

リバウンドハンマーによるコンクリートの圧縮強度試験方法の精度向上技術の検討

九州産業大学工学部 学生会員 ○彼杵 正親

九州産業大学工学部 フェロー会員 豊福 俊泰

1. まえがき

構造物中のコンクリートの圧縮強度検査方法としては、一般的に反発度法が用いられているが種々の誤差要因があり、特に測定装置の個体差による誤差を解消する技術の開発が課題となっている。そこで、本研究では、各種のリバウンドハンマーを使用し、この誤差を解消し再現性の向上を図る技術を検討したものである^{1) 2)}。

2. 試験方法

リバウンドハンマーは、標準の衝撃エネルギー2.207Nmである11機種を製造元に依頼して調整(図-1に示すハンマー①~⑪)し、テストアンビルおよびコンクリートの反発度試験を行った。テストアンビルは、基準値80のほか50、30の合計3種類を使用し、鉛直打撃、水平打撃の両方向で測定した。

コンクリートの供試体は、構造物を曲げ供試体(高さ15×15×53cm)、柱部材(高さ60×50×20cm)、床部材(高さ20×50×60cm)で代表し、表-1に示す10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、材齢を変化させた。試験箇所はそれぞれ2箇所とし、反発度をJIS A 1155に基づき供試体の表面で10点測定した。その後コアを採取し、コア圧縮強度と反発度とを平均値で対比した(試験温度は30~19℃)。

3. 各種のリバウンドハンマーの構造物での試験結果

11機種のリバウンドハンマーのテストアンビル基準値と水平打撃、鉛直打撃の反発度は、打撃回数の増加によって、図-2および図-3に示すように変動した(基準値80の場合、全打撃回数5,280~15,100回)。全体的に打撃回数の増加とともに反発度が減少する傾向が認められ、ハンマー②、⑥の場合、打撃回数6,000回を超えたあたりから反発度が急激に低下したため、バネの破断前に再調整を行った。

図-4および図-5は、材齢28日における鉛直反発度とテストアン

標準の 衝撃エネルギー 2.207Nm		衝撃エネルギー (標準との比率)	
ハンマー⑧	2.340Nm	(1.060)	
ハンマー⑦	2.274Nm	(1.018)	
ハンマー⑩	2.189Nm	(0.992)	
ハンマー⑤	2.161Nm	(0.979)	
ハンマー⑪	2.135Nm	(0.967)	
ハンマー①	2.110Nm	(0.956)	
ハンマー②	2.076Nm	(0.941)	
ハンマー④	2.015Nm	(0.913)	
ハンマー③	2.001Nm	(0.907)	
ハンマー⑨	1.934Nm	(0.876)	
ハンマー⑥	1.732Nm	(0.785)	

図-1 試験ハンマーの種類

表-1 試験供試体の種類

コンクリートの種類	水セメント比 (%)	材齢	供試体の種類	養生方法
普通15	86	1週	曲げ供試体	屋内 (空气中)
普通20	86	2週		屋内
普通22	63	4週		(湿潤養生5日)
普通30	52, 54	7週		屋内
普通40	37, 38	10週		(養生剤塗布)
普通45	38	1年	柱部材	屋内
普通50	31	2年	床部材	屋外
普通60	30	3年	円柱供試体	水中
		4年		

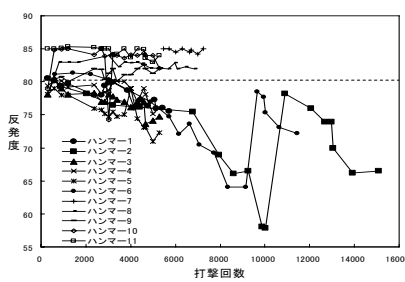


図-2 水平打撃の反発度の変化

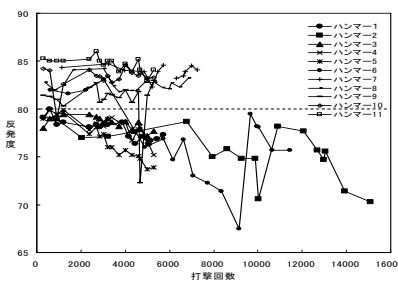


図-3 鉛直打撃の反発度の変化

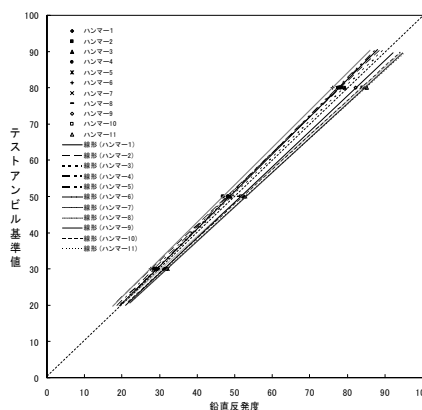


図-4 テストアンビルの鉛直反発度と基準値

$$\begin{aligned} \text{① } y &= 1.0283x - 0.1057 \\ R^2 &= 0.9996 \\ \text{② } y &= 0.9932x + 2.2838 \\ R^2 &= 0.9981 \\ \text{③ } y &= 1.0022x + 0.5856 \\ R^2 &= 0.9998 \\ \text{④ } y &= 1.0179x + 0.8417 \\ R^2 &= 1 \\ \text{⑤ } y &= 1.0371x - 0.2509 \\ R^2 &= 1 \\ \text{⑥ } y &= 1.0229x + 1.5168 \\ R^2 &= 1 \\ \text{⑦ } y &= 0.9514x - 0.4817 \\ R^2 &= 0.9999 \\ \text{⑧ } y &= 0.9365x + 1.4189 \\ R^2 &= 0.9994 \\ \text{⑨ } y &= 0.9779x - 0.5508 \\ R^2 &= 0.9998 \\ \text{⑩ } y &= 0.9515x + 0.2084 \\ R^2 &= 0.9996 \\ \text{⑪ } y &= 0.9365x + 0.3593 \\ R^2 &= 0.9999 \end{aligned}$$

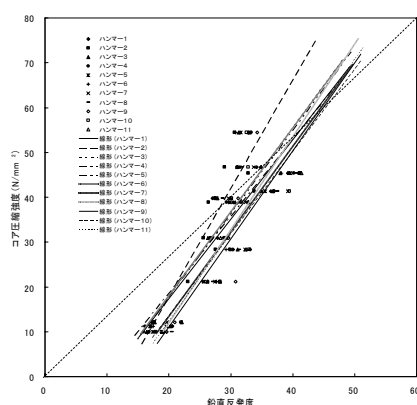


図-5 コンクリートの鉛直反発度とコア圧縮強度

$$\begin{aligned} \text{① } y &= 1.7715x - 18.077 \\ R^2 &= 0.7862 \\ \text{② } y &= 2.4098x - 30.312 \\ R^2 &= 0.8373 \\ \text{③ } y &= 1.8796x - 19.796 \\ R^2 &= 0.763 \\ \text{④ } y &= 1.7171x - 15.709 \\ R^2 &= 0.7739 \\ \text{⑤ } y &= 1.855x - 19.337 \\ R^2 &= 0.7697 \\ \text{⑥ } y &= 1.8529x - 18.704 \\ R^2 &= 0.7561 \\ \text{⑦ } y &= 1.8917x - 24.015 \\ R^2 &= 0.7604 \\ \text{⑧ } y &= 2.0545x - 28.829 \\ R^2 &= 0.7297 \\ \text{⑨ } y &= 1.9659x - 28.205 \\ R^2 &= 0.7708 \\ \text{⑩ } y &= 1.8348x - 23.259 \\ R^2 &= 0.6952 \\ \text{⑪ } y &= 1.9424x - 26.432 \\ R^2 &= 0.7583 \end{aligned}$$

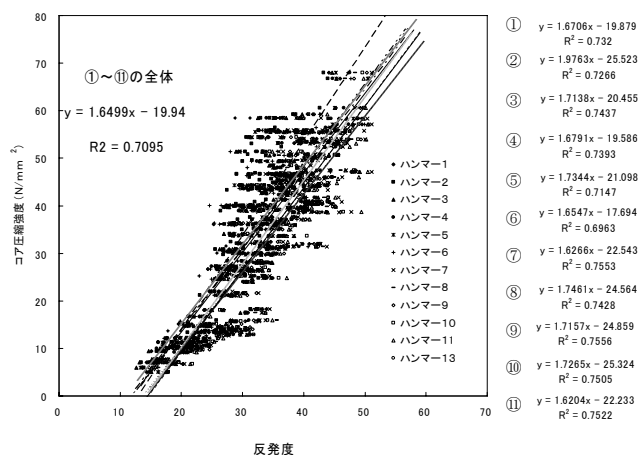


図-6 補正なしの反発度とコア圧縮強度

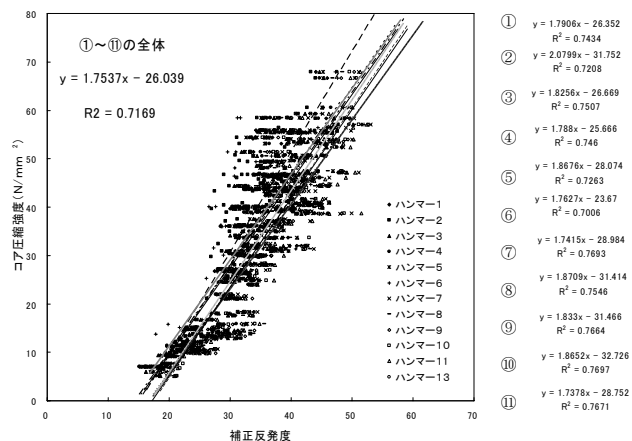
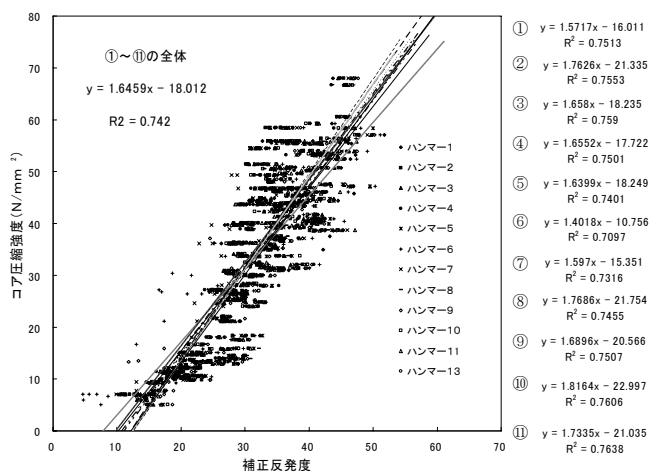
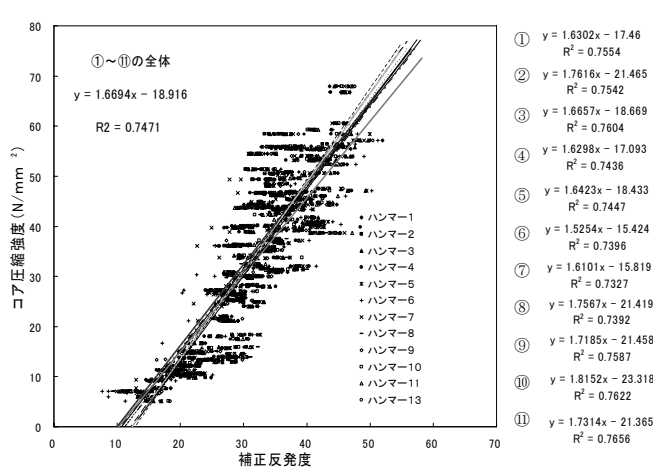


図-7 打撃方向補正表で補正した反発度の場合

図-8 基準値 80, 30 の $y=ax+b$ 式補正の反発度の場合図-9 基準値 80, 50, 30 の $y=ax+b$ 式補正の反発度の場合

ビル基準値, コア圧縮強度との関係で, 機種によって反発度の変動が認められ, 勾配が異なっている. 次に, 全試験結果から反発度とコア圧縮強度との関係を求めると, 高度の相関があるが機種によって勾配が異なっておりばらつきが大きく生じている(補正なしの場合, 図-6 参照). この変動の要因は, 既知のように測定装置の個体差(打撃角度, 打撃回数, 温度など)の他に, 測定条件, 材齢, 水分, 材料・配合条件などである.

これらのことから, 測定装置の個体差を解消する補正方法として, 測定日にコンクリートの打撃角度ごとにテストアンビル基準値 y と反発度 x との関係 $y = ax + b$ 式を求め(図-4 参照), コンクリート反発度の補正値を計算する方法を開発した^{1), 2)}. この補正方法は, 従来どおりの打撃方向補正表で補正した場合(図-7 参照)と比較すると, 基準値 80, 30 の反発度を $y = ax + b$ 式で補正した場合(図-8 参照), 基準値 80, 50, 30 の反発度を $y = ax + b$ 式で補正した場合(図-9 参照)のように, 後者の場合ほどハンマーごとの補正反発度とコア圧縮強度との関係は, 個体差が小さく推定精度が向上しており, これらの補正方法を採用する効果が示されている. 特に, 途中で再調整したハンマー②, ⑥の場合, この補正により著しく相関性が向上している.

4. まとめ

リバウンドハンマーは, 衝撃エネルギー, 打撃角度, 温度などの影響を受け反発度に変化するが, 基準値 80, 50, 30 (または, 80, 30) のテストアンビルで求めた $y = ax + b$ 式で補正することにより, 測定装置の個体差による誤差を解消し, コンクリートの圧縮強度推定の精度向上を図れることが検証された.

参考文献

- 1) 安里和晃・豊福俊泰・亀井頼隆: テストアンビルによるテストハンマーの検定方法に関する研究, 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-466~A-467, 2003 年 3 月
- 2) 高木透・豊福俊泰: リバウンドハンマーによる構造物中のコンクリートの圧縮強度検査法に関する研究, 平成 16 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 909~910, 2006 年 3 月