

## 8. ESO 法を用いた木造筋交の最適配置に関する研究

1210920044 猪熊和規  
指導教員 藤井大地 教授

ESO 法 木造住宅 筋交 最適配置

## 1. はじめに

近年、木造住宅が見直されつつある。2011 年、内閣府が実施した「森林と生活に関する世論調査」では、およそ 81%が「木造住宅工法を希望する」との回答結果が得られている。また、2013 年国土交通省が発表した住宅着工統計によると、新設住宅着工戸数の 55.8%が木造住宅である。しかし、木造住宅のデメリットとして、鉄骨造などに比べて耐震性、耐久性が低いこと他に、広い開口部が取りにくいことなどの問題がある。したがって、耐震性や耐久性を考慮しつつ、広い開口部を設けるためには耐力壁（筋交）を効率よく配置する必要がある。

そこで、本研究では、グランドストラクチャ法に ESO 法を適用した最適化手法を用いて、木造筋交の最適配置を求める方法を提案する。

## 2. 木造建物の規定について

一般に、木造建物は建築基準法の仕様規定を守らなければならない。仕様規定の内容として、図 1 に確認手順を示す。仕様規定には、地震力や風圧力などの水平力に抵抗するために必要な耐力壁の量が定められており、設計する建物には耐力壁量が必要壁量以上あることを確認する必要がある。一方、本研究で提案する手法では、壁量 0 から配置可能箇所すべてに筋交を配置した壁量まで、様々な壁量に対する解が一度に求まるため、壁量および壁の片寄り、制約条件とせず、得られた解の壁量と壁の片寄りを確認するに留める。また、外力としては地震力のみを考慮し、風圧力に対する確認は省略する。

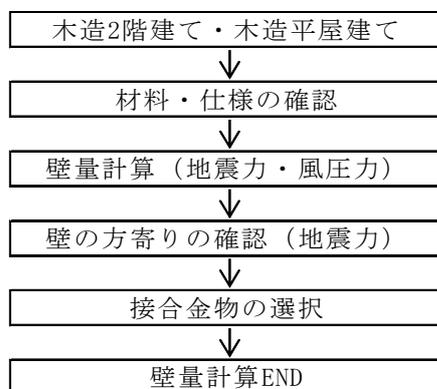


図 1 確認手順

## 3. ESO 法

提案手法で用いる ESO 法について簡単に説明する。ESO 法は、通常の構造解析で設計対象とする部材（今回は筋交）の応力（今回はひずみエネルギー密度）を計算し、応力の低いものから順に除いていく非常に単純な方法である。したがって、設計対象部材が目標とする本数に減少するまで構造解析を繰り返す必要があるが、非常に単純な方法であるため適用範囲は広い。

## 4. 筋交の最適配置を求める方法

本手法では、すべての設置可能箇所に筋交を設置したグランドストラクチャから、以下の ESO 法の計算アルゴリズムを適用して解を求める。

- ① 各設計対象要素のひずみエネルギー密度を計算する。
- ② 設計対象要素をひずみエネルギー密度の小さい順に並べる。
- ③ 最もひずみエネルギーの小さい要素番号の要素を除去する。（同じ最小ひずみエネルギーの要素が複数ある場合、複数除去する。）
- ④ すべての設計対象要素がなくなるまで①から③までのステップを繰り返す。
- ⑤ 表示ソフト（MicroAVS を用いている）を用いて、すべての除去ステップを参照。
- ⑥ 存在壁量が必要壁量よりも大きいこと、壁率比を満たしていることを確認して、優良解を選定する。

なお、本研究では、プログラムを改良し、表示ソフトに各階ごとの存在壁量、必要壁量をそれぞれ表示させるように改良している。また、壁率比については手計算で確認を行っている。

## 5. 解析例

まず、図 2 は、地上 1 階建て（平屋）、高さ 2.4m の木造住宅の解析モデル（グランドストラクチャ）を示す。ただし、柱は□-120×120 (mm)、梁は□-105×240 (mm)、筋交は□-45×90 (mm)としている。本解析モデルの有限要素節点数は 141、要素数は 366 であり、荷重条件としては、レベル 1 の地震力を想定し、上面（高さ 2.4m）のすべての節点の X、Y 方向に 1.3kN、また、Z 方向に鉛直荷重として 0.46kN を加えている。また、柱脚はすべてピン支持とし、柱・梁の接合は半剛接合（剛接の 30% の曲げ剛性）、筋交はピン接合としている。

図 3 は、必要壁量を満足する提案手法の解析結果を示す。なお、本モデルの床面積は 92.747 m<sup>2</sup> であり、平屋の屋根であるため、階の床面積に乗ずる値として、15cm/m<sup>2</sup> を採用した。したがって、必要壁量は 13.91m となる。図 3 の結果では、X 方向の存在壁量は 23.66m、Y 方向の存在壁量は 25.48m であり、いずれも必要壁量を満足している。また、壁率比の確認を行った結果、規定を満足していたため、この筋交の配置が本手法で得られた筋交の最適配置となる。

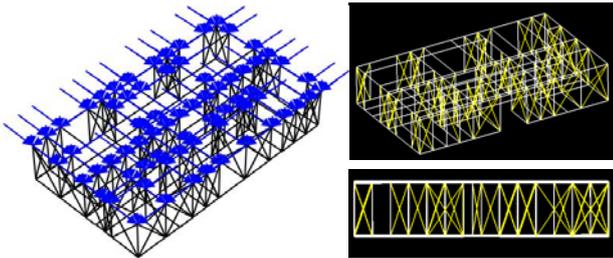


図 2 1 階建住宅の解析モデル

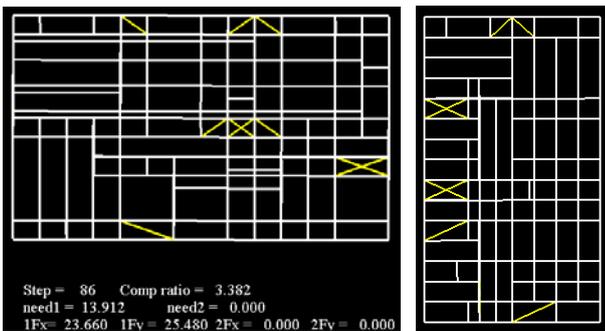


図 3 1 階建住宅の解析結果

次に、図 4 は、地上 2 階建て、高さ 4.8m の木造住宅の解析モデル (グラウンドストラクチャ) を示す。ただし、柱は□-120×120 (mm)、梁は□-105×240(mm)、筋交は□-45×90(mm) としている。本解析モデルの有限要素節点数 179、要素数 509 であり、荷重条件としては、レベル 1 の地震力を想定し、1 階上面 (高さ 2.4m) と 2 階上面 (高さ 4.8m) のすべての節点の X、Y 方向に 1.9kN、また、Z 方向に鉛直荷重として 0.55kN を加えている。また、柱脚はすべてピン支持とし、柱・梁の接合は半剛接合 (剛接の 30% の曲げ剛性)、筋交はピン接合としている。

図 5 は、必要壁量を満足する提案手法の解析結果を示す。なお、本解析モデルの床面積は、1 階が 92.7472 m<sup>2</sup>、2 階が 59.6232 m<sup>2</sup> であり、2 階建てであるため、2 階の階の床面積に乗ずる値として 21 cm/m<sup>2</sup>、1 階の床面積に乗ずる値として 33 cm/m<sup>2</sup> を採用した。したがって、2 階の必要壁量は 12.52m、1 階の必要壁量は 30.60m となる。図 5 に示す結果では、1 階の X 方向の存在壁量は 65.52m、Y 方向の存在壁量は 60.97m、2 階の X 方向の存在壁量は 20.02m、Y 方向の存在壁量は 21.84m であり、いずれも

必要壁量を満足している。また、壁率比の確認を行った結果、規定を満足していたため、この筋交の配置が本手法で得られた筋交の最適配置となる。

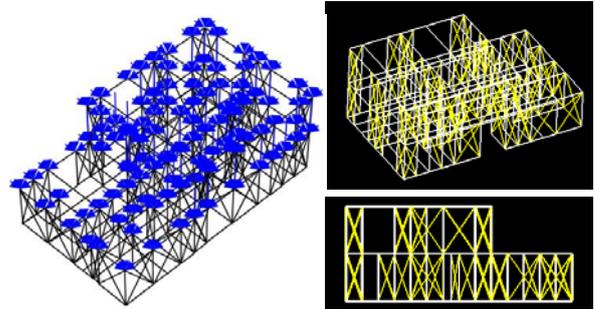


図 4 2 階建住宅の解析モデル

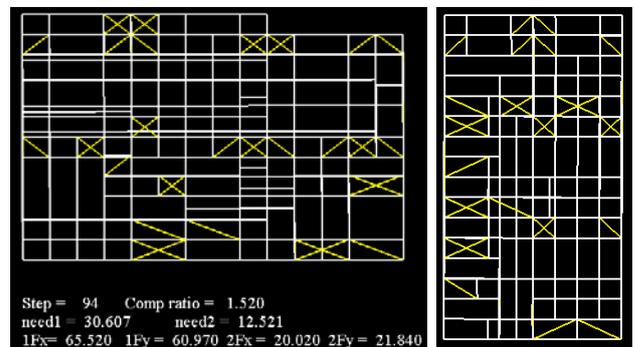


図 5 2 階建住宅の解析結果

## 6. 考察とまとめ

本研究では、グラウンドストラクチャ法に ESO 法を適用した最適化手法を用いて、木造筋交の最適配置を求める方法を提案し、その有効性を検討した。その結果、1 階建て、2 階建ての 2 つのモデルに対して、必要壁量を満足する優良解を得た。これらの解はいずれもバランス良く配置され、壁率比の規定も満足していた。また、表 1 は、可能な箇所すべてに筋交を配置した初期解と、図 3 と図 5 に示した最適配置、および筋交なしの最大変位を比較したものであるが、本手法の解は適正な変位に抑えられていることがわかった。

以上より、本提案手法は、木造の筋交の配置を決めるための一手法となりえることが確かめられた。

表 1 筋交の量による最大変位の比較

	筋交全て入れた場合	最適配置	筋交無し
平屋	0.0019m	0.0045m	0.040m
2階建て	0.0065m	0.011m	0.18m

## 参考資料

- 1) 杉山英夫、中山和夫：木構造の設計 (改訂 2 版)、pp.40-41、64、1981.8
- 2) 斉藤年男、安井昇、望陀佐和子：世界で一番やさしい木造 3 階建て、pp.98-107、2010.1