

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)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う。

2. 主な研究成果

■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

摩擦機構内蔵耐力壁を設置した建築物の地震動入力時の動的な力学的特性を検討することを目的とした振動台加振実験を行った。実験結果より、摩擦機構内蔵耐力壁を設置した 2 層縮小建築物は入力エネルギーが大きい過酷な地震動を繰り返し入力した際にも、極めて安定した高い耐震性を発揮し続ける性能を有していることが明らかとなった。(図 1)

■摩擦力導入に用いるトルシア形高力ボルトの締付軸力の管理方法に関する検討

本研究で提案する摩擦機構は、その摩擦力を発揮するために必要な垂直抗力の導入を高力ボルト

の締付けによって行うこととしている。この高力ボルトの締付軸力を任意に正確かつ安定的に管理するため、トルシア形高力ボルトのピンテール部の破断溝直径を切削加工して用いることとした。本検討では破断溝の形状、直径、締付後の経過時間等をパラメータとしたボルト締付け実験を実施し、その結果を検討することで設計式を導出するに至った。

■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

既往の検討では摩擦機構の摩擦面に使用する材料について、種々の材料の組合せについて検討した潤滑皮膜を持つ溶融 Zn-Al-Mg 合金めっき鋼板同士の組合せが摩擦力の安定性、経済性等の観点から優位性が有ると判断し採用するに至った。本試験では摩擦機構部の単体試験を実施することにより、摩擦面の摩擦係数の変動傾向、速度依存性、高力ボルトの締付力の変化や皿ばね挿入による締付力低下の抑制に関する検討を行い、その力学的特性を明らかにした。(図 2)

■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

摩擦機構内蔵耐力壁の摩擦機構部ボルト締付軸力をパラメータとする実大静的加力試験を実施し、締付軸力の調整により耐力壁の力学的性能を安定的に変化可能であることを示した。(写真 1) また、2 次元フレーム解析モデルにより摩擦機構内蔵耐力壁の各ボルト締付軸力時の力学的特性を精度よく模擬可能であることが明らかとなった。(図 3)

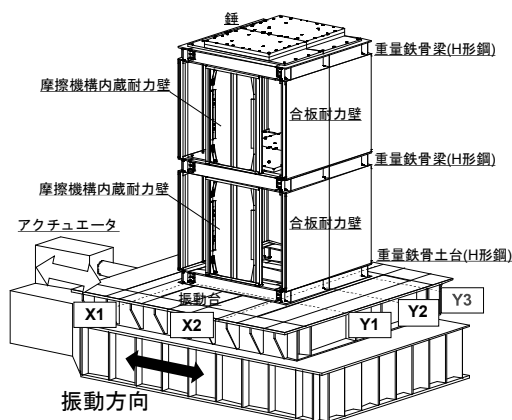


図 1 摩擦機構内蔵耐力壁を設置した
2 層縮小フレームの振動台実験



写真 1 摩擦機構内蔵耐力壁の静的加力試験

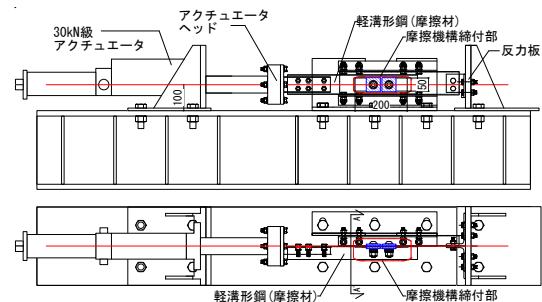


図 2 摩擦機構部の単体性能試験

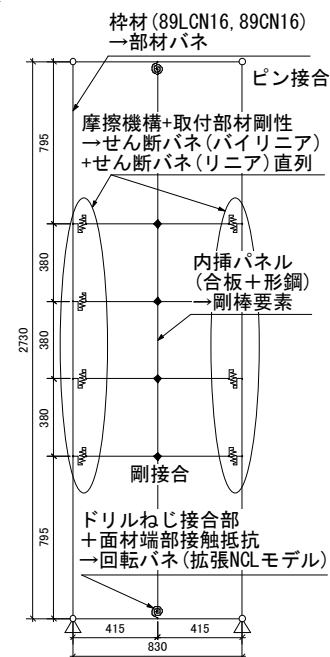


図 3 摩擦機構内蔵耐力壁の
2 次元フレームモデル

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、下田章(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)

4. 研究業績

■学会講演

・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 1. 実大耐力壁を用いた振動台実験, 大岩 奈央, 曾田 五月也, 脇田 健裕, 京田 隆寛, 齋藤 健寛, 2016 年, 学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.845-846

・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 2. 摩擦式エネルギー吸収機構に用いるめっき処理鋼板の摩擦特性, 齋藤 健寛, 曾田 五月也, 渡邊 力, 脇田 健裕, 京田 隆寛, 大岩 奈央, 2016 年, 学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.847-848

・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 3. 摩擦機構内蔵耐力壁の仕様改良と静的加力試験結果, 京田 隆寛, 曾田 五月也, 脇田 健裕, 齋藤 健寛, 大岩 奈央, 2016 年, 学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.849-850

・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 4 高耐力ホールダウン金物の性能比較, 渡邊 力, 西村 信男, 曾田 五月也, 脇田 健裕, 川上 浩史, 2016 年, 学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.851-852

・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 5. 改良型摩擦機構内蔵耐力壁を適用した建築物の地震応答解析, 脇田 健裕, 曾田 五月也, 京田 隆寛, 大岩 奈央, 齋藤 健寛, 2016 年, 学術講演梗概集 DVD.構造Ⅲ, pp.853-854

■シンポジウム

・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の開発, 曾田五月也, 脇田健裕, 齋藤健寛, 大岩奈央, 菅原良太, 第 5 回制振構造デザイン技術の高度化に関するシンポジウム, 査読無, pp. 18-25, 2016. 9

・摩擦式エネルギー吸収機構内蔵型耐力壁を有する 2 層薄板軽量形鋼造の耐震性能, 曾田五月也, 脇田健裕, 齋藤健寛, 菅原良太, 大岩奈央, 第 5 回制振構造デザイン技術の高度化に関するシンポジウム, 査読無, pp. 52-61, 2016. 9

5. 研究活動の課題と展望

本年度は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、静的・動的試験及び解析により進めた。次年度は、実建物での使用を想定した大型の振動台実験や、構造設計法に関する検討を進めることで研究成果の早期実用化への道筋をつける。