

ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造性能実験

その1 薄板 BH 鋼梁の実験概要

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

薄鋼板                      ワンサイドボルト                      BH(build.H)形鋼  
構造性能                      断続溶接                      部材性能

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 (図 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。

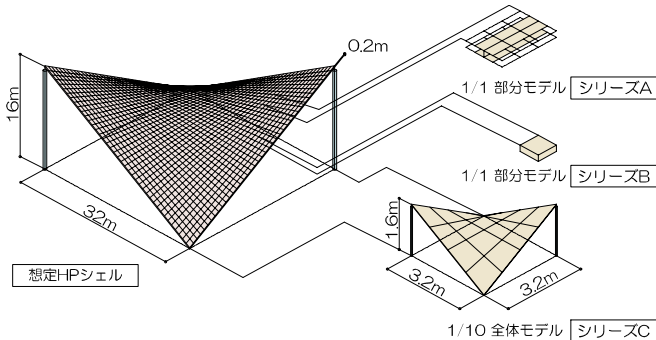


図 1 実験モデルとスケール

[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 点荷重実験を行い、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荷重試験を実施する。

[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、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、表 1 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×B×t<sub>w</sub>×t<sub>f</sub>) は、200×75×4.5×6.0mm である (図 2)。また、垂直スチフナーは BH 梁のウェブと同じ部材である。

A1, A2, A3 : A1 は上下フランジとウェブを全溶接, A2,

表 1 試験体概要

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

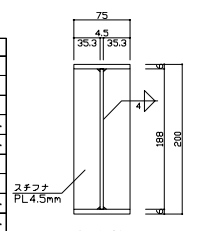


図 2 試験体 A1~A3 断面図

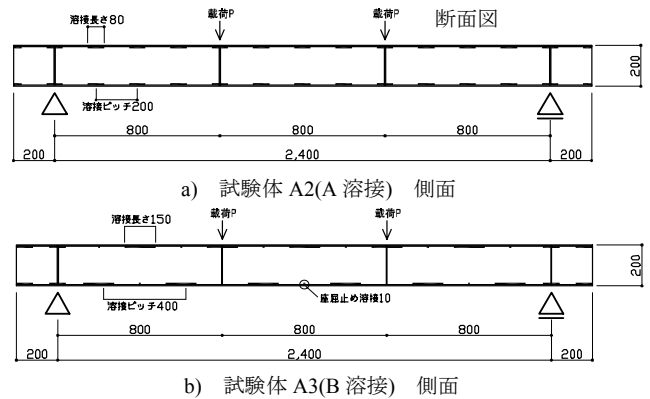


図 3 試験体詳細図

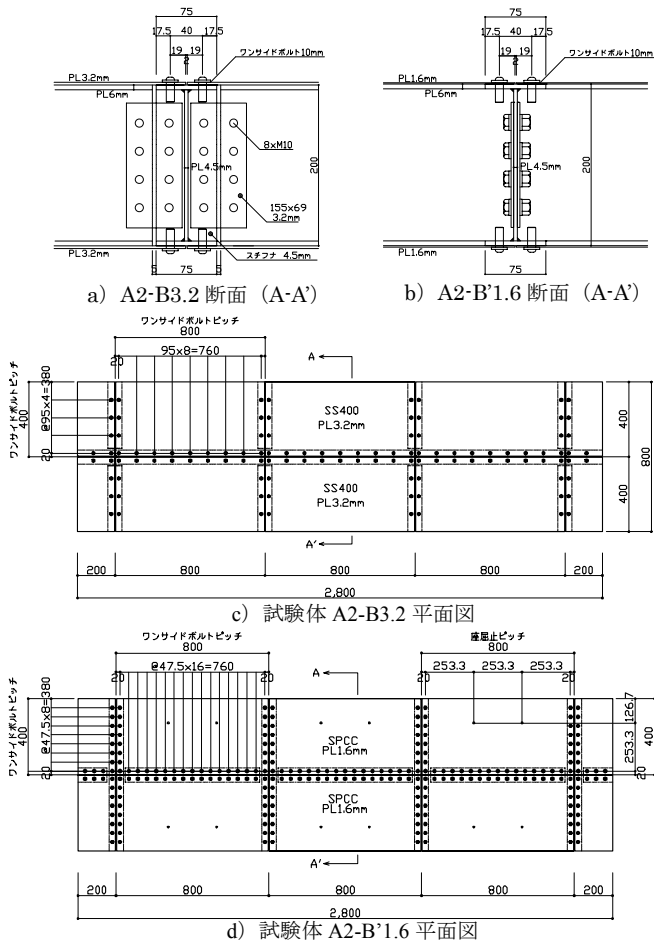


図4 試験体詳細図

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図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(図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'試験体の違いは図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)を図4-d)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。表2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、表3に示す通りである。

## 2.3 载荷装置

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を用いて実施した。実験装置を図5に示す。試験体は単純支持し、反力フレームに取付けた200kN油圧ジャッキにて2点集中载荷した。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の両側スチフナ4箇所と反力フレームの間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。(写真1)

荷重は、各試験体の降伏耐力を目安に、降伏するまで10kN刻みで単調载荷し、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、試験体中心と载荷点の鉛直変位および支点位置の鉛直変位を変位計(写真2, 図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。

表2 鋼材料試験結果

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

表3 ワンサイドボルトの性能

	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

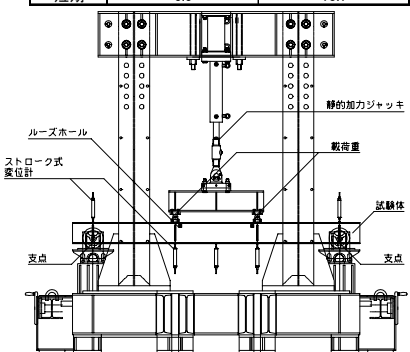


図5 载荷装置

### 【謝辞】

本実験を実施にあたり、ご協力いただいた各位に感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 井上一朗; 建築鋼構造の理論設計 京都大学学術出版会 2003.8.25
- 日本建築学会; 鋼構造座屈設計指針 丸善株式会社 1996.1.25
- 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
- 日本建築学会; 鋼構造設計基準 丸善株式会社 2003.4.20



写真1 横座屈防止用鉄筋

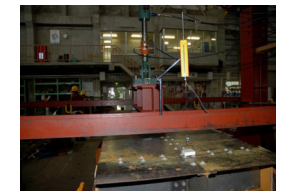


写真2 支点部分変位計

\*1 株式会社小山工作所  
\*2 株式会社ロボテックスファスニングシステム  
\*3 構造設計集団 (SDG)  
\*4 日本大学院理工学科 大学院生  
\*5 日本大学理工学部海洋建築工学科 教授・工博

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