

富山県立大学 内田 慎哉, 伊藤 始

日東建設(株) 久保 元樹

ボーダック(有) 太田 宝得

1. はじめに

本研究では、供用中の2階建て建造物の壁面を、カメラおよび打撃・振動センサユニットを搭載した壁面走行ロボットで登り降りし、壁面の状態を4K動画として撮影し、また打撃・振動センサユニットにより内部欠陥の探査を行った。

2. 壁面走行ロボット

写真-1に壁面走行ロボットを示す。寸法は、全長665mm×全幅520mm×全高487mmである。ロボットに取り付けたタイヤは、直径115mm、幅50mmである。各タイヤにはモーターをそれぞれ取り付けている。駆動方式は、4 Wheel Steering(4WS)とした。壁面を走行するために、プロペラは3個使用した。このうち2個のプロペラ(10inch)は、プロペラの推進力により壁面走行ロボットを壁面に押し付けるために使用した。残りの1個のプロペラ(8inch)は、壁面を走行するためのものである。モーターおよびプロペラは、バッテリーで駆動する。なお、壁面走行ロボットは、地上から送信機により遠隔で操作が可能である。

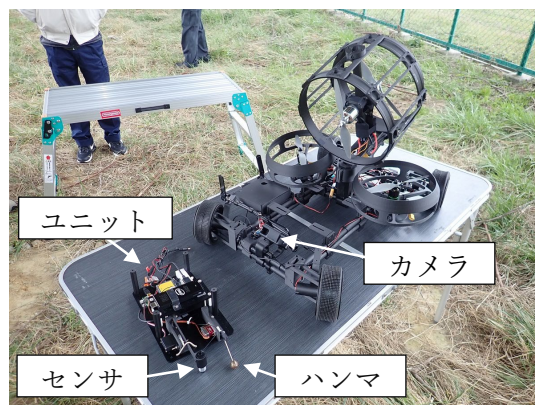


図-1 壁面走行ロボットの概要

壁面走行ロボットには、走行中に壁面のひび割れなどをリアルタイムに観察するためのカメラを設置している(図-1)。このカメラでは、約1200万画素の静止画像および4K動画の撮影が可能である。また、壁面走行時にロボットが振動しても、壁面を撮影するための手ぶれ補正機能が付いている。また、撮影した静止画像および動画は、5.7GHz帯ビデオ無線伝送システムにより、地上に設置した7inch LCDモニターで、走行中にリアルタイムで常時確認することが可能である。

図-1に打撃・振動センサユニットを示す。打撃ハンマは、直径16mmの鋼球を使用した。振動センサには、加速度センサを用いた。加速度センサの周波数範囲($\pm 3\text{dB}$)は、1.5~16000Hzである。打撃・振動センサユニットと波形収集装置は、有線LANで接続可能である。波形収集装置には鋼球打撃をするためのスイッチも付与しており、打撃を遠隔で行うことができる。加速度センサで受信した信号は、サンプリング時間間隔10 μs 、サンプリング点数4096個でデジタル化した後、波形収集装置に時刻歴波形として記録できる。



図-2 対象構造物

壁面走行ロボット、バッテリー、カメラおよび打撃・振動センサユニットの全質量は、約5.6kgである。

3. 対象構造物

図-2に対象構造物を示す。対象は富山県立大学 旧学生会館(2階建ての建造物)である。

4. 調査概要

図-3 に壁面走行ロボットでの外壁調査状況を示す。壁面走行ロボットを地表面から 2 階方向へ走行させながら測定を行った。測定項目としては、外観目視および衝撃弾性法である。前者は、壁面走行ロボットに搭載したカメラにより、壁面の状態を 4K 動画として撮影した。一方、後者は、壁面の任意の高さ 5 箇所において壁面走行ロボットをそれぞれ静止させ、各箇所において、鋼球打撃および弾性波の受信を 1 回ずつ行った。

5. 調査結果

図-4 に走行中に撮影した 4K 動画の映像からスナップショットした静止画を示す。

図-5 に代表的な 2 ケースの時刻歴波形を示す。いずれの時刻歴波形もトレンド成分は除去しており、振幅値の最大値が 1 となるように正規化している。両図を比較すると、図-5 (b) に示す波形には周期性が確認され、しかもその周期は極めて長いことがわかる。

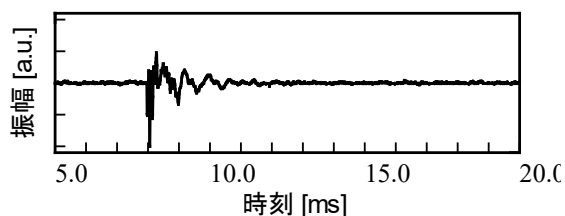
図-6 に高速フーリエ変換 (FFT) により得られた周波数スペクトルを示す。時刻歴波形と同様、振幅が 1 となるように正規化している。対象構造物の壁厚は約 200mm である。そのため、図-6 (a) には、壁厚に対応する周波数 (約 10~12kHz) に成分がある。しかしながら、これよりも低い周波数帯域にも成分があり、この理由については今後の検討課題である。一方、図-6 (b) では、1kHz 以下の極めて低い周波数にピークが出現しており、これはたわみ振動によるものと考えられる。以上より、図-5 (b) および図-6 (b) が得られた測定箇所では、壁面の極表層部分に空隙 (剥離) があると考えられる。



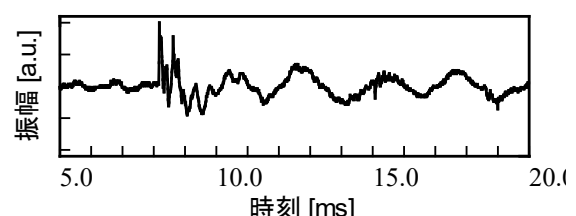
図-3 外壁調査状況



図-4 走行中に撮影した外壁の写真

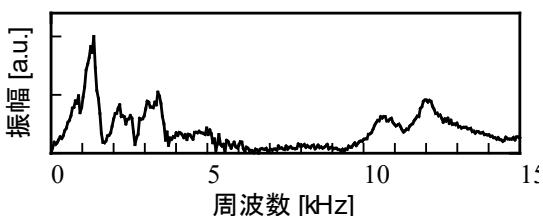


(a) 健全部

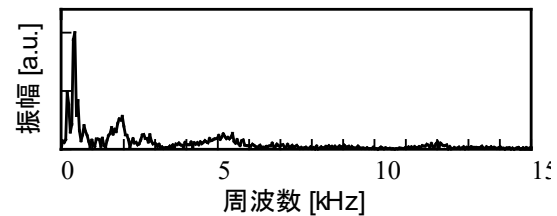


(b) 剥離部

図-5 時刻歴波形



(a) 健全部



(b) 剥離部

図-6 周波数スペクトル

6. まとめ

本研究では、カメラおよび打撃・振動センサユニットを搭載した壁面走行ロボットを活用して、動画撮影および衝撃弾性波法による既設コンクリート構造物の外壁調査を行った。外壁調査の結果、剥離の有無を評価できることを明らかにした。