

第I部門

ハイブリッド桁の曲げ耐荷力および塑性変形能に関する一考察

立命館大学大学院 学生員 ○水谷 学
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

1.はじめに

我が国では、構造物の設計法について許容応力度設計法から性能照査型設計法への改訂が検討されており、今後、構造物の安全性が確保できれば様々な設計法の適用が可能となると思われる。本研究は、許容応力度設計法での適用が少ないハイブリッド桁を用いた非弾性設計法を視野に入れ、ハイブリッド桁の耐荷力および塑性変形能について実験的に検討することを目的としている。

2.実験概要

供試体の载荷形式は、単純ばり中央一点载荷とし、2体の供試体を用いて静的载荷試験を行った。設計寸法を表-1に、実測寸法を表-2に、供試体概略図を図-1に示す。各供試体はアスペクト比 $d_0/D=1.0$ 、フランジ幅厚比 $b/2t_f=6.0$ とし、フランジに SM570 材($F_{yf}=606\text{N/mm}^2$)、ウェブに SM400 材($F_{yw}=343\text{N/mm}^2$)を用いたハイブリッド桁である。ここで、 F_y は降伏応力を示す。ウェブ幅厚比 D/t_w は HY-110-m で 110, HY-130-m では 130 とした。LRFD における非弾性設計を行う場合のウェブ幅厚比制限式 $2D_c/t_w < 6.8\sqrt{E/F_{yf}}$ (E : 弾性係数, D_c : ウェブ圧縮高さ)で求めた設計値での上限は 136 であり、

いずれの供試体もこれを満たしていたが、実測値では 129.3 となり、HY-130-m がわずかに超える値となった。両供試体ともせん断力 V と曲げモーメント M をそれぞれ LRFD¹⁾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 で無次元化した値が $V/V_n=0.45$ 、 $M/M_n=1.0$ となる载荷経路を辿るように設計した。実験供試体の回転角 θ の測定は、両支点外側にアングル材を設置し、そこに2個の変位計を 300mm 間隔で配置し、変位差から求めた。左右のテストパネルの裏表にひずみゲージ①～④をウェブ上端及び载荷点側垂直補剛材から 130mm(HY-130-m は 160mm)の位置に、下フランジ上側の左右に⑤～⑧を载荷点側垂直補剛材から 130mm(HY-130-m は 160mm)の位置に貼付した。

3.実験結果及び考察

図-2、図-3に、縦軸に支間中央の曲げモーメント M を、横軸に全回転角 θ を、それぞれ全塑性モーメント M_p 及びその時の回転角 θ_p で無次元化した、モーメント-回転角曲線を示す(左軸を使用)。図中の $\Rightarrow$ は、右の軸が座標であることを示しており、 P_{crw} 、 P_{crf} はそれぞれウェブ局部座屈発生時、およびフランジ局部座屈発生時を示しており、いずれの供試体もウェブが先行して座屈を起こし、ある程度荷重が上昇してからフランジ局部座屈が発生したことが読み取れる。

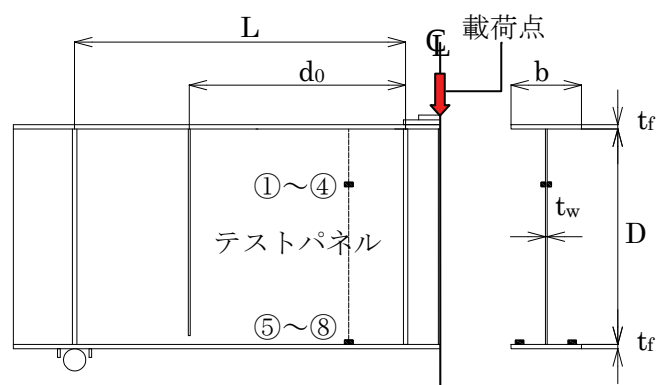


図-1 供試体概略図

表-1 供試体設計寸法

供試体	b	tf	D	tw	d0	L	Fyf	Fyw
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
HY-110-m	120	10	495	4.5	495	2250	500	300
HY-130-m	120	10	585	4.5	585	2500	500	300

表-2 供試体実測寸法

供試体	b	tf	D	tw	d0	L	Fyf	Fyw
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
HY-110-m	120.4	10.2	494.6	4.5	494.3	2248.0	606.2	343.4
HY-130-m	120.6	10.2	584.4	4.5	584.3	2498.7	606.2	343.4

図-2, 図-3 の①～④及び⑤～⑧は, それぞれ下フランジ及びウェブに貼付したひずみゲージから得た値で, いずれも縦軸はひずみ ε に対応している(右軸を使用). ①～④の引張フランジのひずみは両供試体ともフランジ座屈前後で降伏に至っており, フランジの降伏域が供試体長さ方向に広がった結果, フランジ局部座屈が生じて耐力が減少したと考えられる. 一方, ウェブ内のひずみ⑤～⑧では, ウェブの曲げ座屈発生時には降伏域に達していないことがわかる. ここで示したゲージは圧縮側のみであるが, 同じ断面における引張側のゲージにおいても降伏域には達していなかった. 最大モーメント断面においてウェブが最初に降伏を開始する理論値(M_{yw_th}/M_p)と比較しても, ウェブの一部のみが, または全く降伏していない状態で曲げ座屈が生じていることが確認できる. ウェブの曲げ座屈応力は幅厚比のみに依存しており, ハイブリッド桁とホモジニアス桁との違いは, それがウェブの降伏応力と比較して大きい小さいかにある. 本研究で扱ったウェブ幅厚比ではハイブリッド桁とホモジニアス桁とでウェブ座屈発生に限っては差無いものと考えられる.

図-2, 図-3 に示した P_{crw_th} は, ウェブ上下端で道路橋示方書に記されている弾性ウェブ曲げ座屈応力に達する時点を示したものであるが, 両供試体ともウェブ座屈後も荷重が上昇しこれを大きく上回り, 全塑性モーメントの9割ほどの耐荷力を示している. しかしながら, ウェブの降伏を考慮に入れたフランジ降伏モーメント M_{yf_th} には達しておらず, ウェブ曲げ座屈による応力欠損が生じていると考えられる. これより, ホモジニアス桁と同様の考え方で曲げ耐荷力を算出できるものと考えられる.

最後に, 実験から得られた各供試体の有効塑性モーメント時の塑性回転容量 θ_{p_ex} を LRFD に規定されている予測式から算出した値 θ_{p_LRFD} と比較したものを表-3 に示す. 実験値は幅厚比の違いによる差はなく, 設計式で予測されている値を 14～17% 下回る結果となった. しかし, 強度 I 限界状態時, 崩壊メカニズム形成に最低限必要とされている 0.03rads を上回ったため, これらの断面は非弾性設計に用いることができると考えられる.

4.おわりに

本研究の結果より, 本実験で扱ったウェブ幅厚比においてはウェブがほぼ弾性状態でウェブ曲げ座屈が生じ, 応力欠損が生じていると考えられるため, 基本的にはホモジニアスと同様の考え方で曲げ耐荷力を算出できる可能性があることがわかった. また, 非弾性設計への適用が可能である塑性変形能を有することが確認できたため, 今後は作用するせん断力を変化させた場合の塑性変形能に関する検討を行う予定である.

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) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 2002.
- 3) 土木学会: 座屈設計ガイドライン改訂第2版(2005年版).

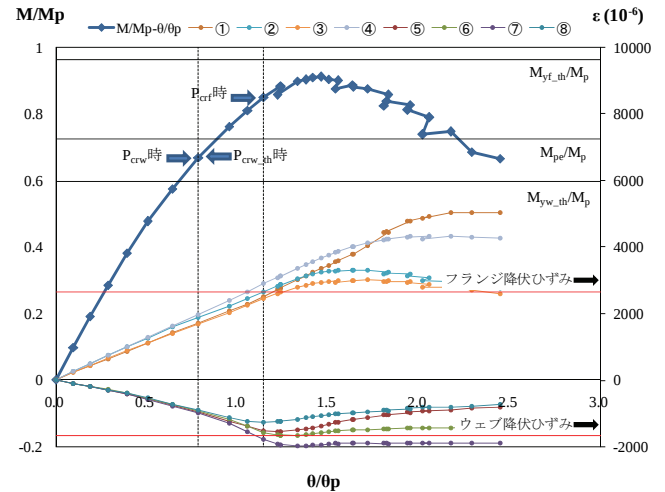


図-2 $M/M_p, \varepsilon-\theta/\theta_p$ グラフ(HY-110-m)

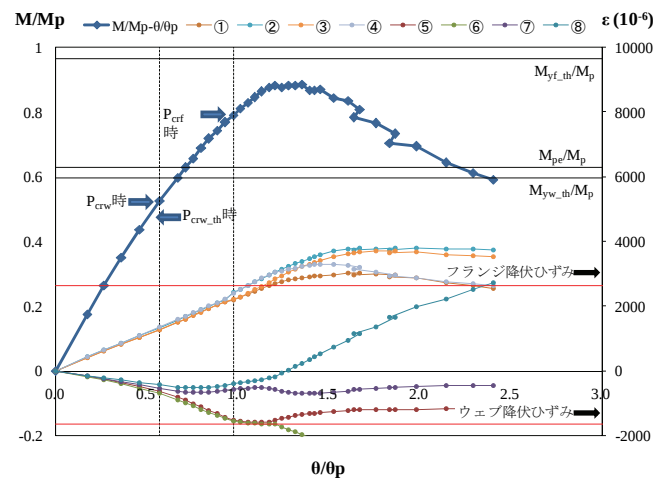


図-3 $M/M_p, \varepsilon-\theta/\theta_p$ グラフ(HY-130-m)

表-3 塑性回転容量

供試体	θ_{p_LRFD}	θ_{p_ex}	$\theta_{p_LRFD}-\theta_{p_ex}$
	rads	rads	θ_{p_LRFD}
HY-110-m	0.0415	0.0346	0.17
HY-130-m	0.0406	0.0350	0.14