

# 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 —含水状態（比誘電率）の影響—

(株)熊谷組 技術研究所 正会員 ○野中 英  
 (株)熊谷組 土木事業本部 正会員 森 康雄  
 RECO エンジニアリング(株) 正会員 大沼 薫春

## 1. 目的

鉄筋のかぶり厚さ（以下かぶり厚さと略記）の測定は、構造物への損傷が許容されないことがほとんどであることから、非破壊試験により実施され、その方法は、測定の簡便さより電磁波レーダ法および電磁誘導法により行われることが多い。その中の電磁波レーダ法は、コンクリートの含水状態（比誘電率）により測定結果にばらつきが生じ、正確な比誘電率を設定しない場合には測定の誤差が大きくなる問題があった。

本報では、電磁波レーダ法の測定精度の向上を目的として、経時的に電磁波レーダ法によりかぶり厚さを測定するとともに、含水率の測定によりコンクリートの比誘電率と含水状態の関係を検討したものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験の因子と水準

表 1 に、実験の因子と水準を示す。使用する機器は、電磁波レーダ法、コンクリートの種類は、呼び強度 21、30、45 の 3 種類、測定材齢は、3、7、14、28、91、182 日の 6 材齢、含水率の測定は、静電容量法、電気抵抗法（3 日、182 日を除く 4 材齢）の 2 種類とした。

### 2.2 試験体

図 1 に、試験体の形状および測定位置を示す。試験体は、表 1 に示すコンクリートの種類で 3 体作製し、寸法は幅 2000×高さ 1800×厚さ 200mm とした。測定位置は、図 1 に示す配筋状態の違いによる表側の 4 箇所とした。

配筋状況は、表 1、図 1 に示すように鉄筋を配置した。また各縦筋配筋の中央には、1 箇所重ね継手を模擬して鉄筋を 2 本配置した。

### 2.3 測定

かぶり厚さの測定は、あらかじめ鉄筋位置を測定し、鉄筋の直上を避けた鉄筋間の中央付近を走査線として、全ての鉄筋間を対象として測定を行った。測定したデータは付属の専用ソフトにより解析を行い、測定時の比誘電率は初期設定値である 8.0 とした。電磁波レーダ法によるかぶり厚さ  $D$  は、電磁波の往復の伝搬時間  $T$  から (1) 式により求めることができる<sup>1)</sup>。

$$D = CT / 2\sqrt{\epsilon \gamma} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $C$  : 真空中での電磁波の速度 ( $3 \times 10^8 \text{m/sec}$ )

$\epsilon \gamma$  : コンクリート中の比誘電率

含水率の測定は、静電容量法および電気抵抗法の 2 種類とし、表 2 に示す測定方法により実施した。

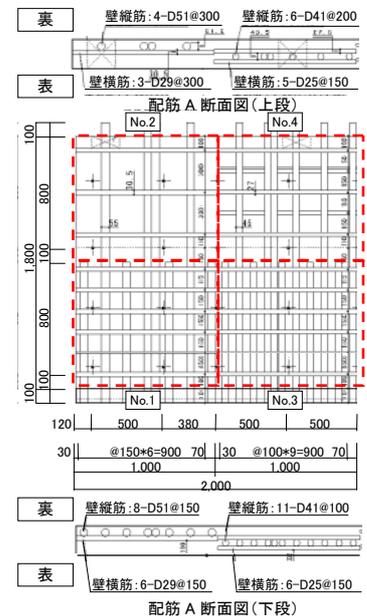


図 1 試験体の形状および測定位置

表 1 実験の因子と水準

因子	水準
使用する機器	電磁波レーダ
コンクリートの種類	呼び強度 21:W/C=62%, 単位水量 196kg/m <sup>3</sup> 呼び強度 30:W/C=52%, 単位水量 175kg/m <sup>3</sup> 呼び強度 45:W/C=39%, 単位水量 175kg/m <sup>3</sup>
配筋状況	No.1 横筋: 6-D29@150 シングル(かぶり厚さ 100.0mm) No.3 横筋: 6-D25@150 ダブル(かぶり厚さ 35.0mm) No.2、No.4 の配筋量は、No.1、No.3 の半分
測定材齢	3、7、14、28、91、182 日
含水率	静電容量法、電気抵抗法(3 日、182 日を除く)

表 2 含水率の測定方法

手法	測定方法
静電容量法 (押し当て式)	測定は、1 種類の配筋状況の範囲内で 20 点(□200×200 mm に 1 点)とし、試験体表面にセンサを押し当てて測定を行う。
電気抵抗法 (挿入式)	コンクリート表面から 50 mm まで深さ方向に 10 mm 間隔で 5 点測定する。測定用の孔は、30 mm 間隔で三角状に 3 点削孔し、2 本のセンサを組合せの異なる孔に挿入して 3 回測定を行う。

キーワード 非破壊検査, かぶり厚さ, 電磁波レーダ法, 比誘電率, 含水率

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組技術研究所 TEL 03-3235-8723

### 3. 実験結果

図2、図3に、材齢とかぶり厚さの関係を示す。電磁波レーダ法におけるかぶり厚さの測定値は、材齢とともに小さくなる傾向を示した。かぶり厚さの実測値が100.1mmの場合には材齢182日までかぶり厚さの低下が認められたが、かぶり厚さの実測値が36.7mmの場合には材齢14日以降かぶり厚さの低下は認められなかった。

図4、図5に、材齢と比誘電率の関係を示す。比誘電率は、材齢14日～28日で8程度となり、それ以前では大きく、以降では小さくなる傾向を示した。

図6～図8に、表面からの距離と電気抵抗法含水率の関係を示す。電気抵抗法含水率は、表面からの距離が短いほど、測定材齢が遅いほど小さくなる傾向を示した。

図9に、材齢と静電容量法含水率の関係を示す。静電容量法含水率は、材齢14日までは急激に低下し、それ以降では含水率の変化は少ない。

図10に、電気抵抗法含水率と比誘電率の関係を示す。比誘電率の関係は、静電容量法含水率では明確な傾向は認められず、電気抵抗法含水率では電気抵抗法含水率の減少に伴い比誘電率が低下する傾向が認められた。そこで、表面からの距離0～10mm、40～50mm、0～50mmの平均の含水率と比誘電率の関係より、直線回帰式を求めた結果、表面からの距離が0～10mmの寄与率 $R^2$ が0.271、40～50mmの寄与率 $R^2$ が0.449、0～50mmの平均の寄与率 $R^2$ が0.547と表面における相関は低いが、内部および全体の平均における相関は若干高くなった。ただし、寄与率 $R^2$ が0.547と比較的低いため、今後更なる検討が必要と考えられる。

### 4. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。

- (1)かぶり厚さの測定値は、材齢とともに低下し、その低下はかぶり厚さが大きいほど長い期間となった。
- (2)比誘電率は材齢14日～28日の範囲で8程度となり、それ以前では大きく、以降では小さくなった。
- (3)含水率は、表面からの距離が短いほど、測定材齢が遅いほど小さくなる傾向を示した。
- (4)含水率と比誘電率の関係は、静電容量法含水率では明確な傾向は認められず、電気抵抗法含水率では内部及び全体の平均における相関が認められた。

【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

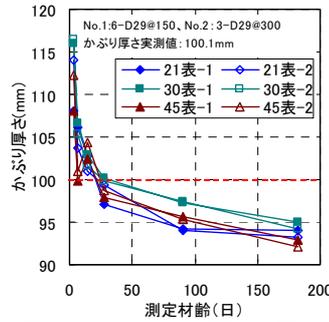


図2 材齢とかぶり厚さの関係 (No.1、No.2:横筋)

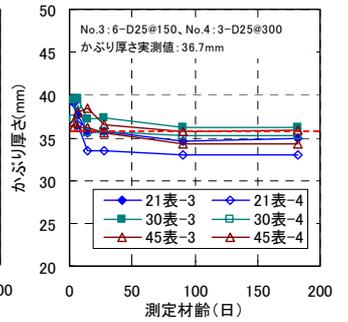


図3 材齢とかぶり厚さの関係 (No.3、No.4:横筋)

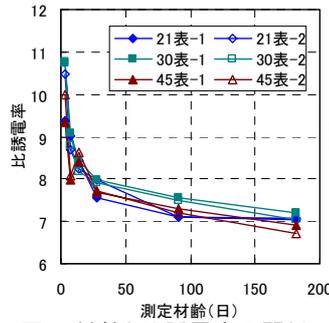


図4 材齢と比誘電率の関係 (No.1、No.2:横筋)

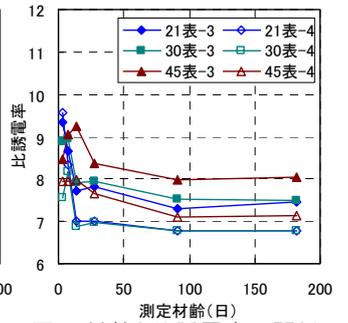


図5 材齢と比誘電率の関係 (No.3、No.4:横筋)

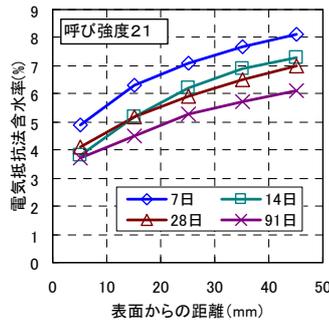


図6 表面からの距離と電気抵抗法含水率の関係 (呼び強度 21)

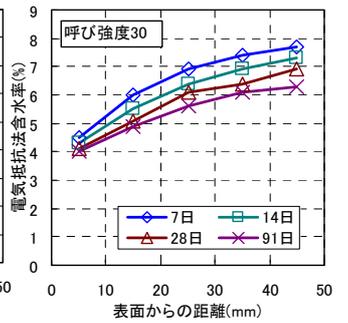


図7 表面からの距離と電気抵抗法含水率の関係 (呼び強度 30)

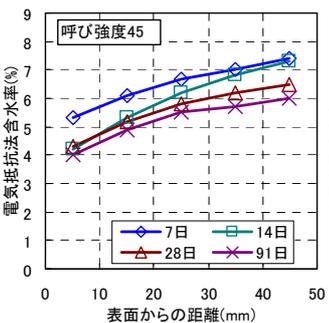


図8 表面からの距離と電気抵抗法含水率の関係 (呼び強度 45)

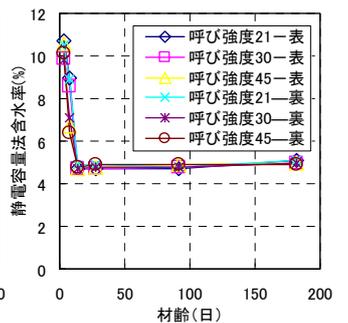


図9 材齢と静電容量法含水率の関係

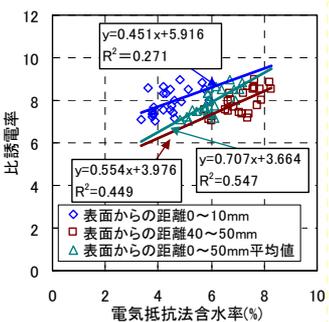


図10 電気抵抗法含水率と比誘電率の関係

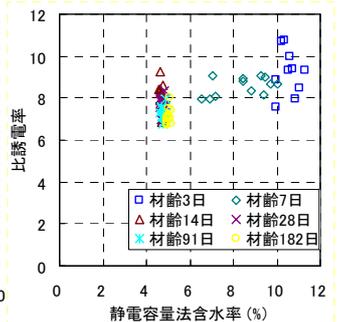


図11 静電容量法含水率と比誘電率の関係