

建築骨組の6面体ソリッド有限要素モデル構築のためのプリ処理モジュール開発 その5 5階建て鉄骨造骨組のソリッド有限要素モデル生成と弾塑性崩壊解析

正会員 ○小嶋 淳*1 同 山下 拓三*4
同 藤原 淳*2 同 宮村 倫司*5
同 永野 康行*3

弾塑性崩壊解析 数値震動台 6面体ソリッド要素
FEM 鉄骨造

1. はじめに

防災科学技術研究所の数値震動台プロジェクトでは、6面体ソリッド要素を用いた、建築骨組の有限要素モデル生成ソフトウェア^[1]を開発している。既報では、現行基準に基づいて設計された5階建て鉄骨造建物のモデル化^[2]と1階部分を取り出したプッシュオーバー解析^[3]について報告した。本報告では、1構面を取り出したプッシュオーバー解析について述べる。

2. 検討対象概要

著者ら^[2]が試設計した5階建ての鉄骨造建物(図1の中間のX3通りの構面を取り出す(図2)。

3. 解析モデル

防災科学技術研究所が開発したプリ処理ソフト(E-Modeler^{[1],[3]})を用い、6面体1次ソリッド要素でメッシュ作成する(図3、以下、ソリッド要素モデルと呼ぶ)。柱脚を回転ばね(回転剛性 6.95×10^{11} N mm/rad)としてモデル化し、基礎梁はモデル化しない。

鋼材は、弾塑性モデルを von Mises モデルとして、初期降伏応力は鋼材の規格値と与える。硬化は等方硬化とする。材料定数は表1に示すものとする。

スラブの厚さは150mm、コンクリートの呼び強度は24MPa、ポアソン比は0.2、弾性定数は文献^[4]と呼び強度から21682MPaと与える。弾塑性モデルは拡張 Drucker-Prager モデルとして、圧縮側初期降伏応力を24MPa、内部摩擦角を50deg、双曲線パラメータを0.763とする。主方向、配力方向の配筋はD10@200(材質SD295A)である。

4. 解析条件

解析では、幾何学的非線形性を考慮する。地震荷重は建築基準法に基づいて各層に作用するせん断力の分布を仮定する(表2)。ここで、 w_i , Σw_i , C_i , Q_i は、それぞれ第*i*層の重量、支える重量、地震層せん断力係数、せん断力である。解析には、ADVENTURECluster Solver ver. 2019R1^[5]をプラットフォームとした数値震動台を用いる。

比較の為、梁要素と塑性ヒンジを用いて建物をモデル化したもの(梁要素モデル)の解析結果(SAP2000 v21^[6]

使用)を併せて示す。

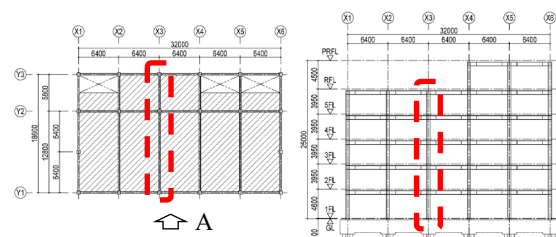


図1 対象建物 伏図(左)・A矢視立面図(右)

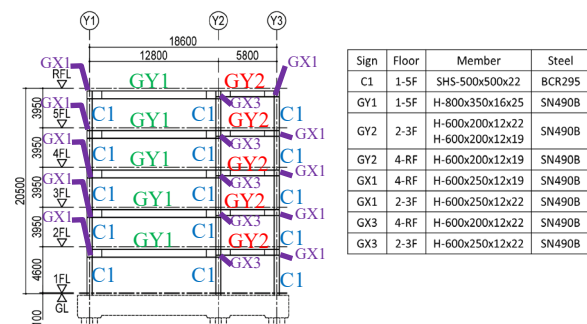


図2 検討構面(X3通り)断面図(左)、部材リスト(右)

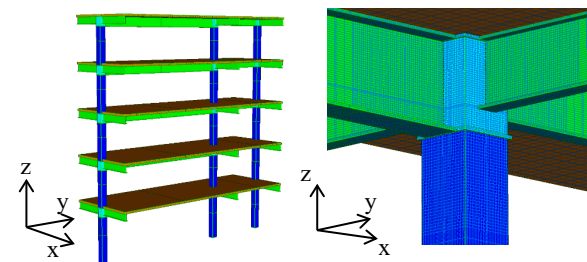


図3 解析モデル(左:全体図, 右:柱梁接合部拡大図)

表1 鉄骨材料定数

	柱	梁
初期降伏応力 (MPa)	295	325
ヤング率 (MPa)	205000	
硬化係数 (MPa)	205	
ポアソン比	0.3	

表 2 5 層鉄骨建物に働く地震荷重 (単位: kN)

	w_i	Σw_i	C_i	Q_i
RFL(5F)	1439.3	1439.3	1.736	2499.9
5FL(4F)	1018.7	2458.0	1.458	3584.3
4FL(3F)	1018.4	3476.4	1.275	4434.3
3FL(2F)	1021.8	4498.2	1.129	5082.6
2FL(1F)	1054.1	5552.3	0.999	5551.6

5. 解析結果

解析は、1 階の層間変形角が 1/26 になった後に収束しなかったため、計算を切り上げた。

各層の層間変形角と層せん断力の関係を図 4 に、ソリッド要素モデルの場合の相当塑性ひずみ分布を図 5 に、梁要素モデルの場合の塑性ヒンジの発生箇所を図 6 に示す。図 4 から、ソリッド要素モデルと梁要素モデルそれぞれの初期剛性を原点から層間変形角 1/250 を結んだものとする、8.7~13.6%の誤差がある。解析最終ステップにおける各層のせん断力の差は 0~2%と大きく変わらない。両モデルとも、1 階の層間変形角が 1/250 までは部材の塑性化は生じず、1 階の層間変形角が 1/100 の場合 (図 5, 6 の(a)図)、部材の塑性化が生じた位置は一致している。

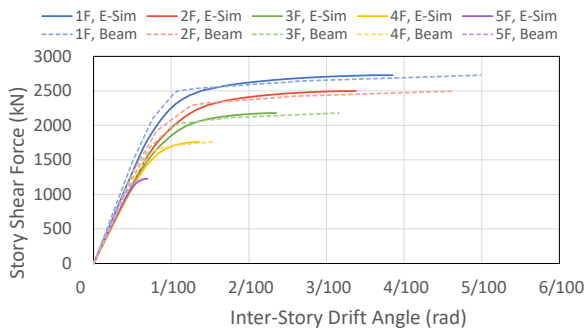
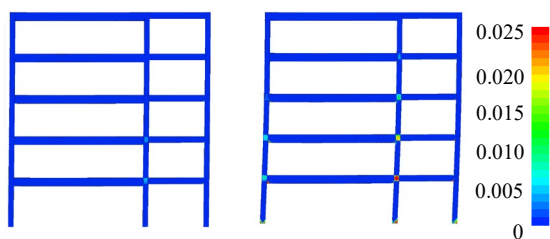


図 4 層間変形角と層せん断力の関係

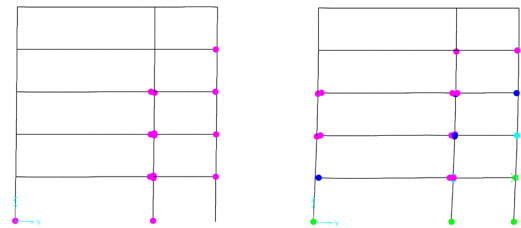
(実線 : ソリッド要素モデル, 点線 : 梁要素モデル)



(a) 層間変形角 1/100 (b) 層間変形角 1/26

図 5 ソリッド要素モデルの相当塑性ひずみ分布

(左 : 1 階の層間変形角 1/100, 右 : 1/26)



(a) 層間変形角 1/100

(b) 層間変形角 1/26

図 6 梁要素モデルのヒンジ発生位置

(左 : 1 階の層間変形角 1/100, 右 : 1/26)

更に変形が進んだ場合、塑性化は同じような位置に生じ、ソリッド要素モデルの場合は局部座屈が梁の端部と柱脚付近で生じていることが判断できる (図 5, 6 の(b)図)。

6. まとめ

ソリッド要素を用いて 5 階建て鉄骨造骨組の有限要素モデルを作成し、弾塑性荷重増分解析を行った。また、梁要素によるモデルとの比較を行った。

両モデルで層間変形角一層せん断力曲線に大きな違いは無く、1 階の層間変形角が 1/250 までは塑性化がみられない。変形の増大に伴い、両モデルで同じ個所で塑性化が進み、ソリッド要素モデルでは梁の端部や柱脚付近に局部座屈の発生を確認できた。

解析結果より、建築物の耐震設計で一般的に想定される変形を超える範囲における解析では、ソリッド要素によるモデルを用いることで、局部座屈の様な詳細な耐力劣化現象を確認可能となることが示された。

参考文献

- [1] 山下ら, 建築骨組の6面体ソリッド有限要素モデル構築のためのプリ処理モジュール開発 その1, 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 情報システム技術, pp.1-4, 2018.
- [2] 池田圭助ら, 建築骨組の6面体ソリッド有限要素モデル構築のためのプリ処理モジュール開発 その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 情報システム技術, pp.101-102, 2019.9.
- [3] 池田圭助ら, 建築骨組の6面体ソリッド有限要素モデル構築のためのプリ処理モジュール開発 その4, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 情報システム技術, pp.101-102, 2020.9.
- [4] 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2010.
- [5] アライドエンジニアリング, ADVENTURECluster ソルバ 2019R1 入力データリファレンスマニュアル, 2019.
- [6] Computers & Structures, INC., CSI analysis reference manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge, 2017.

*1 防災科学技術研究所 特別技術員 修士 (工学)
 *2 防災科学技術研究所 主幹研究員 博士 (工学)
 *3 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授 博士 (工学)
 *4 防災科学技術研究所 主任研究員 博士 (工学)
 *5 日本大学工学部情報工学科 准教授 博士 (工学)

*1 Technical Staff, NIED, Master.Eng.
 *2 Senior Research Fellow, NIED, Dr. Eng.
 *3 Prof., Grad. Sch. Sim. Studies. Univ. Hyogo, Dr. Eng.
 *4 Chief Researcher, NIED, Dr. Eng.
 *5 Assoc. Prof., Dept. of Comp. Sci., Nihon Univ., Dr. Eng.