

エコーチップ硬さ試験による構造物中のコンクリートの品質検査法に関する研究

九州産業大学工学部 学生会員 ○ 重松 岳史
九州産業大学工学部 正会員 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

構造物中のコンクリートの品質検査法としては、従来からテストハンマー法が用いられているが、ばらつきが大きく高精度の試験法の開発が課題となっている。そこで、本研究は、鋼製品の硬さ試験に使用されているエコーチップ硬さ試験機を用い、コンクリートの圧縮強度の検査法への適用性を検討したものである¹⁾。

2. 試験概要

本試験では、表-1に示すように、検査対象の構造物を円柱供試体（高さ20×φ10cm）、曲げ供試体（高さ15×15×53cm, 15×15×60cm）柱部材（高さ60×20×40cm, 60×20×50cm, 120×20×50cm）、床部材（高さ20×60×40cm, 20×60×45cm, 20×60×50cm, 20×20×60cm）で代表させるものとし、7種類のレディーミクストコンクリートを購入して打ち込み、養生条件を変化させた。

圧縮強度の非破壊検査法としては、テストハンマー法（α-800）とエコーチップ反発硬度試験法（ASTM規格A956-96, エコーチップ法と呼ぶ）とで試験を行った。エコーチップ反発硬度試験機は、直径3mmまたは5mmのタングステン・カーバイドチップまたはダイヤモンドを先端にもつインパクトボディーの、打撃速度に対する反発速度の比率に1000をかけた値（ECO=反発速度/打撃速度×1000）、すなわちエコーチップ硬さ値（エコーチップ値と呼ぶ）を測定するものであり、Gタイプインパクト装置を使用した。

測定結果は、圧縮強度試験データとこれを推定する試験データとの関係を、重回帰分析（直線式、変数増減法、FIN=FOUR=2.0）で解析した。この場合、コアの圧縮強度 F_{ck} (N/mm²) を目的変数として、次に示す7項目を説明変数として採用した。

エコーチップ値ECOまたはテストハンマーの反発度HAN、養生条件Y0（1：空气中、2：養生剤塗布65、3：養生剤塗布130、4：湿潤、5：水中）、材齢ZA（3～365日）、供試体の種類DAS（1：曲げ供試体・床部材、2：柱部材・円柱供試体）、測定場所S0（1：上面、2：側面上部、3：側面中部、4：側面下部、5：下面）、打撃方向HOU（1：水平、2：垂直）

3. 試験結果と考察

(1) 打撃方向

エコーチップ法とテストハンマー法をそれぞれ、鉛直方向のエコーチップ値、反発度と水平方向のエコーチップ値、反発度との関係を求めると、図-1、図-2に示すとおりである。鉛直方向の値は、水平方向に補正した値を求めた。

(2) コアの圧縮強度との関係

エコーチップ値、反発度とコアの圧縮強度の関係（材齢3～365日）を、

表-1 実験計画

コンクリートの種類	材齢	供試体の種類	養生方法	圧縮強度
普通15	3日	円柱供試体	水中	円柱供試体
普通20	7日	円柱供試体	空气中	
普通30	8日	曲げ供試体	養生剤塗布65	
普通45	14日	曲げ供試体	養生剤塗布130	
普通60	28日	柱部材	湿潤養生1日	コア
普通60	40日	柱部材	湿潤養生5日	
普通60	48日	柱部材	湿潤養生5日	
普通60	49日	柱部材	湿潤養生5日	
普通60	56日	床部材	湿潤養生5日	コア
モルタル-30	365日	床部材	湿潤養生5日	

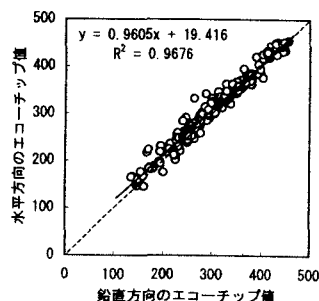


図-1 鉛直方向と水平方向の測定値の関係（エコーチップ）

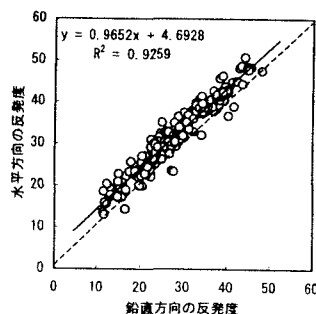


図-2 鉛直方向と水平方向の測定値の関係（テストハンマー）

部材別に求め
それぞれ図-3、
図-4に示す。エ
コーチップ値
は、圧縮強度と
の相関係数
0.789
～0.988であり、
柱部材では下
部の養生剤塗
布（塗布量130
g/m²）の相関係
数が、曲げ部材
では湿潤養生
が、床部材では
養生剤塗布（塗

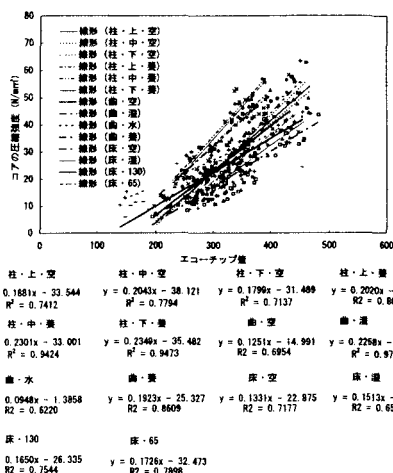


図-3 エコーチップ値とコアの圧縮強度

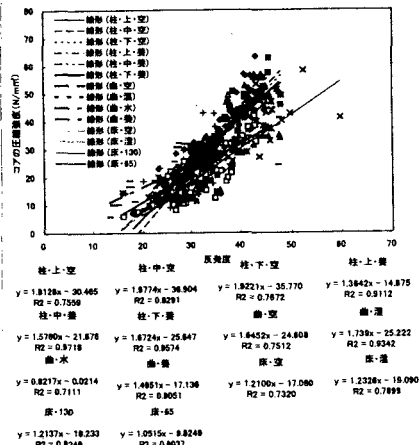


図-4 反発度とコアの圧縮強度

布量65 g/m²）が良い相関性を示している。その中で曲げ部材の湿潤養生が最も良い相関性を示し、相関係数R=0.988（有意水準1%で有意）である。

また、反発度は、圧縮強度との相関係数0.843～0.986であり、柱部材では中部の養生剤塗布の相関係数が、曲げ部材では養生剤塗布が、床部材では養生剤塗布130が良い相関性を示している。その中で柱部材中部の養生剤塗布が最も良い相関性を示し、相関係数R=0.986（有意水準1%で有意）である。

このように、エコーチップ値は、養生条件や部材の種類の影響を受け、反発度の場合と同様に、関係式が一定とはならないことが示されている。

(3) コンクリートの圧縮強度の推定

コアの圧縮強度F_{ck}とエコーチップ値ECOとの関係は、重回帰分析によって(1)式および図-5が得られた（下段の（ ）内はT値，データ数n=923，重相関係数R=0.817，残差eの標準偏差e_s=7.45 N/mm²）。

$$F_{ck} = -31.671 + 0.149608ECO + 2.879Y0 + 1.724S0 + 2.664DAS - 0.013274ZA - 1.594HOU \quad (1)$$

(-12.2) (39.8) (14.4) (5.8) (3.6) (-5.0) (-2.1)

相関性が強いのは、エコーチップ値ECOであり、次に養生条件Y0，測定場所S0，供試体の種類DAS，材齢ZA，打撃方向HOUとなっている。

また、同様に圧縮強度とテストハンマーの反発度HANとの関係は、(2)式および図-6に示すとおりである（n=930，R=0.853，e_s=6.71 N/mm²）。

$$F_{ck} = -17.948 + 1.391641HAN + 2.037S0 + 0.751Y0 - 0.011006ZA - 2.594HOU - 2.091DAS \quad (2)$$

(-8.2) (46.5) (7.6) (4.3) (-4.7) (-3.8) (-3.0)

すなわち、エコーチップ法は、コンクリートの圧縮強度の推定法として、テストハンマー法と同等の精度であることが判明した。

4. まとめ

構造物中のコンクリートの圧縮強度の非破壊検査法として、エコーチップ法による新しい試験法は、テストハンマー法と同等の精度で、コンクリートの圧縮強度が推定される。

参考文献

- 1) 豊福俊泰，佐藤武夫：エコーチップ硬さ試験による構造物中のコンクリートの品質検査法に関する研究，平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.576～577，2001年3月

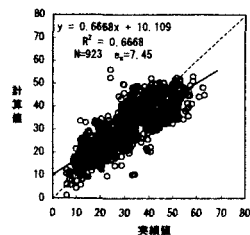


図-5 (1)式の精度

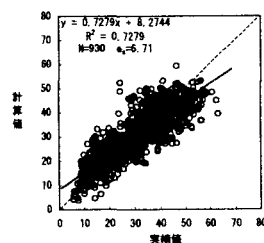


図-6 (2)式の精度