

広域における地震シミュレーションを想定した構造モデル作成の基礎的研究 A Basic Study on Structural Modeling of Earthquake Simulation in a Wide Area

徳島大学大学院 学生会員 ○中川太誠 徳島大学 正会員 中田成智

1. はじめに

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。

そこで現在、自治体等に早く正確な災害情報を提供するために、広域の地震被害を即時予測するシステムの開発が進められている。そのシステムでは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を目指している。そのための必要技術として、広域展開を想定して、より多く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、各建造物の幾何学形状などは考慮することが難しい。有限要素モデルは一つの建造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、数多くの建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、そこに建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. モデルの作成手法

＜構造モデルの広域展開＞

はじめに、街中の建造物を形式別に分類する（木造、RC造低層、RC造高層、S造等）。次に、代表的な建造物の振動計測を行い、サンプルとする。そして、サンプルの構造モデル（物理的なパラメータ、建造物の振動特性）を同分類の建造物に適用する（図-1）。

＜地図情報幾何学モデル＞

既存の地図情報から建造物形状情報（ポリゴンデータ）を取得する。地図情報に含まれる各建造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-2）。本研究では、建造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。建造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。

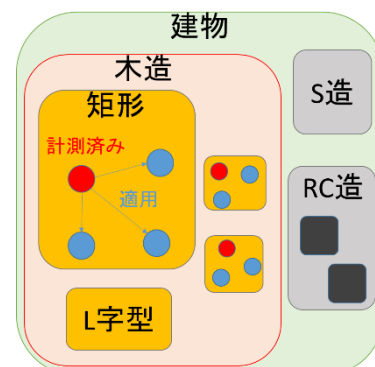


図-1 広域展開の流れ

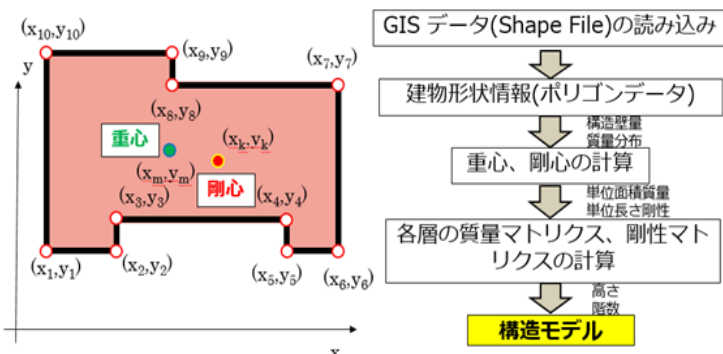


図-2 地図情報幾何学モデルの作成

キーワード 広域展開, 地図情報, 微動計測, 構造モデル

連絡先 〒770-0861 徳島県徳島市南常三島町2丁目-1, TEL: 090-8360-1654,

E-mail: c501931019@tokushima-u.ac.jp

＜構造モデル作成の流れ＞

まず、計測に基づく数理モデルを作成する。代表的な構造物の微動計測を行い、システム同定したものにカーブフィッティングして、伝達関数を作成する。これにより、実構造物の振動特性に基づいたモデルが作成できる。

次に、先述の地図情報幾何学モデルを作成する。得られたパラメータ（質量マトリクス、剛性マトリクス、重心、剛心等）を基に状態方程式を経て、伝達関数を作成する。これにより、実構造物の幾何学情報を考慮したモデルを作成できる。

そして、これらの伝達関数を比較する。相違がある場合、地図情報幾何学モデル作成の際に与えたパラメータ（主に単位長さ当たりの剛性）を修正することで近似していく（図-3）。

これにより得られた構造モデルは個々の構造物の幾何学形状を考慮し、かつ、計測による振動特性も考慮しているので、より正確なモデルであると考えられる。

4. 実構造物への適用

＜対象構造物＞

対象構造物として徳島大学建設棟を用いた。鉄筋コンクリート造5階建てで、緯度経度の情報があり、東西方向に長いL字型（図-4）をしている。本研究では微動計測のために、黄色の点で示す4か所の1階、3階、5階に速度計を設置した。

＜微動計測結果＞

右図は微動計測の結果にカーブフィッティングすることで伝達関数を作成したグラフである。今回は代表点として最も離れている2点のデータを基に伝達関数を作成した。横軸に周波数（Hz）、縦軸に振幅比（下階での計測データを入力波、上階での計測データを出力波とする）をとる。橙色のグラフは北側に設置した速度計による計測結果である。青色のグラフは南西側に設置した速度計による計測結果である。

南北方向については 3.5~4.5Hz 辺りでピークが見られ（図-5）、東西方向については 5.0Hz、8.0Hz 辺りでピークが見られた（図-6）。

また、10Hz 以降の高周波数帯ではノイズの影響が大きくパワースペクトルが非常に小さいため、考慮しないものとする。

5. まとめ・今後の方針

本研究では広域展開を想定した構造モデルの作成の流れと計測に基づく数理モデルの作成を行った。

今後の方針としては、地図情報幾何学モデルの作成手法を確立し、完成したモデルに計測波形を入力してモデルの検証を行う。また、今後はモード形状等も見えていく。そして、他の構造物にも適用し、モデルの汎用性についても検証していく必要がある。

参考文献

1. 柴田明徳：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）

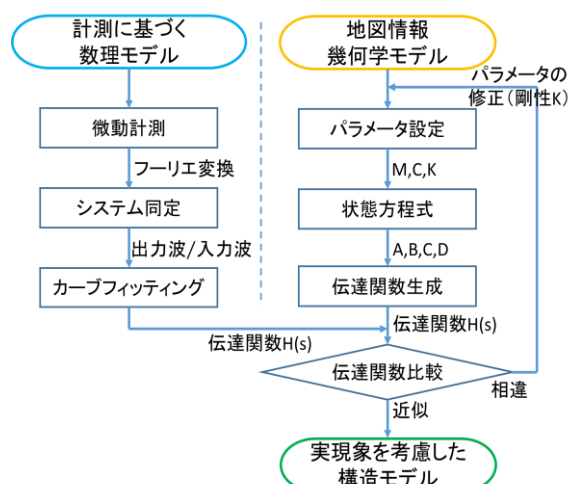


図-3 構造モデル作成の流れ



図-4 徳島大学建設棟

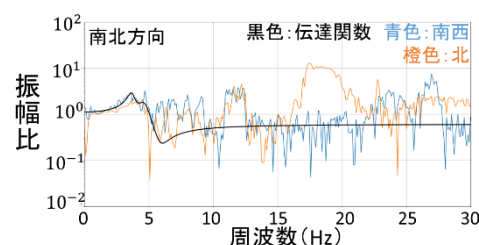


図-5 微動計測結果（南北方向）

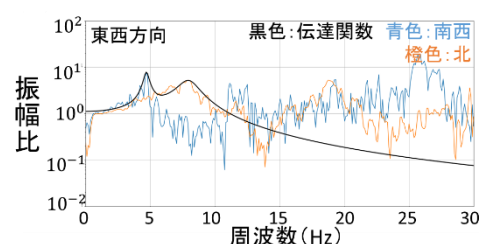


図-6 微動計測結果（東西方向）