剥離タイルの振動特性と触診型検知方法に関する研究

模擬剥離タイルを用いた検討

VIBRATION CHARACTERISTICS OF TILE IN PEELING OFF
AND A NEW TOUCHING DIAGNOSTIC METHOD

岩瀬 昭雄*

Teruo IWASE

Tile is water-proof, beautiful and useful materials, but it has fatal problem that it may be peeling off. So, skillful workers often have to make hammering tests for all tiles.

From experimental study, it could be found that such a tile was vibratory in frequency range from 1 kHz to 2 kHz. Based on the result, author proposed a new detecting method that is feed-back circuit using twin piezo-electric buzzers, for touching to a tile, and as for input and output. It could oscillate and radiate a sound only when touched to a tile in peeling off.

Keywords : tile, peeling off, diagnostic technique, feed back loop circuit, piezo-electric, oscillation
タイル, 剥離, 診断技術, 帰還回路, 圧電素子, 発振

1. はじめに

タイルは耐水性や耐候性と美しさを兼ね備えた材料として水掛り部分の内装や外壁や床の仕上げに欠かせない建築材料であり¹⁾, 昨今の建物の高級化傾向に伴い, 外壁にタイルを使用する例が非常に多く見受けられる。これは街の美観向上にも役立つもので大変喜ばしいことであるが, タイルには不注意な施工により時間の経過に伴って剥離を生じる問題があり, 気付かず放っておくと外壁タイルが路上へ落下する事故の危険性もあり, 上記の建築状況にかんがみて, 剥離を検知して事故の事前防止をはかる技術や管理体制の確立が今後ますます重要となると思われる。

壁面タイルの管理方法については, タイル職人が一枚ずつハンマーでタイルをたたき, 剥離タイルと正常に接合されているタイルとの音色を聞き分ける方法が従来から有名であるが, 建物の高層化が進む昨今では高所で危険を伴う作業になることも多く, 打撃と音色の判断を職人に代り行う外装監視ロボットが開発されている²⁾。

また, 剥離タイル裏面に薄い空気層が形成され熱抵抗が増加する。壁面構成が単純で建物内外に温度差がある場合, 正常な部分と剥離部分のタイル表面温度が微妙に異なることに着目した非接触検知法も開発されている。

このような検知方法が, タイル職人による原始的な方

法に代って普及することが望まれる一方, 例えば打撃ロボット式では複雑になりがちな打撃機構を必要とし, 表面温度測定方式では, 高価な計測装置が必須, かつ建物内外の温度等気候条件の影響を受けやすいことなど, 新しい手法それぞれに問題が残され, 特定のどれかが優れた方法として確立されていないばかりか, 簡便さのみで言えばタイル職人の打撃法が今なお遙かに優位と言える。

そこで, 著者は, 打撃による剥離タイルの検知法の根拠である音色の違いの原因である剥離タイルと非剥離タイルの振動特性そのものの相違を模擬剥離タイルによる実験で調べた。さらに, 明らかとなった振動特性の大きな差異に着目した検知法の一例として, 触診型の検知方法を提示した^{3), 4)}。

実験結果に基づいた検知原理は単純明快で, 剥離か非剥離は未熟練者で分かるような発音の有無で示される。

しかも「タイル職人の打撃と音色の判断作業」を再現するロボットやエキスパートシステムとは異なって具体的な検知装置に打撃機構は不要であり, タイル職人が持つハンマー一本には及ばないとしても, それと大きく変わらぬ極めて安価に実現可能な点は, 前述の新しい2つの検知方法と比べても大変優位なことと言える。外装タイルの施工例の多くが管理点検すべき時期を迎える今後

本論文は参考文献3), 4)を加筆修正したものである。

* 新潟大学工学部 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Engineering, Niigata Univ., Dr. Eng.

を考えれば、実験で明らかになった剥離・非剥離 Tiles の振動特性の相違の周知とこのような検知装置の例示は社会的に有用なことから考えられる。

よって本論文では、模擬剥離 Tiles の振動特性に関する実験結果と触診型の剥離 Tiles 検知方法の原理およびその試験例について詳しく述べることにする。

2. 剥離 Tiles の打撃音の解析実験

剥離 Tiles の検知法を考えるには、剥離 Tiles と正常な Tiles との物理的な特性の違いを知る必要がある。

そこで、従来から Tiles 職人が行ってきた打撃音による剥離 Tiles の検知法の根拠を簡単な実験で調べた。

対象は当大学のある室内で、壁面端部に Tiles の脱落が散見される程度の剥離状態から正常な接着状態までが混在する壁面で、剥離、非剥離の Tiles の音色の違いが明瞭に判別できる部分ごとに打撃し実験を行った。

まず試みに、小型の鉄製のハンマーで剥離 Tiles と正常な Tiles ($98 \times 98 \times 4 \text{ mm}^3$) の両者を打撃し、それぞれの打撃音に音色の違いがあることに着目して FFT による周波数スペクトルを観測した。

その結果、打撃音のスペクトルの違いは明白で、正常な Tiles の場合ではあまり特徴の無い平坦なスペクトル性状であった。これに対して、剥離 Tiles の場合のスペクトルでは中高音域で相対的にレベルが高くなる部分が観測され、これによって音色が特徴づけられるのを聞き分け、剥離状態を検知していると推測された。

さらに、打撃音は Tiles 面の振動に伴って放射されるもので、同種の Tiles が正常と剥離状態とで振動特性が大きく異なる結果が認知されたと考え、前述の壁面で、Tiles 表面を加振した時の正常接着 Tiles と剥離 Tiles 両者の振動特性の相違を調べる実験を引続き行った。

その測定系統を Fig. 1 に示すが、約 5 g の糸吊り小鉄球を Tiles 壁面から斜上方向に電磁石で吸い付け、電流を断って落差 2 cm に応じた速度で衝突打撃させた。

Fig. 1 Measuring and analyzing set-up for response of impacted tile

剥離、非剥離 Tiles の両表面には重さ 1.8 g の小型加速度ピックアップを薄い両面テープで接着させ、打撃加振による Tiles の加速度応答と放射音の録音を行った。

分析は最も単純に、この録音を FFT 分析器によりスペクトル解析した。Fig. 2 に振動加速度応答と放射音の正常な Tiles と剥離 Tiles との場合を比較して示す。

これを見ると、正常に接着された Tiles の場合、振動加速度応答は低音域から高音域まで平坦で、際立った特徴は見いだしにくい。放射音についても数 dB の凹凸は認められるもの、ほぼ平坦な周波数特性となっている。

一方、剥離 Tiles の場合、2 kHz 以上で 10~20 dB 程度、加速度応答のレベルが幅広かつ高い部分が認められる。このように、剥離状態となると Tiles 表面が大変励振されやすい特性に変化すると推測される。

放射音の場合、加速度応答で最もレベルが高い 2 kHz の周波数を中心にブロードなピークが認められ、Tiles 表面の音響放射能率の影響を受けつつも、基本的には剥離状態の Tiles の振動特性で特徴付けられることが分かる。

3. 剥離 Tiles の振動特性に関する実験

以上に述べた予備実験から放射音に Tiles 自身の振動特性が大きく関与することが判明したので、Tiles 面の振動特性自体が剥離状態と非剥離状態とどのように異なるか、実験により検討することとした。

3.1 Tiles の振動特性に関する予備実験

この実験では、同種の Tiles で剥離状態と非剥離状態の接着状態を実験する必要があり、実際の施工と同様にモルタルでコンクリート躯体に接着させ、正常接着された状態と剥離状態とを同時に実現するのが理想的である。

しかし、試験体作製でモルタル硬化に長い時間を要し、その長い硬化時間後に剥離、非剥離状態を想定どおり安定して得にくいことが判明したので、石こうとモルタル

Fig. 2 Frequency characteristics of vibration (upper) and sound (lower) response of impacted tile

Table 1 Sizes of tiles used in experiment

Square	Rectangle
① 149x149x9.0	⑦ 226x60x9.5
② 92x92x8.0	⑧ 198x98x7.0
③ 75x75x5.0	⑨ 190x45x7.8
④ 44x44x6.3	⑩ 107x59x7.5
⑤ 25x25x4.6	⑪ 95x45x7.5
⑥ 18x18x5.0	(unit mm)

Fig. 3 Measuring set-up for comparisons of vibration characteristics between test pair tiles tightly pasted and peeling off

の接着が同等であれば、剥離タイルと力学的に非接触部の接着剤がモルタルと石こうとは大きな差を生じないと考え、コンクリート試験体の整形に利用され硬化時間も短い石こうを接着に用いる方針とし、その妥当性をまず検討した。

試験体は厚さ約 65 mm のコンクリートパネルに接着して作製した。石こうによる場合、同種タイル二枚の一枚のみ裏面（接着面）に石けん液を塗布してから接着することで剥離状態が安定に実現でき、正常に接着した非剥離状態のタイルとが並んだ試験体を得た。一方、モルタルの場合、吸水養生の省略などを試み、硬化後、さらにその後と、打撃音の違いからいく体かの剥離状態が確認できた。

実験の測定分析システムを Fig. 3 に示すが、試験体の約 10 mm 程度上から直径 5 mm の小鉄球を自由落下させ、重量 1.8 g の小型加速度ピックアップの出力を FFT 分析器に導き、衝撃応答を求めて剥離の有無とタイル面の振動特性の関係について比較検討した。なお、加速度応答は相対レベルで表示した（-20 dBV が 1 G に相当）。

予備実験の結果として、Fig. 4 にサイズ 75×75×5 mm³ のタイルの場合をそれぞれの条件ごとの加速度応答を、測定機器のノイズを含めた暗振動の分析結果と合わせて示す。

まず、Fig. 4(b), (c) の非剥離タイルの結果を見ると、モルタルと石こうのいずれでも 5.5 kHz 付近をはじめとして高音域で鋭く Q の高いピークが暗振動レベルから数個浮き出しているのが認められる。Fig. 4(d), (e) の剥離状態での結果では、低域でおおむね平坦で、高域では 4~5 kHz や 7~9 kHz に比較的にブロードで優勢な

Fig. 4 Comparisons frequency characteristics of vibration responses of impacted tiles

ピークが認められるほか、加速度応答のレベルが全般的に高いことが分かる。主要なピーク値を比較すると非剥離状態の正常のものより 20~30 dB は高いことなどが分かる。

また、非剥離状態の石こう接着ではモルタル接着よりいく分応答が大きい傾向が認められる。さらに、剥離状態での加速度応答のピーク周波数に多少の相違があるが、比較的類似の応答が得られ、石こう接着によっても、モルタル接着とはほぼ同様に剥離・非剥離の振動特性の大きな差異が把握可能なことが分かった。

参考までに上述の実験対象のタイルをウレタンフォーム上に単純に置き加振した加速度応答を Fig. 4(f) に示すが、これには、3.5 k, 5.5 kHz 等タイル自体の固有振動と思われる鋭くレベルの高いピークが数個認められる。

一方、タイルが剥離状態にあるときは、目地部や裏面の不完全な接着による拘束が加わり、これら鋭い固有振動の周波数がずれたり、鋭さが抑制され、Fig. 4(d), (e) に示す特性となると考えられる。しかし、その拘束は、裏面すべて接着拘束されて母材とはほぼ一体運動する非剥離状態よりはるかに緩やかで、タイル単体で実効質量も軽い比較的自由な振動状態と推測される。

3.2 模擬剥離タイルによる実験結果

上に述べた実験の考察に基づき、早く硬化して迅速に

試験体が得られる石こうを用いて剥離タイルの振動特性に関する実験を行っても結論に大きな誤りは生じないと判断し、タイルの種類を広げて実験を継続することとした。

試験体の種類としては通常の建築施工で広く用いられているものの代表として Table.1 に示すような形状、サイズおよび厚さの異なるタイル 11 種類を選定した。

これらの試験体を用いて基礎実験と同様の方法で衝撃加振に対する加速度応答を調べた。この実験の場合、一部の試験体の応答が強く測定系の飽和の危険性があり、小鉄球の落下高は予備測定より低めて約 5 mm とした。

実験結果として、剥離タイルは 10 種類、非剥離タイルは試験体ごとに 3.1 に述べた以上の特徴は見出しにくい。参考までにサイズの面から 3 種類を代表に選び、それぞれの加速度応答を Fig.5 に示す。また、 $75 \times 75 \times 5 \text{ mm}^3$ のタイルに関してはすでに Fig.4 に示しているので、同サイズで部分剥離タイルの剥離部分を衝撃加振した場合の応答の例 (3.4 にて後述) を示した。

剥離タイルの結果を見ると、まず正方形タイルで試験体中最大サイズの①の加速度応答には 2 k, 8 k, 12 kHz 等、最も小さな⑥では 18 kHz のみと、タイルの形状やサイズによって様々であるが、1 kHz 以上の領域にブロードなピークが必ず観測されることが分かる。そのピークレベル値は最も低い周波数のものが最大になるケースが多い。正方形タイルでは、サイズが小さくなるに従いピークの周波数がより高い方へ移行し、かつピークレベルが高くなる様子がたまかな傾向として認められる。しかし、長方形タイルのピーク周波数の高低と長辺サイズとの関連は読み取り難いことも分かる。

さらに、ピークの裾野や平坦な部分の周波数においても Fig.4(a) に示した暗振動レベルより高い値を示し、特定の周波数以外にも全般的に振動しやすい状態にある。

これを言いかえれば、前述のとおり非剥離状態では母材に接着され一体運動して実効質量が大きいのにに対し、剥離状態となると、母材から独立したタイル単体の実効質量ははるかに軽くなり、タイル表面の機械インピーダンスが低下する。さらに、タイル自体の固有振動や共鳴現象により、周辺の支持条件などで定まる特定の周波数

Fig.5 Comparisons frequency characteristics of vibration responses of impacted tiles varying side size and thick

Fig.6 Relations between observed lowest frequency of peaks in response of impacted tile and side size

で機械インピーダンスの顕著な低下が加わると推察される。

3.3 剥離タイルの振動特性と寸法に関する検討

模擬剥離タイルの衝撃加振に対する加速度応答の観測結果から加速度応答、すなわち剥離タイルの振動特性とタイルの寸法にたまかな関連が見受けられた。

そこで、まずピーク周波数に関し検討した。

Fig.6 は、それぞれの試験体ごとの最も低域側のピーク周波数を代表としてタイルサイズとの関係で整理したもので、長方形タイルの場合、長辺サイズよりも短辺サイズとの関連の方が強いことが伺える。

次いで、模擬剥離タイルの試験体では裏面全体が剥離状態にあり、目地部のみで石こうで接着した緩やかな拘束と考え、各サイズごとに (1) に示す単純支持条件の板振動理論⁵⁾による (1,1) モード固有振動数と観測さ

Fig. 7 Relations between observed lowest frequency of peaks in response of impacted tile and theoretical (1,1) mode frequency

れた優勢で最も低いピーク周波数との対応関係を調べた。

$$f_r = (\pi/2) \sqrt{B/m} (p^2/a^2 + q^2/b^2) \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 m は板の面密度、 B は曲げ剛性 ($Et^3/12$)、 p, q は自然数、 a, b は板の寸法、 E はヤング係数、 t は板厚。タイルの物性値には幅があるが、某メーカーの内部資料を参考に、縦波速度 $Cl = \sqrt{E/\rho} = 5000$ m/s と最も単純な形で与え計算した。

その結果を Fig. 7 に示すが、寸法の大きなタイルはほぼ対応し、理論値が超音波領域に含まれるような小さなタイルでは、実際に観測されるピーク周波数はこれよりかなり低いことが分かる。後者の場合、縦横寸法と厚みが近く、板振動理論が適用できないためと考えられる。

なお、固定支持条件の (1,1) モードの近似解⁶⁾では、(1)式の 1.8~2.2 倍と高くなる。今回の実験結果に限っては対応が悪いが、実際の多様な剥離状態のピーク周波数の推定では念頭に入れておく必要がある。

さらに、背後密閉空気層が形成され、スチフネスがタイルの剛性と比べて無視できない場合の固有振動数 f_{ra} は膜振動の固有振動数を f_s として以下で与えられる⁷⁾。

$$f_s = \sqrt{\rho_0 c^2 / mL} / 2\pi \dots \dots \dots (2)$$

$$f_{ra} = \sqrt{f_r^2 + f_s^2} \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 ρ_0, c, L は空気密度と音速、空気層厚

ここで $t = 5 \sim 10$ mm、 $L = 0.1$ mm とすると (2) 式の寄与は 1.3~1.7 kHz であり、実際に密閉空気層が形成されるかは別として、(1) 式で 2 kHz と計算される例では 2.6 kHz にシフトする程度の影響が計算上見込まれる。

以上の実験結果やピーク周波数とタイルサイズに関する考察から、実験対象とした程度のサイズを有する剥離タイルの場合には 1 kHz 以上の周波数領域に固有振動数、すなわち励振されやすい周波数が存在すると考えられる。いくぶん大きめのタイルでも 2 次以上のモードを含めれば同様の結論が導かれることになろう。

Fig. 8 Relations between maximum peak levels in frequency response of impacted tiles and their shorter size

Fig. 9 Relations between maximum peak levels in frequency response of impacted tiles and their thickness

理論値への適合はともあれ、実際に現れる固有振動数、すなわち振動しやすい周波数に関し、まとまりある特徴は検知方法を考えるうえで大変有利な条件となる。

次いで、打撃加振に対する分析結果から剥離・非剥離状態の励振されやすさの差を数値的に検討した。

前述のように正常なタイルの加速度応答では、ピーク自体は鋭いが全般的にレベルは低い。一方、剥離タイルではピークの鋭さは失われてなだらかなのであるが、ピークのレベル自体は高い。この両者の比較のため、最も単純に剥離タイルのブロードなピークレベルと正常なタイルの鋭いピークのレベルの最大のを試験体ごとに求めた。その結果として試験体のタイルの短辺とピーク値の関係を Fig. 8、タイルの厚さとの関係を Fig. 9 に示す。

前者を見ると、同じ種類 (短辺寸法) のタイルでは、剥離、非剥離で 20~30 dB の差が認められる。後者からは一部を除き、タイル厚さが 4.6~9.5 mm の範囲内で、剥離タイルの加速度応答振幅は厚みの 2~3 乗に反比例するような傾向とともに剥離タイルが正常なタイル

Fig. 10 Contour line of averaged responses in 3-frequencies (1 K, 2 K and 3 kHz) on a tile partially (upper half) peeling off

に比べかなり励振されやすいことも明瞭である。

3.4 部分剥離タイルの振動特性

前述の模擬剥離タイルの実験はタイル裏面全体が剥離して目地部のみで接着している脱落直前の状態を想定したものであり、脱落事故には直結しないが、全面剥離に至る段階を想定した部分剥離に関する実験も加え行った。

実験対象としては $75 \times 75 \times 5 \text{ mm}^3$ のタイル裏面の上半分に石けん液を塗布してコンクリートパネルに石こうで接着したものを用い、剥離部分に小鉄球を落下させ、タイル面上 49 点でその時の加速度応答を求めた。

受振位置が剥離部分にある場合、受振位置ごとにピーク周波数やピークの数異なる応答が観測されるが、Fig. 5③' を代表として、剥離タイルの一般的な特性が、また非剥離部分の受振位置では非剥離状態の一般的な弱い加速度応答が得られた。さらに、ピーク値を避けて加速度応答の 1, 2, 3 kHz の 3 周波数における平均値から見た全般的な励振特性のタイル面上での分布状態を Fig. 10 に示すが、剥離部分と非剥離部分が明瞭に区分されている。この他、同試験体で非剥離部分を打撃した実験や 1/4 剥離タイルを用いた同様の実験も行った結果、剥離部分を加振して剥離部分で受振した場合のみ剥離状態の一般的な加速度応答が得られることが判明した。

すなわち、部分剥離タイルの振動特性は、大まかに言えば剥離部分はそのまま剥離タイルと同等の、また非剥離部分は非剥離状態として観測できることが分かった。

4. 剥離タイルの触診型検知方法

剥離状態のタイルは、1 kHz 以上の周波数範囲で励振されやすいとの結論に基づき、打撃のような複雑なメカニズムが不要で、操作も簡単な以下の検知回路を考えた。

- 1) 増幅器の入出力部にタイルの表面に接触させた振動電気変換素子を対で接続し、タイルの励振特性を回路ゲイン（増幅度）に反映させた帰還回路を構成。
- 2) この回路ゲインをある値に設定すると、正常な非剥離タイルに接触した時には励振されにくく、タイルを経由して入力部に戻る電圧は不十分で何も生じない。
- 3) 励振されやすい剥離タイルに接触した時には、回路の出力がタイルを経由して大きく入力部に戻るの、ループゲインは十分高くなり、正帰還条件でゲインの最も大きくなる周波数で発振が開始、持続される。
- 4) 無接触状態では閉ループが形成されず発振しない。

4.1 圧電プザーの加振・受振特性

具体的な剥離タイルの検知回路に用いる振動電気変換（入出力）素子として、振動加速度ピックアップと動電型加振器がオーソドックスであるが、価格やサイズ等に問題がある。剥離タイルの振動特性に着目して別の素子を選定すれば、振動しやすい帯域に感度を有し、駆動電力もわずかな圧電スピーカーや圧電プザーが有力となる。

原理どおりに加振と受振（入出力）の両面でこの圧電素子が流用できれば極めて安価で好都合と考えられるので、その利用の可能性について以下の実験を行った。

すなわち、サイズ $75 \times 75 \times 5 \text{ mm}^3$ の剥離タイルの試験体に直径 27 mm の圧電プザーを二枚薄い両面テープで対に張り付け、片方にホワイトノイズを印加してタイル面に励起される振動加速度と励起された振動から他の圧電プザーに生じる電圧を分析して総合的な変換特性を調べた。

これらの実験結果を Fig. 11 に示すが、Fig. 11(a) に示した剥離タイル面の振動では 3 kHz 以上の周波数領域にレベルの高い部分が観測され、圧電プザーで剥離タイルの加振は可能であることが分かる。さらに圧電プザーで受振した結果を Fig. 11(b) に示すが、剥離タイルの励振されやすさが圧電プザーの変換周波数特性を通して緩やかなピークとして反映されることも分かった。

Fig. 11 Acceleration of tile excited by white noise via piezo-electric buzzer and output signal from another piezo-electric buzzer pasted on the same tile

Fig. 12 An example of detecting circuit for tile in peeling off

Fig. 13 Oscillating output signals obtained by peeling check tests using the detecting circuit

4.2 検知装置の構成

以上に述べた検討結果から、Fig. 12に示すような具体的な閉回路として、裏面に接触用突起を付けた圧電ブザーと一般的なICオペアンプで乾電池駆動可能な回路を構成し、模擬剥離タイルの試験体や実際に剥離しているタイル壁を対象に以下の要領で検知試験を行った。

まず、正常なタイルに接触させた時の回路の発振開始点を調べ、実際の感度をそれよりいくぶん低く設定した。

その感度状態を保ちつつタイルに接触させると発振し、圧電ブザーが発音して剥離タイルとして判定できた。

模擬剥離タイルに接触させた時の代表的な発振波形をFig. 13に4例示すが、最も形状の大きな①が2.4 kHz、形状の小さな⑤で13.5 kHzとFig. 4やFig. 5に示されたピーク周波数にはほぼ対応する波形が観測でき、前述の検知方法の考え方の妥当性が確認された。

また、実際の剥離タイルに接触した時の出力波形を2例示すが、Fig. 2に示した例の場合は3.3 kHz、ある壁面上の寸法4.5×4.5 mm²のタイルの場合は5 kHzの発音が認められた。これ以外に、限られた数ではあるものの、著者が打撃音で剥離状態と推定できたタイルにこの装置を接触させるとほぼ発音することを確認しているが、Fig. 13に示した試験例からみても実用性が期待できるものと考えられる。

5. まとめ

3., 4. の内容に関し以下のとおりまとめられる。

- 1) 石こう接着によるタイルの振動特性はモルタル接着によるタイルの振動特性に類似した結果が得られる。
- 2) 剥離タイルを加振すると非剥離状態に比べ20～30

dB程度レベルの高いブロードなピーク周波数を持つ応答を示す。その周波数はタイル寸法によりほぼ決まる。

3) 正常な接着状態では、タイルと質量の大きな背面の母材とが振動的にはほぼ一体となり励振されにくい、剥離状態になると、拘束は受けながらもタイル単体の振動に移行し、固有振動モードが現れやすく励振されやすい状態（機械インピーダンスの低下）に変化する。

4) 部分剥離タイルの場合、剥離部分は剥離タイルと、また非剥離部分は非剥離タイルと同等の振動特性を示す。

5) 提示した触診型剥離検知法により、実験のようにタイル裏面の接着効果が無い、あるいはそれが部分的な剥離状態が十分母材に接着した非剥離状態かの区分については装置の発音と非発音で検知が可能である。

6. あとがき

模擬剥離タイルの振動特性実験の結果に基づいて、構成が簡単で安価な触診型の剥離タイルの検知法を提示した。これは、単独使用の場合には手中に握れる大きさに構成可能で、打撃検査に代わる未熟練者向けの剥離検知作業に利用できる。同時多チャンネル動作も可能で、いくぶんの複雑化をいとわなければ、タイル一枚の間隔で並列に触診部を配置し、平行移動させながら発振の有無をマイコン処理する程度で外周壁の能率的な検査装置が実現可能と思われる。

謝 辞

この研究を進めるに当たり、本学卒研究生 門間 司君（現セキスイハウス）の多大なる協力を得た。また、試験体を作製するに際し、本学の川瀬清孝教授に貴重なアドバイスをいただいた。ここに記して深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 田中 弘：建築技術選書 タイルの話，学芸出版社，1980
- 2) 例えば、是永雄二，麦倉喬次，足立 康：音声認識手法を用いた衝撃性信号の識別手法，日本音響学会講演論文集，pp. 535～536，昭和59年3月
- 3) 岩瀬昭雄，門馬 司：圧電ブザーを用いた剥離タイルの検出方法について，日本音響学会講演論文集，pp. 639～640，昭和63年10月
- 4) 岩瀬昭雄：振動的手法による剥離タイルの検出方法について，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 441～442，1989年10月
- 5) S. P. Timoshenko ほか，谷口 修，田村章義 共訳：新版工業振動学，コロナ社，1977
- 6) 音響材料協会編：騒音・振動対策ハンドブック，技報堂出版，1982
- 7) 前川純一：建築音響，共立出版，昭和53年（増訂）

（1992年6月5日原稿受理，1993年10月28日採用決定）