

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

弾性波レーダシステム

*iTECS*

## 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 <sup>1</sup> |
| (7) 表面劣化の判定         |                                   |

本システムはインパクト（直径 10～30mm の鋼球）またはセンサー付きインパクト、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、その近傍をインパクト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されています。「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。

## 新技術情報登録

国交省新技術情報提供システム NETIS 登録番号 QS-040028

装置の基本仕様



|       |  |                               |           |
|-------|--|-------------------------------|-----------|
| 機能    | コンクリート表面の弾性波速度測定                             |                               |           |
|       | 表面に開口したひび割れ深さの測定                             |                               |           |
|       | コンクリート板の厚さ測定                                 | ポイントモード                       |           |
|       | あるいは内部欠陥の検知                                  | 掃引測定モード                       |           |
| 装置の構成 | 本体部  | アンプ, AD変換, 電源                 | 1         |
|       | PC   | 測定制御                          |           |
|       | センサー   | 1~20kHz                       | 2         |
|       | インパクト  | セット                           | 1         |
| アンプ部  | 1ch  | 約2mA20V定電流駆動源付きアンプ, PCB, Fuji |           |
|       | 2ch  | 製加速度計専用, 最大入力±1.0V            |           |
| AD変換  | プレトリガー                                       | 弾性波速度測定                       | 0.08マイクロ秒 |
|       |  | ひび割れ深さ測定                      | 1.0マイクロ秒  |
|       |  | 厚さ測定                          | 10マイクロ秒   |
|       |  | データ数                          | 測定時間長で設定  |
|       |  | 精度                            | 12Bit     |
| 測定範囲  | 弾性波速度  | センサー間隔による. 2000m/sから6000m/s   |           |
|       | ひび割れ深さ                                       | 最小20mm, 最大200mm以上             |           |
|       | 厚さ測定   | 最小100mm, 最大1500mm以上           |           |
| 電源    | 測定装置, PCは内蔵電池による<br>(使用時間は, 条件に依存)           | 本体装置                          | 連続8時間測定   |
|       |  | PC                            | 連続8時間     |
| 寸法    | 本体 290mm×200mm×70mm(突起を含まず)                  |                               |           |
| 質量    | 約3.5kg                                       |                               |           |
| 製造    | アプライドリサーチ株式会社<br>〒300-2633<br>茨城県つくば市遠東904-1 |                               |           |

## 衝撃弾性波法の基本原理

衝撃弾性波法では、弾性波が音響インピーダンス（密度と弾性波速度の積）の異なる境界面で反射する性質を利用してコンクリートの健全性診断を実施します。衝撃弾性波法は、図-1 に示すように、打撃によって弾性波をコンクリート内部に入力します。この時の応答を打撃点近傍にマウントしたセンサー（超高感度加速度計）で計測します。通常、コンクリートの応答はコンクリート底面や内部欠陥など境界面からの反射波（Echo）であり、測定面と境界面までの距離が短いと（1.5m～2m程度）波動はその間で多重反射し、図-1 左下にあるような周期的な波形となります。この周期は、波動が測定面と境界面を1往復する時間に等しいため、周期を分析することでコンクリートの「厚さ」あるいは「内部欠陥の有無」などの検知が可能となります。

測定された周波数から「厚さ、深さ」への換算は、下式を用いて算出します。

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

ここに、 $f$ : 周波数、 $D$ : 「厚さおよび深さ」、 $V_p$ : 弾性波速度

iTECS 技術では、この周波数分析方法としてMEM（最大エントロピー法）によって周波数スペクトルを求めるという方法を用いています。

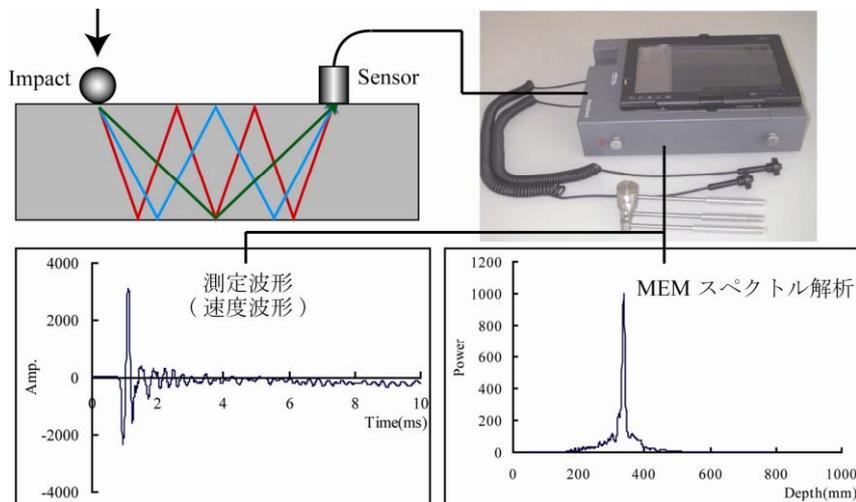


図-1 衝撃弾性波法の基本原理

## 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。

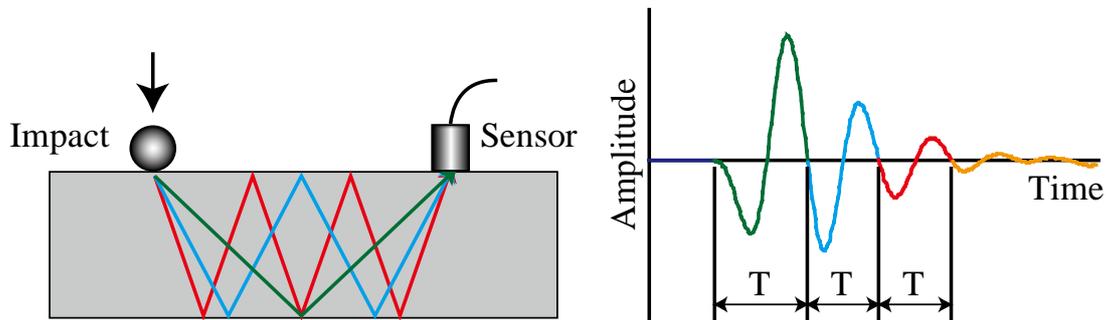


図-2 コンクリートの厚さおよび内部状況の測定概要

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が、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。実際の測定では、メッシュ状あるいは線状に測定を実施し、各測定点の結果をレーダ画像（横軸を測定距離、縦軸を測定厚さ、スペクトル強度を色相で表示したもの）に示すことで視覚的に内部状況を把握することができます。図-3 は健全部のレーダ画像と欠陥が存在した場合のレーダ画像を示しています。健全部のレーダ画像は測定位置に関わらず厚さが測定されており、健全と評価できますが、欠陥部のレーダ画像は、スペクトルに連続性が見られず内部欠陥の存在が疑われます。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。

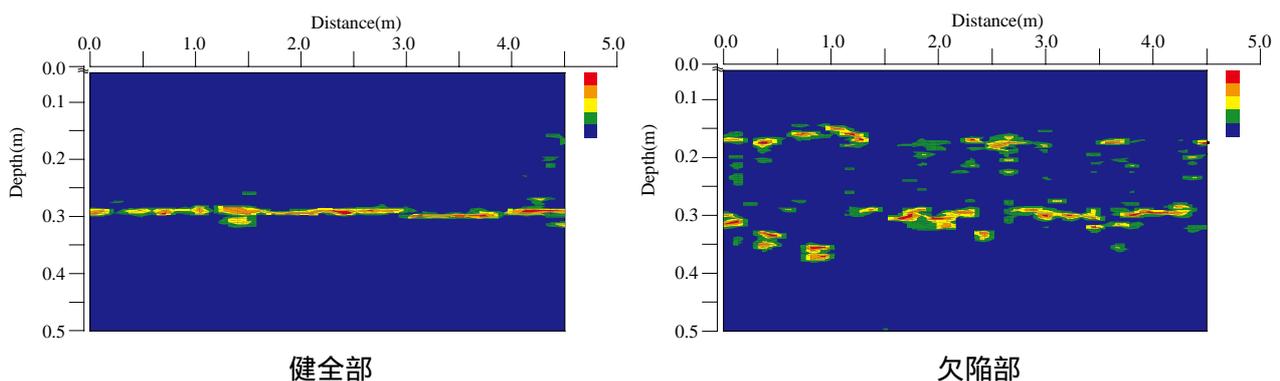


図-3 レーダ画像の例

## ひび割れ深さの測定

ひび割れ深さの測定は、臨界角法と行路差法の 2 通りの測定方法があります。臨界角法は、図-4 左側に示すように、ひび割れから打撃点および受信点までの距離  $L$  を等しくして測定する方法で、弾性波が障害物を回折する際に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。図-5 に臨界角法で得られる実際の波形を示していますが、回折角が  $90^\circ$  より小さければ波形の初動部分はマイナス側に、回折角度が  $90^\circ$  より大きければプラス側に位相が反転します。なお、 $90^\circ$  付近では、初動部分の位相が不明瞭になります。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。

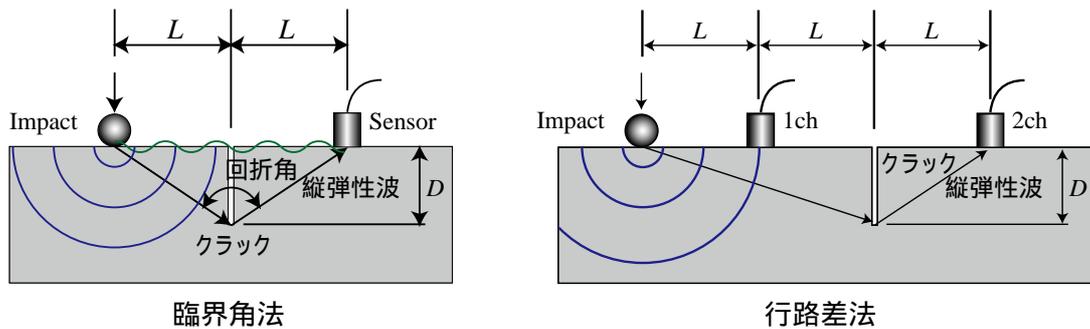


図-4 ひび割れ深さ測定 測定点の配置

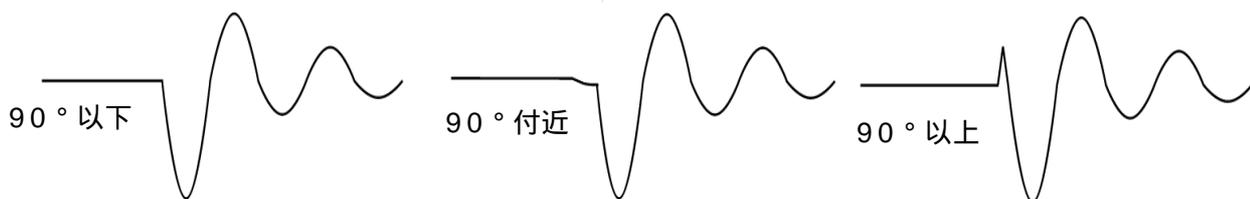


図-5 初動波形の位相変化

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図-4 右側に示す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。

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

ここに、 $V_p$ ：健全部の弾性波速度     $T$ ：到達時間差     $L$ ：打撃点および受信点の設置距離

**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の速度と圧縮強度には正の相関関係があることが分かっており、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。

コンクリート表面を伝播する弾性波の速度を測定する方法。(図-6(A))

コンクリート内部を伝播する多重反射周期から求める方法。(多重反射法 図-6(B))

通過方向の速度を求める方法。(透過法 図-6(C))

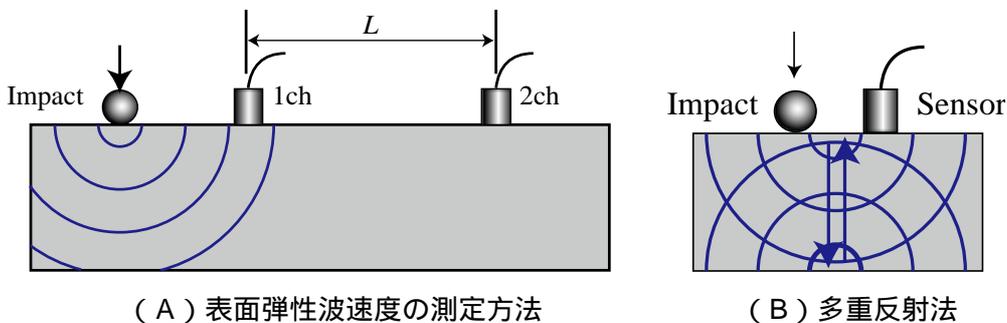


図-6 弾性波速度の測定方法

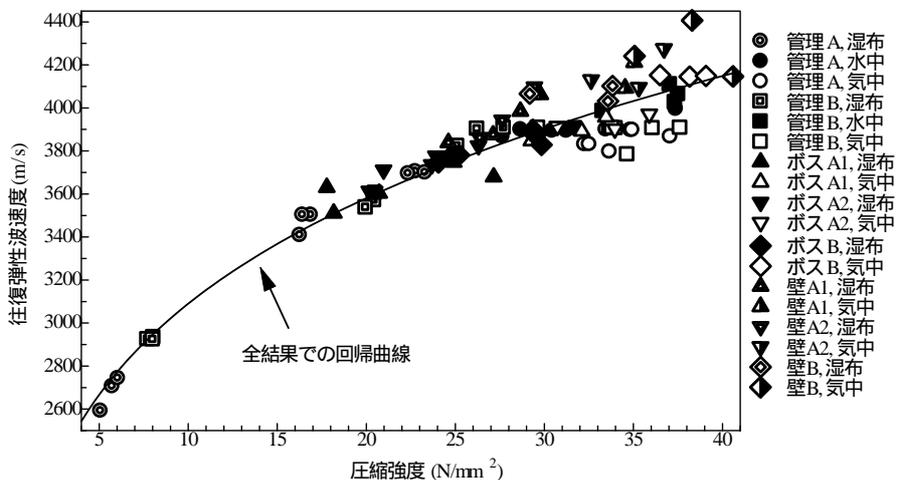


図-7 圧縮強度と弾性波速度の関係



## 日東建設株式会社

本 社：〒098-1702 紋別郡雄武町字雄武 1344-5

TEL：0158-84-2715 FAX：0158-88-3031

札幌支店：〒003-0833 札幌市白石区北郷 3 条 4-9-8

TEL：011-874-6200 FAX：011-874-6245

函館支店：〒040-0064 函館市大手町 5-10 ニチロビル 2F

TEL：0138-84-1733 FAX：0138-84-1737

URL：<http://www.nittokensetsu.co.jp>

E-mail：[info@nittokensetsu.co.jp](mailto:info@nittokensetsu.co.jp)

担当者 本社：金田 支店：久保