

地図建物情報に基づく広域展開可能な構造モデルの開発

徳島大学 学生会員 ○中川 太誠 徳島大学 正会員 中田成智

1 序論

近年，東北地方太平洋沖地震や熊本地震など大規模な自然災害が頻発しており，今後も南海トラフ巨大地震などの大規模な災害が起こることが予想されている．そこで災害直後に街全体の被害状況を把握することが二次被害の軽減につながると考えられるが，大規模災害直後には被害情報を収集することが困難である．

そこで，観測された地震動と街のモデル化によって，より現実の被害状況にあったシミュレーションを即時に行うことができると考えられる．そのための必要技術として，広域展開を想定して，全ての建造物を高精度かつ容易にモデル化するための手法を確立することを目的とする．

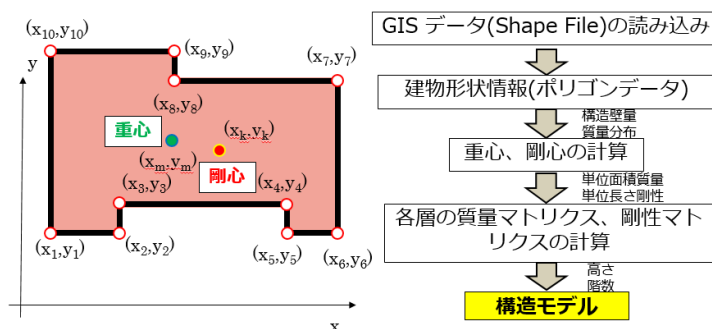
2 既存の構造モデルに関する考察

一般的に構造モデルを作成する方法として，質点系モデル¹⁾や有限要素モデル²⁾が用いられることが多い．しかし，質点系モデルは質点をばねで直列に結んだ形をしており，各構造物の幾何学形状などは考慮することが難しい．有限要素法は一つの建物に対してより高精度なモデルを作成することに適しているが，詳細な情報が必要なため，数多くの構造物に適用するには向いていない．

このように従来の構造モデルの作成手法では広域化することが難しい．本研究では地図情報から幾何学モデルを作成することで広域展開を可能にし，そこに構造物の計測データを加えることで実現象を考慮した構造モデルを作成する．

3 地図情報幾何学モデル

既存の地図情報から建物形状情報（ポリゴンデータ）を取得する．地図情報に含まれる各建物のポリゴンから点の緯度，経度（座標）を抽出し，平面直交座標系を用いて変換する．次に，重心，剛心の計算を行い，単位面積質量と単位長さの剛性から各層の質量マトリクスと剛性マトリクスを求め，構造モデルとする（図－1）．



図－1 構造モデルの作成手法

本研究では，建物は周囲をすべて同じ材料の壁で囲まれていると仮定し，質量と剛性は一樣のものとして考える．建物の単位面積当たりの質量は木造やコンクリート造の一般的な値を使い，単位長さ当たりの剛性を未知のパラメータとして扱う．

4 実構造物への応用と検証

検証を行うため，吉野川市鴨島町にあるカフェを対象構造物として扱う（写真－1）．この建物は木造2階建てで，加速度計を1階，2階に1台ずつ設置している．また，システム同定のための計測は速度計を用い，入力に地震波を用いた加速度応答によるシステム同定と，常時微動を用いた速度応答によるシステム同定の2パターンを行った．



写真－1 対象構造物北面

4. 1 常時微動波形によるシステム同定とカーブフィッティングによる関数化

常時微動を計測し、モデル化を行う。これにより地震が起こるのを待たずに数多くの構造物をモデル化することが可能になると考えられる。

図-2 の青色グラフは、1 階で計測した常時微動を入力波、2 階で計測した常時微動を出力波とし、その比を取ったものである（南北方向）。

橙色グラフはシステム同定により得られたデータに近似した伝達関数である。作成する際、一次モードの固有振動数は 6.25Hz とした。

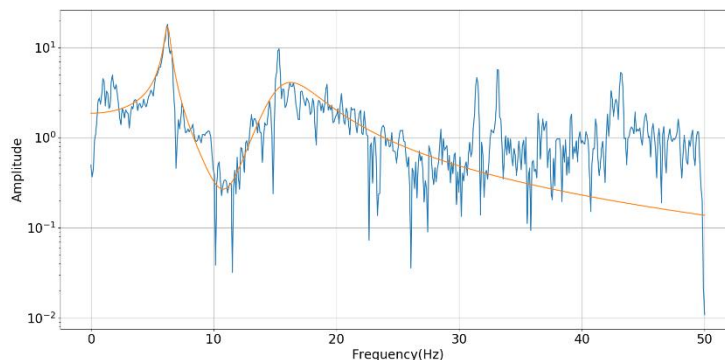


図-2 周波数領域での入出力の比と伝達関数

4. 2 地震動観測

対象構造物に設置されている加速度計により

- ・2018 年 6 月 18 日 7 時 58 分頃発生 震源地：大阪府北部
- ・2018 年 11 月 2 日 16 時 53 分頃発生 震源地：紀伊水道
- ・2018 年 11 月 5 日 8 時 19 分頃発生 震源地：紀伊水道
- ・2018 年 11 月 25 日 18 時 19 分頃発生 震源地：徳島県南部 の 4 つの地震波形を観測した。

4. 3 地図情報幾何学モデルの検証

作成した幾何学モデルに 2018 年 11 月 25 日 18 時 16 分頃徳島県南部で発生した地震動を入力として与える。図-3 は 2 階での応答シミュレーションと実際の観測波形の比較である。

第 3 章で述べた構造モデル作成手法では、未知のパラメータである単位長さ当たりの剛性が不確定で、実現象を高精度に再現することは難しいと考えられる。そこで、幾何学モデルの固有振動数を現象論的数学モデルの固有振動数を用いて校正

することで、実現象を考慮した構造モデルにすることができる。幾何学モデルのパラメータについて、単位長さ当たりの剛性を $1.08 \times 10^6 (\text{kN/m})$ として計算した。

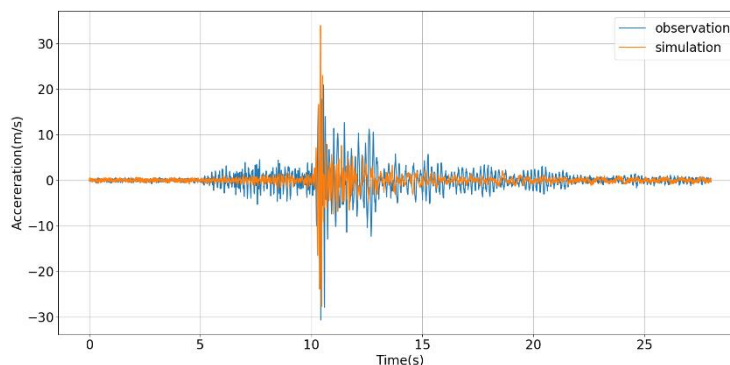


図-3 応答シミュレーション（南北方向）

5. 結論

本研究では、広域展開を想定した構造モデルを作成し、微動計測によるデータを用いて校正した。そして、観測した地震動を用いて地震応答シミュレーションの検証を行った。この手法は、本研究の目的である、広域展開を想定した高精度かつ容易なモデル化手法であると考えられる。

広域展開について、この手法で求めたモデルのパラメータを同材質・同形状の構造物に対して適用することで、同様のモデルを用いることができると考えている。今回求めたパラメータを他の木造 2 階建ての構造物に適用し、その応答シミュレーションが正確であるか計測と比較して検証する必要がある。

参考文献

1. 柴田明德：最新耐震構造解析第 3 版，(2016)，森北出版株式会社，pp.245-261
2. ものづくりウェブ MONOWEB 知識ゼロからものづくりを学ぶ 機械設計エンジニアの基礎知識：有限要素法（FEM），<http://d-engineer.com/cae/fem.html>，(2019 年 2 月 4 日閲覧)