

# 準マイクロ波を用いた透過法による コンクリート内探査方法の研究

0855016 西元 久道

## 1. はじめに

近年，劣化や建築基準法の改正によって鉄筋コンクリートの強度不足が問題となっている．補修工事ではコンクリート内の鉄筋を避けて補強用の鉄筋を入れなくてはならない．そのため，コンクリート内の鉄筋位置を探査する方法が必要である．そこで本研究では，非破壊で鉄筋の位置を探査する方法として 2.4 GHz の準マイクロ波の透過性を利用した探査方法を提案する．本研究の目的は探査実験及び 2 次元 FDTD 法によるシミュレーションを用いて透過法を利用した探査方法の有効性を検証することである．

## 2. 透過法を利用した探査方法

透過法を利用した探査方法の略図（図 1）と探査手順を以下に示す．

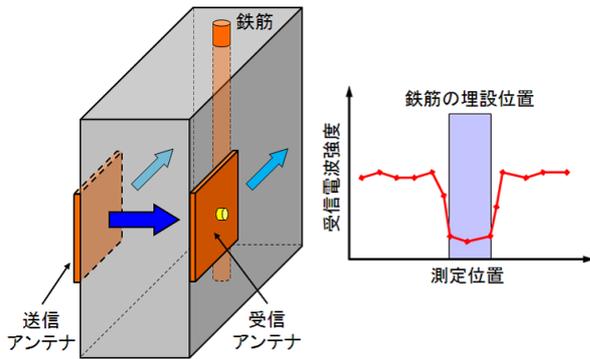


図 1: 透過法による探査方法

### 探査手順

1. 探査するコンクリートを挟むように送信アンテナと受信アンテナを設置する．
2. 送受信アンテナの位置を水平方向に等間隔で移動させながら，各点で受信電波強度と位相差を測定する．
3. 受信電波強度と位相差の変化から鉄筋の位置を推定する．

図 1 の右図で示すように，鉄筋位置では送信した電波が鉄筋で散乱するため受信電波強度が周囲に比べ弱くなると考えられる．

## 3. 探査実験による検証

探査実験では送受信アンテナに試作パッチアンテナを用い，設置したパッチアンテナを水平方向に 25 mm 間隔で移動させながら受信電波強度と位相差を測定する．試作コンクリートブロックは厚みが 500 mm あり，コンクリート内には鉄筋と塩化ビニル管が埋設されている．また，穴状の空洞が開けられている．

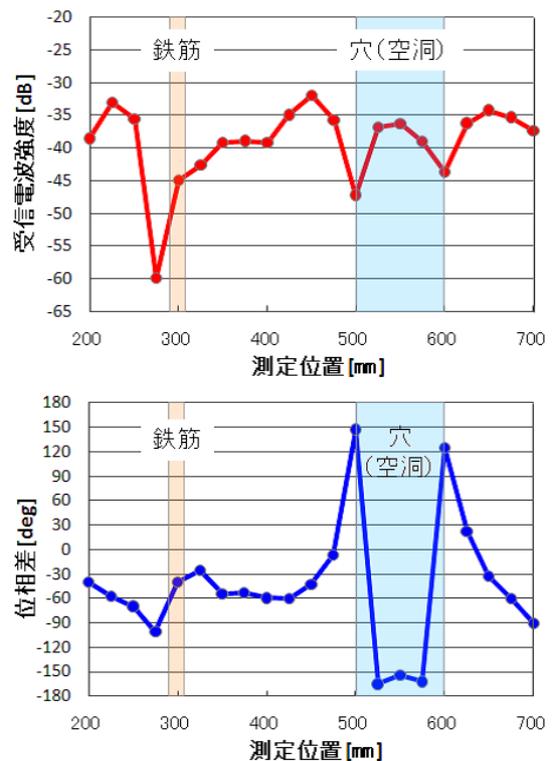


図 2: 受信電波強度と位相差の測定結果

図 2 は直径 20 mm の鉄筋と直径 100 mm の穴状の空洞周辺を探査した結果である．鉄筋の埋設位置に注目すると，鉄筋付近で受信電波強度が弱くなっていることが確認できる．これは鉄筋によって送信電波が散乱して受信される電波が弱まったことが原因と考えられる．このことから，推定位置に 25 mm 程の誤差はあるが鉄筋を検出することは可能といえる．次に穴の位置に注目すると，受信電波強度がコンクリートと空気の境界で弱くなり，穴の中心では境界よりも強くなる変化が確認された．これでは鉄筋が 2 本並んで埋設さ

れていると誤認する可能性がある．そこで位相差に注目すると，穴の位置では位相差に大きな変化が確認できる．これは電波が穴を透過する際に中の空気によって波長が長くなり周囲との位相差が大きくなるためである．位相差の測定結果から，500～600 mm の範囲に1つの大きな空洞があることがわかる．よって，透過法を利用した探査方法で空洞の検出も可能といえる．

#### 4. シミュレーションによる検証

実際の鉄筋コンクリート構造物には複数の鉄筋が埋設されている．このような場合でも透過法によって鉄筋を検出できるか調査する．複数の鉄筋が埋設された試作コンクリートブロックが無いので，複数の鉄筋が配置されたモデルを用いたシミュレーションを行い調査する．シミュレーションには解析領域が  $xy$  平面の2次元 FDTD 法を用いる．

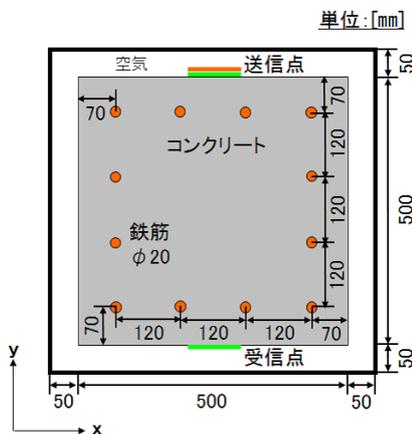


図 3: シミュレーションモデル

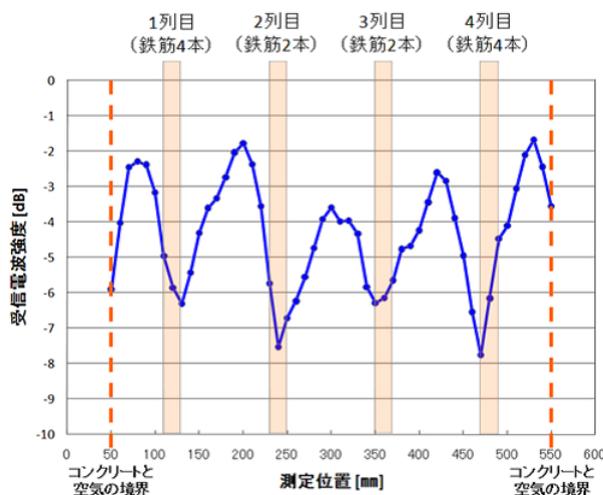


図 4: シミュレーション結果

シミュレーションモデル(図3)には500 mm × 500 mm の大きさのコンクリートブロック内に鉄筋 12 本を 120 mm 間隔で正方形の枠型に配置してある．シミュレーションではパッチアンテナをモデル化した幅 102 mm の送信点と受信点を等間隔で移動させ，各点で受信電波強度を求める．受信電波強度は送信点での電界値を二乗して時間平均を取ったものを 0 dB とした相対値で表す．図3において  $x$  軸の座標が同じ鉄筋の集合を  $x$  軸の座標が小さい順に 1 列目，2 列目，3 列目，4 列目とする．図4に示すシミュレーション結果から鉄筋が配置されている位置では周囲よりも電波受信強度が弱くなっていることが確認でき，鉄筋位置を判別することが可能である．このことから，透過法を用いた探査方法は実際の鉄筋コンクリート構造物のように複数の鉄筋が埋設されている場合でも鉄筋探査を行うことができると考えられる．ただし，1 列目と 2 列目を比較すると，送信点と受信点の間に重なって配置されている鉄筋の本数が少ない 2 列目の方が受信電波強度が弱い，3 列目と 4 列目を比較すると，重なって配置されている鉄筋の本数が多い 4 列目の方が受信電波強度が弱くなっている．重なっている鉄筋の本数と受信電波強度に関係はなく，重なっている鉄筋の本数を求めることはできない．

#### 5. まとめと今後の課題

探査実験から透過法を利用した探査方法で厚さ 500 mm のコンクリートブロック内の鉄筋と空洞を検出することができた．更に，シミュレーション結果から実際の鉄筋コンクリート構造物でも鉄筋探査が可能であると考えられる．以上の結果から，透過法を利用した探査方法はコンクリート内の鉄筋探査に有効な方法であるといえる．

今後の課題として，現状では探査結果から鉄筋位置を推定するための定量的な基準がないため，多様なコンクリートブロック及びシミュレーションモデルを用いて探査実験とシミュレーションを行い，受信電波強度と位相差から鉄筋位置を求めるための定量的な基準について検討する必要がある．また，パッチアンテナを用いた探査方法は探査に時間が掛かる欠点がある．この問題は本研究室が開発している新しい探査システムによって改善されると期待している．