

V-132 鉄筋探査用高分解能レーダの開発

東京電力(株) 正会員 笠井 靖浩
 東京電力(株) 高橋 康裕
 応用地質(株) 兼崎 幸雄

1. まえがき

土木分野では、コンクリート構造物の施工・保守管理を定量かつ合理的に行うため、鉄筋の深さや位置を簡便に、精度良く測定できる非破壊検査機器の開発が望まれている。

そこで、地下レーダ技術を利用し、電磁波の伝播媒体となるコンクリートの電気的特性を把握するとともに、コンクリート中の鉄筋を探査するための高分解能レーダ機器を試作し、モデル供試体での探査実験を行った。本報告では、コンクリートの電気的特性である比抵抗値の経時変化についてまず述べ、その後鉄筋探査用の試作機器の概要と実験結果の一例について報告する。

2. コンクリートの電気的特性

コンクリートの電気的特性を把握するため、図-1に示すコンクリート供試体を作製し、比抵抗の測定を行った。測定は、間隔が2cmの電極を深さ20cmの位置に埋設し、電気探査のウェンナー配置により測定した。なお、コンクリートは硬化にともなって物性値が変化するため、打設直後から10000時間(約416日)まで経時変化を測定した。また、予めコンクリート供試体の深さ20cmと40cmの位置に受信アンテナを埋め込み、透過測定により電磁波伝播速度を測定できるようにした。

コンクリートの比抵抗の測定結果は、図-2に示す通りであり、コンクリート打設当初の比抵抗値は、 $10\Omega\cdot\text{m}$ 以下である。しかし、比抵抗値はコンクリートの硬化にともなって打設後の経過時間とともに増大し、約2000時間(約3ヶ月)以降ではほぼ一定となり、約 $80\Omega\cdot\text{m}$ 程度に落ち着く傾向を示している。今回の実験ではコンクリートの粗骨材の最大寸法による差は認められなかった。

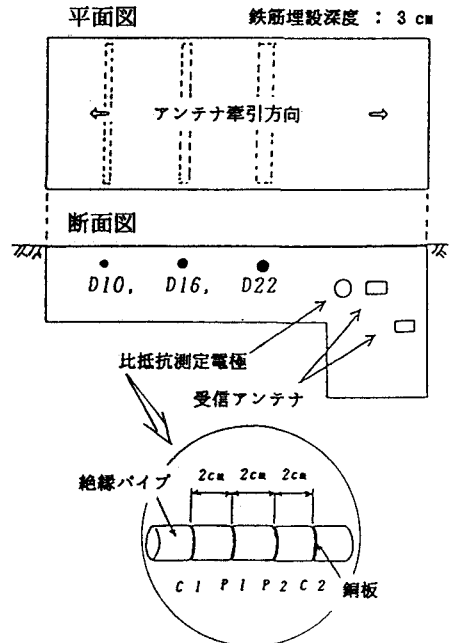


図-1 コンクリート供試体の概要

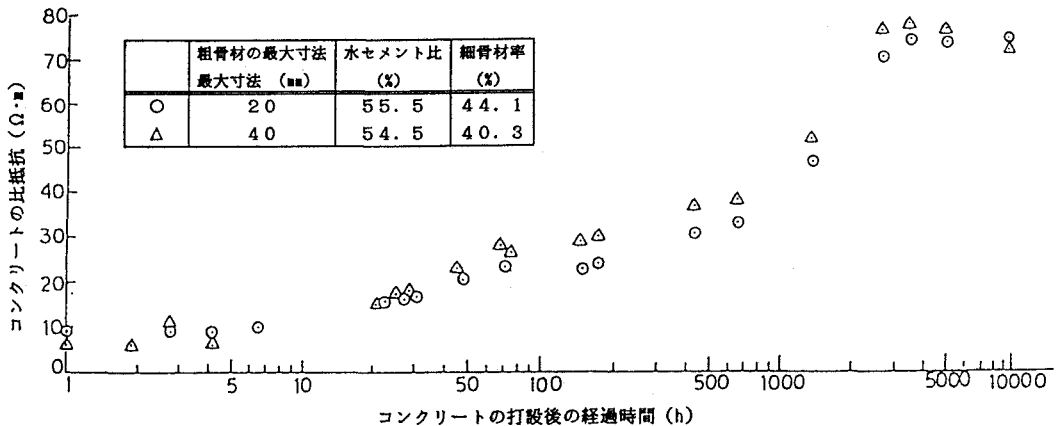


図-2 コンクリートの比抵抗の測定結果

3. 試作機器の概要

試作した鉄筋探査用レーダは、送信アンテナ部、受信アンテナ部、制御表示部から構成されている。鉄筋探査用の高分解能を得るためには、電磁波の波長を短くする必要があるため、アンテナ寸法を小さくするとともに、送信パルス幅を狭くできる回路構成とした。試作機器の概要は図-3の通りであり、操作性を重視するため時間レンジと受信感度は自動設定とした。試作した機器の仕様は表-1の通りである。

4. モデル供試体を用いた探査実験

深度 3cmの鉄筋を30cm間隔で埋設したコンクリート供試体について、2種類の送信アンテナを用いて試作レーダの探査実験を行った。送信アンテナは、ケース1がアンテナ寸法 5.0 cm, パルス幅 0.5ns(アンテナ中心周波数 1.5 GHz)で、ケース2がアンテナ寸法 2.5cm, パルス幅 0.25ns(アンテナ中心周波数 3GHz)である。

探査結果は図-4に示す通りで、いずれも鉄筋の反射を捉えている。ケース1では、1.0ns の位置に強い反射波が認められ、ケース2では0.4nsと1.0nsの2箇所で強い反射波が認められる。コンクリート供試体の電磁波伝播速度は、電磁波透過試験により 約12.5cm/nsと求められているため、反射時間 0.4nsで深度2.5cm, 反射時間 1.0ns で深度6.25cmに対応する。よってケース2における第1反射波が鉄筋位置に相当すると考えられる。

このような現象は、分解能を向上させたことにより明らかになったもので、アンテナ周波数が低いもの（ケース1）では、第2番目の反射波が強く表れ測定深度を深く評価する可能性がある。考えられる原因は、埋設された鉄筋による電磁波の再放射現象によるとみられるが、今後さらに検討する必要がある。

5. まとめ

以上結果をまとめると次の通りである。

- ①コンクリートの比抵抗値は、打設当初は $10\Omega \cdot m$ 以下と小さいため、電磁波の減衰が大きく探査は困難と考えられるが、その後は時間とともに増大し、約3ヶ月後には $80\Omega \cdot m$ 程度に安定するため探査可能とみられる。
- ②埋設深度 3cm程度でもアンテナ長とパルス幅を狭小化すれば直接波と反射波を分離できると考えられる。
- ③深度が浅い鉄筋探査では、鉄筋から反射する波の強度に比べて鉄筋がアンテナとして作用する再放射波とみられる波の方が強く受信される可能性がある。

6. あとがき

今回試作した機器は、特に浅層部を対象としたものであるが、当初目標とした性能を達成する見通しを得た。今後は、鉄筋の再放射現象等の対策を検討するとともに、実構造物の配筋を想定した探査実験を進め、鉄筋探査用レーダの適用性を明確にしていきたい。

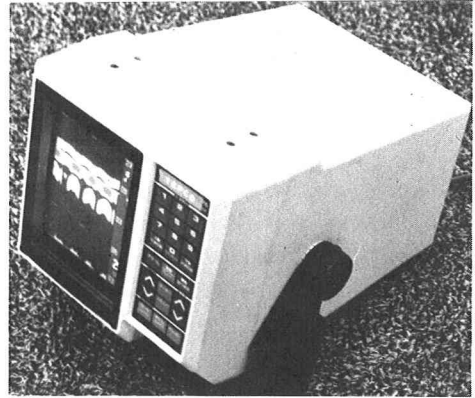


図-3 試作機器の概要

表-1 試作機器の仕様

項目	仕様
送信アンテナ部	
アンテナ	1.5GHz (L=5.0cm, $\tau=0.5$ ns) 3.0GHz (L=2.5cm, $\tau=0.25$ ns)
受信アンテナ部	
アンテナ	1.5GHz (L=5.0cm) 3.0GHz (L=2.5cm)
最大受信周波数	6.5GHz
制御表示部	
電源	DC 12 V, 1.5 A
時間レンジ	1~20 ns
表示方式	6 インチ カラー CRT管

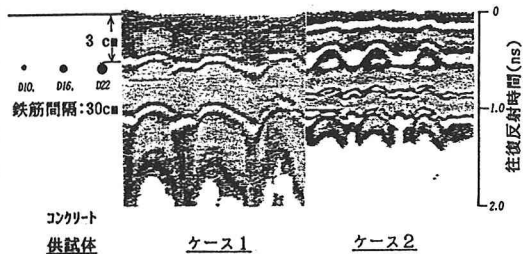


図-4 探査実験結果