

ハイブリッド桁のウェブ座屈変形と斜張力場作用に関する一考察

立命館大学大学院

学生員 ○大橋 和洋

立命館大学理工学部

正会員 野阪 克義

片山ストラテック

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

構造物の設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行される過程にある我が国においては、AASHTOのLRFD¹⁾やEurocodeなどが参考にされ、その整備が進んでいる。そのような中、許容応力度設計法では適用が難しかったハイブリッド桁に関する検討²⁾も行われている。本研究では、比較的厚肉なウェブを有するI型断面桁を用いた静的載荷実験を行い、ハイブリッド桁の耐力、およびウェブの座屈変形と斜張力場作用の関係について検討した。

2. 実験概要

供試体の載荷形式は、単純ばり中央一点載荷とし、HY-W-seriesの5本について静的載荷試験を行った。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、ウェブとフランジの断面積比 $A_f/A_w=1$ 、アスペクト比 $d_0/D=1.0$ 、フランジの幅厚比 $b/2t_f=6.0$ 、ウェブの幅厚比 $D/t_w=120$ となるように設計し、フランジにSM570材($\sigma_y=508\text{N/mm}^2$)、ウェブにSS400材($\sigma_y=303\text{N/mm}^2$)を用いたハイブリッド桁である。ここで、 σ_y は降伏応力を示す。

本実験の供試体は、ウェブの耐力への影響を検討するため、ウェブの幅厚比を比較的小さくし、せん断座屈に比べ早期にウェブ降伏が生じるように設計し、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決定した。図中、縦軸はモーメント、横軸はせん断力をそれぞれ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 で無次元化したものである。実験中、荷重とたわみの計測に加え、ウェブのひずみと面外変位を計測した。図-3の●印で示す位置(1~9)の表と裏に3軸ゲージを貼り付け、×印で示す位置(1~10)に変位計を取り付けた。

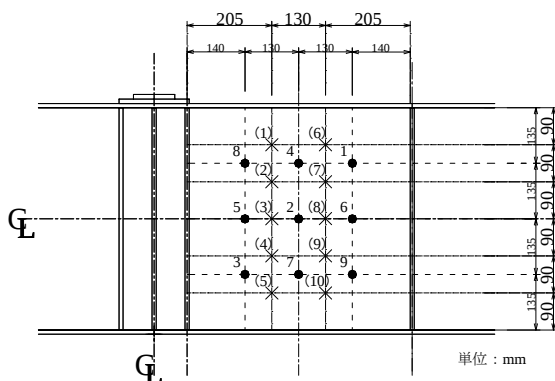


図-3 3軸ゲージおよび変位計測位置詳細

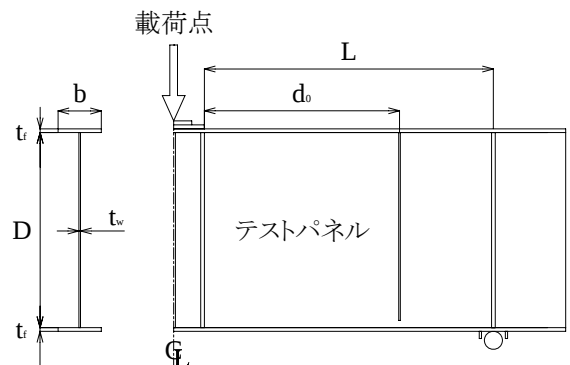


図-1 供試体概略図

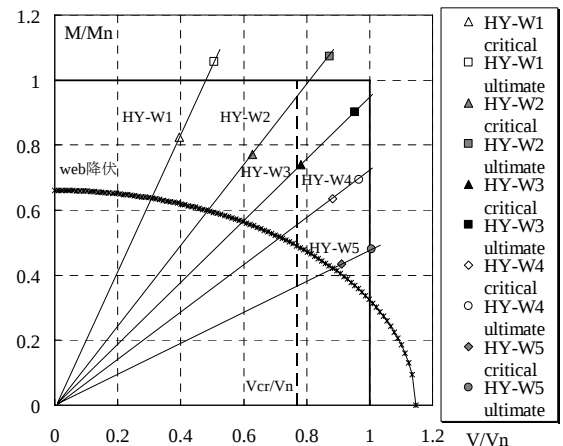


図-2 曲げ-せん断相関図

表-1 供試体実測寸法

供試体	b	t _f	D	t _w	d ₀	L
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
HY-W1	120.0	10.2	539.7	4.3	539.3	2396.8
HY-W2	120.2	10.1	539.0	4.4	539.7	1398.5
HY-W3	120.0	10.0	538.8	4.4	537.7	1068.5
HY-W4	120.3	10.0	539.5	4.4	539.0	798.7
HY-W5	120.2	10.0	539.8	4.4	538.3	538.7

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

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL077-561-3007 FAX077-561-3418

3. 実験結果および考察

表-2 にウェブ座屈時および終局時のせん断力を示す。表中の添え字 cr-ex, u はそれぞれ、実験で得られたせん断座屈強度、終局強度を示す。図-2 に座屈時と終局時の強度をプロットした。図中, critical, ultimate はそれぞれ、座屈強度、終局強度を示す。太線は現行の LRFD による予測耐力力である。

HY-W3 と HY-W4 が現行の LRFD 予測値以下となったが、その差は約 3~5%であり、本実験供試体においては、LRFD 予測値と実験値との誤差が小さいことがわかる。

図-4 に、せん断が卓越している供試体の例として、図-3 中の計測位置 2 における HY-W5 の最大主応力の変化を示す。図中, F はテストパネル表側, B は裏側に貼り付けた 3 軸ゲージより得られたデータを示す。また, σ_y -Mises は Mises の相当応力が降伏したことを示す。それぞれの Mises の相当応力が降伏後は最大主応力を一定とした。HY-W5 は座屈による面外変形が裏側に凸の供試体である。図-4 より、載荷直後の最大主応力は表と裏で同じ挙動を示すが、面外変形が凸側の最大主応力は増加しているのが分かる。さらに、表と裏では Mises の相当応力が降伏する時期に違いがある。したがって、ウェブは面外変形による降伏が先行していると考えられる。本実験供試体はウェブが比較的厚肉であり、ウェブに低強度鋼を用いたハイブリッド桁のために局所的な降伏が生じたのではないかと考えられる。

図-5 に最大主ひずみの水平方向に対する傾きを示す。図-5 に示すように、ウェブ片側の降伏まで最大主ひずみ方向は表と裏でほぼ同じ挙動を示し、ほとんど変化していない。そこで、図-6 に同じ計測位置 2 における表と裏の最大主応力(引張応力)および最小主応力(圧縮応力)の平均値(すなわち板厚中心の値)の絶対値を示す。図中, τ -th は中立軸上のせん断応力の理論値を示す。図より、ウェブ片側が降伏するまでは板厚中心においては理論どおりの応力状態であることがわかる。一方、図-5 においてせん断座屈後に主ひずみの方向が大きく変化しており、明確な斜張力場作用は確認できない。したがって、ウェブ面外変形の影響が大きく、また座屈荷重が終局荷重と近いいため、明確な斜張力場作用は現れていないことが分かる。

4. おわりに

実験結果より、本実験供試体で用いた幅厚比におけるハイブリッド桁では、ウェブは面外変形による降伏が先行しており、明確な斜張力場作用が存在していないことが分かった。今後、幅厚比を変化させたハイブリッド桁、およびホモジニアス桁においても検討する必要がある。

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) 利根川太郎, 浦野友樹, 杉浦那征, 山口隆司, 渡邊英一, 中村雅樹: 高機能鋼材を用いた合成ハイブリッド箱桁の正曲げ耐力特性に関する実験的研究, 土木学会論文集A, Vol.62, No.3, pp643-655, 2006.

表-2 座屈時および終局時のせん断力

供試体	V_{cr-ex} kN	V_u kN	V_n kN	V_{cr-ex}/V_n	V_u/V_n
HY-W1	142	181	358	0.40	0.51
HY-W2	225	313	358	0.63	0.87
HY-W3	281	343	359	0.78	0.95
HY-W4	323	353	366	0.88	0.97
HY-W5	328	363	360	0.91	1.01

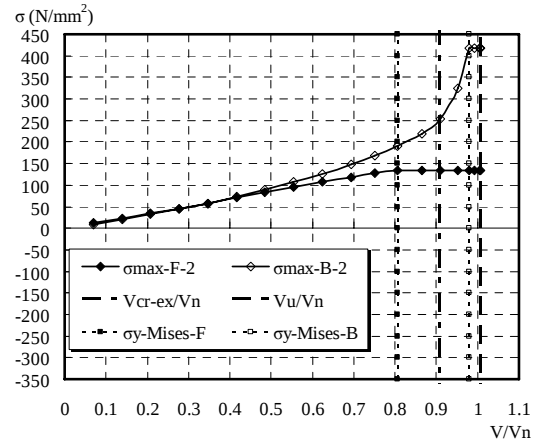


図-4 最大主応力の比較 (HY-W5)

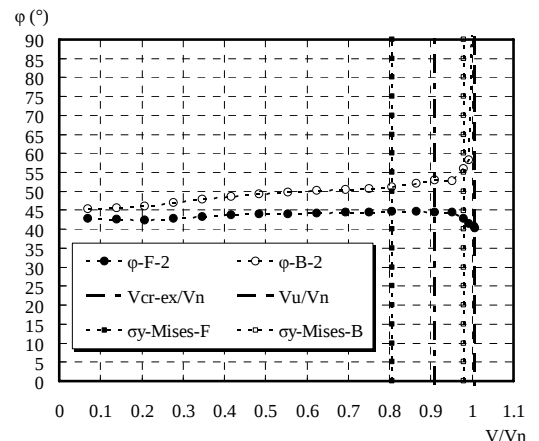


図-5 最大主ひずみ方向の比較 (HY-W5)

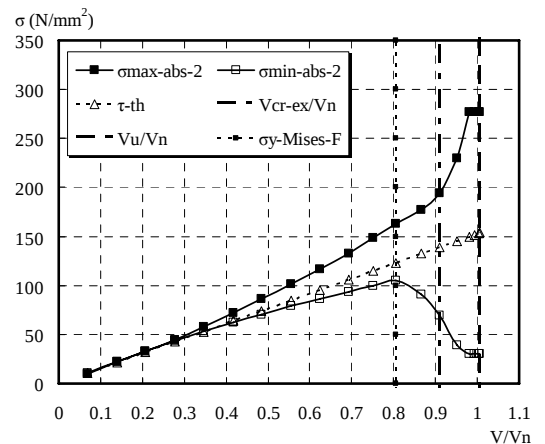


図-6 主応力平均値の変化 (HY-W5)