

1. はじめに

鋼桁の曲げ耐力力については、これまで多くの研究成果が報告されているが、近年、主流となってきた少数主桁橋に用いられるような断面を対象としたものは少ないと思われる。著者らは、鋼 I 形桁の曲げ耐力力について有限要素法を用いて解析的に検討してきており、二軸対称断面を有する桁について耐力力評価式を提案している¹⁾。本研究では、一軸対称鋼 I 形桁の曲げ耐力力に着目し、二軸対称桁との比較を行うとともに、耐力力評価式を提案した。

2. 解析概要

2.1. 解析モデル

図1に解析モデル概略図を示す。解析モデルはウェブ、フランジ共にSM570材(降伏強度=430N/mm²)を用いたホモジニアス桁であり、ヤング

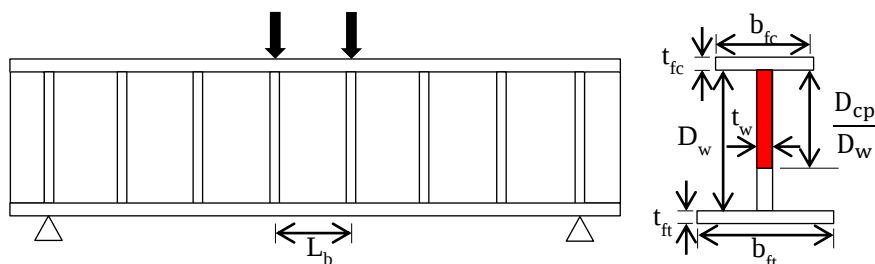


図 1 解析モデル概略図

係数は 200000N/mm^2 、ポアソン比は 0.3 で統一している.

本解析モデルは、 $D_{cp}/D_w=0.75$ とした一軸対称桁である。ここで、 D_{cp} は全塑性時のウェブの圧縮高さを示す。解析モデルに用いた主な寸法を表 1 に示す。さらに、局部座屈幅厚比および細長比をパラメータとすることで断面を決定した。

表 1 供試体パラメータ

	ウェブ高 D _w (mm)	圧縮フランジ幅 b _{fc} (mm)	引張フランジ幅 b _{ft} (mm)
座屈連成なし (ウェブ厚変化)	3000	600	1000
座屈連成なし (フランジ厚変化)			1600
座屈連成あり			1200

a) 局部座屈幅厚比パラメータ

本解析で使用したウェブおよびフランジの幅厚比パラメー

タ(R_w , R_f)を表2に示す。ウェブ厚変化のモデルでは、フランジで局部座屈が発生しないように $R_f=0.45$ で固定し、フランジ厚変化のモデルでは、ウェブで局部座屈が発生

しないように $R_w=0.4$ で統一している。ウェブとフランジの座屈連成を考慮したモデルにおいては、

0.6~1.2 の組合せで解析を行った.

表2 局部座屈幅厚比パラメータ一覧

ウェブ R_w	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
フランジ R_f	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2

表3 細長比パラメータ一覧

L _b の算定基準	非弾性	L _b < L _p	$\frac{L_p + L_r}{2}$	L _b =L _r
R _{lt}	0.2	0.3	0.8	1.1~1.2

b)細長比パラメータ

表 3 に本解析で使用した細長比パラメータ R_{lt} を示す. 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, R_{lt} を設定した. 道路橋示方書より $R_{lt}=0.2$ (非弾性), AASHTO LRFD において全塑性モーメントおよび降伏曲げモーメントに達することができる値(L_p , L_r)より $R_{lt}=0.3 \sim 1.2$ の値を算出した.

2.2. 解析方法

解析には汎用非線形解析プログラム **MARC** を使用し、4 節点厚肉シェル要素を用いた。ウェブ高さ方向に 60 分割、圧縮フランジ幅方向に 12 分割、橋軸方向に一边が 50mm となるように要素分割した。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ている。初期変形としては、道路橋示方書の面外たわみの制限値を使用し、残留応力は過去の実験結果の値を参考にしている。

3. 解析結果および考察

図2～図4に解析結果を示す。左図は横ねじれ座屈を考慮しない解析モデル($R_{lt}=0.2$)で整理した結果であり、横軸はウェブの幅厚比パラメータ R_w および二軸対称桁に換算したウェブ幅厚比パラメータ R_w' とした。左図に示す黒線はオイラーの座屈曲線であり、赤線はオイラーの座屈曲線を 0.5 倍した値を示す。右図は全ての解析結果であり、横軸は R_{lt} とした。

図2の左図の縦軸は、解析結果から得られた最大曲げモーメント M_u を降伏曲げモーメント M_y で無次元化した値である。右図の黒線は道路橋示方書の横ねじれ座屈強度曲線である。図より、 R_w が大きくなるにつれ無次元化耐力の低下が見られ、ウェブ局部座屈が曲げ耐力に与える影響が顕著になっている。

図3の縦軸は、 M_u を有効断面係数 Q' と M_y との積 $Q'M_y$ で無次元化した値である。なお、 Q' は式(1)¹⁾である。右図に示す黒線は式(2)であり、文献¹⁾では、ECCSの横ねじれ耐力式を修正した予測曲線として提案されている。解析値/予測値の平均値が 1.0 になるように係数 n を設定し、二軸対称桁では $n=2.7$ が用いられている。

$$Q' = 0.88R_f^{-0.15} R_w^{-0.3R_f} \quad (1)$$

$$M_{nQ'} = Q' \left(\frac{1}{1+R_{lt}} \right)^{\frac{1}{n}} M_y \quad (2)$$

式(1)は、二軸対称桁に対して、横ねじれ座屈を考慮しない断面でプロット値が安全側となるように設定されているが、一軸対称桁ではウェブの圧縮領域の影響が適切に考慮できておらず危険側となっている。

図4では図3と同じく $Q'M_y$ で無次元化した値を用いている。ただし、ウェブ圧縮領域の影響を考慮して二軸対称に換算したウェブ幅厚比パラメータ R_w' を用いている。図4の左図では、ウェブで局部座屈が発生しやすい $R_w' \geq 1.2$ で縦軸のプロット値が 1.0 以下となっているが、一般的に多く用いられている $R_w'=1.2$ 未満の解析モデルでは、1.0 以上となっており、安全側に評価することができている。式(2)の予測曲線を用いて整理した場合の結果(図4の右図)では、プロット値の縦方向のばらつきが低減されており精度よく評価できていることがわかる。

4. おわりに

本解析結果より、弾性時のウェブ圧縮高さ D_c を考慮し、二軸対称桁に換算した幅厚比パラメータ R_w' を用いた修正 Q ファクター法で整理すると、一般的に多く用いられている R_w' が 1.2 未満の解析モデルで曲げ耐力を精度よく評価することができた。

参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会 鋼橋の合理化構造・設計法研究委員会/合理化構造・設計法研究部会：鋼橋の強度設計の合理化, JSSC テクニカルレポート, No.98, 2013.

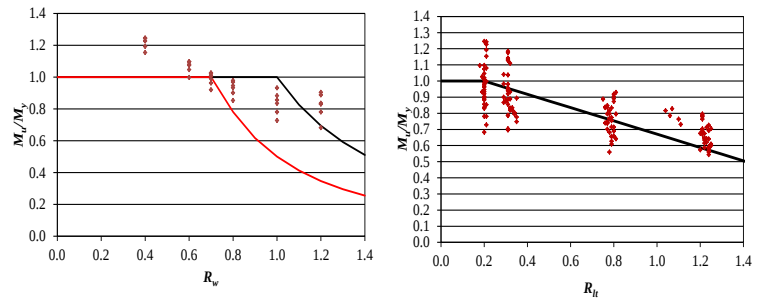


図2 M_y で整理

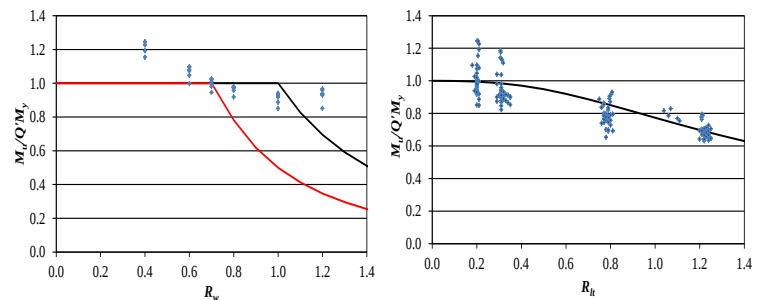


図3 $Q'M_y$ で整理(幅厚比は D_w/t_w を用いて整理)

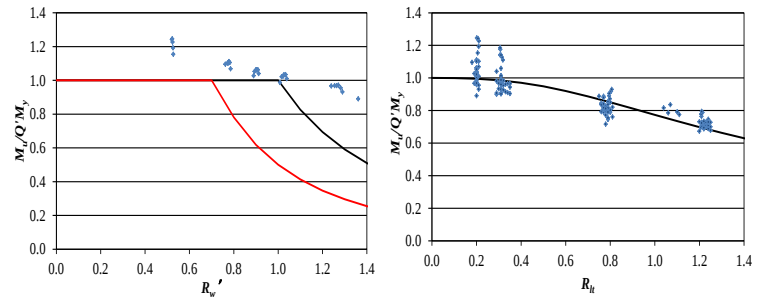


図4 $Q'M_y$ で整理(幅厚比は $2D_c/t_w$ を用いて整理)