合理的路面下空洞対策に向けた空洞探査精度の現状と課題：深度測定精度

ジオ・サーチ株式会社　正会員　○大野　敦弘
同上　徳永　珠未
同上　濱也　幸樹
同上　正会員　瀬良　良子
東京大学生産技術研究所　フェロー会員　桑野　玲子

1. はじめに

道路ネットワークは国民の経済活動や生活に不可欠な機能であり、災害時の機能不全は緊急対応や人命救助、復旧活動を寸断させてしまうため、平常時から健全な状態に維持管理していくことが重要である。しかし近年、老朽化や高度化する地下利用とその工事等が起因の道路陥没が増加している。陥没対策の内、空洞の発見を目的として実施される路面下空洞探査は、非破壊調査であるため品質確保が重要となる。高い精度の探査結果により発見された空洞の対策優先度の評価が適切となり、より合理的な対応が実施可能となる。本研究では過去の調査レコードを基に、探査精度の 1 つである深度測定差異についての分析結果を報告する。

2. 地中レーダによる深度測定原理と差異の定義

地中レーダによる深度測定は、アンテナから送信した電磁波が空洞上面で反射し、受信されるまでの時間に、比誘電率を用いて仮定した伝播速度を乗じて発生深度(距離)を測定する。空洞探査の場合は地盤内の境界が不明瞭なものを対象としているということと、地中の比誘電率が一様ではないということを勘案して、概略深度として 10cm 単位としているケースが多い。一方、スコープ調査での深度測定は、異常信号箇所にて実施したボーリング孔の展開画像を撮影し、撮影した画像から発生深度を測定する。本研究での深度測定差異とは、同一の調査地点におけるレーダ探査の測定値とスコープ調査での実測値の差と定義する（図-1）。

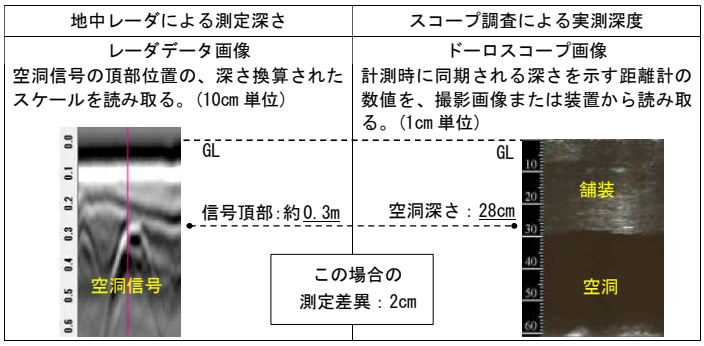

図-1　深度測定方法と差異の定義

3. 分析内容および対象データ

以下の調査結果を基に空洞探査の深度測定差異についての分析を行った。

・調査実施者：ジオ･サーチ株式会社
・算定の単位：1 空洞ごと
・レコード数：4,087 空洞
・対象：車道部

4. 深度測定差異の分析結果

図-2 は車道部で確認された 4,087 箇所の空洞における、実測値に対するレーダ探査の深度測定値の関係を分布図に表したものである。それぞれの深さでバラつきはあるものの、近似式の傾きはほぼ 1：1 で相関係数は 0.8 以上と高かった。次に、深さのばらつきを見るために、レーダ探査の深度ごとの実測値の頻度を分析した（図-３）。まず、レーダ探査の深度を 0.1mから 0.9mまでの 0.1mごとにわけたところ、0.2mから 0.6mにレコードが集中しており、全体の 9 割を占めていた。このレコードの多い深度で、レーダ探査の測定値と実測値の最頻階級が一致していたため、レーダ探査の精度は高いと判断できる。また、深度 0.7m 以深については、レーダ探査の測定値よりも実測値の最頻階級が 1 階級浅い傾向

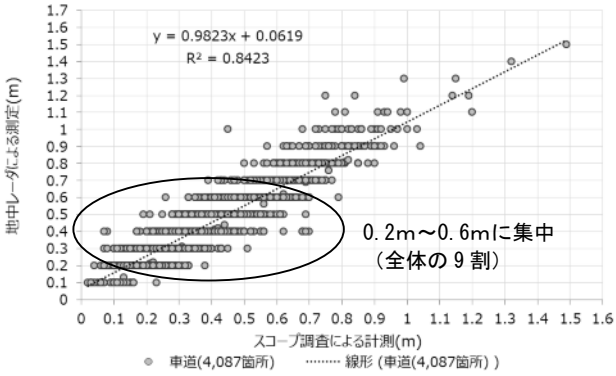

図-2　空洞深さ測定精度　実測分布図

キーワード　路面下空洞，探査，調査，道路陥没，深度精度
連絡先　〒564-0053　大阪府吹田市江の木町 6-24　ジオ・サーチ株式会社　大阪事務所　TEL 06-6190-6558

© Japan Society of Civil Engineers

にあった。

5. 考察：深度測定差異の要因

(a)測定単位の違い

先述のとおり、地中レーダ装置の深さ測定値は概略値であり 10cm 単位の扱いである。一方でスコープ調査での測定値は 1cm 単位であり、測定値の最小単位が異なることで差異が生じる。

(b)比誘電率の設定

地中レーダでの深さ測定は、伝播速度の仮定に使用する媒体の比誘電率に依存する。したがって、比誘電率の設定値が実態と異なる場合は、地中レーダの測定深さと実測値に差異が生じる。

(c)スコープ調査削孔時の空洞上部の崩落

スコープ調査時には空洞上端までボーリング削孔を実施する。その際、ボーリングビットを押し付けた際の圧力により空洞上部の土砂が崩落することがあり、実測深度が浅くなる場合がある。

(d)空洞の拡大

地中レーダ探査からスコープ調査までの間にタイムラグがあると、空洞が路面に向けて上昇し、空洞自体が浅くなる場合がある。

6. 合理的な空洞対策に向けた課題

発見された異常信号の深度は、直接補修等の対応方針を決定する際の重要な指標である。本研究では、路面下空洞の深度測定精度の現状を把握し、レーダ探査による深度測定値は、実測値との差異があるものの精度が高い概略値であることが確認された。このため、レーダ探査の深度測定値を用いて異常信号の時点で対応優先度の評価をすることは妥当であると判断される。一方で、レコード数が全体の約 1 割と少ないものの、深度 0.7m 以深については、実測値がレーダ探査測定値よりも浅い傾向であることも整理された。このため、レーダ探査の測定値を用いて経過観察等の対応を決定する際には、概略値であること・測定差異を考慮した基準にて運用することが望ましい。今後は、今回得られた知見を基に陥没危険度評価の改良につなげていく。探査精度の指標にはこのほか検知率、的中率[1]、広がり測定値がある。深度や広がり等の寸法値については空洞発見後の対策優先度に用いられる情報であるため、発見能力を示す検知率や的中率の精度確保が最も重要であることに留意する必要がある。

本研究は、国土交通省道路局が設置する新道路技術会議における技術研究開発制度により、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究「道路構造及び空洞特性に適応した陥没危険度評価と合理的路面下空洞対策についての研究開発」で行われたものである。

[1] 濱也ら(2019)「合理的路面下空洞対策に向けた空洞探査精度の現状と課題」第 54 回地盤工学研究会(大宮)

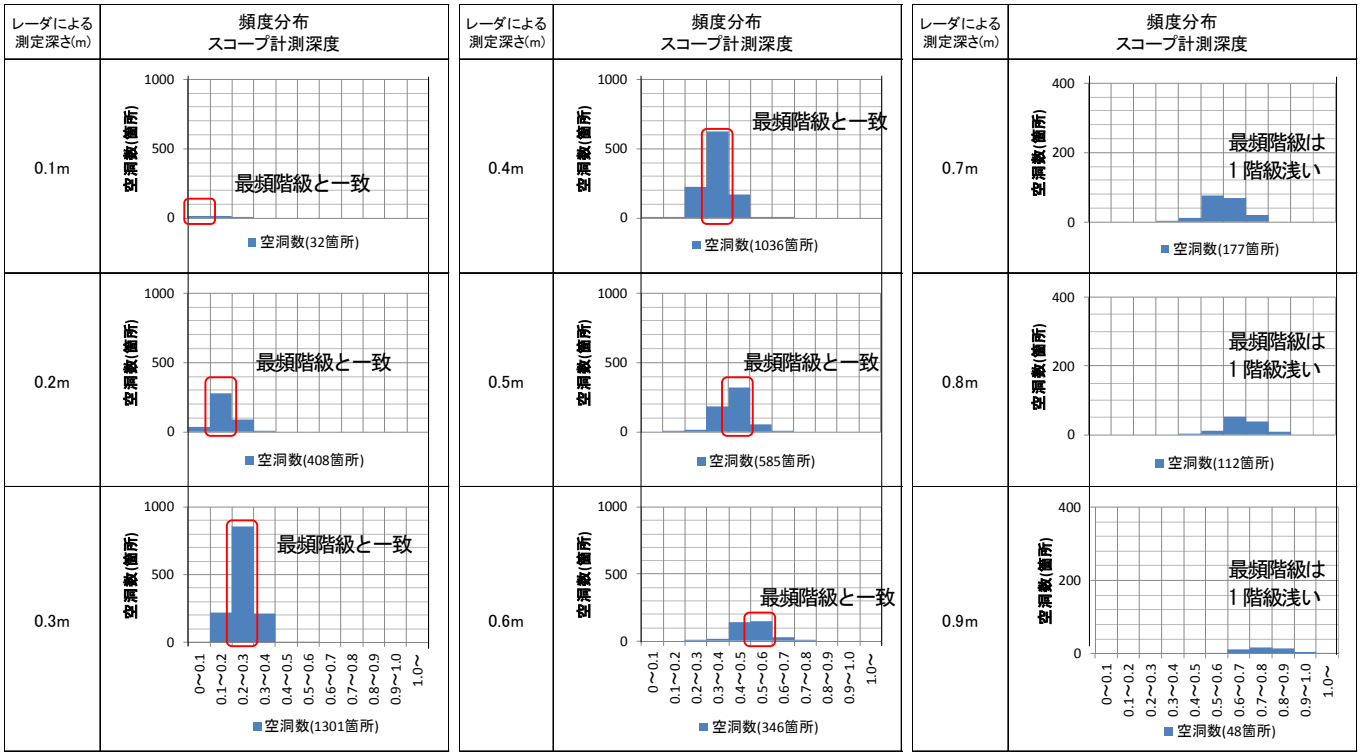

図-3　地中レーダによる測定値での実測値の頻度分布

© Japan Society of Civil Engineers