

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 2)

立命館大学大学院	学生員	○竹谷 純一
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、Basler²⁾が提案した式を基にせん断耐荷力式を規定している。この式においては、斜張力場形成により垂直補剛材に大きな圧縮力が作用すると仮定されているが、この仮定とは異なる研究結果³⁾も報告されている。このように、斜張力場形成メカニズムにおける仮定に関してはいまだ改善の余地があると考えられる。

本研究は、ハイブリッド桁においてウェブパネルのアスペクト比の違いやフランジ断面積が斜張力場作用、せん断耐荷力に及ぼす影響を解明することを目的とする。

2. 実験概要

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	d_o/D_w	A_f/A_w	$\frac{b}{2t_f} \sqrt{\frac{F_{yc}}{345}}$	$\frac{D_w}{t_w} \sqrt{\frac{F_{yc}}{345}}$
α -1.0	133.0	11.1	673.6	4.5	1351.1	1.0	1.0	7.1	177.0
α -1.5	132.9	11.0	675.3	4.5	1620.7	1.5	1.0	7.1	176.6
α -2.0	133.3	11.0	674.7	4.5	1883.0	2.0	1.0	7.1	176.9
F-A1	103.6	9.3	674.8	4.5	1690.8	1.0	0.6	7.0	189.8
F-A2	103.4	9.2	674.3	4.5	1085.0	1.0	0.6	7.0	188.8
F-A3	103.2	9.3	673.7	4.5	673.7	1.0	0.6	7.0	187.8

供試体の載荷形式は、単純ばり形式の中央一点載荷とし、 α -series(α -1.0～2.0)と F-series(F-A1～A3)の計 6 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。各供試体はフランジに SM570 材(α -series: $\sigma_y=478\text{N/mm}^2$, F-series: $\sigma_y=543\text{N/mm}^2$), ウェブに SS400 材(α -series, F-series 共に $\sigma_y=302\text{N/mm}^2$)を用いたハイブリッド桁である。ここで、 σ_y は降伏応力を表す。

α -seriesは、アスペクト比(d_o/D_w)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、ウェブ高さと垂直補剛材間隔の比をそれぞれ 1.0, 1.5, 2.0 となるよう設計した。2004 年度版 LRFD では、フランジ断面積 $A_f (=2bt_f)$ とウェブ断面積 $A_w (=D_w t_w)$ の比が $A_f/A_w \geq 0.8$ を満たす場合と満たさない場合とで異なるせん断耐荷力式を用いている。そこで、フランジ強度とせん断耐荷力の関係について検討するため、F-series はフランジ断面積とウェブ断面積の比が $A_f/A_w = 0.8$ を下回るように、フランジ幅厚比は一定のままフランジ断面積を α -series の約 0.6 倍となるよう設計した。ウェブ幅厚比、フランジ換算幅厚比は全ての供試体において一定とした。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決定した。図中、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 , $A_f/A_w \geq 0.8$ を満たす場合の公称せん断強度 V_n で無次元化したものを示す。フランジの応力状態の変化を検討するため、図-1 の①～⑤に示す位置(100mm 等間隔)にひずみゲージを貼り付けた。

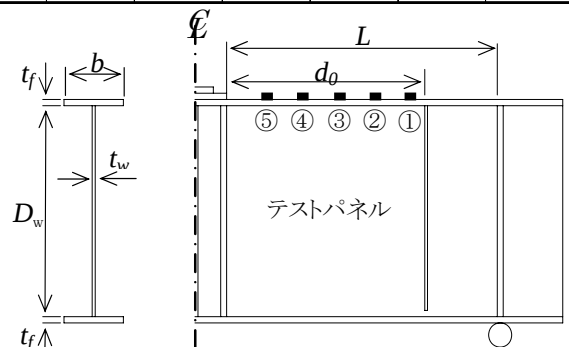


図-1 供試体概略図

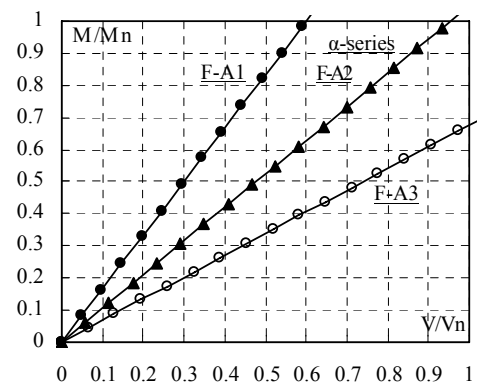


図-2 供試体載荷経路

3. 実験結果および考察

表-2 にウェブ座屈時および終局荷重時のせん断力を示す。 V_n , V_{n_F} はそれぞれAASHTOで規定されている制限値 $A_f/A_w \geq 0.8$ を満たす場合と満たさない場合の公称せん断強度である。表中の添え字cr, uはそれぞれ座屈, 終局強度を示す。図-3 はせん断力, 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 で無次元化したものである。太破線は曲げモーメントとせん断力の相関がないものとした, LRFDによる予測耐荷力である。

終局せん断強度に関して, α -2.0 と F-A1 を除いてLRFDの予測値よりも実験値が約 10~14%低い結果となった。 α -seriesを比較すると, 終局せん断強度を V_n で無次元化した値は, アスペクト比の違いにより 0.9~1.0 とばらつきが見られる。本実験結果によると, LRFDで規定されているせん断耐荷力式はアスペクト比によって精度の異なる予測値を与えており, 全体的に危険側の予測式であると考えられる。F-A2 の終局せん断強度は, 同じ経路である α -1.0 に対して約 4%の減少に留まっており, 本研究で対象とした範囲ではフランジ強度の影響はわずかであると思われる。一方, LRFDで規定されている通り, F-A2, A3 の終局せん断強度を V_{n_F} で無次元化した値 (表-2 右端) は 1.0 を超えており, V_{n_F} は安全側の予測値であることが分かる。

フランジ断面積の変化による応力増加の違いについて調べるため, 図-4, 5 のような $\sigma_{f_{inf}}/\sigma_{f_{th}} - V/V_n$ グラフを描く。UF-1~5 は図-1 に示すフランジに貼り付けたひずみゲージ番号を示す。 $\sigma_{f_{inf}}$ とは, ひずみデータから算出した応力 $\sigma_{f_{ex}}$ から各ひずみゲージ位置の理論応力 $\sigma_{f_{th}}$ を引いた応力である。同じゲージ位置においてはF-A2 の応力増加が顕著である事がわかるが,

α -1.0, F-A2 共に応力増加が最も大きな UF-3 でさえ, フランジ応力が降伏に達した時点で終局を迎える結果となっており, わずか 4% の終局強度の違いの理由であると考えられる。

4. 結論

本実験結果において, LRFDで規定されているせん断耐荷力式は, $A_f/A_w \geq 0.8$ においてはアスペクト比によって精度にばらつきがあり, $A_f/A_w < 0.8$ においては安全側の予測式であることが分かった。また, フランジ断面積の減少による終局せん断強度の変化は, AASHTOで規定されている約 16%の低減ほど明確には現れなかった。

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) S. C. Lee and C. H. Yoo, and D. Y. Yoon: Behavior of Intermediate Transverse Stiffeners Attached on Web Panels, J. Structural Engineering, ASCE, Vol. 128, No.3, pp.337-345, 2002.

表-2 座屈時および終局時のせん断力

供試体	V_{cr} kN	V_u kN	V_n kN	V_{n_F} kN	V_{cr}/V_n	V_u/V_n	V_u/V_{n_F}
α -1.0	200	381	424	-	0.47	0.90	-
α -1.5	100	315	354	-	0.28	0.89	-
α -2.0	75	305	305	-	0.25	1.00	-
F-A1	200	292	421	353	0.47	0.69	0.83
F-A2	175	366	424	355	0.41	0.86	1.03
F-A3	190	375	427	359	0.45	0.88	1.04

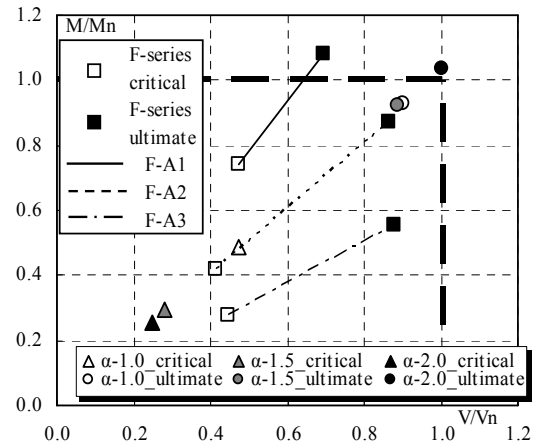


図-3 曲げ-せん断相関図

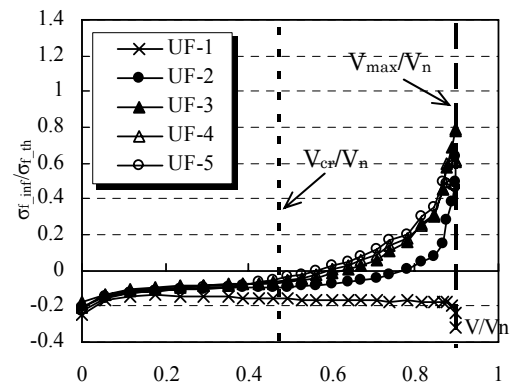


図-4 $\sigma_{f_{inf}}/\sigma_{f_{th}} - V/V_n$ グラフ (α -1.0)

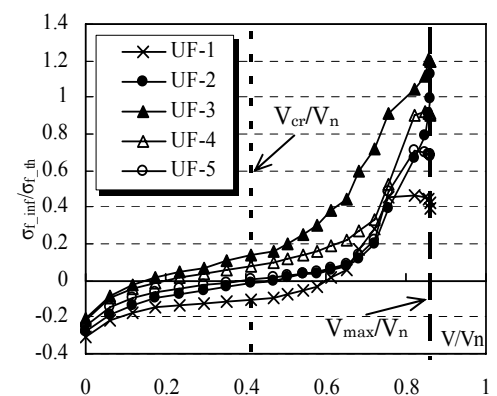


図-5 $\sigma_{f_{inf}}/\sigma_{f_{th}} - V/V_n$ グラフ (F-A2)