

スケーリング・フレーム構造の鉄骨構造物への適用性と制振効果に関する研究
その2 繰返し载荷を受けるスケーリング・フレームの復元力特性モデル

鋼構造 スケーリング・フレーム
水平载荷実験 履歴則 復元力特性

正会員 ○齋藤 真美*¹ 同 伊藤 拓海*²
同 谷 慎一郎*¹ 同 島田 誓也*¹
同 呉 東航*³ 同 南雲 隆司*⁴
同 平田 晴彦*⁵

1. はじめに

近年、様々な制振装置、ダンパーが開発され、実用化されている¹⁾。著者の一人は、新たな制振構造形式として、Scaling Frame (以下、SFと呼ぶ) 構造を提案している²⁾。SF 構造は装置の軽量化による運搬性や施工性の向上、小型化による構法上の収まりや経済性などに優れ、木造住宅向けに製品化され、実用化されている。本研究では、SF を鉄骨構造に適用し、その力学的特性や弾塑性挙動を明らかにし、制振効果を検討することを目的としている。

SF 構造は、図1に示すように、元フレーム、斜材、SF から構成されており、SF の対角線変形の塑性挙動により振動エネルギーを吸収するものである。また、SF 構造は元フレームとSF の比率(縮小率と呼ぶ)に反比例して、水平剛性や耐力が大きくなる。

本稿では、前稿(その1)³⁾の水平载荷実験結果に対し、復元力モデル⁴⁾による繰返し载荷解析を行い、SF に対する復元力モデルの適用性と有効性について検討を行う。

2. SF の水平载荷実験の概説³⁾

前稿(その1)では、SF の縮小率 α をパラメータとした水平载荷実験を行った。その実験概要を以下に示す。

縮小率 α は 8.5%、10%、11.5% の 3 パターンとし、元フレームの寸法を $H=1,800\text{mm}$ 、 $B=1,000\text{mm}$ とした。水平载荷実験のセットアップ図を図1に示す。治具柱の頂部の加力梁を介して可搬式ジャッキを取り付け、治具柱の頂部と脚部はピン接合とした。SF は治具柱に設置されたガセットプレート(鋼種 SS400)、斜材(溝形鋼、鋼種 SS400)を介して治具柱と連結した。単調载荷試験における荷重変形曲線を図3に示す。

3. SF の復元力特性のモデル化

3.1 単調载荷試験の骨格曲線

図4のように、単調载荷試験結果より骨格曲線の耐力と剛性を定義した。実験結果より、比例限耐力(小文字 e)、初期剛性 K_1 、第2折れ点、第3折れ点を求めて、表1に示す。骨格曲線の第2折れ点は General yield 法を用いて算出(小文字 g)し、第3折れ点については単調载荷試験結果から算出した値を用いる。

3.2 復元力モデル

繰返し载荷を受ける SF について、図5に示す鋼部材の

弾塑性挙動を精度良く追跡できるスケルトン・シフト・モデル⁴⁾を用いて解析を行う。また除荷時ならびに再載荷時の曲線は Ramberg-Osgood モデルで用いられる連続的な関数式を用いて表現する。ここでは、骨格曲線をシフトさせる際のシフト係数と、Ramberg-Osgood 関数における丸み係数を調整して、実験結果の履歴曲線と一致するようにそれぞれの値を決定した。さらに、復元力モデルの違いによる精度への影響を検討するため、Bi-Linear モデルとの比較を行う。

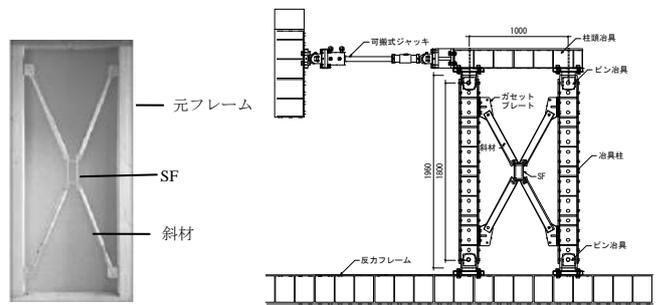


図1 SF 構造の構成

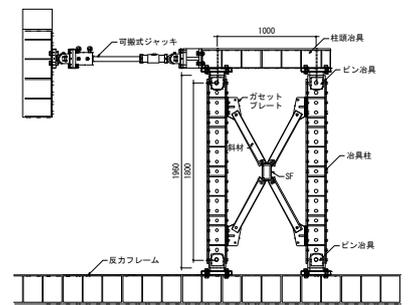


図2 セットアップ図

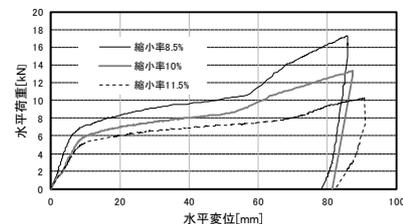


図3 単調载荷実験結果の荷重変形曲線³⁾

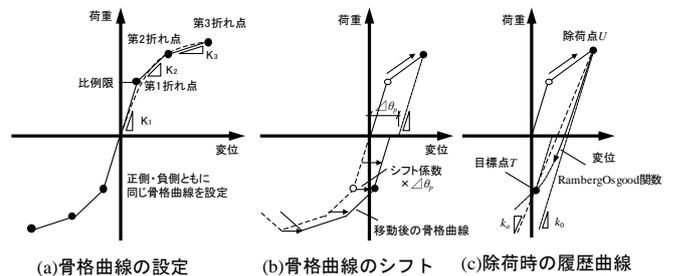


図4 スケルトン・シフト・モデルの履歴特性

表1 単調载荷試験から算出した骨格曲線の折れ点

| 縮小率 | 降伏荷重[kN] | | | 初期剛性 K_1 [N/mm] |
|-------|------------|------------|-------|-------------------|
| | Pe (第1折れ点) | Pg (第2折れ点) | 第3折れ点 | |
| 8.5% | 5.9 | 6.5 | 8.8 | 1031 |
| 10.0% | 5.4 | 6.4 | 7.2 | 659 |
| 11.5% | 4.6 | 5.3 | 6.2 | 588 |

A experimental study of application and vibration control effect to steel structure using scaling frame, Part 2 , Restoring force characteristics model of scaling frame subjected to cyclic loading

SAITO Mami, ITO Takumi, TANI Shinichiro, SHIMADA Seiya, Wu DongHang, NAGUMO Takashi, and HIRATA Haruhiko

3.3 実験結果と解析結果の比較

実験結果の履歴曲線と Bi-Linear モデル、スケルトン・シフト・モデルを用いた解析結果との比較を図 5, 図 6 に示す。解析で用いた各変数の値を表 2 に示す。また、累積変位と塑性吸収エネルギーの関係を図 7 に示す。

図 5, 図 6 の結果より、Bi-Linear モデルはサイクル数の増加に伴い実験結果との誤差が増加しており、スケルトン・シフト・モデルの解析結果は実験結果を精度良く追跡できていることが確認できる。また図 7 より、スケルトン・シフト・モデルによる塑性吸収エネルギーの解析結果は、実験結果と概ね一致していることが確認できる。

4. 結び

本稿（その 2）では、前稿（その 1）³⁾で行った SF の漸増繰返し実験結果に対して、復元力特性のモデル化を行った。漸増繰返し実験結果と比較し、弾塑性挙動を精度良く追跡できることを確認した。今後は、同解析モデルを用いて、SF を有する鉄骨構造物の地震時挙動を明らかにし、耐震性能について検証していく予定である。

謝辞

本研究における実験は、ホリー株式会社のご協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 応答制御構造設計法 付：免振・制振（震）建築の設計例／装置・部材データ集，日本建築構造技術者協会 編 2000
- 2) 呉東航：よくわかる住まいの耐震・制振工法，住まいの学校ライブラリー，2012.12
- 3) 齋藤真美，谷慎一郎，伊藤拓海，呉東航：スケーリング・フレーム構造の鉄骨構造物への適用性と制振効果に関する研究（その 1），関東支部研究報告集 I，pp.529-532，2014.2
- 4) 白井，下田，伊藤：繰返し塑性振幅を受ける H 形鋼梁の耐力と変形能力のデータベース（その 3），関東支部研究報告集 I，pp.109-112，2011.2

表 2 解析モデルで用いたパラメータの値

| | K_2 | K_3 | シフト係数 | 丸み係数 |
|-----------|-----------|-----------|-------|------|
| 縮小率 8.5% | $0.30K_1$ | $0.07K_1$ | 0.65 | 10 |
| 縮小率 10% | $0.25K_1$ | $0.06K_1$ | 0.8 | 8 |
| 縮小率 11.5% | $0.18K_1$ | $0.06K_1$ | 0.85 | 10 |

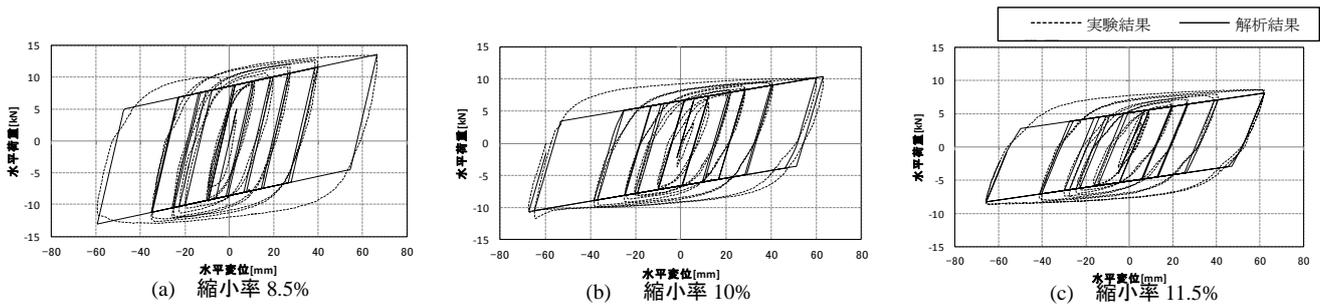


図 5 履歴曲線の比較 (Bi-Linear モデル)

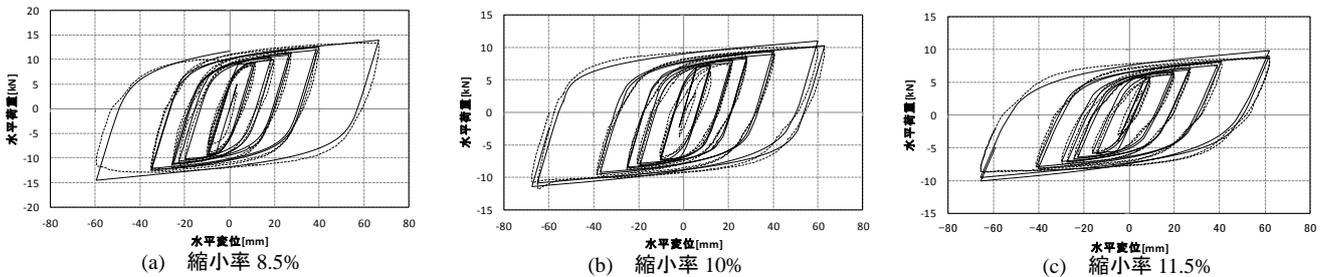


図 6 履歴曲線の比較 (スケルトン・シフト・モデル)

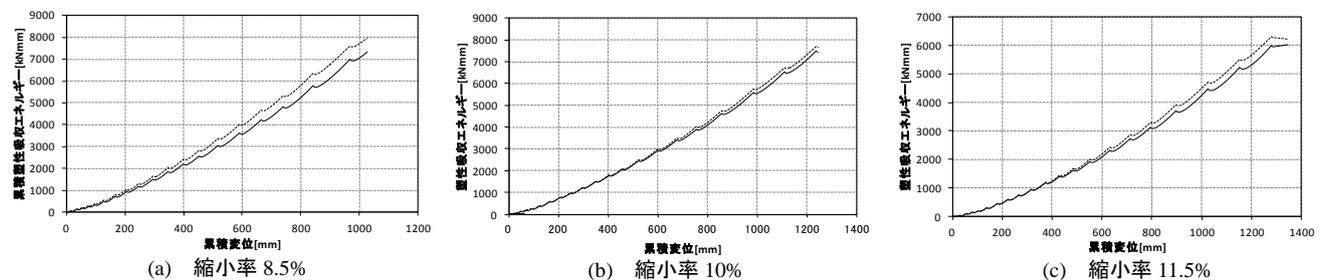


図 7 累積変形と塑性吸収エネルギー

*1 東京理科大学大学院工学研究科建築学専攻 修士課程 学士 (工学)
 *2 同 准教授 博士 (工学), *3 (株) 呉建築事務所 代表 博士 (工学), *4 ホリー株式会社 執行役員 開発本部 本部長, *5 ホリー株式会社 構造機材営業部

*1 Grad. Stud., Dept. of Arch., Fac. of Eng., Tokyo Univ. of Sci. *2 Associate Prof., Dep. Arch., Fac. of Eng., Tokyo Univ. of Sci., Dr. Eng. *3 President, WU Building Office Corporation, Dr. Eng., *4 G.M., Development Div., Hory Corporation, *5 Struc. Equip. Sales Department, Hory Corporation