

新潟市における路面下空洞の発生傾向について

大和探査技術（株） 新潟支店 落合 彰二
大和探査技術（株） 企画開発部 世森 祐一
新潟市土木部土木総務課 渡辺 勝彦
新潟市土木部土木総務課 久保 匡義
新潟市土木部土木総務課 横村茉莉花

1. はじめに

新潟市が管理する道路は、その多くが昭和 30 年代の高度経済成長期の始まりを境に集中的に整備されてきたものであり、今後、施設の老朽化が懸念されるため、引き続き安全性を確保していかなければならない施設である。一方、全国的に都市部を中心として地下埋設物の老朽化・劣化等に伴い、路面の地下の路盤、路床の吸い込み等を原因とする空洞が発生しており、路面地下の適切な管理が求められているところである¹⁾。

新潟市では、国の老朽化対策強化に向けた道路法の改正がなされたことを受け、平成 26 年度の試行結果を踏まえた「路面下空洞調査 5 箇年計画」を平成 27 年度に策定し、緊急時の道路ネットワーク確保の観点から、緊急輸送道路や防災拠点につながる主要な道路を対象とした調査を実施してきた。

新潟市が実施してきた路面下空洞調査は、車載型の地中レーダーを用い、電磁波の反射強度を通じて路面下の異常信号を捉える電磁波探査手法の一つで、非破壊かつ道路交通を止めることなく、効率的に空洞の可能性がある箇所を捉える有効な手段であると考えられる。

本論文では、新潟市が蓄積してきた調査結果を検討し、路面下の空洞が発生しやすい場所の条件（素因）や誘因を探った。検討結果は今後の調査方針策定の資料としての活用が考えられる。

2. 新潟市における環境や路面下空洞調査結果の概要

(1) 地形地質と道路の概要

新潟市の面積は約 726km² であり、南東の新津丘陵、南西の角田・多宝・弥彦山地と、これらに挟まれるように分布する越後平野からなる。平野部では、砂丘とそれに囲まれた潟が発達し、大量の土砂を運ぶ川と沿岸流、それをさえぎる地形と砂丘の形成、後背湿地の潟化と潟の緩慢な埋積による軟弱地盤の形成、地盤沈下などが特徴にあげられる²⁾。

こうした平野部に DID 区域や家屋連坦部が分布し、これらを結ぶように路線長約 6,900km の道路が整備されている。

なお、調査路線における地形分類は、主に低地であり、盛土地や埋立地が多く、所々で自然堤防と砂丘が微高地となっている。

表-1 地形分類（国土地理院の土地条件図より）

分類項目		説明
低地の 微高地	自然堤防	洪水時に運ばれた砂等が流路沿いに堆積してできた地形
	砂丘	風によって運ばれた砂からなる小高い丘
低地の 一般面	海岸平野	河口部にあつて砂や粘土等が堆積してできた平坦地
	後背低地	河川の堆積作用が比較的及ばない低湿地。水はげが悪い。
	旧河道	低地の中で周囲より低い帯状の凹地で、過去の河川流路の跡。
人工 地形	農耕平坦化地	山地などを切り開いた農耕地。
	切土地	山地などの造成地のうち、切取りによる平坦地や傾斜地。
	盛土地・埋立地	低地に土を盛って造成した平坦地や、水部を埋めた平坦地。

(2) 調査結果概要

新潟市がこれまで実施してきた調査は、路線長約 220km、測線長約 660km であり、抽出された空洞は約 500 箇所である。ここで、測線長とは、概ね路線長×車線数である。また、空洞は概ね縦横 0.5m 以上かつ厚さ 0.1m 以上と定義されている。

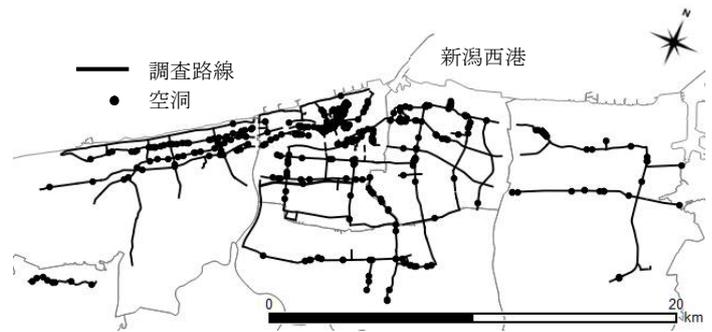


図-1 調査路線と空洞分布

3. 検討の方法

(1) 統計値

抽出された空洞に対し、表-2 に示した内容の統計処理を行い空洞の特徴を整理した。

表-2 統計値の項目とその内容

統計内容	検討内容
空洞数と測線長の関係	道路延長方向の分布頻度
空洞数と空洞深さの関係	深さの頻度
空洞数と空洞サイズの関係	空洞サイズの頻度

(2) 土地条件図との対比

空洞の発生との関連性が予想される要素として、地形や地質があげられる³⁾。これらについて、土地条件図に空洞位置をプロットして空洞の分布傾向の特徴を検討した。

土地条件図は国土地理院が公開している数値地図であり、防災対策や土地利用・土地保全・地域開発等の計画策定に必要な、土地の自然条件等に関する基礎資料を提供する目的で、昭和 30 年代から実施している土地条件調査の成果を基に、地形分類（山地、台地・段丘、低地、水部、人工地形など）についてベクタ形式でデータ化されたものである（国土地理院 HP より引用）。なお、新潟市の路面下空洞調査結果は GIS で整理されており、数値地図への空洞位置の重ね合わせを正確に行う事が出来る。

(3) 道路整備前の地形図および航空写真との対比

空洞の発生との関連性が予想される要素として、川や堀の埋立など道路整備前の地形があげられる⁴⁾。これらについて、過去の地形図と航空写真に空洞位置をプロットして空洞の分布傾向を検討した。

4. 検討結果

(1) 統計値

a) 水平方向の空洞分布

図-2 に測線長と空洞数との関係を示す。ここで測線長 1km あたりの空洞数を空洞頻度と呼ぶこととする。

全路線における平均空洞頻度は 0.8 であり、空洞頻度 0~1 の路線が約 80% を占める。区間あたりの空洞頻度が 10 以上となる割合は約 1% と少ないが、局所的に空洞が多い区間が存在することを示唆している。なお、図-1 にプロットされた空洞位置も、分布は均一ではなく、場所による偏在の傾向が認められる。

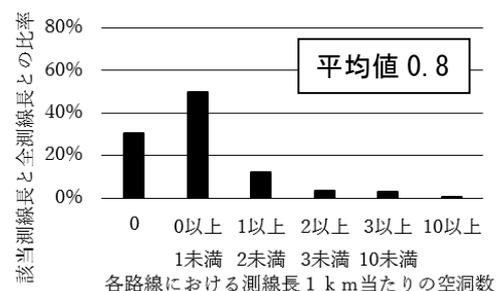


図-2 測線長と空洞数の関係

b) 空洞深度の頻度

図-3に空洞の最浅部深度と空洞数との関係を示す。

全体の深度平均値は0.4mであり、深度0.2m~0.6mの比率が約60%を占める。ここで深度0.2mは概ねアスファルト舗装の直下に相当する。深度0.6mは埋設管の枝管が施工される深さに近い。また、調査で抽出された空洞の多くは、近接する埋設管からの吸出し等は確認できなかったことから、空洞発生との関連性が示唆される。

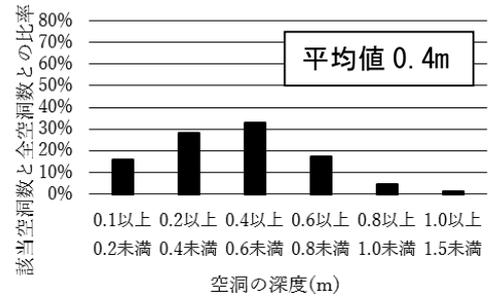


図-3 空洞深度と空洞数の関係

c) 空洞サイズの頻度

図-4に空洞サイズと空洞数との関係を示す。

全体の平均値は縦断長1.0m、縦断長0.7mであり、縦断長0.5~2.0mおよび横断長0.5~1.0mの比率が約90%を占める。なお、空洞サイズは、縦断を長軸方向、横断を短軸方向に定義して整理している。

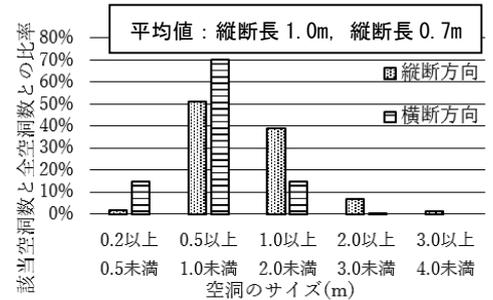


図-4 空洞サイズと空洞数の関係

(2) 地形地質と埋設物に関連する空洞発生傾向

図-5は土地条件図に空洞をプロットしたものである。空洞の分布は均一ではなく特定の場所に偏在する傾向が認められる。空洞が偏在している場所の条件としては、埋立地および自然堤防があげられる。また、いくつかの土地条件を含む路線において、埋立地と自然堤防に選択的に空洞が分布している傾向が確認された。

一方で、埋立地や自然堤防以外でも、空洞が偏在する箇所がある。それらの内、いくつかの箇所において既往資料により埋設物の存在を確認した。このことは埋設物と空洞発生との関連を示唆する。

配色	分類項目	説明
低地の微高地	扇状地	河川が山地から平地に出た地点に砂礫が堆積してできた地形。
	自然堤防	洪水時に運ばれた砂等が、流路沿いに堆積してできた微高地。
	砂洲・砂堆・砂丘	砂洲・砂堆は、現在及び過去の海岸、湖岸付近にあって波浪、沿岸流によってできた砂礫からなる微高地。砂丘は、風によって運ばれた砂からなる小高い丘。
	天井川・天井川沿いの微高地	河床が周囲の低地よりも高い河川と、その周辺の微高地。
低地の一般面	谷底平野・氾濫平野	河川の氾濫により形成された低平な土地。
	海岸平野・三角州	海水面の低下によって海底が陸化した平坦地や、河口部によって砂や粘土等が堆積してできた平坦地。
	後背低地	河川の堆積作用が比較的及ばない低湿地。水はけが悪い。
	旧河道	低地の中で周囲より低い帯状の凹地で、過去の河川流路の跡。
頻水地	高水敷・低水敷・浜	増水時に水没する河川敷や、高波で冠水する沿岸地。
	湿地	地下水位が著しく浅く、水はけが極めて悪い土地。
水部	河川・水涯線及び水面	海・河川・湖沼など、現在の水面。
	旧水部	過去に海や湖沼だったところを埋め立てによって陸化した部分。
人工地形	農耕平坦化地	山地などを切り開いた農耕地。
	切土地	山地などの造成地のうち、切取りによる平坦地や傾斜地。
	高い盛土地	約2m以上盛土した人工造成地。主に海や谷を埋めた部分。
	盛土地・埋立地	低地に土を盛って造成した平坦地や、水部を埋めた平坦地。
	干拓地	干潟や内陸水面を人工的に排水し、陸地となった平坦地。
	改変工事中の区域	図面作成時に、人工的な改変工事が行われていた区域。

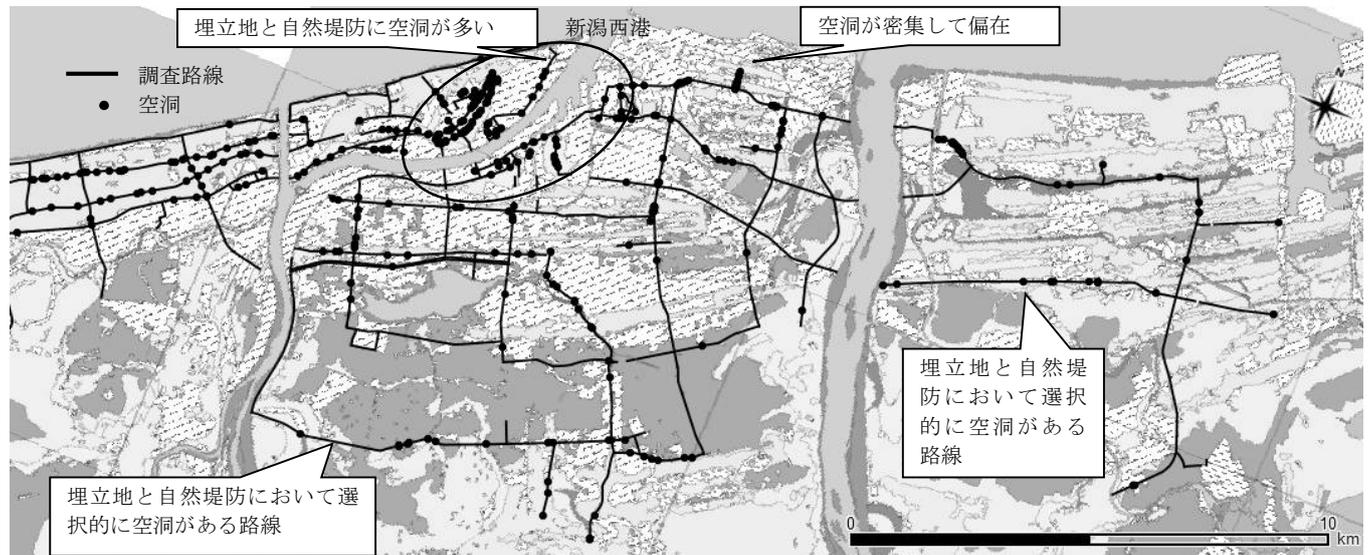


図-5 空洞位置をプロットした土地条件図（国土地理院の土地条件図に加筆）

(3) 道路整備前の地形に関連する空洞発生傾向

図-6に1890年の地形図に空洞位置をプロットしたものを示す。当時の河川や水路，堀が埋立てられ，現在は道路として利用されている箇所には空洞が偏在する傾向がある。

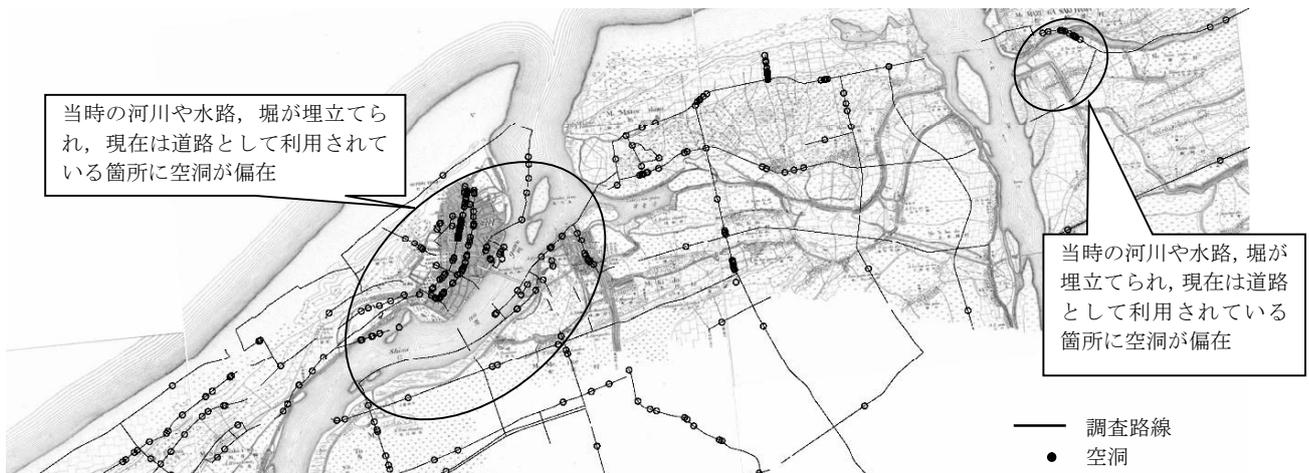


図-6 空洞位置をプロットした1890年の地形図（国土地理院の地形図に加筆）

5. まとめおよび今後の研究方針，結果の活用について

新潟市が進めている路面下空洞調査結果を用いて空洞が発生しやすい場所の条件(素因)と誘因を探った。その結果，素因のひとつに地形分類が挙げられ，特に埋立地と自然堤防に空洞が偏在する傾向がみられた。誘因については，埋設物および埋設物工事である可能性が示唆された。今後，素因に着目した空洞発生メカニズムの検討や，埋設物工事状況や履歴と空洞発生との関連性の検討を進めたい。

特に埋立地の空洞発生メカニズムは，埋立時の地盤状況と工事施工に関連すると推定されるので，路面下空洞対策は現況の維持管理だけでなく，新規道路整備時にも必要と考えられる。

もう一つの素因の自然堤防については，その成因から土質は不均一な砂質土が多く，粘性土地盤よりも地震時に地盤が液状化しやすい可能性がある。東日本大震災の教訓のひとつに液状化による空洞の発生があげられることから，留意が必要である。また，周辺より地盤が高いため古くから集落として利用されることが多く，その点からも調査を優先的に行う必要性が考えられる。

今回得られた知見の活用として，まず道路維持管理段階では，地形地質と土地利用状況から調査の優先順位の検討資料とすることが考えられる。また，災害時の緊急点検では，空洞が起きやすい地形地質を踏まえた，豪雨や地震時などの重点点検箇所選定。新規道路整備段階の事前対策では，該当箇所における，空洞発生を抑える工法（地盤改良など）の調査・設計・施工が考えられる。

参考文献

- 1) 直轄国道の舗装（路面）に関する保全検討委員会：路面地下の適切な管理のあり方について，2011
- 2) 北陸地方土木地質図編纂委員会：北陸地方土木地質図，1990
- 3) 池尻勝俊，林 康之：特殊な地形地質における陥没と空洞の検討，第39回地盤工学研究発表会（新潟），2004
- 4) 瀬良良子，小池豊，桑野玲子，桑野二郎：東日本大震災液状化箇所における路面下空洞の特徴と発生メカニズム，地盤工学ジャーナル Vol.9,No.3,323-339