

Concrete Test and Surveyor

CTS-02

コンクリート構造物の非破壊検査装置

コンクリートテスター



 **NITTO**
日東建設株式会社

Concrete Test and Surveyor

技術の概要

コンクリートテスター（CTS-02）は、非破壊によるコンクリートの圧縮強度推定装置です。ハンマでコンクリートを打撃したときの打撃力の時間波形を測定・解析することにより、簡便かつ高精度にコンクリートの圧縮強度推定が可能となりました。また、コンクリートの圧縮強度のみではなく、付加情報としてコンクリートの表面劣化度合いや表面近傍の浮き・剥離の検出も可能です。本装置は、本体（108×202×46mm 750g）とハンマユニットから構成されています。測定はハンマでコンクリート表面を軽打するだけです。測定データは全てSDカードに記録され、PCの専用プログラムを介すことで測定結果をExcel形式で出力することができ、データ整理時間の大幅な短縮が可能です。データは、64MBのSDカードで最大15000データの記録が可能です。

新技術登録

国交省新技術情報提供システム NETIS 登録番号 HK-060013（設計比較対象技術）

農業農村整備新技術データベース ARIC 登録番号 261

北海道新技術情報提供システム 登録番号 20060015

装置の基本仕様



測定器名	コンクリートテスター（CTS-02） Concrete Test and Surveyor Type2
本体	108mm×202mm×46mm
ハンマー質量	190g
サンプリング時間	0.5μs
測定時間長	2ms
電源	単三電池6本使用 （連続使用時間約8時間）
記憶媒体	SDカードにデータ記録、PCに転送 （64MBで1万データ以上記録可能）

コンクリートを完全弾性体と仮定し、図-1 に示すように、質量 M のハンマーが任意の速度 V でバネ係数 k のコンクリート表面に衝突する現象を考えます。ハンマーの衝突によってコンクリート表面生じる最大変位を x_{\max} とすると、エネルギー保存法則から、

$$\frac{1}{2}MV_{\max}^2 = \frac{1}{2}kx_{\max}^2 \quad (1)$$

と表すことができる。ここで、力 F はフックの法則より、

$$F_{\max} = kx_{\max} \quad (2)$$

である。式 (2) を x_{\max} について解き、これを式 (1) に代入して整理すると、

$$\sqrt{Mk} = \frac{F_{\max}}{V_{\max}} \quad (3)$$

が得られます。ここで、 \sqrt{Mk} は、機械インピーダンスであり、発生した力の最大値をハンマー速度の最大値（衝突時の初速度）で除すことによって得られることがわかります。バネ係数 k は、コンクリート表面の弾性係数に相当するもので、弾性係数と圧縮強度の間には、理論的な関係はないものの、相関関係があることが知られており、CTS は、これを利用して、圧縮強度を推定するものです。

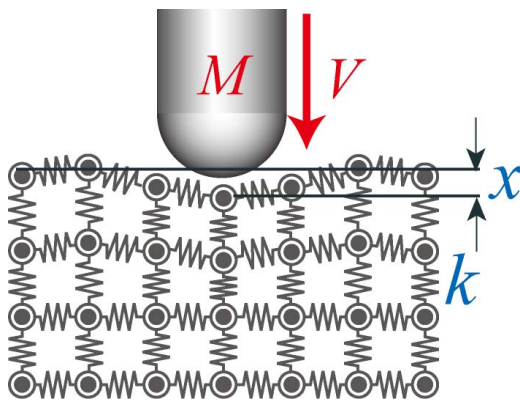


図-1 ハンマーの衝突

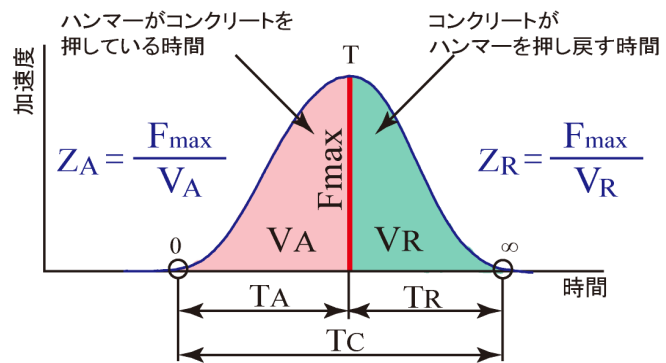


図-2 打撃力波形

CTS で実際にコンクリートを打撃して得られた打撃力波形を図-2 に示す。打撃力波形は、正規分布に類似した山形の波形となりますが、ピークを境に 2 つに分離することができます。波形の前半部分は、ハンマーがコンクリート表面に変形を与える過程であり、この部分をアクティブ側と称します。これに対し、後半部分は、コンクリート内に蓄積された弾性変形エネルギーがハンマーの速度エネルギーに変換される過程であり、これによってハンマーはコンクリート表面から押し戻されることとなります。このため、この部分をリアクティブ側と呼んでいます。コンクリート表面が劣化している場合、アクティブ側では、コンクリート表面の塑性変形に起因するエネルギーロスの影響が現れます。一方で、リアクティブ側では、コンクリートの弾性変形エネルギーのみがハンマーの反発に使われるため、エネルギーロスの影響は軽減され、より弾性的性質を反映した強度指標値の算出が可能です。また、アクティブ側の速度 V_A とリアクティブ側の速度 V_R の比を求める (IDX 値と呼称) ことで、表面の劣化度合いを知ることができます。

CTS-02 には、リバウンドハンマのように特定箇所で圧縮強度を推定する POINT モードと、面的に強度分布を求める AREA モードの 2 つのモードがあります。

POINT モードは、装置のディスプレイに打撃毎の計算結果が出力されるのと同時に、今までの累積平均も表示されます。また、20 回打撃した時点で、平均値と平均値 $\pm 20\%$ の閾値を自動的に算出し、レンジを設定します。今までの測定データにレンジを越えるデータがある場合には、平均値計算から除外されるのと同時に、以後の測定でレンジを外れるデータがある場合には、エラー音が鳴りデータが採取されません。

AREA モードは、POINT モードのように平均値計算やレンジ設定およびデータの除外等の処理は一切行いません。また、測定データは 1 データごとに Area 番号、Line 番号、Point 番号の測定番号が割り振られます。結果の出力では、測定番号の通り表形式に出力されます。コンクリートは同一構造物であっても一様に劣化は進行しません。いくら精度の高い測定方法を採用しても、特定点の情報では構造物の現況把握は困難です。AREA モードはできるだけ広い面で多数点の測定を実施し、図-3 に示すような強度分布図を得ることを目的としています。

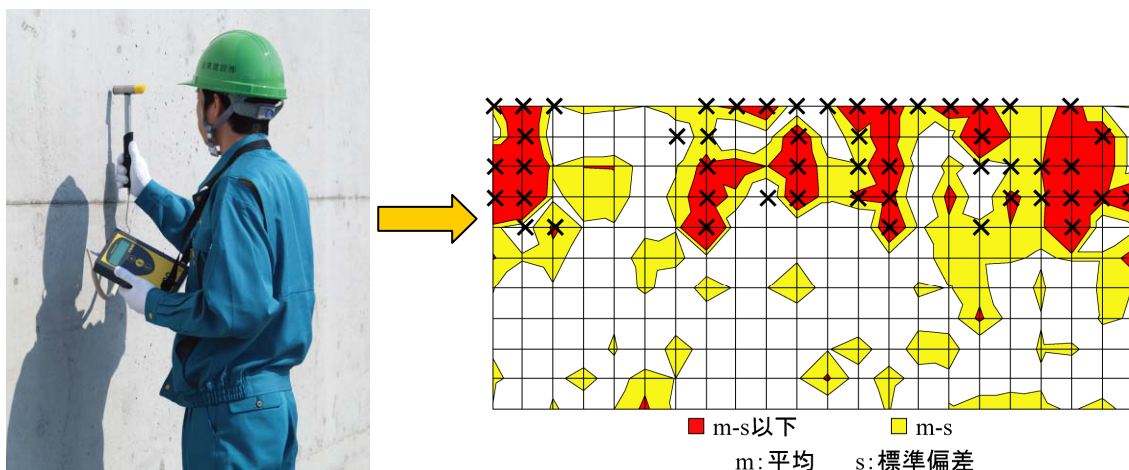


図-3 AREA モードの測定事例

CTS-02 は以下のような状況で活用することができます。

- ・ 完成検査・中間検査（新設構造物）
- ・ 健全性診断（既設構造物）
- ・ 補修・補強工事の状態確認（着工前と完成後）
- ・ 詳細調査・補修箇所の絞り込み
- ・ 一斉緊急点検（災害発生後など）

圧縮強度の推定精度

図-4 に圧縮強度と機械インピーダンスの関係を示します。相関係数は 0.90 と非常に高く、両者には有意な関係があることが分かります。また、独立行政法人土木研究所・社団法人日本非破壊検査協会編著、「非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の検査・点検マニュアル」(大成出版社)には、本装置の測定精度は概ね±15%であると示されています。

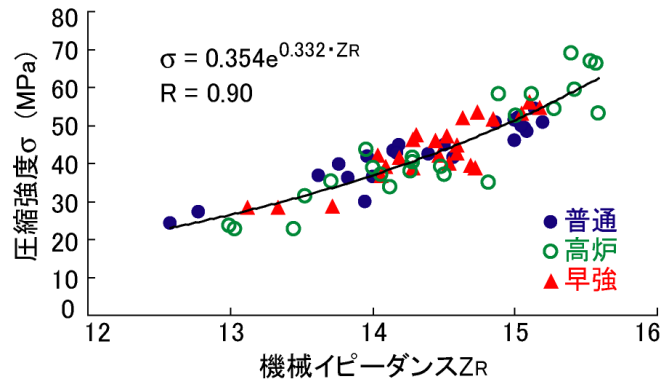


図-4 圧縮強度と機械インピーダンスの関係

代表的な測定波形

CTS-02 で計測される代表的な波形を図-5 から図-9 に示します。

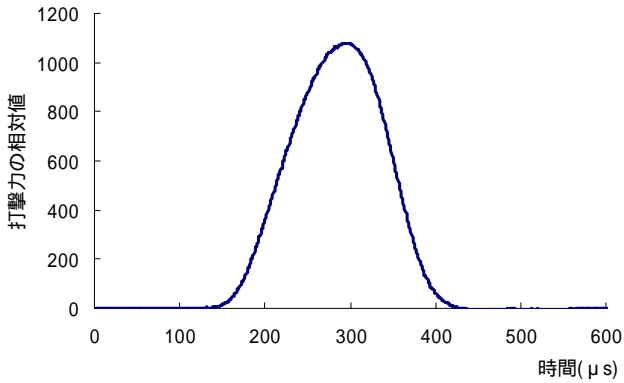


図-5 健全部の打撃力波形

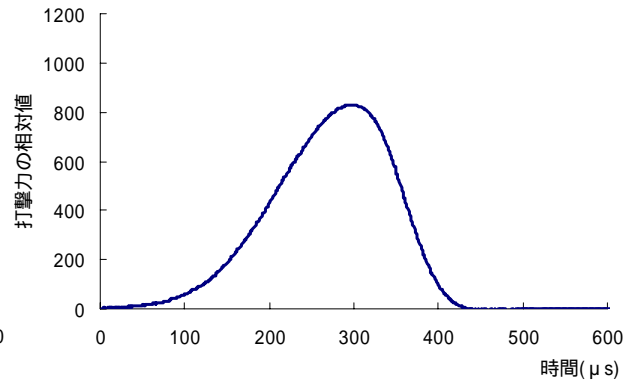


図-6 表面劣化部の打撃力波形

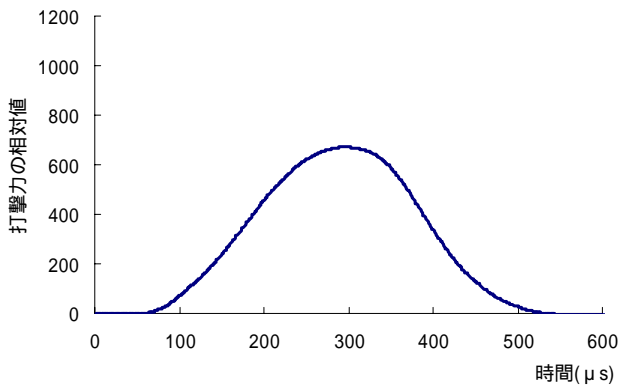


図-7 剥離部の打撃力波形

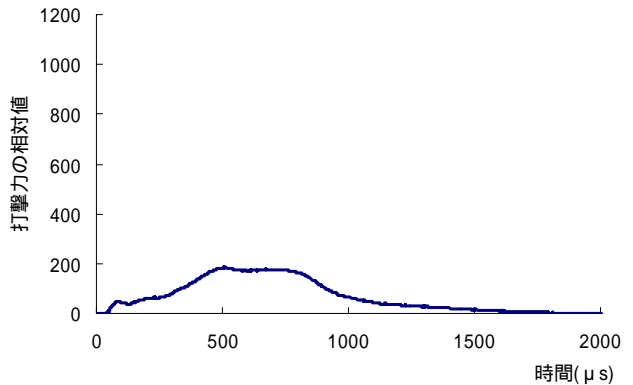


図-8 重症剥離部の打撃力波形

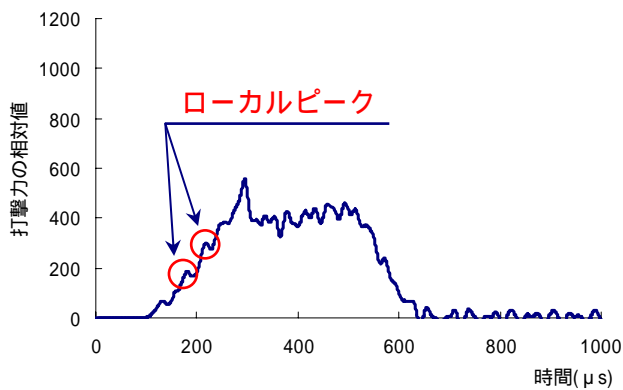


図-9 骨材剥離部の打撃力波形



写真-1 骨材が露出したコンクリート表面

	波形の状況	考 察
健全部	ピークを中心に左右対称の波形	
表面劣化部	左右の対象性が損なわれる。後半部分には特筆する影響は見られない	ハンマが表面劣化層に貫入する時間が含まれるため波形が間延びする
剥離部	左右対称の波形が得られるが、打撃力の最大値が小さく、接触時間が長くなる。	浅い位置に綺麗な剥離面が存在する場合の波形。板バネの挙動を示すため波形の乱れが少ないが、健全部と比較して剛性が低く打撃力の継続時間が長い。
重傷剥離部	正常な波形が計測できない	打撃時した場合にコンクリートが剥がれ落ちそうな状態の波形。 打撃に対して十分な反力が生成されずまともな波形が測定できない。
骨材剥離部	ギザギザの波形が得られる	写真-1のように凍害や流水の作用を受けたコンクリート表面を打撃した場合の波形。 ハンマが骨材に衝突しては骨材が破壊するという現象を繰り返しながら打撃が行なわれるためローカルピークが発生すると考えられる。

お問い合わせ



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
 担当者 本社：金田 支店：久保