

第 I 部門

ハイブリッド桁の後座屈強度に関する実験的研究（その1）

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法の標準示方書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は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、Basler^{2), 3)}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。

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することを目的とし、本研究ではフランジ剛性に着目し、検討を加えた。

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 ($\sigma_y=560 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_u=630 \text{ N/mm}^2$), ウェブに SS400 材 ($\sigma_y=309 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_u=399 \text{ N/mm}^2$) を用いたハイブリッド桁であり、アスペクト比 ($=d_o/D_w$) は 1.0 に統一した。ここで、 σ_y は降伏応力, σ_u は引張強さを表す。

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、図-2 の供試体載荷経路をたどるようにそれぞれ決定した。図は縦軸にモーメント、横軸にせん断力を取り、それぞれを LRFD で規定されている公称曲げ強度 M_n , 公称せん断強度 V_n で無次元化しており、yield-line はウェブ降伏開始点を示し、Vcr/Vn-line は理論せん断座屈点を示している。

テストパネルには、ウェブの面外変形を計測するため、片側 2 断面合計 4 断面に変位計測器を 5 点設置した。また、供試体中央下側に変位計測器を設置し、たわみを計測した。テストパネル内の応力状態、および主応力分布を検討するため、テストパネルの対角線上に 3 軸ゲージを貼り付けた。

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

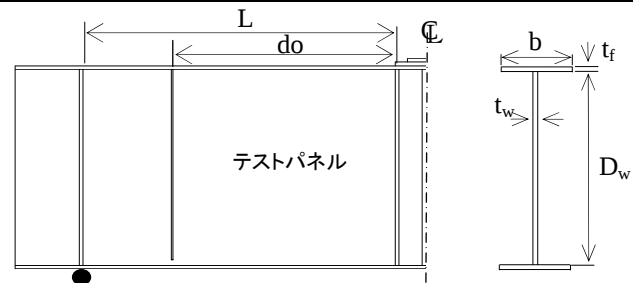


図-1 供試体概略図

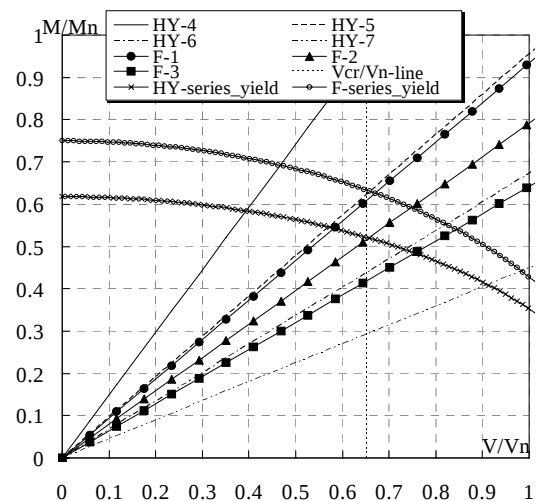


図-2 供試体載荷経路

Ryota MAEDA, Katsuyosi NOZAKA, Manabu OKUMURA, and Mitsuru ITO

3. 実験結果及び考察

図-3 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.

全実験供試体のせん断座屈強度は理論値の約 85% という結果となった. これは供試体製作時に生じる初期変形, 残留応力の影響が考えられる. また, HY-4 に関しては曲げ作用が大きく, ウェブは主に曲げにより座屈したものと考えられる. この結果より, ウェブ座屈強度は曲げ-せん断の組み合わせによらずほぼ一定となることが分かる.

終局せん断強度に関しては, HY-4 を除く 6 供試体は理論値の約 85% という結果となった. 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-4, 図-5 に実験供試体 F-1 における座屈直後及び終局時の主応力分布図を示す. 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, 点線は Von Mises の降伏条件により降伏したと判断されたことを示す. 図-4 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-5 より, 主応力を測定した点のウェブはすべて降伏していることが確認できる. よって, ウェブパネルの終局状態は, 斜張力場作用が発生する領域が全て降伏した状態と考えられる. 以上の考察は HY-series の桁に対しても同様であり, F-series との明確な差は確認できなかった.

4. 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荷力式は危険側の予測式であることが分かった. ハイブリッド桁の斜張力場作用は, ウェブパネルの対角方向に作用することが確認でき, ウェブパネルの終局状態は, 斜張力場領域が全て降伏した状態と考えられる. 本研究で検討したフランジ剛性の変化による耐荷力の低下は見られなかった.

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, ST7, pp.151-180, 1961. 3) K. Basler: Strength of Plate Girders under Combined Moment and Shear, J. Structural Division, ASCE, Vol. 87, ST7, pp.181-197.1963.

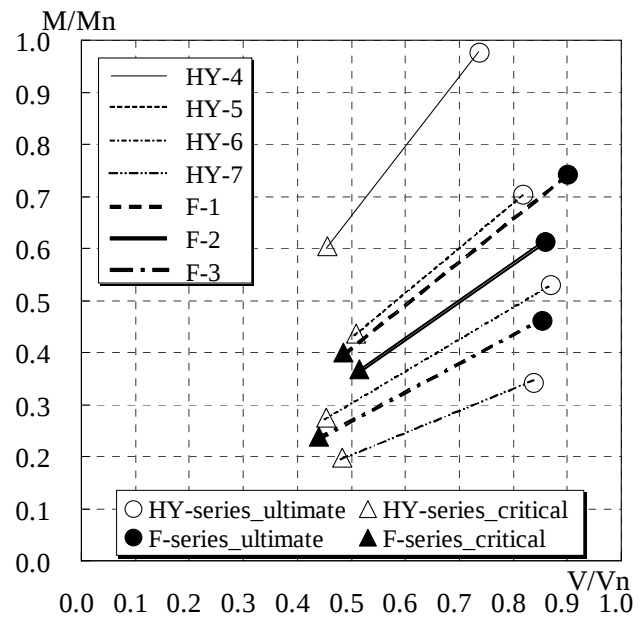


図-3 曲げ-せん断相関図

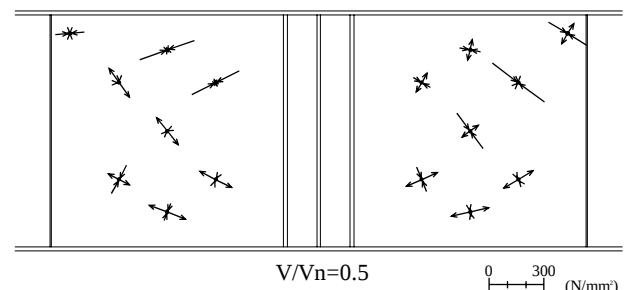


図-4 座屈直後の主応力分布図 (F-1)

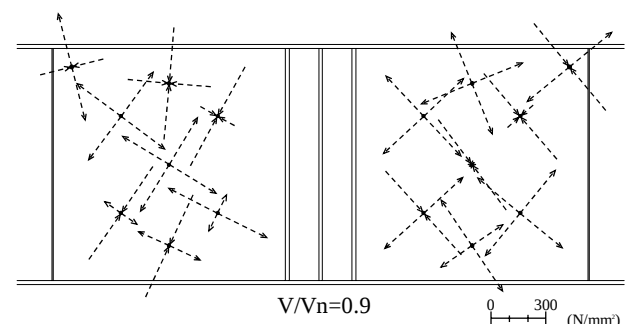


図-5 終局時の主応力分布図 (F-1)