

## テストハンマー硬さによるコンクリートの圧縮強度試験法に関する研究

九州産業大学工学部 学生会員 ○ 井上 洋一  
九州産業大学工学部 フェロー 豊福 俊泰  
九州産業大学工学部 正会員 亀井 頼隆

## 1. まえがき

本研究は、鋼材の硬さ試験に用いられているブリネル硬さ試験の原理を、テストハンマー試験に適用する方法を考案し、さらに精度が良い新しい非破壊検査法として、テストハンマー硬さによるコンクリートの圧縮強度試験法の検討を進めたものである<sup>1)</sup>。

## 2. 試験概要

「テストハンマー硬さによるコンクリートの圧縮強度試験法」は、テストハンマーによるコンクリート表面の打撃面積を測定するもので、このときテストハンマー硬さ  $H_T = P / [ \text{テストハンマーのプランジャーと供試体の接触面積 } S ]$  ( $\text{N/mm}^2$ ) と定める(図-1 参照)。接触面積  $S$  は、記録紙をコンクリート面に貼り測定する。

テストハンマー硬さは、反発度とともに各 24 点測定した。記録紙の画像は、図-2 に示すように、コンクリート表面の打撃部が黒く求められ(接触面積)、凹部は白抜きで現される。この画像から、最大径、楕円面積(外接矩形の長辺と短辺とから算出)、接触面積、空隙率〔(楕円面積-接触面積) / (楕円面積)〕を、高精度画像処理システムにより測定した。

供試体は、曲げ供試体(高さ  $15 \times 15 \times 53 \text{cm}$ )、柱部材(高さ  $60 \times 50 \times 20 \text{cm}$ )、床部材(高さ  $20 \times 50 \times 60 \text{cm}$ )とし、表-1 に示す 4 配合のレディーミクストコンクリートを用いて、養生条件: 5 日間湿潤 + 空気中・空気中の 2 種類、材齢: 7 日~1 年の 8 種類と変えて作製した。コア圧縮強度は、各 2 個採取して測定した。テストハンマーには、衝撃エネルギーが  $2.207 \text{Nm}$  を 3 機種(ハンマー①, ハンマー②, ハンマー⑦),  $0.74 \text{Nm}$  を 1 機種(ハンマー⑬)を使用した。

## 3. 試験結果と考察

## (1) テストハンマー硬さの測定法

記録紙の厚さ(紙厚)と反発度との関係は、図-3 に示すとおりである。紙厚の増加に伴い、反発度が増加する傾向が認められ、反発度が記録紙なしと同程度であること、打撃によって破損しないことから、紙厚を  $0.10 \text{mm}$  とした。

記録紙の画像は、コンクリートにおける図-4 に示す関係等から、水平方向の値で統一されるように、打撃方向に対する補正を行う。

## (2) 圧縮強度との関係

低強度用テストアンビルで打撃方向、打撃回数に関する補正後の反発度とコア圧縮強度との関係を、図-5 に示す。これに対し、記録紙の画像の場合、最大径・接触面積・空隙率・楕円面積が減少、反発度・ $(1/\text{楕円面積})$ が増加するほど、コア圧縮強度が増加する関係が認められ、楕円面積との相関性が良い(図-6、図-7 参照)。

これらの試験結果から、テストハンマー硬さ  $T_K = (1/\text{楕円面積})$  と定義し、 $T_K$  を反発度  $H_A$  と組合せ  $T_K \cdot H_A$  (反発度/楕円面積) と

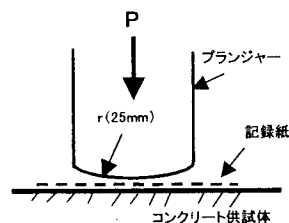


図-1 テストハンマー硬さ

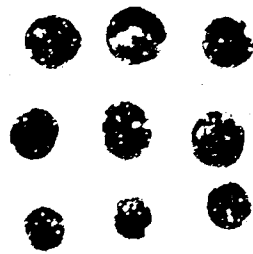
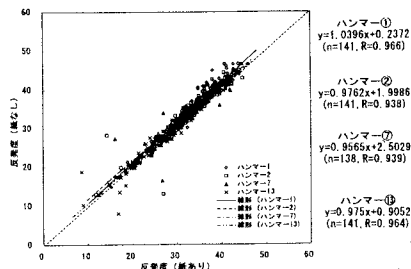
図-2 記録紙の画像（普通 20, 柱部材,  $f_{c28}=13.4 \text{ N/mm}^2$ ）

表-1 コンクリートの配合

| 種類<br>注) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | C<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | W<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | $f_{c28}$<br>( $\text{N/mm}^2$ ) |
|----------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 普通20     | 86         | 49.1       | 192                      | 165                      | 14.8                             |
| 普通30     | 54         | 45.5       | 302                      | 163                      | 41.2                             |
| 普通40     | 37         | 38.9       | 473                      | 175                      | 42.8                             |
| 普通50     | 31         | 37.8       | 532                      | 165                      | 53.2                             |

注) 呼び強度 20, 30, 40, 50 の普通コンクリート(粗骨材最大寸法  $20 \text{mm}$ , スランプ  $8 \pm 2.5 \text{cm}$ , 空気量  $4.5 \pm 1.5\%$ )

図-3 紙厚  $0.1 \text{mm}$  での反発度との関係

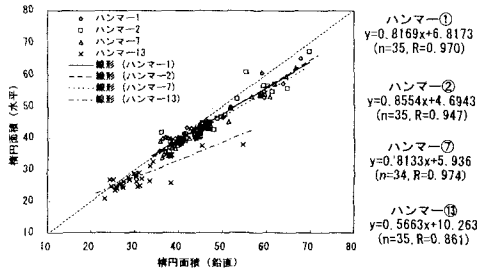


図-4 鉛直打撃と水平打撃との楕円面積の関係

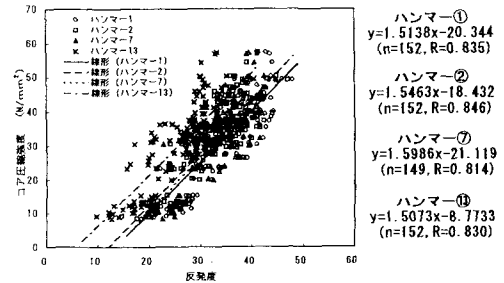


図-5 反発度とコア圧縮強度との関係

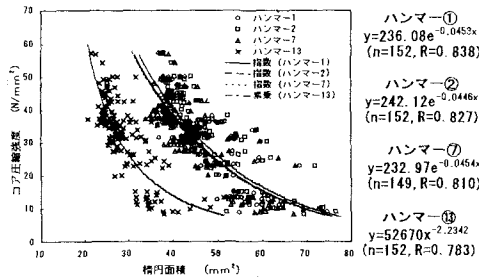


図-6 楕円面積とコア圧縮強度との関係

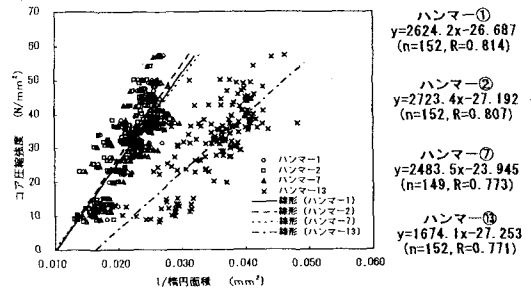


図-7 (1/楕円面積)とコア圧縮強度との関係

コア圧縮強度との関係を、図-8 に示す。さらに、 $T_K$ 、 $H_A$ とコア圧縮強度  $F_c$  (N/mm<sup>2</sup>) との関係を重回帰分析 (変数増減法、 $F_{in}=F_{out}=2.0$ ) で求めた結果、(1)～(3)式および図-9 が得られた ( $n$ : データ数、 $R$ : 重相関係数、 $e_s$ : 残差の標準偏差、式の下段の( )内は  $t$  値)。

$$[\text{ハンマー①}] F_c = -26.32 + 0.9553 H_A + 1131.98 T_K \quad (1)$$

$$(n=152, R=0.852, e_s=6.0\text{N/mm}^2)$$

$$[\text{ハンマー②}] F_c = -25.71 + 1.0511 H_A + 1079.13 T_K \quad (2)$$

$$(n=152, R=0.863, e_s=5.8\text{N/mm}^2)$$

$$[\text{ハンマー⑦}] F_c = -26.66 + 1.0917 H_A + 993.97 T_K \quad (3)$$

$$(n=149, R=0.832, e_s=6.3\text{N/mm}^2)$$

$$[\text{ハンマー⑩}] F_c = -18.07 + 1.1132 H_A + 564.71 T_K \quad (4)$$

$$(n=152, R=0.842, e_s=6.2\text{N/mm}^2)$$

いずれも  $H_A$ 、 $T_K$  の複合式で表され、 $H_A$  単独よりも相関性が良く、圧縮強度推定精度の向上が図れる。

#### 4. まとめ

テストハンマー硬さによるコンクリートの圧縮強度試験法は、テストハンマー試験による反発度と同時に測定され、構造物中のコンクリートの非破壊検査法として実用されることが検証された。

謝辞: 本研究は(社)九州建設弘済会「建設事業に関する研究開発」の助成を頂きました。深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 篠原則則・豊福俊泰・亀井頼隆: テストハンマー硬さによるコンクリートの圧縮強度試験に関する研究, 平成14年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. A-468～A-469, 2003年3月

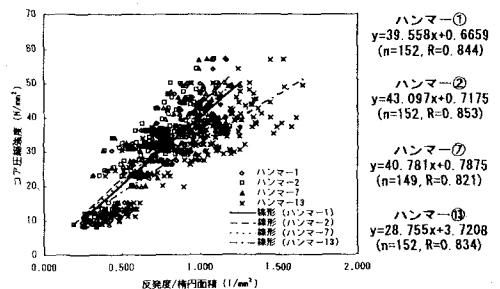


図-8 (反発度/楕円面積)とコア圧縮強度との関係

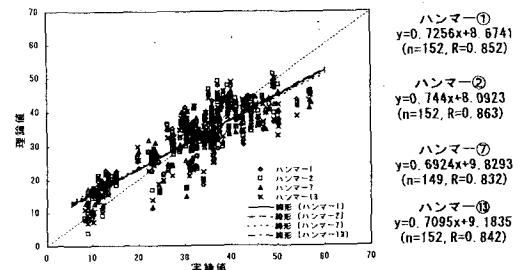


図-9 測定値と計算値との関係