簡易型コンクリート欠陥検出装置の開発と RC 構造物による適用性評価

三菱電機㈱　正会員　○島田　隆史
三菱電機㈱　正会員　服部　晋一
岐阜大学　正会員　鎌田　敏郎
㈱オーデックス　正会員　竹村　泰弘
㈱オーデックス　非会員　井上　正光

１．はじめに

一定のエネルギーでコンクリート構造物の表面を打撃するメカニカルハンマと，可聴帯域の振動を検出する接触型の振動センサを用いて，衝撃により発生する振動の可聴帯域の振幅から，内部に存在する欠陥を検出する簡易型のコンクリート欠陥検出装置を開発した。今回 RC 構造物のモデルにてその適用性について評価し，RC 床版などの厚さ 20㎝程度までの検査に適用可能であることが判明したので，その原理と評価結果について報告する。

２．計測原理

内部にはく離等の欠陥の存在する箇所は，その表層部の部材が薄くなり,外部からの衝撃により振動しやすい状況にある。欠陥が浅いときは,欠陥の不連続面とコンクリート表面に囲まれた板構造が屈曲を繰り返す曲げ振動が卓越して発生する。この曲げ振動の共振周波数および振幅は,表面から不連続面までの厚みと端部の拘束条件,欠陥の大きさに依存し,欠陥が浅いほどまた欠陥の広がりが広いほど低周波で大きな振幅の振動が発生する。また，その共振周波数帯域は数 kHz 以下[1)]であるため，計測面に一定エネルギーの衝撃を与え,そのとき発生する振動の 1kHz 前後の成分に着目し,その最大振幅値を基準の振幅値と比較することで内部欠陥の有無の判定が可能となる。

写真-１　簡易型コンクリート欠陥検出装置

３．機器の構成

本装置（**写真-１**）は計測面に一定の打撃エネルギーを与えるメカニカルハンマと,そのとき発生する可聴帯域の振動を検出する振動センサ，信号処理部および結果の表示部で構成される（**図-1**）。

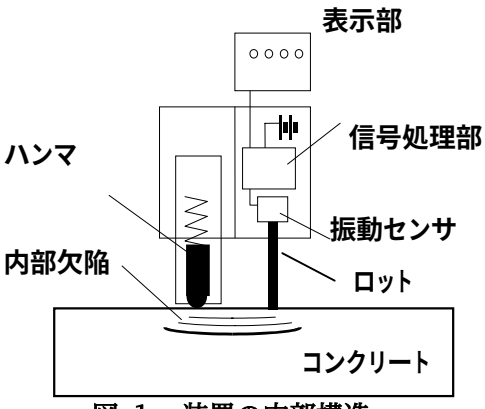


図-１　装置の内部構造

メカニカルハンマは圧縮バネを内蔵し,一定の収縮長まで圧縮するとトリガーが外れ,一端に取り付けた金属錘が計測面を打撃する構造であり，このため一定の打撃エネルギーを計測面に与えることが可能となる。一方，振動センサは金属系の磁歪素子にて構成した。磁歪素子は外力により磁気特性が変化する特徴[2)]があり，この特性の変化をコイルで検出することにより,計測面に発生した振動を電気信号に変換することができる。また、従来の圧電型の素子に比べ低周波の感度特性が優れているため,可聴帯域の振動を効率よく検出できるセンサが実現できる。更に、計測面に接触させたロッドを介して振動を検出するため，周囲の騒音の影響を受けることなく，計測面の振動状態が検出可能となる。

振幅の相違は４段階のランプで表示する。各ランプが点灯する閾値は，基準とする振動の振幅にて予め設定しており,振動センサで検出された振動の最大振幅と閾値の比較演算が信号処理部にてなされ,点灯するランプの数が決定する。基準となる閾値は傾斜角 30℃のはく離面をもつ基準モデル（**図-２**）にて設定した。このモデルにおいて，

キーワード　コンクリート,非破壊検査,検査装置,磁歪素子,振動，可聴帯域
連絡先　〒850-8652　長崎市丸尾町 6-14　三菱電機株式会社　ＴＥＬ095-864-2271

表面からはく離面までの深さを変化させると，表面に発生する振動の最大振幅は深さに応じて変化し（**図-３**），はく離面の深さが 20cm 以下では両者は比例する。この範囲で,はく離面までの深さを基準に各ランプの閾値を決定すると（**図-４**），計測ポイントの振幅の評価が可能となる。

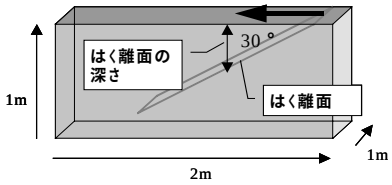
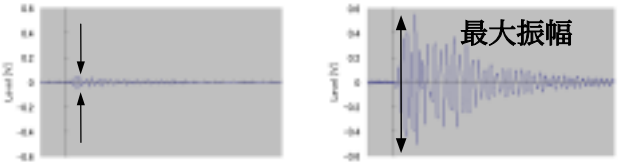


図-２　閾値設定モデル



(a) 深さ 20cm　　(b) 深さ 5cm

図-３　はく離面の深さによるセンサ出力波形

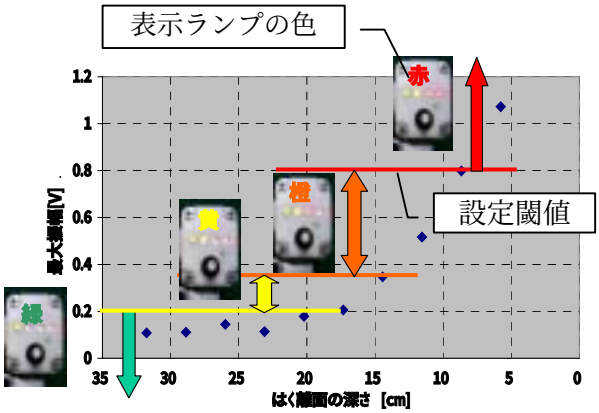


図-４　はく離面の深さと最大振幅並びに装置の設定閾値

４．評価用モデル

RC 床版を模擬した実寸大の供試体（200*400*20cm）に大きさや深さの異なる人工欠陥を埋設した評価用モデル（**図-５**）を製作し,その計測結果より適用性を評価した。人工欠陥は鉄筋付近の空洞を想定し,計測面に平行に厚み 5mm の発泡スチロールを埋設した。人工欠陥は直径 50,30,20,15,10,5cm の円形とし,表面から人工欠陥までの深さは 3cm および 10cm とした。供試体に埋設した人工欠陥の配置を**図-５**に示す。

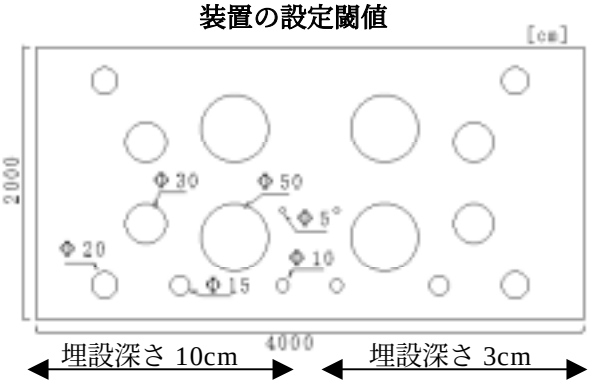


図-５　評価用モデルの形状と人工欠陥の配置

５．計測結果

評価用モデルの表面を 10cm ピッチにてメッシュ状に計測し,各測定点にて発生した振動の振幅を，表示ランプの数に変換してプロットした（**図-６**）。ここでは,表示ランプの数が多いほど大きな振動が発生したことを示す。この図より，欠陥を埋設していない周辺に比べ，欠陥の中央を中心に大きな振動が発生している箇所が広がっており，計測位置と検出された振動の振幅から欠陥位置を特定できる。

また，設定した閾値において，検出可能な欠陥の深さとその大きさを**図-7** に示す。これより，例えば直径 50cm の欠陥では約十数 cm 深さの欠陥まで検出が可能であることがわかる。

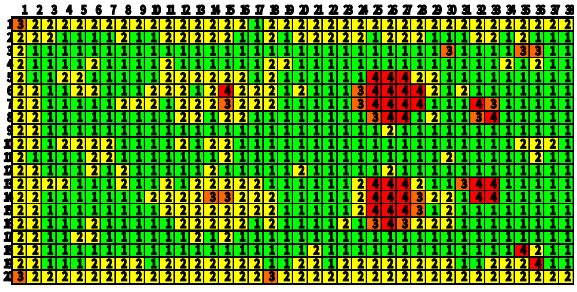


図-６　モデルの計測結果

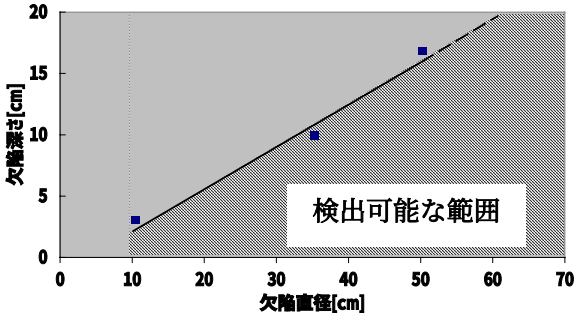


図-7　内部欠陥の検出可能な範囲

６．まとめ

磁歪素子を用いて可聴帯域の振動を感度よく検出する振動センサを開発した。一定の打撃力を与えるハンマと組み合わせることにより，欠陥部に発生する曲げ振動を捉え，その振幅から内部欠陥を特定できることをモデルにより検証した。今後は実構造物での検証を進めてゆく予定である。

参考文献

1) 服部晋一　他３名:低周波探査子とその応用－金属系磁歪素子を用いた弾性波法によるコンクリート構造物診断－,非破壊検査,Vol.52,No.1,pp.14-19,2003.1

2) 菊地善充：磁歪振動と超音波,コロナ社,1960