

路面下空洞調査の実施状況報告

岡田 英治¹

¹北陸地方整備局 北陸技術事務所 技術課 (〒950-1101 新潟市西区山田2310番地5)

突然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るため、現在、日常道路パトロールや路面下空洞調査によって、陥没の発生防止に努めているところである。一方、護岸構造物や、路面下の埋設構造物の老朽化が進んでいる中で、より一層の路面地下の適切な管理が求められている。

本論文は、路面下空洞調査の概要を報告するとともに、今般、路面下の管理を計画的に行うための路面下空洞調査計画（案）を策定したので、その内容について報告するものである。

キーワード 路面点検、計画作成

1. はじめに

突然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るため、安全で信頼性の高い道路交通を確保するために、いかに路面陥没の発生を防ぐかが重要な課題となっている。

道路を常時良好な状態に保つため、道路パトロール等により路面の損傷及び異常箇所の把握に努めているが、目視による点検では、陥没の発生原因である路面下の空洞発生状況を把握することは困難な状況である。このため、地中レーダ技術を用いた路面下空洞探査車による調査（以降、「路面下空洞調査」という。）を行い、非破壊で路面下の空洞発生状況を把握することで、陥没の発生防止に努めている。

一方、護岸構造物や路面下の埋設構造物の老朽化が進んでおり、加えて路面下に発生した空洞を短期的に拡大させる集中豪雨が頻発するなど、路面下の空洞発生要因は年々増大しており、より一層の計画的・効率的な調査及び補修等の対策が求められている。

本論文は、これまで実施した路面下空洞調査の概要を報告するとともに、今般、路面下の計画的管理を行うため、空洞の発生状況等を踏まえた「路面下空洞調査 調査計画（案）」を策定したので、その内容について報告するものである。

2. 路面下空洞調査の概要

(1) 路面下空洞調査の流れ

路面下空洞調査は、図-1のとおり、調査対象区間の概略調査である一次調査、一次調査で異常信号が確認した箇所の詳細調査として実施する二次調査を行い、空洞の有無を確認している。

1 次調査

- ・調査区間を空洞探査車によりレーダ地中調査を実施
- ・データ解析により空洞の可能性のある異常信号を抽出



車道部: 空洞探査車



歩道部: ハンディ型探査機



2 次調査

●メッシュ調査

- ・1次調査の異常信号箇所の詳細調査を実施
- ・レーダ調査により空洞の規模等を詳細に調査



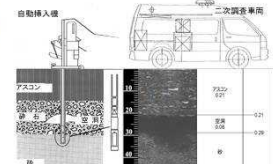
●空洞判定会議

- ・陥没の危険性について判定する
- ・道路管理者の意見（パトロール等から見た路面変状等）も参考に、陥没危険性を評価



●スコープ調査

- ・判定会議の結果、陥没の可能性が高い箇所について、微破壊により空洞の大きさを調査



補修

- ・各道路管理者で補修

図-1 路面下空洞調査の流れ

(2) 一次調査

一次調査は、路面下空洞探査車等を用いて調査を行う。調査で取得したレーダデータの波形を解析し、空洞の可能性のある異常信号を抽出する。

なお、車道部では時速50km/hで程度で走行しながら、レーダ調査を実施し、歩道部では手押し式の探査機で調査を実施している。

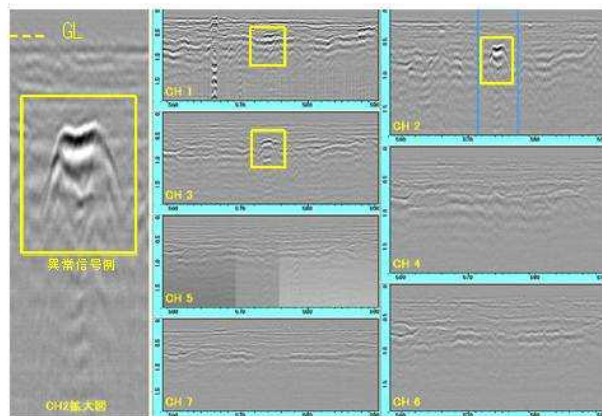


図-2 一次調査で取得されるデータ及び異常信号

(3) 二次調査（メッシュ調査）

一次調査で異常信号が確認された箇所については、二次調査にて詳細調査を実施する。

一次調査では縦断的な連続データのみを採取するのに対し、メッシュ調査では、縦断方向、横断方向ともに調査をすることにより、空洞の詳細位置を確定するとともに、空洞の規模や広がりについて詳細に調査するものである。

なお、従来メッシュ調査は、交通規制を伴うハンディ型地中レーダにより実施していたが、近年は、一次調査と同様に、時速50km/h程度で自走しながらメッシュデータを採取可能な探査車も登場している。

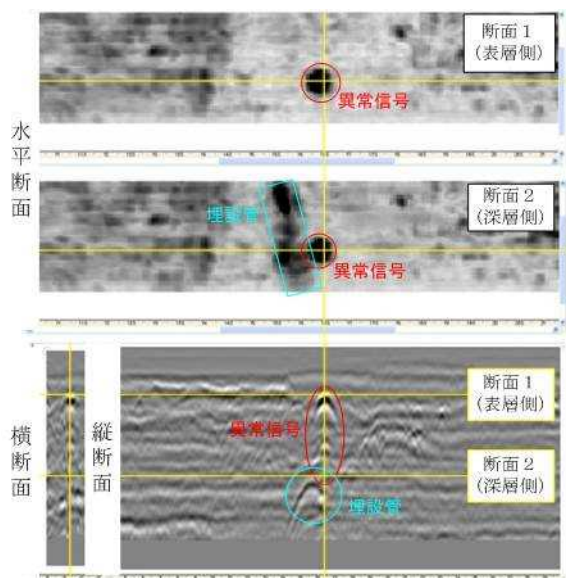


図-3 メッシュ調査のデータ解析による空洞の詳細把握

(4) 空洞可能性評価

メッシュ調査のデータ解析により空洞の規模、陥没の危険度を整理した後に、「空洞判定会議」を開催し、陥没発生の可能性について議論することとしている。

同会議では専門家の意見や道路管理者がパトロールで把握している路面変状の状況等を踏まえ、陥没の可能性評価の妥当性を確認し、陥没の可能性が高い箇所についてはスコープ調査を実施することとしている。

なお、空洞・陥没の評価は、「空洞判定実施方針（案）」¹⁾に基づいて行っており、空洞の発生深度や広がり等から陥没危険性を評価（図-4）し、スコープ調査の必要性については、陥没危険性を踏まえ総合評価している（表-1）。

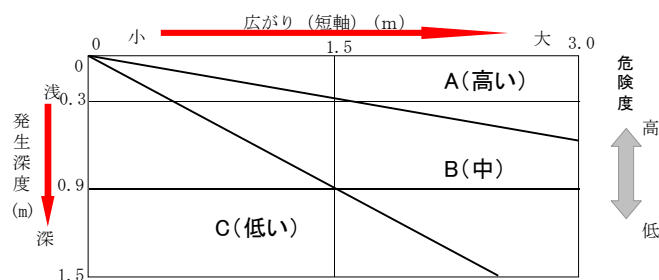


図-4 空洞の深度、大きさに基づく陥没の可能性評価

表-1 総合判定表（スコープ調査の必要性）

陥没の可能性の評価 空洞の可能性の評価	A(高い)	B(中)	C(低い)
○(大)	必要	必要	経過観察
△(あり)	必要	必要	経過観察
×(小)	データ蓄積		
必要	1～3ヶ月以内		必要 6ヶ月～1年以内

(5) 二次調査（スコープ調査）

空洞判定会議でスコープ調査が必要と判断された箇所について、電動ボーリングマシンにより削孔（φ40mm）し、全周の確認可能なスコープカメラを用いて路面下の空洞状況と空洞の厚さを調査する。

なお、スコープ調査により、空洞が確認された場合は、空洞の詳細情報を道路管理者に連絡し、道路管理者にて補修を行っている。

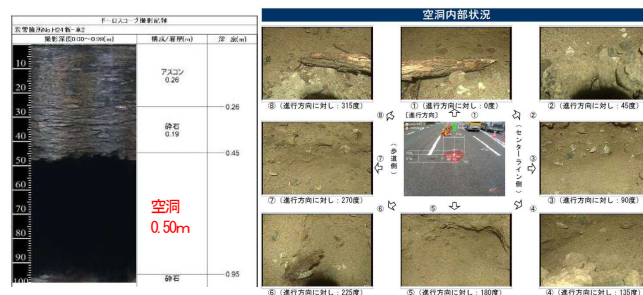


図-5 スコープ調査結果の事例

(6) データ管理

路面下空洞調査の実施状況（調査年月・調査区間等）、調査結果（二次調査）、及び補修状況については、データベースで管理し、今後の路面維持管理の基礎データとして共有している。



図-6 空洞データベース

3. 調査実施状況

(1) これまでの調査実施状況

車道部の調査は、平成3年度より実施しており、平成24年度末までに延べ約3,330kmの調査を実施し、494箇所空洞を確認している。

また、歩道部の調査は、平成10年度より実施しており、平成24年度末までに延べ約390kmの調査を実施し、89箇所空洞を確認している。

(2) 平成24年度の調査結果

平成24年度は、車道部約136km、歩道部約39kmの調査を実施し、車道部38箇所、歩道部5箇所の空洞を確認した。なお、浅い位置で空洞が確認された場合、陥没の危険性が高いことから、即時に道路管理者に連絡し、開削調査及びその後の補修を実施している。



写真-1 緊急開削

4 路面下空洞調査 調査計画(案)の策定

(1) これまでの調査区間の選定

これまで、路面下空洞調査の実施箇所は、各道路管理者が選定した区間の調査を実施してきた。区間選定に際しては、「一次調査区間選定要領（案）」²⁾や、日常パトロール等で確認される路面変状等をもとに選定しており、路面状況に即した調査が行われていた。

一方で、調査区間は毎年の状況に応じて選定しているため、中長期にわたる計画的な調査が行われておらず、平成3年度以降20年以上調査を実施しているにもかかわらず、一度も調査を実施していない区間も多く存在している。

近年は、地下埋設物の老朽化や、集中豪雨等が頻発に発生するなど、路面陥没の発生要因が増大しており、より計画的に調査を実施する必要があることから、今般、路面下空洞調査計画（案）（以降「調査計画（案）」という。）の策定に着手した。

(2) 調査計画（案）策定の基本的な考え

調査計画（案）の策定にあたっては、「路面地下の適切な管理のあり方について」³⁾の意見を踏まえ、空洞発生の実績等を考慮し、空洞調査を高頻度で実施する区間、低頻度で実施する区間など、地域特性や路線特性等に応じた頻度を設定することを念頭に策定作業に着手した。

以下に、調査計画（案）策定の基本事項を示す。

①調査頻度

過去の空洞発生状況の分析により、高頻度区間、低頻度区間を設ける。

②調査対象箇所

陥没の予防保全の観点から、北陸地方整備局が管理する全区間を対象とし、調査対象除外箇所は設けないこととした。

但し、コンクリート舗装区間や橋梁区間においては、レーダ調査の特性上、調査が不可能であることから除外した。

③調査区間単位

調査区間単位は、交通や沿道環境等の変化点で区間設定されている道路交通センサス区間とした。センサス区間を調査単位とすることで、沿道環境や交通量等の分析を行う際も容易となる。

(3) 調査頻度の検討

調査頻度の設定にあたっては、平成3年度～平成24年度末までの空洞発生状況に関するデータを、センサス区間毎に整理し、空洞の発生状況の分析結果に基づき設定することとした。

データ分析の結果として、空洞の発生状況を表-2、図-7に示す。

表-2 沿道状況別空洞発生率※

事務所	DIDかつ 商業地域	DID	その他の 市街部	平地部	山地部	平均
羽越	-	-	0.1	0.2	-	0.1
新潟	1.2	0.1	0.1	0.3	-	0.3
長岡	-	2.8	0.7	0.2	0.2	0.5
高田	-	-	0.1	0.2	0.2	0.1
富山	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
金沢	1.9	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2
地整計	1.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2

※空洞発生率：空洞箇所/区間延長（箇所/km）

沿道地域別で空洞の発生状況について分析を行った。
商業地域、DID地域で空洞が多く発生しており、また山地部では、空洞の発生率が極端に少ないことは確認できる。

この他、市街地や平地部でも空洞が多く発生している区間も存在する。

次に、空洞発生の多い商業地域、DID地域で空洞の発生状況を整理した（図-7）。その結果、一度も空洞が発生していない区間がある一方で、新潟市内、柏崎市内、金沢市内においては、調査を行う度に空洞が複数確認されるなどの、空洞発生が顕著な区間が存在している。

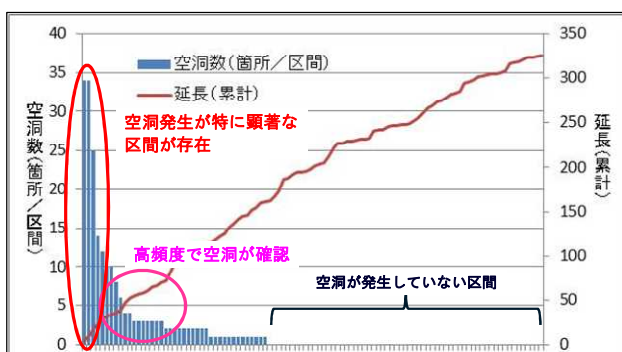


図-7 空洞発生状況（DID地域及び商業地域の例）

以上のように、空洞発生が特に顕著な区間、次いで多い区間が存在し、十分な注意が必要であることから、頻度設定を行う際は当面の運用として、「①最重点区間」、「②重点区間」、「③基本区間（①、②以外）」に区分することを念頭に作業を進めた。

①最重点区間の抽出

次の区間については、過去より空洞が多発している。今後も空洞及び陥没の発生に注意が必要であり、最重点区間と位置づけた。

■新潟市 国道116号

下水道敷設ラインに沿って空洞が多発している。
6区間（延長15km）で45箇所の空洞を確認。

■柏崎市 国道8号

横断水路近傍で空洞が多発している。
3区間（延長12km）で104箇所の空洞を確認。

■金沢市 国道157号

NTT、電力洞道の躯体に沿って空洞が多発している。
8区間（延長26km）で80箇所の空洞を確認。

これら区間では、過去からの空洞発生数が10件を超えていることから、最重点区間＝「10件以上の空洞確認箇所」と定義した。また、当該区間は、過去より平均で2.4年に1回の頻度で調査を実施していることから、調査頻度を3年に1回とした。

②重点区間の抽出

前述のとおり、商業地域等においても、空洞が発生しやすい箇所、あまり発生しない箇所、がある程度明確になっていることから、沿道状況などで一律に設定することは難しく、空洞実績の多い区間を当面重点的に調査すべきと考えた。

これまで複数回調査を行い、複数回空洞が確認されている、つまり数年に一度は空洞が発生するなど重点的に調査すべきと考えられる区間では、平均で約0.6箇所の空洞発生率となっている。

このことから、当面の運用として、空洞発生率0.6箇所以上の区間を重点区間と定義することとした。

なお、重点区間を空洞発生率0.6箇所以上と定義することで、「約1割を重点的に調査することで、約7割の空洞をカバーできる」ことが過去の調査結果より計算されることから効率的な調査が期待できると考える（図-8）。

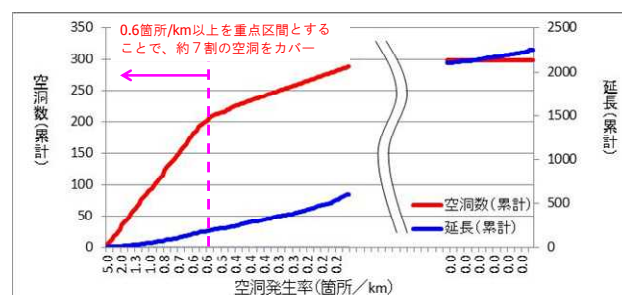


図-8 空洞発生率と空洞数
（複数回調査、複数回空洞発生箇所）

この他、北陸地方の空洞の特徴として、平成16年、平成19年の中越、中越沖地震の影響で、地震直後に多数の空洞が確認されていることがあげられる。

昨今、地震直後に空洞が確認された箇所において路面変状等が顕著に見られることから、地震直後に空洞が多発した区間においても「重点区間」として位置づけて管理することとした。

この他、今回策定した調査計画（案）は単に空洞が多いか少ないかで頻度設定をしているが、引き続き、空洞の発生状況の分析等を行い、頻度設定の手法についても検討していくこととする。

基本区間は、「最重点区間」，「重点区間」以外の区間全てを対象とすることとする。過去の調査で一度も空洞が確認されていない区間もあるが，路面陥没の予防保全の観点から，当面の運用として概ね10年に1回の頻度で調査を実施することとした。

今回過去の空洞調査結果の分析に基づき、以下のとおり、区間毎に調査頻度を定める調査計画（案）をとりまとめた。最重点区間、重点区間等の延長は表-3のとおりであり、平成25年度の調査より、調査計画（案）に基づき調査を実施することとした。

	最重点 区間	重点区間	基本区間	合計
区間数	18区間	81区間	621区間	720区間
道路延長	21km	136km	790km	947km
側延長	63km	374km	2,023km	2,460km

- ・空洞発生箇所数が10箇所以上
- ・3年に1回の頻度で調査

- ・空洞発生率が地整平均の3倍以上、かつ、空洞箇所数が3箇所以上。または、地震後に空洞が確認された空間。
- ・5年に1回の頻度で調査

- ・未調査区間，その他区間
- ・10年に1回の頻度で調査

※歩道部については、過去の空洞、舗装の変状等により適宜実施とする。

各年度の調査対象の選定においては、年間調査延長の平準化を図りつつ、最重点・重点区間及び未調査区間の調査を着実に進めるよう計画した。

今後の路面下空洞調査は、今回策定した調査計画（案）に基づき実施することを基本とするが、各道路管理者が日常パトロールで確認した路面変状等の状況を踏まえ、必要に応じ計画外の箇所も調査を実施することとする。

また、毎年、調査結果データは、随時更新し、空洞発生状況を踏まえ、重点区間への格上げ若しくは重点区間からの格下げ等を適宜行うこととする。

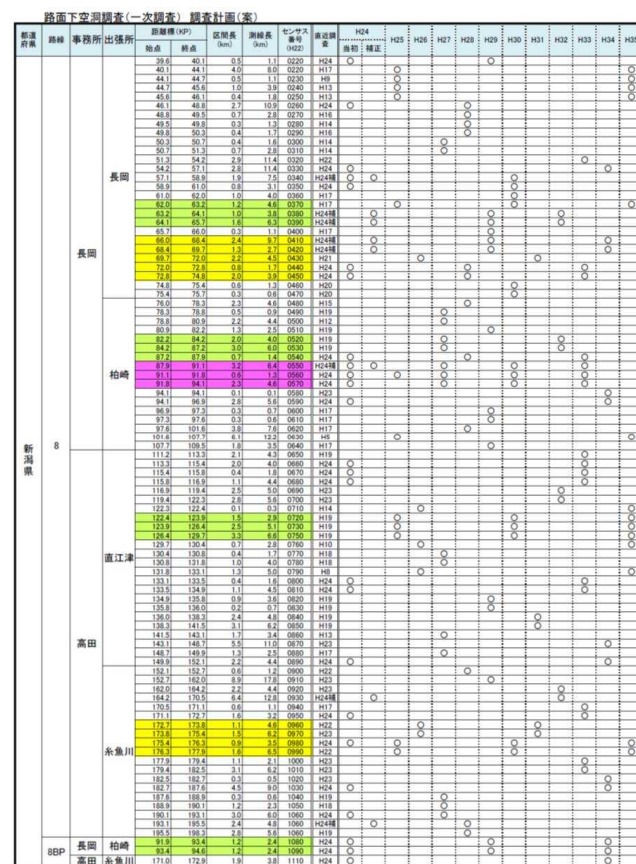


図-9 路面下空洞調査調査計画（案）抜粋

- 1) 平成24年2月 北陸地方整備局 北陸技術事務所
- 2) 平成23年1月 北陸地方整備局 北陸技術事務所
- 3) 平成23年3月 直轄国道の舗装（路面）に関する保全検討委員会