック（鉛直） A・B
- クラック（水平） A・B
- 木根侵入 A・B
- 浸入水 A・B
- 取付管異常：破損A, ズレA・B, 木根侵入A・B, 浸入水A・B

上記の異常箇所数を管種別・異常種別に整理したものを表-4 に示し、各異常の割合を図-12 に示す。その結果、空洞発生に起因すると考えられる異常は、継手部目地開きが54%（54箇所/全100箇所）を占めている。

以上より、空洞及び空洞の可能性のある箇所は、概ね 1/4 が下水道管路（汚水管渠）が起因している可能性がある。さらに空洞発生は、下水道管路（汚水管渠）の管種が鉄筋コンクリート管で、継手部目地開きの異常が関係していると考えられる。

5. 分析結果および考察

従来のように道路陥没事故が発生した後に、事後的に対症療法的な復旧する方法では、非常に危険であり、また復旧に多大な予算と時間を必要とする。未然に道路陥没を防止するためには、定期的に空洞探査を実施し、そして非常に多かつ複雑な空洞発生要因を考慮した上での危険箇所の把握が不可欠であった。

神戸市の空洞データから判断できた特質を整理した。具体的に、浅層部では深度 0.4~0.6m に空洞が集中していること、砂・まさ土・碎石よりも砂混じり碎石・スラグのような細粒分と粗粒分が適切に混合される地盤材の場合、締めめしやすく浸食されにくいいため空洞の厚みが小さくなること等が確認できた。

空洞を「吸出し系」・「沈下系」に分類し、その事例を分析することで空洞発生メカニズムごとに生成される空洞の特徴が比較的類似するということが確認できた。具体的に、「吸出し系」の平均空洞厚さは 0.35m であり、最大厚さは 0.62m と非常に大きく、「沈下系」と比較して空洞厚さが非常に大きい傾向にあった。また、「沈下系」の平均空洞厚さは 0.12m と非常に小さかった。一方「沈下系」のうち、道路端部での転圧不足が原因となる空洞の平均縦断方向の長さは 20.9m であり、中には縦断方向の長さが 51.7mの空洞(異常箇所 No.西部-8-7 : H27)がある等、「吸出し系」と比較して縦断方向の長さが大きい傾向にあった。以上のように「吸出し系」・「沈下系」の空洞発生メカニズムの違いによって、発生する空洞に異なる傾向が見られることを確認した。また、その他として「吸出し系」・「沈下系」のどちらにも分類されなかったが、平均空洞厚みが 0.37m と大きい空洞が数件見られた。これらの空洞は国道 174 号線に集中的に分布しており、周辺が埋立地であるという地質的要因が影響しているのではないかと推測できた。これは、埋立地では上載荷重の増加により圧密沈下が起こりやすく、液状化しやすいという背景とも合致する。以上のように埋立地のような地形的要因に関しても、各地域の地形特性ごとに考慮していくべきではないかと考えた。

一方、交通量および人口数による空洞発生箇所の傾向を把握するため、25 箇所の路線を対象とし、24 時間自動車類交通量のデータおよび 500m メッシュ別 2010 年人口数のデータを用いて、空洞位置と ArcGIS 上に重ね合わせることで傾向分析を実施した。その結果、交通量が高い一部の路線では、空洞が集中している傾向もあるが、交通量が高くなるほど、空洞が多くなる明確な傾向は見られなかった。しかし、人口数と併せて定性的に分析してみると、山岳部などの人口密度が低い地域より、人口密度が高い市内部において、交通量が 10,000 台以上の地域に空洞が多い傾向が確認できた。今後、神戸市全地域を対象とした路線別交通量のデータと人口数データを ArcGIS に加えて精査して行く必要がある。

また、長田区、兵庫区、中央区における空洞箇所（84 箇所）及び空洞の可能性のある箇所（96 箇所）の全 180 箇所の空洞位置を対象とし、神戸市公共下水道管路施設台帳システムのデータを用いて、空洞位置と下水道管路を ArcGIS 上に重ね合わせることで傾向を分析した結果、空洞および空洞の可能性のある箇所は、概ね 1/4 が下水道管路に起因している可能性があり、空洞発生は、下水道管路の管種が鉄筋コンクリート管で、継手部目地開きの異常が関係していると考えられる。

6. 今後の展望

今後の課題として、もう少し分析する件数を増やすこと、雨水管・地盤データ・交通量等さらなるデータを「ArcGIS」上に加えること等を通して、空洞発達箇所の把握・推定の精度をより高めていく必要がある。様々な空洞発

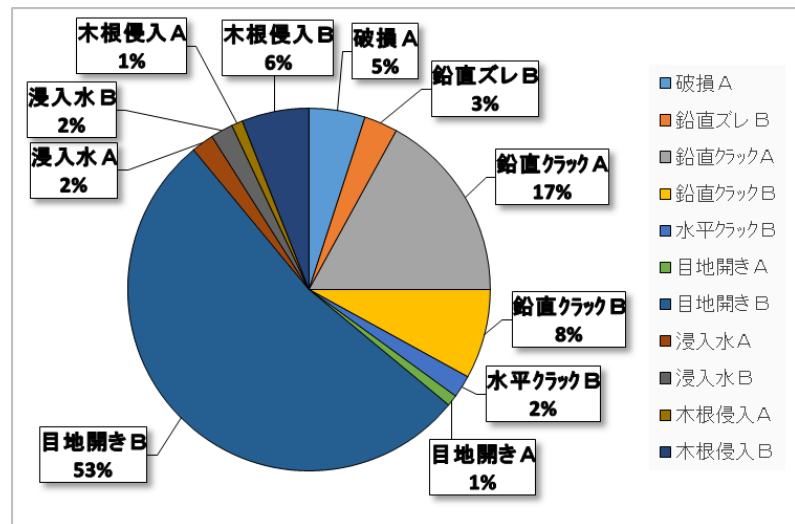


図-12 各異常の割合

生要因のデータと空洞調査結果を組み合わせることは空洞発達箇所の推定に有意義であるが、量が膨大すぎるため、調査域全体で分析するのは困難である。そのため、ある程度の大きさの地域メッシュに区切り、特徴の異なる小区域で考察を行い、その後特徴の似た地域に適用していくことが効率的であると考えられる。

一方、地下水による空洞への影響の有無を把握するためには、空洞発生箇所を対象とし、地盤特性・水理特性および地下構造物などを考慮した広域地下水流動解析¹⁾を行う必要がある。例えば、同じ市内でも地盤特性・水理特性・地形・常時の地下水位・地下構造物・河川の有無等によって、降雨時の地下水位の消散速度が遅い場所と早い場所がある。地下水位の消散速度の傾向に着目すると、降雨時のみならず、上下水道管渠から水漏れが発生した場合、地下水位が上昇しやすい場所や地下水位の消散速度が遅い場所などを把握することができ、空洞発生箇所との相関関係を調べることができる。しかし、神戸市全地域に対して広域地下水流動解析を行う場合、地盤モデルの層準の推定に膨大な時間を要するだけでなく精度が高い良好な結果を得られないため、解析結果の精度向上には、解析対象領域を分割して解析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 澁谷 啓, 白 濟民, 齋藤 雅彦: 雨水浸透施設の適地マップ作成のための地盤調査・解析法, 土木学会論文集 C 分冊 (地圏工学), Vol. 71, No. 4, 380-394, 2015.

広島市舗装修繕マニュアルについて

広島市

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議



広島市舗装修繕マニュアルについて



広島市道路交通局道路部道路課

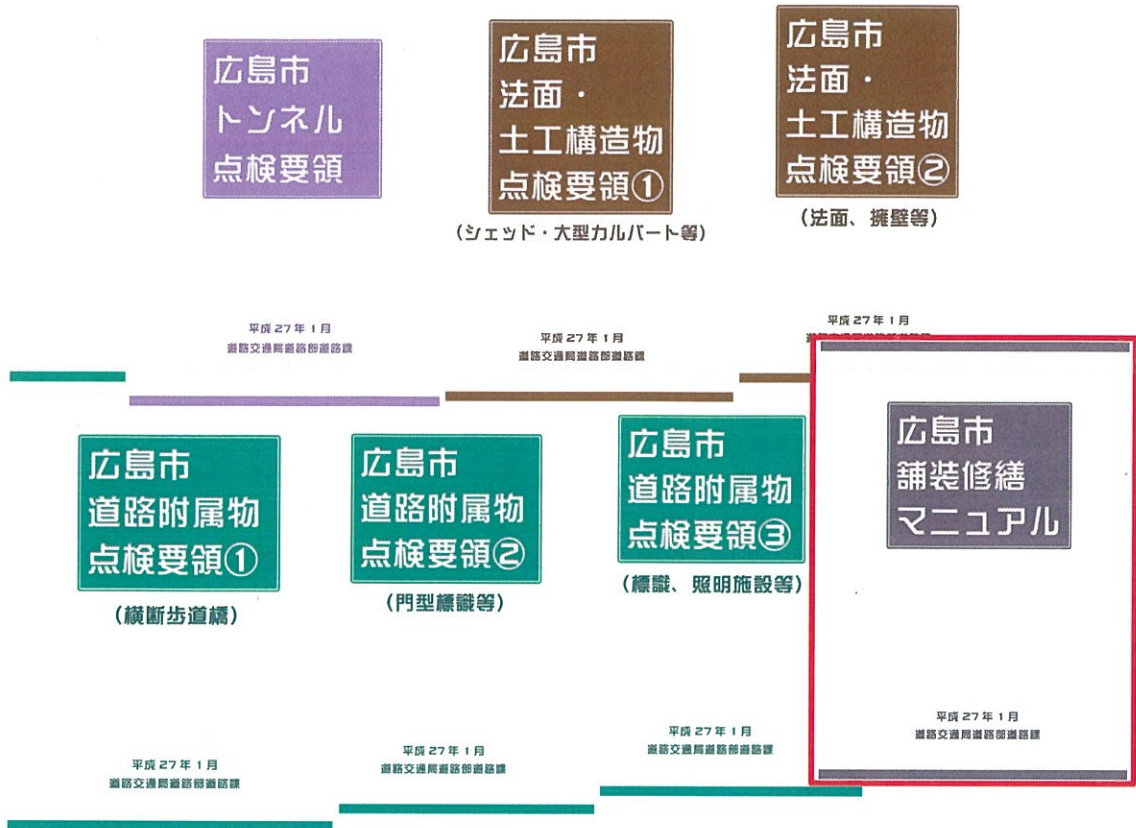
道路の老朽化対策に関する取組の経緯

- 平成24年12月 笹子トンネル天井板落下事故
- 平成25年2月～ 道路ストックの総点検を開始
- 平成25年5月 鈴が峯陸橋のコンクリート片落下事故
- 平成25年5月 仁保橋のコンクリート片落下事故
- 平成26年6月 国による定期点検要領の通知
- 平成26年7月 定期点検に関する省令・告示の施行



広島市道路構造物点検要領等の策定

広島市道路構造物点検要領等の策定



道路構造物の点検要領等の概要（橋りょうを除く）

道路交通局道路部道路課

点検要領等	広島市トンネル点検要領		広島市法面・土工構造物点検要領		広島市道路附属物点検要領			広島市舗裝修繕マニュアル																																														
	①	②	①	②	①	②	③																																															
対象	トンネル	シェッド（洞門）・大型カルバート等	法面・擁壁	横断歩道橋	門型標識・門型道路情報提供装置	道路標識・道路照明施設等	舗装																																															
点検等の種別・内容・頻度	<p>定期点検 近接目視を基本とする。必要に応じ打音検査等を併用して5年に1回実施。 ＜トンネル＞ 覆工、坑門及び、附属物等の9項目を点検して、ひび割れ、浮き、剥離等の損傷状況を把握する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置後1年から2年の間に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施</p>	<p>定期点検 近接目視を基本とする。必要に応じ打音検査等を併用して5年に1回実施。 ＜シェッド＞ 壁・柱や基礎等の12項目を点検して、ひび割れ、浮き、剥離等の損傷状況を把握する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置後1年から2年の間に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施</p>	<p>定期点検 目視を基本とする。10年に1回目視による現地確認を実施して、変状等が認められる箇所を抽出し、安定度調査を実施する。 ①安定度調査 法面や擁壁等の地形、変状等を調査し、総合評価を実施する。 ②防災カルテ点検 安定度調査に基づく総合評価において、要対策、経過観察（カルテ点検）とした箇所の実状の確認を1年に1回実施する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置後1年から2年の間に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施</p>	<p>定期点検 近接目視を基本とする。必要に応じ打音検査等を併用して5年に1回実施。 ＜横断歩道橋＞ 主桁や橋脚等の63項目を点検して、腐食、き裂、破断等の損傷状況を把握する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置後1年から2年の間に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施</p>	<p>定期点検 近接目視を基本とする。必要に応じ打音検査等を併用して5年に1回実施。 ＜門型標識等＞ 支柱や横架等の6項目を点検して、腐食、き裂、破断等の損傷状況を把握する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置・仕様変更の概ね1年後に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施</p>	<p>定期点検 ①詳細点検 近接目視を基本とする。必要に応じ打音検査等を併用して10年に1回実施 ②中間点検 外観目視を基本とする。詳細点検を補充するため10年に1回実施。 ※交互に5年サイクルで実施する。 ＜道路標識・道路照明等＞ 支柱や横架等の6項目を点検して、腐食、き裂、破断等の損傷状況を把握する。</p> <p>通常点検 道路パトロール時に車内からの目視により実施</p> <p>初期点検 設置・仕様変更の概ね1年後に実施</p> <p>異常時点検 異常気象時等に必要に応じて実施 特定の点検計画に基づく点検計画を定めて実施</p>	<p>路面性状調査 路面性状測定車を用いることを基本とする。路面のひび割れ、わだち掘れの測定を5年に1回実施 ※対象は、大型車交通量1,000台/日程度かつ幅員13.5m以上の路線</p> <p>路面下空洞調査 路面下空洞調査車を用いることを基本とする。路面下の空洞の有無について、5年に1回調査を実施。 ※対象は、緊急輸送道路などの路線。 ①1次調査 路面下空洞調査車を用いて異常箇所を抽出する。 ②2次調査 1次調査において、抽出された異常箇所の空洞の規模を確認する。 ※調査結果を基に、修繕を要する区間を設定する。</p>																																															
健全性の診断等	4段階で健全性を診断	4段階で健全性を診断	3段階で総合評価	4段階で健全性を診断	4段階で健全性を診断	3段階で健全性を診断	修繕の判定（路面性状調査）																																															
区分	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>健全</td></tr> <tr><td>II</td><td>予防保全段階</td></tr> <tr><td>III</td><td>早期措置段階</td></tr> <tr><td>IV</td><td>緊急措置段階</td></tr> </table>	I	健全	II	予防保全段階	III	早期措置段階	IV	緊急措置段階	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>健全</td></tr> <tr><td>II</td><td>予防保全段階</td></tr> <tr><td>III</td><td>早期措置段階</td></tr> <tr><td>IV</td><td>緊急措置段階</td></tr> </table>	I	健全	II	予防保全段階	III	早期措置段階	IV	緊急措置段階	<table border="1"> <tr><td>要対策</td></tr> <tr><td>経過観察(カルテ点検)</td></tr> <tr><td>対策不要</td></tr> </table>	要対策	経過観察(カルテ点検)	対策不要	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>健全</td></tr> <tr><td>II</td><td>予防保全段階</td></tr> <tr><td>III</td><td>早期措置段階</td></tr> <tr><td>IV</td><td>緊急措置段階</td></tr> </table>	I	健全	II	予防保全段階	III	早期措置段階	IV	緊急措置段階	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>健全</td></tr> <tr><td>II</td><td>予防保全段階</td></tr> <tr><td>III</td><td>早期措置段階</td></tr> <tr><td>IV</td><td>緊急措置段階</td></tr> </table>	I	健全	II	予防保全段階	III	早期措置段階	IV	緊急措置段階	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>異常なし</td></tr> <tr><td>II</td><td>経過観察の必要あり</td></tr> <tr><td>III</td><td>施設の倒壊、落下等のおそれあり</td></tr> </table>	I	異常なし	II	経過観察の必要あり	III	施設の倒壊、落下等のおそれあり	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>望ましい管理基準</td></tr> <tr><td>II</td><td>修繕候補区間</td></tr> <tr><td>III</td><td>修繕を要する区間</td></tr> </table> <p>※空洞の規模に応じて速やかに修繕</p>	I	望ましい管理基準	II	修繕候補区間	III	修繕を要する区間
I	健全																																																					
II	予防保全段階																																																					
III	早期措置段階																																																					
IV	緊急措置段階																																																					
I	健全																																																					
II	予防保全段階																																																					
III	早期措置段階																																																					
IV	緊急措置段階																																																					
要対策																																																						
経過観察(カルテ点検)																																																						
対策不要																																																						
I	健全																																																					
II	予防保全段階																																																					
III	早期措置段階																																																					
IV	緊急措置段階																																																					
I	健全																																																					
II	予防保全段階																																																					
III	早期措置段階																																																					
IV	緊急措置段階																																																					
I	異常なし																																																					
II	経過観察の必要あり																																																					
III	施設の倒壊、落下等のおそれあり																																																					
I	望ましい管理基準																																																					
II	修繕候補区間																																																					
III	修繕を要する区間																																																					
措置	定期点検、診断結果、措置の内容等を記録・保存	定期点検、診断結果、措置の内容等を記録・保存	定期点検、評価結果、措置の内容等を記録・保存	定期点検、診断結果、措置の内容等を記録・保存	定期点検、診断結果、措置の内容等を記録・保存	定期点検、診断結果、措置の内容等を記録・保存	調査結果、措置の内容等を記録・保存																																															

適用の範囲

本マニュアルは、広島市が管理する幹線道路の舗装の調査・修繕及び路面下の空洞調査に適用する。

1 適用の範囲

本マニュアルは、広島市が管理する幹線道路の舗装の調査・修繕及び路面下の空洞調査に適用する。

【解説】

本マニュアルは、道路法（昭和27年法律第180号）第3条に規定する道路のうち、広島市が管理する幹線道路の車道部の舗装の調査・修繕及び路面下の空洞調査に適用する。

舗装の調査・修繕は、大型車交通量1,000台/日程度かつ幅員13.5m以上の路線に適用する。路面下の空洞調査は、緊急輸送道路などの路線に適用する。

本マニュアルにおいて修繕は以下のように定義する。

修繕：舗装の性能が低下し、維持では不経済もしくは十分な回復効果が期待できない場合に、建設時の性能程度に復旧することを目的として行うものをいう。

2 調査・修繕の目的

本マニュアルにおける舗装の調査・修繕は、舗装の計画的かつ効率的な維持管理を行い、安全で円滑な交通の確保を図ることを目的とする。

また、路面下の空洞調査は、路面下に発生した空洞を発見することにより、陥没による被害を防止し、市民の安全・安心の確保を図ることを目的とする。

路面下の空洞調査（一次調査）

要領6/14ページ

5.2 調査の方法

路面下の空洞調査は、一次調査として路面下空洞調査車（車載型地中レーダ）を用いて非破壊調査により効率的に異常箇所を抽出する。二次調査では詳細調査を行い、空洞の有無、空洞の厚み、空洞の発生深度（路面から空洞上端部までの深度）、舗装構成などを確認する。

【解説】

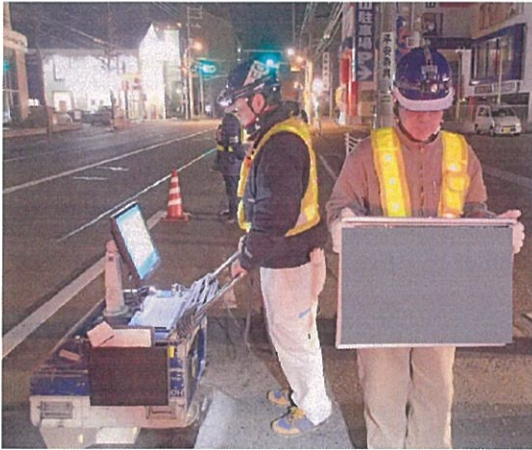
路面下の空洞調査は、異常信号を抽出する一次調査と空洞規模などの詳細を確認する二次調査で構成された調査方法である。

一次調査は、一般車両に対し安全・円滑な交通を確保するとともに、短時間で調査が行える自走式の路面下空洞調査車（車載型地中レーダ、＜写真 5.2-1＞）を用いて非破壊調査を行い、取得した記録データの解析により異常箇所を抽出し、「概略位置」を把握する調査である。



＜写真 5.2-1＞路面下空洞調査車の例

二次調査は、一次調査で抽出された異常箇所において、ハンディ型地中レーダ<写真 5.2-2>を使用し「空洞の可能性の有無」と「空洞の広がり」、「ボーリング削孔ポイント」を特定する。また、スコープ調査<写真 5.2-3>により、「空洞の有無」、「空洞の厚み」、「空洞の発生深度（路面から空洞上端部までの深度）」、「舗装構成」などを確認する調査である。



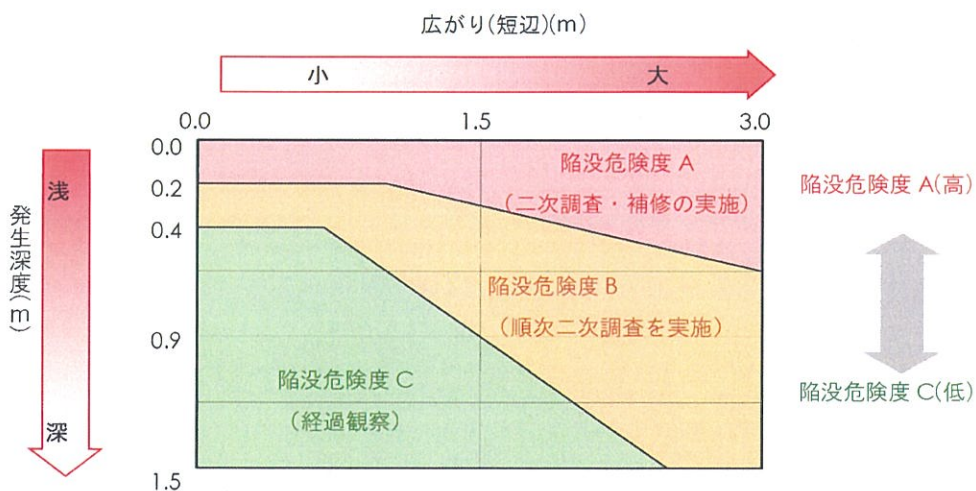
<写真 5.2-2>ハンディ型地中レーダ調査状況



<写真 5.2-3>スコープ調査状況

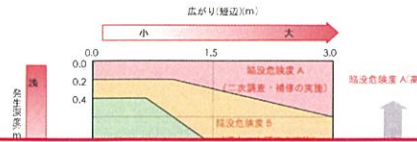
路面下の空洞調査（陥没の可能性評価）要領7/14ページ

スコープ調査の実施にあたっては、抽出された空洞の可能性のある箇所を闇雲に調査するのではなく、路面陥没が発生する可能性の評価を行い、この判定結果に応じて優先順位を設け対応する。これは、<図 5.2-1>に示すように、異常信号の発生深度が0.2m以下のものは、広がりに関係なく舗装材料の自重によって陥没する可能性が高いと考えられていることや、広がりが1.5m程度で、アスコン直下（異常信号の発生深度0.3m以下）のものは陥没の危険性が高いと考えられていることなどを踏まえ、基本的な対応方針として定めている。



<図 5.2-1>陥没の可能性評価

スコープ調査の実施にあたっては、抽出された空洞の可能性のある箇所を厳密に調査するのではなく、路面陥没が発生する可能性の評価を行い、この判定結果に応じて優先順位を設け対応する。これは、〈図 5.2-1〉に示すように、異常信号の発生深度が0.2m以下のものは、広がりに関係なく舗装材料の自重によって陥没する可能性が高いと考えられていることや、広がり1.5m程度で、アスコン直下（異常信号の発生深度0.3m以下）のものは陥没の危険性が高いと考えられていることなどを踏まえ、基本的な対応方針として定めている。



5.3 調査の頻度

路面下の空洞調査は、過去の調査結果等を踏まえ 5 年毎に調査対象路線を抽出し、調査計画を作成した上で実施することとする。なお、地震などの発災後においては、必要に応じて計画以外の路線についても調査を実施することができるものとする。

調査計画を作成することとする。これは、舗装の計画的かつ効率的な維持管理を行うために、「7 修繕実施区間の抽出」などにおいて、空洞調査の結果を反映し、必要対策を講じた上で舗装の修繕を実施することが望ましいとしたものである。

調査計画の作成にあたっては、過去の空洞調査の結果を踏まえるとともに、計画作成時点の緊急輸送道路の指定状況や、新たな陥没が発生した幹線道路の情報などを反映して、調査計画を作成することが望ましい。これは、遠慮に調査を実施した路線をもう一度調査するという考え方で作成するのではなく、調査によって得られた情報や道路状況の変化などを総合的に勘案し、対象路線を抽出した上で、調査計画を作成することが効率的な方法であるとしたものである。具体的には、過去の調査結果で経過観察とした箇所における異常信号の経年変化の調査や、川田などの多くの空洞が確認された発生箇所傾向などを踏まえて対象路線を抽出することが考えられる。

また、地震などの発災後においては、必要に応じて計画以外の路線についても調査を実施できるものとし、発災後の路面陥没による被害の防止に努めるものとする。

5.4 補修の実施

路面下の空洞は、速やかに補修を行うとともに、可能な限り空洞の発生原因を解明し、再発の防止に努めるものとする。

5.4 補修の実施

路面下の空洞は、速やかに補修を行うとともに、可能な限り空洞の発生原因を解明し、再発の防止に努めるものとする。

【解説】

路面下の空洞に関し、調査は一次調査で路面下空洞探査車（車載型地中レーダ）を用いて非破壊調査により効率的に異常箇所を抽出し、二次調査で空洞の有無、空洞の厚み、空洞の発生深度、舗装構成などを確認した上で、速やかに補修を実施することが標準的な対応となる。ただし、データ解析の段階で路面陥没が発生する危険性が有ると考えられる舗装直下の浅い位置の異常信号が確認された場合は、現地確認により路面上の変状の有無を確認し、状況に応じて緊急対応を行うことが求められる。なお、補修の実施にあたっては、地下埋設物等に起因する空洞であるかなどの空洞の発生原因をできる限り解明し、再発の防止に努める必要がある。地下埋設物等に起因する空洞であると解明された場合は、各施設管理者に補修等の対策を依頼するとともに、再発の防止に努めるよう指導するものとする。

5.4 補修の実施

路面下の空洞は、速やかに補修を行うとともに、可能な限り空洞の発生原因を解明し、再発の防止に努めるものとする。

【解説】

路面下の空洞に関し、調査は一次調査で路面下空洞探査車（車載型地中レーダ）を用いて非破壊調査により効率的に異常箇所を抽出し、二次調査で空洞の有無、空洞の厚み、空洞の発生深さ、舗装構成などを確認した上で、速やかに補修を実施することが標準的な対応となる。ただし、データ解析の段階で路面陥没が発生する危険性が有ると考えられる舗装直下の深い位置の異常信号が確認された場合は、現地確認により路面下の家状の有無を確認し、状況に応じて緊急対応を行うことが求められる。なお、補修の実施にあたっては、地下埋設物等に起因する空洞であるかなどの空洞の発生原因をできる限り解明し、再発の防止に努める必要がある。地下埋設物等に起因する空洞であると解明された場

5.5 調査結果の反映

路面下の空洞調査の記録は、日常管理などに活用できるように保管することとし、「広島市統合型 GIS（ひろしま道路ナビ）」に登録する。また、蓄積した記録は、修繕実施区間の抽出などに活用することとする。

4 路面性状調査、舗装構造の評価のための調査

4.1 調査の方法

路面性状調査は、路面性状測定車を使用して行う。調査にあたっては、単位区間毎にひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸を測定し、併せて路面状況について写真による記録を行う。

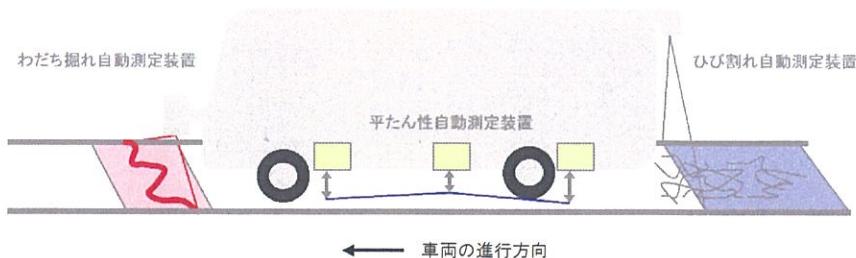
また、路面性状調査の結果に応じて、舗装構造の評価のための調査を行う。

【解説】

(1) 路面性状調査

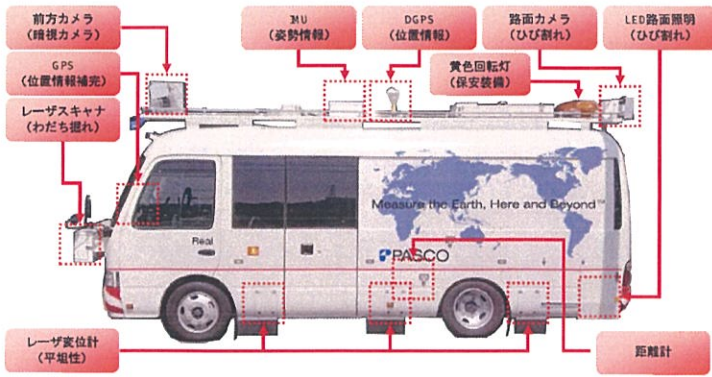
本マニュアルを適用する路線の路面の調査（以下、路面性状調査という）を調査員が目視で行う場合、多大な労力と時間を要することとなる。よって、本マニュアルによる路面性状調査は、短時間で機械的に測定が可能な路面性状測定車<図 4.1-1>を使用して行うこととする。

路面性状調査では、単位区間毎にひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸（以下、平坦性という）を測定する。ひび割れ、わだち掘れは単位区間を 20m として測定する。平坦性は、精度の良い測定値を得るため単位区間を 100m として測定する。併せて、単位区間内の路面の代表的な写真を撮影し、記録する。



<図 4.1-1>路面性状測定車による測定のイメージ

舗装の調査（路面性状調査）



路面性状測定車



写真による記録
(ビューワで閲覧可能)

路面性状測定結果

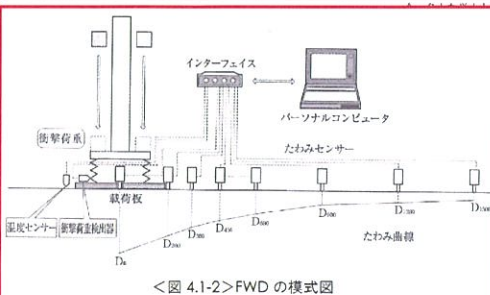
区役所	路線番号	路線名	上下区分	距離標		区間長 (m)	調査車線	構造物		調査年月	路面種別	ひび割れ(%, cm/m)			ポットホール数 (箇所)	バッチング数 (箇所)	わだち量れ(mm)		平坦性 (mm)	IRI (mm/m)	MCI	
				自 (km+m)	至 (km+m)			1	2			クラック	バッチング	計			最大	平均			値	式
中区	1037	1037号(主要地方道 広島三次線)	上	3+220	3+240	20	2	B		H2510	AS	35.0	0.0	35.0	0	0	5	5	4.12	5.72	3.5	3
中区	1037	1037号(主要地方道 広島三次線)	上	3+240	3+260	20	2	B		H2510	AS	42.0	0.0	42.0	0	0	10	10	4.12	5.72	3.2	3
中区	1037	1037号(主要地方道 広島三次線)	上	3+260	3+280	20	2			H2510	AS	48.0	0.0	48.0	0	0	20	20	4.12	5.72		1
中区	1037	1037号(主要地方道 広島三次線)	上	3+280	3+300	20	2			H2510	AS	14.0	0.0	14.0	0	0	15	15	4.12	5.72	4.2	1
中区	1037	1037号(主要地方道 広島三次線)	上	3+300	3+320	20	2			H2510	AS	12.0	0.0	12.0	0	0	10	10	2.81	3.98	4.8	1

舗装の調査（舗装構造の評価のための調査） 要領3/14ページ

(2) 舗装構造の評価のための調査

路面性状調査の結果に応じて、舗装構造の評価のための調査を行う。舗装構造の評価のための調査について、以下に参考として、FWD (Falling Weight Deflectometer、以下、FWD という) を用いた舗装のたわみ量測定を示す。

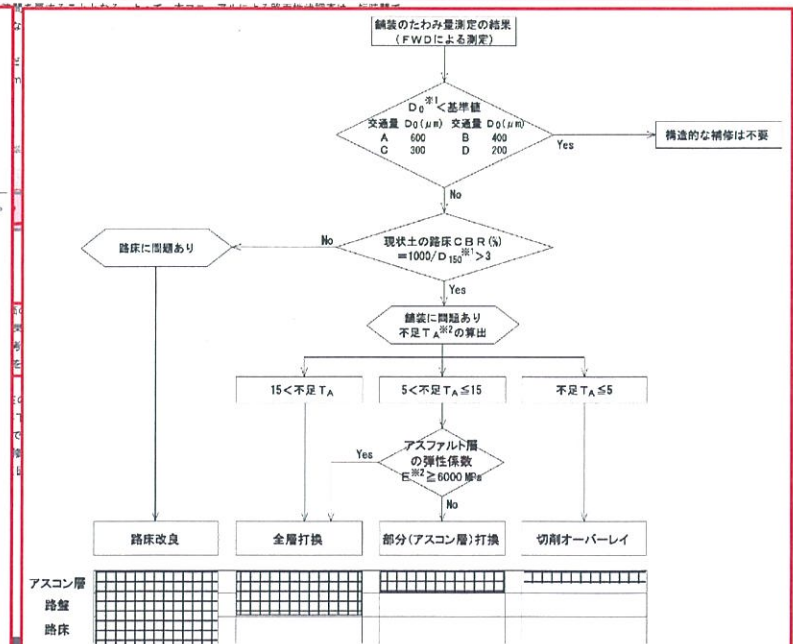
※路面性状調査の業務と合わせて実施

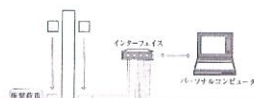


<図 4.1-2>FWD の模式図



<写真 4.1-1>車載型 FWD の外観例





4.2 調査の頻度

舗装の維持管理に関し、修繕を要する区間等の設定、路面性状の経年的変化の把握のため、路面性状調査を5年毎に実施することとする。

【解説】

本マニュアルでは、路面性状調査を5年毎に実施することとする。これにより、舗装の設計期間（原則10年）の中間的な調査、修繕を要する区間等の設定や、5年毎の測定値を用いた路面性状の経年的変化の把握が可能となる。

※5年毎に道路課で実施

【解説】

本マニュアルでは、路面性状調査を5年毎に実施することとする。これにより、舗装の設計期間（原則10年）の中間的な調査、修繕を要する区間等の設定や、5年毎の測定値を用いた路面性状の経年的変化の把握が可能となる。

修繕を要する区間等の設定

6 修繕を要する区間等の設定

路面性状調査の結果に対して、<表 6-1>の修繕の判定区分を適用し、修繕を要する区間等を設定する。

<表 6-1>修繕の判定区分

区分		維持管理指数（MCI）※1	わだち掘れ量及びひび割れ率
I	望ましい管理基準	$MCI \geq 5$	—
II	修繕候補区間	$3 < MCI < 5$	—
III	修繕を要する区間	$MCI \leq 3$	わだち掘れ量 < 40mm かつ ひび割れ率 < 40%
	早期に 修繕を要する区間		わだち掘れ量 ≥ 40 mm または ひび割れ率 $\geq 40\%$

※1 旧建設省により直轄国道の合理的な維持・修繕を行うための基準として使用することを目的として開発された指数。MCIは Maintenance Control Index の略称。

6 修繕を要する区間等の設定

路面性状調査の結果に対して、<表 6-1>の修繕の判定区分を適用し、修繕を要する区間等を設定する。

区分	維持管理指数 (MCI) ^{*)}	わだち掘れ量及びひび割れ率
I	望ましい管理基準 MCI ≥ 5	—
II	修繕候補区間 3 < MCI < 5	—

*) わだち掘れ量 < 40mm、ひび割れ率 < 0.3%

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7}$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$$

C:ひび割れ率 (%)、D:わだち掘れ深さ (mm)、σ:平坦性 (mm)

MCIは、路盤のひび割れ、わだち掘れおよび平坦性の程度に基づいて、以下の4つの式により計算される。これら全てを計算し、最も評価の低い、すなわち最も小さいものを採用する。

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$$

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7}$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$$

$$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$$

C:ひび割れ率 (%), D:わだち掘れ深さ (mm), σ:平坦性 (mm)

本マニュアルでは、MCIが5以上の箇所を「望ましい管理基準」とし、区分「I」とする。MCIが3 < MCI < 5の箇所は「修繕候補区間」とし、区分「II」とする。MCIが3以下の箇所では、20m毎の路面性状調査の結果を基に、工事の施工性に配慮し1区間当たり100m以上の「修繕を要する区間」として設定し、区分「III」とする。



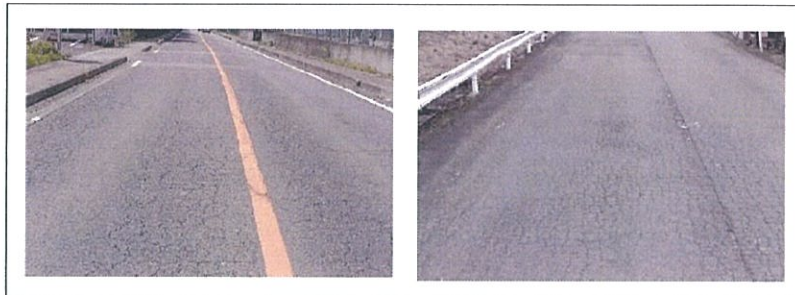
<写真 6-1>MCI3 程度の路面

損傷レベル：大（わだち掘れ量40mm程度以上）



損傷レベル：大（ひび割れ率40%程度以上）

- ・ひび割れが左右両輪の通過部でそれぞれ亀甲状に発生：概ね50%～60%
- ・ひび割れが車線内全面に渡り亀甲状に発生：概ね80～100%

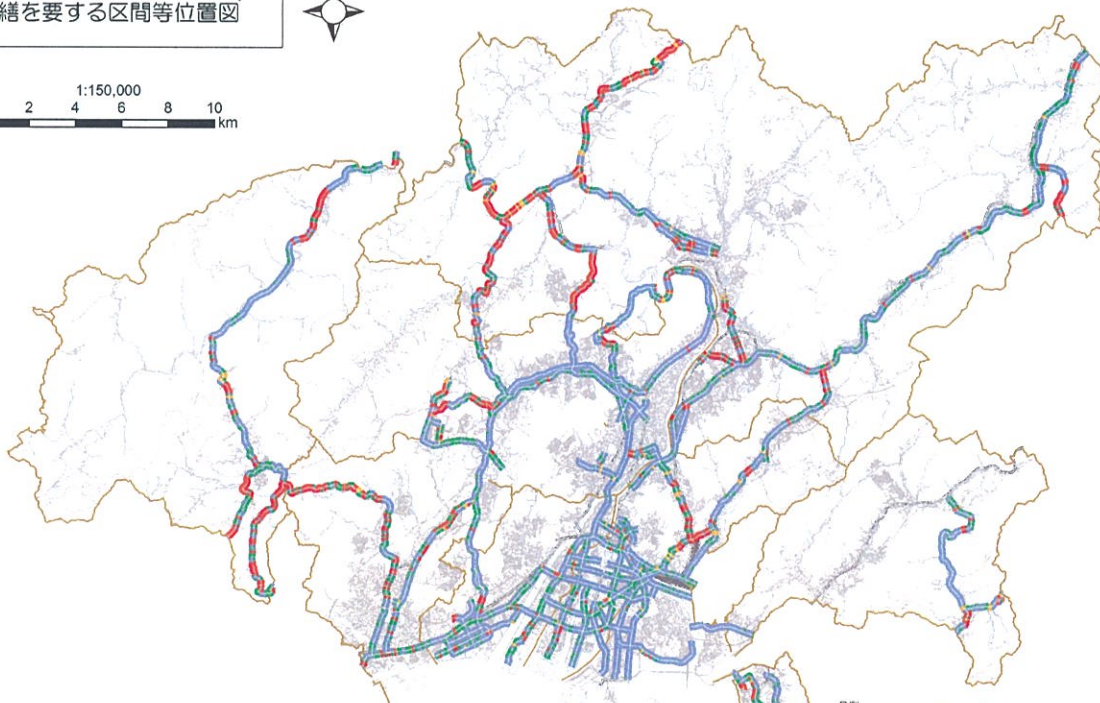


<写真 6-2> わだち掘れ量 40mm 以上及びひび割れ率 40%以上の状況

広島市舗装修繕マニュアル
修繕を要する区間等位置図



1:150,000
0 2 4 6 8 10 km



区分	維持管理指数 (MCI)	わだち掘れ量及びひび割れ率	路面性状調査区間延長 (km)
I	5 ≧ MCI	—	44.3
II	3 < MCI ≦ 5	—	13.9
III	MCI ≦ 3	わだち掘れ量 < 40mm かつひび割れ率 < 4.0%	1.5
		わだち掘れ量 ≧ 40mm またはひび割れ率 ≧ 4.0%	10.5
合計			70.2

※路面性状調査の区間延長は35.1km

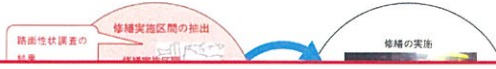
路面性状調査：平成25年度

7 修繕実施区間の抽出

修繕実施区間は、道路管理者が路面性状調査の結果、舗装構造の評価の結果、空洞調査の結果、道路利用者や沿道の市民の安全性・快適性の確保などの観点から抽出する。

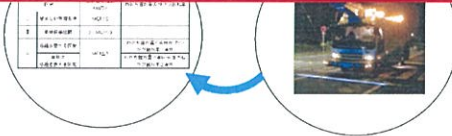
【解説】

舗装の役割は、道路利用者及び沿道の市民の安全性・快適性を確保することである。舗装の修繕にあたっては、その役割を果たすよう計画的かつ効率的に修繕を実施する必要がある。
よって、修繕実施区間は修繕を要する区間等の中から、路面性状調査の結果、舗装構造の評価の結果、空洞調査の結果、道路利用者や沿道の市民の安全性・快適性の確保（段差解消、水はね防止、騒音・振動防止）などの観点より道路管理者が抽出する。



7 修繕実施区間の抽出

修繕実施区間は、道路管理者が路面性状調査の結果、舗装構造の評価の結果、空洞調査の結果、道路利用者や沿道の市民の安全性・快適性の確保などの観点から抽出する。



8 修繕工法の選定

調査の結果に基づく修繕工法の選定では、舗装構造の評価の結果を活用することを基本的な考え方とする。

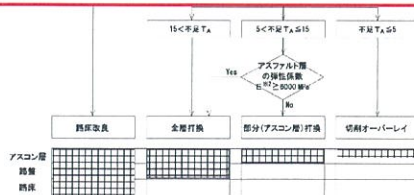
【解説】

本マニュアルによる舗装の調査では、路面性状調査の結果に応じて舗装構造の評価のための調査を行うこととしている。このうち、FWDによる舗装のたわみ量測定の結果については、<図 8-1>に示すように舗装構造の評価及びアスファルト舗装の修繕工法の選定に活用できる。なお、舗装構造の評価のための調査は路線の代表的な調査箇所に対して行っていることから、修繕の実施のための工法の選定にあたっては、現地の舗装の損傷状況や空洞調査の結果などに応じて必要な追加調査を行うこととする。

【図 8-1】舗装のたわみ量測定

8 修繕工法の選定

調査の結果に基づく修繕工法の選定では、舗装構造の評価の結果を活用することを基本的な考え方とする。



※1 D_i (mm) 20、150：量経路長の軸荷点直下から1 (cm) 離れた位置のたわみ量 (μm)

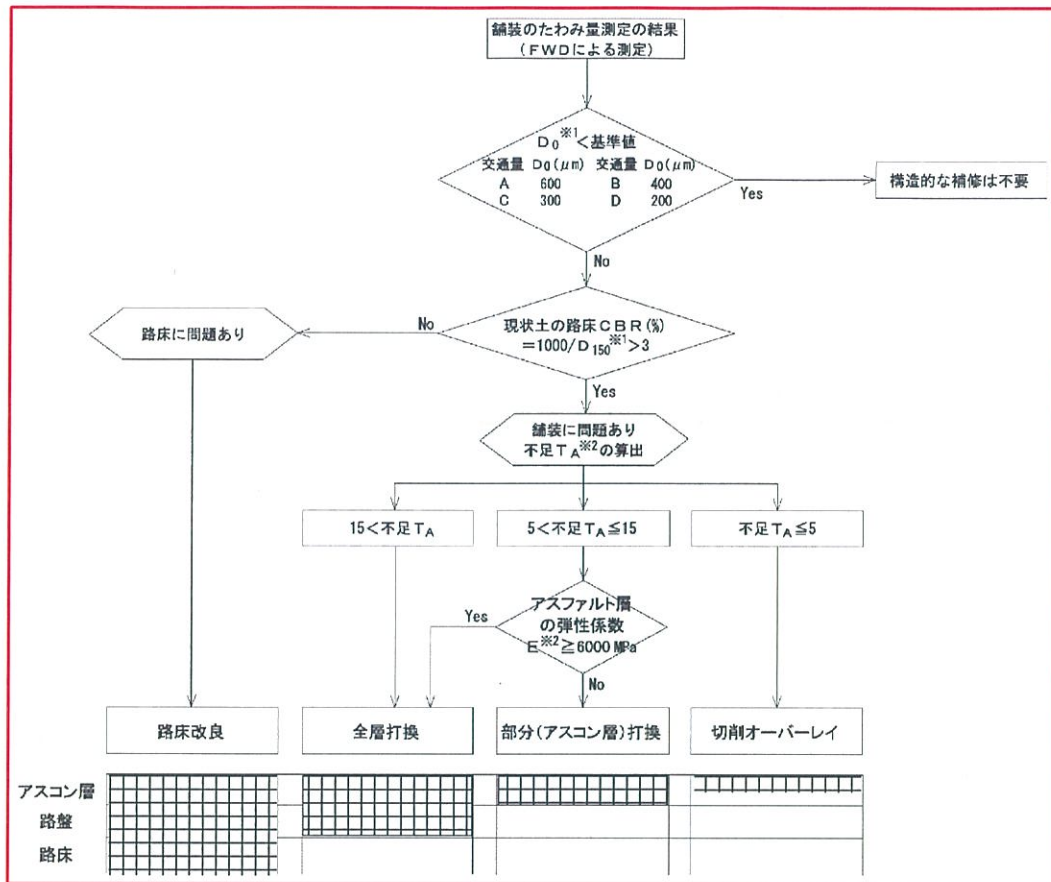
※2 不足 T_A (cm) = 25.Bog / (D_i - 1) / 101 + 11.1

※3 アスファルト層の弾性係数 E (MPa) = 2352 × [(D_i - 2) / 10] - 10

h：アスファルト安定処理層を含めたアスファルト混合層の厚さ (cm)

注：『土木工事設計標準』(平成22年6月 広島版)に基づき、現地の状況に応じて排水性舗装の適用を検討すること、将来車流量が予想される8交通(舗装計画交通量250~1,000台/日~一方)以上の箇所についても同様とする。

<図 8-1>舗装のたわみ量測定 (FWD) の結果を活用した修繕工法の選定の流れ



9 修繕の実施

舗装の修繕は、現地の状況に応じて必要な追加調査を行い実施することとする。

【解説】

舗装の調査では、路面性状調査の結果及び舗装構造の評価の結果を取得しているが、舗装構造の評価の結果は路線の代表的な損傷箇所に対して行われたものである。舗装の修繕の実施にあたっては、現地の路面性状調査の結果や空洞調査の結果などに応じて必要な追加調査を行うこととする。

9 修繕の実施

舗装の修繕は、現地の状況に応じて必要な追加調査を行い実施することとする。

【解説】

舗装の調査では、路面性状調査の結果及び舗装構造の評価の結果を取得しているが、舗装構造の評価の結果は路線の代表的な損傷箇所に対して行われたものである。舗装の修繕の実施にあたっては、現地の路面性状調査の結果や空洞調査の結果などに応じて必要な追加調査を行うこととする。

9 修繕の実施

舗装の修繕は、現地の状況に応じて必要な追加調査を行い実施することとする。

【解説】

舗装の調査では、路面性状調査の結果及び舗装構造の評価の結果を取得しているが、舗装構造の評価の結果は路線の代表的な調査箇所に対して行われたものである。舗装の修繕の実施にあたっては、現地の路面性状調査の結果や空測調査の結果などに応じて必要な追加調査を行うこととする。

10 記録

路面性状調査の結果や修繕履歴などの記録は、日常管理などに活用できるよう保管することとし、「広

10 記録

路面性状調査の結果や修繕履歴などの記録は、日常管理などに活用できるよう保管することとし、「広島市統合型 GIS（ひろしま道路ナビ）」に登録する。

熊本地震 道路の被害状況について

熊本市

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議



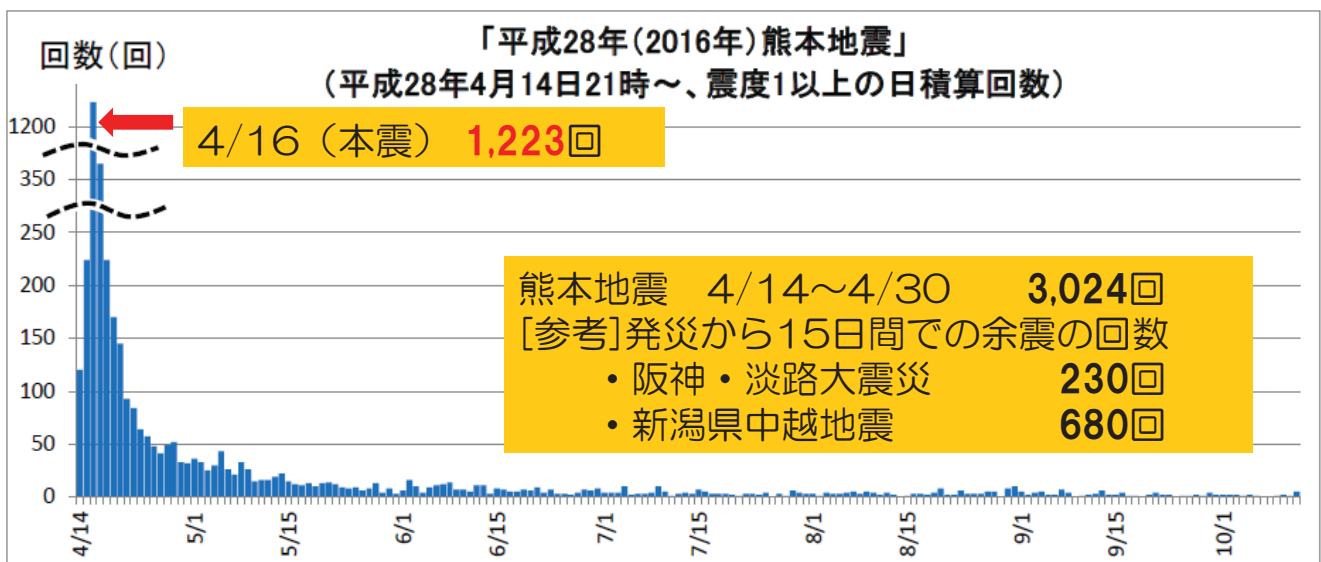
熊本地震 道路の被害状況について

- 熊本地震の概要
 - ・熊本地震の特徴
 - ・避難者・避難所の推移
- 被害額
- 幹線道路の規制状況
- 被災状況(道路)
- 地震直後の熊本都市圏の渋滞状況

熊本地震の概要

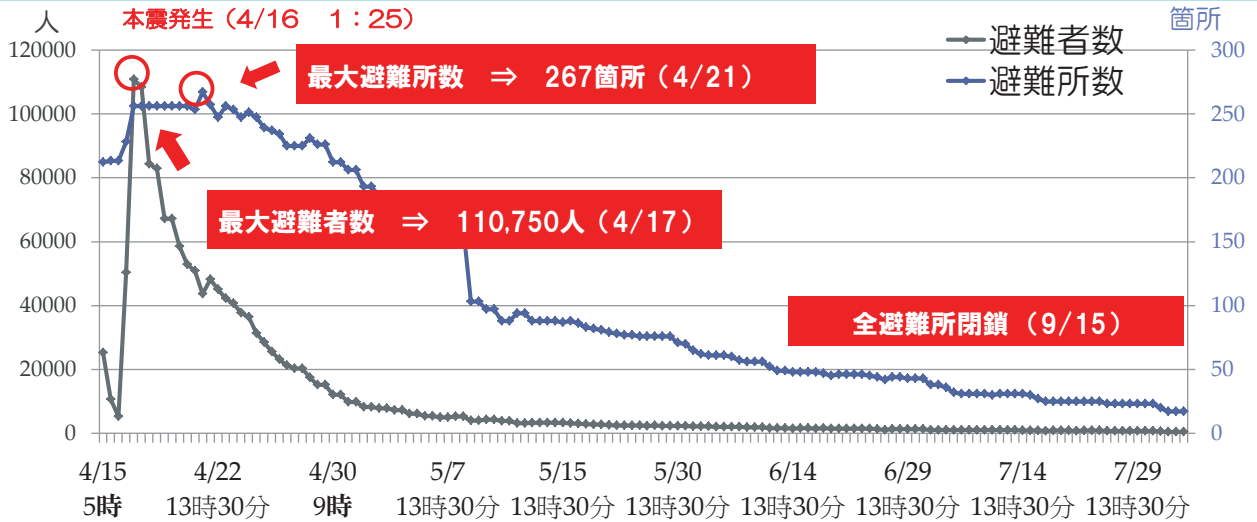
地震回数の特徴

- 震度7の地震が立て続けに2回発生(観測史上初)
- 一連の地震で震度6弱以上の地震が7回発生(観測史上初)
- 余震の発生回数(累計)は、**4,000回**を超えた (10/11気象庁通知より)



熊本地震の概要

避難者・避難所の推移



2

被害額（試算）

区分	主な内容	被害額
1 医療・福祉施設	医療施設、介護・福祉施設等	455.5 億円
2 水道施設	水道施設、工業用水道等	26.6 億円
3 公共土木施設	河川、道路橋りょう、公園、下水道	244.2 億円
4 農林水産関係	農林水産関係施設、農作物、農地等	187.5 億円
5 文教施設	学校、社会教育施設等	302.2 億円
6 その他の公共建築物等	庁舎、市営住宅、産業施設、市電等	78.2 億円
7 廃棄物処理	廃棄物処理施設、廃棄物処理費用	443.1 億円
8 商工関係	製造業、商業、宿泊業（建物被害）	1,720.0 億円
9 文化財	国・県・市指定文化財、未指定文化財	784.1 億円
10 建築物（住宅関係）	住家、家財、宅地	12,121.5 億円
計		16,362.9 億円

- 項目ごとに市域内の市所管施設等(※1)及び民間の被害額を試算したもの。

- 平成28年8月31日時点の推計であり、今後金額には変動がある。(「4 農林水産関係」は9月8日時点の県への報告額)

- 「5 文教施設」については、市域内の大学、県立高校を除く。

- 「8 商工関係」の被害額は、サンプル調査に基づき推計したもの。

- 「10 建築物(住宅関係)」の被害額は、被災家屋数等から推計したもの。

- 市域内の公共交通機関(市電除く)、電気、ガス、高速道路等被害額は現時点で未調査。

(※1)一部国・県の所管施設が含まれる。

3



被害まとめ (H29.3末集計)

【道路】 7, 416箇所 44億1百万円

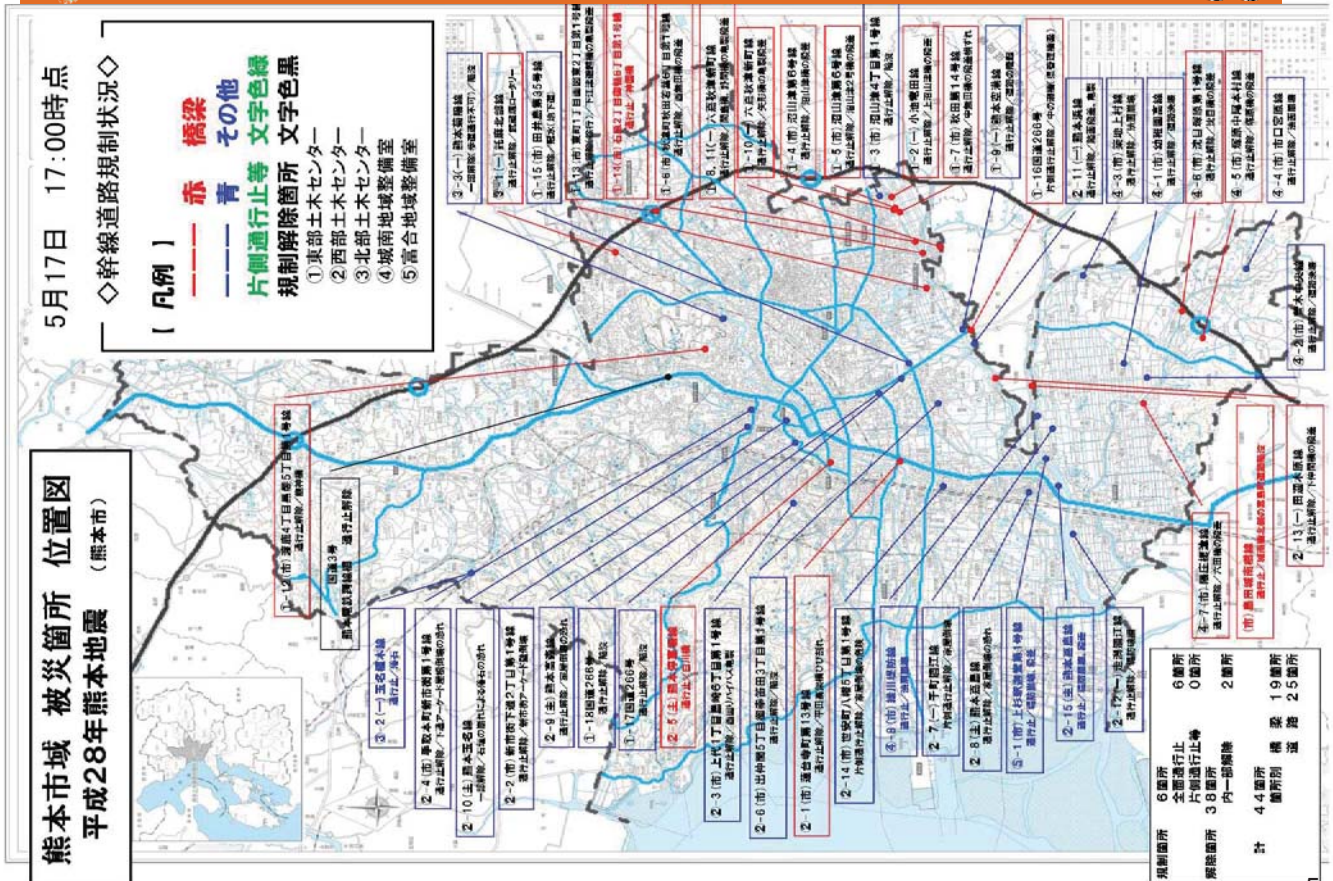
補助	39箇所	12億4千万円
単独償	618箇所	13億8千4百万円
単費	箇所(緊急点検等)	6千7百万円

【橋梁】 657箇所 26億9千1百万円

補助	31箇所	3億8千3百万円
がけ撤去	106箇所	2億9千万円
単独償	3,061箇所	31億1千万円
単費	4,218箇所	6億1千8百万円

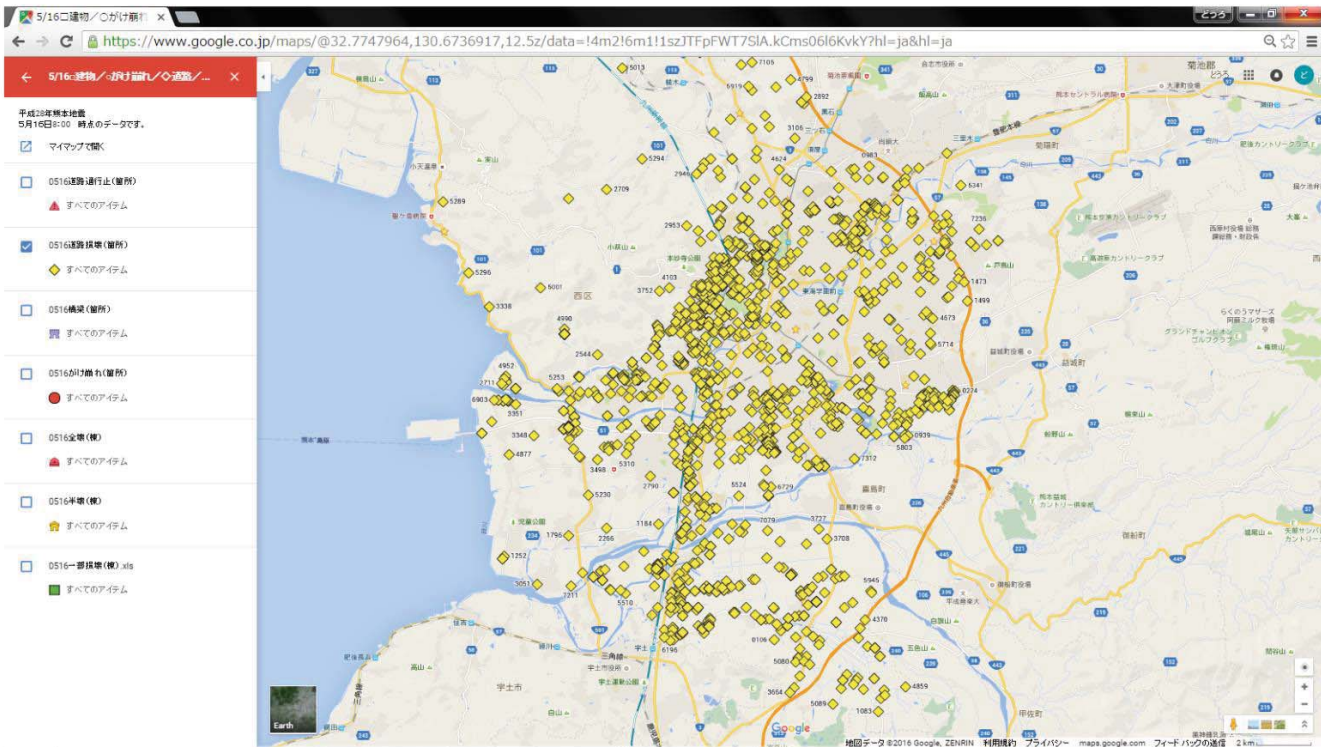
◆通行止め箇所
市全域で、約200箇所
うち、幹線道路44箇所

幹線道路 規制箇所 H28.5.17 17:00



熊本市防災情報システム データ位置 平成28年5月16日8:00時点

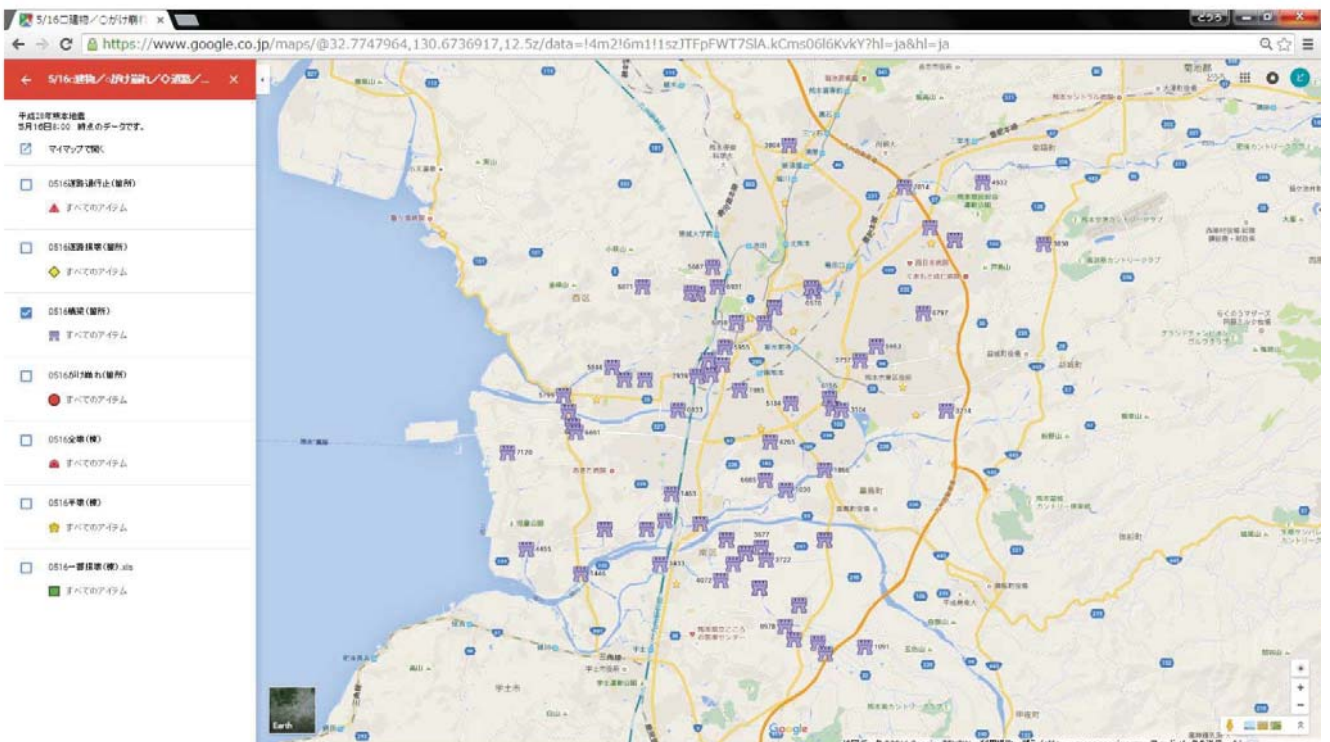
道路通行止 ・ **道路損壊** ・ 橋梁 ・ がけ崩れ ・ 建物全壊 ・ 建物半壊 ・ 建物一部損壊



6

熊本市防災情報システム データ位置 平成28年5月16日8:00時点

道路通行止 ・ 道路損壊 ・ **橋梁** ・ がけ崩れ ・ 建物全壊 ・ 建物半壊 ・ 建物一部損壊



7

被災状況 道路



震災直後の通行止めの状況と道路損傷

○地震後の通行止め状況

- ・市内全体 200箇所
- ・うち幹線道路 44箇所
- ・その他市道 156箇所



○特に被害の激しかった箇所と原因

- ・市全域において道路施設に被害が生じたが、**震源に近い**こともあり、特に市の東部及び南部地域において被害が激しかった。
- ・東部地域においては、**高速道路上の橋梁が甚大な被害**を受けたほか、橋台背面盛土の沈下等による通行止めが多数生じた。
- ・南部地域においては、**旧河川敷などのエリアで地盤の液状化**により路面の凹凸や電柱の沈下、下水道マンホールの浮き上がり等が生じたほか、**河川堤防を構成する道路(兼用工作物)に大きな亀裂**等が生じた。

8

被災状況 道路



震災直後の道路損傷と通行止め区間の被災状況写真

市道世安町八幡5丁目第1号線(近見付近)

主要地方道熊本嘉島線(野田付近)



市道緑川堤防線(城南橋付近)

主要地方道熊本玉名線(磐根橋付近)



被災状況 道路



震災直後の道路損傷と通行止め区間の被災状況写真
一般国道266号(田井島付近) (出仲間付近)



路面の陥没ひびわれ



路面の凹凸

一般県道熊本空港線(中の瀬橋付近)



路面の亀裂陥没



路面の亀裂陥没

10

被災状況 道路



震災直後の道路損傷と通行止め区間の被災状況写真(つづき)
市道上代1丁目島崎6丁目第1号線(谷尾崎付近)



路面の亀裂陥没



路面の亀裂陥没

一般県道玉名植木線(圓臺寺付近)



法面の崩壊



法面の崩壊

11

熊本地震発生直後における熊本市圏の渋滞状況

平成28年4月17日(日)

* 掲載の画像は全てが4月17日のものではありません。
渋滞箇所へのデータは国土技術政策総合研究所計測データ(2種機)より抜粋

【凡例】
旅行速度が10km/h未満



○熊本市役所から植木ICまで(約15km)の旅行時間は、平常時は約33分であるが、本震災日(4月17日)には**平均旅行速度が9.1km/hに低下し、平均旅行時間も3倍を超える約100分**を要している。
○熊本市消防局救急小隊の平常時の現場到着時間は、7分23秒(H27平均)であるが、本震災日(4月17日)の現場到着時間は10分41秒であった。また、**特に被害の大きかった益城町・西原村においては、19分25秒**を要しており、救急救助活動に大きな支障をきたした。



ご清聴ありがとうございました。



熊本市

戦略会議・シンポジウム写真集

オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議

第1回戦略会議 (2017.8.23 福岡)



KBC九州朝日放送 2017年8月24日



読売新聞 2017年8月24日 (木)

道路陥没防止策を 考える戦略会議 福岡で初開催

道路陥没の防止策などを考える戦略会議の初会合が23日、福岡市内で開かれた。今後、福岡県や政令指定都市の7市が参加し、2017年11月の「国土強靱化」に向けて国土強靱化にむけて国土強靱化に向けた取り組みを進める。福岡市内で開かれた。今後、福岡県や政令指定都市の7市が参加し、2017年11月の「国土強靱化」に向けて国土強靱化に向けた取り組みを進める。

福岡市は、今年3月に国土強靱化にむけて国土強靱化に向けた取り組みを進める。福岡市内で開かれた。今後、福岡県や政令指定都市の7市が参加し、2017年11月の「国土強靱化」に向けて国土強靱化に向けた取り組みを進める。

毎日新聞 2017年8月24日 (木)

道路陥没対策考える 7政令市 福岡市で初会合

福岡市は、今年3月に国土強靱化にむけて国土強靱化に向けた取り組みを進める。福岡市内で開かれた。今後、福岡県や政令指定都市の7市が参加し、2017年11月の「国土強靱化」に向けて国土強靱化に向けた取り組みを進める。

都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

第2回戦略会議 (2017.10.26 東京)



都市の危機管理における路面下空洞対策戦略会議 提言書

シンポジウム「今こそ求められる減災対策 都市の危機管理における路面下空洞対策」 (2017.10.26 東京)



来賓挨拶
国土強靱化
担当大臣
小此木八郎氏



来賓挨拶
初代国土強靱化
担当大臣
古屋圭司氏



講演
福岡市長
高島宗一郎氏



第3回戦略会議（最終回） (2018.4.17 東京)



副議長 桑野玲子教授

WG主査 加藤孝明准教授



オールジャパンで
国土強靱化を



レジリエンスジャパン
推進協議会

都市の危機管理における路面下空洞対策に関する提言書

一般社団法人 レジリエンスジャパン推進協議会

〒104-0061 東京都中央区銀座 1-3-3 東亜ビル

電話番号 03-5524-5021
