

スケーリング・フレームを有する鉄骨骨組の終局耐震挙動と制振効果に関する研究
その3 水平載荷実験における耐荷機構と弾塑性挙動の考察

鋼構造	スケーリング・フレーム	骨組試験体	正会員	○島田 誓也*1	同	齋藤 真美*1
制振	水平載荷試験	耐荷機構	同	伊藤 拓海*2	同	呉 東航*3
			同	谷 慎一郎*1	同	南雲 隆司*4
			同	平田 春彦*5		

1. はじめに

前稿(その2)では、骨組実験の概要と実験結果を示した。本稿(その3)では、実験結果の詳細な分析を行い、スケーリング・フレーム(以下SFと呼ぶ)構造の耐荷機構や力学的特性について検討を行う。

2. 実験結果の分析と考察

2.1 SFの有無による塑性吸収エネルギーの比較

図1にSFの有無の違いによる各ループの塑性吸収エネルギーと層間変形角の関係を比較して示す。なお、SF有りの試験体の実験において、1/75radの2ループ目で制御に問題が生じ、同振幅では1ループのみの載荷となった。そのため、同図は実験終了までを比較して示しているが、1/75radまでが同条件での比較が可能となっている。図1より、SF有りの骨組試験体の塑性吸収エネルギー量は、SF無しの骨組試験体と比較して、平均でおよそ1.6倍大きくなっていることが確認できる。

2.2 SF有り骨組試験体の実験結果の分析と考察

2.2.1 SFの曲率-軸ひずみ関係

SFのひずみより、各ループの除荷時におけるSFの曲率と軸ひずみを求め、図2に示す。なお、SFは対称に変形するため長辺部材の結果のみを示す。

図2より、軸ひずみが4000 μ までは、軸ひずみに対して曲率が大きく進行しており、曲げによる変形が支配的であることが確認できる。一方、軸ひずみ4000 μ 以降は、曲率に対して軸ひずみが大きくなることが確認できる。以上の結果より、SFは小変形領域では、曲げ抵抗系を示すが、大変形領域においては軸力抵抗系に移行していると考えられる。

2.2.2 SFの短縮側と伸び側の対角線変位

図3に各ループの除荷時のSFの短縮側と伸び側の対角線変位の関係を示す。ここでは、各ループの変位の平均値を示す。また、同図に短縮側と伸び側の対角線変位が一致する45度線を示す。一般的に、矩形がせん断変形すると、その対角線変位において、短縮側の変位が伸び側の変位よりも大きくなることが知られている²⁾。図3の結果より、45度の線より短縮側に寄っていることが確認できる。以上のことから、SFの短縮側の対角線変位は、

伸び側の変位よりも大きくなっていることがわかる。また、層間変形角が大きくなるにつれて、その傾向が顕著になっている。なお、この結果は前稿(その1)2.2節で解説した特性と整合している。

2.2.3 斜材軸力

図4に各ループの除荷時の斜材の平均軸力と目標変位の関係を示す。同図より、小変形領域1/300radまではSFの短縮側と伸び側の斜材の軸力は概ね一致していることが確認できる。伸び側の斜材は、層間変形角が大きくなるにつれて引張軸力が増加しているのに対して、短縮側の斜材は、層間変形角1/300rad以降、圧縮軸力が低下している様子が確認できる。また、層間変形角1/75radで圧縮軸力が0まで低下していることが確認できる。これは、図3のように、大変形領域におけるSFの変形状態において、短縮側の変形が伸び側の変形に対して相対的に大きくなり、その結果として斜材の圧縮変形が相対的に小さくなるためである。なお、この結果は前稿(その1)2.2節で示した特性と整合している。

2.2.4 骨組試験体の応力図と水平力分担率

各部材のひずみより骨組試験体のモーメント、せん断力、軸力を算出し、一例として層間変形角1/300rad除荷時の応力図を図5に示す。ここで、時計回りのモーメントを正とする。なお、層間変形角1/75radでは梁端が降伏したため、節点モーメントの釣合いからモーメントを求めた(図中括弧内で示す箇所)。図5より、SFの有無にかかわらず、骨組のモーメント分布は概ね同じであることが確認できる。

さらに、図5のモーメント分布より柱のせん断力、斜材軸力の水平成分を求め、図6に示す。図6より、モーメント分布より算出した柱のせん断力(図中▲)と斜材軸力における水平成分(図中●)の和(図中×)として求めた水平荷重は、ロードセルから検出した水平荷重(図中■)と概ね一致していることが確認できる。

以上の結果より、SFを有する骨組全体の水平復元力は、骨組のせん断力とSFの水平成分の和で表されることが考えられる。さらに、水平力分担率の各ループにおける平均値を図7に示す。図7より、層間変形角1/200radまではSFの水平力分担率は全体の3割程度、1/100rad以降は2割程

度であることが確認できる。

3. 結び

本稿(その3)では前稿(その2)で行った骨組実験結果の考察を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) SF 有りの骨組試験体では、SF 無しの場合に比べ塑性吸収エネルギー量が平均でおよそ1.6倍となる。
- 2) SF は小変形領域において曲げ抵抗系を示すが、大変形領域では軸力抵抗系へ移行する。
- 3) SF の対角線変形が進むにつれ、短縮側の斜材に生じる圧縮力が低下する。このため、斜材は過度な圧縮力を回避することができる。
- 4) SF を有する骨組全体の復元力は、骨組のせん断力と

SF の水平成分の和で表される。また、今回の実験条件では、SF の水平力分担率は、1/200rad までは3割程度、1/100rad 以降は2割程度である。

謝辞

本研究の実験では、東京理科大学大学院生・森健士郎君、府川直人君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) 斎藤真美, 伊藤拓海, 谷慎一郎, 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
- 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

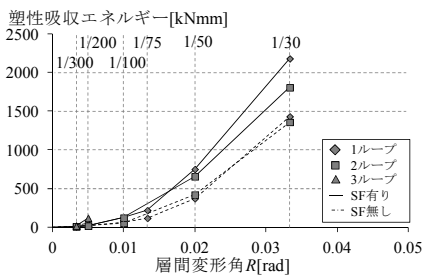


図1 塑性吸収エネルギーの比較

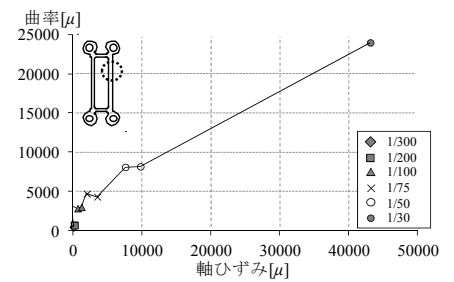
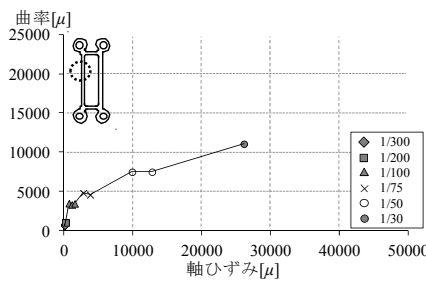


図2 SFの曲率-軸ひずみ関係

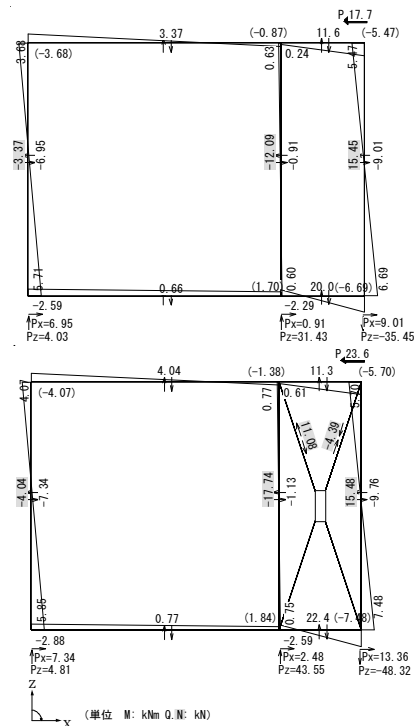


図5 骨組試験体の応力図(1/100rad)

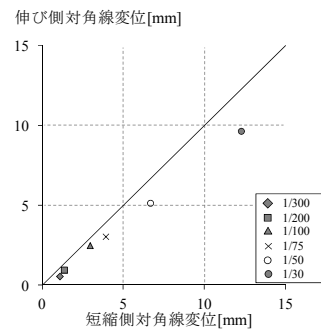


図3 SFの対角線変位の比較

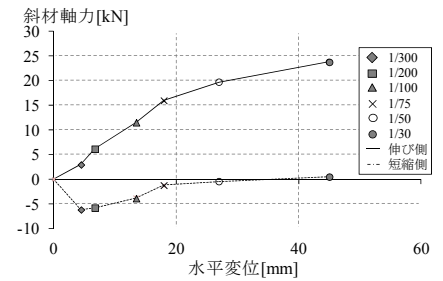


図4 斜材の軸力と層間変位関係

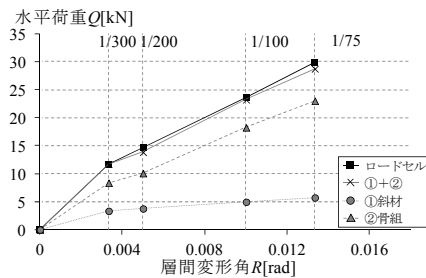


図6 水平荷重-層間変形角関係

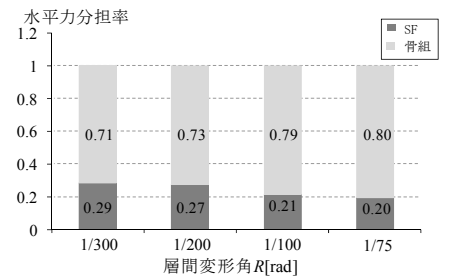


図7 水平力分担率

*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.t 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