

岐阜高専	正員	〇 武富 喜八郎
岐阜高専	正員	島崎 磐
名工大		梅野 正義
名工大	正員	細井 正延

1. まえがき 海岸・河川堤防のように3面をコンクリートで被覆した構造物は、堤体工砂の圧密沈下や液・流水による吸い出しによって堤防内部に空洞が発生する。このような状態で、高潮・津波時に強い波力を受けた場合、構造物が簡単に破壊し浸水して大きな被害が生じた例をしばしば耳にすることがある。したがって、空洞部分の位置・大きさを外部から簡単に発見することができれば、直ちに空洞の処置を行ない、災害発生を防止することができる。伊勢湾右岸の現在の堤防は、昭和34年の伊勢湾台風後に築造されたもので、44年に損傷部の補修が行なわれたが、54年に再び愛知県下の堤防について損傷カ所の調査が行なわれ、また三重県下でも実施された。そこで、それらの資料を整理分析して、堤防内部の空洞およびノリ面コンクリートのクラックの発生状態の地域分布を調べ、また発生の原因について検討した。調査方法は堤防法線方向に、ある定められた間隔で被覆コンクリートをこねして、内部の空洞の有無を点検したのであるが、他の場所にも空洞が存在している可能性は非常に大きいわけである。本研究は、マイクロ波を用いて、構造物の外部から非破壊により内部空洞部分を検査する測定システムを開発しようとするものである。

2. コンクリートの電磁波特性

海岸・河川構造物を構成するコンクリートは、組成や製法の相異により、局所的には電気定数の異なる不連続部を有する複合材料と見なされる。したがって、電磁波の波長がこれらの不連続部の大きさの10倍以上であれば、ほぼ均一の電磁波特性と見なすことができる。図-1は平面波の透過波電界の実測値と計算結果を示す。設定周波数における表皮[dB]の深さ(電磁波の電界が表面から浸入し減衰をうけ、その値が $1/2.72$ に低下する深さ)は約20mmと計算される。

図-2(a)はコンクリート背後に空隙層と反射層で構成されるモデルに対する反射波振巾の周波数依存性を、(b)は反射波振巾と位相の空隙層依存性を表わす。実際の観測では、各反射波 $E_{r0}, E_{r1}, \dots$ の合成された電界強度が測定される。なお、内部情報を含む E_{r0} (表面反射波)は極力抑制する必要がある。

3. 空洞調査用マイクロ波装置の試作

構造物の内部に存在する空洞の検出用として、マイ

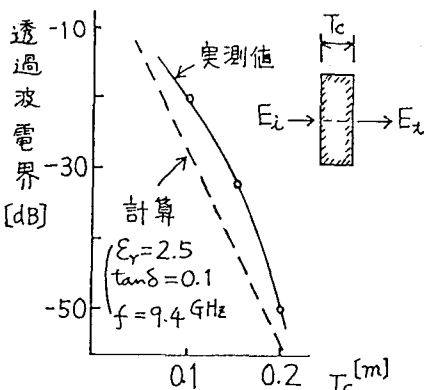
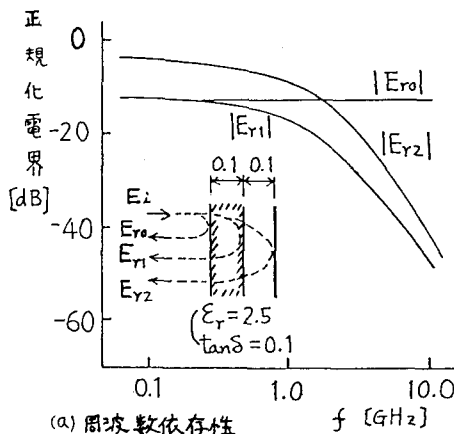
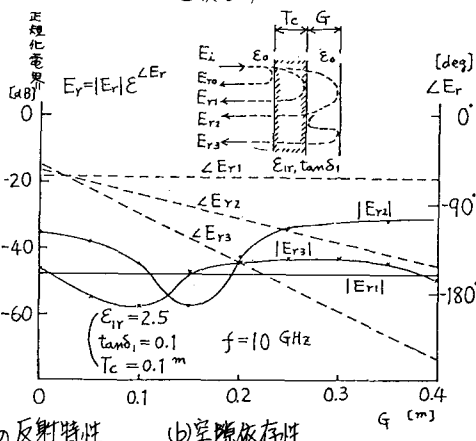


図-1 電磁波のコンクリートに対する透過波電界



(a) 周波数依存性



(b) 空隙依存性

図-2 コンクリート構造物に対する電磁波の反射特性

マイクロ波周波数に合わせたパルス中の狭い変調を付けた送信機と、高感度の受信機を試作した。表-1にこの装置の性能を示す。装置は $360 \times 410 \times 200 \text{ mm}^3$ の筐体に収められ、バッテリー電源を接続する。この装置による各種厚さのコンクリートに対する透過波の実験から、実効感度は約90 dBと見なされる。送信・受信アンテナは直径30cm、電波の指向性パラボラを用いる。

4. 反射波形の実測例

室内実験にて求めた反射波形の一例を図-3に示す。コンクリートと反射板の間に空隙が存在する工図の方が、オシ波の振幅が大きくなっている。図-3の波形はサンプロスコープで観測記録されたものである。他に建物床面の内部や舗装道路下の反射波形を記録した。

5. 考察

反射波形は、装置のマスキング設定、入力レベルの設定およびアンテナの取付角度により、同一負荷条件に対して形状が異なってくる。この原因は表面反射波の影響と考えられるので、実際のデータ処理においては測定波形の演算処理によって影響を除去すべきであることがわかった。また、アンテナの取付角度を変化させて反射波の電力を測定することにより、既知の負荷状態の電力値との比較により内部状態を推察できる。

図4は反射波形の計算を示す。各反射波は、コンクリートや空隙部の通過によって、振幅の減衰、時間的遅延が認められる。この例では、設定した周波数、コンクリートの誘電損失が小さいので、表面反射波①の影響は小さく、反射板でのオシ波の反射波④の影響が支配的である。

6. あとがき

コンクリート構造物の内部空洞を非破壊で検出する装置として、マイクロ波送受信装置を試作し、実験例と考察を述べた。この装置で得られる反射波形、反射電力は構造物の内部状態によってそれぞれ異なる特性を示す。また、これらの結果は、設定条件のわずかな変化により、それぞれ異なってくるので、測定結果の解釈には、多くのデータの蓄積と経験が必要と思われる。

本研究は57年度文部省科学研究費(試験研究)による。図4 垂直入射パルス変調マイクロ波の反射波形(計算)について行われたものであることを付記し、謝意を表します。

表-1 試作空洞検出用マイクロ波装置の性能

項目	性能値
送信中心周波数	9.42 GHz
変調パルス中	10 nS
変調くり返し	5 MHz
送信電力(尖頭値)	100 mW
受信感度	103 dBc
受信ダイナミックレンジ	45 dB
マスキングリカバリー	3 nS
マスキングアイソレーション	58 dB

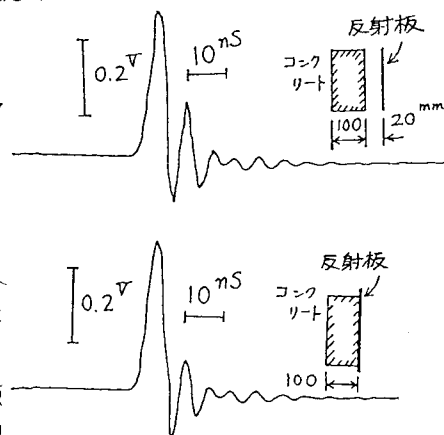


図-3 コンクリート+空隙+反射板構成におけるパルス変調マイクロ波の反射波形

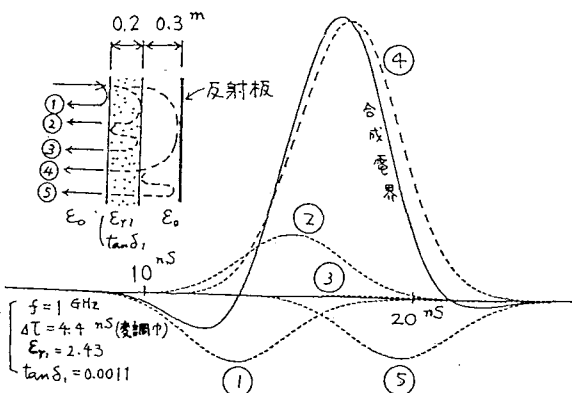


図4 垂直入射パルス変調マイクロ波の反射波形(計算)

参考文献

- 1) 武富、島崎、梅野、細井：土木学会年次学術講演会講演概要集、1982
- 2) 武富、島崎、梅野、細井：計測自動制御学会学術講演会予稿集、2807、1982
- 3) 武富、島崎、梅野、細井：オシ8回リモートセンシングシンポジウム資料(計測自動制御学会)、1982