

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簡易モデル化手法の構築
Title(English)	Simplified modeling method for steel plate shear walls reinforced by stiffener
著者(和文)	渡邊斐王羅, 佐藤大樹, 陳引力, 森岡宙光, 戸張涼太, 安永隼平, 小野潤一郎, 木村征也, 二島 冬太, 佐野航
Authors(English)	Hiora Watanabe, Daiki Sato, Yinli Chen, Hiromitsu Morioka, Ryota Tobari, Jumpei Yasunaga, Junichiro Ono, Seiya Kimura, Tota Futashima, Wataru Sano
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, , pp. 1489-1490
Citation(English)	, 構造III, , pp. 1489-1490
発行日 / Pub. date	2025, 9
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簡易モデル化手法の構築

鋼板耐震壁	スチフナ補剛	裏表交差形式
FEM 解析	簡易モデル化	

正会員	○渡邊斐王羅*1	同	佐藤大樹*2
同	陳引力*2	同	森岡宙光*3
同	戸張涼太*4	同	安永隼平*3
同	小野潤一郎*5	同	木村征也*5
同	二島冬太*5	同	佐野航*5

1. はじめに

本報で対象とする鋼板耐震壁に関する研究は、安らりによって、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、その実験を再現できるような部材すべてをシェル要素でモデル化した FEM モデル（以降、詳細 FEM モデル）の検討がされた。しかし、詳細 FEM モデルは、膨大な解析時間を要する。そこで、より簡易なモデルとして、架構を線材要素、耐震壁（以降、パネル）を平面応力要素で再現したモデル（以降、簡易 FEM モデル）が使われることがあるが、このモデルが実現象をどの程度再現できているかは不明である。そこで文献 2), 3)では、周辺架構を含む鋼板耐震壁の詳細 FEM モデルの応力状態を再現できる簡易 FEM モデルの構築をパネルの配置ごとに整理して述べた。本報では、実際の建物に近い状況を想定し、スパンの一部にパネルが配置される場合に限定して述べる。

2. 解析概要

2.1 対象建物の概要

対象建物は鉄骨造地上 20 階建ての事務所ビル⁴⁾とし、設計階層は 10 層目、スパンは 6400 mm、階高は 4000 mm であり、使用材料は SN490（基準強度：325 N/mm²）である。また、この架構に対し、間柱をスパンの中央に配置し、その左側のみに鋼板耐震壁を配置する。なお、詳細については文献 2)を参照されたい。

2.2 詳細 FEM モデルの概要

本報では、鋼板耐震壁が梁を介して連層で配置されることを想定し、3 層を連層配置したモデルを対象とし (Fig. 1)、中間層である 2 層目について分析する。Fig. 1 に詳細 FEM モデルの解析モデル、Table 1 に各諸元を示す。解析ソフトには汎用構造解析プログラム ABAQUS Ver.2024⁵⁾を用いた。解析モデル名は、部材すべてをシェル要素でモデル化したものを Detail-FEM と称す。本報では、単調載荷の弾塑性解析を行い、Fig. 1 に赤で示す加力面にそれぞれ同じ水平力を作用させる。なお、詳細については文献 3)を参照されたい。

Table 1 詳細 FEM モデル諸元

パネル幅 dB_w (mm)	パネル高さ dH_w (mm)	パネル板厚 d_t_w (mm)	間柱せい dB_{mc} (mm)	間柱ウェブ板厚 d_t_{mc} (mm)	パネルのせん断降伏強度 $d\tau_y$ (N/mm ²)
2500	3200	12	750	16	187.6

2.3 簡易 FEM モデルの概要

Fig. 2 に簡易 FEM モデルの概要、Fig. 3 に解析モデル、Table 2 に簡易 FEM モデルの諸元を示す。簡易 FEM モデルでは、架構を詳細 FEM モデルの架構の中心位置で線材モデル化するため、簡易 FEM モデルのパネルのせん断剛性およびせん断耐力が詳細 FEM モデルと一致するように簡易 FEM モデルのパネルの板厚 s_t_w およびせん断降伏強度 $s\tau_y$ を以下の式により算出する²⁾。

$$s_t_w = \frac{sH_w}{dH_w} \cdot \frac{dB_w}{sB_w} d_t_w \tag{1}$$

$$s\tau_y = \frac{dH_w}{sH_w} d\tau_y \tag{2}$$

ここで、 sB_w ：簡易 FEM のパネル幅、 sH_w ：簡易 FEM のパネル高さ、 dH_w ：詳細 FEM のパネル高さ、 dB_w ：詳細 FEM のパネル幅、 d_t_w ：詳細 FEM のパネルの板厚、 $d\tau_y$ ：詳細 FEM のせん断降伏強度である。

また、解析モデル名は、Simple-FEM と称し、パネルの分割数に合わせて各部材を 4 分割する。本報では、解析モデルを用いて単調載荷の弾塑性解析を行う。なお、詳細については文献 3)を参照されたい。

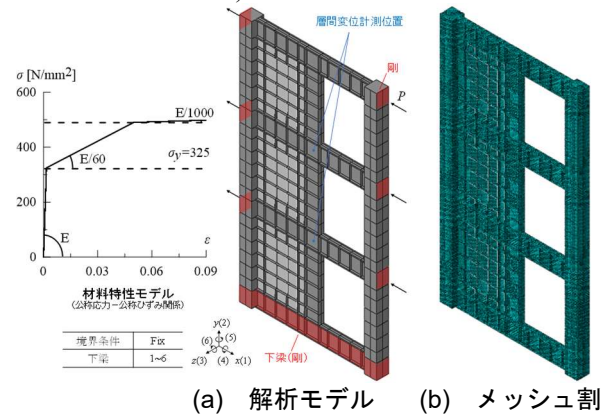


Fig. 1 解析モデル (Detail-FEM)

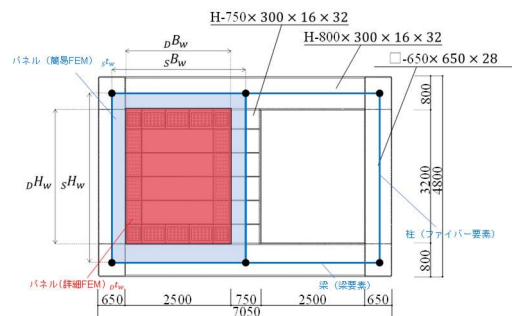


Fig. 2 簡易 FEM モデルの概要

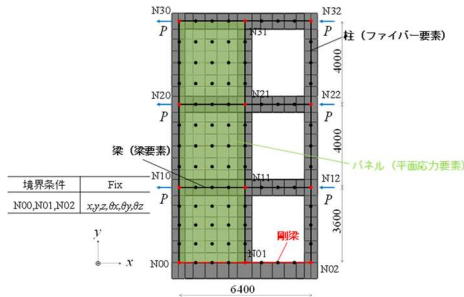


Fig. 3 解析モデル (Simple-FEM)

Table 2 簡易 FEM モデル諸元

解析ケース	パネル幅 sB_w (mm)	パネル高さ sH_w (mm)	パネル板厚 $s t_w$ (mm)	パネルのせん断 降伏強度 $s \tau_y$ (N/mm ²)
Simple-FEM	3200	3600 (1層) or 4000 (2.3層)	10.55 (1層) or 11.72 (2.3層)	166.8 (1層) or 150.1 (2.3層)

3. 弾塑性解析結果

Fig. 4 (a) ~ (c)に Detail および Simple-FEM の 2 層目の全体, パネル, 架構の荷重-変形関係を示す。横軸は層間変形角 R であり, 縦軸は 2 層目が負担する層せん断力 Q , パネルの負担する層せん断力 wQ , 架構の負担する層せん断力 fQ である。Fig. 5 に弾性域 ($Q = 2400$ kN) の曲げモーメントを示す。Fig. 4 より, 荷重-変形関係においては, 概ね一致していることが確認できる。また, Fig. 5 より, 曲げモーメントにおいては, パネルが取りつかない側の架構では概ね一致しているが, パネルが取りつく側の架構では材端に近づくにつれて曲げモーメントの差が大きくなっていることが確認できる。これは, Simple-FEM では, 構造芯までパネルでモデル化していたため (Fig. 3), 本来加わるはずのない力が加わった影響が考えられる。これについては, 今後の検討課題とする。

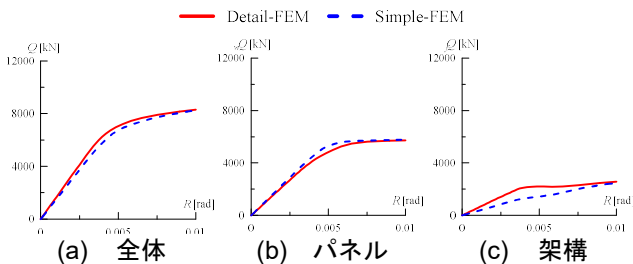


Fig. 4 荷重-変形関係

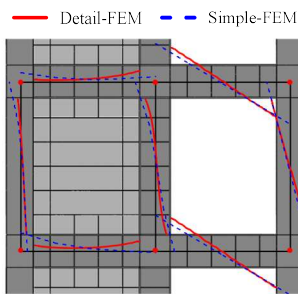


Fig. 5 曲げモーメント ($Q = 2400$ kN)

4. パネルのせん断応力度の評価手法

簡易 FEM モデルでは, 2.2 節でパネルの補正 (1), (2) 式) をした。そのため, 簡易 FEM モデルで応力度を評価するためには, (1), (2) 式の影響を考慮する必要がある。そこで, せん断応力度の評価手順について以下に示す。なお, 詳細については文献 2) を参照されたい。
手順1) 簡易 FEM モデルのせん断応力度 $s \tau$ が詳細 FEM モデルと等価な板厚の場合でのせん断応力度になるようせん断応力度 $s \tau'$ を(3) 式により算出する。

$$s \tau' = \frac{s t_w}{D t_w} \times s \tau \quad (3)$$

手順2) パネルが塑性化している箇所がある場合, $s \tau'$ が負担する仕事量 $s W'$ と等価な仕事量になるようせん断応力度 $s \tau''$ を(4)式により算出する。

$$s \tau'' = \sqrt{\frac{G}{G_2} \times s \tau'^2 + \left(1 - \frac{G}{G_2}\right) \times s \tau_y'^2} \quad \left(s W' \leq \frac{D t_y'^2}{2G}\right) \quad (4)$$

$$s \tau'' = \sqrt{s \tau'^2 + \left(1 - \frac{G_2}{G}\right) \times (D t_y'^2 - s \tau_y'^2)} \quad \left(s W' \geq \frac{D t_y'^2}{2G}\right)$$

ここで, G : 弾性せん断弾性係数, G_2 : 2 次せん断弾性係数を示し, せん断降伏強度 $s \tau_y'$ は以下の式で表される。

$$s \tau_y' = \frac{s t_w}{D t_w} \times s \tau_y \quad (5)$$

Fig. 6 にパネルの長さ方向の中央位置でのせん断応力度の水平方向分布を示す。Fig. 6 より, Detail-FEM と上記手順で算出した Simple-FEM ($s \tau'$ および $s \tau''$) のせん断応力度が概ね一致することがわかる。

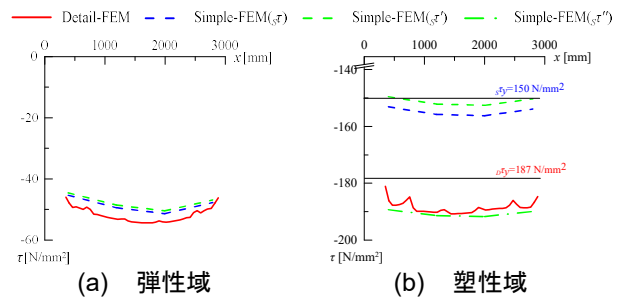


Fig. 6 せん断応力度の水平分布

5. まとめ

本報では, 鋼板耐震壁の詳細 FEM モデルの応力状態を再現できる簡易 FEM モデルを構築した。

参考文献

- 1) 安永ほか: 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
- 2) 渡邊ほか: スチフナ補剛された鋼板耐震壁の簡易モデル化手法の構築 その1 間柱を配置しない場合, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2068, pp.493-496, 2025.3
- 3) 渡邊ほか: スチフナ補剛された鋼板耐震壁の簡易モデル化手法の構築 その2 間柱を配置する場合, 日本建築学会関東支部研究報告集, 2069, pp.497-500, 2025.3
- 4) 日本建築学会: 鋼構造制振設計指針第1版, 2014.11
- 5) ABAQUS Manual, Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc;1997

*1 元東京科学大学
*2 東京科学大学
*3 JFE スチール株式会社
*4 JFE シビル株式会社
*5 株式会社日建設計

Former Institute of Science Tokyo*1
Institute of Science Tokyo*2
JFE Steel Corporation*3
JFE Civil Engineering & Construction Corporation*4
NIKKEN SEKKEI LTD.*5