

## 実構造物コンクリートの比誘電率の非破壊推定方法

独立行政法人土木研究所	正会員	○野田	一弘
同上	正会員	河野	広隆
同上	正会員	森濱	和正
同上	正会員	田中	秀治

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の竣工検査や維持管理においては、鉄筋を保護する役割を果たすかぶりの大きさを把握することが重要である。かぶりを非破壊で調査する方法のひとつに電磁波レーダ法（レーダ法）がある。レーダ法は、広範囲を簡便に探査する場合に有効な方法であるが、かぶりコンクリートの比誘電率の影響を受けるため、測定精度を向上させるためには、的確な比誘電率の設定が必要である。しかし、コンクリートの比誘電率については、測定する方法が確立されていないなど必ずしも明確ではない。そこで、本文では新設の実構造物においてレーダ法でのかぶりの測定結果から比誘電率の算定を行い、小径コアを抜くことで実際のかぶりと比較し、実構造物におけるコンクリートの比誘電率について検討を行った。また、実構造物において非破壊で比誘電率を推定する方法についての検討を加えた。

### 2. 実験概要

測定の対象とした構造物は、新設の橋台2基である。測定箇所は、何れもフーチング側面とした。比誘電率の測定は、コンクリートの打設から4週間程度で行った。レーダ法で比誘電率を8.0と仮定してかぶりの測定をした後、その箇所の鉄筋表面をはつり出し、実際のかぶり（実かぶり）をノギスにより測定した。式(1)により、比誘電率を8.0としたときのかぶりの測定値から電磁波の反射時間Tを算出し、式(2)より実構造物での比誘電率を求めた。実構造物コンクリートの配合を表-1、鉄筋のはつり出し状況を図-1に示す。

$$T = \frac{2D'\sqrt{\epsilon_0}}{C} \quad (1)$$

$$\epsilon_r = \left( \frac{CT}{2D} \right)^2 \quad (2)$$

ここに、 $\epsilon_0$ ：仮定したコンクリートの比誘電率（8.0）

$\epsilon_r$ ：実構造物コンクリートの比誘電率

T：反射時間，C：空気中での電磁波速度（ $3 \times 10^8$  m/s）

D：実かぶり，D'：比誘電率を8.0としたときのかぶり



図-1 鉄筋部のコア抜き状況

表-1 コンクリートの配合

	Gmax (mm)	スランプ° (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位容積質量(kg/m <sup>3</sup> )					
						W	C	S	G	AE減水	AE
構造物①	25	8	4.5	53.1	44.9	159	300	813	1031	4.2	--
構造物②	20	8	4.5	52.6	46.7	162	308	827	1033	4.03	2.37

### 3. 試験結果および考察

#### 3. 1 実構造物の比誘電率

実構造物において、比誘電率を8.0としてレーダ法で測定したかぶり和小径コアを抜くことで測定した実かぶりの結果、ならびにそれらを基に算出した測定箇所の比誘電率を表-2に示す。近接した2箇所の比誘電率

キーワード 非破壊試験，かぶり，電磁波，比誘電率

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 構造物マネジメント技術 TEL 029-879-6761

電率は、ほぼ同等の値が得られた。

また、何れの結果も一般的に言われているコンクリートの比誘電率の範囲にあるが、その値は大きめである。両現場とも測定前日の天候は雨天であった。特に構造物②の現場で

は測定時においても若干の降雨があり、コンクリート表面は濡れていた。このことから、測定時点でのコンクリートの含水率は構造物①、②ともに高く、更に①よりも②の方が含水率は高かったものと予想される。このため、両者とも比誘電率は大きくなったと考えられ、より含水率が高かったと予想される構造物②の方が比誘電率が大きかったと考えられる。

### 3. 2 非破壊による比誘電率の推定方法

レーダ法で精度よく測定を行うためには、比誘電率の的確な設定が重要であるが、測定対象とする構造物すべてにおいて上述の様にコア抜きあるいは、はつり出しを行って比誘電率を求めることは構造物にとって望ましくない。よって、非破壊で比誘電率を推定することが求められる。

そこで、交差する鉄筋のかぶりをそれぞれ測定した結果から、比誘電率を推定する方法を試みた。縦横それぞれの鉄筋の位置関係は図-2に示すようであり、両者のかぶりの差は手前の鉄筋の径となる。かぶりの測定を比誘電率を変化させて行い、その結果から各比誘電率でのかぶりの差を求める。この時算出されたかぶりの差は、正しい比誘電率で測定を行った場合には、かぶりの差=鉄筋径となるはずである。

図-3は、構造物②において縦横両方の鉄筋までの電磁波の伝搬時間の実測値（3測定の平均）を一定として、式(2)を元に比誘電率を変化させて算出した縦横の鉄筋のかぶりの差の関係を示したものである。これによれば、比誘電率が小さくなるとかぶりの差は大きくなっている。また、構造物②では手前の鉄筋はD19であり、コア抜きの結果、鉄筋の配置は図-2の様であったことから、リブを考慮してかぶりの差は22mm程度と考えられる。図-3から、かぶりの差が22mmとなるような比誘電率を推定すると10.2となる。小径コアを抜いて求めた比誘電率が10.4であることから、推定された比誘電率とほぼ一致している。以上の結果から、このような方法で非破壊によって精度よく、実構造物の比誘電率を推定できる可能性が示されたといえる。

### 4. まとめ

実構造物のコンクリートの比誘電率を算出した結果、9~11程度の値が得られ、一般的にいわれているコンクリートの比誘電率の範囲にあった。また、交差する2本の鉄筋のかぶりの差を利用することで、非破壊で実構造物コンクリートの比誘電率を推定できる可能性がある。この比誘電率の推定法に関しては、かぶりや鉄筋径の組み合わせが異なる場合などについて、今後検討していく予定である。

### 参考文献

1) 例えば、(社)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.118

表-2 かぶりの測定結果および比誘電率の算出結果

	測定箇所	鉄筋の設置方向	測定時設定 比誘電率	かぶり測定結果(mm)		比誘電率 の算出
				レーダ法	コア抜き	
構造物①	A	横	8.0	104	99	8.9
	B	横		111	104	9.0
構造物②	A	横		124	109	10.4
	B	縦		149	130	10.4

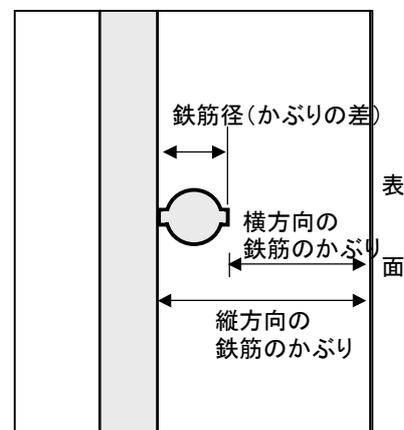


図-2 鉄筋の位置とかぶりの関係

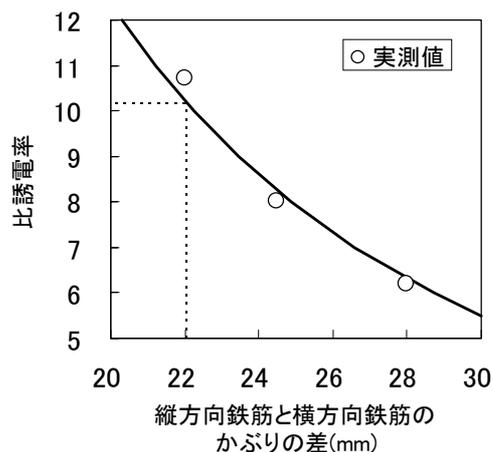


図-3 比誘電率とかぶりの差の関係