

(V-31) 衝撃弾性波法による土木構造物への非破壊試験の適用範囲

東海大学 正会員 極壇 邦夫¹
伊藤建設㈱ 正会員 岩野 聡史
アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. まえがき

鉄筋コンクリートの非破壊検査技術には、構造物の弾性体としての応答を解決の糸口とする弾性波法、超音波法、打音法がある。電磁波レーダは、コンクリート内の鉄筋のように誘電率が異なる物質があると反射波が発生し、その存在とおおよその位置が測定される。衝撃弾性波法は、鋼球打撃によって発生する弾性波の波長が長いので超音波のように入射波と反射波を分離して測定できない。そこで、弾性波が境界面で多重反射する特性に着目して、スペクトル解析によって多重反射の固有振動数を抽出する方法を用いる。衝撃弾性波法は、通常のコンクリート構造物では表面処理が不要であること、硬さの指標を測定できること、厚さの測定範囲が広いことなど実用的な長所が多い。これまでわれわれが衝撃弾性波法を適用して、妥当な測定結果が得られた適用範囲を表-1にまとめた。

2. 衝撃弾性波法の適用範囲

表-1に衝撃弾性波法の測定対象、測定方法、評価方法の概要を示す。衝撃弾性波法は、超音波法が対象とした試験はほとんど可能であるが、10cmより薄いコンクリートの厚さ、例えば数cmのかぶりの剥離厚さは、超音波法のように精度良く測定できない。

表-1 衝撃弾性波法の適用範囲

測定対象	測定方法	評価対象
コンクリートの劣化	厚さ方向の弾性波速度 多重反射振動数と実際の厚さから弾性波速度を算出	弾性波速度と圧縮強度の経験的關係を利用して圧縮強度を推定
表面劣化(接触時間)	鋼球接触時間 異なった径の鋼球を使用して接触時間を測定する 鋼球質量が大きいほど深い位置まで探查	鋼球接触時間が表面の硬さ(音響インピーダンス)と関係することを利用し、表面硬さの指標を算出
表面劣化(弾性波速度)	表面弾性波速度 加速度計2個を一定間隔で設置し弾性波伝搬時間を測定	弾性波速度から強度推定
ひび割れ深さ	弾性波の回折伝搬時間測定 ひび割れを挟んで弾性波速度を測定	ひび割れ深さが鉄筋に達しているか否かの判定
コンクリートの厚さ	弾性波速度 多重反射スペクトル 固有振動数 衝撃弾性波法の基本	設計値との比較、使用する弾性波速度は、コンクリートの強度指標
コールドジョイント	弾性波速度 多重反射スペクトル 固有振動数 衝撃弾性波法の基本技術	厚さのスペクトルが出現している場合には、反射率から反射面積の推定
ジャンカなど内部欠陥	弾性波速度 多重反射スペクトル 固有振動数	上記と同じ
剥離および浮き	厚さ・たわみ振動振動数測定 厚さが10cm以下ではたわみ振動が発生	剥離の厚さが10cm以上であれば、厚さとして測定。未満であれば、たわみ振動およびスペクトログラムの時間変動によって判断
フーチング下杭位置	厚さ測定	音響インピーダンスの違いによる反射率の大小 時間窓 MEM
シース管充填度	弾性波速度 多重反射スペクトル 固有振動数	X線写真あるいは小口径穿孔によるファイバースコープ観察
石垣控え長	弾性波速度 多重反射スペクトル 厚さ測定と同一原理	サンプルによって検証

¹キーワード コンクリート板、衝撃振動、反射波、MEM、パワースペクトル

3. 剥離があるコンクリートの厚さの測定

薄い板を鋼球で打撃すると、多重反射振動よりもたわみ振動（曲げ振動）が観測されるので、たわみ振動によって剥離が検出できるか検討した。測定対象は、建築後約40年経過した両面モルタル仕上げの構造用壁で厚さ520mmである。ただし、中央部分は鉄筋コンクリートで厚さ460mm、両側の表層はモルタル30mmである。測定は、加速度計をコンクリート表面に手で押し付けて、近傍を鋼球直径16mmで打撃した。サンプリングクロックは1μsでデータ数は8192。150点測定するのに要した所要時間は約90分であった。

結果について

健全 の速度波形は打撃直後から急激に減衰して、振幅が1/100になる時間は1.7msである。速度波形の最初の1周期は、鋼球の接触時間に相当するが、健全では132μsである。鋼球の接触時間は、コンクリートの硬さや表面の状態、構造的強さの指標である。また、スペクトログラムをみると520mmの付近にスペクトルがほとんど一直線に集中している。

剥離 の速度波形は健全とは異なり周期が長い。接触時間は、426μsで、減衰は遅く振幅が1/100になるのは6.3msである。スペクトログラムをみると、厚さ1m付近に周期的なスペクトルが存在する。このスペクトル波形の周期約0.5msから厚さを求めると $D = V_P/2f = 3500/2 \times 2 = 0.9m$ となりほぼ一致した。

内部欠陥 の接触時間は、206μsで、後半の減衰が遅い。320mm付近のスペクトルは、この深さに欠陥があることを示している。460mm付近の欠陥は小さいため、約1msで消滅している。1ms付近で発生し、1200mmから800mmへと斜めに変化するスペクトルはコンクリートにひび割れがある可能性が高い。途中から発生するスペクトルは、深さ方向よりも表面のひび割れなどによる場合が多い。

図2に縦1m、横1.5mの範囲を10cm間隔にメッシュを切って測定した結果を示した。両側のモルタルの風化が進んでいるため健全と診断される部分が少ない。モルタルの剥離は打撃側は剥離と判定したが、反対側の場合は内部欠陥と判定した。内部欠陥は、コンクリート内部に空隙のある場合、コールドジョイントがある場合、鉄筋の錆による空隙、裏側モルタルの剥離などが含まれる。

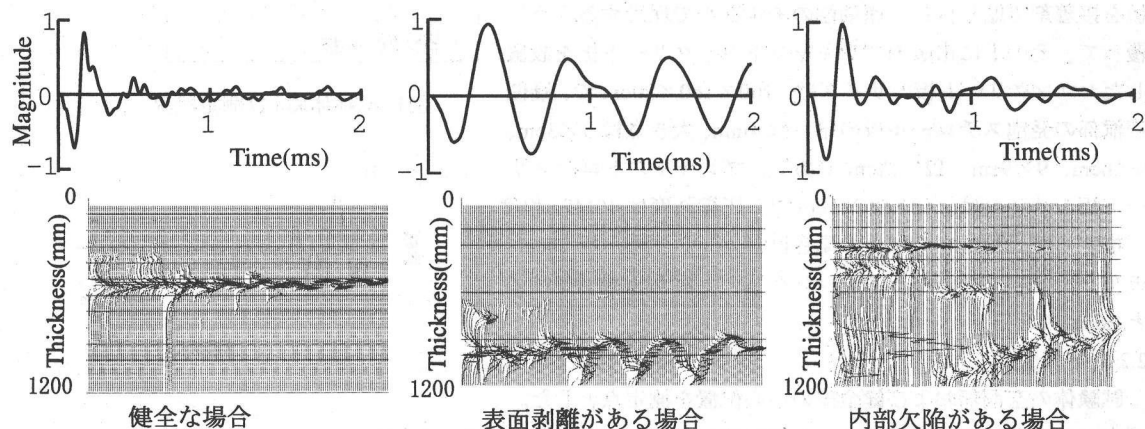


図-1 MEMスペクトログラム（計算長 3ms ステップ長 0.02ms）

4. まとめ

衝撃弾性波法は、現地のコンクリート構造物を前処理不要で短時間に多数測定、弾性波速度あるいは鋼球接触時間からコンクリートの硬さの推定、数cmの剥離から厚さ4メートル程度までの測定、シース管の充填度測定など適用範囲は広い。しかし、鉄骨コンクリート柱あるいは矩形断面の桁などは側面の影響を受けて測定が難しい。また、接触時間（弾性波速度）と圧縮強度との関係を確立するにはデータ不足である。さらに、表面劣化内部健全の測定方法なども今後の研究課題である。人間の健康診断と同じように社会資本を形成する土木構造物の健全性検査は一層重要になると思われる。

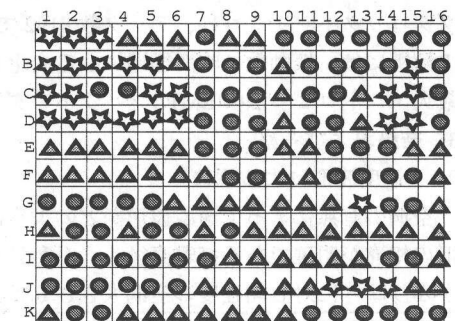


図-2 測定結果 健全：☆ 剥離：● 内部欠陥：▲