

路面下空洞調査について

奈良土木事務所 計画調整課 中前 友介

1. はじめに

昨今では、河川護岸や地下構造物設備の老朽化等が原因で発生する空洞化によって道路の陥没が頻発している。(図-1.2)

突如発生する路面の陥没は人命に関わる重大事故につながる危険性があり、自動車、自転車および歩行者が、安全・安心に通行できるように、路面陥没を未然に防ぐことが重要となる。そこで、路面下の空洞を把握し、早期に対策が講じられるよう、奈良土木事務所が管理する道路において、地中レーダ技術を用いた路面下空洞調査を行った。

なお、調査箇所を図-3に示す。

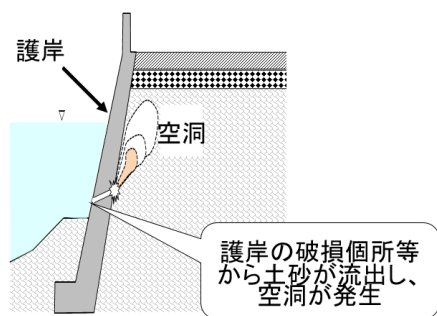


図-1 空洞の発生例. 1

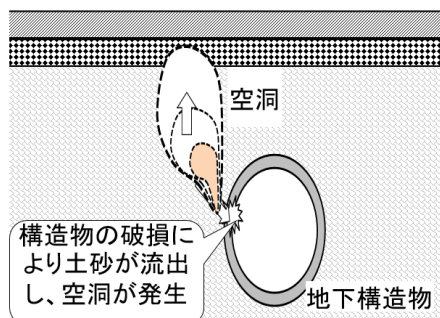


図-2 空洞の発生例. 2

2. 路面下空洞調査の概要

(i) 路面下空洞調査の流れ

路面下空洞調査では、「レーダ空洞探査車(以下、「探査車」という。)」による一次調査(概略調査)と「ハンディ型レーダ探査機(以下、「探査機」という。)」や「スコープカメラ(以下、「スコープ」という。)」による二次調査(詳細調査)を行い、これらの調査結果をもとに判明した空洞に対して、陥没発生危険度のランク分けと補修優先度の評価を行う。(図-4)

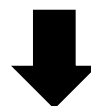


図-3 調査実施箇所

※国土地理院発行の数値地図 25000 地図画像を複製

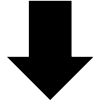
一次調査(概略調査)

- 調査区間を探査車によりレーダ地中調査を実施



二次調査(詳細調査)

- ・ 探査機によるレーダ調査により空洞の規模等を詳細に調査
- ・ 陥没の可能性が高い箇所について、微破壊し、スコープにて空洞の大きさを調査



評価

- ・ 陥没発生危険度のランク分け
- ・ 補修優先度の評価

図-4 路面下空洞調査フロー

(ii) 陥没発生の可能性判定と補修優先度評価

路面の陥没は、空洞の広がり、空洞の発生深度、路面から空洞までの舗装の強度、道路交通による輪荷重の大きさとその作用位置など様々な要素の影響を受けて発生する。

陥没発生の明確な基準式等は確立されていないのが現状であるが、陥没発生の危険性は、空洞の発生深度が浅く、広がりが大きいほど高いと考えられる(図-5)ことから、空洞の発生深度と空洞の広がり(短辺)を指標とした評価基準を用いて陥没の可能性判定を行うこととした。

陥没発生の可能性判定には、国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所において、図-6 の評価基準が提案されている。大阪府においては、図-6 の可能性判定評価(A、B、Cの三段階)を細分化(E、A、B、Cの4段階)させ、広がりによらず、発生深度が浅いものは要緊急対応とする評価基準(図-7)を策定しており、本業務においては、「大阪府舗装点検要領(P29) 路面陥没

発生の可能性評価基準(以下、「評価基準」という。))を採用した。

また、補修の優先度については、陥没が発生した場合の影響度は、空洞の厚みが大きいほど高いと仮定し、広がりと深度に加え、空洞厚さを指標とした「大阪府舗装点検要領(P30) 陥没リスク指標(以下、「リスク指標」という。))」を採用し、補修優先度の評価を行うこととした。(図-8)

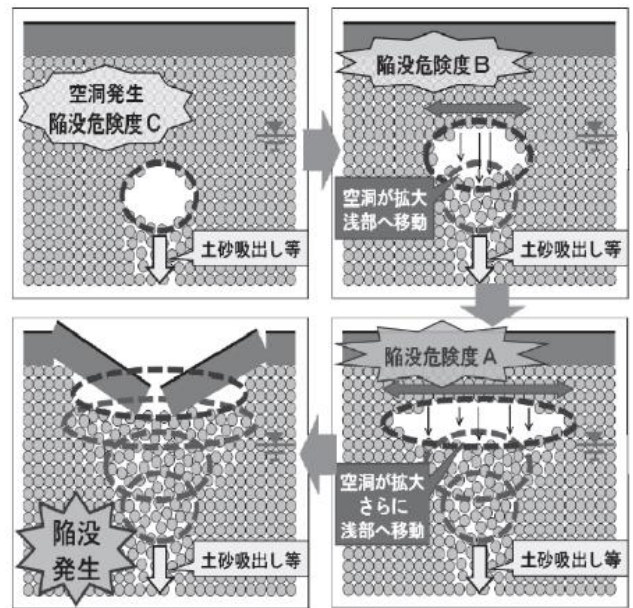


図-5 陥没発生のメカニズム

出典：株式会社ウエスコ 濱田、田山、花田 「路面陥没リスクと路面下空洞調査」

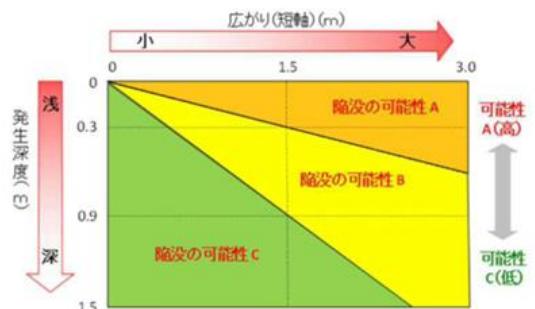


図-6 路面陥没発生の可能性評価基準図

出典：国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 「空洞判定実施方針(案)」 (平成24年2月)

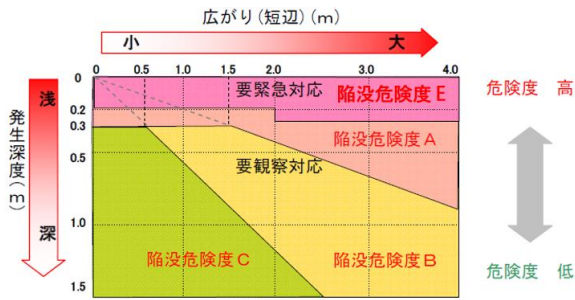
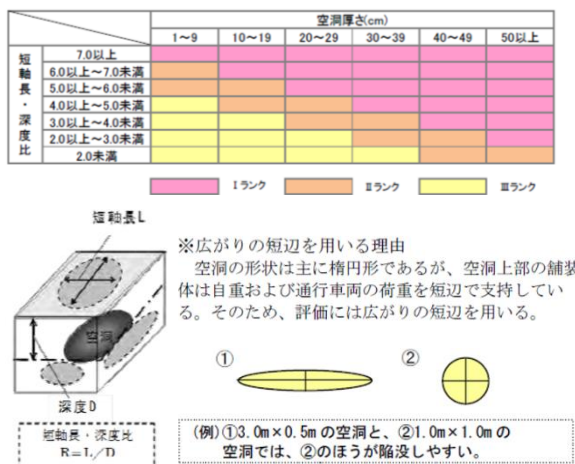


図-7 路面陥没発生の可能性評価基準図

出典：大阪府 都市整備部 交通道路室 「大阪府舗装点検要領」（平成28年4月）



陥没リスク判断基準 各ランクの目安

- Ⅰランク：緊急対応 … 陥没の危険性が高いと考えられるため迅速な対応が必要
- Ⅱランク：早期対応 … 陥没の危険性がやや高いと考えられるため極力早い対応が必要
- Ⅲランク：一般対応 … 直ぐに陥没する危険性は低いと考えられるが順次補修の必要有

図-8 陥没リスク指標

出典：大阪府 都市整備部 交通道路室 「大阪府舗装点検要領」（平成28年4月）

(iii) 一次調査

一次調査は、探査車を用いて調査を行うが、探査車は、車線を走行しながら電磁波を路面下に向けて照射し、その反射波を受信することで路面下の状態をデータとして取得するものである。この探査車により得られたデータを解析することで、空洞の可能性のある箇所を抽出している。(図-9, 10)

なお、留意点として、探査車は走行しな

がら調査を行うものであり、電磁波の照射幅も制限があるため、調査漏れが生じないように、車線幅、ゼブラゾーン等、走行測線の設定は慎重に行った。また、抽出作業は非常に重要となることから、複数の熟練者により何度も確認を行いながら抽出した。

探査車による調査結果から得られた情報を基に評価基準を用いた陥没発生の可能性判定を行い、二次調査箇所の選定を行った。(図-11)



図-9 一次調査(探査車による計測のイメージ図)

出典：国土交通省 九州地方整備局 九州事務所(九州防災・火山技術センター) 「HP」

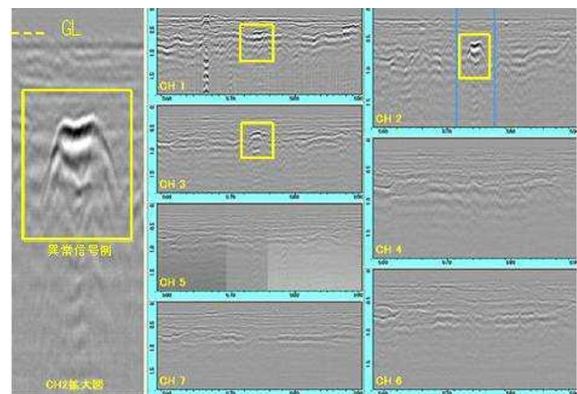


図-10 一次調査で取得されるデータ及び異常信号(空洞可能性箇所)例

出典：国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 技術科
岡田 英治「路面下空洞調査の実施状況報告」

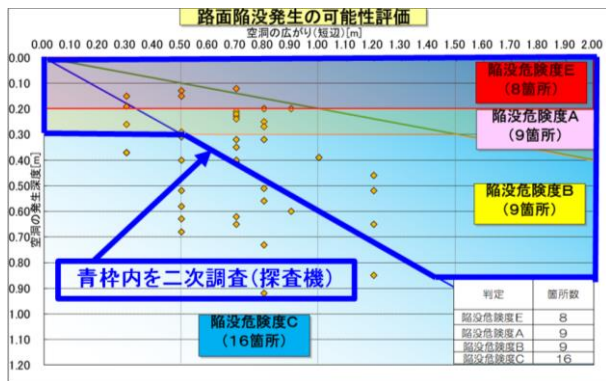


図-11 一次調査結果(探査車によるレーダ調査)
(路面陥没発生の可能性評価基準図)

(iv) 二次調査

一次調査で抽出された空洞の可能性のある箇所において、探査機を用いて、メッシュ状に調査を行う。

探査機は、探査車と同様、電磁波を用いて路面下の状態をデータとして取得するものであるが、縦横断方向に調査が可能となることから、データを解析することで、空洞の位置や規模、広がりを選定することができる。(図-12. 13)

しかしながら、電磁波による調査では、空洞の上端までの深度は分かるものの、空洞の厚みまでは測定できないため、厚みを測定するには、直接路面を削孔しスコープで確認する必要がある。

このため、一次調査同様、探査機による調査結果を基に、評価基準を用いた陥没発生の可能性判定を行い、可能性の高い空洞に対してスコープによる空洞状況と厚みの調査を行った。(図-14. 15. 16)



図-12 二次調査(探査機によるレーダ調査の様子)

出典：東京大学 生産技術研究所 桑野玲子 「路面下空洞の実態と陥没対策」 (2020年)

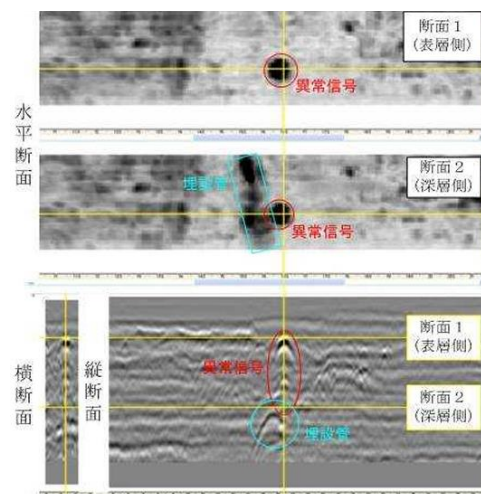


図-13 探査機によるレーダ調査で取得されるデータ及び異常信号

出典：国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所 技術科 岡田 英治「路面下空洞調査の実施状況報告」

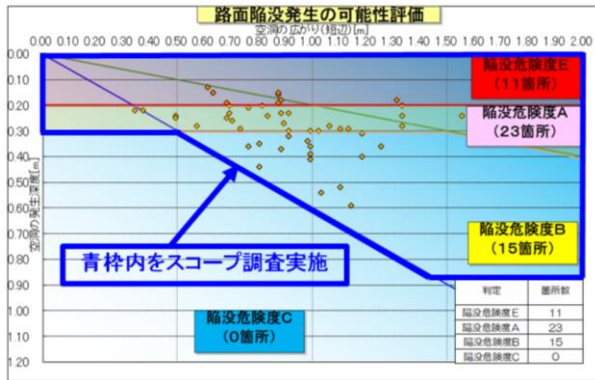


図-14 二次調査結果(探査機によるレーダ調査)
(路面陥没発生の可能性評価基準図)

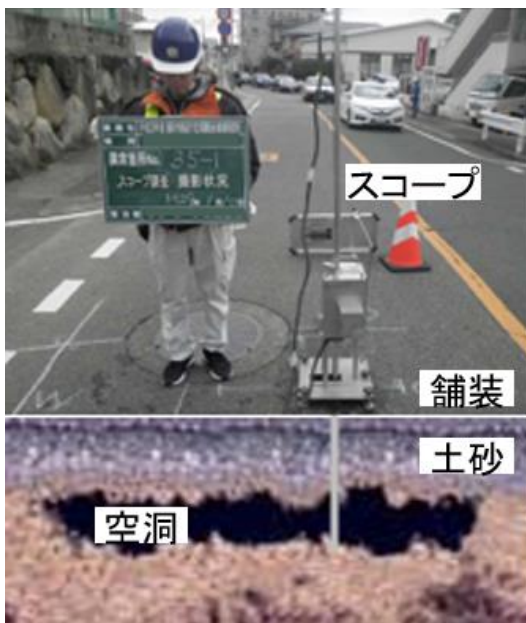


図-15 二次調査(スコープ調査の様子)
出典: 東京大学 生産技術研究所 桑野玲子 「路面下空洞の実態と陥没対策」 (2020年)

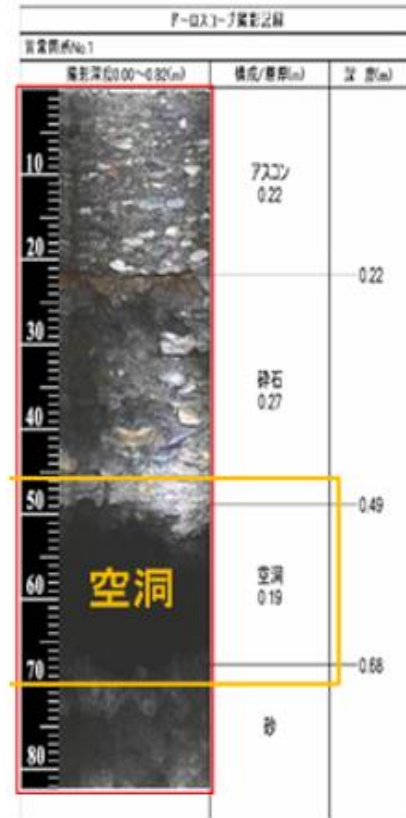


図-16 二次調査(スコープデータ例)
出典: 東京大学 生産技術研究所 桑野玲子 「路面下空洞の実態と陥没対策」 (2020年)

(v) 補修優先度の評価

二次調査(「探査機」+「カメラ」)の結果から、「リスク指標」を用いた陥没発生危険度のランク分けを行うとともに、各箇所の補修優先度の評価を行った。(図-17)

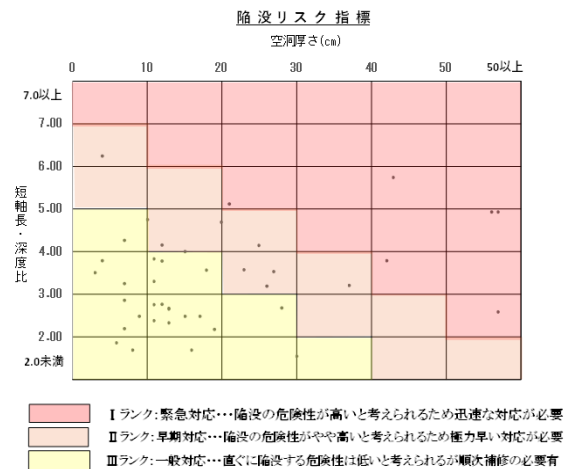


図-17 二次調査結果(スコープ調査)(陥没リスク指標)

3. 考察

路面下の空洞発生の原因は、スコープ調査結果とともに現地の地形や交通量、地下埋設物の有無などで推定することになるが、一般的な空洞発生原因としては「1. はじめに」記載のとおりである。

路面下空洞調査による空洞発生原因の推定には限界があることから、日頃から空洞箇所の補修工事において詳細な調査を行うとともに、空洞箇所、原因をデータベース化するなどし、陥没発生を未然に防げるよう取り組むことが必要と考える。

4. おわりに

これらの調査により、修繕を行った箇所は、空洞位置・範囲・規模等、調査結果とほぼ同一の結果となっており、調査の有効性が確認できた。(図-18)

近年の構造物の老朽化が指摘される中で、路面管理は重大な事故につながる恐れがあり道路管理者として重要なものであると考える。今後も、路面陥没を未然に防ぎ、安全・安心に通行出来るよう、継続的に調査を行い適切な路面管理に努めて参りたい。

《一次調査》									
項目	主要地方道 奈良大和郡山線	主要地方道 奈良名張線	一般国道 北陸吹上線	一般国道 谷津線	一般国道 丹波川線	主要地方道 奈良加茂線	一般国道166号	一般国道309号	
調査延長	4.5 km	1.9 km	1.1 km	8 km	7.8 km	5 km	2.2 km	2.6 km	
	計 32.9 km								
陥没危険度(E・A・B・C)	36箇所	7箇所	4箇所	13箇所	11箇所	17箇所	2箇所	7箇所	
	計 96箇所								
陥没危険度(E・A・B)	23箇所	5箇所	1箇所	7箇所	6箇所	13箇所	2箇所	6箇所	
	計 63箇所								
《二次調査》									
探査機による レーダー調査	14箇所	3箇所	1箇所	7箇所	6箇所	13箇所	2箇所	6箇所	
	計 52箇所								
スコープ調査	9箇所	2箇所	1箇所	7箇所	5箇所	12箇所	2箇所	6箇所	
	計 44箇所								
空洞	9箇所	2箇所	1箇所	5箇所	4箇所	12箇所	2箇所	6箇所	
	計 41箇所								
異常無し	0箇所	0箇所	0箇所	2箇所	1箇所	0箇所	0箇所	0箇所	
	計 3箇所								
《陥没リスク》									
陥没リスク	Iランク	0箇所	0箇所	0箇所	1箇所	2箇所	3箇所	0箇所	
		計 6箇所							
	IIランク	5箇所	0箇所	1箇所	0箇所	2箇所	1箇所	1箇所	
		計 10箇所							
	IIIランク	4箇所	2箇所	0箇所	4箇所	0箇所	6箇所	2箇所	5箇所
	計 25箇所								
計	9箇所	2箇所	1箇所	5箇所	4箇所	12箇所	2箇所	6箇所	
合計	計 41箇所								

図-18 調査結果

5. 参考文献

- (ア) 株式会社ウエスコ 濱田、田山、花田 路面陥没リスクと路面下空洞調査
- (イ) 国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 「空洞判定実施方針(案)」 (平成24年2月)
- (ウ) 国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 技術科 岡田 英治 「路面下空洞調査の実施状況報告」
- (エ) 大阪府 都市整備部 交通道路室 「大阪府舗装点検要領」 (平成28年4月)
- (オ) 国土交通省 九州地方整備局 九州事務所(九州防災・火山技術センター) : HP
- (カ) 東京大学 生産技術研究所 桑野玲子 「路面下空洞の実態と陥没対策」 (令和2年12月)