

鋼製スケーリング・フレーム制振構造の破壊性状に関する実験的研究

正会員 吳 東航*
 正会員 伊藤 拓海**
 正会員 南雲 隆司***

スケーリング・フレーム 制振 破壊性状
 小壁 実験

1. はじめに

筆者らは、スケーリング・フレーム制振構造の有効性と適応性に関して、一連の研究を行ってきた。

スケーリング・フレーム (Scaling Frame、SF と略す) 構造の原理に関しては、図 1 のように、柱梁フレーム芯に比例して縮小した (縮小率 α) 四隅剛接または一体成型した SF を、柱梁フレーム芯の対角線交点に置き、4 本の斜材を用いて柱梁フレームの四隅と連結する構造である。柱梁フレームの層間変形角を SF に集中させることにより、SF は早期降伏し、塑性変形により振動エネルギーを吸収するよう、履歴型の制振構造として考えている。¹⁾

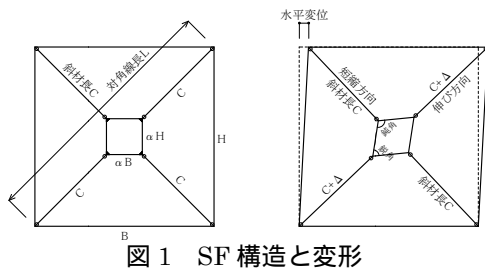


図 1 SF 構造と変形

参考文献 1) により、SF は縮小率 小さいほど剛性、耐力、制振効果も大きくなるが、破断しやすくなる。これを補うため、大小異なる 2 重、回の字型 SF が考案された。小さいものには大きな制振効果が期待されるが、大きいものには破断防止を期待し、予想外の大地震が発生しても、いきなり 100 から 0 へのような、急激な耐力低下を防ぐことができる。

さらに、参考文献 5) には、実験を通して、大小異なる SF の複合構造の性能は、それぞれの性能の足しあわせとすることができると、報告されている。

2. 研究目的

本研究は、製品設計のデータ蓄積のため、図 2 の小壁タイプの SF 構造に対して、静的繰り返し加力により重複加力性状と破壊性状を確認することを目的とする。

3. 実験体概要

実験体は図 2 左の小壁に、材質が異なる 2 種類の SF を取り替える。小壁の SF 構造部分の縦横比は 2.4 : 1 とし、同じく、SF の縦横比も 2.4 : 1 である。

図 2 右の回の字型の SF は、縮小率が外周 8%、内周 3.8% である。厚さ 12mm の鋼板で作られ、4 枚重なる。両実験体の SF 材質はそれぞれ SS400 と SN400 であったが、材料試験により、力学性質には大差がない (表 1)。

表 1 SF の性質

実験体	降伏応力 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	ヤング係数 [N/mm ²]	降伏歪 [μ]
SS400	257	399	213278	1205
SN400	249	407	203959	1220

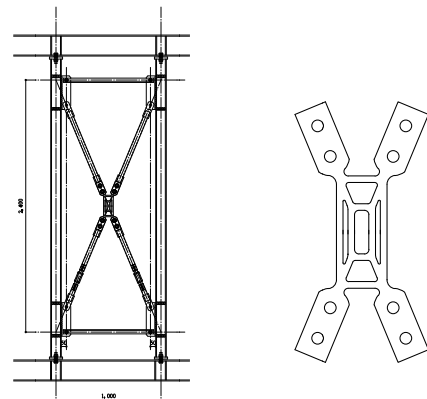


図 2 小壁タイプのスケーリング・フレーム構造実験体

4. 実験概要

図 3 には実験のセットアップを示している。

図 4 には加力スケジュールを示している。加力は 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50 の 7 ステップを 1 セットとし、各ステップ 2 サイクル加力する。1 セット終わったら、強制的に原点に戻し、同じスケジュールで 2 セット目を行う。最後に、変形角 1/50 で、内周 SF 破断するまで繰り返す。

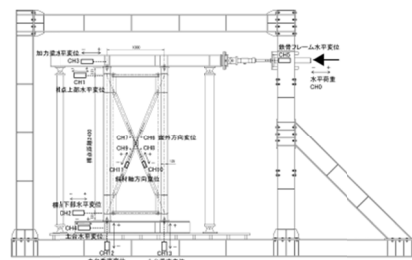


図 3 セットアップ

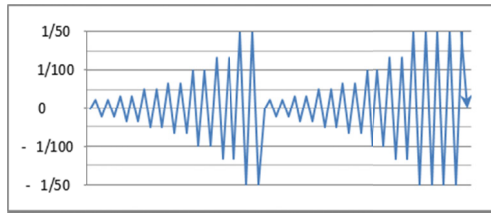


図4 加力スケジュール

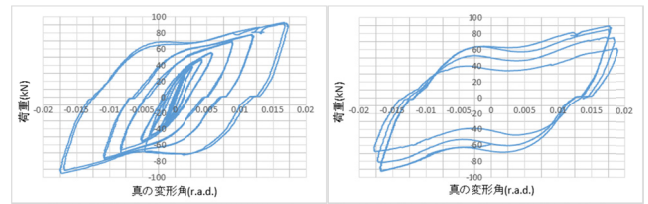


図6 SN400 実験体の荷重-変形曲線

5. 実験結果と考察

図5と図6では、それぞれSS400実験体とSN400実験体の荷重・変形曲線を示している。左側は1セット目の結果であるが、右側は2セット目の最後の変形角1/50以降のループをピックアップしたものである。

まず、両実験体とも、破壊までの各ループとも安定した紡錘型履歴性状が表している。両実験体の各ステップの荷重がほぼ同じであるが、形状的に多少の異なりがあり、SS400実験体に比べ、SN400実験体の履歴の戻り勾配やや長く続き、囲んだ面積が大きく見える。

次に、1セット目加力が終わった後、強制的に変形角0点に戻したが、残留荷重とSFの残留変形もなかった。2セット目の加力は同じスケジュールで、変形角1/50まで辿り着くことができ、ほとんど1セット目と同じ性状であった。ここまで、SFに亀裂がなく、耐力低下も全くなかった。

続いて、変形角1/50で内側SFが破断するまで繰り返して加力した。SS400実験体は1セット目も含めて、変形角1/50を8ループ経験した後、亀裂と耐力低下が発生した。SN400実験体は4ループであった。つまり、SN400実験体は2セット目の加力が行った直後のループで亀裂が発生した。亀裂が発生してからさらに2ループ加力した後、両実験体とも2/3以上の耐力が残っている。

しかし、材質の異なる両実験体の、履歴形状及び亀裂まで経験するループ数の差については、今回の実験では究明できていない。

図7は、それぞれSS400実験体とSN400実験体の実験後の状況を示す写真である。両実験体とも内側SFの長辺破断であった。



図7 破壊時写真

6. 終わりに

本研究は以下の知見が得られた。

大小異なる回字型SFに対して、変形角1/50までの加力スケジュールをもって2回加力し、同じ性状であった。

回字型のSFは、制振構造の急激な耐力低下を改善することに有効である。

力学性質が同じでも、材質によってはSF構造の変形性状及び破壊性状に差がある。今後には継続的に解明する必要がある。

参考文献

- 1) 呉東航編著：「よくわかる 住まいの耐震・制振工法」 住まいの学校 2012.12
- 2) 呉東航、ほか：22594「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1～4」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) 2014.9
- 3) 斎藤真美、ほか：スケーリング・フレーム構造の鉄骨構造物への適応性と制振効果に関する研究 (その1) 関東支部研究報告集, pp.529-532, 2014.2。(その2) 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) 2014.9
- 4) 阿津英明、ほか：スケーリング・フレーム構造の鉄骨構造物への適応性と制振効果に関する研究 (その3) 関東支部研究報告集, pp.525-528, 2015.3。山口界堂、ほか(その4), 関東支部研究報告集, pp.529-532, 2016.3
- 5) 呉東航、ほか：スケーリング・フレーム構造の鉄骨構造物への適応性と制振効果に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.627-628, 2016.8
- 6) 伊藤拓海, 呉東航、ほか：制振木質軸組架構の振動台実験と終局耐震挙動, 日本建築学会構造系論文集, 2017.3

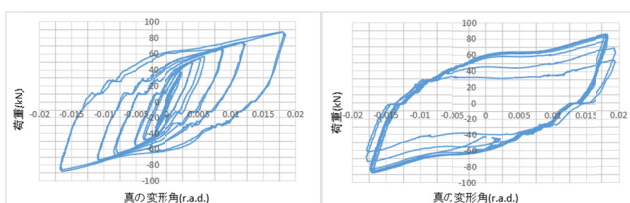


図5 SS400 実験体の荷重-変形曲線

*株式会社 呉建築事務所 代表・博士(工学)
 **東京理科大学 准教授・博士(工学)
 ***エスアールジータカミヤ株式会社 開発本部長

* President, WU Building Office Corporation, Dr.Eng.
 ** Associate professor, Tokyo University of Science, Dr.Eng.
 ***Development Division General Manager, SRG TAKAMIYA CO.,LTD.