

コンクリートの機械インピーダンスと弾性係数の測定

東海大学工学研究科 学生員 ○久保 元樹
東海大学土木工学科 正会員 極檀 邦夫
アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭
日東建設(株) 正会員 久保 元

1. まえがき

現在コンクリート強度の非破壊的推定方法として、シュミットハンマー法が普及している。コンクリートのような不均質材料の場合、反発度は骨材の有無、乾湿の状況、材令などによって異なるため、強度指標とするには多くの問題が残されている。インパルスハンマーの打撃応答波形を前半と後半に分け、後半の波形から機械インピーダンスを計算した。加速度計から求めた弾性波速度、弾性係数、鋼球接触時間と機械インピーダンスの相関関係、セメントの種類の影響を調べた。供試体は、直径 150mm 高さ 300mm の円柱供試体を用いた。

2. 供試体と測定方法

供試体は、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、早強セメントの 3 種類で設計強度を 15MPa から 36MPa まで、3MPa ごとに 8 段階変化させた円柱供試体をセメント別で 3 本ずつ作成し、計 72 本を測定した。いずれもスランプ 80mm、最大骨材寸法 25mm、寸法は直径 150mm、高さ 300mm である。測定は円柱供試体を防振ゴムに乗せ、円柱の中心点を通る 15mm メッシュを記し、その交点をハンマー質量 135g に加速度計 PCB 350B03 を取り付けた自作インパルスハンマーを高さ 15cm から自由落下させ打撃強さを一定にコントロールした。

縦弾性波速度と横弾性波速度は、3 軸加速度計 PCB U356A11 を打撃面に押し付け、約 4cm 離れた対称点を直径 15mm の鋼球で軽打し、2 つの速度を同時に測定した。測定装置は、2ch 同時測定、サンプリングクロック 1μs、サンプリングデータ数 8000 である。シュミットハンマーは自動記録式 α-750・RX を用いた。

3. 測定結果および考察

3.1 機械インピーダンスと弾性波速度

キーワード 機械インピーダンス,弾性係数,インパルスハンマー
連絡先 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科
TEL 0463-50-2054 E-mail : gokudan@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

図-1 に機械インピーダンスと弾性波速度の関係を示す。機械インピーダンスはコンクリートを打撃した

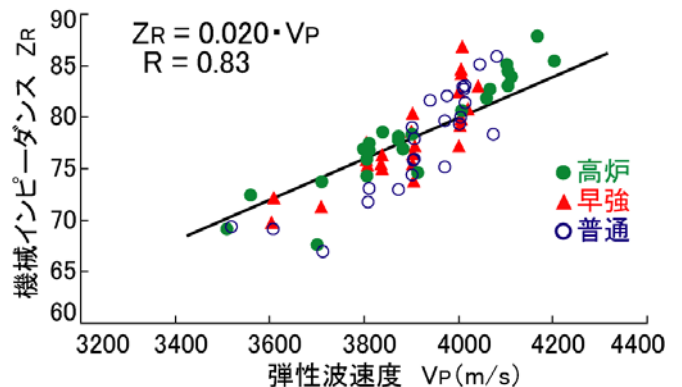


図-1：機械インピーダンスと弾性波速度

ときのひずみが高さ方向に一樣に生じると仮定して求めている。しかし実際の現象では、ひずみは一樣に生じるのではなく、表面近傍に生じていると考えられる。したがって機械インピーダンスはコンクリートの表面近傍の物性を反映した指標である。これに対し、弾性波速度は円柱供試体内部を往復する多重反射振動から計算しており、供試体全体の平均的な物性を示すものと考えられる。機械インピーダンスと弾性波速度は相関係数 0.83 と良好な関係が得られた。セメント別に見てもほぼ均等に分布しており、セメント種類による影響は見られなかった。

3.2 反発値と弾性波速度

シュミットハンマー反発値 R と弾性波速度の関係を図-2 に示す。早強セメントは円形に分布するので相関関係は良くないが、普通セメントと高炉セメントはやや良好である。シュミットハンマーは、コンクリート表面に打撃用の重錘を一定速度で衝突させ、その反発率から強度を推定する方法であるが、コンクリート内部全体の強度を反映するものではなく、表層数 cm の強度を反映するといわれている。すなわち、表面のレイタンス、気泡、骨材などの影響を受ける。切片 0 を通る回帰式の相関係数は、0.65 となり、表面の影響が

軽減される機械インピーダンスと弾性波速度の相関関係より劣っている。

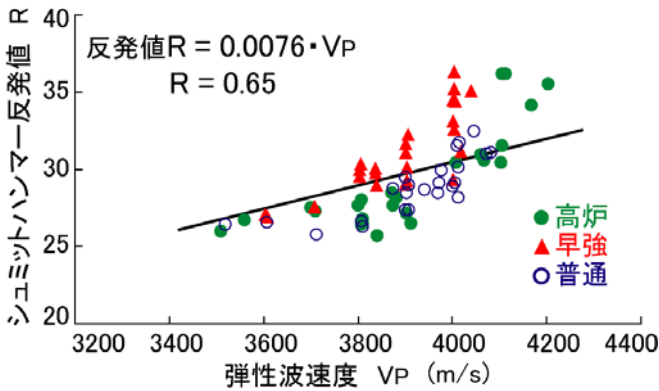


図-2: 反発値 R と弾性波速度

3.3 機械インピーダンスと鋼球接触時間

機械インピーダンスと鋼球接触時間の関係を図-3に示す。鋼球接触時間 T_c は、接触面となるコンクリート表面が硬ければ短くなり、軟らかければ長くなる。ヘルツの衝突理論によると鋼球接触時間は、コンクリート表面の弾性係数、密度、ポアソン比および打撃力により決定する。機械インピーダンスも同じく、コンクリート表面の弾性係数、密度、ポアソン比および打撃力により決定する。両者共にコンクリート表面の物性を反映する指標となる。実験の結果、鋼球接触時間が長くなると機械インピーダンスが低下(強度低下)す

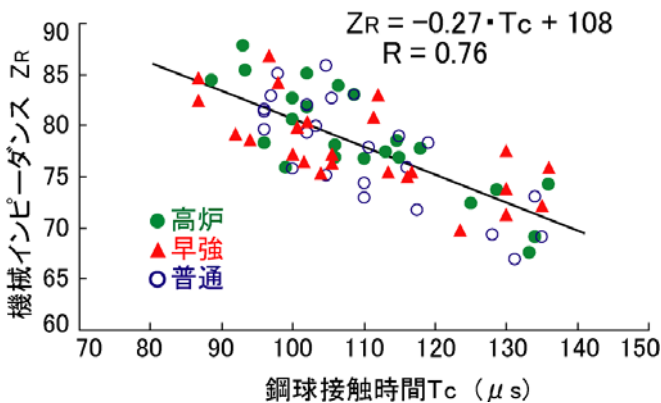


図-3: 機械インピーダンスと鋼球接触時間

る傾向が見られた。しかし相関係数は0.76とやや小さい値となった。この原因として、機械インピーダンスはコンクリートがハンマーを押し戻す時間に着目して求めているのでレイタンスなどの軟弱層の影響が小さいのに対し、鋼球接触時間はこの軟弱層の影響を受けるためと考えられる。

3.4 機械インピーダンスと弾性係数

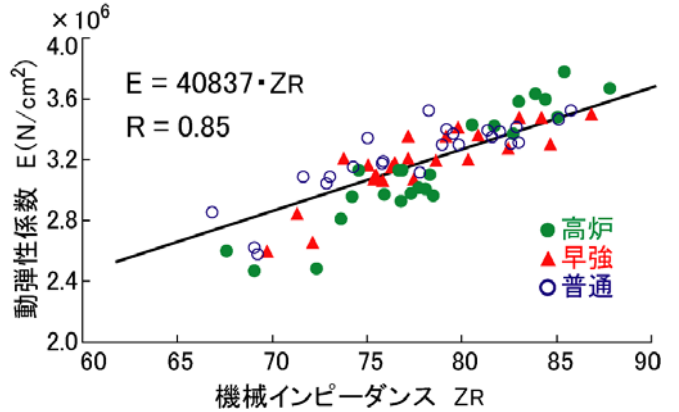


図-4: 動弾性係数と機械インピーダンス

図-4に動弾性係数と機械インピーダンスの関係を示す。円柱供試体を伝わる縦波と横波の伝搬速度と動弾性係数とは次式の関係があり、密度と弾性波速度がわかれば算出することができる。

$$E_d = \frac{\rho(3V_p^2 - 4V_s^2)V_s^2}{(V_p^2 - V_s^2)}$$

セメントの種類が異なっても、相関係数は0.85と機械インピーダンスと弾性波速度の相関関係より良好である。

一般にアルカリ・シリカ反応によって損傷を受けたコンクリートでは、圧縮強度の低下は比較的小さいが変形はかなり大きくなるという報告がある。弾性波速度、機械インピーダンスから弾性係数を推定できると、現地構造物を診断するとき、圧縮強度だけではなく変形も加味して検討できると考えられる。

4. まとめ

今回実施した実験をまとめると次のとおりである。

1. 機械インピーダンスと弾性波速度の相関関係は、シュミットハンマー反発値より良好な相関関係があり、セメントの種類による影響は見られなかった。
2. 鋼球接触時間は、機械インピーダンスよりも厚い表層の物性を把握することができる。
3. 動弾性係数と機械インピーダンスには良好な相関関係があるので、機械インピーダンスから動弾性係数を推定できると考えられる。

参考文献

- 1) 久保元樹他, 打撃応答波形によるコンクリート強度の推定, 土木学会, 第58回年次学術講演会講演概要集, 2003. 9.