

エコーチップ硬さ試験機を用いたコンクリートの 強度推定方法に関する検討

(株)熊谷組 ○三谷和裕 (株)熊谷組 田中淳一
日大生産工(院) 野中 英 日大生産工 湯浅 昇

1 はじめに

エコーチップ硬さ試験機は、金属材料の非破壊試験として金属表面を打撃した際の打撃速度と反発速度を測定し、金属表面の硬さを求めるものである。試験の特徴は、打撃力が小さいため供試体への損傷が小さいこと、測定が簡便であるため短時間で多くの測定が行えること、被測定物の形状および寸法に制限されにくいことが挙げられる。本試験は、開発者の名を冠して「Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products」としてASTM A 956に規格化されており、測定する硬さ値の定義、試験方法および校正方法を定めている。

一方、コンクリートの非破壊試験においては、リバウンドハンマーによる反発度法が強度推定に広く用いられている。日本建築学会では、硬化コンクリートの表面を打撃し反発度を求め、あらかじめ求めておいた圧縮強度との関係から圧縮強度を推定する方法¹⁾を示している。

既往の研究²⁾では、寸法を $300 \times 300 \times 150\text{mm}$ とした供試体(以下、 $300 \times 300 \times 150\text{mm}$ 壁模擬供試体と表記)または寸法を $\phi 100 \times 200\text{mm}$ とした供試体(以下、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱供試体と表記)で測定した反発度と $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱供試体から求めた圧縮強度から、両者の関係を求める方法を提案しており、その中で円柱供試体の曲率が、反発度に与える影響を平面で構成される壁模擬供試体と比較することで検討を行っている。

エコーチップ硬さ試験機により求める「硬さ値」(以下、エコーチップ硬さ値と略記)は、リバウンドハンマーにより求める「反発度」と同様に表面を打撃した時のはね返り度合いを指標化したものであるから、前述した手法により、コンクリートの圧縮強度を推定することが可能であると考えられる。

本研究では、反発度によるコンクリートの圧縮強度推定方法に関する文献¹⁾、既往の研究²⁾

と同様の方法により、エコーチップ硬さ値を求め、エコーチップ硬さ値によるコンクリートの圧縮強度推定方法に関して検討を行った。

今回行った検討は、封かん養生を行った供試体に対して、①エコーチップ硬さ値および反発度の経時変化、②エコーチップ硬さ値および反発度と圧縮強度の関係、③エコーチップ硬さ値および反発度に及ぼす測定面における曲率の影響と強度推定、である。

2 使用した試験機および実験概要

2. 1 エコーチップ硬さ試験機

ASTM A 956「Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products」に示されているエコーチップ硬さ試験機概念図を図1(左)に、インパクトボディの先端の拡大図を図1(右)に示す。エコーチップ硬さ試験機は、測定の対象を金属とし、力の一定なバネを利用してタングステンカーバイド製の $\phi 3\text{mm}$ のテストチップを取り付けたインパクト

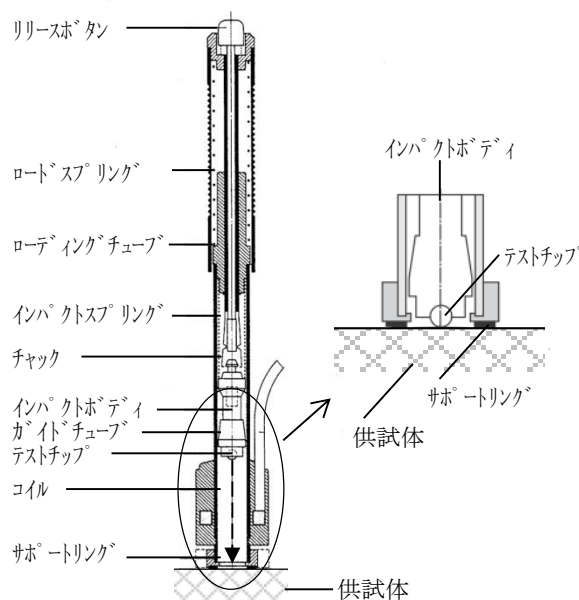


図1 エコーチップ硬さ試験機概念図

A study on the method for estimating
compressive strength of concrete using Equotip hardness tester

Kazuhiro MITANI, Junichi TANAKA, Akira NONAKA and Noboru YUASA

ボディを所定の速度で供試体表面に衝突させた時のインパクトボディの打撃速度および反発速度を測定し、エコーチップ硬さ値を算出する装置である。

エコーチップ硬さ試験機による打撃の衝突エネルギーは11.5Nmmであり、NR型リバウンドハンマーの2100～2300Nmmと比較して約1/200であり、供試体の損傷はリバウンドハンマーより小さく抑えられる。

エコーチップ硬さ値は、式(1)で定義される。

$$HL = V/V_0 \times 1000 \quad \dots (1)$$

ここに、

HL : エコーチップ硬さ値

V : インパクトボディの反発速度

V₀ : インパクトボディの打撃速度

2. 2 供試体の作製

(1) コンクリートの使用材料および調合

使用材料は、表2に示す通りとした。コンクリートの調合は、表3に示す水セメント比80、60、40%の3種類とした。スランプの目標値は、18±2.5cm、空気量の目標値は、4.5±1.5%とした。圧縮強度の強度発現は、図2に示す通りであった。スランプおよび空気量を表3に併記する。

(2) 供試体の寸法および試験面

300×300×150mm壁模倣供試体の概要図を図3に示す。エコーチップ硬さ値および反発度の測定は、300×300×150mm壁模倣供試体およびφ100×200mm円柱供試体で行った。試験面は、300×300×150mm壁模倣供試体では300×300mm面の2面、φ100×200mm円柱供試体では円周面とした。φ100×200mm円柱供試体は、圧縮強度試験にも使用した。

試験範囲は、文献²⁾に記載されている端部からの離隔距離30～60mmを参考とし、300×300×150mm壁模倣供試体では外周部から37.5mm以上内側とした。

(3) 養生

供試体は、温度20℃の恒温室内で封かん養生を行い、所定の試験材齢において脱型した。

2. 3 試験方法

(1) エコーチップ硬さ値および反

発度の測定

エコーチップ硬さ値および反発度の測定は、JIS A 1155:2003「コンクリートの反発度の測定方法」に準じて材齢1、3、7、28日において脱型直後に行った。供試体は、文献²⁾に記載されている拘束圧力

25kgf/cm²(2.5N/mm²)以上を参考とし、300×300×150mm壁模倣供試体では120kN、φ100×200mm円柱供試体では20kNの軸力を加えて固定した。

測定点は、300×300×150mm壁模倣供試体では片面で8点とし、両面で計16点、φ100×200mm円柱供試体では8点とした。測定点の相互の間隔は水平方向で30mm以上、鉛直方向で25mm以上とした。

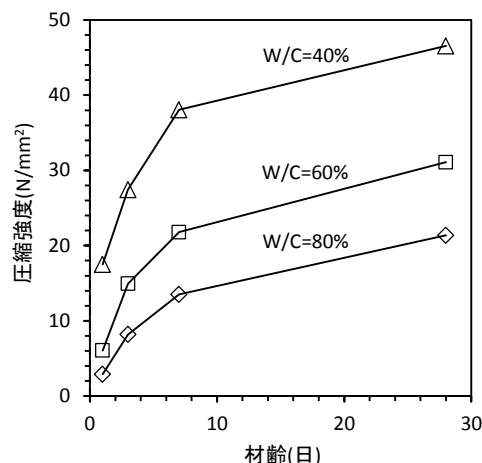


図2 圧縮強度の強度発現

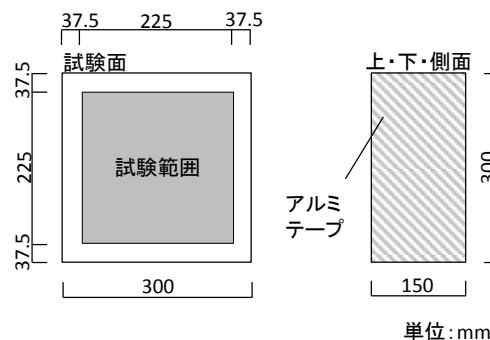


図3 300×300×150mm 壁模倣供試体の概要図

表2 使用材料

使用材料	使用材料の種類および品質
セメント	研究用セメント(密度 3.16g/cm ³)
水	習志野市上水道水(密度 1.00g/cm ³)
細骨材	大井川産川砂(密度 2.62g/cm ³)
粗骨材	大井川産川砂利(密度 2.66g/cm ³)
混和剤	P 社製 AE 減水剤
	P 社製 AE 助剤

表3 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤(g/m ³)		スランプ (cm)	空気量 (%)
		水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 減水剤	AE 助剤*		
80	47.3	185	231	878	962	578	631	19.5	4.8
60	46.3	185	308	820	973	771	924	19.5	5.0
40	47.5	185	463	672	977	1852	694	16.5	4.1

*100 倍希釈

(2) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、材齢1、3、7、28日においてφ100×200mm円柱供試体を用いて、エコーチップ硬さ値および反発度の測定後、JIS A 1108：2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行った。

3 実験結果および考察

3.1 エコーチップ硬さ値および反発度の経時変化

エコーチップ硬さ値および反発度の経時変化を図4に示す。エコーチップ硬さ値は、反発度と同様にいずれの水セメント比においても、材齢の経過とともに大きくなった。また、材齢7日までは水セメント比が小さいほど大きく増加し、それ以降はいずれの水セメント比においても緩やかに増加した。

300×300×150mm壁模擬供試体に対するφ100×200mm円柱供試体の測定値を比較すると、エコーチップ硬さ値は、水セメント比80、40%においてほぼ同等であったが、水セメント比60%において材齢28日において若干小さくなった。一方、反発度は水セメント比60%においてほぼ同等であったが、水セメント比80、40%において全般的に小さくなった。

3.2 エコーチップ硬さ値および反発度と圧縮強度の関係

エコーチップ硬さ値および反発度と圧縮強度の関係を図5に示す。300×300×150mm壁模擬供試体を打撃したときの測定値に対するφ100×200mm円柱供試体による圧縮強度は「圧縮強度=0.15×エコーチップ硬さ値-17.91（決定係数 R^2 :0.97）」、「圧縮強度=1.45×反発度-15.73（決定係数 R^2 :0.96）」の一次式でそれぞれ表現でき、両者は同程度に高い精度で強度推定式を作ることができる。

また、図5のようにエコーチップ硬さ値と反発度の軸の長さを目盛り間隔をそろえた上で、両強度推定式を見比べればわかるように、圧縮強度の変化に対する300×300×150mm壁模擬供試体のエコーチップの変化率は、反発度の変化率と概ね同等となった。

図5ではφ100×200mm円柱供試体のエコーチップ硬さ値および反発度もあわせて示した。φ100×200mm円柱供試体のエコーチップ硬さ値は、300×300×150mm壁模擬供

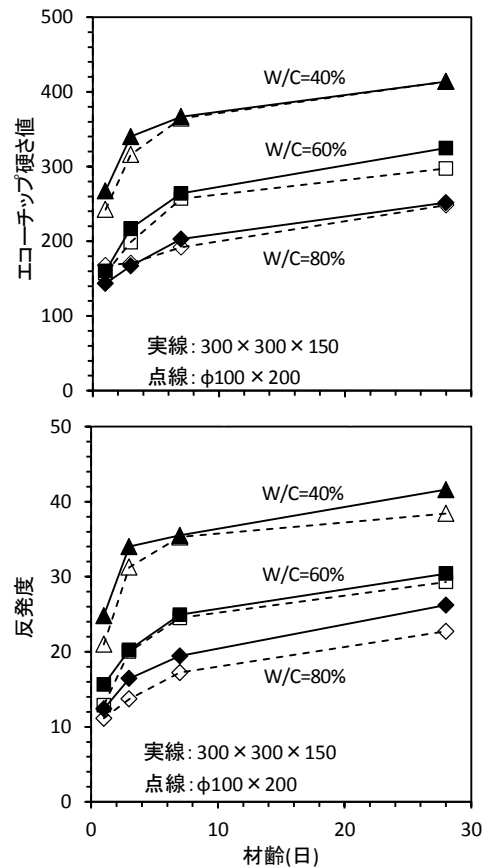


図4 エコーチップ硬さ値および反発度の経時変化

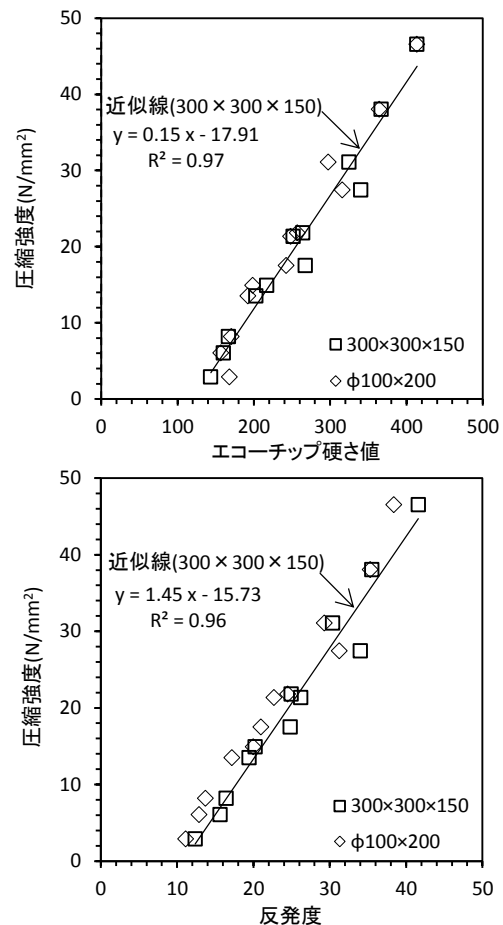


図5 エコーチップ硬さ値および反発度と圧縮強度の関係

試体と比較すると、同等若しくは小さくなる傾向となったことから、既往の研究²⁾で提案されているようにφ100×200mm 円柱供試体のエコーチップ硬さ値を用いて強度推定を行う際には補正を行う必要があると考えられる。

本実験の範囲内では、エコーチップ硬さ値によるコンクリートの圧縮強度の推定は、反発度の場合と同様に行うことが可能と考えられる。

3. 3 エコーチップ硬さ値および反発度に基づく測定面における曲率の影響と強度推定

300×300×150mm 壁模擬供試体で得られた値とφ100×200mm 円柱供試体で得られた値との対応を図6に示す。エコーチップ硬さ値は、反発度と同様にφ100×200mm 円柱供試体が300×300×150mm 壁模擬供試体で測定した値より小さくなった。

φ100×200mm 円柱供試体で得られた値に対する300×300×150mm 壁模擬供試体で得られた値の比は、エコーチップ硬さ値で1.03、反発度で1.08となり、試験面の曲率の相違による差は、エコーチップ硬さ値のほうが5%小さくなった。

これは、φ100×200mm 円柱供試体の測定において、エコーチップ硬さ試験機のテストチップの径(3mm)は、リバウンドハンマーのインパクトプランジャー先端の径(25mm)と比較して小さく、打撃時に試験面に接触する面積が小さいため、エコーチップ硬さ値のほうが曲率の影響を受けにくいと考えられる。

4 まとめ

エコーチップ硬さ値によるコンクリートの強度推定方法に関して、既往の研究を参考に反発度との比較により検討を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) エコーチップ硬さ値は、反発度と同様に圧縮強度と直線関係であった。
- (2) エコーチップ硬さ値は反発度に比べて300×300×150mm壁模擬供試体に対するφ100×200mm円柱供試体での値の低下が少ない。
- (3) 圧縮強度の変化に対する300×300×150mm壁模擬供試体のエコーチップ硬さ値の変化率は、反発度の変化率と概ね同等となった。

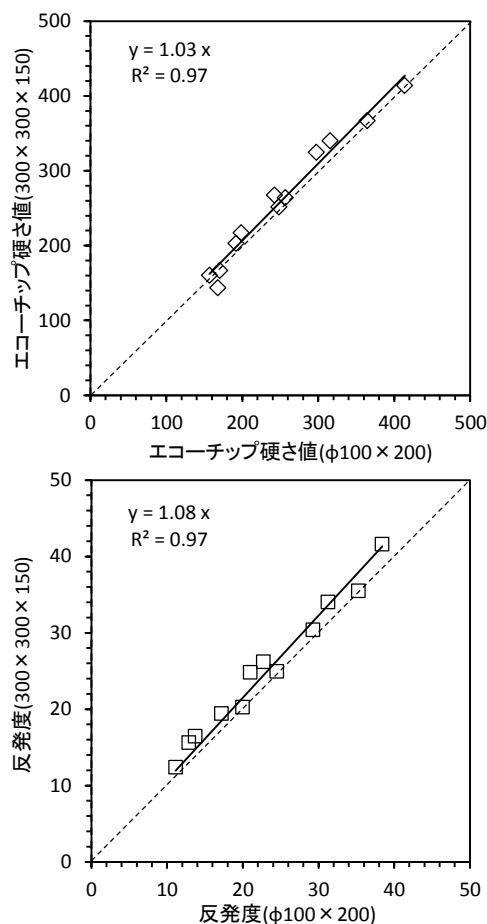


図6 エコーチップ硬さ値および反発度の曲率による相違

- (4) エコーチップ硬さ値によるコンクリートの圧縮強度の推定は、反発度の場合と同様に行える。
- (5) エコーチップ硬さ値は、反発度と同様に曲率がある場合では、曲率が無い場合と比較して小さく測定される。
- (6) 試験面の曲率の相違による差はエコーチップ硬さ値が反発度に比べて小さい。

「参考文献」

- 1) 日本建築学会：コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル、p.10～28、丸善、1983.2
- 2) 湯浅昇：リバウンドハンマーによる強度推定に関する話題提供－各種リバウンドハンマーの相互比較、リバウンドハンマーの反発度と圧縮強度との関係を求める方法の提案－、コンクリート工学、Vol.48、No.12、pp.23～30、日本コンクリート工学会、2010.12