

コンクリートの剝離の検知に関する実験的研究 (その1)

——振動特性の差を利用する方法の適用性についての予備的検討——

齊藤 裕司 喜田 大 三
中根 淳 大池 武

Experimental Study on Detection of Delamination of Concrete (Part 1)

——Preliminary Examination on Applicability of Technique Using Differences in Vibration Characteristics——

Hiroshi Saito Daizo Kita
Sunao Nakane Takeshi Oike

Abstract

This report deals with preliminary examinations made in order to judge the applicability of a technique for detection of delamination of concrete by measuring the difference in vibration characteristics between delamination and non-delamination. The results within the scope of the examinations were as follows:

(1) The response for delamination is larger above 10 dB than for non-delamination within a frequency band from 500 Hz to 8 kHz with impacts provided by hammer. Therefore, it is judged that delamination of concrete can be detected by this method.

(2) An apparent difference in vibration properties was recognized between delamination and non-delamination by using a specific frequency within the abovementioned frequency band. Therefore, this method also has adequate possibility of being used for detection of delamination of concrete.

As mentioned above, this technique has the prospect of being effective for detecting delamination of concrete, but more experimental studies are required for definite establishment of the technique.

概 要

コンクリートの剝離部を検知するための自動化技術の開発を意図し、健全部と剝離部とが異なった振動特性を示すことに着目した手法の適用性について予備的に実験検討し、ごく限られた調査結果であるが、以下のことが明らかとなった。

(1) ハンマー打撃による振動特性調査では、500Hz～8kHzの周波数域における剝離部での応答量は健全部に比べて、10dB以上大きく、この方法はコンクリートの剝離部の検知に適用可能と判断される。

(2) 上記周波数域における特定周波数を使用した振動特性値にも明確な差が認められ、この方法でも剝離部の検知ができる可能性が十分にある。

上記のように、振動特性の差を比較する手法はコンクリートの剝離検知に有効となりうる見込みが得られたが、この技術の確立のためにはさらに実験検討が必要である。

1. まえがき

RC 構造物のかぶりコンクリートやタイル・モルタル仕上げの剝離は建物の耐久性、美観を阻害するばかりでなく、剝落による第三者傷害がおきるおそれがある。こ

れらを未然に防止するためには定期的に検査し、剝離状況を正確に把握し、適切な補修・改修工事を行なう必要がある。そのため、タイル・モルタル仕上げの剝離検査については、足場架けなどを必要とせずに検査できる技術として、既に、①壁面を打撃し、打撃音の最大振幅な

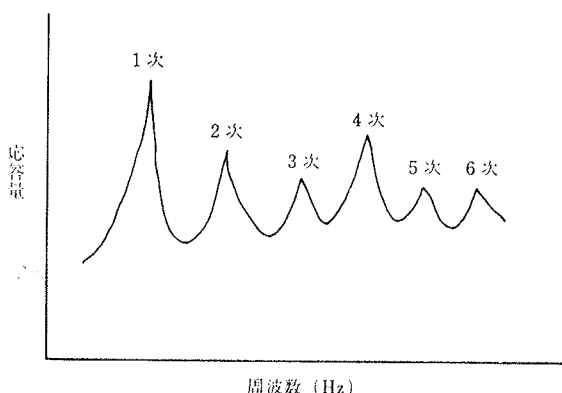
らびに応答スペクトルの形を比較する方法¹⁾, ②壁面を連続的に加振し, 高周波域での振動特性の差を比較する方法²⁾, ③赤外線センサーによる熱映像の温度差を比較する方法³⁾が開発されている。

一方, コンクリートの剝離や空洞の検知に関しては剝離面における超音波の共振現象を利用した事例が報告⁴⁾されている。しかし, 超音波を利用する技術では, 0.5~1 MHz の高い周波数を平面形状の探触子を介して凹凸のある検査面に効率よく伝播させるため, グリースや水などを探触子と検査面に介在させる必要がある⁵⁾ など, この方法は自動化しにくい面があった。

上述のように, タイル仕上げなどの剝離検知技術については一部に自動化されているものの, コンクリートの剝離検知については未だ自動化された技術は確立されていない。そこで, コンクリートの剝離検知技術の自動化を意図し, 既に, タイル仕上げなどの剝離検知に使用されている振動特性の差を測定する手法の適用性を予備的に検討してみた。その結果, この手法がコンクリートの剝離部の検知にも適用可能であること, 及び簡単な装置を使用した特定周波数域での特性値の比較によっても検知できる見込みが得られたので, 以下に報告する。

2. 剝離検知の原理

コンクリートなどの剝離状態を一定深さ, 矩形剝離と単純化し, 矩形剝離部は健全部との接合部で周辺支持されているとすれば, 剝離部は(1)式で示される固有振動数を有する。したがって, この部分を広帯域に一定の外力で加振すると, 図一1に示すように固有振動数が卓越した応答量が得られる。ここで, (1)式は剝離部の深さが同一であれば, 剝離面積が大きいほど, また剝離面積が同一であれば, 剝離深さが小さいほど固有振動数は低い周波数にあらわれることを示している。一方, 健全部も固有の振動性状を有するが, 剝離部に比べ相当大きな有効質量があること, 及び剛性が高いため応答量は剝離部より十分小さい。したがって, 一定外力で加振した際の応



図一1 剝離部での応答状況

答量の差から剝離部と健全部を判別することができる。

$$f = \frac{\pi h}{2} \sqrt{\frac{E}{12(1-\nu^2)\rho} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)} \dots\dots\dots(1)$$

E: ヤング率(N/m²), h: 深さ(m)
 ν: ポアソン比, a, b: 剝離の辺長(m)
 ρ: 密度(t/m³), m, n: 定数

3. 調査箇所

所内の実構造物について, ハンマーによる打撃調査によってかぶりコンクリートが明らかに剝離していると判定される場所, ならびにコンクリート中に空洞があると判定される場所を選定した。また, 参考までに, モルタルの仕上面や床タイルについてもその剝離部を同様に選定した。それぞれの調査箇所の特徴を表一1に示す。

4. 実験方法

4.1. 打撃による振動特性の調査

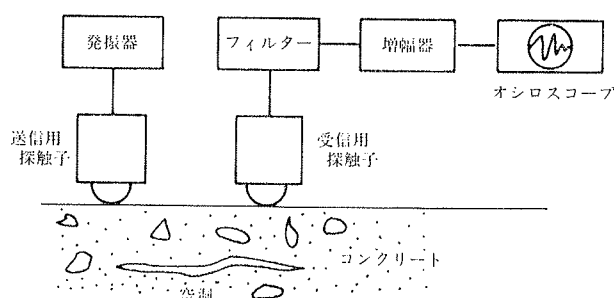
表一1に示した各種の剝離部, ならびにそのごく近傍の健全部において, 表面にハンマーによる打撃を加え, 約10cm離れた位置に振動加速度計を取付けて測定した観測波をFFTアナライザーで解析した。なお, 測定結果は10回ずつ打撃した結果の平均値として求めた。

4.2. 特定周波数を用いた振動特性の調査

4.1.で述べた各調査箇所, 特定周波数の振動を共振させる装置を使用して, それぞれの振動特性を調査した。使用した測定装置の構成を図一2に示す。この装置は振動を送・受信する一対の探触子, 送信用探触子を駆

部 位	説 明
かぶりコンクリート 1	かぶり厚さ15mmのコンクリートが60×10cmの範囲で剝離している
かぶりコンクリート 2	かぶり厚さ3mmのコンクリートが4×30cmの範囲で剝離している
土間コンクリート	土間コンクリート中に30×50cmの範囲に空洞がある
仕上げモルタル	腰壁の厚さ3cmの仕上げモルタルで, 幅12cm長さ36cmの範囲で剝離している
床タイル	3cm角で厚さ5mmの床タイルが80×75cmの範囲で剝離している

表一1 調査箇所



図一2 測定装置の構成

動する発振器，受信波を選別するフィルター，受信波を増幅する増幅器及び受信波形を観察するオシロスコープから構成されている。

本装置の特徴は二つあり，一つは約 4 kHz の振動数を発振できること，他の一つはコンクリートなどの面に振動を伝える面が表面の凹凸の影響を受けにくいように球形としたことである。

測定に際しては，調査しようとするコンクリート面などに，送・受信探触子を 10 cm の間隔におき，約 3 kgf の力で押えつけた。そして送信用探触子から放射した波を受信用探触子で受け，1,600 μ S までの範囲の時間軸波形をオシロスコープで観察した。

5. 調査結果と検討

5.1. ハンマー打撃による振動特性調査

かぶりコンクリートの剝離部，土間コンクリート中の空洞部において測定したハンマー打撃による加振力とそ

の応答例を図-3 に示す。なお，同図には参考までに行なった，床タイル及びモルタル仕上げについての結果も併記している。

図示したように，コンクリートについての両測定結果とも，剝離部の固有振動数による応答と判断されるピークが明確に認められるとともに，加振力が同じレベルであるにもかかわらず 500 Hz~8 kHz の範囲の応答量は健全部の応答量に比べて，10 dB 以上大きい。この事象は2. で述べた剝離の検知原理が妥当であることを証明している。したがって，この応答量の差異から剝離の有無が判別可能である。ここで，今回の予備実験では健全部に比べて応答量が大きくなる振動数の範囲は 500 Hz~8 kHz であったが，調査対象によっては当然異なることが予想される。

また，注目すべきことは応答量の差異は剝離状況を反映した固有振動数が著しく大きくなるばかりではなく，500 Hz~8 kHz の広い周波数域の全体で明らかに認めら

れる。したがって，この周波数域での特定周波数を使用しても検知が可能と判断される。

なお，図-3 に併記したように，床タイルならびにモルタル仕上げの結果についても上記のことがあてはまる。

5.2. 特定周波数を用いた振動特性調査

特定周波数を用いた応答例として，約 4 kHz の周波数を使用した結果を図-4 に同一スケールで示す。図中の調査例-1，2 は鉄筋

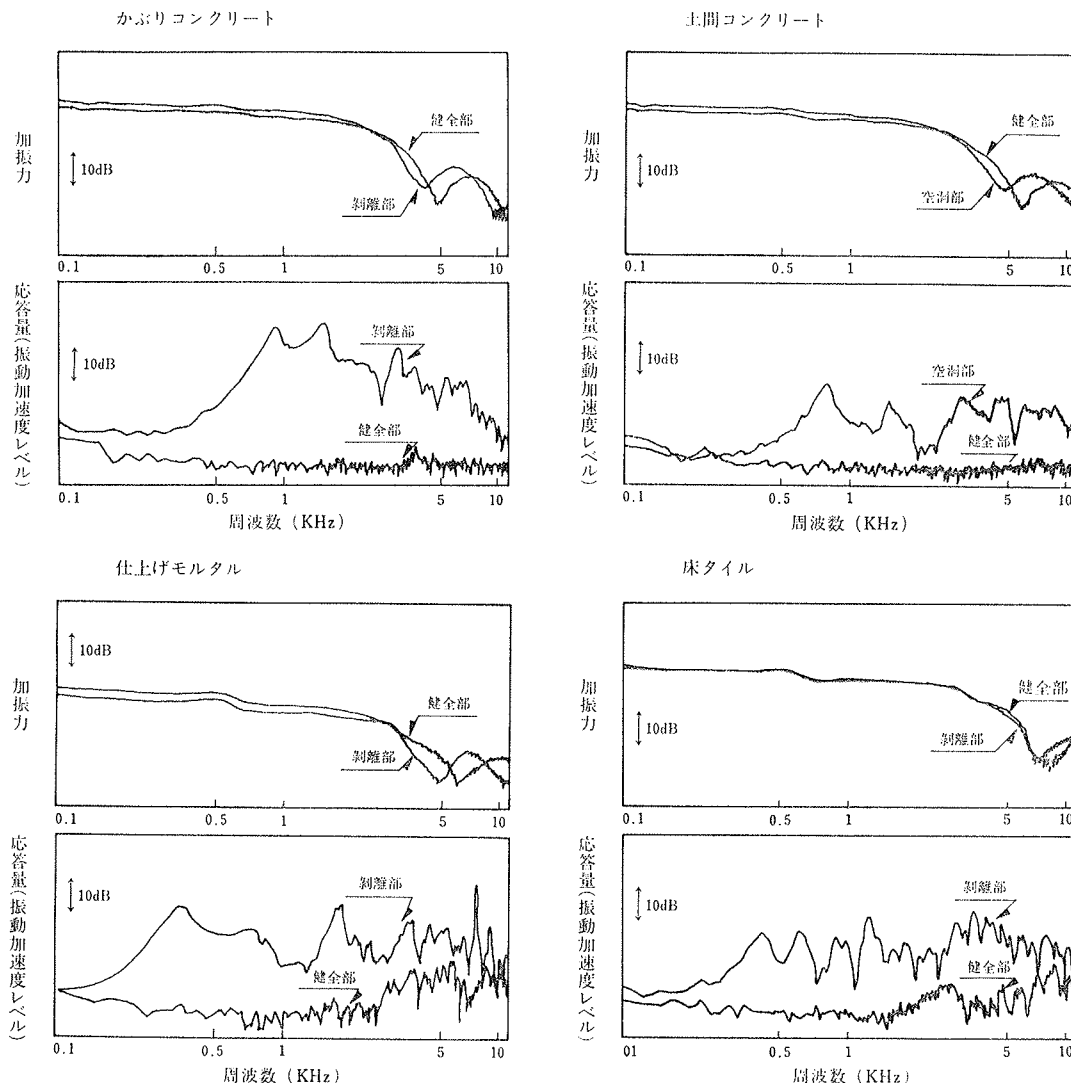


図-3 ハンマー打撃による加振力とその応答例

腐食によるかぶりコンクリートの剝離，調査例-3は土間コンクリートの空洞である。また，調査例-4は仕上げモルタルの剝離，調査例-5は床タイルの剝離でいずれも参考に測定した結果である。

図示したように，いずれの測定例においても健全部に比べて，剝離部での波形はその振幅が著しく増大し，剝離部と健全部は明確に区別できた。この事象は5.1.で述べた範囲の特定周波数を使用しても剝離部の検知できる可能性が十分にあることを示唆している。なお，5.1.の結果から明らかのように，この方法では，剝離の状況によっては検出の感度がかかなり低下することも予想されるので，実用に際しては注意が必要である。

なお，図-4に併記したように，コンクリートの場合と同様に，床タイルならびにモルタル仕上げの剝離部は健全部と明瞭に区別できる。この結果は2kHzと使用した周波数は異なるが，特定周波数でタイルの剝離部を検知できたとする報告²⁾とも一致している。

6. まとめ

コンクリートの剝離部を検知するための自動化技術の開発を意図し，健全部と剝離部とが異なった振動特性を示すことに着目した手法の適用性について，予備的に実験検討し，ごく限られた調査結果ではあるが，以下のことが明らかとなった。

(1) ハンマー打撃による振動特性調査によれば，500Hz～8kHzの範囲における剝離部での応答量は健全部に比べて10dB以上大きい。したがって，この方法はコンクリートの剝離部の検知に適用可能と判断される。

(2) 上記の周波数域における特定周波数（例えば，4kHz）を使用した振動特性値にも明確な差が認められ，この方法でも剝離部の検知ができる可能性が十分にある。

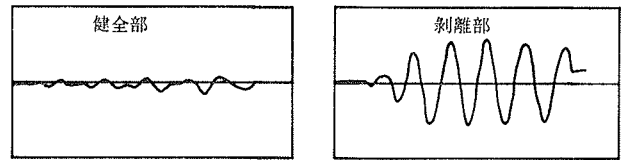
7. おわりに

振動特性の差を比較する手法がコンクリートの剝離検知にも有効となりうる見込みが得られた。ただし，応答量が大きくなる振動数の範囲は調査対象によって異なることが予想されるので，この技術の確立のためには，ひきつづきいろいろな剝離事例についてのバックデータの積重ねや剝離の深さや大きさが明らかな試験体などについての実験が必要である。

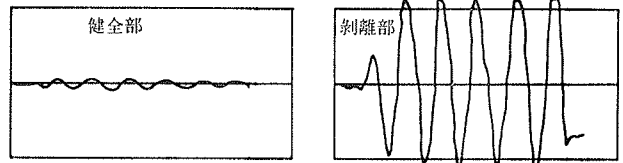
謝 辞

この報告をまとめるに際し，当技術研究所振動研究室の野畑研究員，ならびに音響研究室の縄岡研究員に貴重な御助言をいただいた。ここに，厚く謝意を表します。

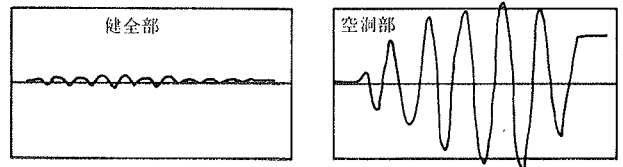
調査例-1 鉄筋腐食によるかぶりコンクリートの剝離(1)



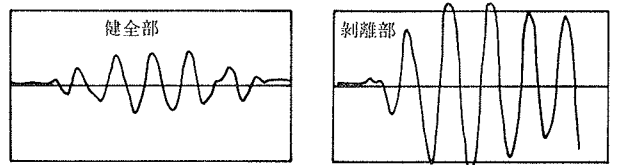
調査例-2 鉄筋腐食によるかぶりコンクリートの剝離(2)



調査例-3 土間コンクリートの空洞



調査例-4 仕上げモルタルの剝離



調査例-5 床タイルの剝離

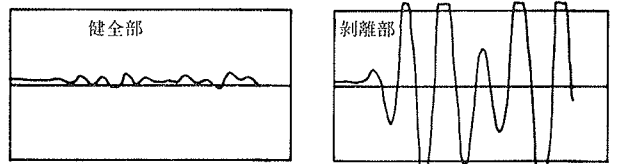


図-4 特定周波数を用いた応答例

参考文献

- 1) 原田，他：打撃音によるタイル仕上げ等のはく離検査法，鹿島建設技術研究所年報，第32号，(1984)，pp. 175～182
- 2) 後藤，他：外壁用自動剝離調査機の開発，竹中技術研究報告，第33号，(1985)，pp. 31～42
- 3) 佐藤，他：外壁タイルの剝離診断と作図作業，建築技術，No. 427，(1987)，pp. 119～124
- 4) 後藤，他：コンクリート建造物の健全度判定に関する2，3の計測手法，プレストレストコンクリート，Vol. 27，No. 1，(1985)，pp. 48～55
- 5) 小林：超音波による外壁タイルのはく離診断，セメント・コンクリート，No. 424，(1982)，pp. 44～52