

ハイブリッド桁の曲げ耐荷力に関する一考察

立命館大学大学院
立命館大学理工学部

学生員 ○堀田 萌
正会員 野阪 克義

1. はじめに

構造物に要求される性能そのものを評価し、安全性などが確保できれば自由な構造物が設計できる性能照査型設計法においては、技術者自身が構造物の性能を十分に理解し、その情報を利用者に提供することが重要となってくる。このような性能照査型設計においては、許容応力度設計法では適用が難しかった、ウェブに低強度鋼を用いたハイブリッド桁の使用も可能となると考えられる。本研究では、曲げ耐荷力に影響を与える要因をパラメータとしてハイブリッド I 形桁の有限要素解析を行い、耐荷力性状について考察し、さらに既存の曲げ耐荷力式との比較・検討を行った。

2. 解析概要

2. 1. 解析モデル

解析モデル概略図を図-1 に示す。載荷形式は単純梁への 2 点載荷とし、表-1 のパラメータを基準として以下に示す局部座屈と横ねじれ座屈の幅厚比パラメータから断面を決定した。フラ

a)局部座屈幅厚比パラメータ

ウェブおよびフランジの幅厚比パラメータ (R_w , R_f) は表-2 に示す値とした。ウェブ厚を変化させる際はフランジで局部座屈が発生しないよう $R_f=0.45$, フランジ厚を変化させる際はウェブで局部座屈が発生しないよう $R_w=0.4$ と定めた。0.55, 0.5 は全塑性モーメントに達し塑性ヒンジの回転によって応力再分配が考慮できる値, 0.6 は全塑性モーメントに達するが塑性ヒンジの回転は許容できない値, 0.7 は道路橋示方書で定義されている弾性座屈の変化点となっている。

b)横ねじれ座屈パラメータ

横ねじれ座屈は固定点間距離 (L_b) に影響されるため, L_b を変化させ表-3 に示す横ねじれ座屈パラメータ (R_{lt}) を設定した。非弾性横ねじれ座屈領域として道路橋示方書より $R_{lt}=0.2$, AASHTO LRFD において全塑性モーメントまたは降伏モーメントに達することができるとされている値 (L_p , L_r) をもとに決定した。

2. 2. 解析方法

解析には汎用有限要素解析プログラム MARC を使用し、4 節点シェル要素を用いた。解析モデルの要素分割はウェブ高さ方向に 60 分割、フランジ幅方向に 12 分割し、橋軸方向は要素の一边が 50mm となるように分割した。強制変位を鉛直方向に与え、回転支点と移動支点では、橋軸+鉛直方向および鉛直方向のみの変位を拘束した。固定点間距離(横補剛間隔)は、横ねじれ座屈パラメータを満足する範囲で、各モデルで公称曲げ強度が一定となるような位置に設けた。材料特性に関しては弾性-完全塑性を仮定、ヤング係数は 200,000 N/mm² とした。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 となるようすべてのモデルに正弦波形をテストパネルに与えた。残留応力は過去の残留応力試験結果を参考に決定した。

表-1 供試体のおもなパラメータ

ウェブ高 D (mm)	フランジ幅 bfc (mm)	F_{yf} (N/mm ²)	F_{yw} (N/mm ²)
3000	600	430	355 235

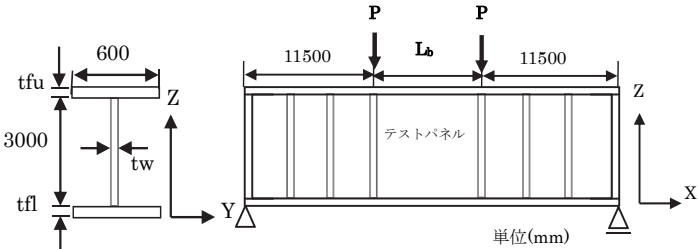


図-1 解析モデル概略図

表-2 幅厚比パラメータ一覧

		幅厚比パラメータの値					
ウェブ R_w	0.5		0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
フランジ R_f	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2

表-3 横ねじれ座屈パラメータ一覧

Lbの算出基準	非弾性	$L_b < L_p$	$L_b = \frac{L_p + L_r}{2}$	$L_b = L_r$
R_{lt}	0.2	0.3	0.8	1.2~1.3

キーワード ハイブリッド桁, 局部座屈, 横ねじれ座屈
連絡先 住所〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1・電話 077-561-3007・FAX077-561-3007

3. 解析結果および考察

横軸に R_w または R_t をとり整理したグラフを図-2～3 に示す。縦軸は、解析結果から得られた最大曲げモーメント M_u を、ウェブの局部降伏を考慮したフランジ降伏曲げモーメント M_y (図-2)、ウェブ降伏モーメント M_{yw} (図-3) で無次元化した値とした。また、図-4 は図-2 の横軸を横ねじれ座屈パラメータで整理したものである。解析結果は横ねじれ座屈パラメータ R_{lt} を用いて分類している(図-5)。図-2、図-3 にはオイラーの座屈公式とその0.5倍の値を黒線、赤線で、図-4 では横ねじれ座屈強度式を黒線で示している。

図-2 より、ハイブリッド桁において M_y を基準として耐荷力を整理できることが分かる。また、 $R_{lt}=0.3\sim 0.8$ の間で横ねじれ座屈の影響が顕著になり耐荷力が低下することも分かる。

ウェブ厚のみ変化させた場合、 R_w が大きい領域ではウェブの局部座屈で耐荷力が決まると考えられたが、解析結果ではフランジ降伏モーメント近くまで耐荷力が上昇しており、最終的にはフランジ局部座屈で耐荷力が決定されていると考えられる。 M_{yw} で無次元化した場合(図-3)にはほとんどが1.0を越えており、 M_{yw} より大きな耐荷力を有していることから分かる。ただし、 $F_{yw}=235\text{N/mm}^2$ の場合には、 M_y で無次元化した際の傾向が異なるので注意が必要である。

横ねじれ座屈パラメータで整理した図-4 を見ると、横ねじれ座屈強度式は、ウェブ鋼材の降伏応力度が大きい方で解析結果との差が小さい(特に $R_{lt}=\text{約 } 0.8$ の場合)となった。 R_{lt} が小さい場合に強度式を下回る結果もあるが、これはウェブの幅厚比が大きくウェブで局部座屈が生じるモデルである。本解析結果においては、局部座屈パラメータによる耐力の変化は小さく、 R_{lt} が大きい場合には横ねじれ座屈で整理するほうが適していると言える。しかしながら、フランジ局部座屈とウェブ局部座屈の連成を考慮せず、今後は、局部座屈の連成と横ねじれ座屈を考慮して安全性を照査する必要があると考える。

4. おわりに

本研究結果より、ハイブリッド桁でもホモジニアス桁と同様にフランジ降伏モーメントで耐荷力を整理できることが分かった。本解析結果においては、局部座屈パラメータによる耐力の変化は小さく、 R_{lt} が大きい場合には横ねじれ座屈で整理するほうが適していた。今後は、局部座屈の連成と横ねじれ座屈を考慮した耐力式式の検討を行っていく予定である。

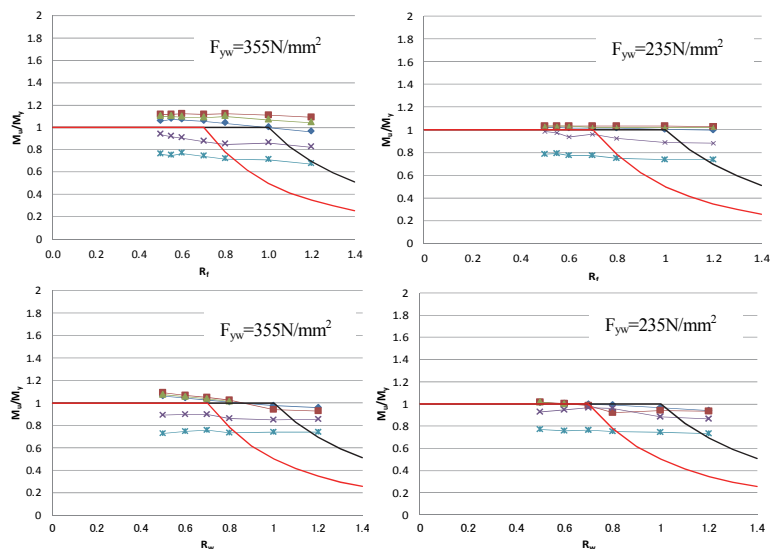


図-2 M_y による耐荷力の整理

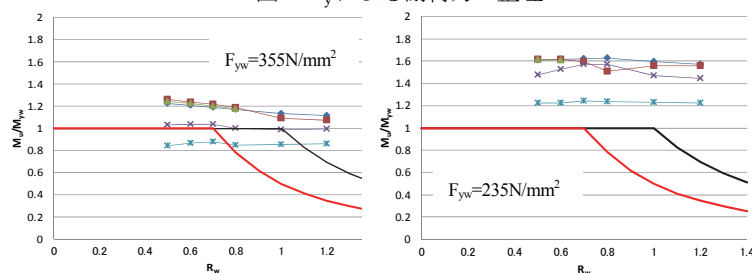


図-3 M_{yw} による耐荷力の整理 (ウェブ厚変化のみ)

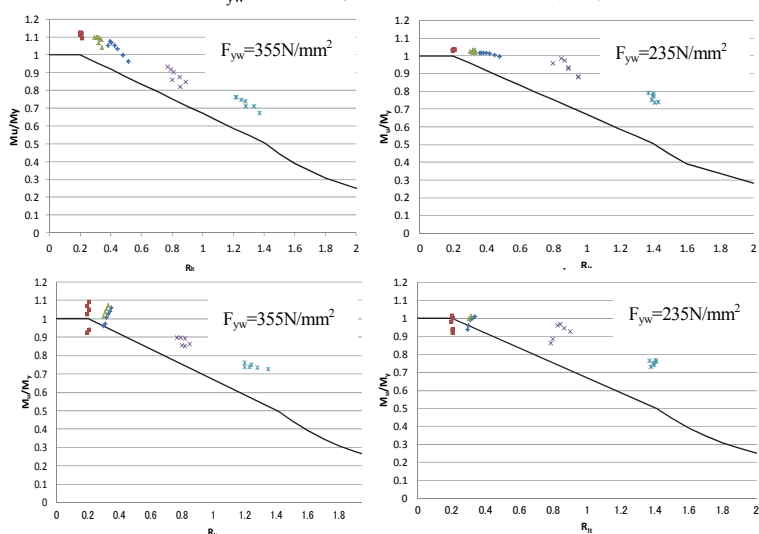


図-4 横ねじれ座屈パラメータによる耐荷力の整理

図-5 R_{lt} による分類