

# 小口径コア型コンクリート強度診断試験機による圧縮強度の推定

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 正会員 ○高野真希子 正会員 大窪克己  
 日本大学 フェロー会員 阿部 忠 正会員 水口和彦

## 1. はじめに

長期間供用された道路橋 RC 床版は、疲労損傷に加え、建設環境条件による劣化が進行し、供用開始時のコンクリート圧縮強度が低下している可能性がある。また、床版の部分補修を行う場合において、劣化部の除去が不十分であり、脆弱なコンクリートを残して補修を行った場合には、早期に再劣化が生じる可能性がある。一方、過剰な切削は費用の増大を招く恐れがある。よって、RC 床版のコンクリート強度および劣化状態を事前に把握することは重要であり、合理的な補修を行うための有効な判断材料となると考えられる。

そこで、床版内部の連続したコンクリートの強度を診断する小口径コア型コンクリート強度診断試験機<sup>1)</sup>(以下、本試験機とする)(図-1)を開発した。これにより、コンクリートの表面から深さ方向に切削する際の鉛直および回転方向のエネルギーの合計切削エネルギーを得て、コンクリートの圧縮強度を評価した。

## 2. 切削エネルギーの算定式および強度推定の検討方針

本試験機による切削方法は、荷重装置による作用荷重と直流式のモータの回転により行うことから、鉛直方向の切削力とコアの回転力が作用する。よって、切削エネルギーの算定は、本試験機がコンクリートを 1.0mm 切削するための鉛直切削エネルギーの累積( $\Sigma E_F$ )および回転切削エネルギーの累積( $\Sigma E_M$ )を算定し、これらの合計切削エネルギー( $\Sigma E$ )により行う。この合計切削エネルギーからコンクリートの圧縮強度を推定するものである。ここで、本試験機が 1.0mm および任意の深さまで切削するための合計切削エネルギー( $\Sigma E$ )は式(1)として与えられる。

$$\Sigma E = \Sigma (E_F + E_M) = \Sigma \{ (F_z \times \Delta L) + (M_z \times \Delta \theta) \} \quad (1)$$

ここに、 $\Sigma E$ : 合計切削エネルギー(J),  $E_F$ : 鉛直切削エネルギー(J),  $E_M$ : 回転切削エネルギー(J),  $F_z$ : 作用荷重(N),  $\Delta L$ : 切削深さ方向の変位 ( $= \Delta L_{n+1} - \Delta L_n$ ,  $\Delta L_{n+1}$ : n+1 回目の深さ(mm),  $\Delta L_n$ : n 回目の深さ(mm),  $M_z$ : 切削トルク ( $= A \times 0.9511$ ,  $A$ : 電流) (Nm),  $\Delta \theta$ : 計測間隔における回転角度 ( $=$ 回転数 $\times 2\pi/60$ ) (rad/s)

## 3. コンクリートの使用材料および実験方法

(1)使用材料 コンクリート供試体の配合条件を表-1に示すが、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂、最大骨材寸法 10mm の砕石を使用し、圧縮強度が 24N/mm<sup>2</sup> 程度確保できる配合条件とした。

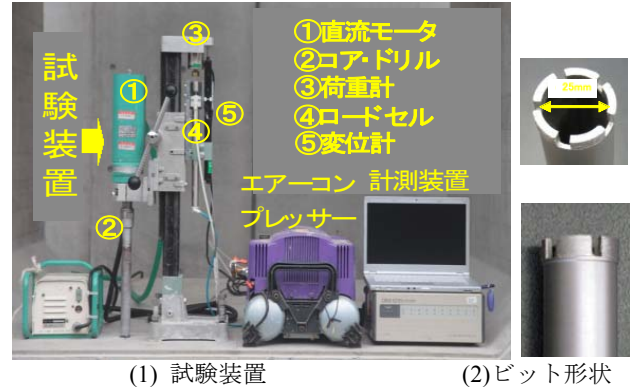


図-1 小口径コア型コンクリート強度診断試験装置

表-1 コンクリートの配合条件

| スランブ<br>(cm) | Air<br>(%) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位重量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      |
|--------------|------------|------------|------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|
|              |            |            |            | C                         | W   | S   | G   | AD   |
| 18           | 4.5        | 58.5       | 48.3       | 313                       | 186 | 840 | 940 | 3.13 |

(2)実験方法 供試体上面に本試験機を設置する。コアビット内径寸法はφ25mm(切削部3.0mm), 高さ300mmである。ドリルの作用荷重は、エアーコンプレッサーにより圧力を0.8Mpaに調整して作用させる。この場合の作用荷重は約230Nである。また、モータ回転数は1500回/sec一定に設定する。この場合の計測条件は、200mmの切削に要する時間の最大を5minとし、収録データ数を3000データと設定する。

この実験条件により、切削時間(sec), 作用荷重(N), 表面からの切削深さ(mm), 電流値(A)のデータを動的に計測し、合計切削エネルギー $\Sigma E$ を式(1)より評価する。

## 4. 結果および考察

(1)作用荷重・切削時間・電流値 コンクリート表面から深さ200mmまでの作用荷重の関係を図-2に示す。荷重は225N~238N範囲で作用しており、安定した制御がなされていることが確認できる。また、深さ200mmまで切削するに要する時間(sec)は150.2secであり、図-3に示すとおりほぼ線形的に増加している。次に、電流値(A)と表面からの距離(mm)の関係を図-4に示す。初期電流値は1.55Aと高いが、これはコンクリート表面にコア・ドリルが接触した際に負荷が大きくなり、電流が高い結果となる。その後徐々に安定し、1.22A~1.1Aの範囲での増減となった。この増減が、回転エネルギーに大きく影響する。このような深さ方向の各層のデータの増減から、各層においてコンクリートの圧縮強度が変化しているものと推定できる。

キーワード: 道路橋 RC 床版, 小口径コア型コンクリート強度診断試験装置, 圧縮強度の推定

連絡先〒160-0023 新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) TEL 03-5339-1721 FAX 03-5339-1729

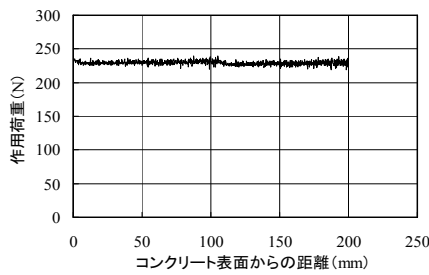


図-2 深さ方向と作用荷重

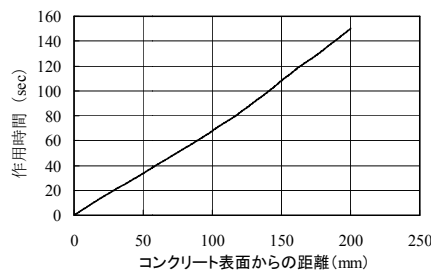


図-3 深さ方向と切削時間

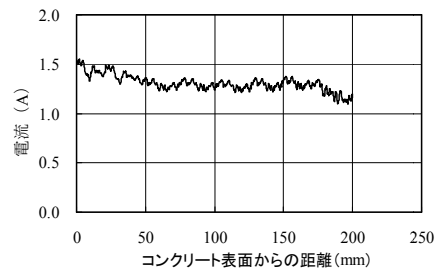


図-4 深さ方向と電流

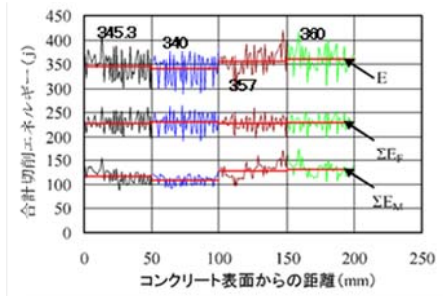


図-5 合計エネルギーと距離

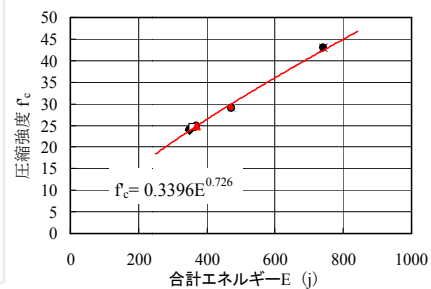


図-6 圧縮強度と合計エネルギー

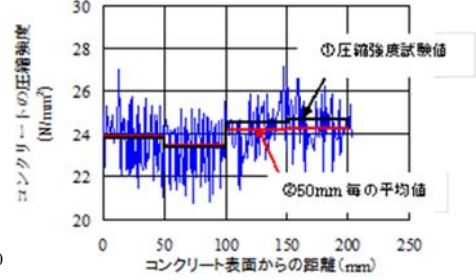


図-7 圧縮強度と合計エネルギー

表-2 コアの圧縮試験による圧縮強度例

| 深さ(mm)      | 直径(D)<br>(mm) | 高さ(H)<br>(mm) | H/D  | 補正係数  | 最大荷重<br>(kN) | 圧縮強度<br>(N/mm²) |
|-------------|---------------|---------------|------|-------|--------------|-----------------|
| 1層目 0～50    | 24.43         | 47.45         | 1.94 | 0.995 | 11.22        | 23.84           |
| 2層目 50～100  | 24.48         | 48.23         | 1.97 | 0.997 | 11.02        | 23.36           |
| 3層目 100～150 | 24.50         | 48.85         | 1.99 | 0.999 | 11.60        | 24.59           |
| 4層目 150～200 | 24.60         | 48.60         | 1.97 | 0.997 | 11.80        | 24.76           |
| 平均          |               |               |      |       |              | 24.14           |

(2) 合計切削エネルギー  $\Sigma E$  収録した作用荷重, 切削時間, 電流値のデータを用いて式(1)より合計切削エネルギー  $\Sigma E$  を算定した結果を図-5 に示す。なお, 図-5 には鉛直切削エネルギーの累積 ( $\Sigma E_F$ ) および回転切削エネルギーの累積 ( $\Sigma E_M$ ) も併記した。鉛直切削エネルギーは, 作用荷重がほぼ一定に作用していることから, ほぼ均等化しているが, 回転切削エネルギーは, コンクリート強度に電流値が敏感に影響することから増減が見られる。図-5 より, 1mm 切削する際の合計エネルギーは, 表面から 50mm の平均は 345J, 50～100mm の平均は 340J, 100～150mm の平均は 357J, 150～200mm の平均は 360J であり, 各層で変化がみられる。これがコンクリートの圧縮強度に換算される。

(3) コンクリートの圧縮強度 コンクリートの圧縮試験は, 採取した  $\phi 25\text{mm} \times 200\text{mm}$  の小径コアを表面から 50mm 毎に切断し,  $\phi 25\text{mm} \times 50\text{mm}$  の円柱供試体を 4 本製作する。圧縮試験は, 小径コア専用の万能試験機を用い, JIS に基づく荷重載荷条件にて実施した。圧縮試験の結果の一例を表-2 に示す。

## 5. 圧縮強度と合計切削エネルギーの関係

### 5.1 コンクリート圧縮強度推定式

50mm 切削する際のエネルギーと採取コアによる圧縮強度の関係から得られる合計切削エネルギーと圧縮強度の相間関係を図-6 に示す。これより, 本実験範囲における合計切削エネルギーに対する圧縮強度推定式は式(2)で与えられる。よって, 深さに対応した切削時

の合計切削エネルギーを式(2)に適用することにより, 深さ方向のコンクリートの圧縮強度を推定することができる。

$$f'_c = 0.3396 \times \Sigma E^{0.726} \quad (2)$$

ここに,  $f'_c$ : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²),  
 $\Sigma E$ : 合計エネルギー(J)

### 5.2 本試験機を用いたコンクリートの圧縮強度

圧縮強度 24.0N/mm² の供試体を切削した際の合計切削エネルギーを用いて圧縮強度推定式 (式(2)) により推定した 1.0mm 毎の圧縮強度分布を図-7 に示す。また, ①採取コアによる 50mm 毎の圧縮強度試験値 (表-2), ②50mm 毎に平均化した推定圧縮強度を併記した。1.0mm 切削毎のコンクリートの圧縮強度は増減が著しいが, 50mm 毎に平均した推定圧縮強度は, 採取コアによる圧縮強度値とよく近似している。よって, 50mm 毎に合計切削エネルギーを算出して圧縮強度を推定することで, 実験値との整合性を図ることができた。

## 6. まとめ

(1) 本実験装置を用いて, 切削時間, 作用荷重, 表面からの深さ方向の切削距離, 電流値が適切に収録できた。切削時の鉛直および回転エネルギーの合計切削エネルギーと採取コアの圧縮強度値より圧縮強度と合計エネルギーの相間式(式(2))を導くことができた。

(2) 合計切削エネルギーを推定式に適用することでコンクリート表面から深さ方向に圧縮強度を診断することが可能となった。今後のデータの蓄積により推定式の精度向上が図られると考える。

【参考文献】1) 特許第 6093951 号, コンクリート構造部材の深さ方向性状測定方法及び装置