

外壁検査システム「ウォールチェッカー™」

Development of High-Efficient Outer Wall Inspection System

土井 暁
沼崎 孝義

Satoru Doi
Takayoshi Numazaki

1. はじめに

2000年代に外壁タイルの剥落事故が相次いだため、2008年に建築基準法の定期報告制度が改定され、外壁周りの定期検査と報告が義務付けられた。従来の外壁検査では、検査員が打診・記録する必要のあるタイル数は膨大であり、ゴンドラや仮設足場上で高所作業するため危険性が増す。これらを高効率かつ安全に検査するには自動検査装置の使用が最適である。

2. 開発の目標

これまでに、中低層事務所ビルの外壁を対象としたタイル自動打診装置「点検虫」を開発し、事務所ビルに適用してきた。従来の自動打診装置は詳細な剥離診断のリアルタイム処理¹⁾などの効率化手法を採用しているが、建物の外装に設置されている換気孔のフードや、窓などの検査に障害となる設備の周囲を検査できなかった。また、目視検査は撮影画像を1枚ずつ人による視認が必要であるなど、膨大な検査データを診断する作業は手作業による範囲が多く、効率化できていない。

そこで、本システムの開発コンセプトは次のように設定した。

- 1) 左右に伸縮する検査アームを持つ自動化システムにより、現場作業時間の短縮と検査可能な領域の拡大を可能とする。

- 2) 取得した検査データから外壁タイルの浮きとひび割れの診断処理を半自動化し、診断結果の立面図への記入や帳票作成などの検査報告書作成作業の省力化・短工期化を図る。

3. システムの概要

3.1 システムの構成と基本仕様

開発した外壁検査システムの構成は、外壁面を上下移動して検査するシステム本体部と、屋上に設置して本体を上下移動させるためのウィンチ機構、および地上にて操作・監視するための操作システムである。システム本体部は本体上部に左右に伸縮・収納可能なテレスコピック方式の検査アームを搭載する。検査機構は本体下部と左右2本の検査アーム上のスライダーに各1台搭載し(Photo 2a), 3台の検査機構が独立して左右に移動しながら検査する。検査機構は、打診機構とカメラから構成されており、カメラ画像でタイル目地を認識しながら、タイルを1枚ずつ打撃・撮影する。システム本体部の仕様・外観を Table 1 および Photo 1 に示す。

3.2 動作フロー

システムは無線LANを介した操作システムのPCからの指令により動作する。操作システムでは検査領域を指定し、自動/手動動作させることができる他、非常停止させることも可能である。動作指示を受けたシステム本体



Photo 1 システム本体部の外観
Appearance of Main-System

Table 1 開発したシステムの基本仕様
Specification of Developed System

外形サイズ	W1,500mm (最大3,700mm) × D350mm × H1,300mm
重量	200kg (分割運搬可)
昇降速度	最大3.0m/min
検査速度	最大80m ² /h (約500m ² /日)
バッテリー駆動時間	約4h



a) システム本体部
Main-System



b) 操作システム
Control-System



c) ウィンチ機構
Winch-System

Photo 2 開発したシステムの基本構成
Basic Configuration of Developed System

部は、検査領域に合わせて左右の検査アームを伸縮調整し、本体下部のスライダー上の検査機構を含めて同時に検査動作を開始する。それぞれの検査機構がスライダー上の移動検査を完了すると、操作システムは屋上に設置されるウィンチ機構に上昇指令を出す。指令を受けたウィンチ機構は、ウィンチを巻き上げ、巻き上げ距離となるエンコーダーのデータを操作システムに送信するとともに、検査機構のカメラによる目地認識機能により、自動で上下位置を調整および停止して、再び水平方向の検査が終了するのを待つ。システム本体部の内臓 PC は、得られた各タイルの打音・撮像データを内蔵 HDD に位置情報のファイル名にて保存し、簡易リアルタイム診断結果を操作システムに転送する。

3.3 システムの特徴

- 1) 左右の伸縮式検査アームの採用により、最大 3600mm 幅を 8 秒で打診・撮影できる (Photo 2)。
- 2) 検査アームの伸縮により、庇や窓、看板などの周囲を検査できる (Fig. 1)。
- 3) 検査アーム上を横行する検査機構内に、検査ハンマーとカメラを搭載し、目地を認識して、タイルを 1 枚ずつ正確に打診・撮影できる (Photo 3)。
- 4) 検査時には打音とタイル画像を位置情報とともに本体内部に保存し、検査後は打音解析と画像解析とを自動処理 (Fig. 2) して、立面表示、一覧表示できる。
- 5) データ伝送の無線化とバッテリーの採用により、システム本体部と外部とを無線化し、横方向の盛替や機器の搬入・設置を簡易化できる。

4. 検証実験

本システムの検査効率と検査精度を検証するために、事前に従来手法である検査員による外壁調査が行われた中層の事務所ビル (Table 2) の西側壁面 (高さ 30m × 幅 30m) に本システムを適用した。以下に結果を示す。

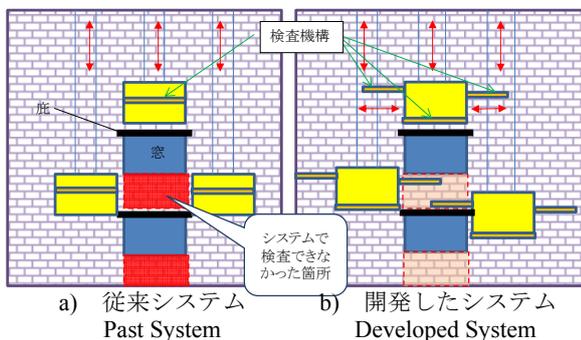


Fig. 1 移動障害物周りの検査方法
Inspection around Obstacles

Table 2 検証現場の概要
Summary of Applied Building

構造・用途	RC造・事務所ビル
規模	地上9階、塔屋
外壁	モザイクタイル貼り

4.1 検査効率

まず、検査アームを全開の状態で作働させ、盛替えを含めた作業員 2 名による検査作業時間を取得した。その結果、検査効率は約 80m²/h であった。また、一定間隔で窓がある壁面における検査効率は、約 55m²/h であった。次に、システムの設置・撤収の作業性を測定した。その結果、4 名の作業員による作業時間は、システムの搬入設置に 2 時間、システムの撤収に 1.5 時間であった。省力化効果について検証した結果、現場作業は検査作業の効率化により約 30%、検査報告書作成作業は取得したデータ処理の半自動化により約 50% の削減効果があった。

4.2 検査精度

本システムで取得した検査結果を、実工事で取得した外壁検査時の結果と照合した。

その結果、本システムが補修必要と診断した数量は、従来手法による外壁検査結果に比べると約 1% 少なかった。また、その後の補修工事で実際に補修された数量に比べると約 0.5% 多かった。

5. まとめ

障害物周りを検査できる高効率な外壁検査システムを新たに開発し、検査効率及び検査精度について検証した。その結果、最大検査効率は、約 500m²/日 (6 時間作業) であり、得られた検査結果は、従来手法で得た結果に比べると、実際に補修した数量により近く、安全側の診断結果であることが分かった。

今後は本システムを実物件にて運用し、診断精度の向上のために判定閾値の微調整を進めつつ、外壁検査の省力化・短工期化が可能であることを実証していく。

参考文献

- 1) 土井：外壁タイル剥離危険度の見える化，コンクリート工学，公益社団法人日本コンクリート工学会，Vol.53, No.5, pp.474-479, (2015 .6)



a) 健全なタイル Healthy
b) ひび割れ Crack

Photo 3 システムで自動取得したタイル画像
Taken Images of Inspecting Tile

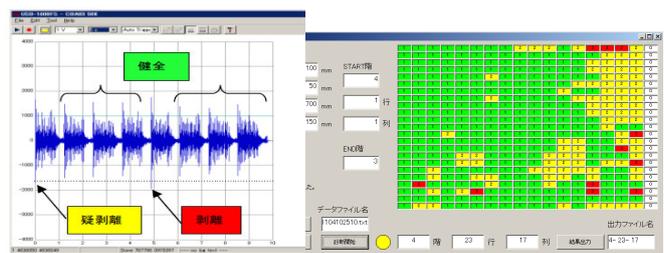


Fig. 2 リアルタイム剥離診断システム
Real-Time Analyzing System of Tile Exfoliation