

ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造性能実験

その5 鋼製薄板パネルによる HP シェルの鉛直載荷試験

正会員 藤井克紀*2 同 津田達也*1 同 渡辺邦夫*3 同 揚原茂雄*3
同 姿健一郎*4 同 中西三和*5 同 安達 洋*6

ワンサイドボルト 薄鋼板 HP シェル
座屈 鉛直載荷 構造性能

1. はじめに

本報は、ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造システムを用いて試設計された HP シェルの 1/10 スケールの模型試験体を製作し、積雪荷重を想定した鉛直荷重時の性能を実験的に確認し、前報の数値解析モデルを用いた数値解析(以後に単に解析という)結果と比較検討する。

2. シリーズ C

2.1 試験体概要

試験体は、試設計をした 32m×32m の HP シェルの 1/10 の模型試験体(写真 2)である。試験体の伏図を図 1 に、断面図を図 2、また、部材断面図を図 3 に示す。図 1, 2 に示した通り、見付け平面寸法は 3.2m×3.2m、吊り方向最頂部高さは 1.72m としている。柱は鋼管 60.5×4mm を使用し、反力床に固定した。なお、BH 梁断面寸法は A, B シリーズとは施工上の理由で異なり、図 3 に示すように、BH 梁断面寸法(H×B×tw×tf)は、20×75×3.2×2.3mm とした、パネルは 1.6mm の薄鋼板を使用した。また、A シリーズより梁せいが小さくなったため、ボルトは千鳥配置とした。

2.2 載荷装置概要

図 4 に載荷装置概要と写真 1a)に載荷装置を示す。実験は大型構造物試験センターのテストフロアに試験体を設置し、4 隅の支点部分を除いた HP シェルの各節点に丸鋼を取り付け、反力床の穴に通し、床下面に 100kN のセンターホールジャッキを取り付け、丸鋼を引っ張ることで試験体の鉛直載荷を行った。図 5 に示すように、各節点に負荷した荷重は、節点の負担面積に比例した載荷とする。

2.3 測定方法

測定は、試験体の載荷点の鉛直変位及び支点位置の柱の水平変位を変位計で計測した。(図 6、写真 1b)c)d)

加力は、試設計で積雪を想定した短期荷重まで単調載荷を行い、それ以降は、試験体が降伏し、破壊に至るまで加力した。

2.4 想定荷重

本研究では、建設地を多雪地域(積雪量 1.2m)に想定し、単位荷重は、積雪量 1cm 当りに 30N/m² とした。積雪 1.2m から積雪荷重は、3.6kN/m² となる。また、この試

験体の積雪時の短期荷重を表 1 に示す。

2.5 数値解析概要

解析には汎用解析プログラム midas/Gen (ver.7.3.0) を使用した。シリーズ A, B の実験から設定した部材モデルを用いて、解析を行った。部材の断面がシリーズ A, B とは異なるので、面外方向はパネルの有効幅を変えず、リブの断面を変えて、断面性能を設定し直した。

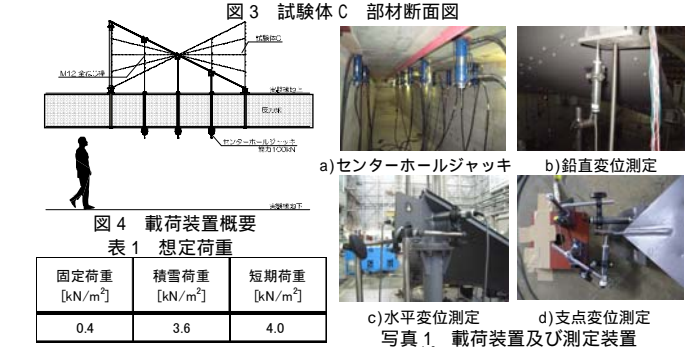
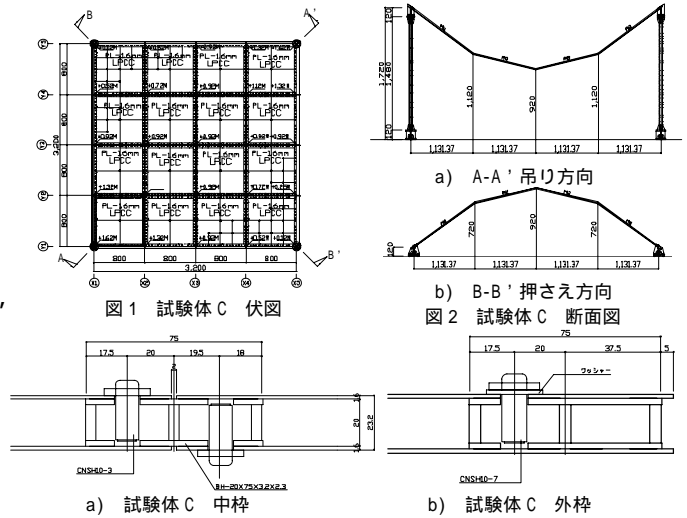


表 1 想定荷重

固定荷重 [kN/m ²]	積雪荷重 [kN/m ²]	短期荷重 [kN/m ²]
0.4	3.6	4.0

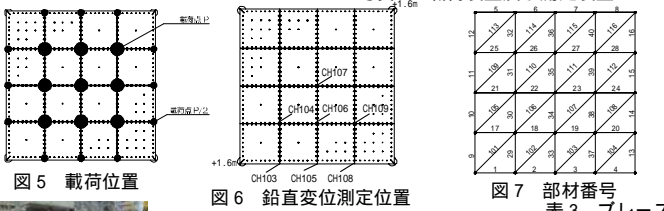


表 2 梁の断面性能

部材番号	断面積 [mm ²]	ねじり係数 [mm ⁴]	断面2次モーメント				断面係数	
			強軸 [mm ⁴]	弱軸 [mm ⁴]	強軸 [mm ³]	弱軸 [mm ³]		
1~16	921	87720	82832	862264	7141	15795		
17~40	1105	87993	104333	2388728	8994	23887		

表 3 プレースの断面性能

部材番号	断面積 A [mm ²]
101~116	745

断面性能を表 2 に示す。HP シェルの面内部材は、試験体 B2 の部材モデルを使用した。なお、表 3 に試験体 B2 のブレースの断面性能を示す。試験体 C の解析モデルの部材番号を図 7 に、解析モデルの伏図を図 8 に示す。図 8 より、リブの断面性能を小さくするとパネルの張力場の形成が不完全となる⁵⁾ことから、ブレースが効かないリブのみの解析モデル、吊り方向の支点の対角線にのみブレースを入れたモデルとブレースを全て入れたモデルの 3 種類の解析モデルで解析を行い、実験結果と比較検討し、パネルの効果を調べた。また、支点の境界条件はピン支持とした。なお、実験では、シェルの支点はスラストにより移動する。解析では、実験で計測した支点変位を入力することで、支点の移動を考慮した解析としている。

2.6 座屈耐力の検討

写真 3 に示したように最終破壊は押さえ方向の支点近傍の梁の圧縮座屈により耐力低下を起こした。また、解析からも破壊箇所と同位置にある、図 7 の部材番号 4 に軸力が最もかかることが確認できた。なお、最終破壊は梁の圧縮フランジの座屈であったことから、シリーズ A と同様の破壊であることがわかった。このことから、シリーズ A で用いた圧縮フランジの座屈応力度と薄板の有効断面積を乗じたものを理論上の試験体 C の座屈耐力とし、表 4 に示す。表 5 に支点の変形による軸力の比較を示す。表 5 より、梁に働く軸力は、支点の変形に大きく依存するので、実際の設計では、支点到生ずるスラストの処理が重要であるといえる。

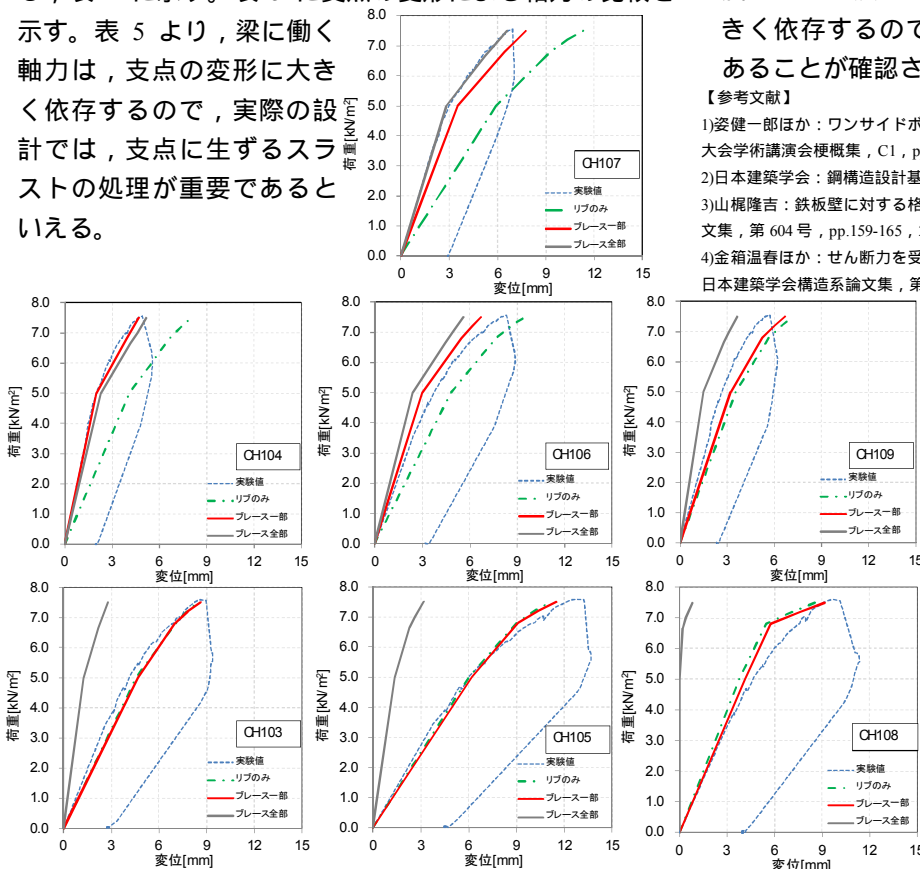


図 9 荷重 変形曲線

2.7 荷重 - 変形曲線の比較

実験と解析から得た荷重 - 変形曲線を図 9 にそれぞれ併せて示した。また、解析は 2.6 で算出した梁の座屈耐力を降伏強度とし、静的増分解析を行った。リブのみの解析と実験結果を比較すると、端辺の変形が概ね一致するが、中央の変形では解析の剛性が低いことがわかった。リブのみのモデルにブレースを一部入れたモデルでは、各測定点で実験結果と解析結果が概ね一致することが確認できた。また、ブレースを全て入れたモデルでは、リブの場合とは逆に、端辺の剛性が高いことがわかる。このことから、リブ自体の剛性が高いことと取り付けたパネルが半分以上性能を発揮できなかったことが考えられる。また、シリーズ A, B の部材実験から得られた部材モデルを用いた解析が妥当であることがわかった。

3. まとめ

ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造システムの性能を把握するために行われた部材実験と解析の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 試験体 C の履歴曲線をシリーズ A, B の部材実験で得た部材モデルを用いた解析を行うことにより、ほぼ追従可能であり、十分な耐力があることがわかった。
- 2) 試験体 C は最終破壊が押さえ方向の支点近傍の梁の座屈によって決まり、梁に働く圧縮力は、支点の変形に大きく依存するので、支点の変形を拘束する設計が重要であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 姿健一郎ほか：ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造性能実験（その 1-3）、日本建築学会大会学術講演会梗概集, C1, pp.937-942, 2010.7
- 2) 日本建築学会：鋼構造設計基準 許容応力度法, 2005.10
- 3) 山根隆吉：鉄板壁に対する格子型ブレースモデルを用いた数値解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 604 号, pp.159-165, 2006.6
- 4) 金箱温春ほか：せん断力を受ける部分支持された薄鋼板の座屈耐力及び座屈後耐力の評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 610 号, pp.185-190, 2006.12
- 5) 木村衛ほか：薄板の面内せん断挙動について, 日本建築学会構造系論文集, 第 543 号, pp.169-174, 2001.5
- 6) 五十嵐規矩夫：面内せん断力を受ける周辺固定支持正方形サンドイッチパネルの大変形挙動, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C1, pp.935-936, 2010.7

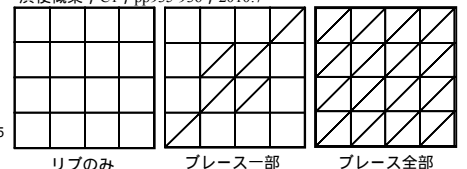


図 8 解析モデル



写真 3 最終破壊状況

表 4 座屈耐力

有効断面積 [mm ²]	座屈応力度 [N/mm ²]	座屈耐力 [kN]
400.5	216	87

表 5 支点の変形による軸力の違い

部材番号	短期荷重時 軸力[kN]	
	支点固定	支点変形
4	7	30

*1 株式会社小山工作所
 *2 株式会社ロブテックスファスニングシステム
 *3 構造設計集団 (SDG)
 *4 日本大学大学院理工学研究所博士課程前期
 *5 日本大学理工学部海洋建築工学科 教授・工博
 *6 日本大学理工学部海洋建築工学科 特任教授・工博

*1 Oyamakousakusyo Co. Ltd.
 *2 Lobtex Fastening System Ltd.
 *3 STRUCTURAL DESIGN GROUP
 *4 Graduate Student, Dept of Oceanic Architecture & Eng. College of Science and Technology, Nihon Univ
 *5 Prof, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering College of Science & Technology, Nihon Univ. Dr. Eng
 *6 Prof, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering College of Science & Technology, Nihon Univ. Dr. Eng