

ASI-Gauss 法を用いた 1 方向地震波加振時の家具の挙動解析

正会員 ○小林 康一*¹ 会員外 内藤 昌彦*³
同 山下 拓三*² 正会員 磯部 大吾郎*⁴

家具 地震時挙動解析 振動台実験
ASI-Gauss 法 有限要素法

1. 緒言

世界有数の地震大国である日本では、数多くの地震が発生している。特に 1995 年の阪神・淡路大震災では、多くの構造物が倒壊した。また、地震による家具などの内部設備の転倒・損傷が発生し人的被害も生じた。従来から、例えば耐震具の有効性を検証するため、加振実験が行われている[1]。しかし、地震波や対象物など条件を変更する度に実験を行うとコストや時間がかかり、繰り返し実験を行うことは困難である。また、一般的に家具などの転倒解析には個別要素法が用いられることが多いが、この手法は家具自体の変形や応力変化などについて検証することは困難である。そこで、家具の地震時挙動を詳細に把握するために、ペナルティ接触理論に基づく接触アルゴリズムを ASI-Gauss 法[2]に導入した転倒挙動解析コード[3]の開発が行われている。本報では、この解析コードを用いた、家具の 1 軸方向加振実験の再現解析結果について報告する。

2. 解析モデルおよび解析条件

実験は、内容物無・有の家具を対象とし 1 軸加振の振動台を用いて行われた。線形要素を用いたモデル化した。表-1 に、家具モデルの重量・寸法・重心位置・静止摩擦係数を示す。静止摩擦係数は、ベルトを巻いた内容物無の家具を引き、動き出した際の荷重を重量で除した値の平均値である。重心位置は、構成する各部材の密度を調整することにより表現した。モデルの要素数と節点数は、1,796 と 1,353 である。入力波としては、JMA 神戸波 NS 方向を振動台に入力した際に得られた台上加速度を用いた。使用した入力波を図-2 に示す。本研究での解析パラメータは、高い再現性が見られた先行研究[3]と同様の方法で、ペナルティ定数 α は対象物の重量、

ペナルティ指数 q は 1.0、減衰に関する係数 D_c は α の 120 % と設定し、動摩擦係数は静止摩擦係数の 80 % と設定した。解析の時間増分は 1.0 ms とした。

3. 解析結果

実験および解析終了時の家具の様子を図-3 に、家具上面で計測された応答加速度を図-4 に示す。図-4 の解析から得られた応答加速度は、実験時の加速度センサーの方向

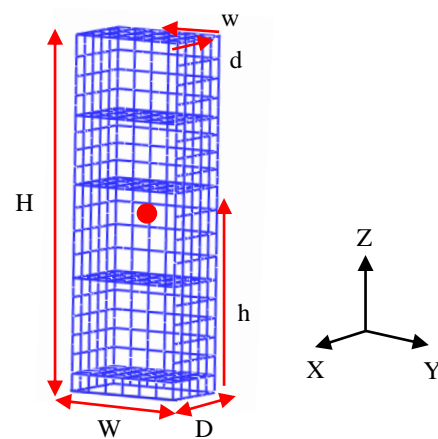
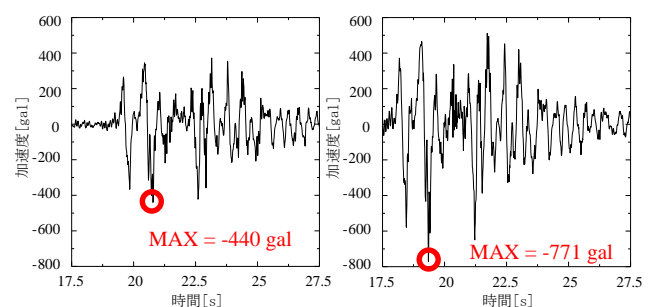


図-1 解析モデル概観



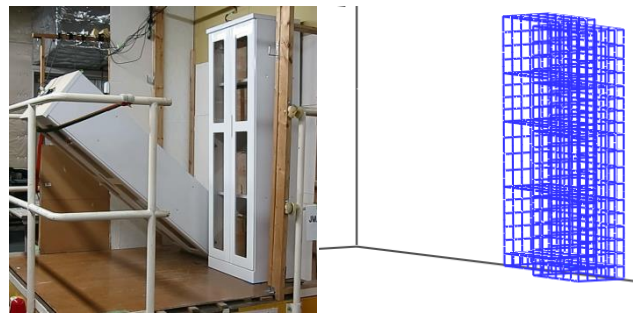
a) JMA 神戸波 NS 方向 50% b) JMA 神戸波 NS 方向 75%

図-2 入力した台上加速度 (解析に用いた部分のみ)

表-1 家具の諸元と静止摩擦係数

| | 重量[kg] | 寸法[mm] | | | 重心位置[mm] | | | 静止摩擦係数 | |
|------|--------|--------|-----|------|----------|-----|-----|--------|-------|
| | | W | D | H | w | d | h | X 方向 | Y 方向 |
| 内容物無 | 31.5 | 600 | 390 | 1805 | 300 | 160 | 920 | 0.236 | 0.236 |
| 内容物有 | 153.5 | | | | 300 | 222 | 939 | | |

と一致させるため、家具上面の座標系に変換している。図-3 に示すように、JMA 神戸波 NS 方向 50 % を加振した場合、実験では内容物無の家具が転倒に至り、解析では両家具ともに転倒しない結果となった。JMA 神戸波 NS 方向 75% を加振した場合、実験では内容物有の家具が転倒に至り、解析では逆に内容物無の家具が転倒に至った。また、実験では家具の床面での滑りは観察されなかったが、解析では、内容物有の家具の場合に両加振波で家具一床間に滑りが生じ、家具が壁から大きく離れる結果となった。図-4 の家具上面での応答加速度を比較すると、定性的に一致する部分が一部見られるが、実験結果と解析結果とは異なる結果となった。この要因として接触パラメータの設定誤差も考えられるが、家具がロックした際に家具一床間の接触面が変化することにより、動摩擦係数が時々刻々と変化したことが考えられる。また、内容物有の家具については、内容物の移動により重心位置が移動したことや、接触面の荷重分布が変わり動摩擦係数が変化したことも考えられる。



a-1) 実験終了時 a-2) 解析終了時
a) JMA 神戸波 NS 方向 50%

b-1) 実験終了時 b-2) 解析終了時
b) JMA 神戸波 NS 方向 75%

図-3 終了時の家具の様子
(奥：内容物無，手前：内容物有)

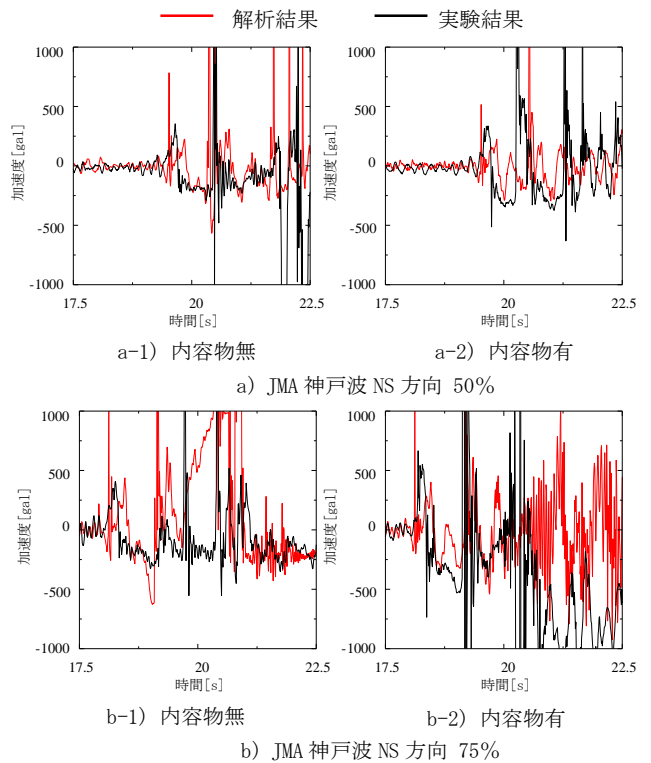


図-4 家具上面の応答加速度

4. 結言

本研究では、1 方向地震波加振実験に使用された家具をモデル化し、解析を行った。実験と解析で挙動が異なる結果となったが、これは内容物の移動による重心位置の変化、および家具一床間に生じる摩擦力の変化が家具の挙動に大きく影響したことが考えられる。本研究で用いた解析コードは摩擦力を一定で与えているが、より再現性の高い解析結果を得るためには、床と家具との接触面の変化に応じ摩擦係数を変化させる必要があるものと考えている。

参考文献

- [1] 梶原 浩一 他：既存木造校舎に関する E-ディフェンス実験：その 6 地震時の教室 空間（振動台実験 (I), 構造 III），日本建築学会術講演梗概集, pp. 523-524, 2011.
- [2] 磯部 大吾郎 他：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，pp. 39-46, 2004.
- [3] 磯部 大吾郎 他：有限要素法を用いた地震時における家具の挙動解析，日本建築学会構造系論文集，第 80 巻，第 718 号，pp. 1891-1900, 2015.

*1 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 大学院生
*2 防災科学技術研究所 主任研究員・博（工）
*3 防災機器検査協会
*4 筑波大学 教授・博（工）

*1 Graduate Student, Univ. of Tsukuba
*2 Chief Researcher, NIED, Dr. Eng.
*3 Japan Disaster Prevention Equipment Inspection Association
*4 Professor, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.