

都市全体の地震・津波による木造家屋倒壊解析に向けた ASI-Gauss 法の適用

九州大学大学院	学生会員	○原 倖平
九州大学大学院	正会員	浅井 光輝
理化学研究所	非会員	大谷 英之

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震で生じた大規模な津波により、沿岸域の木造家屋の多くは瓦礫となった。津波と瓦礫が混在して遡上することで、人的・経済的損失が拡大した。瓦礫の総量は約 2200 万トンにも及び、災害復興時にはその膨大な瓦礫の処理に時間を有し、復旧・復興に遅れが生じた。今後、南海トラフなど、同規模の地震・津波被害が生じる危険性が高いことが指摘されている。そのため津波遡上現象だけでなく、同時に発生する瓦礫発生量の総量と拡散状況の事前評価が求められる。そこで本研究では、流体構造連成解析により津波遡上後の都市全体に発生する瓦礫総量と、拡散・分布の事前評価を目標とし、その前段階として津波によって倒壊し、瓦礫となる可能性の高い木造家屋に対応した物性値の与え方と都市全体のモデル化手法について検討を行った。

本研究で対象とする木造家屋の軒数は非常に多く、建物ごとの詳細なモデル化は不可能である。そのため一軒一軒の詳細なモデル化はせず、簡易的にモデル化し、建築年ごとに適用された建築基準法に基づいた強度を保有させる。解析プログラムは骨組構造の進行性崩壊解析が可能な有限要素法の一つである ASI-Gauss 法²⁾を用いた。本稿では 2 章にて木造家屋のモデル化を述べ、3 章にて都市全体のモデル化について記述する。

2. 解析手法及び木造家屋モデル

2.1 解析手法の概要

ASI-Gauss 法は筑波大学磯部らによって開発された有限要素解析手法²⁾である。1 部材を 2 つの線形チモシェンコはり要素だけで分割することで、計算時間を最小限に抑えることができる。降伏判定された要素の端部には塑性ヒンジが形成される。破断は、破断判定された要素の断面力を解放することで表現する。それにより骨組構造の崩壊解析を可能としており、本研究の構造解析手法として採用した。増分理論には大変形問題まで扱える Updated Lagrangian Formulation を採用した。

2.2 木造家屋のモデル化検討

図-1 に示すように木造家屋をはり要素によりモデル化をする。図-1 のモデルでは縦、横、高さはそれぞれ、11.2 m、11.2 m、2.8 m である。木造家屋の詳細なモデル化はせず、層せん断力と層間変形角の関係から、構造物全体としての耐力を設定することで、1959 年建築基準法に準拠したモデルを作成した。木造家屋を柱、梁、壁、屋根の 4 つの要素に分類し、壁と屋根はブレース置換をした。屋根は剛体床と仮定し黒色に配色した。床面積当たりの重量は、屋根、外壁、内壁、それぞれにつき、 2.40 kN/m^2 、 1.20 kN/m^2 、 0.45 kN/m^2 とし³⁾、屋根の重量を梁と屋根要素に、外壁、内壁の重量を柱と壁要素に分配した。図-2 に示す関係から壁を構成する要素は層間変形角が $1/120 \text{ rad}$ 、柱を構成する要素は $1/30 \text{ rad}$ に達した時に降伏させ、要素端部に塑性ヒンジを形成させた。スギの材料特性を用い、降伏後は完全弾塑性体と仮定した。このように木造家屋をモデル化し、各年代の建築基準法に準拠する木造家屋を作成する方針である。

キーワード ASI-Gauss 法、木造家屋モデル、都市モデル

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2-1102 号室 構造解析学研究室 TEL : 092-802-3370

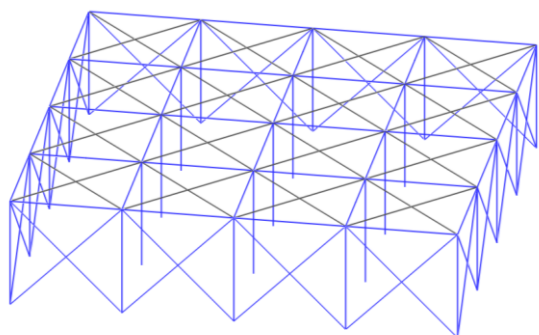


図-1 木造家屋のモデル

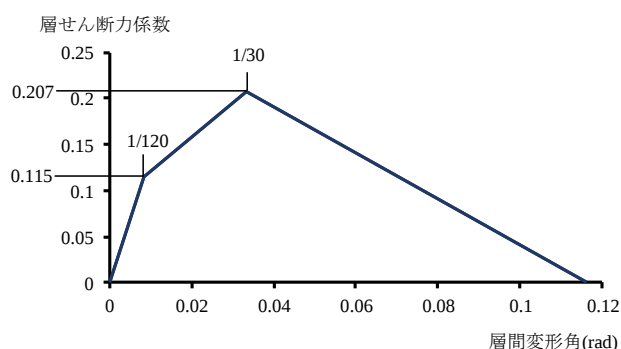


図-2 層せん断力係数と層間変形角の関係

3. 都市のモデル化検討

都市のモデル化は、地理情報システム（GIS）を用いて実施する。図-3 に示すように、地図データに建物の座標、建築年代、敷地面積、階数等の情報を重ね合わせる。そして構造解析に必要な情報を抽出し、都市のモデルを作成する。図-4 に示すモデルは、地震応答解析中の 96 棟の建物モデルである。各建物の強度は未設定であるため有意な解析結果ではないが、地理情報システム（GIS）を用いて構造解析が可能なモデルを作成することができている。今後は、より大規模なモデルを作成し、木造家屋の強度を設定、その他の建物は剛体として設定することで、大規模モデルの地震応答解析を実施する予定である。その解析結果と考察は、学会の口頭発表時に報告する。



図-3 地図データへの諸情報の重ね合わせ

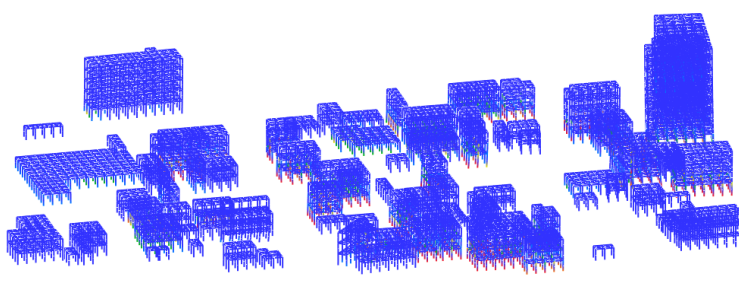


図-4 96 棟モデルの地震応答解析

4. まとめ

ASI-Gauss 法を用いて、木造家屋のモデル化及び、都市のモデル化の検討を行った。木造家屋を骨組構造でモデル化し、層せん断力と層間変形角の関係から、モデルの耐力を設定することで、建築基準法に準拠したモデルを作成する。各建築年代の 1 階建て、2 階建てのモデル耐力を設定し、地理情報システム（GIS）を用いて都市のモデル化を行っていく予定である。その後、都市全体の地震応答解析を実施し、木造家屋及び都市モデルの精度について考察を行う方針である。

5. 参考文献

- 1) 石垣創，田守伸一郎，五十田博，中川貴文，河合直人：個別要素法を用いた木造構造物の時刻歴応答解析，日本建築学会技術報告書，第 20 巻，第 44 号，pp.105-110，2014 年 2 月。
- 2) D. Isobe: *Progressive Collapse Analysis of Structures: Numerical Codes and Applications*, Elsevier, eBook ISBN: 9780128130421, Paperback ISBN: 9780128129753, 2017.
- 3) 日本建築防災協会・国土交通大臣指定耐震改修支援センター：2012 年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法。