

ハイブリッド桁の塑性変形能に対するせん断力の影響に関する一考察

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。本研究では、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、比較的大きなせん断力を受けるハイブリッド桁の塑性変形能について実験のおよび解析的に検討を行った。LRFD では非弾性設計でハイブリッド桁を用いる場合、公称せん断強度がせん断座屈強度で制限されており、制限の信頼性を確かめることも目的としている。

2. 実験概要

実験供試体の荷重形式は、単純ばり中央一点荷重とし、4体の供試体を用いて静的荷重試験を行った。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 および HY-110 で 110、HY-130-m および HY-130

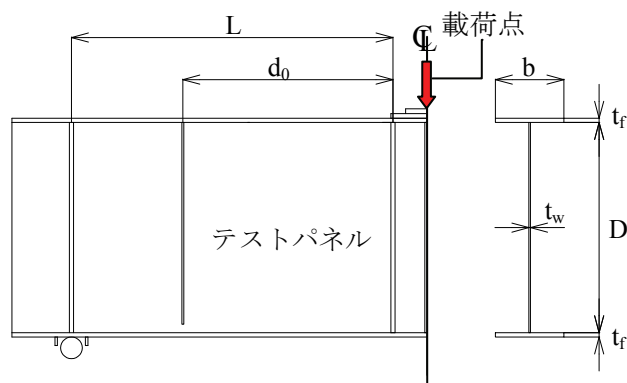


図-1 供試体概略図

表-1 供試体設計寸法

供試体	b	t _f	D	t _w	d ₀	L	F _{yf}	F _{yw}	E
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
HY-110-m	120	10	495	4.5	495	2250	500	300	200000
HY-110	120	10	495	4.5	495	1015	500	300	200000
HY-130-m	120	10	585	4.5	585	2500	500	300	200000
HY-130	120	10	585	4.5	585	1130	500	300	200000

表-2 供試体実測寸法

供試体	b	t _f	D	t _w	d ₀	L	F _{yf}	F _{yw}	E
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N/mm ²	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	219000
HY-110	121.3	10.2	494.4	4.5	493.9	1014.2	606.2	343.4	219000
HY-130-m	120.6	10.2	584.4	4.5	584.3	2498.7	606.2	343.4	219000
HY-130	120.7	10.3	584.7	4.5	584.2	1129.0	606.2	343.4	219000

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 HY-110-m 及び HY-130-m は $V/V_n=0.45$, $M/M_n=1.0$ の点を、HY-110 及び HY-130 は V/V_n , M/M_n が共に 1.0 の点を通る荷重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。

3. 解析概要

実験供試体について、汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用いて数値解析による検討を行った。解析モデルは、実験供試体の設計寸法に基づいて作製し、4 節点シェル要素を用い、各解析モデルとも要素の一边がほぼ 20mm となるように分割した。荷重として、解析モデル中央の橋軸直角方向すべての上フランジ節点に対して鉛直方向の強制変位を与えた。回転支点と移動支点には、橋軸直角方向すべての下フランジ節点に対して、それぞれ橋軸+鉛直方向と鉛直方向を拘束した。横補剛は、実験を行った際に実際に補剛した箇所の面外方向を拘束することで与え

キーワード ハイブリッド桁, LRFD, 塑性変形能, 塑性回転容量

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

た。材料特性に関しては弾性-完全塑性を仮定、ヤング係数は表-1、表-2 の値を用い、ポアソン比は全て 0.3 を用いた。さらに、初期変形として、ウェブ初期面外たわみの最大値が、道路橋示方書の制限値 $D/250$ となるよう正弦波形を載荷点両脇のテストパネルに与えた。残留応力は、過去の残留応力試験で得られた結果を用いた。

4. 結果及び考察

まず、材料特性に表-2 に示す引張試験により得られた値を用いた解析結果と実験結果を比較したものを図-2 に示す。 $M/M_p-\theta/\theta_p$ 曲線であり、i, ii は HY-110-m, iii, iv は HY-110, v, vi は HY-130-m, vii, viii は HY-130 の実験結果及び解析結果をそれぞれ示している。実験では曲げとせん断を受ける供試体は、よりせん断が卓越してしまい、耐力が落ちてしまったが、この点も解析で再現できていると考えられる。塑性回転容量は、同じ曲げ耐力を有する桁でせん断力の大きさのみを変化させて比較する予定であったが、今回の実験結果ではそのような比較が難しい結果となった。

これは、引張試験により求められた鋼材の降伏応力が予想よりも高い値であることが原因と考えられたので、設計段階での降伏応力を用いた場合での解析を行い比較した。図-3 の I, II は HY-110-m, III, IV は HY-110, V, VI は HY-130-m, VII, VIII は HY-130 の解析結果であり、▲は設計段階での降伏応力($F_{yf}=500\text{N/mm}^2$, $F_{yw}=300\text{N/mm}^2$)、●は引張試験結果($F_{yf}=606\text{N/mm}^2$, $F_{yw}=343\text{N/mm}^2$)の降伏応力を用いた結果である。降伏応力の増加により、多少の塑性回転容量の変化は見られるが、曲げとせん断を同様に受ける桁において耐力が増加することはなかった。

最後に、解析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_ana} 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。HY-110 と HY-130 においては、せん断卓越となりせん断崩壊したため、LRFDによる予測値を74～79%も下回っており、塑性回転容量が著しく減少している。今後せん断崩壊しない点を見極める必要がある。

5. おわりに

今回対象とした供試体では、せん断の影響が顕著となりせん断崩壊が生じてしまった。解析的に曲げ挙動を把握することが可能であることは確認できたため、今後はせん断崩壊が生じない点を見極めて検討を行う予定である。また、鋼材の降伏応力度について再度引張試験を行うことを検討している。

6. 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).

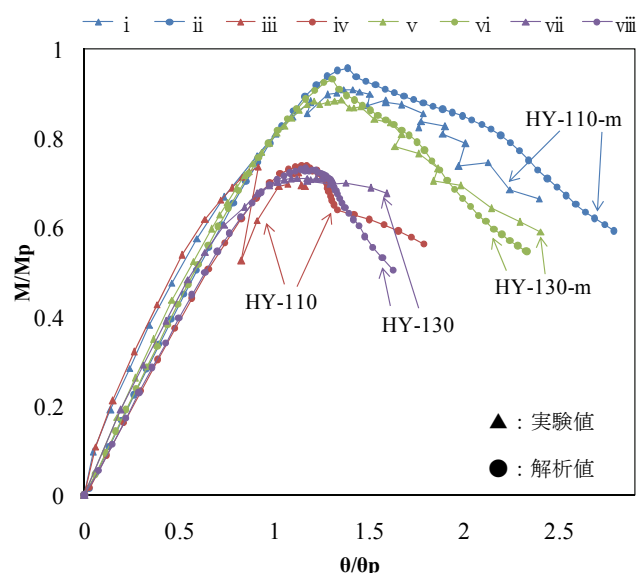


図-2 実験と解析の結果比較

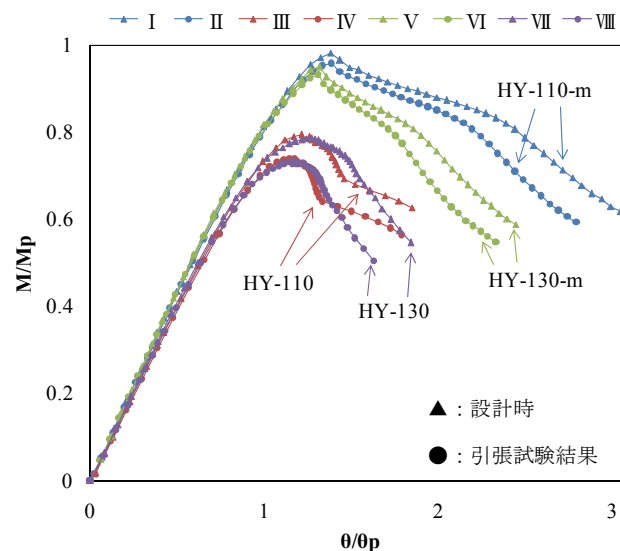


図-3 降伏強度による比較

表-3 塑性回転容量比較

供試体	θ_{p_ana}	θ_{p_LRFD}	$\frac{\theta_{p_ana}-\theta_{p_LRFD}}{\theta_{p_LRFD}}$
	rads	rads	
HY-110-m	0.0436	0.0377	0.16
HY-110	0.0078	0.0377	-0.79
HY-130-m	0.0349	0.0395	-0.12
HY-130	0.0102	0.0395	-0.74