

コンクリート鉄筋かぶり検知装置の開発

日本道路公団 正会員 ○赤木 渉
日本道路公団 西岡 昌樹

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性確保には、コンクリートの強度・密実性、適切な鉄筋かぶり深さの確保が重要である。鉄筋かぶり深さについては、組み立て後にスケールなどによる測定および目視で検査を行い、完成後では非破壊によるかぶり深さ調査が実施されてきた。しかし、市販されている鉄筋かぶり検知装置は、測定精度について限界があり、設計値の 80% しかない場合でも「詳細調査必要なし」と判断せざるを得ないものであった。そこで著者らは、平成 14 年度からコンクリート構造物の鉄筋かぶり深さを非破壊により、高い精度で推定できる機械を開発することとした。

2. 鉄筋かぶり検知装置の現況の問題点

鉄筋かぶり検知装置は表-1 に示すとおり、測定精度等について問題がある。表-1 を踏まえ「配筋ピッチが密で、かつ深いかぶり(120mm 程度)でも精度よく計測が可能」「特別な知識や測定技量を必要としない」の他、「短時間での鉄筋位置(かぶり)の自動抽出」等を開発目標とした。これらの目標を達成できる測定方法として、電磁波レーダ法を用いたマルチパスアレイレーダシステムを採用することとした。

表-1 鉄筋探査方法の測定原理と問題点

鉄筋探査方法	測定原理	問題点
電磁誘導法	鋼材の反応を磁場の変化で測定する。	配筋状態(密、ラップ)や鉄筋径の影響を受け、水平位置、かぶりとも測定精度が低下する。
電磁波レーダ法	電磁波の反射時間を測定する。	電磁波の伝播特性が対象コンクリートにより異なるため、かぶりの測定精度にばらつきが生じやすく、また解析にも熟練を要する。

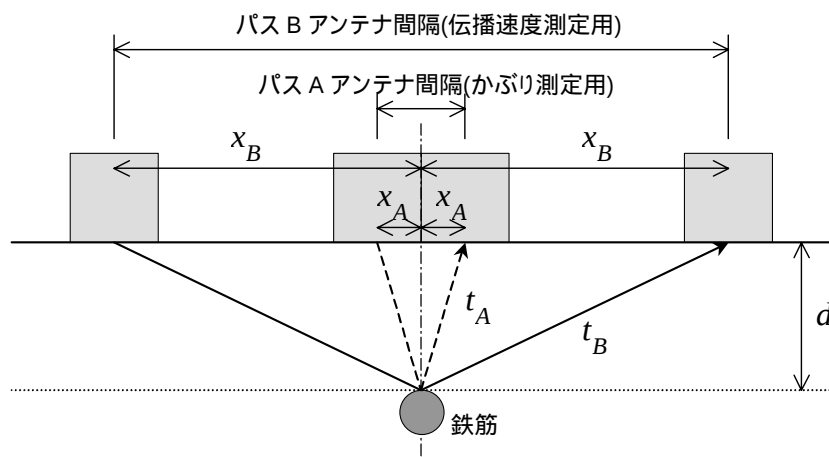
3. マルチパス電磁波レーダ法の概要

マルチパス電磁波レーダ法は、三井造船(株)が開発したマルチパスアレイレーダシステムにより理論的に確立しているものである。基本的な測定原理は、電磁波レーダ法と同様に電磁波の伝播時間を測定し、鉄筋かぶりを推定する手法であるが、図-1のように、2組の送受信アンテナを備えていることが最大の特徴である。

他にも、マルチパス電磁波レーダ法の特徴は以下のとおりである。

特徴 1) 基本原理は反射時間を測定する電磁波レーダ法であるため、電磁誘導法の弱点である配筋状況の影響を受け難い。

特徴 2) コンクリート中の電磁波の伝播経路が2組あるため、伝播速度を収束計算により精度よく求められる。これにより測定者の熟練度やコンクリート中の水分量に関わらず、状況に合わせて伝播速度を自動的に最適化するため、高い精度で測定ができる。



d : 鉄筋の真のかぶり深さ(mm)
t : 送信アンテナから発信された電波が鉄筋に反射して受信アンテナに達した時間(秒)
x : 鉄筋投射点とアンテナとの距離(mm)

図-1 マルチパス電磁波レーダ法の測定原理

キーワード 非破壊検査, 探査装置, 品質管理, 電磁波レーダ, マルチパスアレイレーダシステム

連絡先 〒760-0065 香川県高松市朝日町 4-1-3 JH日本道路公団 四国支社 高松技術事務所 :087-823-3511

4. 試作機の精度検証方法

測定精度が鉄筋かぶり深さ等にどのように影響するのかについて、表-2に示す測定条件で検証した。パスBのアンテナ間隔は測定精度に影響するため140～200mmの4つの条件を設けた。これは、パスBのアンテナ間隔が狭い場合は、パスAとBの反射時間の差が小さくなり収束計算に誤差が生じやすくなり、逆に広い場合は、周辺鉄筋の影響も受け、反射時間に誤差が生じやすくなるからである。なお、精度よく計測を行うため、市販されている鉄筋かぶり検知装置よりもアンテナ周波数を高いものとし、5GHzを採用した。電磁波レーダ法では波長の特性から、一般的にアンテナ周波数が高いほど精度が向上するが、測定可能深さが浅くなる特徴を有している。そのため事前に別検討で深いかぶり(120mm程度)の精度確認を行い、その結果、5GHzでも十分な測定可能深さを有することを確認した。

表-2 測定条件の組合せ

供試体		アンテナ間隔
鉄筋間隔	設定かぶり	(パスA-B)
40	40	40-140
80	80	40-160
120	120	40-180
ラップ125	120	40-200

単位(mm)

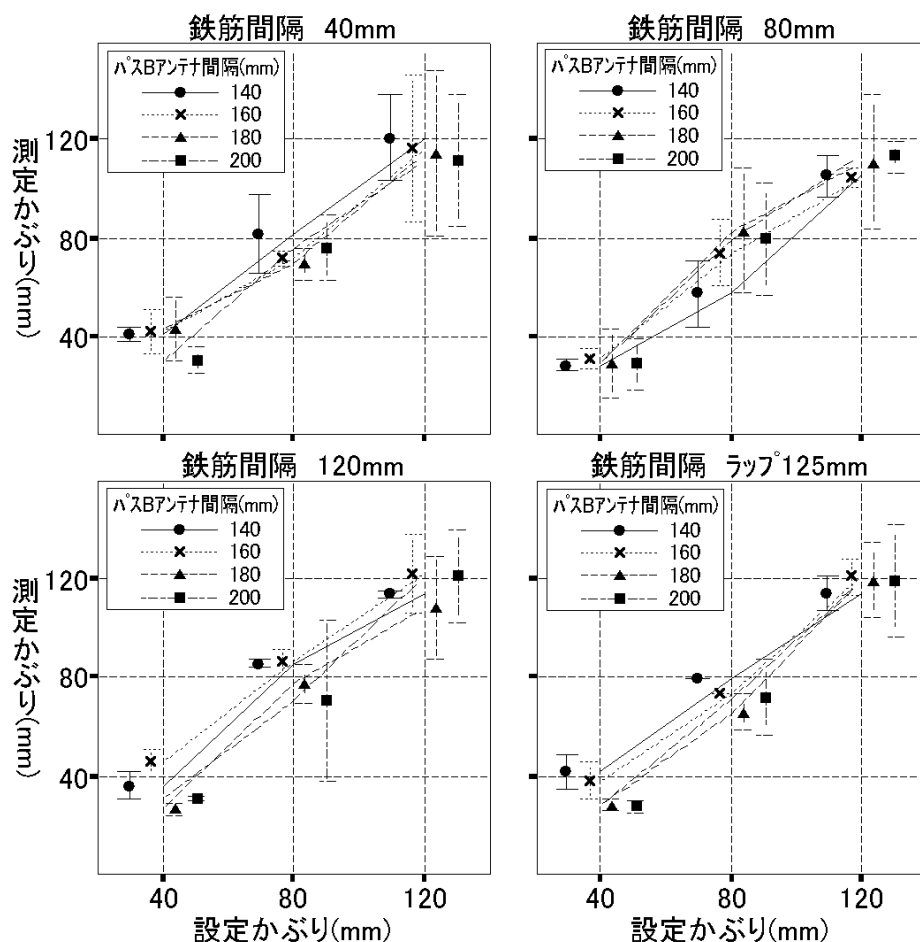
5. 測定結果

図-2に鉄筋かぶり測定結果を示す。鉄筋間隔40mmでは、どのアンテナ間隔でも設定かぶりが大きくなるとばらつきが大きくなる傾向がある。鉄筋間隔80mmでは、設定かぶりやアンテナ間隔に関わらず誤差やばらつきの大きいものが多い。また鉄筋間隔120mmとラップ125mmについては、パスBのアンテナ間隔が140mmのものが設定かぶりを問わずばらつきが小さい。また平均値も設定かぶりと比較的よく一致している。

ここで測定結果を実用性の面から考察すると、高速道路橋の鉄筋間隔は、一般に最小で125mmであることから、鉄筋間隔120mmおよびラップ125mmのみを対象として考えると、最もばらつきが小さく、誤差も小さいパスBのアンテナ間隔は、140mmであると考えられる。この場合の測定精度を表-3に示す。平均値の誤差は少なく、高精度での判定が期待できる。

6. おわりに

本件の試作機により、供試体レベルではあるが、鉄筋かぶりを精度よく測定することができた。今後は、実構造物での測定を行い、その精度と使い勝手を検証する計画であり、機会を改めて報告したい。また、本試作機については、今後自動解析技術や使い勝手を向上させ、機器の小型化を目指し、実用機として完成させたいと考える。



- ・設定かぶり値は表示が重なるため、便宜上ずらしている。
- ・範囲は95%の信頼区間を示す。

図-2 鉄筋かぶり測定結果

表-3 パスB アンテナ間隔140mmの測定精度

かぶり	設定かぶり(真値)との差			標準偏差
	設定かぶり	最大値	最小値	平均値
40mm	4.9	-4.5	-0.8	3.457
80mm	7.7	-0.3	3.4	3.719
120mm	-3.9	-9.4	-5.7	1.937

(鉄筋間隔120mmとラップ125mmの場合)