

機械インピーダンスによるRC擁壁の健全性検査

東海大学 大学院工学研究科 学生員 久保 元樹
 東海大学 工学部土木工学科 正会員 極 檀 邦夫
 JR 東日本 横浜土木技術センター 正会員 三上 正憲
 JR 東日本 八王子土木技術センター 正会員 四宮 卓夫

1. まえがき

鉄道構造物の管理体制は、2年に1回の周期で全構造物を定期的に点検し、重要な変化に対しては、診断のために詳細な検査を実施する。しかし、構造物の変状の様相は、構造物の種類や立地条件の相違などにより多種多様であり、形に現れた変状と原因の因果関係を解明することは容易ではない。

診断の目的は、変状原因の推定と健全度の評価であり、健全性検査の基本は構造物の正確な実態把握である。

今回、打音検査で用いている点検ハンマーとほぼ等しい質量である98グラムのインパルスハンマーによって求めた機械インピーダンスを解析することによって、剥離や表面劣化の判定がどの程度可能であるかを実験したので報告する。測定対象は、建設後36年経過した実構造物の逆T型RC擁壁である。

2. RC擁壁と測定方法

写真1にRC擁壁と測定風景を示す。測定は、写真に示すように100mm間隔、縦11分割点、横22分割点の交点をインパルスハンマーで打撃し、その打撃力波形を測定後、アクティブ側およびリアクティブ側の機械インピーダンスを算出した。写真の×印は、打音によって剥離等の欠陥の可能性が指摘された点である。

使用したインパルスハンマーは、質量98gのDY-TRAN製である。打撃力の測定には、2ch仕様、サンプリング速度1μs、サンプリング数8,000/chの測定器を使用した。

3. 測定結果および解析

3-1. 応答波形と機械インピーダンス

図-1に示すように、インパルスハンマーでコンクリートを叩くと、前半は、ハンマーがコンクリート表面を押す「アクティブ」となり、後半は、コンクリートがハンマーを押し戻す「リアクティブ」によって構成される。

図の縦軸は、加速度にハンマーの質量を乗じて力に



写真1 測定風景

換算したもので、横軸は時間である。機械インピーダンスは、波形のピーク前半を「アクティブ Z_A 」、ピーク後半を「リアクティブ Z_R 」として、 Z_R は式-1で計算した。式の分母の速度は、加速度波形を数値積分して求めた。

$$Z_R = \frac{F_{max}}{\int_T^{\infty} a(t)dt} \quad (1)$$

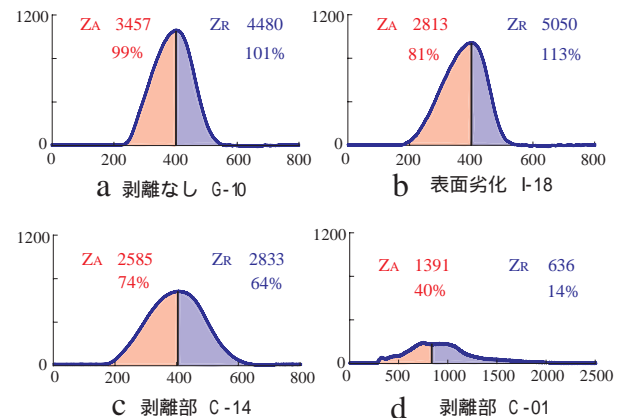


図-1 応答波形と機械インピーダンス

aのように、アクティブとリアクティブとがほぼ左右対称で、半波正弦波に近似している場合は、剥離がない健全な部分の波形である。bのように、波形ピークの前半が長くなるのは、表面が劣化していると塑性変形しながらハンマーがコンクリートを圧縮するためと推量される。

キーワード コンクリート, 健全性, 剥離, インパルスハンマー, 機械インピーダンス

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 Email: gokudan@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

c, d は剥離部の波形である。c は目視では分からない部分の波形であるが, a と同様に左右対称で半波正弦波に近似している。しかし, 始点終点の時間差, すなわち, 接触時間が a よりも長くなっている。これは, 剥離部分がたわみ変形しているためだと思われる。

d は, 顕著な剥離が表面に現れている部分の波形であるが, 接触時間が約 1.8msec と非常に長く, F_{max} もきわめて小さい。重症である剥離部分には亀裂などもあるので, 非弾性体としての挙動成分を多く含むためだと思われる。以上のことから, 剥離部の機械インピーダンスはアクティブ側, リアクティブ側ともに低下することがわかる。

3-2. アクティブ機械インピーダンス Z_A

Z_A 指標値は, アクティブ側に着目した指標値である。剥離がない部分の機械インピーダンス Z_A の平均値から標準偏差を差し引いて, 小さい値を指標値の目安とした。この値は, コンクリート表面が劣化している場合に小さな値となることから, 表面劣化指標として位置付けることができる。図 - 2 に分析結果を示す。暖色ほどインピーダンスが小さい。左上及び右上部に劣化 (X 印) と認められる部分がある。しかし, 剥離がある場合でも Z_A は低下するため, 一概に表面劣化と判定することはできない。

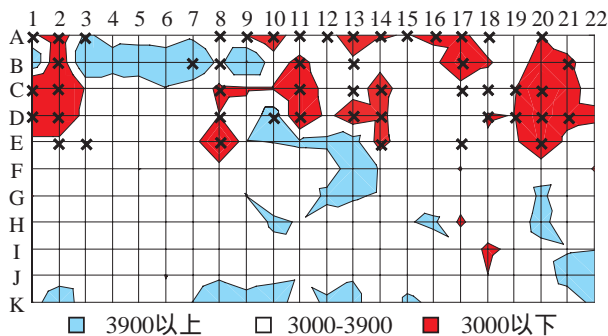


図 - 2 アクティブ 機械インピーダンス Z_A

3-3. リアクティブ機械インピーダンス Z_R

Z_R は, リアクティブ側に着目したインピーダンス指標値であり, これによってコンクリートの強度が推定される。 Z_R の指標値は, 平均値から標準偏差を差し引いて, 小さい値 (強度が低下している部分) を暖色系で示した。分析結果は, 図 - 3 のとおりである。左上部, 右上部などの強度低下が推量される点は, 打音検査で異常と判定された点 (X 印) と約 7 割ほど一致している。

3-4. 機械インピーダンスの比 Z_R/Z_A

Z_R/Z_A 比指標値リアクティブ側とアクティブ側の比を取った尺度である。この指標は打撃力波形の最大

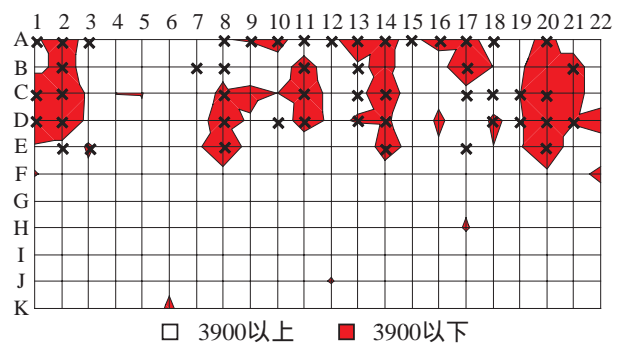


図 - 3 リアクティブ 機械インピーダンス Z_R

値位置を中心とする左右対称性に着目した指標となっている。例えば, 表面近傍に剥離があったとしても, 比較的単純な膜のような構造の場合には, 打撃力波形の時間は長くなっても左右の対称性は保たれる。

これに対し, 剥離が表面に現れ亀裂となっているような場合には, 複雑な構造となり, 打撃力の対称性が損なわれる。図 - 4 に示すように, 非弾性体として挙動している部分は比較的少ないものの全体に分布していることが伺える。

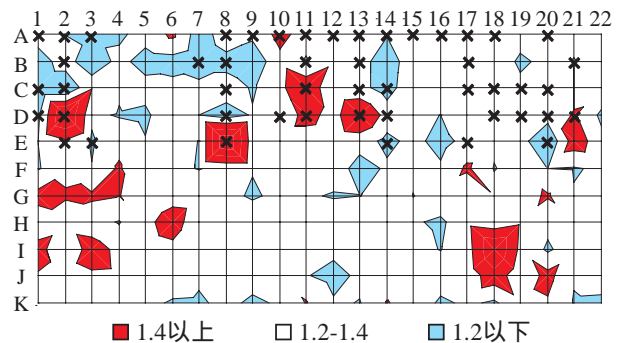


図 - 4 機械インピーダンスの比 Z_R/Z_A

4. まとめ

打音法による健全性判定の結果を 写真 - 1 および 図 2 - 4 に X 印を付けて示した。打音の結果では, 上部側に異常点があることが示される。実際, 打音法によって異常の全てが検知されるわけではないが, しかし測定装置による方法では, 打音で異常と判断されたところは, 異常と判定できることが望ましい。打音結果とおおよそ近い結果を示しているのは Z_R 指標値と思われる。

Z_R は, コンクリートの強度を指標化するものであり, 剥離等の異常があれば当然強度が低下して観測されることになることから, 当然の結果ということもできる。

機械インピーダンス指標値は, 剥離検査や表面劣化などの健全性検査に, 有効であることがわかった。今後は, 剥離や表面劣化に加えてコンクリートの圧縮強度との関連も含めて研究する予定である。