

機械インピーダンスによるタイル壁・モルタル壁の剥離検知

DETECTION OF THE DELAMINATION ON BUILDING WALL BY THE MECHANICAL IMPEDANCE MEASUREMENT

日東建設株 久保 元樹
日東建設株 久保 元
iTECS 技術協会 極壇 邦夫
アプライドリサーチ株 境 友昭
北海道立北方建築総合研究所 植松 武是

既往の研究でコンクリート構造物に剥離があると機械インピーダンスが低下しハンマー接触時間が増加することがわかった。

本研究では剥離面積を変化させたタイル剥離供試体と実際の建築モルタル仕上げ壁を対象にインパルスハンマーの打撃力波形から機械インピーダンスやハンマー接触時間を算出し、タイルの剥離やモルタルの剥離が検知可能であるか検討した。

キーワード: インパルスハンマー, 機械インピーダンス, ハンマー接触時間, タイル剥離

1. はじめに

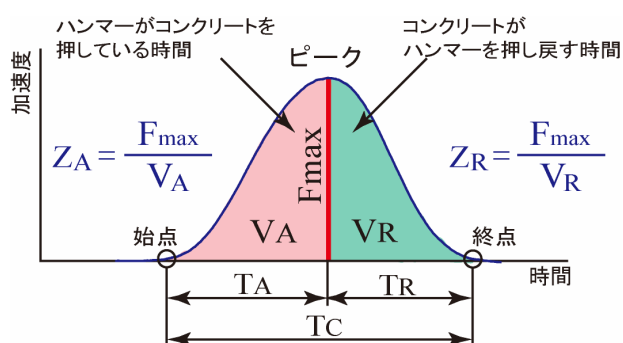
建築仕上げ材のタイル壁やモルタル仕上げ壁の剥離・剥落は、建築物の美観や耐久性を損なうばかりでなく人身事故を伴う危険性があり社会問題となっている。従来からの打音法による非破壊検査は、主観による判断に加えて測定データが残らないなどの問題点があった。

本研究では、インパルスハンマーの打撃力波形をピークから前半と後半に分け、後半の波形から算出する機械インピーダンス Z_R やハンマー接触時間 TR , TC から建築仕上げ材の剥離が検知可能であるか検討したので報告する。

2. 機械インピーダンスについて

図-1 はインパルスハンマーで実際にコンクリートを打撃した際に得られる打撃力波形である。この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「アクティブ」と、ピークより後半のコンクリートがハンマーを押し戻す「リアクティブ」によって構成されている。そこで、打撃力波形をピークより前半と後半に分け、アクティブ側の機械インピーダンス Z_A , リアクティブ側の機械インピーダンス Z_R を図中の式によりそれぞれ算出した。さらに、前半のハンマー接触時間 TA と後半のハンマー接触時間 TR および全体のハンマー接触時間 TC もそれぞれ算出した。

コンクリートの表面に劣化などがある場合、劣化層の塑性変形によってハンマーの運動エネルギーが消費されピークより前半の時間が長くなる。これに対し、ピークより後半はハンマーの弾性変形エネルギーが解放されハンマーを押し戻す時間帯なので表面劣化の影響は小さい。本研究では剥離の検知を対象としており、後半の機械インピーダンス Z_R と後半のハンマー接触時間 TR , 全体のハンマー接触時間 TC に着目して検討を行った。



3. 実験概要

3.1 タイル供試体と測定方法

実験に用いたタイル供試体を図-2 に示す。タイルは二丁掛平(227×60×9.5mm)と小口平(108×60×9.5mm)の2種類とし、タイルの定着面に発泡スチロールを埋設して疑似剥離とした。疑似剥離のタイプは、タイルの中央部分に発泡スチロールを埋設した中央剥離と、片側に埋設した片持ち剥離の2タイプとした。図中のパーセンテージはタイル1枚の定着面積に対する疑似剥離の面積の比率である。

測定はタイル1個につき、インパルスハンマーで1回の打撃を行い、剥離部はその直上を打撃して測定した。測定点数は中央剥離では85点、片持ち剥離は65点である。

測定器はサンプリングクロック1μs、サンプリングデータ数2000個のものを使用し、インパルスハンマーはヘッド重量190g、100g、65gの3種類を使用した。

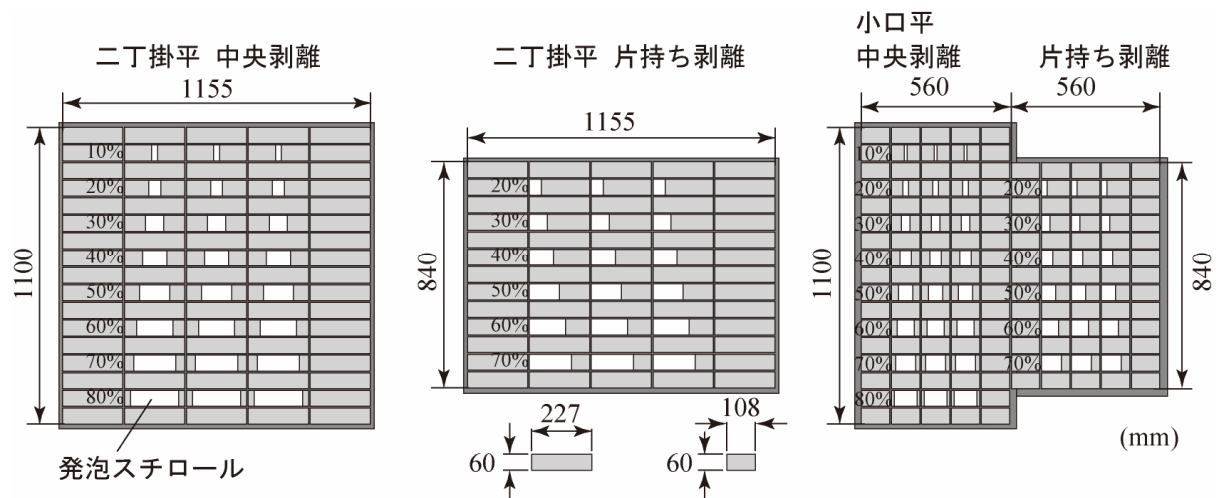


図2 タイル剥離供試体概要

3.2 モルタル仕上げ壁と測定方法

写真-1 にモルタル仕上げ壁を示す。この壁は厚さ460mmの鉄筋コンクリートに30mmの厚さのモルタル仕上げを施した構造物である。このモルタル面は打音検査により局所的な剥離音が観測されている。そこで、縦1200mm×横3100mmの測定面を設け、100mmの正方形メッシュを印し、13行32列の416点をヘッド重量190gのインパルスハンマーで打撃し打撃力波形を測定した。この打撃力波形からハンマー接触時間を求め、剥離がどの程度検知可能であるか検討した。

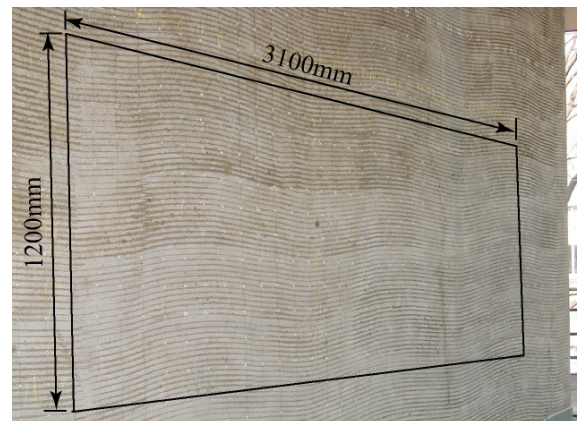


写真1 モルタル壁と測定面

4. 測定結果および考察

4.1 機械インピーダンスによるタイルの剥離検知

図-3 に機械インピーダンスの測定結果を示す。グラフは各供試体各行の中央部分のタイル3枚の機械インピーダンスの平均値である。健全部では機械インピーダンスはタイルやその下地のモルタルを含めての剛性(バネ係数)を反映すると考えられるが、剥離部では板バネとして挙動するため、機械インピーダンスは曲げ剛性(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。そのため剥離面積が大きくなると、段階的に機械インピーダンスも低下すると思われたが、グラフを見ると全体的に健全部より剥離部が低下しているものの段階的な低下は確認できなかった。さらに、二丁掛平タイルの中央剥離供試

体では剥離の面積比 50%のもの、小口平タイトルの片持ち剥離供試体では面積比率 70%のものの機械インピーダンスが平均値より大きくなっており、剥離とは判定できない結果となった。

図-4 に二丁掛平タイトルの中央剥離供試体で測定した実際の打撃力波形を示す。波形は剥離の面積比率 10% ~ 80%の剥離部直上を打撃して計測した波形である。比較のため健全部の波形を重ねて表示した。面積比率 10%は多少 F_{max} が健全部より低下しているが全体的な形に大きな差異はない。しかし、面積比率が大きくなるにつれて波形も大きく乱れていくのがわかる。面積比率 40%からは明らかに正常な波形とは言えず、何

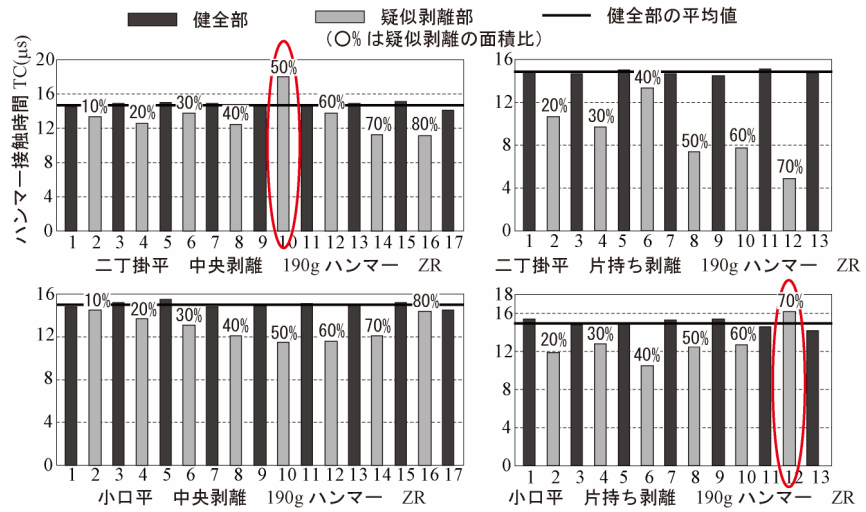


図3 健全部と剥離部の機械インピーダンス ZR

らかの欠陥があることが容易に推量することができる。しかし、機械インピーダンスは前述のとおり力 (F_{max}) を速度 (VR) で除することによって求められるため、面積比率 40%以降のような波形の場合は異常な波形にもかかわらず機械インピーダンスは大きく算出されてしまう場合がある。これが図-3 で健全部の平均値より機械インピーダンスが大きくなっている箇所の原因と考えられる。機械インピーダンスは物体が弾性変形することを前提としており、今回のような波形の場合、機械インピーダンスの適応はできない。波形が乱れる原因としては現在のところ詳細なことは不明であり、今後現象について検討する必要がある。

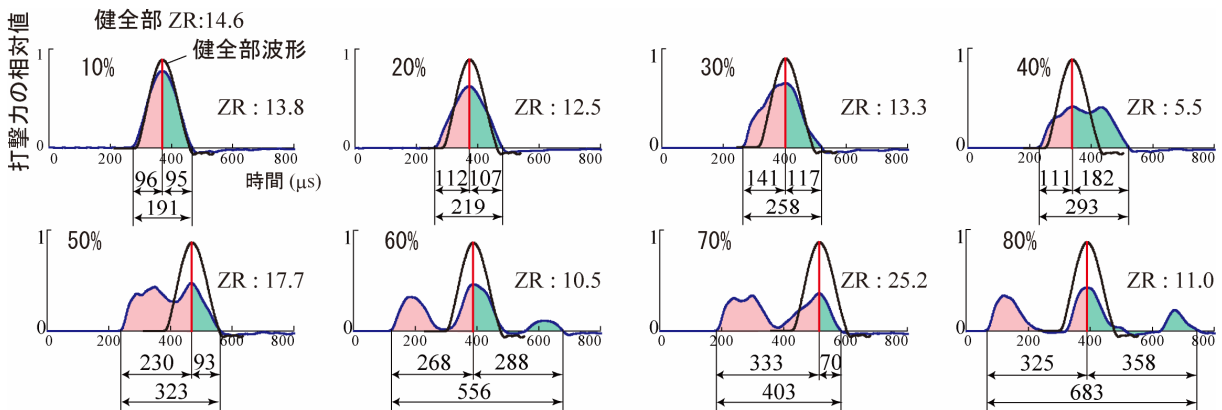


図4 剥離部直上の打撃力波形

4. 2ハンマー接触時間 TC によるタイトルの剥離検知

機械インピーダンスでは波形が異常であるにもかかわらず、健全部より剥離部のほうが機械インピーダンスが大きく算出される場合があり、剥離検知の指標としては適用できないことがわかった。そこで、ハンマー接触時間 TC により剥離を検出できるか検討した。

図-5 にハンマー接触時間の結果を示す。グラフは機械インピーダンスの結果と同様に、各供試体各行の中央部分のタイル 3 枚のハンマー接触時間の平均値である。ハンマー接触時間は、ハンマーがタイルを変

形させる時間とタイルの変形が元に戻りハンマーを押し戻すまでの時間に対応しており、たわみ変形や塑性変形が生じるとハンマー接触時間は長くなり機械インピーダンスより精度良くタイルの剥離を検知できるものと考えられる。タイルはコンクリートと違い表面が均質なため、健全部のハンマー接触時間の変動係数は6%程度と小さい。そこで今回は安全をみて健全部の平均値より10%以上ハンマー接触時間が長くなるものを剥離と判定することとした。

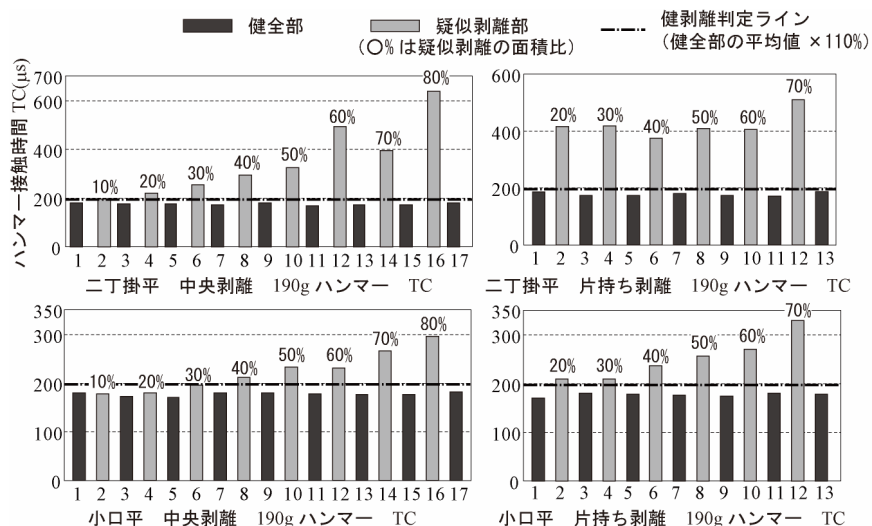


図5 健全部と剥離部のハンマー接触時間 TC

グラフを見ると、小口平タイルの中央剥離供試体の面積比率10%と20%以外全て健全部の平均値より10%以上ハンマー接触時間が長くなっているのがわかる。全体の傾向としても剥離面積が大きくなるに従ってハンマー接触時間も長くなる傾向が得られた。以上のことにより、ハンマー接触時間を指標として用いることでタイルの剥離を検知できることがわかった。

4.3 モルタル仕上げ壁の剥離検知

図-6にモルタル壁のピークより後半のハンマー接触時間 TR の分布図を示す。図中の×印は打音検査により異常音が確認された点である。分布図の分割は平均値 m と標準偏差 s を基準に色分けした。後半のハンマー接触時間は剥離があると長くなると考えられ、平均値を下回る値をピックアップし、 m 以下(無色)、 $m \sim m+s$ (灰色)、 $m+s$ 以上(黒色)に色分けした。図の左側では、後半のハンマー接触時間が明らかに長くなっている部分と打音検査で異常と判定された×印しが重なり剥離を検知できることがわかる。打音検査の結果が正しいわけではないが、図の右側では打音の異常点と後半のハンマー接触時間の異常点が一致していない。今回測定対象となったモルタル壁は建築後37年が経過しており、さらに表面が波目仕上げとなっており表面の状態は決して良いとは言えない。今回ある程度表面の影響を除去できる後半のハンマー接触時間を剥離判定の指標として用いたが、表面劣化の影響を完全に除去することはできず、その影響でデータにバラつきが出たものと考えられる。

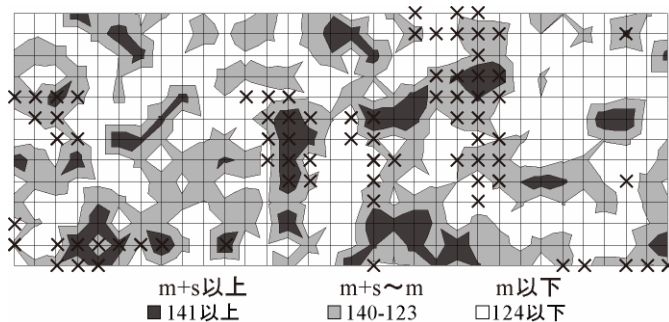


図6 後半のハンマー接触時間 TR 分布

5. まとめ

本研究をまとめると次の通りである。

- (1) 機械インピーダンスをタイル剥離の指標とすると、ある程度は剥離を検知することができるが、剥離面積が大きくなると波形の乱れも大きくなり、機械インピーダンスでは検知が難しくなり新たな解析方法を検討する必要があることがわかった。
- (2) ハンマー接触時間 TC はたわみ変形や塑性変形が生じると長くなることがわかっている。よってハンマー接触時間をタイル剥離の指標とすると、精度良く剥離を検知できることがわかった。
- (3) モルタル仕上げ壁の剥離検知では、ある程度剥離を検知できるものの、その精度は高いとは言えない。今後はハンマー質量や打撃力の検討を行う必要がある。