

ハイブリッド桁における斜張力場作用に関する実験的研究

立命館大学大学院 学生員 ○前田 亮太
 立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義
 片山ストラテック(株) 正会員 奥村 学
 立命館大学理工学部 正会員 伊藤 満

1. はじめに

2004 年AASHTOはLRFD法標準示方書¹⁾の中で、ハイブリッド桁に対しても斜張力場作用を認め、ハイブリッド桁のせん断耐荷力式としてホモジニアス桁と同一の式を採用した。採用されたせん断耐荷力式は、Basler²⁾が提案した式を基にしているが、これはホモジニアス桁に対して提案された式である。ハイブリッド桁とホモジニアス桁では、曲げとせん断を同時に受けた時のウェブ内応力状態は大きく異なり、ホモジニアス桁と同様の理論によって斜張力場作用が証明できるとは限らない。また、Baslerのせん断耐荷力式に対して、斜張力場形成にフランジの影響を無視している点を疑問視し、新しく式を提案している研究もある。このように、斜張力場作用に関しては未知の部分もあり、本研究ではハイブリッド桁における斜張力場形成メカニズムを明確にし、せん断耐荷力式を提案することを目的とする。

2. 実験概要

供試体の載荷形式は、単純ばり形式の中央一点載荷とし、HY-series (HY-4～7) と F-series (F-1～3) の計 7 本について実験を行った。供試体実測寸法を表-1、供試体概略図を図-1 に示す。各供試体ともフランジに SM570 材、ウェブに SS400 材を用いたハイブリッド桁である。

F-seriesはフランジ剛性とせん断耐荷力の関係について検討するために設計した供試体であり、フランジ換算幅厚比をHY-seriesの約2倍の13.5となるよう設計した。また、供試体スパンLについては、曲げ-せん断相関図において、HY-seriesでは野村³⁾の供試体載荷経路の間をたどるように、F-seriesではHY-5, HY-6 とその間の載荷経路をたどるよう決定した。各供試体 $\alpha = d_o/D_w = 1.0$ と統一した。

3. 実験結果及び考察

図-2に実験で得られたウェブ座屈荷重時と終局荷重時のせん断力、およびモーメントをそれぞれ LRFD で規定されている公称せん断強度 V_n 、公称曲げ強度 M_n で無次元化した曲げ-せん断相関図を示す。HY-4を除く6供試体の終局せん断強度は理論値の約85%という結果となっていることが分かる。これより、LRFDで規定されているせん断耐荷力式はこれらの桁に対しては危険側の予測式であると考えられる。終局せん断強度に関してHY-seriesとF-seriesの違いは確認できず、フランジの剛性は終局強度に影響が無いと考えられる。

次に、図-3に実験供試体 F-1 における座屈直後の主応力分布図

表-1 供試体実測寸法

供試体	b (mm)	t _f (mm)	D _w (mm)	t _w (mm)	L (mm)	$\frac{D_w}{t_w} \sqrt{\frac{F_{yf}}{345}}$	$\frac{b}{2t_f} \sqrt{\frac{F_{yf}}{345}}$
HY-4	123.6	11.0	633.3	4.1	2108.3	196.8	7.2
HY-5	123.5	11.2	633.3	4.2	1355.0	192.1	7.0
HY-6	123.7	11.1	635.1	4.2	950.3	192.7	7.1
HY-7	123.2	10.7	634.7	4.1	634.7	197.2	7.3
F-1	176.5	8.1	633.6	4.1	1126.3	196.9	13.9
F-2	177.0	8.3	634.7	4.3	950.2	188.1	13.6
F-3	176.6	8.6	635.2	4.2	770.2	192.7	13.1

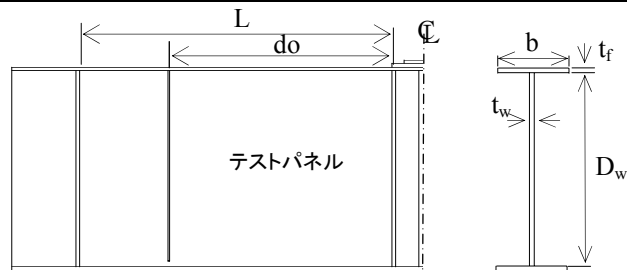


図-1 供試体概略図

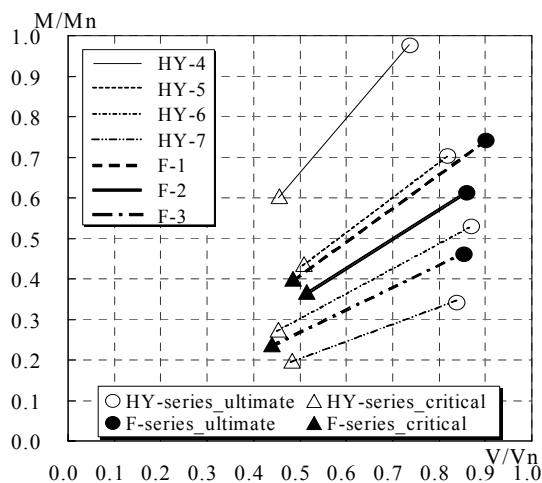


図-2 曲げ-せん断相関図

キーワード ハイブリッド桁, 斜張力場作用, LRFD, せん断耐荷力, せん断座屈

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2666 FAX 077-561-2667

を示す．主応力は計測点に向う矢印が圧縮応力，外に向う矢印が引張応力を示している．図-3 を見ると，斜張力が発生すると考えられるパネル対角方向に引張応力が作用しており，斜張力場作用を確認することができる．また，パネル対角方向と直行する方向には圧縮応力が作用しているが，载荷中の観察より，これはウェブ面外変形によるものと考えられる．

図-4 に示す上フランジのゲージより，フランジがウェブから受ける応力について調べるため，図-5 のような $\sigma_{f_inf}-V/V_n$ グラフを描く． σ_{f_inf} とは，フランジのひずみデータから算出した応力 σ_{f_ex} からフランジひずみゲージ位置の理論応力 σ_{f_th} を引いた応力である．図は例としてHY-5 のデータを示す．

図-5 を見ると，UF-L2 の σ_{f_inf} が座屈付近から終局を迎えるまで著しく増加していることが確認できる．その他のゲージ位置の σ_{f_inf} に関してはUF-L2 ほど顕著な変化が見られなかった．終局時の σ_{f_inf} は 199.0N/mm^2 （フランジ降伏応力の約 36%）となった．図-3 に示すような主応力図の変化と比較してみると， σ_{f_inf} 増加開始時期はフランジ付近のウェブ降伏時期と一致すると考えられ，フランジ応力増加の原因は斜張力場作用に対するフランジのアンカー作用ではなく，フランジ付近のウェブ降伏によりフランジ及びウェブパネルの応力分布が変化した事が考えられる．また，このフランジ応力増加によるモーメントを算出したが，フランジに塑性ヒンジが形成する事は無いと考えられる結果となった．

4. FEM解析によるハイブリッド桁とホモジニアス桁との比較

ハイブリッド桁 HY-5, HY-6 は実験供試体と同じ寸法のモデル，ホモジニアス桁は HY-5, HY-6 と同じ荷経路をたどる HO-series（鋼材:SM570）と HO_400-series（鋼材:SS400）の2種類のモデルについて解析を行った．図-6 に終局強度を比較したグラフを示す．図-6 よりハイブリッド桁とホモジニアス桁の終局せん断強度を比較すると，ほぼ同じ値となる事が分かった．これより，ハイブリッド桁とホモジニアス桁のせん断耐力はほぼ同じと考えられる．

5. 結論

本研究で実験を行った範囲においては，LRFD で規定されているせん断耐力式は危険側の予測式であることが分かった．また，フランジの剛性は終局強度に影響が無いと考えられる．ハイブリッド桁の斜張力場作用は存在し，斜張力場作用はウェブパネルの対角方向に作用することが確認できた．終局強度を迎えるまでにウェブが降伏し，フランジ応力が増加することが分かった．解析結果より，ハイブリッド桁とホモジニアス桁の終局せん断強度は同程度であることが分かった．以上の結果を基に，本実験供試体に関しては LRFD で規定されているせん断耐力式より安全側の予測値を算出できるせん断耐力式を提案することができた．

参考文献

- 1) American Association of State Highway and Transportation officials: LRFD Bridge Design Specifications, 3rd Edition, AASHTO, Washington, D.C., 2004.
- 2) K. Basler: Strength of Plate Girders in Shear, J. Structural Division, ASCE, Vol. 87, pp.151-180, 1961.
- 3) 野村昌孝: ハイブリッド桁の後座屈強度に関する研究, 立命館大学理工学研究科修士論文, 2005.

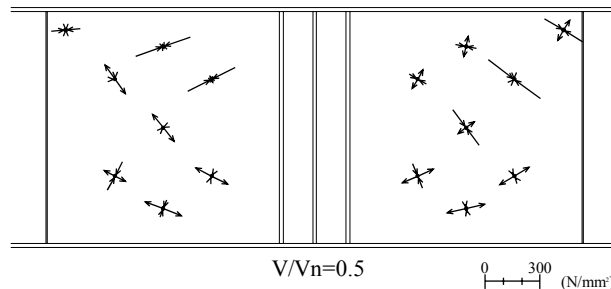


図-3 座屈直後の主応力分布図 (F-1)

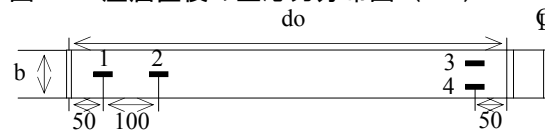


図-4 上フランジゲージ位置

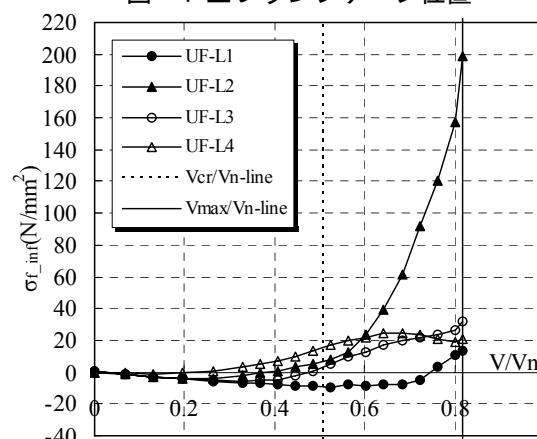


図-5 $\sigma_{f_inf}-V/V_n$ グラフ (HY-5)

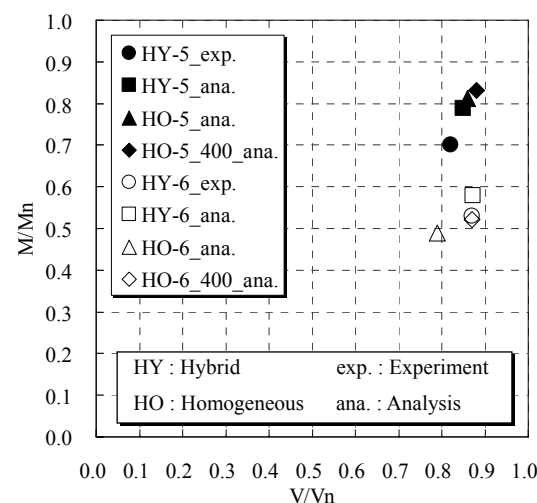


図-6 実験値及び解析値終局強度比較