

### 鉄筋かぶり探査機器の測定精度の評価

三井住友建設(株) 技術研究所 正会員 工修 ○ 三加 崇  
 三井住友建設(株) 技術研究所 正会員 工修 玉置 一清  
 三井住友建設(株) 技術研究所 正会員 浅井 洋  
 三井住友建設(株) 土木技術部 正会員 益子 博志

#### 1. まえがき

コンクリート構造物の耐久性を評価する際に重要となる品質検査は、プラントにおける材料検査、コンクリート打込み前における鉄筋組立検査、型枠検査など、主に施工中間段階における工程管理により行われてきた。近年、非破壊検査手法が注目され、発注機関によっては完成直後においてコンクリート構造物の品質検査が実施される傾向にある。その一つである鉄筋かぶりにおける非破壊検査には、様々な方法が提案されているが、現場においてかぶり厚さの測定が簡易に行える方法として、電磁波法および電磁誘導法が挙げられる。これらは、特別な資格を必要とせず、鉄筋位置およびかぶりの測定結果が直ちに得られる手法である。しかし、型枠脱型直後など、材齢早期における測定精度は明らかではない。

本報告は、電磁波法と電磁誘導法の2種類について、市販されている測定機器を選定し、その測定精度および補正方法について検証を行ったものである。

#### 2. 鉄筋探査機器の特徴

電磁波法は、インパルス状の電磁波(レーダー)をコンクリート内へ放射すると、コンクリートと電気的性質(比誘電率)の異なる物体、例えば鉄筋、空洞等の境界面で反射し、それを受信するまでの時間からかぶりを式(1)により算出する方法である。

$$D = V \cdot \frac{T}{2} = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{T}{2} \quad (1)$$

- D : かぶり
- T : 反射時間
- V : コンクリート中での電磁波の速度
- C : 真空中での電磁波の速度 (3×10<sup>8</sup>m/s)
- ε<sub>r</sub> : コンクリートの比誘電率

電磁誘導法は、導線を円形に巻いたコイルに交流電流を流すことによって生じる磁界内に金属などの磁性体が存在すると、磁性体に電流が発生し新たな磁場が生成される。そのときの磁場の変化により別のコイルに電流が発生し、それを数値処理することによりかぶりを算出する方法である<sup>1)</sup>。表-1に各測定法による影響因子を示す。

表-1 測定方法による影響因子

	電磁波法	電磁誘導法
コンクリートの状態	比誘電率の設定 (含水率、材齢、強度)	—
配筋状態	—	鉄筋径 鉄筋間隔 直交鉄筋の状態

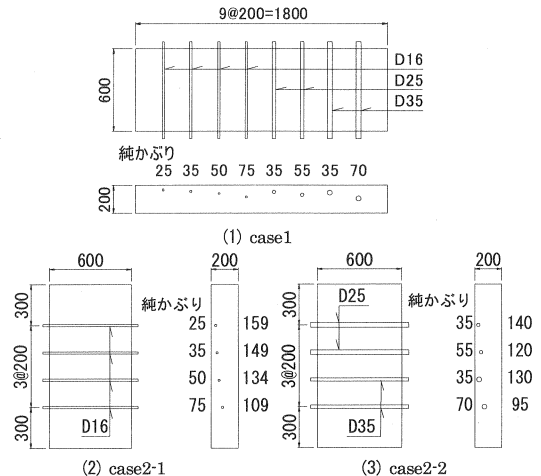


図-1 試験体 (step1-case1, 2)

#### 3. 試験方法

##### (1) 試験体

測定機器の基本的な精度を検証する目的で、一方向のみに鉄筋配置をした基礎試験 step1 の試験体を

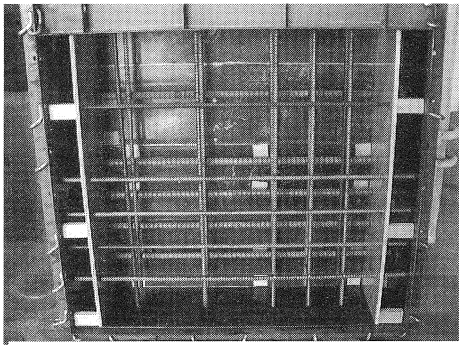


写真-1 試験体(step2-case3)

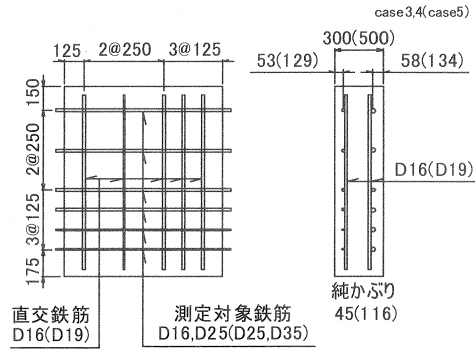


図-2 試験体(step2-case3, 4, 5)

表-2 試験体一覧

試験体	鉄筋	方向	かぶり	コンクリート強度	備考	
step1	case1	D16, D25, D35	一方向	25mm~75mm	40 N/mm <sup>2</sup>	打設面より測定
	case2	"	"	25mm~162mm	"	型枠面より測定
step2	case3	D16, D25	直交方向	45mm	40 N/mm <sup>2</sup>	ウェブモデル
	case4	"	"	"	21 N/mm <sup>2</sup>	地覆および高欄モデル
	case5	D25, D35	"	116mm	"	橋脚モデル

図-1に示す。測定面を打設面とした

case1 および型枠面とした

case2 の2種類である。かぶりは、

25mm から 162mm と変化させた。実

際の配筋状態による精度を検証す

る目的で、直交方向にも鉄筋を配置した実物模型試験 step2 の試験体を図-2 に示す。コンクリート強度 (40N/mm<sup>2</sup>, 21N/mm<sup>2</sup>) とかぶり (45mm, 116mm) が異なる3種類で、case3 が橋体、case4 が地覆および高欄、case5 が橋脚を想定した試験体である。試験体一覧を表-2 に示す。測定対象とした鉄筋はD16, D25, D35 の3種類である。かぶり測定は、脱型を行った翌日、材齢5日(21N/mm<sup>2</sup>は材齢10日)および試験体に半日散水し雨天の翌日を模擬した計3回行った。

#### 4. 電磁波法

##### (1) 補正值の設定

電磁波法によるかぶり測定には、比誘電率の設定が必要となるが、この比誘電率はかぶりコンクリートの含水率の影響を受けるため、測定時毎、さらに測定箇所ごとに、その設定は変化するものと考えなければならない。比誘電率の測定方法としては、種々提案されているが、完成構造物と型枠や養生等の施工条件を同一としたダミー供試体を別途準備して、比誘電率の測定する方法を採用した(図-3)。今回、準備した試験体は図-4 に示す3種類で、材齢が異なる3回の測定を実施した。同一のコンクリートでも、かぶりが大きいほど比誘電率が大きい傾向にある。また、コンクリート強度や材齢および散水の影響について、含水率と相関づけて定性的な傾向が見出せるものと考えていたが、本試験の範囲では特に影響はなかったものと考えられる。

##### (2) 基本性能

型枠脱型翌日、材齢5日(21N/mm<sup>2</sup>は材齢10日)、散水翌日と3回の測定を実施したが、測定結果にほとんど差異はなかった。材齢5日(21N/mm<sup>2</sup>は材齢10日)の測定値に着目して、図-5に比誘電率8.0とした場合、図-6にダミー供試体から比誘電率を測定して、補正を行った場合のかぶり厚さと測定誤差の関係を示す。か

測定対象の実構造物と同じ施工条件(型枠or均し&養生)

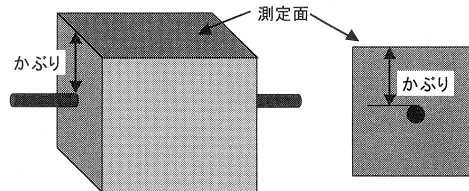


図-3 ダミー供試体

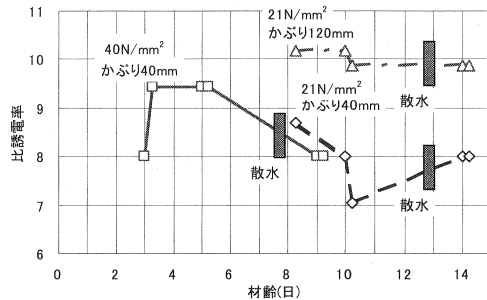


図-4 ダミー供試体の比誘電率と誤差

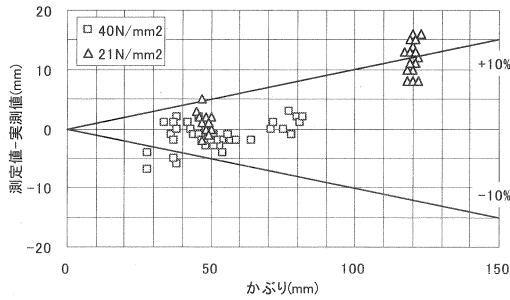


図-5 電磁波法のかぶりと誤差 (比誘電率 8.0)

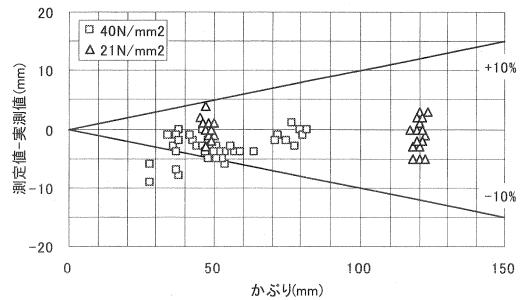


図-6 電磁波法のかぶりと誤差 (補正後)

ぶり 25mm~75mm の測定に対しては、40mm のかぶりを有するダミー供試体により補正を行った。補正によりかぶり 50mm 以下では精度が低下する場合もあるが、補正前も後も±10%の範囲内に収まっている。かぶり 100mm 以上では著しく精度の向上が見られる。測定機器 A は、ダミー試験体による比誘電率の補正を行うと±10%程度の精度を有することがわかった。

5. 電磁誘導法

(1) 補正値の設定

電磁誘導法におけるかぶり測定は、測定箇所に対象の鉄筋 1 本のみであれば、極めて良好な精度を有するといわれている。しかし、実構造物では直交鉄筋や隣接鉄筋による磁場の影響を補正する必要がある。今回使用した測定機器 B は、鉄筋径、隣接間隔の影響については、情報を入力することにより、機器内部で補正処理する機能を備えている。測定対象鉄筋と直交方向に配置されている鉄筋の影響については、次の方法により補正を行った。コンクリート打設前に、測定予定箇所に数種類の厚みを有する非磁性体を置いてかぶりの測定を行い、測定値の誤差を調べておく (事前試験)。コンクリート打設後の測定においても、同一の誤差が生じるものと考え、その値を補正値として用いる方法を採用した (図-7)。事前試験結果の一例を、表-3 および図-8 に示す。一方向のみでは、機器内部の補正のみで十分であるが、かぶり 50mm 以上になると直交鉄筋の影響が大きい。50mm 以上のかぶりについては、事前試験の実施が必要となることわかる。

(2) 基本性能

型枠脱枠翌日、材齢 5 日 (21N/mm<sup>2</sup> は材齢 10 日)、散水翌日と 3 回の測定を実施したが、まったく測定値は変化しなかった。材齢 5 日 (21N/mm<sup>2</sup> は材齢 10 日) に着目して、図-9 に事前試験を実施しなかった場合、図-10 に事前試験を実施して、直交鉄筋の影響を補正した場合のかぶり厚さと測定誤差の関係を示す。今回の測定の範囲では、50mm 以下のかぶりに対して直交方向の鉄筋の影響を補正するための事前試験の必要はなく、鉄筋径の事前入力だけで極めて良好な精度を有していることが確認された。かぶり 50mm 以上では、補正前では

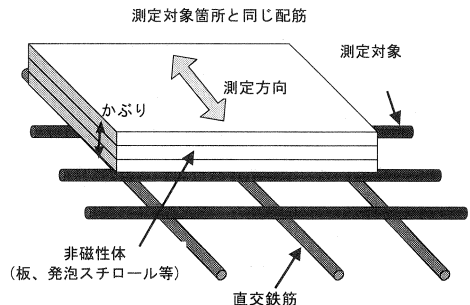


図-7 事前試験方法

表-3 事前試験一覧

	測定対象		直交鉄筋	
	鉄筋径	間隔	鉄筋径	間隔
model-1	D25	125mm	D25	125mm
model-2	"	250mm	"	250mm
model-3	"	125mm	"	"
model-4	"	"	D13	125mm
model-5	"	"	-	-

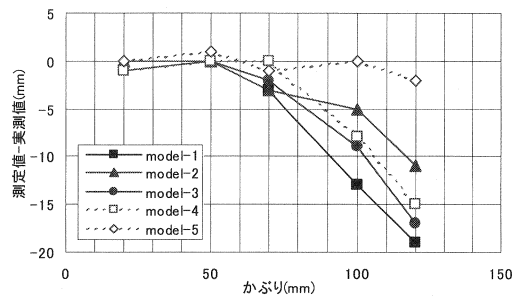


図-8 事前試験のかぶりと誤差

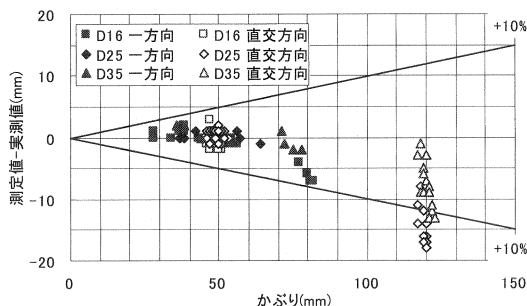


図-9 電磁誘導法のかぶりと誤差

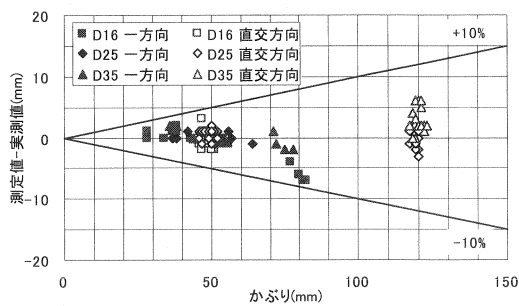


図-10 電磁誘導法のかぶりと誤差(補正後)

大きなばらつきがあるが、各々の配筋状態に応じた事前試験の実施により補正を加えると、±10%以内の良好な精度を有していることがわかる。測定機器Bは、配筋状態が既知という条件であれば良好な精度を有している。

### 6. 重ね継手部の測定

実構造物では鉄筋の重ね継手の位置で測定を行ってしまう可能性がある。そこで、重ね継手部におけるかぶり測定精度の検証を行った。鉄筋径はD16を使用し、純かぶり38mm, 72mm および100mmの3種類で行った。図-11に、電磁波法および電磁誘導法による継手部の測定結果を示す。電磁波法(測定機器A)では、継手部分において1本の場合と変わらない精度で測定できている。一方、電磁誘導法(測定機器B)では、鉄筋径D16と入力して測定した場合、大きな誤差を生じている。図-12に、電磁誘導法において、鉄筋径の入力を変化させた場合の重ね継手部の事前試験における誤差を示す。単純に鉄筋径を2倍と入力するよりも、今回の場合では鉄筋径を1.8倍の29mmと入力するのが最も良い精度の結果となった。電磁誘導法の場合、測定箇所が重ね継手部であると把握できていれば、補正を行うことが可能であるが、そうでない場合は大きな誤差を生じることになるので注意が必要である。

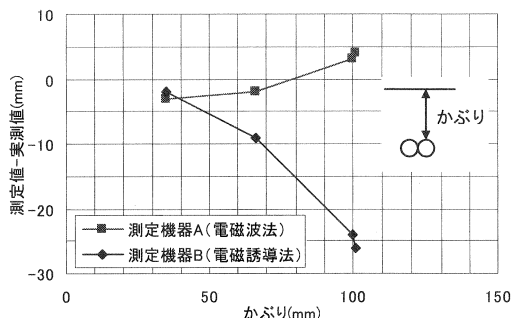


図-11 重ね継手部事前試験

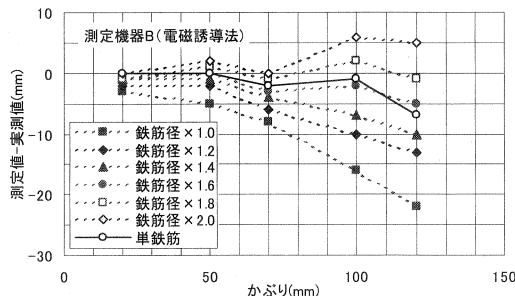


図-12 鉄筋径入力によるかぶり測定値

### 7. まとめ

- 1) 電磁波法、電磁誘導法ともに、型枠脱枠翌日から、材齢10日までの範囲および散水翌日に測定を実施したが、測定値の変化はほとんど見られなかった。
- 2) 重ね継手部を有しない基本的な配筋状態において、電磁波法、電磁誘導法ともに、適切な補正を行うことにより、かぶり厚さに対して±10%程度以内の精度を有している。
- 3) 重ね継手部を有する構造物のかぶり測定を行う場合、電磁誘導法では継手部の存在を事前に把握しておく必要がある。電磁波法では特に精度への影響は認められない。

### 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]』, pp. 121-126