

伝播速度自動解析型電磁波レーダ鉄筋かぶり検知器の開発報告

西日本高速道路㈱四国支社 高松技術事務所 正会員○明石 達雄

同上 森 春樹

同上 富田 雄一

西日本高速道路エンジニアリング四国㈱ 林 詳悟

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の品質確認や、劣化診断などに非破壊検査が盛んに用いられているが、非破壊検査技術は未だ発展途上であり、測定精度や解析方法など様々な問題を抱えている。そこで、西日本高速道路㈱は、高品質なコンクリート構造物の建設や効率的な維持管理を目的として、三井造船㈱と共同で、新しい鉄筋かぶり検知器の開発を行ってきた。本報告は、既存測定機の精度を大きく上回り、かつ誰でも簡単に鉄筋かぶりを測定できる実用機が完成したため報告するものである。

2. 新型コンクリート鉄筋かぶり検知装置の特徴

2.1. 伝播速度の自動解析

新型コンクリート鉄筋かぶり検知器（以下、ツインパスレーダ）は、測定原理に電磁波の反射時間からかぶりを求める電磁波レーダ法を用いている。この手法は、電磁誘導法に比べ深いかぶりの測定に強く、得られる情報量も多い反面、解析に熟練を要し、電磁波の伝播速度を正確に推定することが困難なため測定誤差が発生しやすい傾向にある。¹⁾これに対して、ツインパスレーダは、既存技術が1組のアンテナを用いるのに対して、図-1のように、高分解能の2組のアンテナを用いることで、クリアな測定画像の表示と、鉄筋かぶりと比誘電率の自動解析を可能としており、測定精度の向上と安定を可能としている。

2.2. 伝播経路の最適化による高精度化

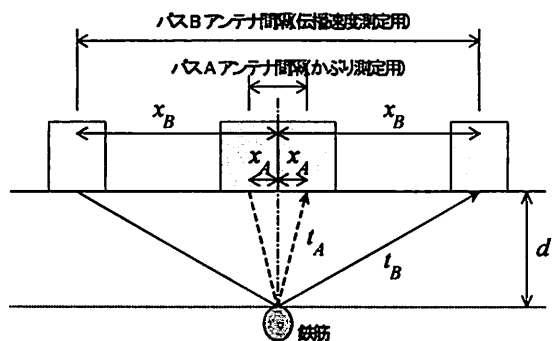
いかなる鉄筋かぶり検知器も、コンクリート上を走査するためには、アンテナとコンクリート表面にわずかな隙間が必要である。図-2は電磁波の伝播経路の概念を示した図であるが、既存技術では、電磁波の伝播経路を直線とするのに対して、ツインパスレーダでは、異なる比誘電率の境界面で起こる屈折現象も解析に取り入れ、より高精度なかぶりの測定を可能としている。

2.3. 鉄筋平面位置の自動抽出

電磁波の反射時間が鉄筋直上で最短となることを応用して、鉄筋平面位置の自動抽出技術を新たに開発した。これにより、かぶりと平面位置を自動で同時に抽出することができるため、解析に熟練を要さず、誰でも簡単に高精度の解析が可能となった。

3. ツインパスレーダの仕様

ツインパスレーダの機器の仕様を表-1に、測定状況



d : 鉄筋の真のかぶり深さ (cm)

t_{AB} : 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_{AB} : 鉄筋投射点とアンテナとの距離 (cm)

次の方程式が $d_A = d_B$ を満足する伝播速度 V を収束計算にて求める

$$d_A = \sqrt{(V \times t_A + 2)^2 - x_A^2} \quad (n^\circ \text{A かぶり深さ})$$

$$d_B = \sqrt{(V \times t_B + 2)^2 - x_B^2} \quad (n^\circ \text{B かぶり深さ})$$

図-1 ツインパスレーダの測定原理

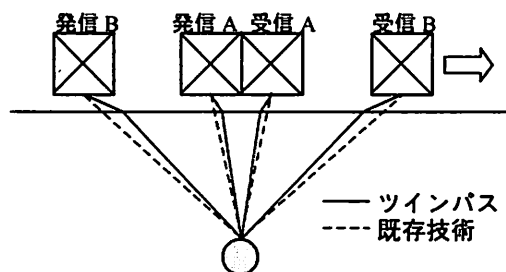


図-2 電磁波の伝播経路の概念図

表-1 ツインパスレーダの仕様

重量	本体 4.9kg + バッテリー 0.8kg
大きさ	本体 30×23×11cm (車輪+取手除く)
表示部	高輝度 TFT 液晶タッチパネル
OS	Windows XP
アンテナ周波数	約 4GHz
最大探査深度	20cm
バッテリー	24V (駆動時間約 1 時間 / バッテリー)

を、写真-1 に示す。このように、表示装置、解析装置、アンテナ装置を一体化した本体、およびバッテリーの2ユニットで構成される。測定に際して特別な設定などは不要であり、鉄筋かぶりを測定したいコンクリート面に沿って本体を走らせるだけで、正確な鉄筋かぶりと測定開始点からの距離を求めることができる。



写真-1 測定状況

4. ツインパスレーダの性能検証

4.1. 分解能の向上

図-3と図-4に既存技術とツインパスレーダの解析結果表示例を示す。ツインパスレーダは、既存技術と比べて、多重反射が少なく鉄筋の反射を表す円弧状の反射がハッキリと確認できる。

4.2. 測定精度の向上

ツインパスレーダの精度を検証するため、実構造物のかぶりを測定後、鉄筋までコアを抜き、実際のかぶりをノギスで測定した。図-5は、ツインパスレーダの測定結果と、既存技術の測定結果²⁾を比較した図である。既存技術の測定誤差が大きいのに対して、ツインパスレーダは、かぶり2~13cmの間では、最大誤差0.66cmと誤差が少なく、標準偏差0.31cm(実測かぶりの3.6%)と精度の安定性が高いことが分かる。このように、ツインパスレーダは既存技術に対して大幅な精度の向上を果たしている。

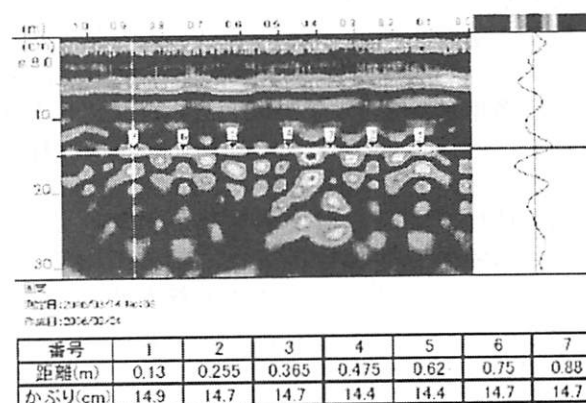


図-3 既存技術解析結果表示例

4.3. 解析効率の向上

ツインパスレーダでは、鉄筋の自動抽出が可能であるため、図-4のように画像上に鉄筋の平面位置を示す縦線と鉄筋位置を自動表示し、それに対応する測定開始点からの距離、鉄筋かぶり、比誘電率を画面上部に表として自動で表示する。このため、誰でも簡単に、短時間での解析が可能であり、かつ解析結果は表計算ソフトにて編集可能なファイル形式で出力できるため、その後の、報告書の作成や、鉄筋かぶり分布などの統計処理などの作業時間を大幅に短縮することができる。

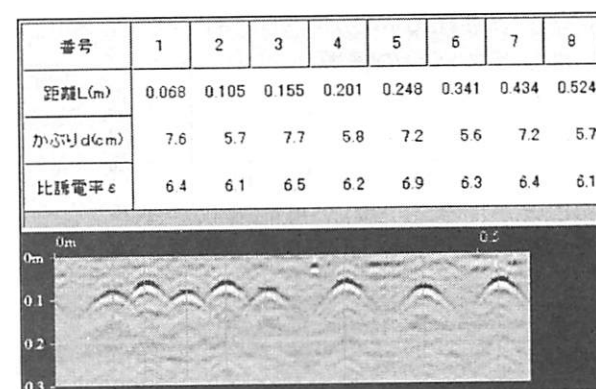


図-4 ツインパスレーダ解析結果表示例

5. まとめ

ツインパスレーダは、既存技術を応用することで、その問題点を克服しており、高い精度と、解析効率を有している。今後も非破壊検査技術の進歩に貢献できるよう、更なる軽量化や、精度および解析効率の向上に向けて技術開発を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：『コンクリート診断技術'02[基礎編]』p117~126, 2002
- 2) 井ヶ瀬良則, 小野聖久：『橋梁 非破壊検査によるコンクリートの品質管理の取り組み, ハイウェイ技術』No23, p92, 2002

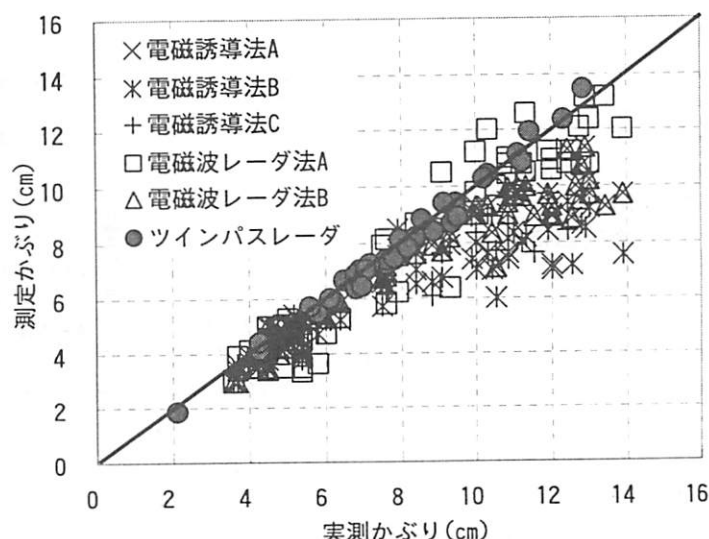


図-5 既存技術との精度比較