

ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造性能実験

その4 薄鋼板構造部材の数値解析のモデル化

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

ワンサイドボルト 薄鋼板 断続溶接
有効幅 ブレース置換 支圧

1. はじめに

本報では、前報その1~3¹⁾で述べた実験結果に基づいて、シリーズA, Bの各試験体の剛性と耐力に及ぼすパネルの有効幅について検討し、シリーズCの解析を行うために、部材のモデル化を行ったものである。

2. シリーズAの実験結果の検討

2.1 パネルの有効幅

BH梁に薄鋼板パネルを取り付けた際の面外方向における剛性を評価するために、パネルの有効幅を求めた。有効幅の算出には、図1の(1)式に、最大耐力の1/3を弾性域と仮定した弾性時の荷重と変形を代入し、実験に適合する断面2次モーメントを求め、リブのBH梁の断面2次モーメントI'とし、(2)式を用いて、パネルの有効幅を算出した。算出した結果を表1に示す。この結果から、3.2mmパネルでは300mm、1.6mmでは、200mmの有効幅が見込めることがわかった。(図2)

2.2 薄板付きBH梁の試験体の最大耐力の検討

断続溶接試験体は断続溶接間距離を座屈長さとして、鋼構造設計基準から座屈応力度を算出し、材料の降伏点強度と鋼材の許容応力度との比を強度上昇率とし、その積をみかけのフランジ降伏点強度とする。この降伏点強度を用いて、計算上の耐力を算出した。薄板付きBH梁は、最終破壊が断続溶接試験と同じ局部座屈を起こすことから、耐力算出には断続溶接試験体と同様の方法で行った。実験値と計算値を表2に示した。溶接接合では、概ね近い耐力が得られる。なお、ボルト接合した梁の計算値は、実験からボルト接合は溶接接合に比べ、降伏耐力が約15%減少する傾向があり、計算値でも同様に、約15%減少させている。

2.3 部材モデル

2.1と2.2の結果から、シリーズCの試験体の数値解析を行うために、初期剛性と最大耐力で表される完全弾塑性型のバイリニアモデルを作成した。図3に各試験体の荷重-変形曲線と設定したバイリニアモデルを併せて示した。同図a)c)から、3.2mmの場合には、溶接接合は近似した結果であるのに対し、ボルト接合ではすべりによる剛性低下が生じ、バイリニア曲線で表すのは困難である

ことがわかった。1.6mmでは、図b)d)で示されるように、降伏に至るまで、ほぼ線形であり、シリーズCのシェル要素と接合方法及びパネル厚が同条件の図d)の実験値(A2-B1.6)とバイリニア曲線とほぼ一致している。

3. シリーズBの実験結果の検討

3.1 ブレース置換

パネルの面内性能を評価するために、シリーズBの実験結果からパネルのブレース置換を行った。図4の(3)式から、全断面が効いたときのブレース断面積A_B、(4)式から、実験の剛性を用いたブレース断面積A_B'を表4に示

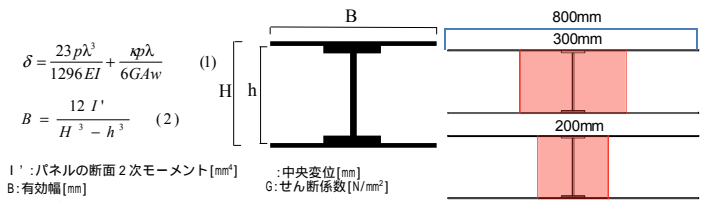


図1 有効幅の算出方法

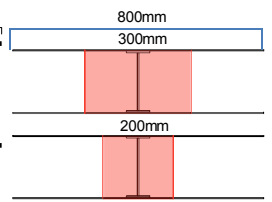


図2 パネルの有効幅

表1 有効幅の算出結果

試験体名	I' [mm ⁴]	B [mm]
B3.2	19588809	296
B1.6	7423966	228
W3.2	19851019	300
W1.6	6635387	204

表2 実験値と計算値

試験体	実験値 [kN]	理論値 [kN]
A1	106.6	92
A2	82.1	77
A3	82.7	77
A2-B3.2	160	164
A2-B1.6	105.8	108
A2-W3.2	180.8	193
A2-W1.6	126.8	128

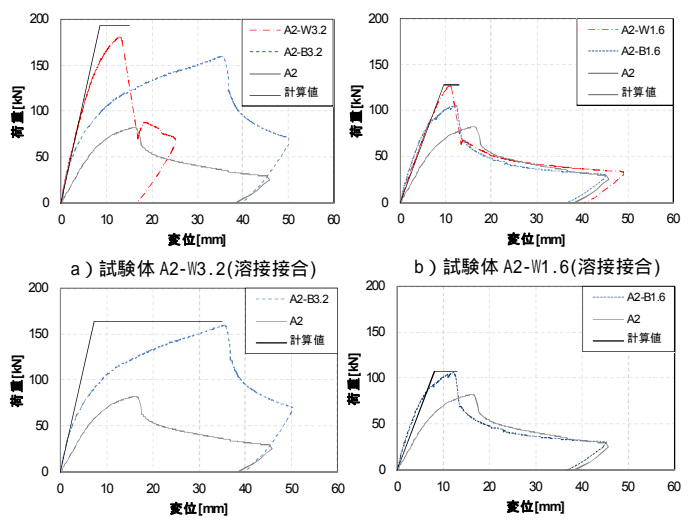


図3 荷重-変形曲線とバイリニアモデル

す。なお、 A_B' は図 6 に示した荷重 - ひずみ曲線から、初期の段階で、パネルの圧縮ひずみが高いため、圧縮ブレースは効かないものとし、引張ブレースのみが効いたものとして計算をしている。表 3 より、B1 では、約 40%、B2, B3 は約 20%減少しており、B4 では、ほとんど減少がなかったことから、パネルの引張が初期剛性において十分に効いていることが考えられる。

3.2 せん断パネルの耐力の検討

図 5 の(5), (6), (7)式を用いて降伏耐力と支圧耐力およびボルトのせん断耐力を算出した。降伏耐力は置換したブレースの引張耐力とした。なお、実験での接合部の破壊状況から、せん断を受けたパネルの端部では、支持点付近のみに力が集中し⁴⁾破壊が進展した。この破壊領域をブレース端部の有効幅として評価し支圧耐力とボルトのせん断耐力の算出を行った。表 4 より、B1 では、ボルトのせん断耐力、B2, B3, B4 では、支圧耐力が最も低く、剛性低下寸前の耐力とよく合うことがわかった。

3.3 部材モデル

3.1 から算出したブレースと 3.2 から把握した耐力を用いて、部材モデル用のトリリニアモデルを作成した。図 7 に実験の繰返し載荷履歴とその包絡線に併せて設定したトリリニアモデルを示した。このモデルの第一降伏点を 3.2 で得た B1 ではボルトのせん断耐力、B2, B3, B4 では、支圧耐力とし、剛性は、実験の剛性に併せて算出したブレース断面積を用いた剛性とした。また、ボルトのすべりの影響を考慮した剛性低下を算出するのは困難であるので、実験で得られた最大耐力から算出した引張ブレースの剛性とし、第 2 降伏点は実験の最大耐力を用いた。なお、シリーズ C の試験体の解析には、板厚とボルト本数が同じである試験体 B2 の部材モデルを用いた。

4. まとめ

ワンサイドボルトを用いた薄鋼板構造部材の数値解析のモデル化から以下の知見が得られた。

- 1) シリーズ A の実験結果から、面外方向の薄鋼板パネルの有効幅は 3.2mm で 300mm、1.6mm で 200mm ほど見込めることがわかった。
- 2) 実験結果から得た面外方向におけるパネルの有効幅を用いて作成したバイリニア曲線とシリーズ C のシェル要素と接合方法及びパネル厚が同条件の試験体の実験値がほぼ一致することがわかった。
- 3) シリーズ B の実験から、パネルの圧縮抵抗は初期の段階でほとんど有効でないことが確認できた。
- 4) 1.6mm パネルでの最終破壊は、パネル端部のボルト接合部の支圧破壊とボルトのせん断破壊によって、きまる

ことが分かり、ボルトを増やすことにより、剛性と耐力が上昇することが確認できた。

5) 実験結果を用いて作成したトリリニアモデルとシリーズ C のシェル要素と接合方法及びパネル厚が同条件の試験体の実験値がほぼ一致することがわかった。

【参考文献】

次報その 5 にまとめて示す。

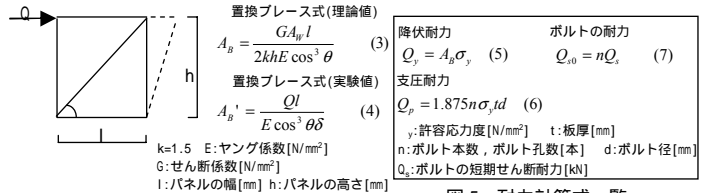


図 4 引張ブレース置換

図 5 耐力計算式一覧

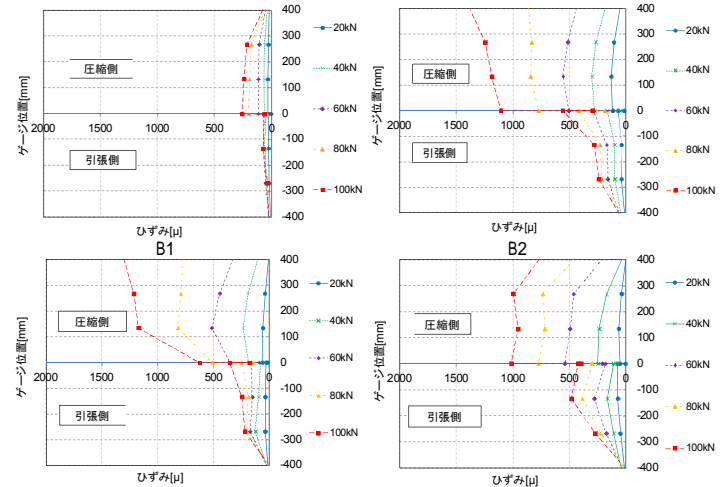


図 6 荷重 ひずみ曲線

表 3 置換ブレース断面積

試験体名	A_B [mm ²]	A_B' [mm ²]	減少 [%]
B1	1860	1087	42
B2	930	745	20
B3	930	743	20
B4	930	955	0

表 4 耐力の比較

試験体名	実験値 Q_y [kN]	降伏耐力 Q_y [kN]	支圧耐力 Q_{sb} [kN]	ボルト耐力 Q_{sb} [kN]
B1	249.4	301	100	64
B2	123.5	240	58	64
B3	125.8	239	58	64
B4	150.8	307	96	107

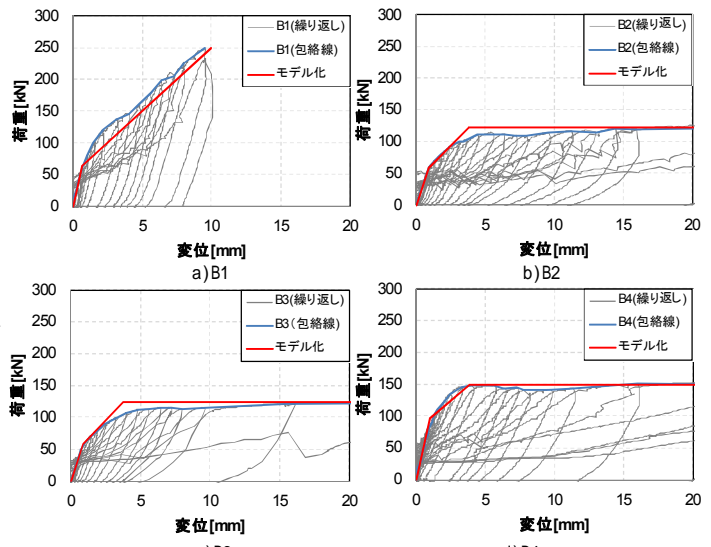


図 7 荷重 - 変形曲線とバイリニアモデル

*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科博士課程前期
 *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