

4) 建築生産研究グループ

4) - 2 屋外に面する非構造部材の劣化検知技術に関する研究

【安全・安心】

Study on Technology for Deterioration Detection of Outdoor Non-Structural Member

(研究開発期間 令和5～7年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering沖 佑典
OKI Yusuke脇山 善夫 (令和5年度)
WAKIYAMA Yoshio八木 尚太郎 (令和5～6年度)
YAGI Shotaro

This study investigated technologies for detecting changes affecting structural safety in wooden horizontal non-structural members that support outdoor floors and are enclosed by floors, walls, ceilings. The technologies examined were RFID tags to detect high moisture atmosphere, and acceleration sensors attached to the human body to measure oscillation characteristics. The applicability of both technologies was tested through laboratory-scale measurements and measurements using a full-scale outdoor test specimen.

【研究開発の目的及び経過】

近年の事故や災害による非構造部材の損傷は、外装材や天井などの内外装材の落下だけでなく、利用者が動作時に体重を預ける床、階段、手摺などの損傷・落下も確認されており、屋外に面する床や階段では人身に危害が及ぶ事故も発生している。屋外の床や階段を支持する非構造部材が天井などの外装材に覆われるような場合は、適時に点検がなされないことも想定される。

本研究課題は、屋外に面する非構造部材の内、外装材に覆われる非構造部材に生じる劣化で構造安全性に影響するものを対象に、ICT 技術を活用して非破壊かつ簡便に検知するための技術開発を行うことを目的に実施する。

【研究開発の内容】

主対象として、木造建築物で屋外の床や階段などを支える木造横架材（床、壁、天井等により囲われているもの）を想定し、構造安全性に影響する変化を把握するための技術について検討した。具体的には、直接的に木材の高含水状態について把握する技術として RFID タグを、木材の状態について振動性状の変化から把握する技術と

して身体に取り付ける加速度センサを取り上げ、①要素技術の適用の検討、②実大試験体（※後述）を対象とした実験検討を行った。

1) RFID タグを用いた検討の概要

検討には、以下の RFID タグ、RFID リーダライタ、測定ソフトを使って行った（RFID 温度測定・水漏れ検知スターターキット SS-KIT-1）。

RFID タグ : Tempareture Dogbone WetInlay

RFID リーダライタ : UTR-SHR201

温度測定・水濡れ検知デモソフト : UTRTempSensorDemo

同タグは温度センサ、状態変化センサ機能を搭載しており、リーダライタとデモソフト（PC にインストール）で、タグを貼り付けた対象物の水分状態を相対的な数値により確認できるものであり、対象物の含水状態が減少した場合に正の値が、増加した場合に負の値が計測される。同タグについては、タグ自体への水の接触の有無、タグを取り付けた木材の表面近傍の含水状態の変化によってデモソフトで得られる数値が有意に変化することを、杉の角材（断面 100mm×100mm）を使って確認した。

実大試験体は図 1 に示す通りで、幅 1300mm×長さ

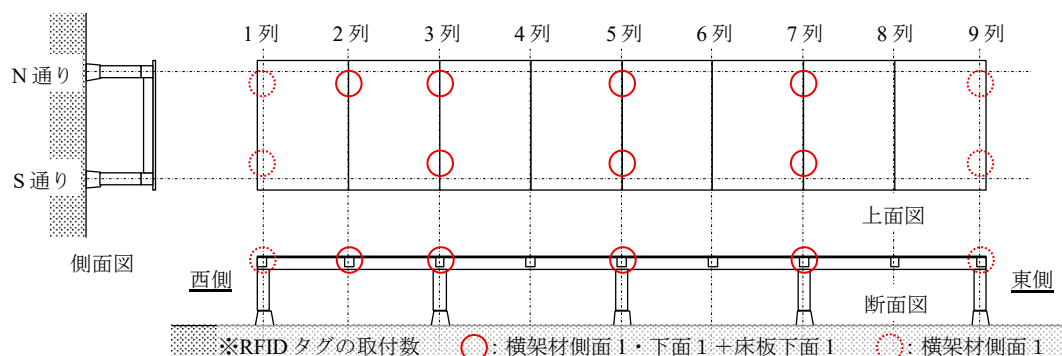


図 1 実大試験体の概要（右上写真：試験体全景、右下写真：RFID タグ取付状況）

7280mm×高さ 700mm、柱は杉 100mm×100mm、横架材は杉 90mm×100mm、上部面材は構造用合板（板厚 24mm）である。降水が横架材に到達し劣化を促進しやすいよう、構造用合板の間に10mmの隙間を設けている。試験体を現地製作後に期間を置き、降水のない期間が続いた後、2025 年 5 月末に、図 1 に示すように試験体の各位置に RFID タグを 25 枚ステープル止めし、各月 1 回以上の計測を実施した。また、試験体位置での温度・湿度を収録するために、温度・湿度データロガーAD-5327×1 個を試験体 N 通り 5 列の横架材の西側面中央に設置している。

2) 身体に取り付ける加速度センサを用いた検討の概要
検討には、以下の加速度センサ及びソフトを用いた。

小型無線多機能センサ AMWS020

ソフト：SensorController

同センサは、バンド等を使って身体等に取り付けることができ（各実験では両脚の脛の最下部に取り付け。軸方向は、直立時、鉛直方向が X 軸、前進方向が Z 軸、前進直交方向が Y 軸。）、取り付けた身体等の動きに合わせて計測した加速度や角速度等を Bluetooth 接続で、PC にインストールしたソフトに収録することが可能である。

同センサについては、構造実験で用いる加速度センサ（ARF-50A）と比較計測を行った。比較のための加速度は、長辺を単純支持した構造用合板（910mm×1820mm×12mm）の中心軸上を人が歩行する場合について、合板裏に設置した両センサで計測した。同センサの方が最大加速度で約 3 割小さくなったものの、同様の加速度変化を捉えられることを確認した。実大試験体上の歩行による加速度計測は、2025 年 5 月から各月 1 回以上を実施した。

【研究開発の結果】

1) RFID タグを用いた検討結果

2025 年 5 月から 2026 年 2 月まで実施した 21 回の計測の結果をプロットすると図 2 のようになる（タグを取り付けた翌日の計測値を原点としている）。5 月下旬から 7 月上旬にかけての 7 回の計測では降水日を挟み、降水後

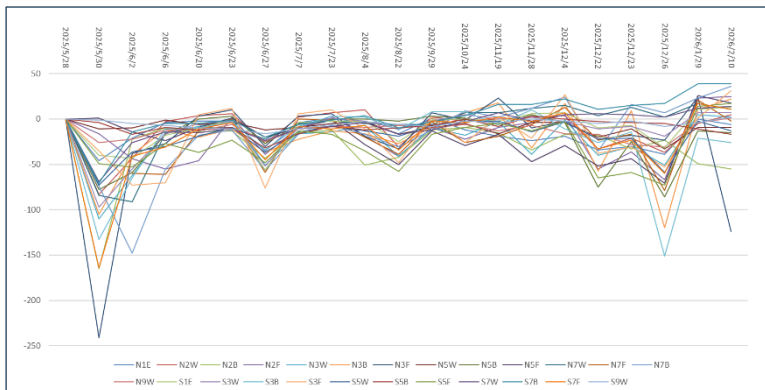


図 2 実大試験体に取り付けた各 RFID タグの計測結果（通期）

に試験体の計測値が減少し、その後の乾燥により計測値が増加することを確認した。降水が多いと RFID タグ近傍に水が到達したり（図 1 の右下写真）、場合によってはタグ自体が水濡れしたりすることもあったが、期間内の計測で不具合は生じなかった。また冬季に向けて乾燥状態に向かう中で、タグ周辺の試験体について乾燥状態に向かっていることも図 2 の計測値の変化から確認できる。

RFID タグの検討は、本研究での検討対象と想定している非構造部材の設置条件よりも厳しい条件であったが、タグが実用できることを確認した。今後は中長期の利用について耐久性を含めて継続した検討が必要である。

2) 身体に取り付ける加速度センサを用いた検討結果

RFID タグを用いた検討同様、2025 年 5 月から 2026 年 2 月まで計 14 回の計測を実施した。計測方法は、両脚の脛最下部と、腰ベルトのバックルにセンサと取り付け、試験体の上床面を歩行する間の加速度を計測した。本研究では非構造部材に該当する横架材の劣化検知を対象としているため、以下では、横架材上部にあたる箇所での計測結果について示す。

2025 年 5 月と 2026 年 2 月の計測について、実大試験体の 3 列目の横架材上部に右足が着地した際の X 軸の加速度の時間変化を図 3 に示す。鉛直方向の加速度はについて着地のタイミングは若干異なっているものの、最大加速度は概ね同程度を記録しており、計測期間中に大きな差は認められていない。実大試験体自体にも目視で顕著な変状は認められておらず、今後顕著な劣化が認められる際に計測値に変化が確認されるものと見込まれる。

【今後の展開】

木材を用いた横架材を対象に、RFID タグを用いた水分環境の検知と身体に取り付ける加速度センサによる加速度計測について実用可能性について確認した。試験体の劣化がより進んだ状態になった場合の検知や、RFID タグについての中長期の環境下での動作確認を含めて、今後とも継続的な計測を行ってデータを蓄積する予定である。

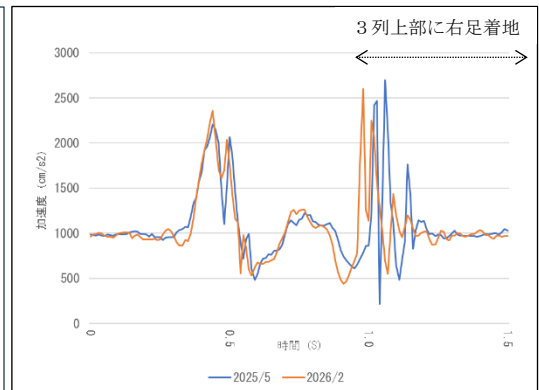


図 3 実大試験体上の歩行による加速度記録