

路盤中の空洞探査に関する基礎的研究

大成ロテック技術研究所 正会員 菅野 克美

同 上 正会員 伊藤 隆彦

同 上 正会員 高橋 光彦

1. はじめに

舗装体中には、上下水道・ガス・電気等の管路が数多く埋設されている。これらの埋設管周辺では、埋め戻し部分の転圧不足や管の破損により、路床・粒状路盤中に空洞が発生し、路面陥没の原因となる場合が多い。

最近、電磁波地中レーダーを搭載した空洞探査車が開発されており、走行速度20km/h程度、幅約2m、深さ約1.2mの範囲で空洞の探査が可能である。空洞探査車は一次調査に利用されており¹⁾、探査可能な空洞は50cm×50cm×10cm以上であり²⁾、広範囲の概略調査に適している。

一方、舗装の修繕工事にあって管の埋設状況や路面性状から、限定された範囲内で舗装体中に空洞の存在が予想されることがある。この場合、小さな空洞でも舗装の修繕工事と同時に補修できれば、安全性および経済性の面から非常に有利である。また、アスファルト表面遮水壁などでは、路盤陥没によるアスコン層下面での空洞をできるだけ早期に発見する必要がある。これらのことから、ハンディタイプの電磁波レーダーで路盤中に発生した空洞の探査可能な最小寸法を求めるための実験を行った。

2. 測定の原理および方法

(1)測定原理

電磁波は電氣的性質（比誘電率 ϵ_r ）の異なる境界面で反射する性質を有しており、反射係数Rは式-1で表され、上下層の ϵ_r の大小によって反射波の位相が反転する。

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad \dots\dots\dots \text{式-1}$$

ここで、
 ϵ_1 : 上層の比誘電率
 ϵ_2 : 下層の比誘電率

アスファルト舗装体各層の概略の ϵ_r は表-1であり、本研究で使用したミニ探査レーダー（日本無線社製、JEJ-60B）は、路盤内部または下部に空洞が生じた場合（ $\epsilon_1 > \epsilon_2$ ）にはマイナス側で、アスコンと路盤の境界面または路盤と路床の境界面（ $\epsilon_1 < \epsilon_2$ ）ではプラス側でピークを持つように設定されている。実験に用いた電磁波レーダーの測定範囲は20nsecであり、 $\epsilon_r=5$ のアスコンでは1.3m、 $\epsilon_r=9$ の粒状路盤材料では1mの深さが探査可能である。また、深さ方向の最小測定間隔は8mm程度である。

表-1 ϵ_r の概略値

材料	比誘電率
アスコン	5程度
路盤材料	8~9
粘性土	30程度
空気	1
水	81

したがって、路盤中に空洞が生じた場合には、路盤中にマイナスのピークを有する反射波形が生ずることとなるので、反射波形が識別可能な最小寸法の空洞の平面的な広がりと厚さを求めることとした。

識別の基準としては均質区間での反射強度の変動幅が挙げられるが³⁾、路盤材料についての明確な変動幅が不明なため、本研究では均質なアスコンの測定結果から得られた反射強度の変動幅を基準とした。反射強度の変動幅は、装置の特性および均質な材料の電氣的特性の差異が合成されたものであると考えられ、マイナス側のピークが変動幅を越える箇所を空洞として画像表示することとした。

(2)測定方法

空洞（空気の $\epsilon_r=1$ ）に模した各種寸法の発泡スチロール（ $\epsilon_r=1.4$ ）を、図-1に示すアスコン15cm・粒調碎石30cmの舗装構造中に埋設した。埋設した発泡スチロールの寸法は、平面方向が45, 30, 15cmの3条件、厚さが6, 4, 2cmの3条件の合計9条件とした。

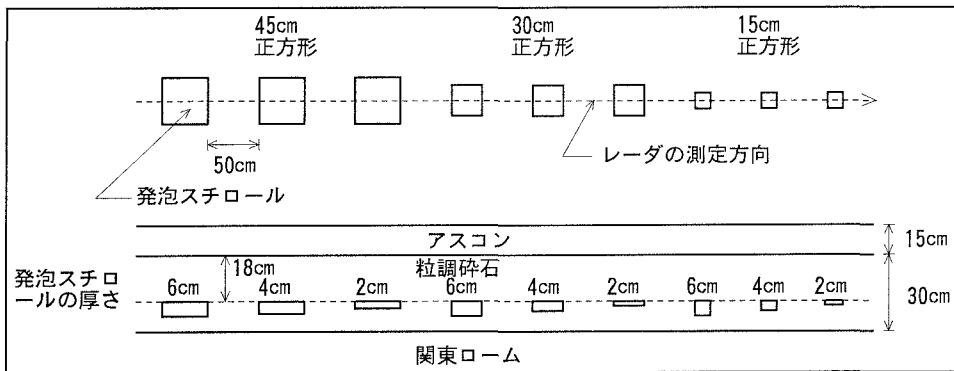


図-1 空洞の配置

アスコン面上から空洞の中心を通るように移動方向の測定間隔1cmで反射波形を測定し、測定終了後、測定データをパソコンに転送した。

3. 測定結果

測定データを処理した結果を図-2に示す。図-2では、通常の変動幅を越えるマイナス部分（空洞部分）を灰色、プラス部分（アスコンと路盤および路盤と路床の境界面）を黒色で表示し、さらに、アスコン（ $\epsilon r=5$ ）と粒調碎石（ $\epsilon r=9$ ）の比誘電率によって深さを求めている。厚さ2cmで30×30cm以下の空洞は識別不可能であるが、それ以上の大きさの空洞は識別可能である。

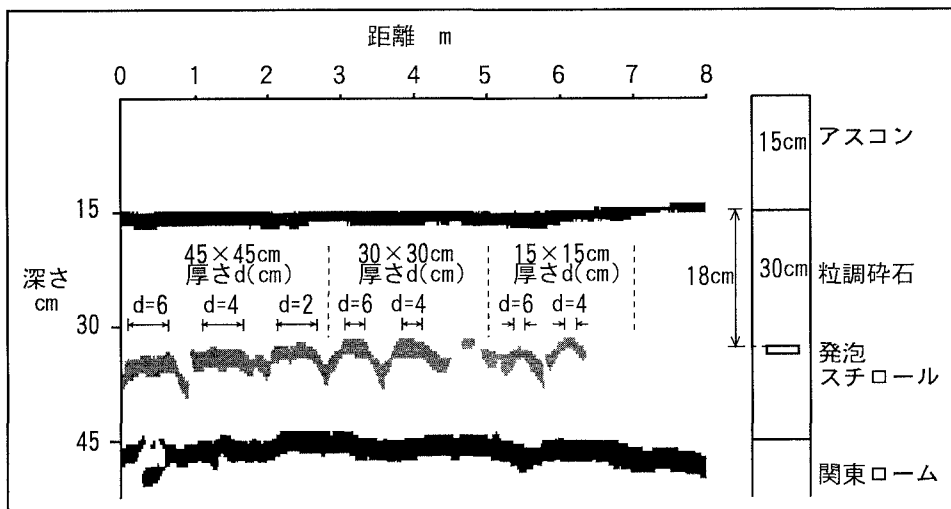


図-2 処理後の画像

4. おわりに

測定間隔が1cmの場合、厚さが4cm以上であれば15×15cm以上、45×45cm以上であれば厚さ2cm以上の空洞が探査可能であることがわかった。今後、路盤材料の変動幅の検討とともに、実際の舗装構造についての調査研究を行って測定および処理技術の信頼性の向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 多田・富田：道路保全における路面下空洞探査技術，道路，Vol. 627，pp. 51～54，日本道路協会
- 2) 長・小池：路面下空洞の探査の現状，建設の機械化，Vol. 529，pp. 4～7，日本建設機械化協会
- 3) 菅野・伊藤：電磁波レーダによる小空洞探査，第50回年次学術講演会講演概要集，V-222，土木学会，1995年9月