

建築物の壁面を自走する外壁診断装置（プロトタイプ）について — 装置概要 —

(1) はじめに

国土技術政策総合研究所では、総合技術開発プロジェクト「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発(H22-24)」の一環として、住宅・建築物の予防保全に関する研究を実施し、高所、狭所など人が容易に近づけない場所での外壁の診断を簡便に行うための診断技術の検討を進めてきた。

(2) 壁面走行型外壁診断装置の概要

試作した壁面走行型外壁診断装置は、長さ1m、幅85cm、重さ約17kgである。装置は以下の3つの部分で構成される。

- ①外壁診断装置本体
- ②落下防止装置（電源供給を兼ねたリールユニット）
- ③位置計測装置



写真1 壁面走行型外壁診断装置

1) 外壁診断装置本体

外壁診断装置本体は、①走行装置、②打音装置、③走行および打音装置の動作制御装置（制御基盤含む）からなる。

①走行装置

走行装置は、吸着面の大きさが45cm×20cmの2つの脚、77cm×20cmの1つの脚を有し、2つの吸引ポンプ（一般の家庭用掃除機に用いられているとほぼ同じもの）により壁面に吸着しながら移動する。移動方法は、装置の上下に取り付けられた2つの脚(45cm×20cm)と、装置の真ん中にある脚(77cm×20cm)とを、交互に動かして尺取り虫のように壁面を登り降りする。また、この装置は上下方向だけでなく、横方向への移動も可能となっており、鉛直方向1列を診断した後、人が装置を取り外して隣の列に設置しなおすということをせずに、作業を続けていくことができるようになっている。一回の移動距離は、上下方向がおよそ10cm、横方向はおよそ5cmである。

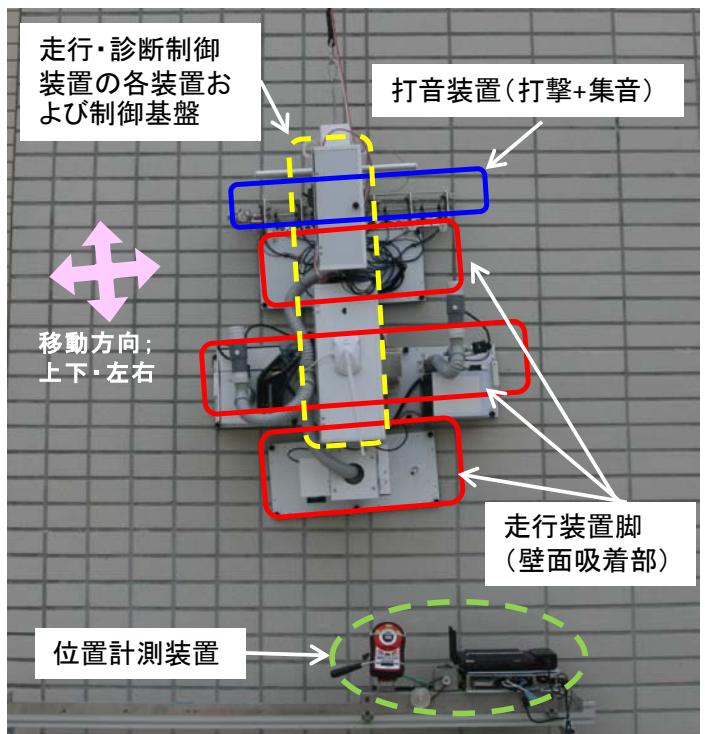


写真2 壁面走行型外壁診断装置および位置計測装置



写真3 打音装置の取り付け状況

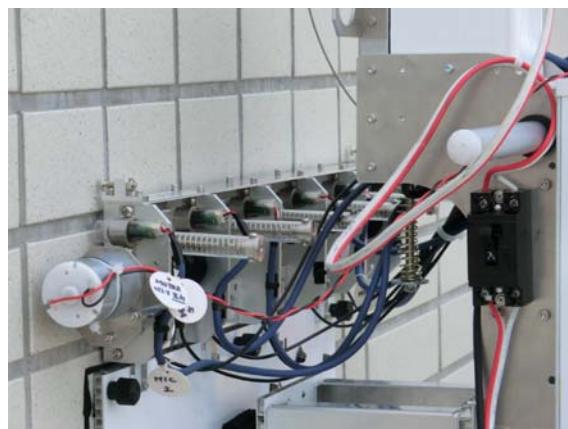


写真4 打音装置

②打音装置

打音装置は壁面を打撃する部分、打音を収録するマイクから構成されている。打撃部分は、走行装置の先端部に壁面を打撃する金属の錘が 10cm 間隔で 6 個設置されており、1 回の移動が終了した後に打撃および集音が行われる。集められた打音はデジタルデータに変換され、搭載しているパソコンで解析してタイルが浮いているか、健全であるかを判定するようになっている。これらのデータは、解析後に地上の制御用パソコンへ送信されるようになっている。

通常、人が打診する場合の作業量は 1 時間あたり 10~20m² 程度と言われており、今回の開発ではその作業量とほぼ同じぐらいになるよう、装置の移動速度や解析方法の検討を進めた。将来的には診断結果を図面情報の中に落とし込み、簡単に検査結果の確認ができるシステムへとなることが期待される。

③走行および打音装置の動作制御装置（制御基盤含む）

走行装置・打音装置・位置計測装置の各動作については、一つの制御系で操作可能となるよう制御基盤および制御プログラムを改良設計した。基本的に、a. 前進（後退）動作、b. 前進（後退）+診断（打撃+データ収録）+位置計測、c. 測定位位置の列替え動作（回転・平行移動）ができるようにプログラムは設計しているが、特に壁面に確実に吸着しながら移動できるようにするために、吸着状態を圧力センサーでセンシングしながら吸着部の動作を最適に制御するように設計した。

動作に関しては、上下だけでなく左右への移動と旋回を行なえるようにし、100mm の左右ストロークを 5 回繰り返すことで幅 500mm の列替えを行うことができるようになった。また回転中心を持つ構造により二脚がそれぞれ +− 5 度ほどの角度で旋回できるようにするために、作業途中で装置進行方向にずれが生じた場合でも修正することが可能である。これらの動作は、ジャイロセンサーによって装置の水平を確認し倒れがあった場合には旋回軸を駆動し常に装置の上端面が水平に保たれるように自動的に修正する。こうした一連の動作はパソコン等から無線 LAN で制御することとした。

2) 落下防止装置（電源供給を兼ねたリールユニット）

外壁診断装置の開発を始めた初期の段階では、電源方式をバッテリー型としていたが、使用状態によって電圧が不安定になり、壁面への吸着状態が不確実になることがあった。そのため、平成24年度の外壁診断装置の改良にあたっては、外部電源を供給する方式とともに含めて、改良に向けた検討を行った（当初はバッテリーのみによる駆動を条件としていた）。

最終的には当初の「バッテリーだけで動かす」という条件を緩和し、走行に支障ないように外部電源を利用する仕様も認めることとした。ただし、外部電源を利用する場合は、電源を供給するケーブルの重量が次の問題となる。試作機では、落下防止用のケーブルに電源供給の機能を持たせることとし、外壁診断装置自体にケーブルの重量がかからないように、一定の牽引力でケーブルを引っ張り上げるための巻き上げ装置を設けて、余計な重量がかからないようにした。また、仮にタイル外壁の一部が浮いたところに外壁診断装置の吸着板がそこにかかり、タイル・モルタルとともに落下するような場合でも、もとの位置から50cmくらい下の位置に吊り下がって止まるようにケーブルを制御できる装置となっている。

巻き取り補助具は、屋上のパラペットに固定して使用することを想定している。試作したものは水平方向に1m程度の長さとなっており、その範囲を外壁診断装置が動く場合は、巻き取り補助具は固定したままでリールユニットを列替えした分だけスライドさせればケーブルに無理な力が働くようなことはない。1m以上水平方向に移動する場合は、巻き取り補助具を固定しなおす必要がある。

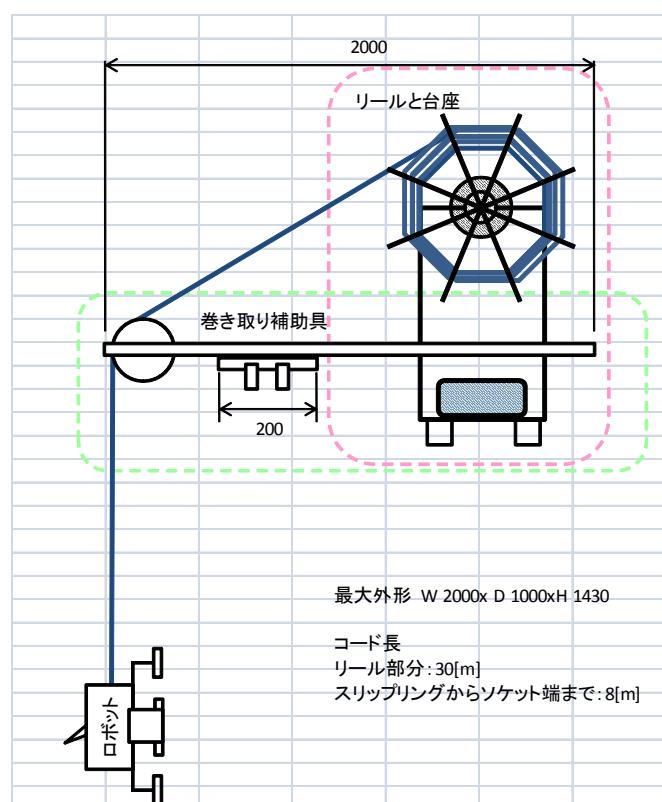


図1 落下防止装置 概念



写真5 落下防止装置 兼
電源供給用リール
ユニット



写真6 巷き取り補助具

3) 位置計測装置

走行装置の位置計測には、エンコーダとレーザ測長器を使用した。図2に示すようなレール架台を地上にセットし、その上にレーザ照射計（写真7）を載せた移動装置を取り付ける。水平方向の位置については、この移動装置を動かしながら、外壁診断装置にセットされた位置計測用の受光ユニット（レーザの受光部）に向けてレーザを照射し、受光ユニットにレーザが入った時の位置をエンコーダから算出する。鉛直方向については、外壁診断装置本体に取り付けられたレーザ距離計を行い、水平方向の距離を測定した際のタイミングで高さを測るようになっている。

計測された位置情報は外壁診断装置に搭載されているパソコンに保存され、その後、打診結果とともに地上に設置されているパソコンに送信される。

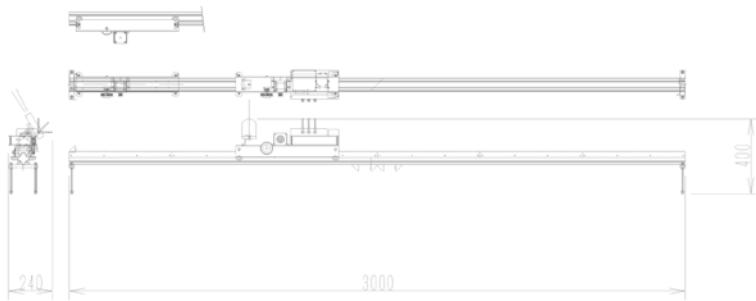


図2 測定用架台



写真7 レーザ照射計

(3) 実証実験

試作機が完成した後、タイルにより仕上げされた外壁を模擬した試験体を用いて、平成25年3月26日に外壁診断装置の走行性や作業性等を確認するための実験を行った。その結果、今回の試作機は壁面への吸着力が想定どおりに確保され、安定して壁面を昇降することが確認でき。また、何らかの原因により吸着がはずれた際にも落下防止装置が適切に作動し、地面に落下することなく直前に吸着していた位置より下へ50cm以内のところでケーブルに吊られた状態のまま保持されることなども確認できた。

安定した壁面吸着を実現するため、平成24年度の試作機の改良にあたっては、流量の大きいポンプを用いることにした。これにより、吸着に関する問題はクリアできたが、新たな課題として診断装置を稼働した際の騒音対策が残った。稼働時の騒音は診断精度にも大きな影響を与える。今後は、この稼働時の音を低減させる技術とともに診断精度の向上を図り、実建物を用いた検証を行いながら、実用化に向けた改良を行う予定としている。



写真8 平成25年3月26日に実施した実証実験の様子（1）



写真9 平成25年3月26日に実施した実証実験の様子（2）