

電磁波レーダ法による鉄筋かぶり厚さ測定に関する実験的研究
その1 概要および各種計測器による測定結果

RECO エンジニアリング 正会員 ○大沼 薫春
熊谷組 正会員 野中 英
KSK 正会員 篠原 茂

1. 目的

電磁波レーダ法による鉄筋のかぶり厚さ測定は、含水状態の変化に伴う比誘電率の変化を正確に把握しない限り、測定精度が低下するのが現状である¹⁾。筆者らは、既往の研究²⁾で、コンクリート打設初期から材齢6ヶ月までのかぶり厚さの測定を行うとともに、含水率と比誘電率の関係を明らかにした。

本研究では、3種類の計測器を用い、含水率とかぶり厚さ測定結果の関係、比誘電率と含水率の関係を明らかにすることを目的に、材齢1年3ヶ月の供試体を湿潤状態とし、乾燥する過程の電磁波レーダ法によるかぶり厚さおよび含水率の測定を行った。本報告(その1)では、実験の概要および各種計測器による結果を示す。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

表1に、実験の要因と水準を示す。実験の要因は、コンクリートの配合、配筋状況、コンクリートの状態(乾燥→湿潤→乾燥)、計測器の種類とした。

表1 実験の要因と水準

要因	水準数	水準
コンクリートの配合	1 配合	呼び強度 21N/mm ²
配筋状況	16 種類	8 種類×2 面(図1 参照)
コンクリートの状態	4 種類	乾燥状態(湿養生潤前)、 湿潤状態(湿潤養生終了直後)、 湿潤→乾燥(湿潤養生終了後7日、56日)
計測器の種類	3 種類	アンテナ周波数： 1. 6GHz、2. 6GHz、0. 8GHz

2.2 供試体

図1に、供試体の形状および測定位置を示す。供試体は表2に示す異なる8種類の配筋を擁する、W4000×H1800×D200mmの寸法とした。かぶり厚さの測定は、図1の矢印で示すように走査線を定め、配筋状況の異なる箇所8通り×表・裏2面×縦・横筋2箇所の計32測線とした。なお測定は、毎回同じ位置とした。

含水率の測定は、図1の○印で示す中央部で4箇所×表・裏2面の計8箇所とした。

2.3 湿潤養生

湿潤養生は、養生マットを表面および裏面の双方に設置し、上部より水を常時供給する方法とした。湿潤養生の日数は7日とし、湿潤養生終了後は自然乾燥とした。

測定材齢は、湿潤養生開始日(湿潤養生前)を材齢0日とし、湿潤養生終了時を材齢7日、湿潤養生終了後7日を材齢14日、湿潤養生終了後56日を材齢63日とした。

2.4 使用した計測器および測定方法

使用した計測器は、市販の電磁波レーダ法3種類で、G社製2種類(アンテナ周波数1.6GHz:計測器Aおよび2.6GHz:計測器B)、N社製1種類(アンテナ周波数0.8GHz:計測器C)とした。かぶり厚さの測定は、表3に示す通り実施した。

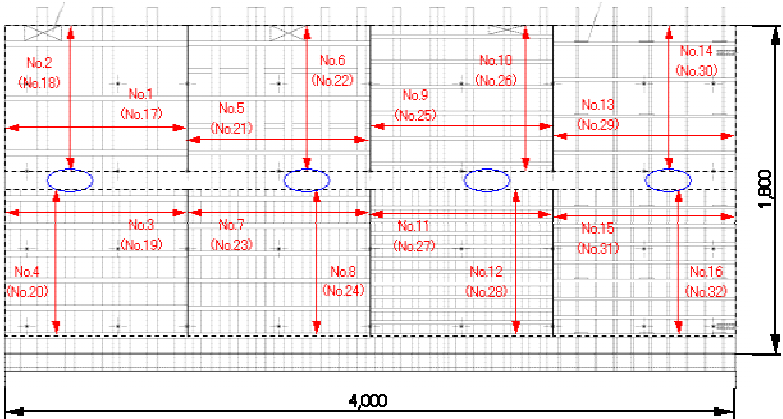


図1 供試体の形状および測定位置

表2 配筋状況一覧

配筋状況	
縦筋	横筋
4-D51@300 (No. 1, 17)	3-D29@300 (No. 2, 18)
8-D51@150 (No. 3, 19)	6-D29@150 (No. 4, 20)
6-D41@200 (No. 5, 21)	5-D25@150 (No. 6, 22)
11-D41@100 (No. 7, 23)	6-D25@150 (No. 8, 24)
6-D35@200 (No. 9, 25)	6-D19@140 (No. 10, 26)
11-D35@100 (No. 11, 27)	11-D19@70 (No. 12, 28)
6-D10@200 (No. 13, 29)	4-D16@200 (No. 14, 30)
11-D10@100 (No. 15, 31)	8-D16@100 (No. 16, 32)

キーワード かぶり厚さ、電磁波レーダ法、アンテナ周波数、比誘電率

連絡先 〒105-0013 東京都港区浜松町1-9-10 DaiwaA 浜松町 TEL 03-5776-2321

3. 実験結果

図2に、測定材齢とかぶり厚さ推定値の関係の一例を示す。なお図2は、比較的配筋状況が疎な上段の横筋の測定結果である。電磁波レーダにより測定したかぶり厚さの推定値（以下かぶり厚さ推定値と略記）は、いずれの計測器においても測定開始材齢0日（湿潤養生前）と比較して、7日（湿潤養生終了時）では大きくなる傾向を示した。またかぶり厚さ推定値は、湿潤養生終了後の日数の経過に伴い小さくなり、63日（湿潤養生終了後56日）では湿養生潤前と同等の結果となった。なお、この傾向は、縦筋および配筋状況が異なる場合にも同様であった。

図3に、実かぶり厚さと誤差の関係を示す。計測器A（周波数1.6GHz）による誤差は、実かぶり厚さが25mm以下ではマイナス側に大きく、実かぶり厚さが大きくなるほどプラス側へ大きくなる傾向を示した（過大評価）。誤差の範囲は全体的に±15mm程度で、実かぶり厚さが25mm以下では-30～+20%、25～75mmでは-10～+20%、75mm以上では0～+10%程度の範囲であった。

計測器B（周波数2.6GHz）による誤差は、全てプラス側で、実かぶり厚さが大きくなるほどプラス側へ大きくなる傾向を示した（過大評価）。誤差の範囲は全体的に0～+15mm程度で、実かぶり厚さが75mm以下では0～+25%程度の範囲、75mm以上では+5～+15%程度の範囲であった。

計測器C（周波数0.8GHz）による誤差は、実かぶり厚さが大きくなるほどマイナス側へ大きくなる傾向を示した（過小評価）。誤差の範囲は-15～+10mm程度で、実かぶり厚さが25mm以下では-30～+30%、25～75mmでは-20～+10%、75mm以上では-10～0%程度の範囲であった。なお3機種とも湿潤養生終了後の日数の経過（含水率の低下）に伴って、誤差はマイナス側へ移行する傾向を示した。このとき、計測器A、計測器Bでは、乾燥状態（湿潤養生前および測定材齢63日）において、誤差は小さく（0に近く）なる傾向となり、計測器Cでは乾燥状態の誤差はマイナス側に大きくなる傾向となった。

4. まとめ

本実験により得られた結果を以下に示す。

- 1) いずれの計測器においても湿潤終了後の日数の経過（含水率の低下）に伴って、かぶり厚さ推定値は小さくなり、誤差はマイナス側へ移行した。
- 2) 誤差は、計測器AおよびBでは実かぶり厚さが大きくなるほどプラス側に大きくなり（過大評価）、計測器Cではマイナス側に大きくなった（過小評価）。
- 3) 誤差は計測器のアンテナ周波数によって異なり、アンテナ周波数が大きいものほどプラス側に大きくなった。

【参考文献】

- 1) (社)日本非破壊検査工業会編：コンクリート中の配筋検査講習会テキスト，第4版，2008年4月
- 2) 野中他：非破壊試験による鉄筋のかぶり厚さ測定方法に関する実験的研究，土木学会第64回年次学術講演会，pp. 723-726，2009

表3 測定方法

測定項目	測定方法
かぶり厚さ	あらかじめ鉄筋位置を測定し、鉄筋間の中央を走査線として行った。走査線は、縦筋および横筋を対象に各1測線（計32測線）とした。測定したデータは電子データとして記録保存し、付属の専用ソフトにより解析（本結果は、比誘電率を8として解析）を行った。計測器A、計測器Bの結果は、解析データよりアンテナの距離補正を別途行っている。

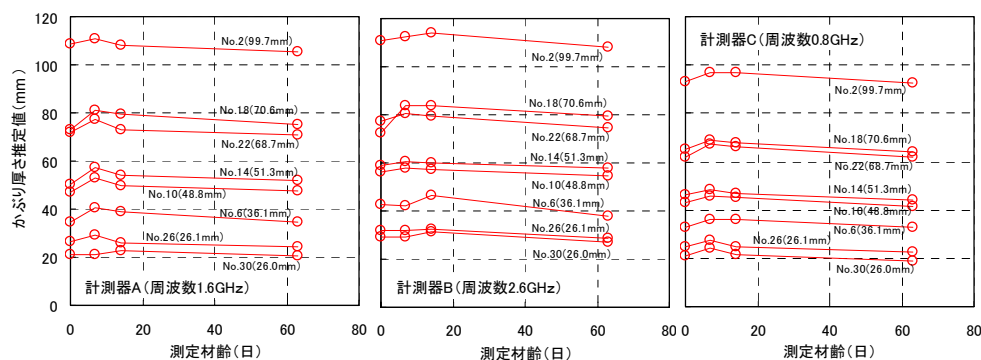


図2 測定開始からの日数とかぶり厚さ推定値の関係の一例（供試体上段、横筋）

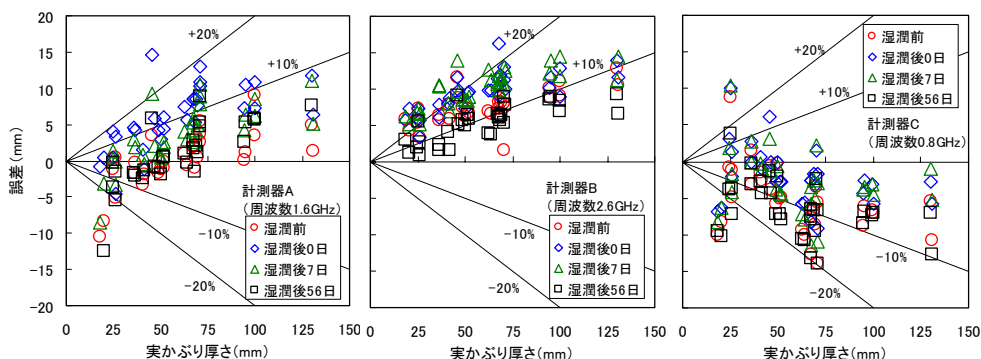


図3 実かぶり厚さと誤差の関係