

## 機械インピーダンスによるモルタル仕上げ RC 壁の剥離検知

東海大学大学院 正会員 ○久保 元樹  
 東海大学 正会員 笠井 哲郎  
 iTECS 技術協会 正会員 極壇 邦夫

### 1. まえがき

現在、浮きや剥離の検知は打音検査が主流であるが、打音検査は測定者の技量によるところが大きく、判断基準に客観性がないことや、打音データが残らないなどの問題がある。そこで、インパルスハンマーや加速度計により得られる衝撃弾性波データを解析して打音検査の替わりになりえるか検討した。

調査対象は建築 2 階建ての RC 壁で、厚さ 46cm の鉄筋コンクリートにモルタル 3cm を塗布した構造物である。このモルタル面には打音検査により局部的な剥離音が観測された。この面に対し①インパルスハンマーの打撃力波形から得られる機械インピーダンスから剥離を判定する方法、②ハンマー接触時間で判定する方法、③加速度計で得られる速度波形を周波数解析し剥離を判定する方法の 3 点について検討した。

### 2. RC 壁および測定概要

写真-1 に RC 壁と測定状況を示す。測定は縦 130×横 320cm の測定面に 10cm メッシュを印し、その交点をインパルスハンマーで打撃し、その近傍に設置した加速度計で同時にコンクリート内部に伝播する弾性波を測定した。インパルスハンマーで測定した打撃力波形は、ピークから前半と後半に分け、後半部分の機械インピーダンス  $Z_R$  とハンマー接触時間  $TR$  を算出した。加速度計で測定した速度波形は、MEM により周波数解析し厚さに換算して評価した。インパルスハンマーは質量 85g の PCB086C03 を使用し、加速度計は PCB352C66 を使用した。測定器は 2ch 仕様、サンプリング時間  $1\mu s$ 、サンプリングデータ数 8000/ch のものを使用した。

### 3. 測定結果および考察

#### 3.1 機械インピーダンス $Z_R$ の等高線図

インパルスハンマーで得られる打撃力波形は、ピークより前半のハンマーがコンクリートを押す作用領域と、後半のコンクリートがハンマーを押し戻す反作用領域から構成されている。本研究では反作用領域の機



写真-1 測定状況

械インピーダンス  $Z_R$  に着目し検討した。 $Z_R$  の計算式を式-1 に示す<sup>1)</sup>。

$$Z_R = \frac{F_{max}}{V_R} \quad (1)$$

ここに、

$F_{max}$  : (最大加速度) × (ハンマー質量)

$V_R$  : (加速度のピークから終点までの数値積分)

である。

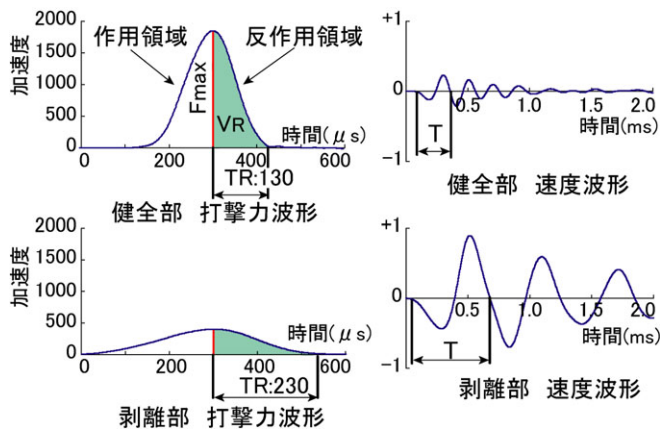


図-1 打撃力波形と速度波形

図-1 はインパルスハンマーで実際に RC 壁を打撃して得られた打撃力波形と速度波形である。

剥離部の打撃力波形は健全部に比べ、打撃力が非常に小さく、ハンマー接触時間も長くなっている。速度波形では、健全部に比べ剥離部は振幅が大きく周期も長くなっている、以上のことから、剥離部分で機械インピーダンス  $Z_R$  は低下し、速度波形は周波数が低下することがわかる。

キーワード 機械インピーダンス, インパルスハンマー, 打音検査, ハンマー接触時間

連絡先 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 E-mail gokudan@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

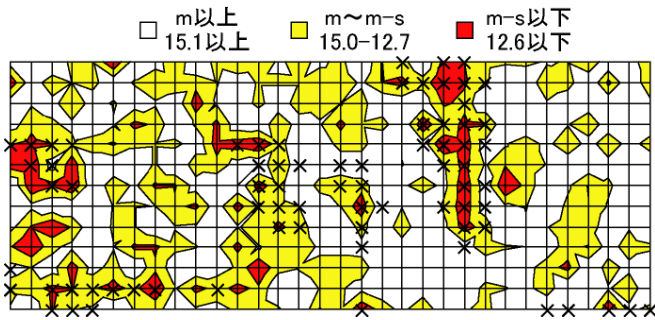


図-2 機械インピーダンス ZR 等高線図

図-2 に機械インピーダンス ZR の等高線図を示す。図中の×印は打音検査で異常と判定された点である。等高線の分割は平均値  $m$  と標準偏差  $s$  を基準に色分けしている。ZR は剥離があると低下すると考えられ、平均値を下回る値をピックアップし、 $m$  以上(無色)、 $m \sim m-s$ (黄色)および  $m-s$  以下(赤色)に色分けした。

ZR に明らかな低下が見られる赤色部分に打音で異常と判定された×印が集中しているものの、的中率は約 4 割であり、ZR だけで剥離を評価するには不十分である。本来 ZR 値は、厚いコンクリートが弾性変形するときのバネ係数を求めるものであるが、ハンマー打撃により剥離部分がたわみ変形を生じる場合は、ZR は曲げ剛性(コンクリートのヤング率と断面 2 次モーメントの積)に支配されると考えられる。よって剥離部の ZR はコンクリートのバネ係数ではなく、構造的な曲げ剛性を測定しているものと考えられる。剥離がある程度面的に広がりを持っている場合は構造的な剛性は弱く、ZR は大きく低下すると考えられるが、剥離部でも躯体と点接触している場合、その部分でハンマーを支えるため、ZR は少し低下するものの顕著には低下しないと推測される。

### 3.2 後半ハンマー接触時間 TR の等高線図

図-3 にピークより後半のハンマー接触時間 TR の等高線図を示す。

ハンマー接触時間が  $m+s$  よりも長い赤色部分と打音検査の剥離点はよく一致しており、的中率は約 7 割で機

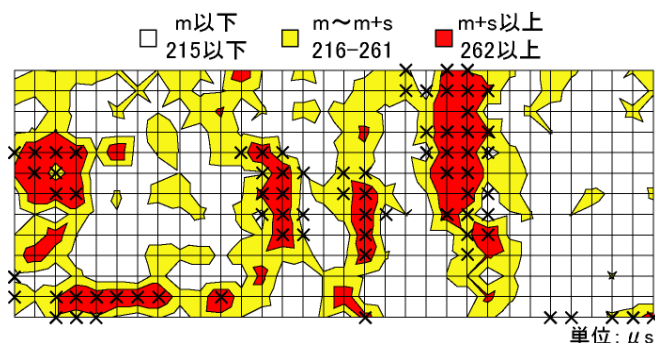


図-3 ハンマー接触時間 TR 等高線図

械インピーダンス ZR よりも良好である。

ハンマー接触時間 TR は、コンクリートがハンマーを押し戻す時間であり、打撃により発生した変形が元に戻るまでの時間に対応している。このためコンクリートのバネ係数を求める機械インピーダンス ZR より精度良く剥離を検知できると考えられる。

### 3.3 加速度計による厚さからの剥離判定

インパルスハンマーに比べ感度が約 100 倍良好な加速度計を用いて剥離のたわみ変形を検知することができるか検証した。図-4 に加速度を速度に換算した周波数解析結果を厚さに換算した等高線図である。剥離部はたわみ振動が発生するので周波数が低下するため、みかけの厚さが実寸よりも厚くなる。実寸 520mm より 5%以上 厚く計測される点を赤色で示した。打音検査の剥離点との的中率は 8 割で良く一致している。これは高感度の加速度計で、剥離のたわみ振動を忠実に測定する方法が他の方法に比べ剥離検知に有効であることを示すものである。

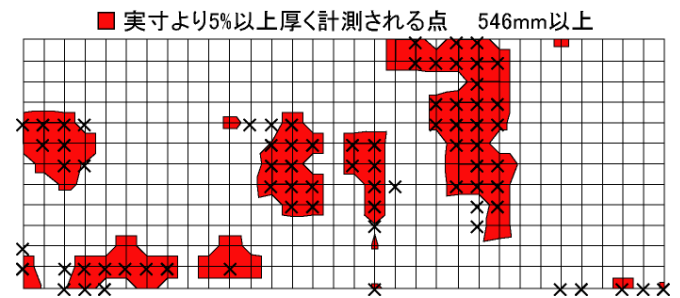


図-4 RC壁の厚さ分布

## 4. まとめ

本研究をまとめると次のとおりである。

- (1) 打撃力波形のピークから後半の機械インピーダンス ZR を求め、等高線図を作成するとある程度剥離を検知できるが、ZR だけでは不十分である。
- (2) 打撃力波形のピークより後半のハンマー接触時間 TR を指標にすると、打音検査の異常点との的中率が約 7 割であり、強度指標である機械インピーダンス ZR よりも剥離検知できることがわかった。
- (3) 加速度計で測定した速度波形から厚さの等高線を描くと実寸より 5%以上厚く計測される点は、打音検査の剥離点と 8 割一致した。

## 参考文献

- 1) 極檀邦夫他；接触抵抗によるコンクリート強度の推定，日本非破壊検査協会，コンクリート構造物の非破壊検査への期待，シンポジウム論文集，Vol.1, pp57-64, 2003. 7