

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	スチフナ補剛された鋼板耐震壁のFEM解析を用いた分析 その1 使用要素・要素分割数の違いによる影響
Title(English)	FEM analysis of steel plate shear walls reinforced by stiffener (Part1: The effect of the difference in element types and the number of elements)
著者(和文)	渡邊斐王羅, 佐藤大樹, 戸張涼太, 安永隼平, 森岡宙光, 植木卓也
Authors(English)	Hiora Watanabe, Daiki Sato, Ryota Tobari, Jumpei Yasunaga, Hiromitsu Morioka, Takuya Ueki
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, , pp. 1237-1238
Citation(English)	, 構造III, , pp. 1237-1238
発行日 / Pub. date	2024, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

スチフナ補剛された鋼板耐震壁の FEM 解析を用いた分析
その 1 使用要素・要素分割数の違いによる影響

正会員 ○渡邊斐王羅*¹ 同 佐藤大樹*¹ 同 戸張涼太*²
同 安永隼平*³ 同 森岡宙光*³ 同 植木卓也*³

鋼板耐震壁 スチフナ補剛 裏表交差形式
FEM 解析 非線形解析

1. はじめに

鋼板耐震壁は、建築物の架構内に設置される耐震要素の一つであり、主に水平剛性および水平耐力の確保に用いられる。本報で対象とするスチフナ補剛された鋼板耐震壁に関する研究は、安永らや五十嵐らによる成果^{例 1)~3)}が報告されている。文献 3)では、周辺架構含む試験体を用いて載荷実験による性能検証を行い、実験を再現できる FEM モデルの検討がされている。FEM 解析は鋼板耐震壁や周辺架構への影響など様々なパラメータを変更させた検討ができ、耐震壁の性能検証を行うのに有効である。

そこで本報では、鋼板耐震壁の FEM 解析を用いた分析を行うことを目的として、その 1 では、FEM 解析での要素分割数および使用要素の違いが解析精度に与える影響について検討する。

2. 解析概要

本節では、本報で用いる 8 種類の解析モデルについて解説する。Fig. 1 に試験体の概要図を示す。試験体は実寸大の 1/3 モデルを想定し、壁面および周辺の柱・梁を模擬した周辺部材で構成されている³⁾。なお、試験体および実験の詳細については文献 3)を参照されたい。Fig. 2 に解析モデルの概要および本報で用いる要素分割数を示す。モデルには、文献 3)において、試験体 S-02 の静載荷実験を再現したモデルである F-02 を使用し、文献 3)と同様に、周辺部材と壁面を四角形シェル要素でモデル化した。なお、解析ソフトには、汎用構造解析プログラム ABAQUS Ver.2020⁴⁾を用いた。また、材料特性はトリリニア型とし、降伏強度 σ_y を 235 N/mm² とした。下梁下端では、すべての方向の移動と回転を拘束し、上梁上端では、 z 軸方向の移動と x , y 軸まわりの回転を拘束した。Table 1 に解析モデル別の要素数・節点数と本報で用いる解析ケースを○で示す。要素には、一次完全積分要素（以降、S4）、一次低減積分要素（以降、S4R）、二次低減積分要素（以降、S8R）の 3 種類を用い、要素分割には、Fig. 1 に赤で示すサブパネル（スチフナで区画されたパネル）の高さ方向に 33, 11, 5 分割の 3 種類を用いた。解析モデル名は、左から順に要素の

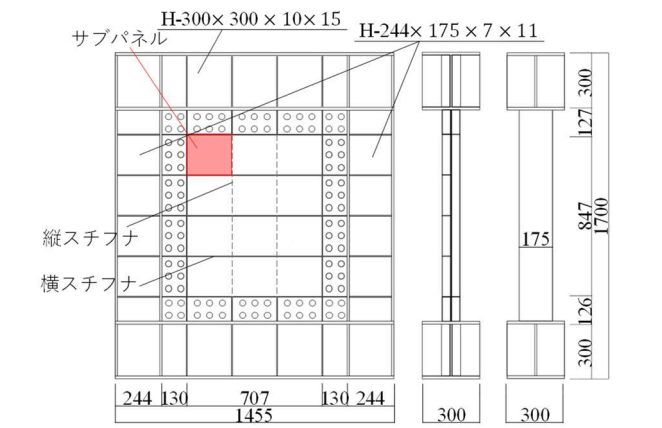


Fig. 1 対象試験体 (S-02) (単位: mm)

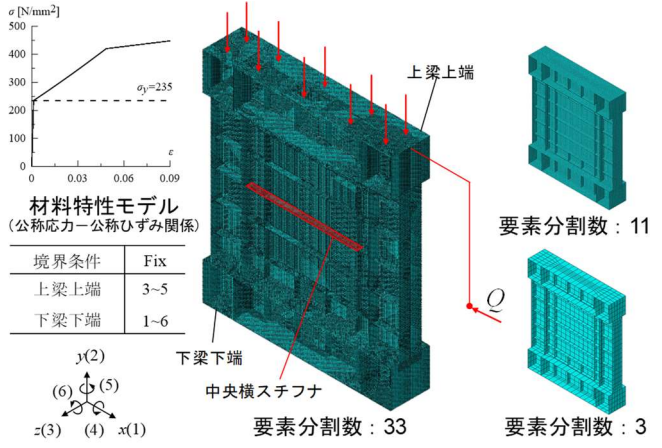


Fig. 2 解析モデルおよび要素分割数

Table 1 解析ケースおよび要素諸元				
解析モデル名		要素数	節点数	解析収斂
要素	要素分割数			
S4	33 (Original)	167163	168860	○
	11	18464	19002	○
	5	4988	5191	○
S4R	33	167163	166774	○
	11	18464	19002	○
	5	4988	5191	○
S8R	33	167163	500710	×
	11	18464	56498	○
	5	4988	15400	○

種類、要素分割数で表され、S4-33 は文献 3) で使用した解析モデル（以降、Original）である。なお、S8R-33 は使用要素と分割数の問題で解析が収斂しなかったため、本報では使用しない。

本報では、文献 3) と同様に、試験体を模擬したモデルに対して単調載荷の大変形弾塑性解析を行う。初期不整は、固有値解析で得られた 1 次座屈モードを用いて面外の最大変形量がパネル高さの 1/1000 になるように入力した。試験体上部に L 字型治具を模擬した剛梁を設け、静載荷実験と同様に軸力比 0.15 となるように一定の鉛直力を載荷した状態で x 方向に -100 mm 単調載荷した。なお、本解析では幾何学的非線形を考慮している。

3. 解析結果

本章では、S4-33（Original）を基準として、解析結果を分析する。Fig. 3 に解析モデルごとの荷重－変形関係を示す。横軸はパネルの層間変形角 R であり、縦軸は水平力 Q をパネルのせん断降伏時におけるモデル全体の水平力 Q_y で基準化した値である。また、Table 2 に $R = 1/50$ 時の Q/Q_y と Original との比を示す。Fig. 3、Table 2 から、要素分割数が減少するほど Q/Q_y の上昇が確認できるが、 $R = 1/50$ でも最大 2% 程度しか変化しない。本耐震壁では層間変形角 1/50 までを使用範囲としており、荷重－変形関係においては大きな影響がないことがわかる。

また、解析時間は節点数に比例して長くなっている。特に分割数 11 の解析時間が分割数 33 の 10% 以下であり、大幅に計算時間を減らすことができることがわかる。

Fig. 4 に $R = 9/100$ 時の Mises 応力コンタを示し、Fig. 5 に中央横スチフナ（Fig. 2）の Mises 応力を示す。横軸は x 軸方向のスチフナの位置を表す。Fig. 4 から、S8R-5 は Original に比べスチフナで局所的な応力集中が見られた。Fig. 5 から、S8R-5 の応力が Original の約 1.8 倍になっており、要素数を減らしたことでパネルの応力が高く評価されている可能性がある。

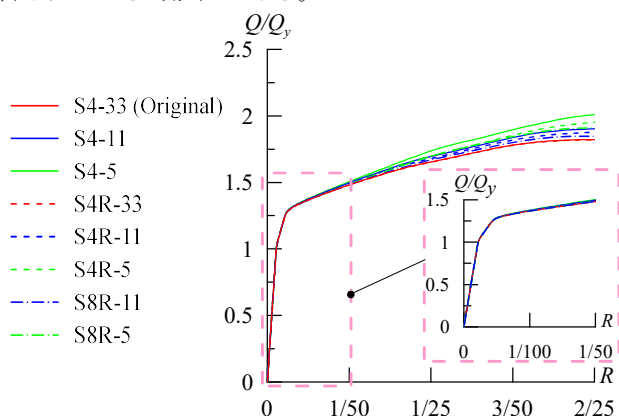


Fig. 3 荷重－変形関係

解析モデル	水平力 Q/Q_y		Original との解析時間の比
	Q/Q_y	Original との比	
S4-33 (Original)	1.481	1.000	1.000
S4-11	1.496	1.011	0.070
S4-5	1.505	1.017	0.015
S4R-33	1.480	1.000	0.714
S4R-11	1.495	1.010	0.046
S4R-5	1.499	1.012	0.010
S8R-11	1.482	1.001	0.240
S8R-5	1.486	1.004	0.042

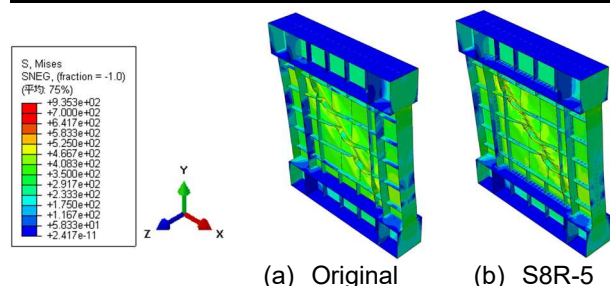


Fig. 4 Mises 応力コンタ [N/mm²] ($R = 9/100$)

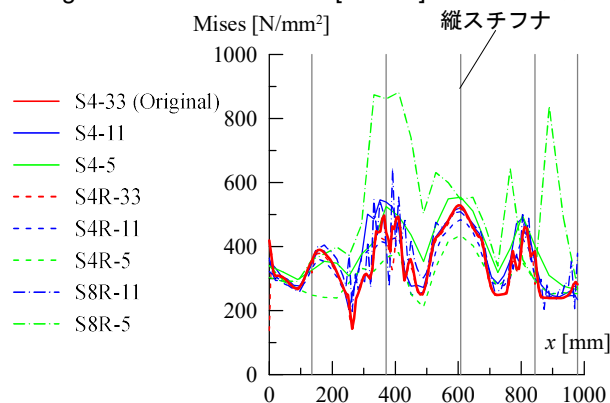


Fig. 5 Mises 応力

4. まとめ

本報その 1 では、FEM 解析結果から、要素の種類や要素分割数による解析精度への影響を検証した。結果から、荷重－変形関係では分割数および使用要素が与える影響は少ないことを確認した。一方、分割数が少なくかつ S8R ではパネルの応力が高く評価される可能性があることがわかった。

参考文献

- 1) 安永, 植木ほか: 表裏交差形式でスチフナ補剛された鋼板耐震壁の簡易設計手法, 日本建築学会構造系論文集, Vol.83, No.743, pp.191-199, 2018.1
- 2) 五十嵐, 下村ほか: スチフナ補剛された鋼板耐震壁の屈曲性状に周辺部材が及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, Vol.85, No.767, pp.141-150, 2020.1
- 3) 安永, 植木ほか: 片面スチフナ形式で補剛された鋼板耐震壁の簡易設計手法, 日本建築学会構造系論文集, Vol.86, No.786, pp.1213-1223, 2021.8
- 4) ABAQUS Manual, Hibbit, Karlsson and Sorensen, Inc; 1997

*1 東京工業大学
*2 JFE シビル株式会社
*3 JFE スチール株式会社

Tokyo Institute of Technology*¹
JFE Civil Engineering & Construction Corporation*²
JFE Steel Corporation*³