

23. 外壁自動調査機の開発

(株)竹中工務店 *後藤建二・福田 孜・丹波種生

1. まえがき

地上からの遠隔操作により、壁面を登攀しながら、建物外壁面の施工状態を確認する調査機の開発を行った。①タイル付着状態の確認方式として、連続加振・振動測定方式を採用し、欠陥部での固有振動数の変化により、欠陥箇所の検出を行う。②壁面走行方式として真空吸着式・遠隔操作方式を採用し、通常のタイル外壁では、高さ30mまで自己の吸着力だけで垂直面の登攀が可能であり、さらに電源ケーブル設置場所を盛替えることにより、30m以上の高さも可能である。③横行、施回等も地上からの遠隔操作で実施できる。これらの機能を備えた当調査機は、足場、ゴンドラ等が不要であるため、従来の調査方式に比較して、コスト、作業の安全性、迅速性、データ再現性等の面で改善を図ることができた。

2. 開発の経緯

外壁タイルの付着状態については、従来から人手による打撃検査が用いられ、タイル付着の良否もハンマー打撃音を人間の耳で判断するものであり、調査に当ってはゴンドラ設備、足場組みが必要であった。そのためコスト、安全性、美観上、建築主の営業面などから問題があり、新しい調査方法が望まれていた。

当初、技術部として機器が壁面へ吸着する方法、壁面の登攀方法、異常タイルを検出する方法について、独自に開発することを目指した。このうち、調査機が壁面へ吸着する方法としては、機器を密閉式として内部の空気を外に出して内部を負圧にすることにより吸着する方法を開発し、異常タイル検出方法として連続加振・振動測定方式を開発した。そしてこの両者を組み合わせた機器（特許

申請中）を昇降装置により移動させるようにした。しかし昇降装置を使用することは、コスト面、運搬面、屋上障害物などで問題が多かった。そこで地上から壁面を登攀しながら調査する方式の開発に入り、製作面で三和テッキ㈱の協力を得た。当初モルタル面のような壁面しか登攀できなかった走行機を、タイル面でも登攀できるように開発し、加振器およびセンサーとFM電波送信装置を内蔵させると共に地上での受信および記録装置を開発した。

また停電、機器故障時の落下防止装置（屋上からの安全ロープと命綱用SSロリップを使用）を取り付



（壁面を調査中の走行機）



（走行機姿図）

けて、安全性を高めた。調査に当っては、地上に操作装置と判別報知装置からのブザーとランプおよび走行機の位置を確認しながら、測定用紙に異常箇所を記入していく方法である。

3. タイル付着状態の確認

タイル表面を加振すると、加振用車輪とタイル表面との間に微細な連続的の跳躍現象が発生する。タイル表面は跳躍の振動数・加振用電動機の回転数を基本波成分とした高調波振動（基本となる振動数の2, 3, 4, 5, ……倍、即ち整数倍の振動成分を高調波という、HARMONICS）および打撃される表面の振動を伴った広範囲の周波数成分で励振され、結果としてタイル固有振動数が強調された振動を示す。表面跳躍の現象下で、異常部タイル部分の検出が可能である。

4. 壁面登攀の原理

(1) 吸着の原理

図1において排風機を運転すれば、機内は負圧となり、ボディは壁面に吸着される。この吸着力の一部をゴム製気密用スカートの押付用に配分し、残りは駆動用押付力を発生する機構とし、安定した壁面登攀を可能とする。

(2) 登攀方式

登攀用動力として左右独立の2個の電動機を備え、それぞれ減速機を介して、左右のキャタピラ（無限軌道履帯）に動力を伝達し、壁面登攀用の牽引力を発生する。スカート先端と壁面の密着度を改善するため、スカート部と本体部との間に軟質塩ビ製の隔膜を設けている。スカート内部に4か所の補助車輪（キャスター付き）を設け、スカート先端の過大な変形を制限し、スカート摩耗防止と摺動抵抗の減少を図っている。

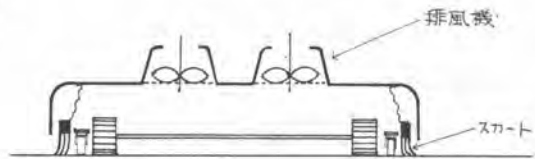


図1 断面概念図

(3) 壁面凹凸と登攀能力

キャタピラ接地面に発生する牽引力から走行抵抗を差し引いた残りが有効牽引力となり、本体自重と積載荷重（ケーブル重量）を上回れば、壁面登攀が可能である。走行抵抗はスカート摺動抵抗が大部分である。一方本機の排風機は、図2の特性を有しており、目地その他壁面の凹凸により空気流量は変動し、その結果、真空度、即ち吸着力が決まる。吸着力が前述条件を満足する範囲では、安定に壁面を登攀できることとなる。

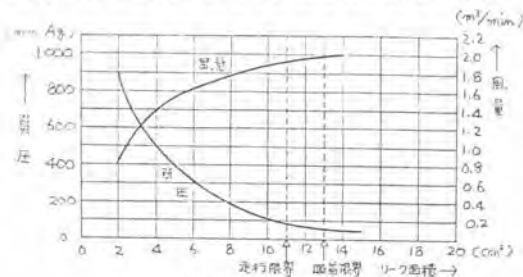


図2 排風機の特長図



走行機姿図

5. 調査機の性能

(1) 走行機

本機は重量・容量・消費電力の面から工業用高速ターボブローアを2台取り付け、垂直な壁面に吸着し、登攀中に壁面タイルを連続的に加振しながら、表面の振動波形を検出し、送信機により地上部の判別報知装置へ送信をする。使用時は安全ロープを接続し、停電その他異常時には、ロリップによって安全ロープに固定され落下を防止する。外形寸法(864×513×230)、自重(20kg)、積載荷重(6kg)、速度(上昇5~7m/分、下降10m/分)、電源(AC100V、20A)

(2) 判別報知装置

・振動特性設定作業 — センサー(振動ピックアップ)を被測定タイルに貼りつけ、加振機にてタイルを加振し、センサーの出力を前置増幅器を通じて周波数分析器のレベルコントローラーを各周波数毎に摺動させ、正常部タイルと

異常部タイル(浮き、剥離)の固有振動数の区分を確認する作業を本調査の前に実施する。

・判別報知装置

周波数分析器のレベルコントローラーをセット(異常部の検出状態)し、走行機より送信された信号中の異常部周波数を選別受信し、モニタースピーカーにおいてブザーを鳴らすと共に、赤ランプを点灯する装置となっている。測定者は、このブザーと赤ランプにより測定用紙に記入する。また測定時の波形等を録音し、オシログラフにより再確認できる装置である。

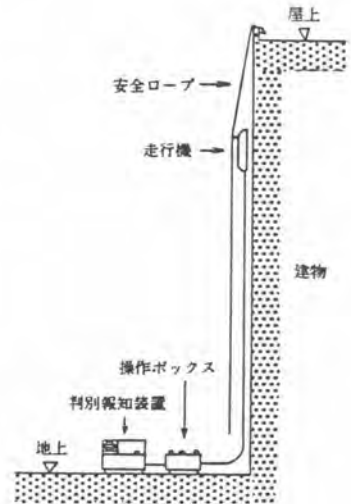


図3 調査概要図

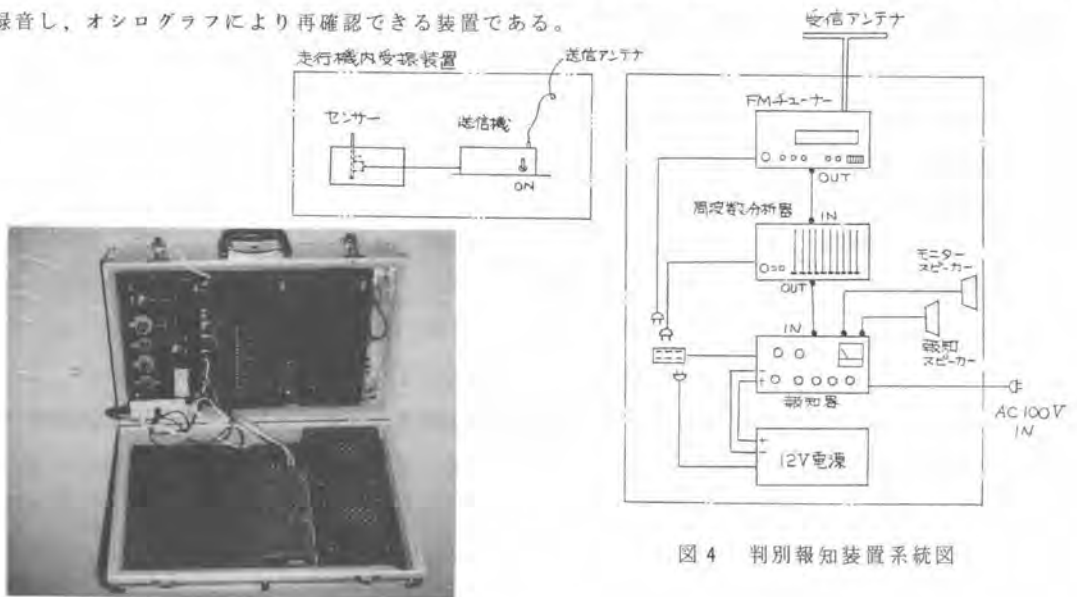
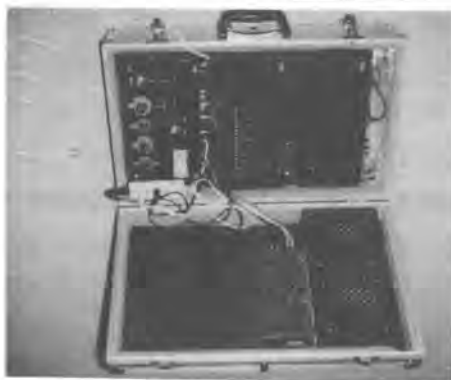


図4 判別報知装置系統図



・操作装置— 走行機のプロア用手元スイッチへ電源を供給すると共に、上昇下降、および左右へ横行するためのコントローラーとスイッチを装備し、それらを操作することにより、登攀をコントロールできる。さらに走行機の加振器のON、OFFも操作できる。



操作装置

6. 実用化での効果

(1) 従来の調査方法との比較

表1に従来との比較を示すが、以下の特徴があげられる。

- ①すべて、地上からの遠隔操作のため、調査者の高所作業がなくなり、安全性が確保される。
- ②機械による測定のため、精度の信頼性が長時間確保される。人が調査する場合、長時間にわたると、疲労等により、測定結果のバラツキが予想される。

(2) 総合効果

- ①調査費の低減②安全性③短工期④データ-の再現性による正確性⑤営業上支障とならない⑥美観を損なわない。

7. まとめ

当調査機による調査では、外壁タイルの付着状態の概要を短期間に、しかも低コストで把握できるため、調査結果によって、さらに詳細調査を行うのか、足場を組んで補修工事を行うのか、そのための予算はどの程度なのかなど、建築主に対して早期に判断材料を提供することができる。また今後の進め方として、

マイコンとXYプロッターを組み合わせてタイル異常個所の自動製図ができるようにしたり、走行機に自動高さ検出装置の開発等の研究を進めている。

項目		方法	新手法 (加振式)	他社向形機 (打撃式)	従来方法 (ゴンドラ)	従来方法 (足場組)
適用 時期	施工中		—	—	—	○
	竣工直前		—	—	—	○
	定期検査		○	○	○	○
	不具合発生時		○	○	○	○
対象 形状	庇、パラダ有		△~○	×	×	○
	柱型有		△~○	△	○	○
	窓有(凹凸無)		○	○	○	○
	建物周囲敷地状況		○	○	○	○
コスト			○	△~○	△	×
安全性			◎	◎	△	○
測定期間			○	△	△	×
測定 精度	感度		○	△~○	○	○
	間隔		△	×	○	○
	信頼性		○	○	△	△
天候(特に風)			△	×	△	○
周辺環境(騒音)			○	×	○	○

注) ◎ ○ △ × は各項目における相対的な優劣判定

表1 他の調査方法との比較