

# 継続的地震観測記録に基づくスチールハウスの応答性状に関する研究

名古屋大学 工学部 環境土木・建築学科 建築学コース  
 護研究室 金森愛咲美

## 1. 研究の背景と目的

薄板軽量形鋼造を代表するスチールハウスは、木造ツーバイフォー工法の枠材を薄板軽量形鋼に置き換えた構造である。日本においては1995年兵庫県南部地震で仮設住宅用に輸入されたことをきっかけに法整備が進み、高い施工性や耐久性から非住宅用途を中心に普及が進んでいる。その設計法については近年も法の改正が行われており、設計法の妥当性を検証する上で実際の地震に対する建物の応答性状の分析が重要である。また、比較的新しい建築工法であるため、長期間の地震観測が行われた事例は少ない。そこで本研究では実建物の継続的な地震観測記録に基づき、対象建物の地震時応答性状と経年変化について分析することを目的とする。

## 2. 対象建物と観測体制の概要

スチールハウスは工場生産された壁、床、屋根等を構成するパネルを現場で組み立てて建設される。各パネルは枠材と面材から成り、ドリルねじで一体化されている。枠材には亜鉛めっき鋼板を成形加工した薄板軽量形鋼が用いられる。構造面材にはセラミック系や鉄系のものが用いられ、要求される性能に応じて使い分けられる。上下階の耐力壁は金物とボルトを用いて接合される<sup>2)</sup>。

対象建物は千葉県に立地する地上3階建ての社員寮である。図1に対象建物の外観を示す。薄板軽量形鋼造であり、東西に長い平面形状となっている。耐震壁は南北方向に多く配置されている。

図2に地震計の配置を示す。3階床上、2階床上、屋外の独立基礎上の3点に小型地震計を設置し、地震観測を行った。その結果、2009年から2018年までに2011年東北地方太平洋沖地震を含む計22個の地震記録が得られた。これらを震央や観測点の計測震度等で分類し整理した。その結果を表1に示す。

## 3. 対象建物の振動特性の分析

### 3.1. 伝達関数の推定

地震観測記録から基礎と3階の伝達関数を推定した。コヒーレンスを確認し、精度が高いと思われる10 Hz以下の振動数範囲について分析を行うこととした。伝達関数は東西方向、南北方向で1次の固有振動数に明瞭なピークが見られ、上下方向でもやや小さいピークが見られた。

### 3.2. 固有振動数及び減衰定数の推定

東西方向、南北方向について基礎と3階の記録の伝達関数のフィッティングを行い、固有振動数と減衰定数を推定した。フィッティングは1自由度系と仮定して行っている。図4、図5に固有振動数と減衰定数の推移を示す。横軸は地震観測記録順である。参考値として、地震観測開始前に実施されていた常時微動計測に基づく推定結果を左端部に合わせて記載している。また、最大加速度の大きさ



図1 対象建物の外観

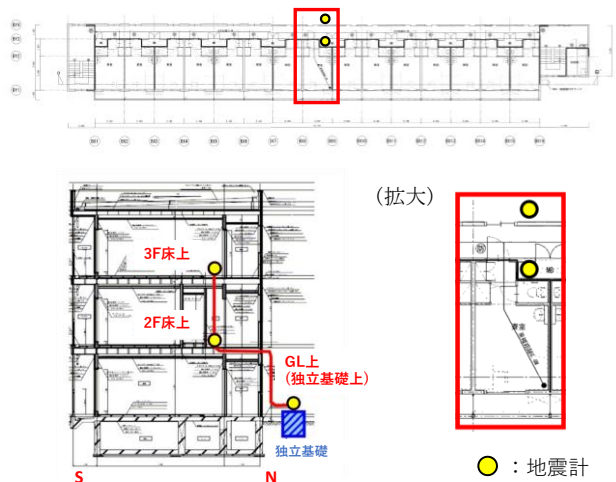


図2 対象建物における地震計の配置 (平面図, 断面図)

表1 観測記録の分類 (震央)

震央地名	記録数
(1) 三陸沖, 宮城県沖, 福島県沖	4
(2) 茨城県沖, 千葉県沖	6
(3) 東京湾	2
(4) 伊豆大島近海	1
(5) 小笠原諸島沖	2
(6) 福島県内陸	1
(7) 茨城県内陸	5
(7) 静岡県内陸	1

(震度)

計測震度	記録数
5弱	1
4	2
3	8
2	11

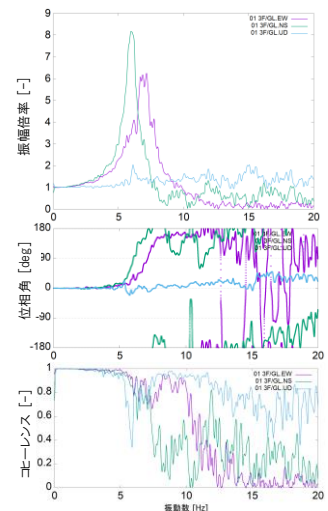


図3 伝達関数 (3F/GL)

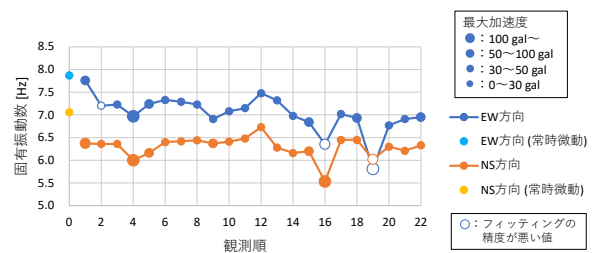


図4 固有振動数の推移

に従って丸印の大きさを変えている。最大加速度が大きい地震では固有振動数が低下する傾向が見られるが、その後の地震では以前と近い値まで上昇していることから、この一時的な固有振動数の低下は可逆的な現象によるものであるといえる。この原因を、地震によって建物に働く水平力がボルト等、部材接合部における摩擦抵抗力をうわまわり、滑りが生じたのではないかと考察している。一方、観測期間全体を見たときに固有振動数はやや低下している。この経年変化は地震による建物の剛性の低下が原因だと考えられる。減衰定数はやや増加しており、接合部等での摩擦の増加によりエネルギー吸収が増加したのではないかと考えている。

建物の固有振動数の低下は、最大加速度が大きい地震で見られた。そこで振動特性の振幅依存性について検討した。図 6 に絶対加速度と振動特性の関係、図 7 に相対変位と振動特性の関係を示す。振幅が大きいと固有振動数が低下、減衰定数は増加しており、振幅依存性があることが明らかとなった。ここで、振幅が小さい範囲ではデータのばらつきが大きいので、一次関数的な関係があるのか、あるいは一定の値より振幅が大きくなると固有振動数の低下が見られるのかについては、より詳細な検討が必要である。

### 3.3. 水平と上下の振動の関係

伝達関数において、南北方向と上下方向のピーク時振動数の値が近いことから、その相関について検討した。図 8 に各階の水平と上下のコヒーレンスを示す。伝達関数がピークとなる 6~7 Hz 付近で南北方向と上下方向のコヒーレンスが大きくなっており、今後詳細な検討が必要であるが、現時点では上下方向の振動は南北方向の壁が下階の壁との接合部を中心に回転することによって連成されたものだと考えている。

### 3.4. 最大応答分布

対象建物は層せん断力係数が Ai 分布に従うと仮定して設計されている。その妥当性を評価するにあたり、まずは縦軸を建物高さ、横軸を最大応答とする最大応答分布について検討した。図 9 に絶対加速度、相対速度、相対変位の最大応答分布を示す。分布図はほぼ直線に近い形となり、多くの観測記録ではほぼ同時刻に応答が最大となっていた。伝達関数でも 1 次固有振動数で明瞭なピークが確認できており、対象建物では 1 次モードが支配的であると考えられる。

## 4. 結論

本論ではスチールハウスにおける地震観測記録の分析を行い、振動特性には振幅依存性があること、経年変化だと思われる剛性の低下が見られることがわかった。対象建物では地震に対して 1 次モードの振動が支配的であることがわかった。また、振幅が大きい地震では一時的な固有振動数の低下が見られ、その原因について考察した。

### 参考文献

- 1) スチールハウス協会 <https://steel-house.net/steelhouse/index.html>
- 2) 新日鐵住金 NS スーパーフレーム工法 <https://www.nipponsteel.com/product/nsf/>

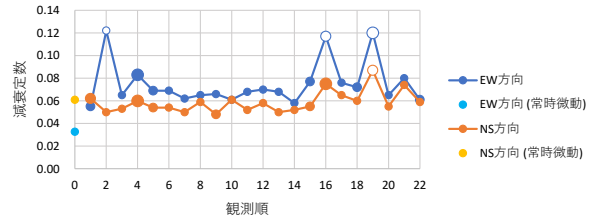


図 5 減衰定数の推移

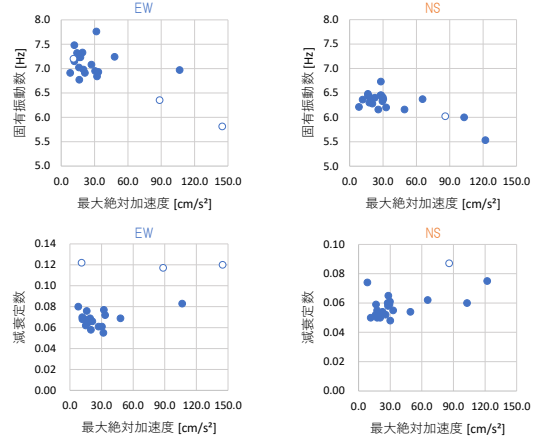


図 6 絶対加速度と振動特性の関係

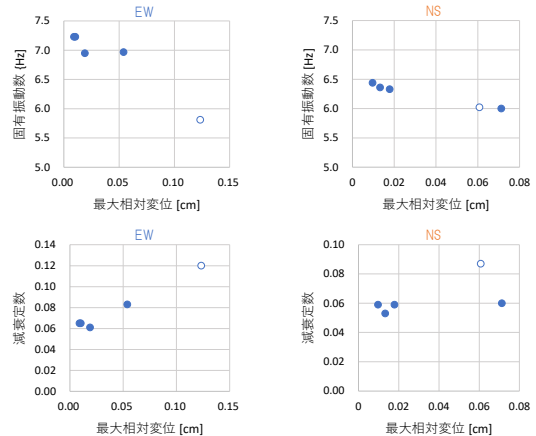


図 7 相対変位と振動特性の関係

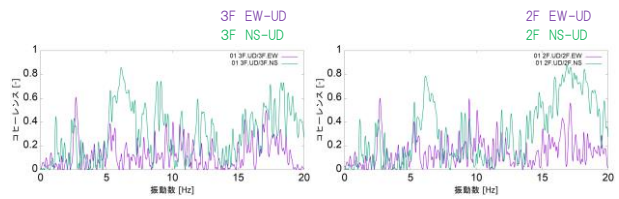


図 8 水平と上下のコヒーレンス

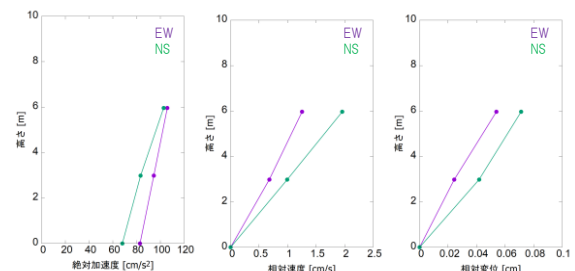


図 9 最大応答の分布