

SBHS500 を用いたハイブリッド桁のせん断耐力性状の検討

JFE スチール株式会社 正会員 ○白石 瑛人
JFE スチール株式会社 正会員 栗原 康行

1. 緒言

鋼桁のウェブとフランジに異種鋼材を用いたハイブリッド桁は、フランジに高強度鋼材を適用することで合理的な設計が可能となる。海外ではハイブリッド桁の適用により、建設費の削減や桁橋の支間長 100m を超える長大化を実現している¹⁾。日本でも橋梁用高性能鋼材 (SBHS) が 2008 年に JIS 規格化され、2017 年度に道路橋示方書に掲載されたほか、道路橋示方書への塑性設計導入を理由にハイブリッド桁に注目が集まっている^{2),3)}。ハイブリッド桁はフランジに比べて降伏応力の低いウェブが先行降伏するため、適用にはホモジニアス桁を前提としたせん断耐力評価手法である Basler の式⁴⁾で同様に評価可能かどうか、曲げとせん断の相互作用の影響といった懸念点がある。また、SBHS を用いたハイブリッド桁の実耐荷力の検証データはあまり見当たらない。そこで本研究はフランジに SBHS500 を用いたハイブリッド桁とホモジニアス桁の静的せん断耐力試験を行い、せん断耐力性状について検討を行った。

2. 実験概要

試験体一覧を表-2 に示す。フランジ及びウェブに SBHS500 材を用いたホモジニアス桁 (試験体 A) とフランジに SBHS500 材、ウェブに SM490Y 材を用いたハイブリッド桁 (試験体 B) の 2 体を製作した。ウェブの鋼種が異なること以外は同じ条件にした。図-1 に断面寸法、図-2 に試験体の概略図 (側面図) を示す。中央部両側の幅 975mm のパネルがテストパネルであり、アスペクト比が 1.5 になるように決定した。なお、テストパネル以外の部分ではせん断座屈を起こさないように垂直補剛材の厚さと間隔を考慮し、板厚 16mm の SM490Y 材を図-2 のように配置した。使用した鋼材の引張試験の結果 (各 3 体の平均) を表-1 に示す。荷重は 3000kN 試験機を用いた 3 点曲げでおこなった (写真-1)。

表-1 鋼材の引張試験結果

鋼種	板厚 (mm)	降伏強度 (N/mm ²)
SM490Y	6	388
SM490Y	16	396
SBHS500	6	563
SBHS500	13	558

表-2 試験体一覧

試験体	ウェブ			フランジ			パネル横長 b(mm)	アスペクト比 $\alpha(=b/D_w)$	試験体長 L(mm)
	鋼種	高 D_w (mm)	幅 t_w (mm)	鋼種	幅 b_f (mm)	厚 t_f (mm)			
A	SBHS500	650	6	SBHS500	135	13	975	1.5	2950
B	SM490Y								

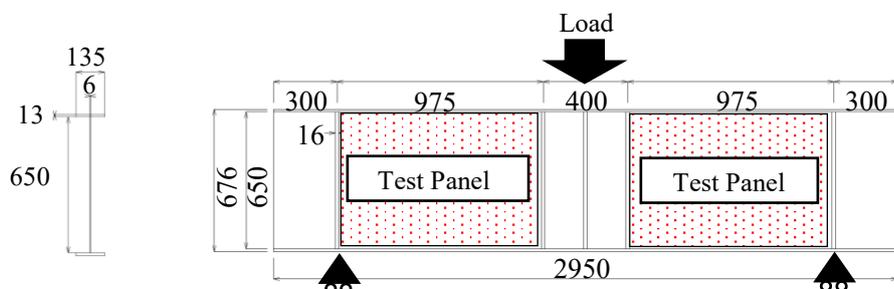


図-1 断面寸法

図-2 試験体概略図 (側面図)

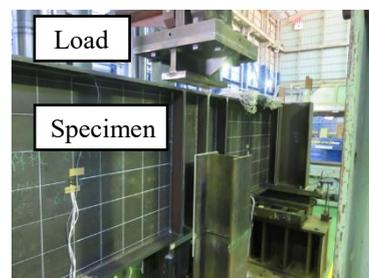


写真-1 試験設置状況

キーワード SBHS500, ハイブリッド桁, せん断耐力,

連絡先 〒211-0085 神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1-1 JFE スチール(株) TEL044-322-6595

3. 結果と考察

試験体の荷重—鉛直変位の関係を図-3, 図-4 に示す. 横軸は試験体中央部の変位を, 縦軸には載荷荷重を表している. 今回, せん断耐力の評価には Basler により提唱されたせん断耐力評価式である式(1)を用いた. 式(1)の右辺第一項はウェブのせん断座屈耐力を表し, 第二項は斜め張力場による後座屈強度を表している. グラフの破線は式(1)で算出したせん断耐力で, 点線は第一項のウェブのせん断座屈耐力を示している.

$$V_u = A_w \tau_y \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_y} + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1 - \frac{\tau_{cr}}{\tau_y}}{\sqrt{1 + \alpha^2}} \right) \quad (1)$$

V_u : せん断耐力(kN), A_w : ウェブ断面積(m²), τ_{cr} : ウェブの弾性せん断座屈強度(N/mm²), τ_y : ウェブの降伏せん断応力(N/mm²), α : アスペクト比

各試験体の最大荷重と式(1)によるせん断耐力との差異は, ホモジニアス桁では6%, ハイブリッド桁では3%であり, 各試験体ともにウェブのせん断座屈耐力を大きく超え終局に至った. これよりハイブリッド桁もホモジニアス桁と同様に斜め張力場が発生し, 後座屈強度による耐力上昇を確認できた.

次に曲げとせん断の相互作用について, 文献(3)で提案されている4乗相関則(式(2))にて照査する.

$$\left(\frac{M_{exp}}{M_{ult}} \right)^4 + \left(\frac{V_{exp}}{V_{ult}} \right)^4 = 1 \quad (2)$$

M_{exp} : 実験曲げ耐力(kN・m), M_{ult} : 計算曲げ耐力(kN・m)

V_{exp} : 実験せん断耐力(kN), V_{ult} : 計算せん断耐力(kN)

図-5 に曲げ耐力とせん断耐力の相関をプロットしたグラフを示す. 横軸は実験曲げ耐力としてテストパネルの最大曲げモーメントを計算曲げ耐力によって無次元化したもの, 縦軸は実験せん断耐力を計算せん断耐力によって無次元化したもの, 図中の破線は4乗相関則を示している. 今回は両試験体とも4乗相関則を上回っている. これより, 本試験ではハイブリッド桁, ホモジニアス桁ともに曲げとせん断の相互作用を考慮する必要がないことを確認できた.

4. まとめ

ホモジニアス桁とハイブリッド桁の静的せん断耐荷力試験を行った結果, 今回対象としたパラメータでは, SBHS500を用いたハイブリッド桁はホモジニアス桁と同様のせん断耐力評価が可能と確認できた.

5. 謝辞

長岡技術科学大学長井正嗣名誉教授には, 研究の進め方等について有益な助言をいただきました. この場を借りて深くお礼申し上げます.

参考文献

- 1) J.P.Felkel: Structural performance and design evaluation of HPS 70W bridge girders, Journal of Constructional Steel Research, 63(2007)
- 2) 野坂克義: ハイブリッド桁の曲げ-せん断相関およびせん断耐荷力式に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.60A, pp. 70-79, 2014, 3
- 3) 長井正嗣: 鋼及びハイブリッド桁の設計と適用性に関する考察, 土木学会論文集, Vol.68A, pp. 203-215, 2012. 3
- 4) Basler, K.: Strength of Plate Girders in Shear, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 87, ST7, pp.151-180, 1961.

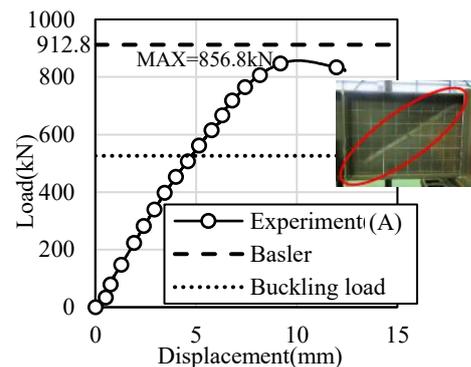


図-3 荷重—変位関係
(A: ホモジニアス桁)

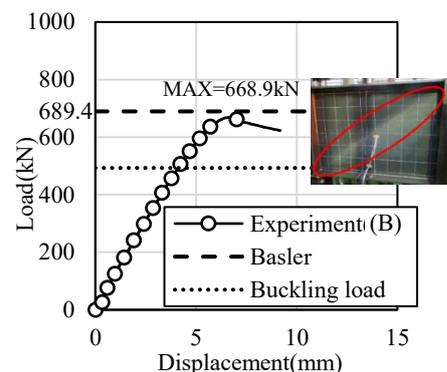


図-4 荷重—変位関係
(B: ハイブリッド桁)

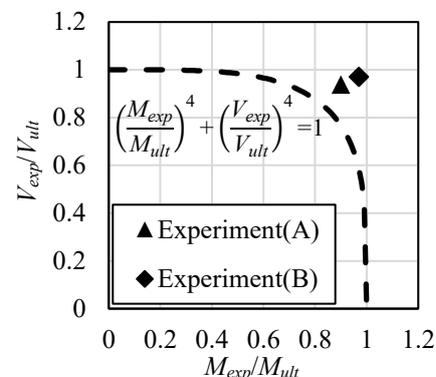


図-5 4乗相関則との比較