

南春輝, 榊原大志, 岡田雄一郎, 田中俊幸

(*長崎大学大学院工学研究科)

1. はじめに

構造物の設計では安全性だけでなく耐久性も求められる。鉄筋コンクリート構造物は長期利用のため、強度や鉄筋の腐食などを検査する必要がある。検査は破壊検査と非破壊検査があり、前者は信頼性が高いがコストが大きい。一方、非破壊検査は損傷なく実施できるが精度や技量に課題がある。本研究では電磁波レーダを用いて鉄筋の深さや半径を高精度に推定する非破壊検査を行っている。これまでの研究で損失媒質中の伝搬によるパルス幅の拡大を補正しなければ、正確な推定ができないことを明らかにした。パルス幅の拡張を定式化するためには、鉄筋反射波を正確に観測する必要がある。従来は送信波から受信波の直達波と鉄筋反射波の分離が困難であったが、比誘電率の近い誘電体を電磁波レーダとコンクリートの間に挟み込むことで直達波と鉄筋反射波を分離させ、鉄筋反射波の到達時間の測定精度を向上させている。

2. 誘電体の作成と比誘電率の測定

コンクリートの電気定数を模擬する誘電体はシリコンと離型剤を混ぜ合わせて作る。目標とするコンクリートの電気定数は約6である。中心周波数3GHzの時シリコン100gに対して離型剤は約20~30g必要となる。作成した誘電体の比誘電率測定はビバルディアンテナを使用する。アンテナ間に誘電体を挿入した場合と挿入していない場合に対して伝達時間を測定し、それらの差から式(1)により比誘電率を求める。

$$\epsilon = \left(\frac{c\Delta t + r}{r}\right)^2 \quad (1)$$

C:光速(3.0×10⁸m/s) Δt:伝搬時間の差(ns)
r:誘電体の幅(m)

3. 直達波と反射波の分離

先行研究では直達波と反射波の観測位置が近く、それらを分離できなかった。今回は誘電体をコンクリートと電磁波レーダの間に差し込み図1のように設置する。図1の電磁波レーダを使い図2のコンクリート内部の鉄筋を探査する。ここでレーダは点Sから点Gまでの500mmを5mm間隔で時間波形を取得する。波形は図3に示す。鉄筋①の半径は10mm, 鉄筋②の半径は6.8mmである。

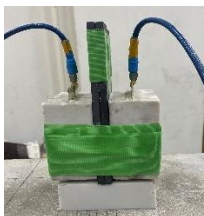


図1, 電磁波レーダ

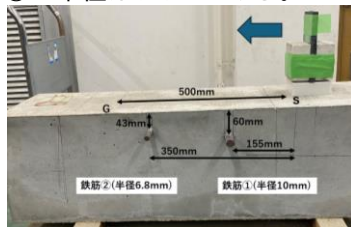


図2, 使用したコンクリートと詳細

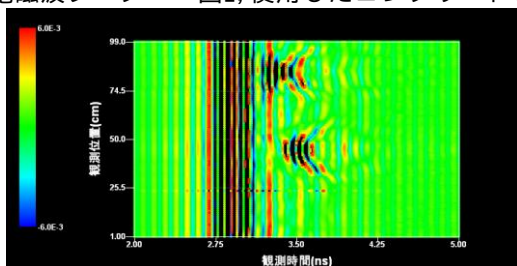
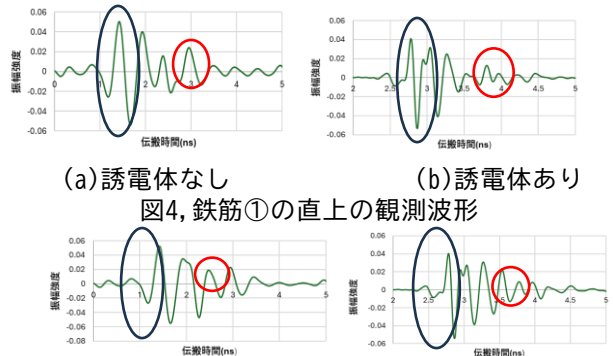


図3, 点Sから点Gまでの観測波形



(a)誘電体なし (b)誘電体あり
図4, 鉄筋①の直上の観測波形

(c)誘電体なし (d)誘電体あり
図5, 鉄筋②の直上の観測波形

図4、5はパルス形状を比較するため鉄筋直上の観測波形を示す。(a)が誘電体なし、(b)が誘電体ありである。青で囲まれている部分が直達波を表し、赤で囲まれている部分が鉄筋反射波を表している。図4、5ともに誘電体がある場合の波形の方が、直達波と反射波の到達時間の差が大きくなっている。この差を広げることで鉄筋反射波がより正確に観測でき、鉄筋反射波のパルス幅がどのように変化しているかを観測することが可能になる。

4. かぶりが浅い鉄筋推定

電磁波レーダではかぶりが浅い鉄筋は直達波と鉄筋反射波が重なるため、かぶりの正確な推定ができなかった。今回の実験で鉄筋反射波の到達時間を遅らせることができれば、浅い鉄筋でも精度よくかぶりの推定が行える可能性があるため、今後はこの研究を進める予定である。

5. パルス幅補正式

損失媒質中の伝搬によるパルス幅拡張を補正するための近似式を作成する必要がある。近似式を作成するには、鉄筋の半径の大きさ、かぶり、コンクリートの電気定数、水平位置の値が必要となる。また補正を行うため伝搬時間の正しい理論値が必要である。理論値と実測値との差をできるだけ小さくするようにパルス幅の近似式を求めなければならない。

6. まとめ

本研究の最終目的は正確な鉄筋探査を行うことである。今回の実験で鉄筋探査に必要な鉄筋反射波をより正確に読み取るための予備実験を行った。誘電体を使い、直達波と鉄筋反射波を分離することができたため鉄筋反射波がより正確に読み取ることができた。今後はパルス幅の補正式を作成し、様々な条件下で補正式が機能するかを調べる予定である。

7. 謝辞

本研究は科研費(23K03990)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1]小川彰吾, 他, 電気関係学会九州支部 11-2-08, 2024
- [2]中村賢太, 他, 信学技報 SANE2020-52, 2021