

## 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 鋼構造平面フレームモデルを対象とした既存設計手法との比較

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

数値震動台                  鋼構造                  平面フレーム  
ソリッド要素              梁要素                  Pushover 解析

### 1. はじめに

防災科学技術研究所では、地震による建造物の損傷破壊過程を再現可能な詳細シミュレーションシステム（数値震動台）を開発しており、6面体ソリッド要素を用いて建築構造物のモデルを効率的に構築するためのプリ処理モジュール(E-Modeler)を開発している。著者らはこれまで、プリ処理モジュールの基本コンセプトとこれを基に開発したE-Modeler Ver.1.0について紹介し<sup>[1,2]</sup>、現行の規基準に基づいて試設計された鉄骨建築物にE-Modeler Ver.1.0を適用し、課題を抽出した<sup>[3]</sup>。本報では、E-Modeler Ver.2.0βを用いて鉄骨建築物の一部をモデル化し、解析を行う。建築設計者にとって想定外規模の地震が発生した際の建築物の振る舞いを知ることができれば、設計変更を行うことができる可能性があると考えられる。そのためにまず、設計行為において中小規模と大規模だけでなく想定以上の外力に対して建物がどのような振る舞いになるのかを詳細に確認する必要があると考えられる。本研究の目的は鋼構造平面フレームを対象に、ソリッド要素を用いた解析と、建築構造設計に一般的に用いられる梁要素を用いた解析を行い、設計者に想定外規模の外力における建物の層の荷重-変位関係(以下Q-δ図)と、部材の相当応力の可視化情報を与えることである。

### 2 解析対象と解析条件

文献[4]に基づいて試設計した、5階建て鉄骨造事務所建物<sup>[3]</sup>のX3通り構面の1階部分を解析対象とする。図1に軸組図を示す。表1にモデルの柱梁情報を示す。

また、表2に地震力に応じたケースを示す。ケース1、2の解析では、静的地震力に対する応答を求める。ケース3のPushover解析では、水平変位が150mmになるまで計算を行う。文献[4]より、1階の柱が支える固定荷重と積載荷重を1本あたり1500kNとする。

### 3. 6面体ソリッド要素によるモデル化

E-Modeler Ver.2.0βを用いて、対象構造物のソリッド要素メッシュモデルを作成する。柱と梁を非適合モードを含む6面体1次要素で、それ以外の部材を、6面体1次要素

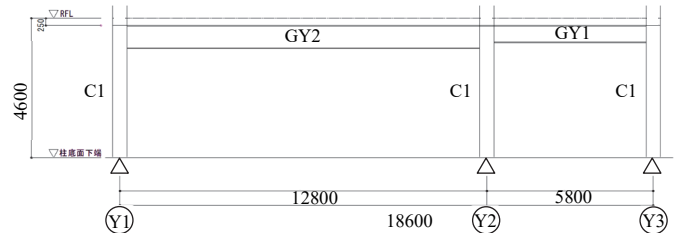


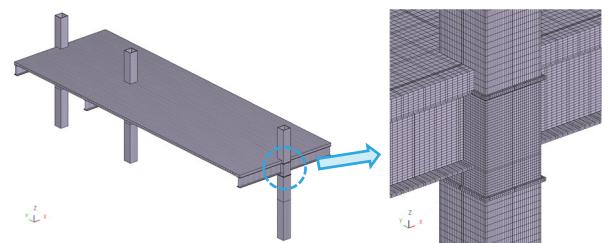
図1 軸組図(X3通り)

表1 柱梁情報

	断面	鋼材種
柱 C1	□ - 500×22	BCR295
梁 GY1	H - 600×250×12×22	SN490B
梁 GY2	H - 800×350×16×25	SN490B

表2 地震力に応じたケース(外力レベル)

ケース1 (外力レベル)	中規模地震を想定したケース (300kNの荷重を各柱の柱頭に作用)
ケース2 (外力レベル)	大規模地震を想定したケース (375kNの荷重を各柱の柱頭に作用)
ケース3 (外力レベル)	極大地震下での終局状態を想定したケース (Pushover解析)



(a): 全体図 (b): 柱梁接合部拡大図

図2 ソリッド要素メッシュモデル

素でモデル化する。要素の基準寸法は、材軸方向で50mm、材軸に直交する方向で20mmとする。スラブと柱の接触を考慮する為に、2階柱も一部モデル化する。モデルのソリッド要素メッシュモデルを図2に示す。モデルの節点数は1,720,008、要素数は1,423,186である。



実際の角形鋼管 ソリッド要素でのモデル化  
図3 ソリッド要素による部材断面のモデル化

表3 断面2次モーメントの調整

	規格値 (cm <sup>4</sup> )	ソリッド要素 モデル(cm <sup>4</sup> )	倍率
柱 C1	150000	160522	1.07
梁 GY1	110000	109105	0.99
梁 GY2	323000	319115	0.99

#### 4. 梁要素によるモデル化

ベースプレート底面から2階床梁までを梁要素を用いてモデル化する。部材芯の高さが異なる梁部材が混在するが、全ての梁要素の高さを梁部材芯の平均高さで共通の値とする。また、実際の部材断面形状は、角等が円弧状になっているが、ソリッド要素を用いたモデルでは、断面の正確な形状は再現していない(図3)。ここでは、梁要素の断面2次モーメントに倍率を与えることで調整する(表3)。計算には構造一貫プログラムSS7(ユニオンシステム株式会社)を用いる。

#### 5. 解析結果の比較

図4にケース3におけるQ-δ図を示す。図4からケース1、2では、ソリッド要素を用いた解析結果と梁要素を用いた解析結果がよく一致することが確認できる。荷重600kN以降で、ソリッド要素と梁要素の結果の差が表れていることがわかる。この結果は部材が塑性化し塑性範囲に入ったことが原因として考えられる。図5に変位150mmでのソリッド要素の相当応力を、図6に変位150mmでの梁要素を用いた解析のモーメント図を示す。図6の赤色はヒンジ点を示している。

#### 6. まとめ

E-Modeler Ver.2.0βを用いて鋼構造平面骨組のソリッド要素メッシュモデルを作成し、解析を行った。また、現行の設計行為に一般的に用いられる梁要素を用いた解析も併せて行った。柱の変形角が1/30程度までのPushover解析を行い、Q-δ図、部材の相当応力を可視化した。建築設計者にとって想定外規模の地震が発生した際の建築物の振る舞いを知ることができれば、より好ましい設計変更の判断材料になり得る。

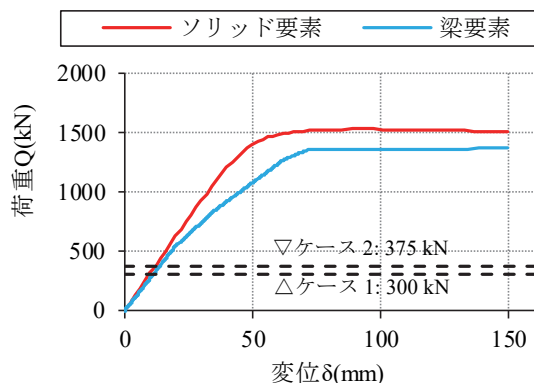


図4 ケース3におけるQ-δ図の比較

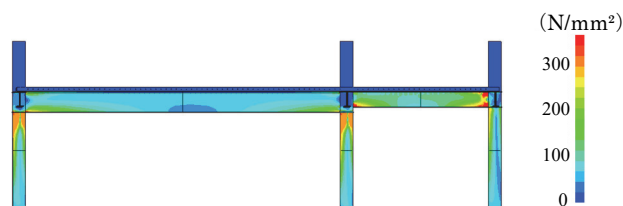


図6 変位150mmでの相当応力(ソリッド要素)

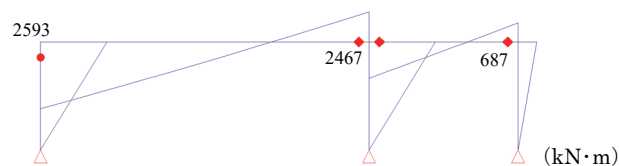


図5 変位150mmでのモーメント図(梁要素)

#### 参考文献

- [1] 山下 拓三、宮村 倫司、藤原 淳：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 プリ処理モジュールの基本コンセプト、日本建築学会大会学術講演梗概集、情報システム技術、pp.1-2、2018.9(東北)
- [2] 藤原 淳、宮村 倫司、山下 拓三：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2 実装と試用版、日本建築学会大会学術講演梗概集、情報システム技術、pp.3-4、2018.9(東北)
- [3] 池田 圭助、永野 康行、藤原 淳、山下 拓三、宮村 倫司：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 E-Modeler ver.1.0の試用による課題の抽出、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(北陸)
- [4] 日本建築防火協会：構造設計・部材断面事例集、pp.496-501、2007

\*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士前期課程院生  
\*2 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 教授・博士(工学)  
\*3 防災科学技術研究所 主幹研究員・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 Grad. Student, Grad. Sch. Sim. Studies. Univ. Hyogo  
\*2 Prof., Grad. Sch. Sim. Studies. Univ. Hyogo, Dr. Eng.  
\*3 Senior Research Fellow, NIED, Dr. Eng.  
\*4 Chief Researcher, NIED, Dr. Eng.  
\*5 Assoc. Prof., Dept. of Comp. Sci., Nihon Univ., Dr. Eng.