

VI-4 伝播速度自動解析型電磁波レーダ鉄筋かぶり検知器の現場適応性の検証

西日本高速道路(株)四国支社 高松技術事務所 正会員○安藤 幹也

同上 窪田 和裕

同上 富田 雄一

四国道路エンジニア(株) 林 詳悟

1. はじめに

鉄筋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と密実性はもとより適切な鉄筋のかぶり深さの確保が非常に重要である。このため平成16年4月以降、西日本高速道路(株)は鉄筋かぶり深さについて非破壊によるかぶり深さの測定を導入しているが、市販されているかぶり検知装置では測定精度について限界があり、設計値の80%しかかぶりが無い場合でも「詳細調査必要なし」と判断せざるを得ない状況である。

著者らは、高品質かつ経済的な構造物の建設を目的として、平成14年度から高い精度でかぶり深さを推定できる非破壊検査機器の開発に取り組んでおり、本報告は、開発した伝播速度自動解析型電磁波レーダ鉄筋かぶり検知器（以下、新型かぶり検知器）の試作機による、実構造物を対象とした測定精度と適応性の検証について報告するものである。

2. 既存の鉄筋かぶり測定技術の問題点

専門技術者を配することなく、現場で容易にかぶりの測定が可能な手法としては、電磁誘導法と電磁波レーダ法が代表的である。この手法の測定原理と問題点は表-1に示すとおりであるが、既存技術では測定状況により精度が悪化したり、測定者の技量に精度が左右されるなど、高性能かつ万人にとって取り扱いの容易な測定機器となっていないのが現状である。

3. 新型かぶり検知器の概要

新型かぶり検知器は、誰でも容易に正確なかぶり測定が可能な機器の開発をコンセプトとし、これを可能とするため、基本技術として三井造船(株)が開発したマルチパス電磁波レーダ法を採用している。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。

この2組の伝播経路の異なる電磁波の反射時間を用いて解析を行うことで、従来、困難とされてきたコンクリート中の電磁波の正確な伝播速度の推定を可能としている。これにより、新型かぶり検知器は、高精度かつ測定者の技量に左右されない安定した測定精度を得ることに成功しており、室内実験の結果ではその性能は検証済みである。

4. 実構造物による検討方法

検証には、尾道自動車道の尾道ジャンクション工事で撤去した跨高速道路橋山方橋の壁高欄、アーチ材、

表-1 既存技術の測定原理と問題点

測定手法	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。	配筋状況(密・ラフ)や鉄筋径の影響を受け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、かぶり測定精度にばらつきが生じやすく、解析にも熟練を要する。

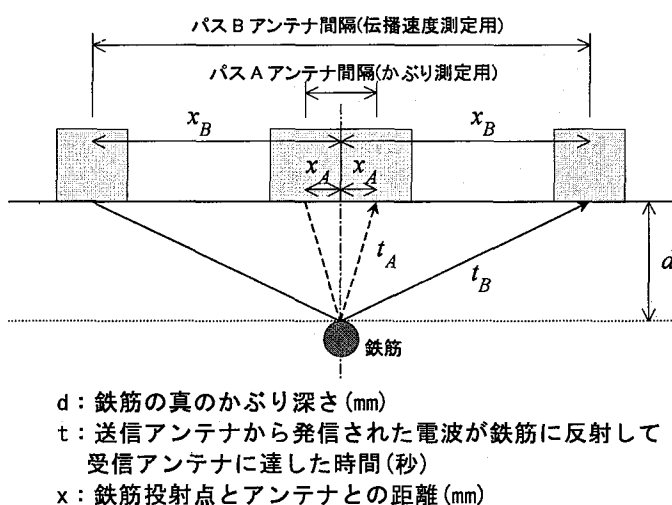


図-1 マルチパス電磁波レーダ法の測定原理

鉛直材および下部工を使用した。なお、山方橋の諸現は表-2 および図-2 のとおりである。また、精度確認の方法は、測定値の再現性を確認するため、新型かぶり検知器により1測定箇所につき3回測定を行い、測定した対象鉄筋までコアドリルで削孔し、ノギスで実測のかぶりを確認する方法とした。

測定対象鉄筋は181本、新型かぶり測定機による測定総データ数はその3倍の543測定である。なお、新型かぶり検知器の測定データの抽出については、測定者の技量に依存することが無いように、解析補助ソフトウェアを使用して無作為に行った。

表-2 山方橋設計条件

道路規格	第3種5級
荷重	TL-14
形式	RC固定アーチ橋
橋長	83.100m
有効幅員	4.000m
支間	アーチ支間56.100m

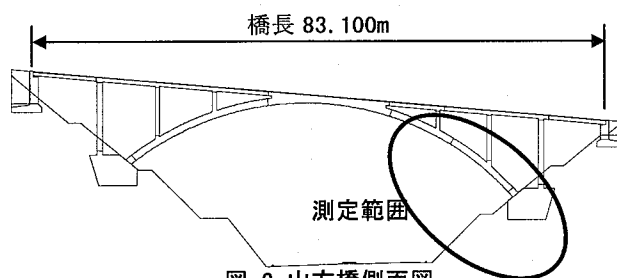


図-2 山方橋側面図

5. 実構造物の比誘電率の分布

図-3は、実構造物でのコンクリートの比誘電率の分布を示したものであるが、ばらつきが大きく、既存技術では正確な比誘電率の推定は困難と考えられる。また、かぶりの深い箇所では、比誘電率のばらつきが少なく、浅いかぶりではばらつきが大きくなる傾向が見られるが、これは浅いかぶりほど外部環境の影響を受けやすいため、コンクリート中の水分量に依存する比誘電率がばらつくものと考えられる。さらに、比誘電率のばらつきの幅は、6程度と大きく、比誘電率の最適化を行わず一般的なコンクリートの比誘電率8を用いてかぶりを算出すると、かぶりが6cmの場合、比誘電率の違いによる誤差だけでも±1.3cm程度の誤差が発生することが分かった。

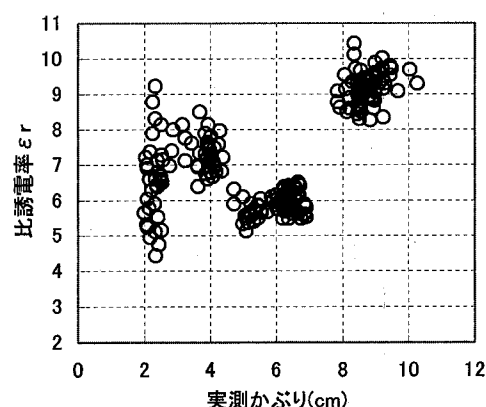


図-3 実構造物の比誘電率分布

6. 新型かぶり検知器の測定精度

図-4は、新型かぶり検知器の測定値と実測かぶりとを比較したものであるが、ばらつきが少なく、傾きもほぼ一致しているのが分かる。また、95%信頼区間（個別）でのかぶりの測定精度は±0.97cm以下かつ、20.1%以下となり、開発途上の試作機ではあるが、実構造物に対しても、西日本高速道路㈱の要領における非破壊検査に無補正で利用できる精度となっている。

また、若干の誤差が発生した原因は、その後の検討によりアンテナとコンクリート表面とのクリアランスの安定性によるものと推定されており、改良による精度の向上が期待できる。

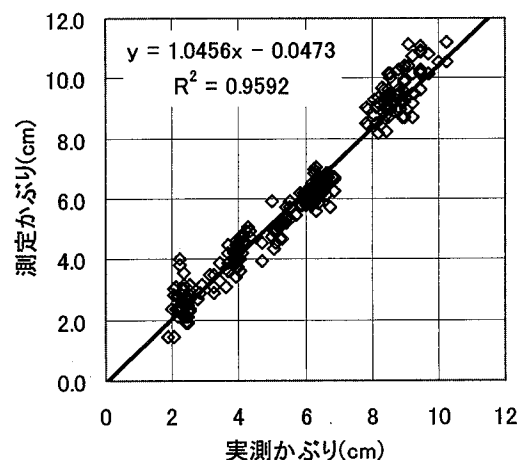


図-4 測定値と実測値のかぶりの比較

7. まとめ

実構造物でのコンクリートの比誘電率のばらつきは大きく、既存技術では正確な推定は困難である。しかし、比誘電率を自動解析する新型かぶり検知器は、試作機段階とはいえ実構造物に対しても十分対応できる性能を有していることが確認できた。また、解析補助ソフトウェアによる鉄筋位置やかぶりの自動抽出についても、測定者の技量に依存せず、高精度かつ高効率な解析が可能であることが分かった。今後は、アンテナとコンクリート表面とのクリアランスの安定性を高める機器の形状変更や、小型化などの改良を加え、完成度の高い実用機の開発に取り組んでいく予定である。