

ASI-Gauss 法を用いた鉄骨骨組構造の地震崩壊解析

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

数値震動台 ASI-Gauss 法 有限要素法
鉄骨骨組み構造 地震崩壊解析

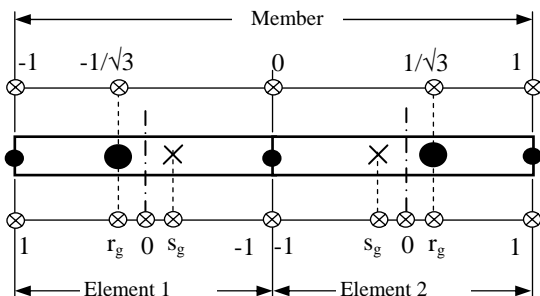
1. 緒言

数値震動台の構成要素としてマクロモデルの重要性は、耐震化技術における実用性、速効性の点で周知されており、その高度化が要求されている。そこで、本研究では代表的マクロモデルである梁要素を用いた鉄骨骨組構造の地震崩壊解析アルゴリズムを構成し、3層1スパン鉄骨骨組構造の地震時動的崩壊解析を実施した。ここでは、運動方程式の時間積分法に陰解法を適用し、幾何学非線形は更新 Lagrangian により考慮した。塑性崩壊解析が効率よく行うことに着目し、磯部らが開発した ASI-Gauss 法 [1, 2] を使用しこれに地震動を模擬できるよう支持点加振 [3-5] の機能を付加した。本研究では、筑波大学磯部研究室で開発されたプログラムを使用した。

2. 崩壊解析アルゴリズムの概要

本解析では空間骨組を対象とし、線形 Timoshenko 梁要素を用いた。1 節点に対し回転 3 成分、並進 3 成分の合計 6 自由度を与えた。梁要素の歪みエネルギーの積分では、2 要素 1 サブセットとして、部材弾性状態では 2 点ガウス積分法を適用する (図 1)。部材 (1 サブセット) が塑性化した状態では、(1)式により順応的に、数値積分点 (s_g) を応力評価点 (塑性ヒンジ) 位置 (r_g) に対応する数値積分点位置へ移動させて歪みエネルギーを計算する。その結果、最小限の要素数で塑性崩壊解を求めることが出来る。メモリー節約のため線形連立方程式の解法には CG 法を適用し、計算精度の向上のため運動方程式の質量行列は整合質量行列を使用した。陰的時間積分法は Newmark の β 法 (β=4/9) を用いた。なお、減衰は無視した。

$$s_g = -r_g \quad (1)$$



$$s_g = -r_g = 1 - (2/\sqrt{3})$$

図 1 ASI-Gauss 法の数値積分点と応力評価点位置

3. 数値例：3 層 1 スパン鉄骨骨組建築の支持点加振による応答解析

加振波として JMA-Kobe を用い(図 2)、3 方向同時加振解析を実施した。3 層鉄骨建築に対する解析の諸元は図 3 に示す。

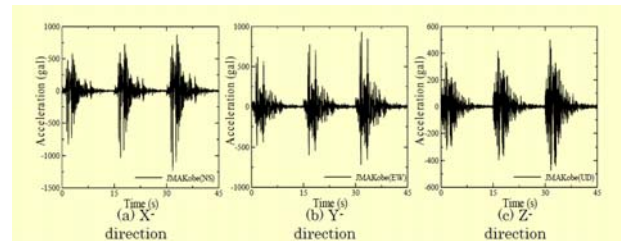


図2 加振波 (JMA-Kobe)

ヤング係数 E : 206 GPa ポアソン比 : 0.3
 密度 : 7900 kg/m³
 降伏応力度 : 245 MPa 接線係数 : 0.0 E
 加振入力波 : JMA-Kobe (EW 成分、1 軸加振)
 時間増分 : 10 ms
 計算ステップ数 : 1500 step
 加振計画 : (原波加速度振幅) 1 倍 + 1.25 倍 + 1.5 倍
 合計加振時間 = 45 s
 部材長 : L = 1 m (h) * 1m (d) * 2m (w)
 柱 : □-60*60*1.6 (STKR400)
 梁 : H-75*50*4*4 (SS400)
 小梁 : C-50*50*4 (SS400)

図3 解析諸元

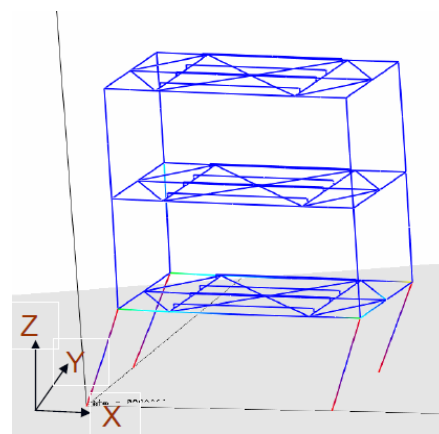


図4 変形図 (最大変位時、x 方向からの透視図)

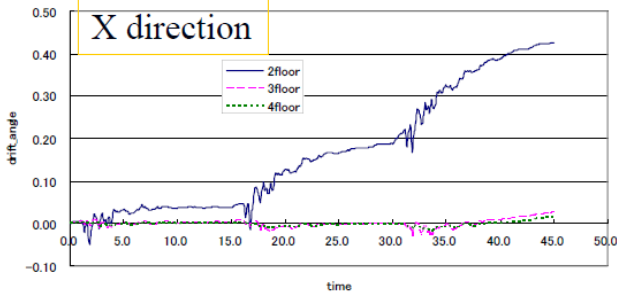


図5 x軸方向層間変位角応答の時刻歴

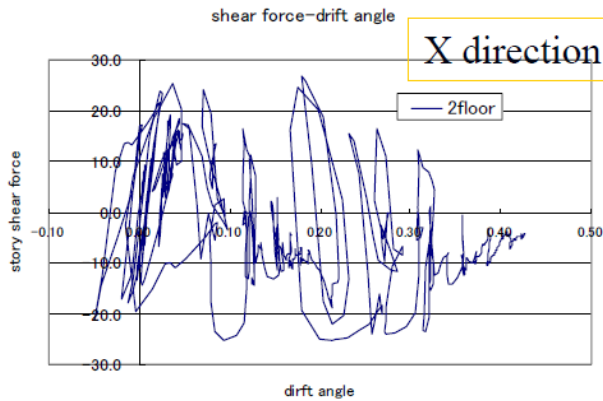


図6 x軸方向層間変位角・層剪断力関係図（2階床）

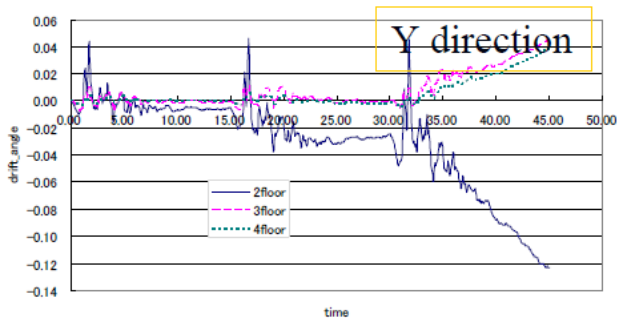


図7 y軸方向層間変位角応答の時刻歴

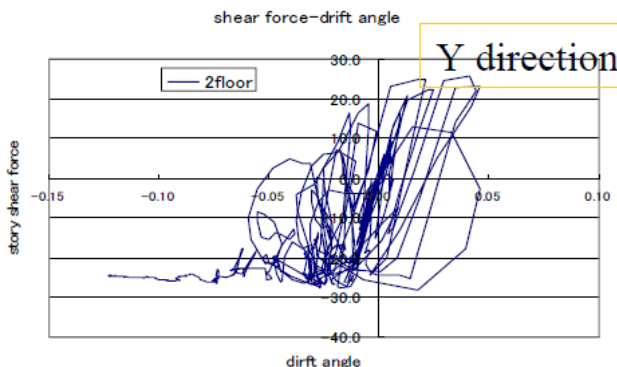


図8 y軸方向層間変位角・層剪断力関係図（2階床）

図5は3層骨組構造のx軸方向の各層での層間変位角の時刻歴応答を、図6ではx軸方向での層剪断力・層間変位角関係図（2階床位置）を示した。図7と図8はy軸方向に関する前記と同様の図を示した。各図は、骨組の1層部分における層崩壊形式を表している。

結言

本研究で得られた結論は以下のとおり。

- 1) ASI-Gauss法を用いた線形 Timoshenko 梁要素による鉄骨骨組構造の地震崩壊解析ソフトを作成した。
- 2) 数値例を通じて本解析アルゴリズムの妥当性を確認した。
- 3) 3層建築の動的崩壊応答解析を通じて層崩壊機構の計算に成功した。
- 4) 最小限の要素数（1部材2要素）で、地震における動的崩壊挙動の計算に成功し、大規模建築の動的崩壊解析の実用的計算の可能性を得た。

引き続き、本解析手法を超高層建築などへ応用し、その適用範囲を拡張する予定である。

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) K.M. Lynn and D. Isobe, Finite element code for impact collapse problems of framed structures, *Int. J. Numer. Methods Eng.*, **69**(12), 2538-2563, 2007.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) T. Ine, D. Isobe, N. Katahira, K. Kajiwara, Dynamic collapse analysis for elasto-plastic behaviors of the steel frame under seismic loads using ASI-Gauss technique, *International Conference on Computational Methods 2007, Hiroshima, Japan, 2007.3.*, pp.23

* (独) 防災科学技術研究所 招聘研究員・博(工)

** 筑波大学大学院准教授 博(工)

***筑波大学大学院生

**** (独) 防災科学技術研究所 主任研究員・博(工)

* Invited Research Fellow, NIED, Dr. Eng.

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

*** Graduate student, University of Tsukuba

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