

## ASI-Gauss 法を用いた大規模骨組構造の地震崩壊解析

準会員	片平 直樹*
正会員	磯部 大吾郎**
同	井根 達比古***
同	梶原 浩一****

地震崩壊解析	ASI-Gauss 法	有限要素法
--------	-------------	-------

## 1. 緒言

地震による骨組構造の崩壊現象を数値的にシミュレーションするためには、部材レベルから構造物全体までの挙動を精度良く解析できること、3次元モデルで解析できること、部材の破断や接触を考慮できること、動的に解析を行えること、といった要件が必要である。これらの条件を満たす解析コードを開発するために、ASI-Gauss 法 [1] を支持点加振 [2] に基づいた地震応答解析プログラムに導入した。その結果、最小限の要素数で高精度の解が得られることを確認した [3]。本稿では、これに部材破断と接触を考慮したアルゴリズムを付加し、大規模骨組構造に対して地震崩壊解析を行った結果について報告する。

## 2. 破断判定について

本研究では、以下に定義する曲げひずみと軸ひずみの値によって部材の破断を判定する。図 1 に示すように、並進方向自由度が拘束された要素に曲げ変形が生じたと仮定すると、 $L$  および  $L'$  は

$$\frac{L}{2} = r \sin \frac{\theta}{2} \quad (1a)$$

$$L' = \left( r + \frac{D}{2} \right) \theta \quad (1b)$$

と表され、上式を用いることで次の曲げひずみ  $\varepsilon_B$  が得られる。

$$\varepsilon_B = \frac{L'}{L} - 1 = \frac{D\theta}{2L} + \frac{\theta}{2\sin(\theta/2)} - 1 \quad (2)$$

ただし、 $\theta$  には  $x$  軸および  $y$  軸まわりの 2 種類 ( $\theta_x$  および  $\theta_y$ ) を使用し、曲げひずみも  $\varepsilon_x$  および  $\varepsilon_y$  の 2 つを算出する。また、部材軸方向の変形から軸ひずみ  $\varepsilon_z$  を求める。さらに、破断臨界軸ひずみ値  $\varepsilon_{z0}$  を設定し、

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Bx} + \varepsilon_{By} + \varepsilon_z &\geq \varepsilon_{z0} \\ (0 \leq \varepsilon_{Bx} \leq \varepsilon_{z0}, \quad 0 \leq \varepsilon_{By} \leq \varepsilon_{z0}, \quad \varepsilon_z \leq \varepsilon_{z0}) \end{aligned} \quad (3)$$

を満たしたとき、部材の破断を判定する。

## 3. 地震崩壊解析

解析対象は図 2 に示すような骨組構造モデルである。部材定数には JIS G 3136 建築構造用圧延鋼材 SN490 のものを用いた。表 1 に、各部材の断面形状を示す。また、固定荷重として各階 400 [kgf/m<sup>2</sup>] の床荷重を加えた。式 (3) の破断臨界値  $\varepsilon_{z0}$  には 0.22 を用いた。時間積分法には Newmark の法を用い、数値減衰を考慮するため  $\gamma=4/9$  とした。時間増分を 5 [ms] とし、8000 [step] にわたり解析を行った。入力した加速度データは、JMA-Kobe の加速度

振幅を 2.0 倍にしたものであり、EW 成分を X 軸方向に、NS 成分を Y 軸方向に入力した。図 3 に加速度データの時刻歴を示す。1 部材あたり 2 要素に分割したモデルに対する解析所要時間は、CPU : Core2 Duo E6300 ・ メモリ : 3GB において、約 45 分であった。

解析結果を図 4 に示す。加速度のピークである 5-15 [s] の間、構造物の固有周期 (X 軸方向約 9 [s]) と地震波の周期との相違から、構造物全体が大きく揺れることはなく、1 層部分で大きな変形が生じた。また部材の塑性化も下層部で多く見られた。加速度のピークが過ぎた後、下層部の柱において水平方向への漸増崩壊が進行し、最終的には 25 [s] 付近で上層部の重みに屈して潰れ、その落下に伴う衝撃力によって下層から順に圧壊していった。

## 4. 結言

本稿では、ASI-Gauss 法を用いて大規模骨組構造の地震崩壊解析を行った。その結果、実際の構造物にも起こりうる崩壊挙動を短時間でシミュレーションすることができた。今後は、実験結果との比較を行うことで本シミュレーション技術の有効性を検証していく予定である。

## 参考文献

- 1) 磯部大吾郎, チョウミョウリン: 飛行機の衝突に伴う骨組鋼構造の崩壊解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 579 号, (2004), pp.39-46.
- 2) 磯部大吾郎, 津田真啓: 有限要素法による RC 骨組構造の地震崩壊解析コードの開発, 構造工学論文集, Vol.48B, (2002), pp.385-394.
- 3) 井根達比古, 磯部大吾郎, 片平 直樹, 梶原 浩一: ASI-Gauss 法による鉄骨構造の動的地震崩壊解析 (その 1) - 動的地震崩壊解析コードの開発 (定式化を中心に) -, 2006 年度日本建築学会関東支部研究報告集, (2007), pp.165-168.

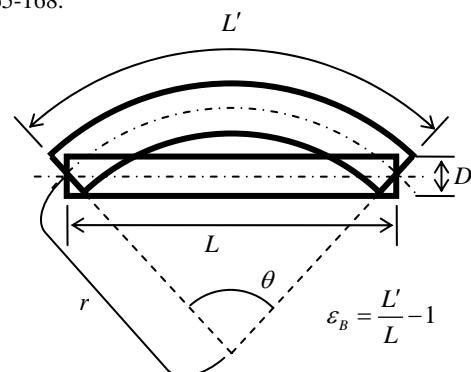


図-1 曲げひずみと軸方向変位の幾何学的関係

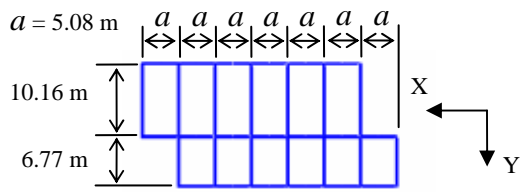


表-1 部材の断面形状

	断面形状
柱(1F-8F)	-300*300*12
柱(9F-16F)	-250*250*12
柱(16F-22F)	-200*200*12
はり	H-300*300*10*15

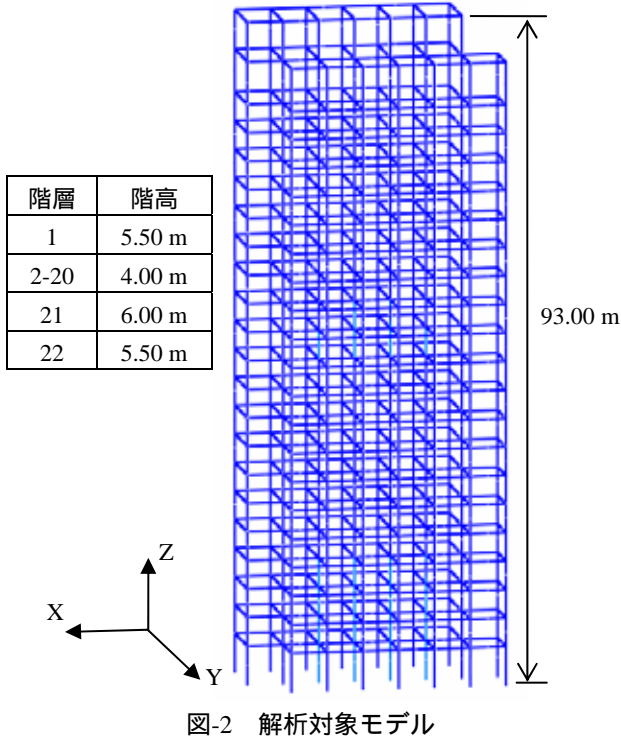
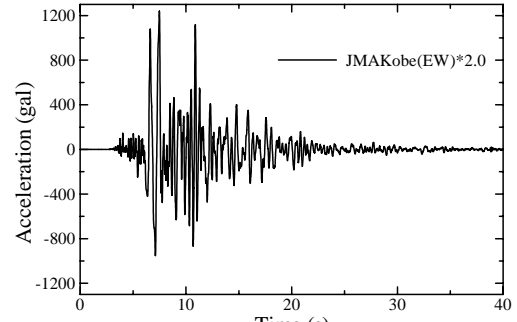
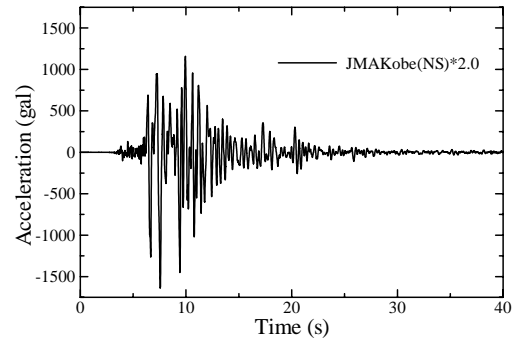


図-2 解析対象モデル



(a) X 軸方向



(b) Y 軸方向

図-3 入力加速度の時刻歴

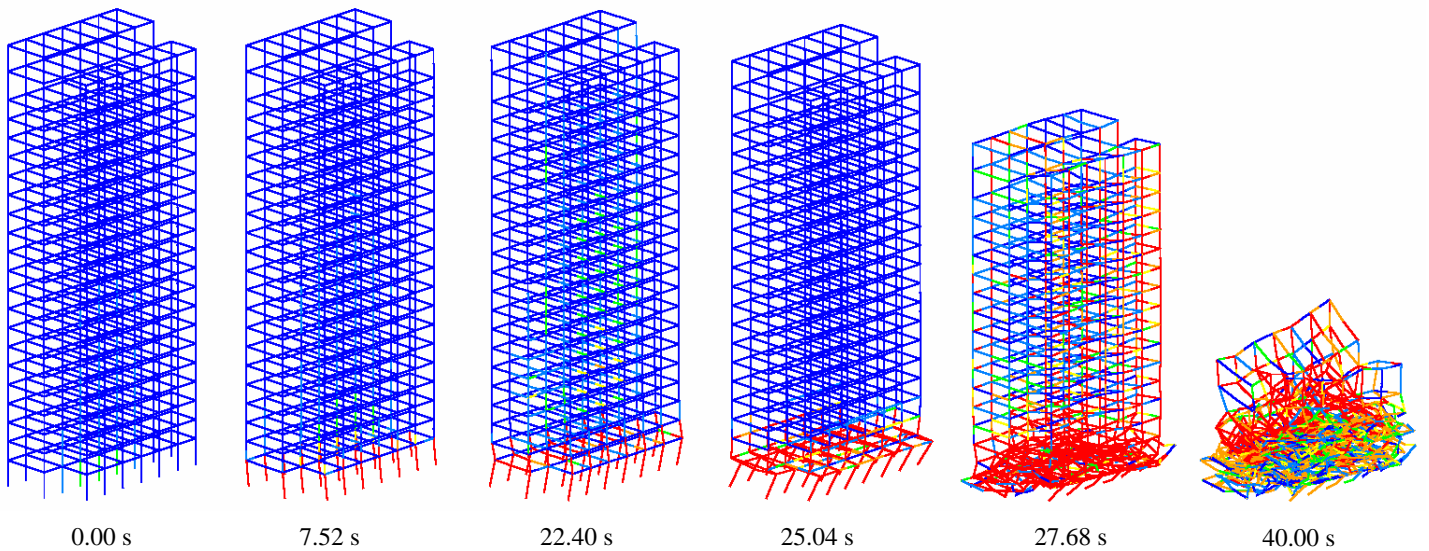


図-4 解析結果

\* 筑波大学大学院生

\*\* 筑波大学大学院准教授 博(工)

\*\*\* (独) 防災科学技術研究所 招聘研究員・博(工)

\*\*\*\* (独) 防災科学技術研究所 主任研究員・博(工)

\* Graduate student, University of Tsukuba

\*\* Dept. of Eng. Mech. and Energy, University of Tsukuba, Dr. Eng.

\*\*\* Invited Research Fellow, NIED, Dr. Eng.

\*\*\*\* Senior Researcher, NIED, Dr. Eng.