

*** <コンクリートの圧縮強度測定 CTS> ***

1. 技術の概要

コンクリートテスター (CTS) 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 (108×169×42mm) 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、最大50万データの記録が可能です。



CTS

2. 基本原理

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 (3) 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、 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。

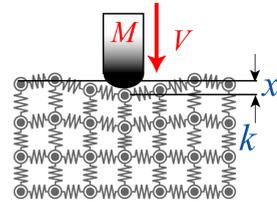


図-1 ハンマの衝突

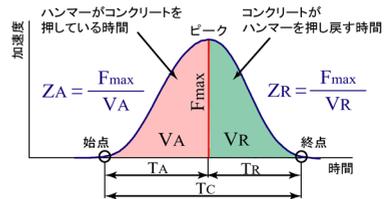


図-2 打撃力波形

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。

3. 使用方法

リバウンドハンマのように特定箇所にて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±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。



測定状況

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ないません。また、測定データは1データごとにArea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モードで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。

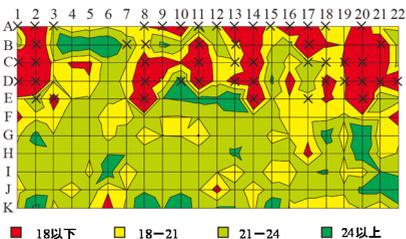


図-3 等高線図

CTS 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）

4. 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。

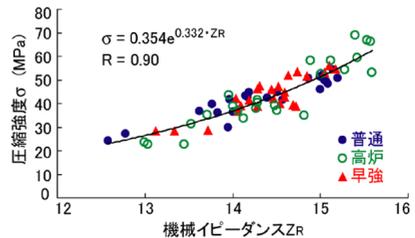


図-4 圧縮強度と機械インピーダンスの関係

5. 技術の登録

現在、技術としての登録されている機関および登録番号は以下のとおりです。

- ◆ 日本非破壊検査協会規格
登録番号 NDIS3434
- ◆ 北海道新技術情報 登録番号 20060015
- ◆ 農業農村整備新技術（ARIC）登録番号 261