

道路舗装のたわみ測定による路面下空洞の陥没危険度評価方法に関する一検討

東亜道路工業（株） 技術研究所 正会員 梅田 隼
同 正会員 ○塚本真也
神戸大学大学院 工学研究科 市民工学専攻 正会員 白 濟民
同 正会員 澁谷 啓

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、路面下の空洞を適切に管理することが重要である。地中レーダ探査等により空洞を早期発見し、その陥没の危険性を適切に評価して、路面保全のマネジメントを行っていくことが必要である。最近の空洞調査においては、3 次元的にデータを取得できる探査車により、空洞の位置や大きさについて調査されるようになってきているが、発見された空洞が危険な状態にあるかどうかを即座に判定することは難しい状況にある¹⁾。一方、陥没を引き起こすような空洞であれば、舗装の支持力が低下している可能性が十分考えられ、その評価には FWD によるたわみ測定は有効であると考えられる²⁾。周辺の健全な箇所との比較によっても陥没の危険性を評価できるとも考えられる。そこで、本報では現道で地中レーダ探査およびスコープ調査により空洞の大きさや深さが特定された地点で FWD 測定を行い、道路舗装のたわみ測定による路面下空洞の陥没危険度の評価方法について検討した。

2. 路面下空洞近傍での FWD 測定

地中探査レーダおよびスコープ調査で発見された空洞の近傍で FWD 測定を行った。表-1 に測定した空洞の箇所の概要を示す。空洞寸法の縦断方向は 0.8~5.8(m)、横断方向は 0.5~1.4(m)、発生深度は 0.15~0.68(m)と多様な寸法の空洞で測定した。FWD によるたわみ量測定は、図-1 に示すように空洞の直上とその 2m 手前の健全箇所を測定した。測定したたわみ量 D_0 は標準の載荷荷重 49kN への荷重補正と路面温度および外気温による標準温度 20℃への温度補正³⁾を行った。本報では次に示す 3 つの方法で空洞の評価を試みた。

① D_0 たわみ量に着目した評価指標（以下、たわみ量指標）：載荷板直下で発生したたわみ量 D_0 は、舗装体全体の支持力を表す指標として利用されている。また既往の研究⁴⁾では健全な舗装が有すべき D_0 の目安値（以下、目安値）が交通量区分ごとに示されている。そこで、FWD で測定したたわみ量 D_0 を目安値で除したものを評価指標とした。

② 空洞直上と周辺健全箇所の比較による評価指標（以下、健全部比較指標）：載荷点直下のたわみ量 D_0 は空洞の影響を受け空洞がない場所に比べ相対的に大きな D_0 が観測されるものと考えられる。そこで、空洞直上で測定した D_0 と、空洞周辺の健全と考えられる箇所（空洞直上から 2m 手前、一部、隣接する空洞が干渉することが予想されたため 3m 手前）にて測定した D_0 の差を目安値で除したものを空洞の評価指標とした。

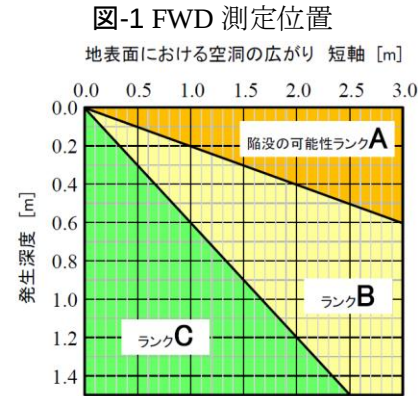
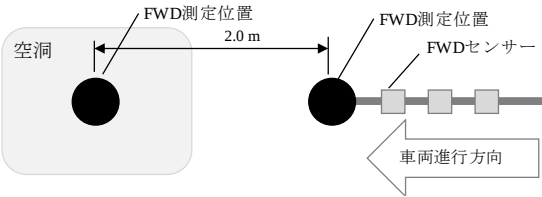


図-2 空洞形状からの評価方法^{5), 6)}

表-1 空洞箇所の概要

路線名		6	11	14	4	31
交通量		N ₇	N ₅	N ₄	N ₅	N ₅
空洞箇所数		2	2	6	15	2
空洞 寸法	縦断方向(m)	1.0～1.0	0.8～1.3	1.0～5.8	0.8～1.4	0.8～1.3
	横断方向(m)	0.9	0.5～1.1	0.8～1.1	0.7～0.9	0.6～1.4
	発生深度(m)	0.32～0.65	0.35～0.68	0.43～0.51	0.29～0.45	0.15～0.54

キーワード 路面下空洞, 陥没, FWD

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 東亜道路工業（株）技術研究所 TEL:029-877-4150

③ 空洞の形状からの評価指標（以下、空洞形状指標）：空洞の発生深度および広がりより、図-2 を用いて評価する方法^{5),6)}が提案されている。本報では、空洞の広がりと発生深度をプロットし原点との勾配を空洞形状指標とした。勾配が $0 \sim -0.2$ の範囲であればランク A, $-0.2 \sim -0.6$ の範囲はランク B, -0.6 以下であればランク C である。

3. 路面下空洞の陥没危険度評価結果

図-3 に空洞形状指標とたわみ量指標のプロットを示す。空洞形状指標が $-0.6 \sim -0.2$ のランク B は、経過観察等の措置が図られることがあるが、同じランク B であってもたわみ量指標では大きく異なっており、陥没危険度は異なっているものと考えられる。このためスコープ調査と合わせて FWD 測定を行うことによって、より適切に措置方法を選択できるようになると考えられる。図中の領域 c1 は空洞形状指標がランク C の範囲でたわみ量指標が 1.0 を下回っている領域、領域 b1 は空洞形状指標がランク B の範囲でたわみ量指標が 0.5 を下回っている領域であり空洞の陥没危険度が低いと考えられる。空洞の発生深度が 0.3m 未満と浅く比較的危険な空洞もたわみ指標によって区別することができている。よって、例えば図中の点線の下側を経過観察とし、上側を補修するといった対応が考えられる。図-4 にたわみ量指標と健全部比較指標のプロットを示す。たわみ量指標が増加するに伴い健全部比較指標も増加する傾向が認められる。空洞によりたわみ量が大きくなることを示唆しているものと考えられる。図中の領域 c2 はたわみ量指標が 0.5 以下であり十分な支持力を有している領域、領域 b2 はたわみ量指標が 0.5~1.0 で舗装としての支持力は問題なく空洞直上のたわみ量は健全部に比べて小さく陥没危険度が低いと考えられる領域である。スコープ調査を行わなくとも FWD の測定結果だけから空洞形状指標のクラス A や空洞発生深度が 0.3m 未満の危険度の高い空洞を抽出できている。よって、例えば、図中の点線の下側を経過観察とし上側をスコープ調査や補修を行うといった対応策が考えられる。

4. まとめ

空洞の陥没危険度を適切に評価するためには空洞形状だけではなく当該箇所の交通量や舗装の状態を考慮していく必要があるように考えられる。

本報では FWD 測定とスコープ調査を組み合わせることで陥没危険度を評価する方法を提案した。また、スコープ調査を行わなくとも FWD 測定結果から陥没危険度の高い空洞を抽出できる可能性について示した。今後も現地での FWD 測定を実施しデータを蓄積していきたい。

謝辞

本調査は、神戸の減災研究会の活動の一環として実施しました。神戸市建設局道路部のご協力に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局:路面地下の適切な管理のあり方について, web サイト, 2020/3 確認。
- 2) 佐藤克己, 秋葉正一, 加納陽輔, 赤津憲吾:舗装の健全性を考慮した重交通路線の路面下空洞の評価, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.73, No.3.I 135-I 143, 2015。
- 3) (公社)日本道路協会:舗装性能評価法(平成 25 年版), pp.17 - 19, 2013/4。
- 4) (公社)日本道路協会:舗装の維持修繕ガイドブック 2013, p.41, 2013/11。
- 5) 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), 2010/3。
- 6) 路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム:路面下空洞探査技術マニュアル(案), 2017/9。

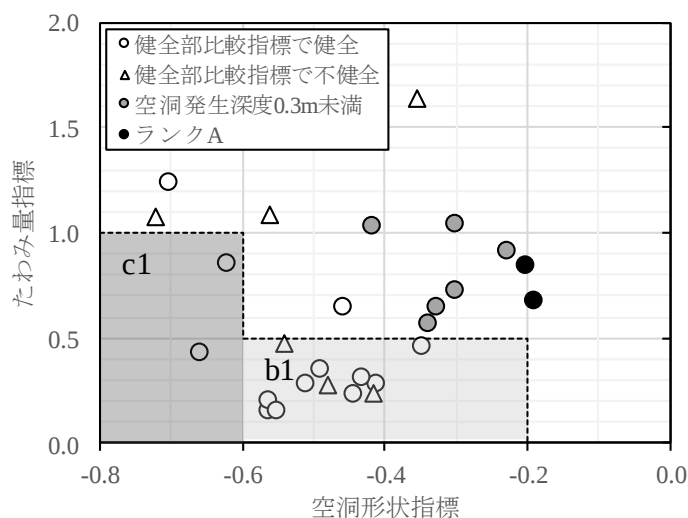


図-3 空洞形状指標とたわみ量指標

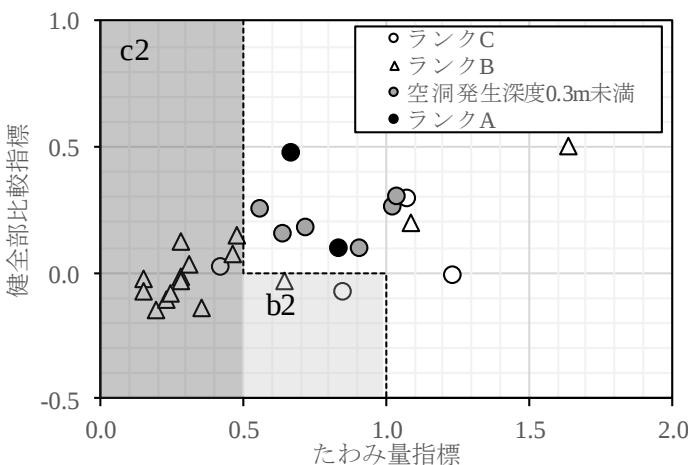


図-4 たわみ量指標と健全部比較指標