

63. 路面下空洞探査車の開発

建設省関東技術事務所；後藤 正洋

1. まえがき

近年、都市部において道路陥没がしばしば発生し、それに伴う事故も報告されている。このため、路面下の空洞を非破壊で調査し、事前に保全対策を講じる必要が生じた。このような背景より、道路陥没を未然に防ぎ安全かつ円滑な道路交通を確保するために、関東地方建設局では従来に比べ高速度、高精度化した路面下空洞探査車を平成2年度に開発した。さらに（財）道路保全技術センターでは、この探査車に関連する最新技術も併用して現場調査を行い、空洞を検出するとともに、これまで未知の路面下空洞状況、発生メカニズム等の解明に努めた。以下に、開発した空洞探査車の基本原理とその性能を中心に紹介するものである。

2. 開発された空洞探査車

従来の空洞探査装置は探査速度、精度の面で種々の問題があるため開発にあたっては平成元年度に予備調査として、精度確認を行うための模擬空洞を埋設した試験舗装路の設置及び従来の地中レーダ装置の性能試験等を行い開発目標を設定し、平成2年度より空洞探査車の開発に着手した。本開発は、本格的な空洞探査実施の緊急性を踏まえて短期間で実用機を完成させる特命プロジェクトであった。開発は、ジオ・サーチ（株）に委託し平成2年10月に探査車が完成し、11月より現道上にて実用性確認調査を開始した。

平成3年3月より本格的な現場調査を開始し平成3年9月までに、首都圏を中心に車線長150kmの調査を行っている。

2-1 電磁波地中レーダ方式の原理

地中探査方法としては、なるべく広範囲を短時間にかつ非破壊で探査することを目的とし、電磁波地中レーダ方式を採用した。その原理は電磁波を地中に放射し対象物からの反射を捉えて内部の状態を知るという方法である。進行する電磁波は比誘電率の異なる2つの層の境界で、不整合を起し、これが反射波の生ずるインパクトとなる。（図-1）

反射率は2つの層の比誘電率の大きさの関係で決まり、入射波は一部反射され残りは透過する。層が幾重にも存在する場合にはその層の境界の数だけ反射波が発生し時間的にそれぞれ遅れを持ったパルスの列が観測される。

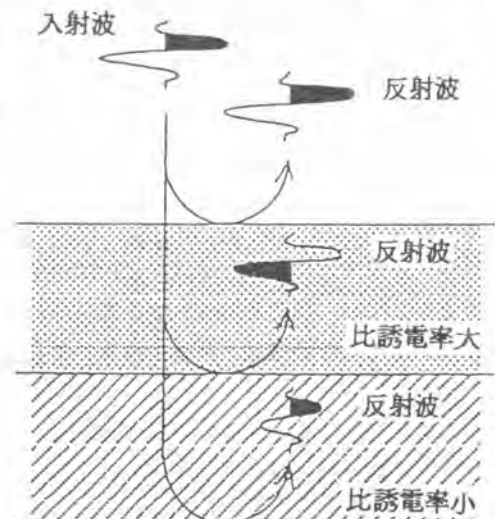


図-1 反射波の発生

2-2 探査深度の検討

路面下の空洞探査深度は深く解明できるほど良いが技術的に限度がある。深度を増大させる方法として、出力を上げる方法と周波数を低くする方法とがある。出力を上げると反射波強度は増加し探査深度は増加するが、浅部の反射が強すぎて判定が難しくなる。また、周波数を低くすると探査深度は増すが、探査空洞厚の薄いものは探査できなくなる特性がある。(図-2)

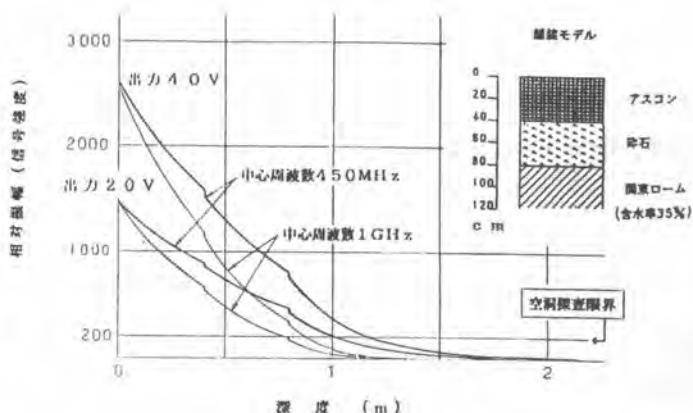


図-2 出力及び周波数と探査深度との関係

3. 基本仕様

空洞探査車の基本仕様は次の通りとした。

- (1) 形式：自走式(写真-1)
- (2) 探査深度：0～1.2m
- (3) 探査幅：2.0m以上(2測線同時測定)
- (4) 探査速度：20km/h以上
- (5) 探査能力：50cm×50cm×10cm以上の空洞
- (6) 表示・記録：波形データを一次処理しチャートレコーダ及びデータレコーダ等に表示・記録する。
また、距離その他のアイマークを前記録装置及びビデオレコーダに同時記録する。
- (7) 車両：全長 6990mm
全幅 2295mm
全高 3085mm(回転灯は除く)
乗車定員 8名



写真-1 路面下空洞探査車の外観

4. 探査車の特徴

本機の特徴は次の通りである。

- 4-1 探査深度：これまでの陥没事故例等を基に開発目標を設定し、探査深度は1.2m程度の能力を有している。
- 4-2 探査幅：従来の牽引式地中レーダでは1測線で1m幅であったが、道路のレーン幅は3

～3.5 m程度であるので一般的な車両幅と同じ程度が望ましく安全性及び交通障害等を考慮し1回の走査で1車線を探査できるように探査幅は約2 m以上の能力を有している。

4-3 探査速度： 従来使用されている探査装置は、狭い範囲を2～4km/hの低速で作業を行っていたが、特殊懸架装置と高速地中レーダ装置の採用により20km/h以上で探査ができる能力を有している。

4-4 位置の確認： 解析結果を整理するとき、最も問題となるのは位置の確認である。探査速度が20km/h以上になると手動マーカでは誤差が大きくなる。そこでCCDカメラと距離・速度検出装置を併用したポジショニングシステムの採用により、異常箇所との現地における位置を容易に確認できる能力を有している。

5. 探査車の性能

開発した探査車を用い試験舗装路及び現道上で調査を行った。探査深度については、試験舗装路で路面下1.2 mの発泡スチロールの模擬空洞を確認し(図-3)、現道上では1 m程度にある空洞を判定している。探査速度は交通量により様ではないが、10～20 km/hで作業を行っている。

6. 路面下空洞調査点検方法

道路陥没は特に都市部道路に発生する場合が多いので、調査検討手法に対しては、交通障害を生じることなく安全かつ迅速に調査を行えること、さらに復旧も考慮した迅速な調査結果が要求される。

このような要求を踏まえ開発された探査車及びこれと関連した機器を用いて、これまで首都圏における直轄国道で行った現地調査を基に考案された調査点検手法は、一次調査と二次調査より構成される。

本調査点検手法の特徴としては、

- (1) 広範囲の道路を短時間で調査し、異常箇所を迅速に抽出できる。
- (2) 抽出された異常箇所においては、簡易な規制にて短時間に空洞の存在状況を把握できる。
- (3) 現地調査の省力化による経費の軽減が可能である。

6-1 一次調査

一次調査は、路面下空洞探査車を用いて一般の交通の流れの中で、広範囲にわたり効率よく走査し、異常箇所を抽出する概査的調査である。(写真-2)

6-2 二次調査

二次調査は、一次調査結果より抽出された異常箇所において、空洞の存在状況の詳細把握を目的とした精査的調査であり、「メッシュ調査」と「スコープ調査」より構成される。

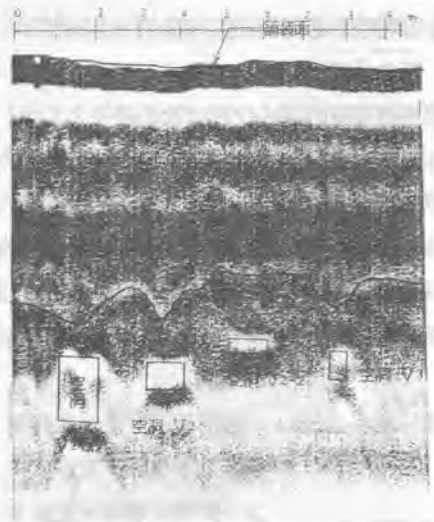


図-3 試験舗装路での記録結果

なお、各調査とも作業における所要時間は、1箇所当たり約1時間である。

(1) メッシュ調査

一次調査結果より抽出された異常箇所においてハンディ型地中レーダを用いて空洞の有無とその広がり特定する調査である。

作業要領としては写真-3に示すように通常5m×5mの範囲を1m間隔で調査を行う。

(2) スコープ調査

前記メッシュ調査結果より空洞の存在とその広がり特定された箇所において、舗装構造調査を目的に開発されたドーロスコープを用いて、空洞と路面下状況を確認する調査である。

作業要領としては、直径約30mm程度の小口径ボーリングを行い、特殊カメラを内蔵したゾンデを挿入し孔壁面画像として記録し(写真-4)、路面下の状況を正確に把握した後、ジェットセメントと常温合材にて復旧する。



写真-2 探査車による一次調査状況



写真-3 メッシュ調査作業状況

7. あとがき

路面下空洞探査車の開発については、当初の目標が達成できた。今後は現場に適用しながらデータベースの蓄積を図ると共に、より探査作業のスピード化を図るための解析ソフトの開発や調査点検マニュアルの整備等を行うこととしている。

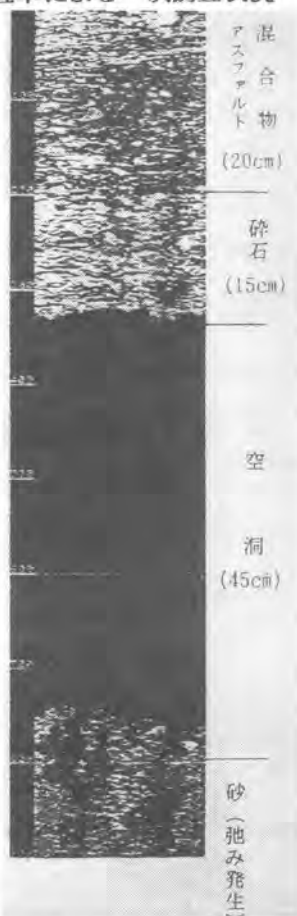


写真-4 路面下状況