

打撃ハンマ・接触型振動センサユニットを搭載している壁面走行ロボットを活用した 動画撮影および衝撃弾性波法に基づく既設コンクリート構造物の調査

富山県立大学 正会員 ○内田 慎哉, 正会員 兵動 太一, 正会員 伊藤 始
富山県立大学 野上 雄祐, 藤井 壮太
日東建設(株) 正会員 久保 元樹, (有) ボーダック 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、打撃ハンマ・接触型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、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、また打撃ハンマ・接触型振動センサユニットを用いて衝撃弾性波法による非破壊試験を活用して、外壁の調査を行った。

2. 壁面走行ロボットの概要

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。ロボットの取り付けタイヤは、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個取り付けた。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。

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(写真1参照)。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。

写真1に打撃ハンマ・接触型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。接触型振動センサには、加速度センサを用いた。加速度センサの周波数範囲(±3dB)は、1.5~16000Hzである。打撃ハンマ・接触型振動センサユ

ニットと波形収集装置は、有線LANで接続している。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10μs、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した。壁面走行ロボット、バッテリー、カメラおよび打撃ハンマ・接触型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

写真2に対象構造物を示す。対象は富山県立大学

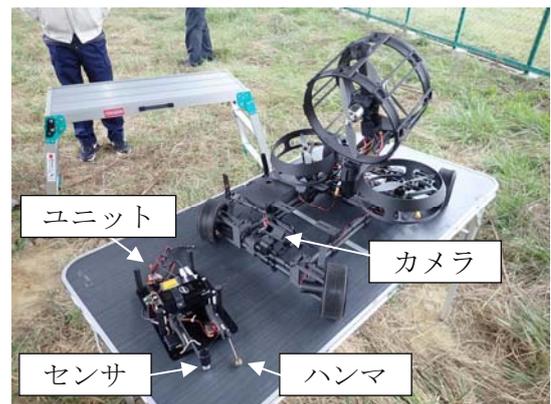


写真1 壁面走行ロボットの概要



写真2 対象構造物

キーワード コンクリート, 非破壊試験, 衝撃弾性波法, 壁面走行ロボット, 振動センサ

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河5180 富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 TEL0766-56-7500



写真3 壁面走行ロボットによる外壁調査状況



写真4 走行中に撮影した外壁の写真

学生会館であり、2019年8月には取壊が確定している2階建ての建造物である。

4. 調査概要

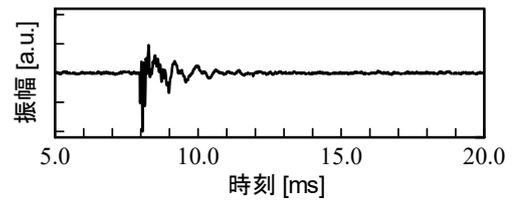
写真3に壁面走行ロボットでの外壁調査状況を示す。壁面走行ロボットを地表面側から2階方向へ走行させながら測定を行った。測定項目としては、外観目視および衝撃弾性法である。前者は、壁面走行ロボットに搭載したカメラにより、壁面の状態を4K動画として撮影した。一方、後者は、壁面の任意の高さ5箇所において壁面走行ロボットをそれぞれ静止させ、各箇所において、鋼球打撃および弾性波の受信を1回ずつ行った。

5. 調査結果および考察

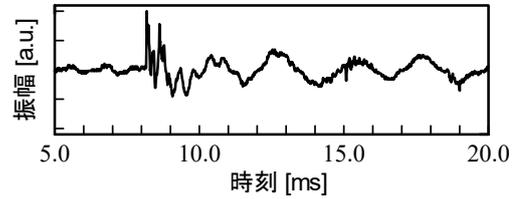
写真4に走行中に撮影した4K動画の映像からスナップショットした静止画を示す。

図1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1(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2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。対象建造物の壁

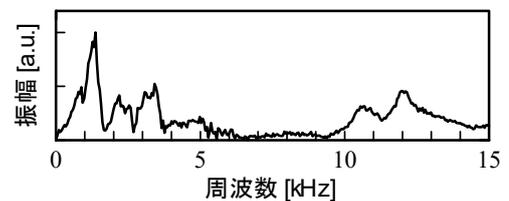


(a) 健全部

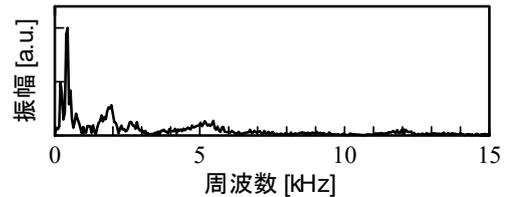


(b) 剥離部

図1 時刻歴波形



(a) 健全部



(b) 剥離部

図2 周波数スペクトル

厚は約200mmである。そのため、図2(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2(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1(b)および図2(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。

6. まとめ

本研究では、打撃ハンマ・接触型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。

謝辞

本研究は、公立大学法人 富山県立大学 重点領域研究遂行支援の援助を受けて行った。ここに記して謝意を表す。