

建築模型の揺れを簡単に計測できる加速度センサによる建物構造振動教育の充実化ツール

池田雄一（高知工業高等専門学校まちづくり・防災コース（建築））
共同実施者：上田真也（高知工業高等専門学校 教育研究支援センター技術教員）

1. はじめに

少子化に伴って、建築学科・建築学コースを設置する大学や高専には、入学前のオープンキャンパスに訪れる学生、及び入学後の一般教養共通科目を主に修学する1年・2年生の在学期間の学生に、建築の魅力を発信することが、現在、建築学科・建築学コースのある学校には求められている。建築専門科目の「建築構造に関する科目」については、建築教育科目の中にあつて、学生からなかなか興味を持ってもらうことができない科目に掲げられることが多い。

そこで本研究では、実験実習で行う、建築模型の揺れを簡単に計測できる教育用の加速度センサによって、建物構造振動教育の充実を図ることが目的である。具体的には、建築構造科目や建築構造実験に導入してもらうため、建築構造教育用の加速度センサを製作し、この製作した教育用加速度センサと、加速度センサによって計測されたデータを加工するマニュアルを作成した。教育用加速度センサと計測データ加工マニュアルによる建築構造実験実習の教育ツールを開発した。

そして、この教育用の加速度センサと、加速度センサの操作及びデータ加工のマニュアルを、建築学科及び建築系コースのある米子工業高等専門学校（鳥取県）、小山工業高等専門学校（栃木県）、熊本高等専門学校（熊本県）及び有明工業高等専門学校（福岡県）に配布した。教育用の加速度センサを配布・配送した各校には、各講義や実験実習に導入してもらい、この提案する加速度センサと、これを使用した構造ツールによって、効果的な講義及び実験演習の充実・改善に有効活用してもらう。

2. 教育用の加速度センサ

教育用の加速度センサの製作については、次の2点を重要視した。1) 大学や高専では、建築構造、建築振動学に詳しい教員が必ずいるとは限らない。そこで、できるだけわかりやすい加速度センサの操作とすること。また、実験・演習において、初心者でもある学生が簡単に使いこなせる抵抗感の低い加速度センサとした。2) 講義・実験において、建築構造模型を揺らして、すぐに計測データを確認することができる。以上の2点を重要視し、加速度センサと計測データの視覚化のソフトを、建築構造教育ツールとして開発した。

図1に製作した教育用の加速度センサを、図2にはその教育用加速度センサを建築振動模型に設置した様子を示す。図1に示す加速度センサの計測センサ部分を、図2の振動模型に設置して、振動模型の設置部分の加速度データを X



図1 教育用加速度センサ



図2 建築振動模型に加速度センサを設置した様子



図3 加速度センサを用いた実験実習の様子（高知高専）



図4 加速度センサを設置する建築振動模型

方向、Y方向及びZ方向の3成分の加速度データを計測することができる。図1に示す本体部分には、青色のスタート・ストップボタン、黒色のリセットボタン、この2つで計測できるしくみとなっている。

図3には、高知高専における教育用の加速度センサの実験実習の様子を示す。図4には、実験実習において学生が製作した木造軸組模型の振動模型を示す。この振動模型に教育用の加速度センサを設置して、手動の振動台を揺らして加速度を計測する。

計測後は、計測データの加工マニュアルに従って、計測データを図化できるようになっている。

3. 教育用加速度センサを配布した建築学科及び建築系コースのある国立工業高等専門学校

教育用の加速度センサとマニュアルを、表1に示す建築学科及び建築系コースのある国立工業高等専門学校に配布した。そして、各工業高等専門学校の建築構造科目や建築

構造振動実験実習に、教育用の加速度センサを取り入れてもらい、その後の教育用の加速度センサの導入後の意見を収集し、教育用の加速度センサの改良・改善点を図る予定である。

4. 教育用加速度センサにて計測した加速度データの図化

教育用の加速度センサによって計測した加速度データは、本体上部にある SD カードに CSV ファイル形式で保存されることになっている。そのため、SD カードを教育用の加速度センサから取り出して、すぐにデータを確認できる。

計測した加速度データを速度データに変換するには、加速度データを1回積分、変位データにするには加速度データを2回積分する必要がある、プログラムによって計算する。ここでは Chrome などブラウザで使えるプログラミング環境 Google Colaboratory (略してグーグルコラボ Colab) を使用して、Python 言語で書かれたプログラムに計測データを読み込ませ自動的に加速度データを、速度データと変位データに変換する。図5に示す GoogleColab の上部にある「すべてのセルを実行」(赤線部分)をクリックすると、Python プログラムが上部から順番に実行され、スクロールしていくと下部に、図6の加速度・速度・変位、図7の平面変位軌跡及び図8のフーリエ振幅スペクトルが図化される。よって、実験実習において、その場において計測データを図化でき、学生はその場において、すぐに確認できる利点がある。

5. 教育用加速度センサの計測精度

教育用の加速度センサの計測精度を確かめるために、教育用の加速度センサを振動台に設置し、教育用の加速度センサの精度を検証した。

国内で観測された 2024 年能登半島地震の石川県・正院及び 1995 年兵庫県南部地震の兵庫県・鷹取において観測された強震動を、この振動台実験に用いた強震動を事例として記載する。計測精度の検証は、レーザー変位計の平面変位軌跡と、教育用の加速度センサによる平面変位軌跡を比較して検証を行った。比較図を図9に示す。

図9から、レーザー変位計の平面変位軌跡と、教育用の加速度センサの平面変位軌跡はよく一致しており、教育用の加速度センサの計測精度は良いと判断している。

他の多くの強震動による振動台による振動実験を行った結果、加速度センサとレーザー変位計との平面変位軌跡は概ね一致し、その変位の最大の誤差は約 30mm となった。振動実験を行った多くの強震動においては、最大の誤差は 10mm 以内となった。

謝辞

本研究は、建築技術教育普及センターの令和7年度調査・研究助成を受けて実施しました。ここに感謝申し上げます。

表1 加速度センサを配布した国立高専

No.	国立工業高等専門学校名	県
1	米子工業高等専門学校	鳥取県
2	小山工業高等専門学校	栃木県
3	熊本高等専門学校	熊本県
4	有明工業高等専門学校	福岡県



図5 GoogleColab の画面

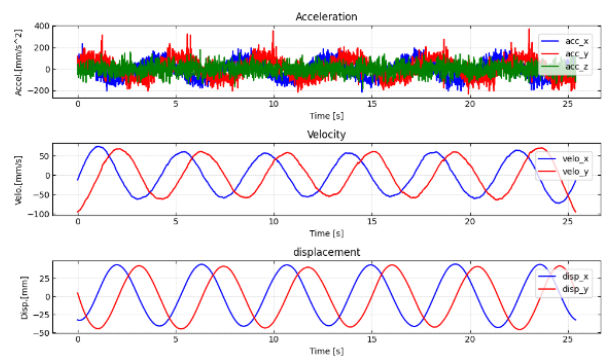


図6 加速度・速度・変位の時刻歴図 (X・Y・Z方向)

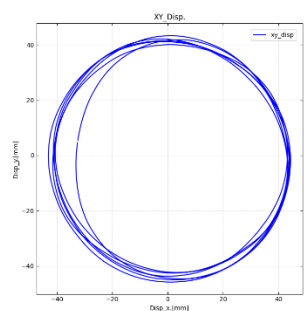


図7 平面変位軌跡 (X・Y方向)

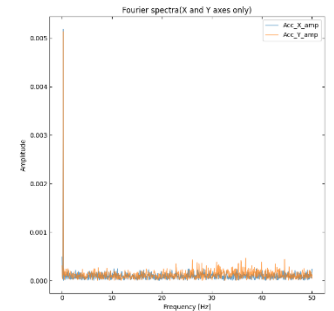


図8 フーリエ振幅スペクトル

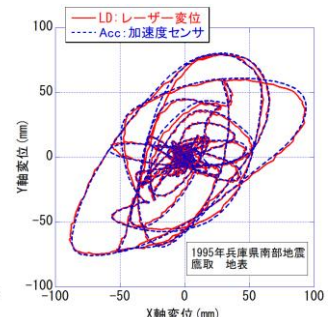
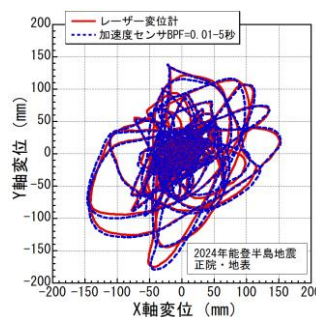


図9 平面変位軌跡 (左: 正院 (2024 年能登半島地震)、右: 鷹取 (1995 年兵庫県南部地震))