

コンクリート内部空洞の非破壊検出実験

Non-destructive testing for cavity survey inside concrete

○森 充広* 増川 晋* 渡嘉敷勝* 中矢哲郎*
M.Mori, S.Masukawa, M.Tokashiki, and T.Nakaya

1. はじめに

構造物表面に現れるひび割れ、ジャンカなどの変状は、目視調査や、近年運用が開始されている壁面連続画像撮影などの概査法によって捉えることができる。一方、浮き・はく離といったコンクリート等の内部変状に関しては、目視だけでは捉えることができず、打音などによる点検が不可欠となる。近年、表面から数十 cm 以上の内部にある空洞等に対して、各種の非破壊調査が適用され、成果が報告されつつある。本研究では、コンクリート内部欠陥を有するコンクリート供試体を作製し、このモデル供試体について、電磁波を用いた2種類の非破壊調査法を適用し、検出性能を比較した。

2. 実験方法

(1) 空洞モデル供試体

試験体は、**Fig.1** に示すように 500mm×500mm×150mm のコンクリート中に発泡スチロールを固定して打設し、硬化後発泡スチロールを溶剤で溶かして製作した。空洞はいずれも正方形で、厚さ 10mm とし、大きさはそれぞれ 100mm, 50mm, 25mm, 10mm とした。

(2) 計測システム

使用した2種類の電磁波法は、鉄筋探査等によく利用されている RC レーダ法と、3.6~4.0GHz という超高周波の連続波を用いる高周波フォログラフィックレーダ法を適用した。フォログラフィックレーダでは、深さ情報を特定することはできないが、内部の透過画像をX線写真のように捉えることが可能である。いずれの手法も比誘電率の相違を検出するものである。レーダの反射波の正負のイメージを **Fig.2** に示す。測定システムでは、アンテナから連続波を放射し、再び同じアンテナ内の受信機で反射波を記録する。記録するとき、連続波はパルス波に変換されるとともに、3.6~4.0GHz の周波数の波形を 0.1GHz 刻みで5個取得する。以下では、反射体（ここでは空洞）の位置で正の相関曲線が得られた場合は白く、負の相関曲線の場合は黒で表示する。

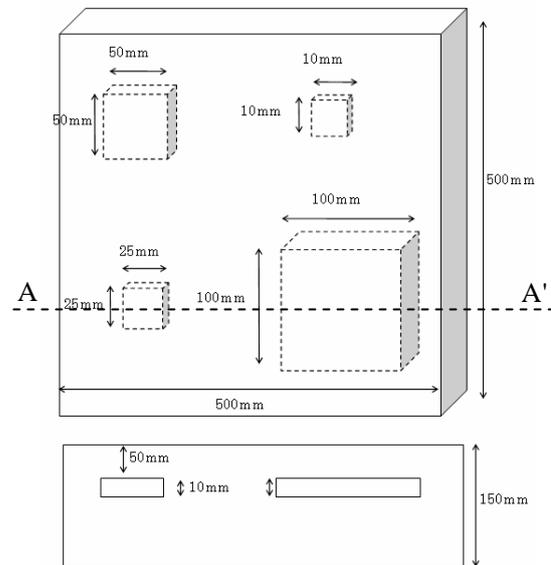


Fig.1 空洞モデル
Cavity model for survey

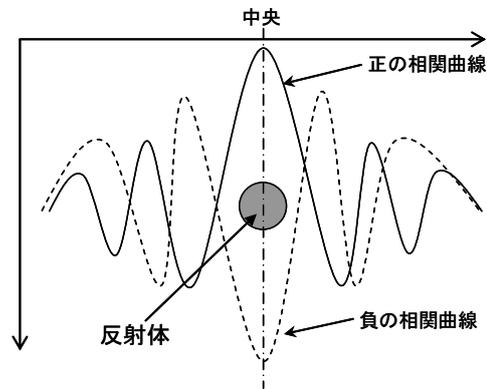


Fig.2 反射波の正負
Positive and negative reflection

3. 結果

Fig.1A-A'断面の RC レーダの画像を **Fig.3** に示す。RC レーダでは、アンテナを走行させた線上の画像を断面として捉えることができる。横軸はアンテナの走行距離、縦軸はその直下の深さ方向の情報を示している。供試体全体の大きさが小さかったため、両端の影響による電磁波の反射が見られる。100mm×100mm の空洞部分は **Fig.3** に示す矢印部分に検出できたが、それより小さい空洞は検出できなかった。今回用いたレーダの詳細仕様が公開されておらず、周波数は不明であるが、およそ数百 MHz 程度と推察される。検出能は周波数に依存することから、100mm×100mm 以下の空洞を検出するためには、さらに高周波のレーダが必要である。

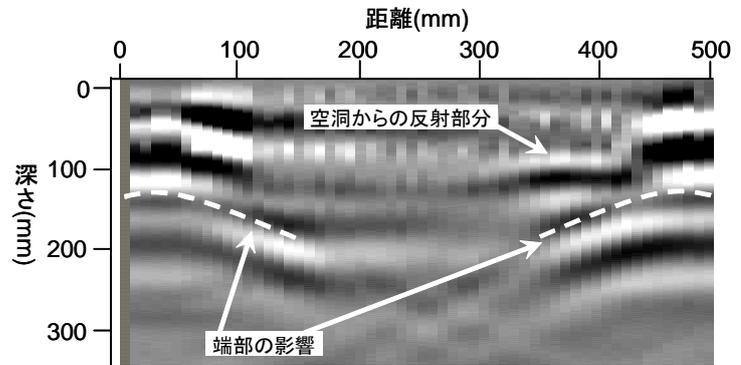


Fig.3 RC レーダによる結果
Image by RC Radar

次に、フォログラフィックレーダによる結果を **Fig.4** に示す。アンテナは、1cm ピッチで 51 ライン計測し、全画面を構成している。1度の測定で 5 周波数およびアンテナ配置形状 2 個（平行、クロス）の計 10 画像が同時に記録される。いずれも 500mm×500mm の供試体全体を透過した画像として見ることができる。**Fig.4** では、特に空洞箇所が明瞭に現れた周波数 3.6GHz および 3.8GHz、アンテナ配置形状平行での測定結果を示している。100mm×100mm の空洞だけでなく、50mm×50mm の空洞の位置や大きさを精度よく捉えることができた。今回の結果では、全般的にクロス配置よりも平行配置で空洞箇所が良好に検出できる画像が得られた。なお、空洞の代わりにプラスチック板を配置し、はく離を模擬した供試体においては、**Fig.5** のようにプラスチック板を検出することができなかった。したがって、フォログラフィックレーダでは、ある程度の厚みがある空洞でなければ検出が困難であることがわかった。

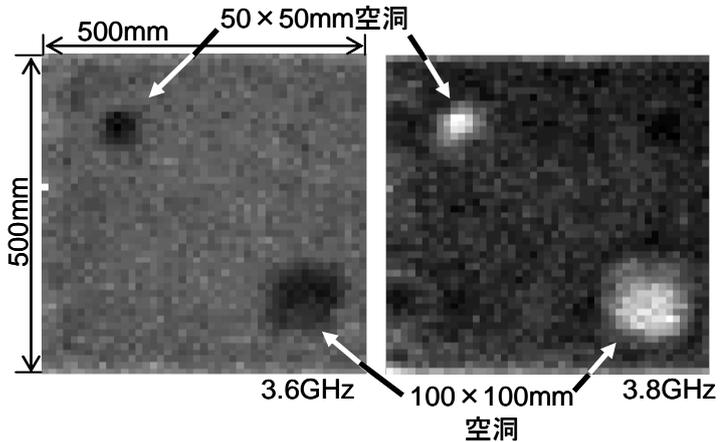


Fig.4 フォログラフィックレーダによる結果 (平行配置)
Images by Phorographic Radar (Parallel arrangement)

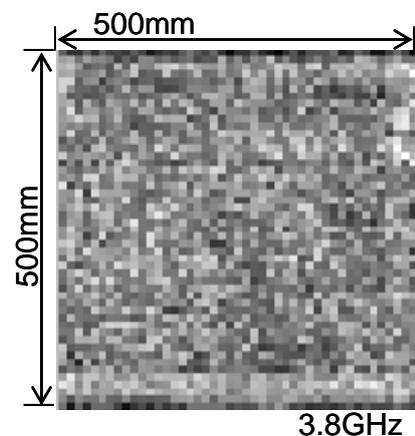


Fig.5 フォログラフィックレーダによる結果 (プラスチック板の場合)
Image by Phorographic Radar (Plastic Sheet)

参考文献

- 1) 森充広, 稲垣正晴, 齋藤豊 (2006): 超高周波ホログラフィックレーダによるコンクリート内部の可視化, コンクリート構造物への非破壊検査の展開論文集, Vol.2, 255-260