

<弾性波レーダシステム iTECS>

1. 技術の概要

弾性波レーダシステム iTECS (アイテックス) は、衝撃弾性波法によるコンクリート構造物の健全性診断装置です。本装置の用途は様々で、主として下記項目の調査が可能です。

- (1) コンクリートの部材厚測定
- (2) コンクリートの内部欠陥探査
- (3) コンクリートの浮き・剥離の検出
- (4) ひび割れ深さの計測
- (5) PC 構造部シースの充填度調査
- (6) 弾性波速度測定による圧縮強度推定※1
- (7) 表面劣化の判定

本システムはインパクター（直径 10～30mm の鋼球）、またはセンサー付きインパクター、受信センサーおよび制御用 PC によって構成されます。測定は簡単で測定面に受信センサーをマウントし、その近傍でインパクターで打撃して測定します。弾性波の入力に打撃方式を採用しているため、測定面の特別な前処理は不要です。

※1 弾性波速度測定による圧縮強度推定は、国交省管轄工事の内、新設橋梁の工事において、コンクリートの品質管理手法として義務付けられています。「微破壊・非破壊試験によるコンクリート構造物の強度測定要領(案)」参照。この装置は、要領書の中で iTECS 法として一手法に指定されています

2. 衝撃弾性波法の基本原理

衝撃弾性波法の基本的な原理は、1984 年頃から米国コーネル大学のサンサロン博士によって研究開発された技術（Impact-Echo 法）である。一方国内での研究開発は、産学共同研究（東海大学と民間 4 社）によって、iTECS (Integrity Test Equipment for Concrete Structures) が 2000 年に開発・実用化された。

図 1 に衝撃弾性波法によるコンクリート構造物の内部欠陥探査の基本原則を示す。

測定方法は、鋼球によりコンクリート表面を打撃する。この打撃によってコンクリート内に波動が発生し内部を伝搬する。コンクリート内部に発生した波動現象は、打撃点近傍に取り付けたセンサーで計測する。通常、コンクリート

の応答は、底面や内部欠陥などの境界面からの反射波 (Echo) で、最初に打撃力による波形が現れ、次第に周期的な波形となる。この周期は、波動が測定面と内部欠陥などの境界面を 1 往復する時間に等しい。つまり、周期を分析することによりコンクリートの厚さ、あるいは内部欠陥の有無などが検知できる。

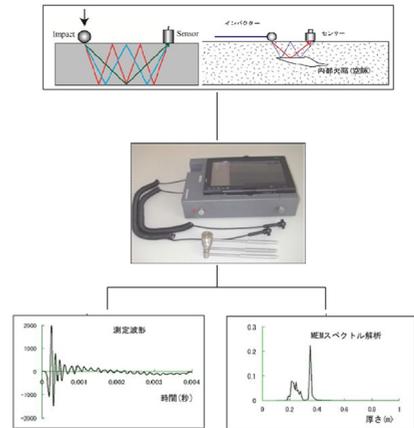


図 1 衝撃弾性波法の基本原則

測定された周波数から「厚さ、深さ」への換算は、

$$D = \frac{V_p}{2f}$$

の式を用いる。ここで、 f は周波数、 D は「厚さおよび深さ」、 V_p は弾性波速度である。

この iTECS 技術は、基本原理を Impact-Echo と同じとするものの、測定方法及び信号処理方法を新しく開発し精度の向上を図ったものと位置付けられる。

3. コンクリートの厚さ・内部状況の測定

図・2 に示すように、コンクリートの片面から弾性波を入力し、測定面と底面間を多重反射する弾性波の周期 T を求めコンクリートの厚さや内部状況の測定を実施します。この方法を多重反射法と呼び、衝撃弾性波法の基本技術です。

内部が健全であれば、弾性波は測定面と対向反射面間で多重反射するため厚さが測定されます。

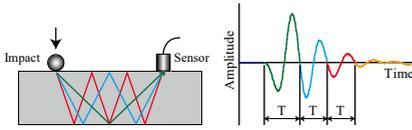
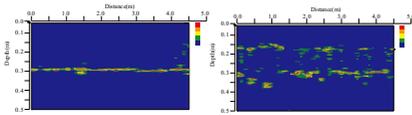


図-2 コンクリートの厚さおよび内部状況の測定概要

しかし、内部に欠陥が存在すると、欠陥の影響により正確な厚さの測定が困難になります。つまり、コンクリートの部材厚が測定されなければ、コンクリート内部には弾性波の伝播を阻害する何らかの原因が存在すると考えられます。



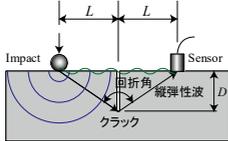
健全部 欠陥部

なお、多重反射法は、コンクリートの浮き・剥離の検出や、シース管の充填度の検出にも用いられます。

4. ひび割れ深さの測定

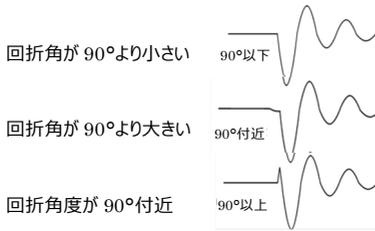
ひび割れ深さの測定は、①臨界角法と②行路差法の2通りの測定方法があります。

臨界角法は、下図に示すように、打撃点および受信点までの距離Lをひび割れから等しくして、弾性波が障害物を回折する際の波形の位相が変化する性質を利用してひび割れ深さを測定する方法です。



臨界角法

つまり、位相が反転する距離Lを求めることでひび割れ深さを測定することができます。

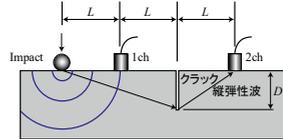


行路差法は、打撃点と2つの受信点とひび割れの位置関係を下図のように配置して弾性波の到達時間差からひび割れ深さを測定する方法です。ひび割れ深さは下式によって計算されます。

$$D = 2L \sqrt{\frac{1}{3} \left(\frac{V_p \Delta T}{L} - 2 \right)}$$

VP：健全部の弾性波速度 ΔT：到達時間差

L：打撃点および受信点の設置距離



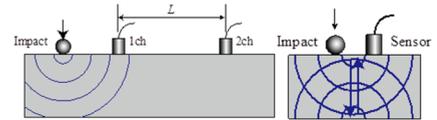
行路差法

5. 弾性波速度測定による圧縮強度推定

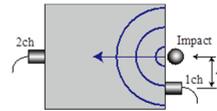
コンクリート中を伝播する弾性波速度と圧縮強度には正の相関関係があり、この関係を利用して弾性波速度から圧縮強度を推定します。

弾性波速度の測定方法には以下の3通りの測定方法があります。

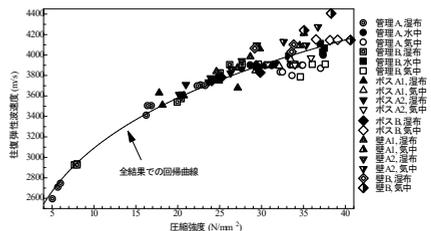
- ①表面弾性波速度を測定する方法。
- ②内部を伝播する多重反射周期から求める方法。
- ③通過方向の速度を求める方法。



①表面弾性波速度の測定方法 ②多重反射法



③透過法



圧縮強度と弾性波速度の関係