

津田達也¹, 藤井克紀², 渡辺邦夫³, ○揚原茂雄³, 姿健一郎⁴, 中西三和⁵, 安達洋⁵
 Tatsuya Tsuda¹, Katsunori Fujii², Kunio Watanabe³, *Shigeo Agehara³, Kenichiro Sugata⁴, Mitsukazu Nakanishi⁵, Hiromi Adachi⁵

The purpose of this study is to investigate the structural performance of steel structure build by thin plate and one-side-bolt (hereafter as to BH). In this paper, the outlines of experiments of three series on BH structures and the detail of BH steel beams are presented.

1. はじめに

近年の鉄鋼技術は、超高層建築などの重厚長大な構造物を可能にした。一方で、地球環境を守るという視点から、鉄骨本来の性能を機能的に発揮可能な薄鋼板を利用して、最小限の鋼材料で大空間を創り出す手法を開発することは重要な課題である。薄鋼板とは、厚さ 1mm~4mm 程度の鋼板を指すが、これら鋼板の接合には従来の溶接や高力ボルト摩擦接合 (HTB) とは異なる接合技術が要求される。本研究では、曲面構造の一つである、見付平面寸法 32×32m の HP シェル (Fig.1) を想定して試設計を行った。この曲面構造を可能とする薄鋼板部材の接合と部材性能について以下の手順で検討した。

まず、薄鋼板を用いた BH (build.H) 梁の全溶接と断続溶接の性能、その上下フランジ面に薄鋼板パネルを張付ける際、裏面からのナット締め付けを必要としないボルト接合 (以後、ワンサイドボルト) の性能 (シリーズ A) と板の面内方向の性能 (シリーズ B) を調べる 2 種類の部材実験を実施し、次に試設計された HP シェル曲面構造の 1/10 模型試験体 (シリーズ C) の実験を実施した。試験体は、それぞれ A, B, C の 3 種類であり、各試験体は以下の目的をもって計画された。

シリーズ A: 梁部材のフランジとウェブの薄板パネルを全溶接と断続溶接した BH を製作し、単純支持形式

で 2 点載荷実験を行い、部材性能の違いを検討する。続いて、この BH の上下フランジ面に薄鋼板パネルをワンサイドボルトと部分溶接のそれぞれの方法で張付けた部材に対して同様の実験を行い、ワンサイドボルトや部分溶接の性能の差異を確認する。

シリーズ B: HP シェルのような大スパンを可能にする構造では、面内剛性や面内せん断力が重要な力学的要素となる。シリーズ A で提案した薄板 BH と薄板パネルを組み合わせた曲面パネル構造の面内せん断力に対する性能を把握するための繰り返し載荷試験を実施する。

シリーズ C: 本構造システムを用いて試設計された HP シェルの 1/10 模型試験体に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、解析結果と比較検討する。

本論では、これらの実験計画のうちシリーズ A として実施した BH 梁 9 体の試験体について、実験方法を詳細に報告するものである。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

シリーズ A の試験体は、Table1 に示した 9 体の試験体 (A1~A2B'-1.6) からなり、それぞれ関連づけて設計されている。試験体寸法は、支点間距離 2.4m、全長 2.8m で共通であり、BH 梁断面寸法 ($H \times B \times t_w \times t_f$) は、 $200 \times 75 \times 4.5 \times 6.0$ mm である (Fig.2)。また、垂直スチフナーは BH のウェブと同じ材種である。

Table1 Specimen summary

| 試験体名 | 性能 |
|----------|------------------------------|
| A1 | BH全溶接, 薄板なし |
| A2 | BH断続A溶接, 薄板なし |
| A3 | BH断続B溶接, 薄板なし |
| A2-B3.2 | A2モデル上下に薄板(板3.2mm), ワンサイドボルト |
| A2-B1.6 | A2モデル上下に薄板(板1.6mm), ワンサイドボルト |
| A2-W3.2 | A2モデル上下に薄板(板3.2mm), 溶接 |
| A2-W1.6 | A2モデル上下に薄板(板1.6mm), 溶接 |
| A2-B'3.2 | A2モデル上下に薄板(板3.2mm), ワンサイドボルト |
| A2-B'1.6 | A2モデル上下に薄板(板1.6mm), ワンサイドボルト |

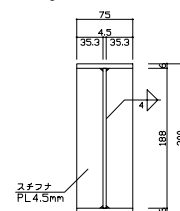


Fig.2 Specimen A1~A3 section

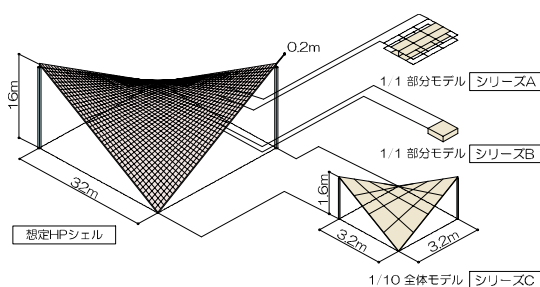


Fig.1 Experimental model and scale

1: 株式会社小山工作所 Oyamakousakusyo Co. Ltd.

2: 株式会社ロブテックスファスニングシステム Lobtex Fastening System Ltd.

3: 構造設計集団 (SDG) STRUCTURAL DESIGN GROUP

4: 日大理工・院・海洋 Graduate Student, Graduate School of Science & Technology, Nihon Univ.

5: 日本理工・教員・海建 Prof, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering College of Science & Technology, Nihon Univ. Dr. Eng

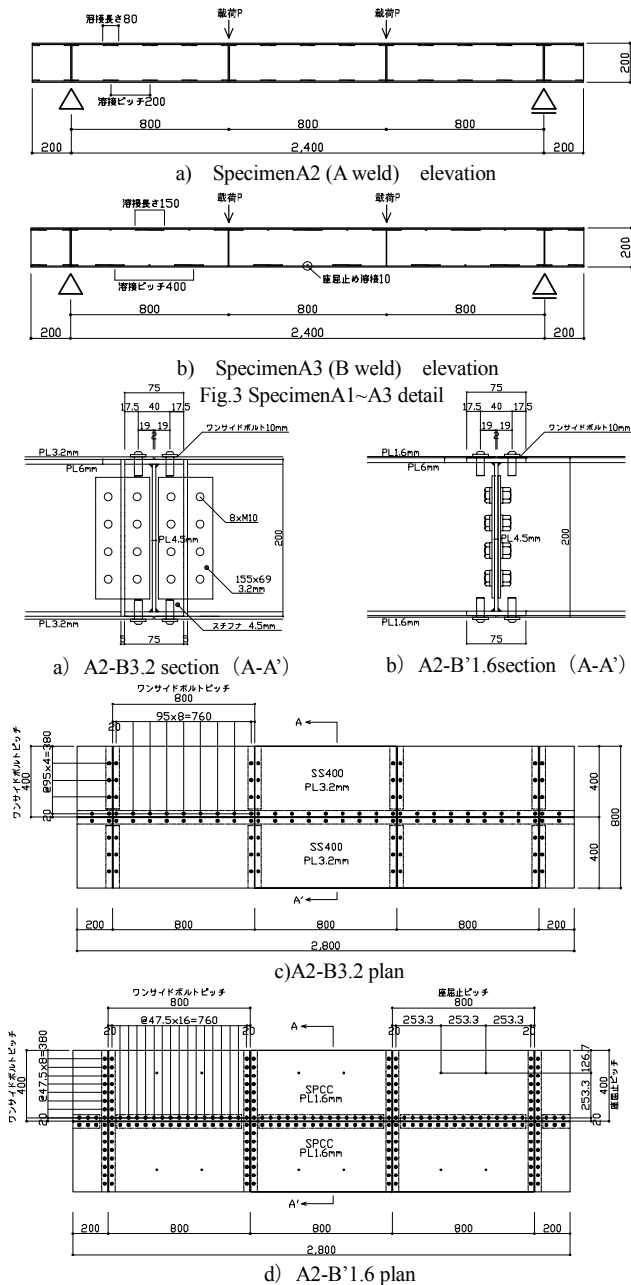


Fig.4 Specimen detail

A1,A2,A3:A1 は上下フランジとウェブを全溶接, A2,A3 は断続溶接した試験体である。A2 と A3 では、断続溶接のピッチと溶接長さが異なるが、上下フランジ溶接部とウェブ面からなるラチス梁として設計している。両試験体の詳細図を Fig.3 に示す。

A2-B,A2-W,A2-B': 試験体の上下フランジに左右幅 400mm の薄鋼板パネル (板厚:3.2mm,1.6mm) をワンサイドボルト (A2-B,A2-B') や部分溶接 (A2-W) によって接合した試験体 (Fig.4) であり、これら試験体名の後の数字はパネル厚さを表す。また、B と B' 試験体の違いは Fig.4 に示すように、試験対象の BH 梁が通し部材となっている試験体を B、通し部材となっていない試験体を B' として区別している。なお、ワンサイドボルトによる接合ピッチと部分溶接ピッチは等しい。

1.6mm の薄板パネルを使用した全試験体には、左右のパネル先端部分に上下パネルを結ぶ座屈止めボルト (φ8mm) を Fig.4 に示す位置に 12 本設置している。

2.2 使用材料

各試験体の BH 梁 (BH-200×75×4.5×6.0mm) を構成する薄鋼板には SS400 材を使用する。なお、1.6mm の薄鋼板パネルの鋼種は SPCC, 3.2mm は SS400 とする。材種ごとに供試体各 3 体のテストピースを採取し、引張試験を行った。table2 に材料試験結果を示す。なお、ボルトは、高強度ワンサイドボルト: Φ10mm を使用した。このワンサイドボルトの性能は、Table3 に示す通りである。

2.3 荷重装置

実験は、大型構造物試験棟のテストフロアに設置された反力フレームに取付けた 200kN 油圧ジャッキにて 2 点集中荷重した。なお、試験体の横座屈を先行させないように、加力点近傍の圧縮応力となる上端フランジ近くに両端ピンのターンバックル付の横座屈防止用鉄筋を配置した。(Photo1)

荷重は、各試験体の降伏耐力を目安に、降伏するまで 10kN 刻みで単調荷重し、降伏後は最大耐力後破壊に至るまで変形制御によって加力した。

2.4 測定方法

測定は、試験体中心と荷重点の鉛直変位および支点位置の鉛直変位を変位計 (Photo2, Fig.5) で、また試験体各部に歪みゲージを貼付し、梁内の曲げ応力やせん断歪みの計測を行った。

3. まとめ

以上、本報では実験 A の概要について述べた。

Table2 Test of steel material

| 鋼材 | 供試体概要 (mm) | 降伏強度 (N/mm ²) | 降伏歪 (%) | 弾性係数 (N/mm ²) | 最大強度 (N/mm ²) | 伸び率 (%) |
|-------|------------|---------------------------|---------|---------------------------|---------------------------|---------|
| SS400 | 6.0×25×600 | 322.2 | 0.15 | 2.08×10 ⁵ | 460.2 | 25 |
| | 4.5×25×600 | 252.2 | 0.12 | 2.10×10 ⁵ | 397.5 | 26 |
| | 3.2×25×600 | 276.6 | 0.15 | 1.83×10 ⁵ | 421.6 | 30 |
| SPCC | 1.6×25×600 | 321.4 | 0.17 | 1.90×10 ⁵ | 376.2 | 29 |

Table3 Performance of one-side bolt

| | 許容引張耐力 (kN) | 許容せん断耐力 (kN) |
|----|-------------|--------------|
| 長期 | 4.6 | 7.1 |
| 短期 | 6.9 | 10.7 |

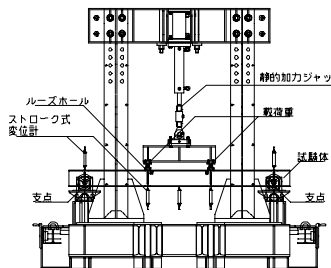


Fig.5 load device



Photo1 Reinforcement prevented for Lateral buckling



Photo2 Displacement meter

【参考文献】

- 1 井上一郎; 建築鋼構造の理論設計 京都大学学術出版会 2003. 8. 25
- 2 日本建築学会; 鋼構造座屈設計指針 丸善株式会社 1996. 1. 25
- 3 日本建築学会; 鋼構造限界状態設計基準 (案)・同解説 丸善株式会社 1991. 9. 15
- 4 日本建築学会; 鋼構造設計基準 丸善株式会社 2003. 4. 20