

高靱性・高減衰耐力壁を用いた薄板軽量形鋼造の中層化に関する研究

研究代表者 脇田 健裕

(理工学研究所 次席研究員/研究院講師)

1. 研究課題

薄板軽量形鋼造(通称: スチールハウス)は、板厚 2.3mm 未満の薄板軽量形鋼に、構造用合板等の面材をドリルねじで留め付けた耐力パネルを用いて、壁及び床を構成する構法である。20 年ほど前より我が国への導入が始まり、現在では主に 2 階建て以下の低層建築物に適用されている。薄板軽量形鋼造は各部の仕様が簡素かつ省資源であり、設計・生産・施工が簡易で、高い経済性・耐久性を発揮する等の特徴を持つが、わが国では未だ一般的な認知度は低く普及には至っていない。壁式構造である薄板軽量形鋼造建築物の耐震性能は耐力壁のせん断性能に依存し、耐力壁に作用するせん断力は主に面材と枠材のドリルねじ接合部の耐力によって負担される。このドリルねじ接合部は耐力壁の変形角がおおよそ $1/30[\text{rad}]$ に達すると、ねじの破断及びパンチングによって急激に耐力を失うため靱性に乏しい。また、ドリルねじ接合部は面材へのめり込みにより、履歴ループに強いスリップ性状を有しているため、紡錘型の復元力特性を持つ鉄骨ラーメン構造等に比べると、薄板軽量形鋼造耐力壁のエネルギー吸収能力は極めて低く、繰り返し振幅による耐力低下も顕著である。

2012 年の国土交通省告示第 1641 号の改定により、薄板軽量形鋼造は 4 階建て迄の建築が可能となった。しかし、現行の耐力壁(合板+石膏面材)を用いて、4 階建て建築物の試設計を行うと、低層階には相当量の壁数が必要となるため、建築計画の自由度は大きく阻害されることが分かる。また、従来のような剛性・強度型の耐力壁を用いて 4 階建て建物の耐震性能を確保しようとする、加速度応答が過大となるだけでなく、耐力壁を支えるたて枠や金物、基礎に作用する応力が非常に大きくなるため、これに対応するための各部仕様が大型・複雑化することとなる。その結果、生産性・施工性の大幅な低下とコスト増大が避けられないものとなり、スチールハウスの省資源かつ簡素な仕様という長所を大きく減ずる結果となる。

そこで、本研究ではスチールハウスの長所を減ずることなく、耐震性能を飛躍的に向上させる手法として、摩擦式エネルギー吸収機構を内蔵する薄板軽量形鋼造耐力壁(摩擦内蔵型耐力壁(図 1、2、3))を用いて、中層建築物にも適用可能な建築構造システムを構築することを目的とした検討をおこなっている。

2. 主な研究成果

■摩擦機構部に使用する高力ボルトの締付軸力管理に関する検討

摩擦機構内蔵耐力壁の摩擦機構に使用する高力ボルトについて、トルクコントロール法による初期締付力の導入と締付力のゆるみ量の予測に関する検討を行った。その結果摩擦機構に使用する高力ボルトの初期締付力 F_{mi} は締付トルクの管理によって概ね正確に導入することが可能であることが分かった。また、初期締付力 F_{mi} の目標値の算出には、高力ボルトのゆるみを初期ゆるみ ΔF_s 、リラクセーションによるゆるみ ΔF_r 、外力によるゆるみ ΔF_e に分解して評価しすることで予測可

能であることが明らかとなった。(図 4)

■実寸 2 層小型薄板軽量形鋼造を主構造とする制振建物の振動台実験

摩擦機構内蔵耐力壁を適用した実寸 2 層小型立体フレームを試験体とした、地震動入力による振動台実験を実施した。その結果、摩擦機構内蔵耐力壁のみで層せん断力を負担する基本架構モデルは、繰り返しの地震動入力に対し極めて安定したバイリニア型の荷重変形関係を示すとともに、上階での加速度応答の増大を効果的に抑制することが分かった。また、実験結果より摩擦機構内蔵耐力壁の復元力特性を模擬するトリリニアモデルの各諸元を同定した。解析モデルの各諸元は摩擦機構部のボルト締付トルクと線形の相関関係を有しており、この関係式を用いることにより任意の降伏耐力を発揮する耐力壁の設計が可能となった。また、作成した解析モデルを用いた地震応答解析の結果は実験結果と概ね良く対応しており、本解析モデルを用いることにより地震時の応答を精度よく解析可能であると考えられる。(図 5)

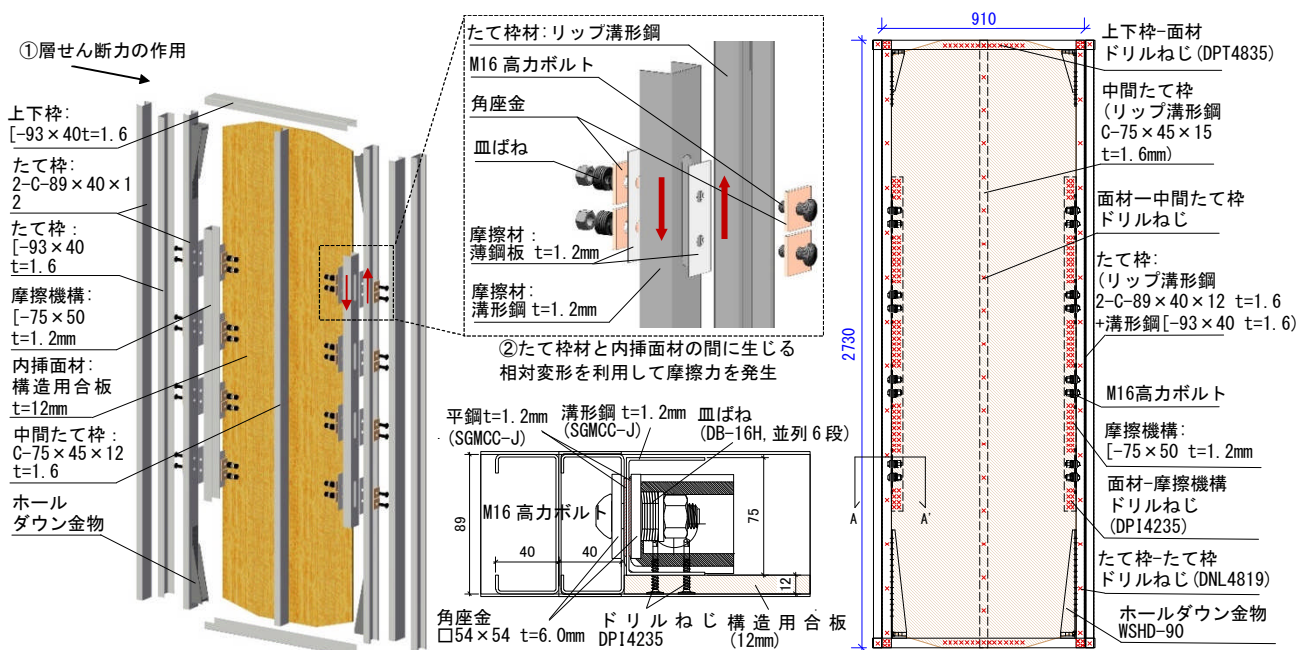


図 1 摩擦機構内蔵耐力壁構成

図 2 A-A' (図 3 中) 断面図

図 3 摩擦機構内蔵耐力壁構成詳細図

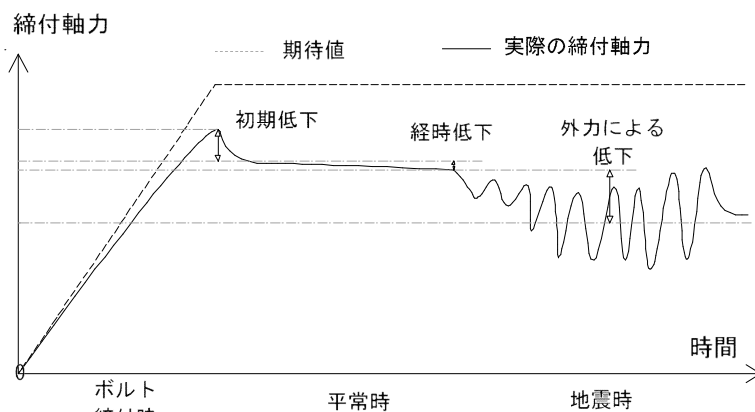


図 4 高力ボルトのゆるみ概念図

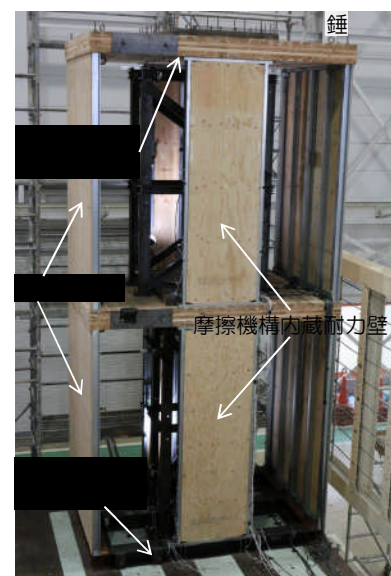


図 5 実寸 2 層フレームの振動台実験

3. 共同研究者

曾田五月也(早稲田大学)、西村信男(ワークスタッフ)、渡辺力(日新製鋼)、中西伸行(NoBu 建築エンジニアリング)、糸井清顕(ITEC 構造)、藤倉均(ケーシーフレーム)、八木英剛(東京日釘)、青柳明(メッツ)、木林英二郎(扇産業)、遠藤陽一(ガイアフィールド)、米長信(C-net)、宮田雄二郎(宮田構造設計事務所)

4. 研究業績

■学術論文

日本建築学会構造系論文集

・高靱性・高減衰薄板軽量形鋼造耐力壁の開発とその基本力学性能, 曾田 五月也、脇田 健裕, 日本建築学会構造系論文集 Vol83., No.743, pp.201-210, 2018 年 1 月

日本鋼構造協会鋼構造論文集

・摩擦機構内蔵耐力壁を適用した薄板軽量形鋼造建築物の構造特性係数に関する検討, 脇田 健裕、曾田 五月也, 日本鋼構造協会鋼構造論文集 第 25 巻第 97 号, pp.39-46, 2018 年 3 月

■学会講演

日本建築学会大会(広島)

- ・高靱性・高減衰・高耐力型薄板軽量形鋼造建築物の開発 その 6. 摩擦力導入に用いるトルシア形高力ボルトの締付軸力管理, 大岩奈央、曾田五月也、脇田健裕、斎藤健寛、菅原良太, 2017 年学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.1117-1118, 2017 年 8 月
- ・高靱性・高減衰・高耐力型薄板軽量形鋼造建築物の開発 その 7. 潤滑皮膜を持つ溶融 Zn-Al-Mg 合金めっき鋼板を用いた摩擦機構部の単体性能試験, 渡辺力、曾田五月也、脇田健裕、斎藤健寛、菅原良太、大岩奈央, 2017 年学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.1119-1120, 2017 年 8 月
- ・高靱性・高減衰・高耐力型薄板軽量形鋼造建築物の開発 その 8.ボルト締付軸力を変化させた実大耐力壁の静的加力試験と 2 次元フレームモデルによる解析的検証, 脇田健裕、曾田五月也、斎藤健寛、菅原良太、大岩奈央、渡辺力, 2017 年学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.1121-1122, 2017 年 8 月
- ・高靱性・高減衰・高耐力型薄板軽量形鋼造建築物の開発 その 9. 摩擦機構内蔵耐力壁を有する 2 層薄板軽量形鋼造の振動台実験, 斎藤健寛、曾田五月也、脇田健裕、菅原良太、大岩奈央、渡辺力, 2017 年学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.1123-1124, 2017 年 8 月
- ・高靱性・高減衰・高耐力型薄板軽量形鋼造建築物の開発 その 10. 摩擦機構内蔵耐力壁を適用した 3 階建て建築物の地震応答解析, 菅原良太、曾田五月也、脇田健裕、斎藤健寛、大岩奈央, 2017 年学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.1125-1126, 2017 年 8 月

5. 研究活動の課題と展望

提案する摩擦機構内蔵耐力壁の実用化に向けた具体的な検討を、各種単体試験に加え実寸フレームによる振動台実験の実施により進めることが出来た。今後は、実建物での使用を想定した構造設計法に関する検討を進めると共に実建物への適用を図っていく。