

大阪大学工学部 学生員 ○木本 智美
大阪大学大学院 学生員 小池 洋平
(株)大日本コンサルタント 正 員 堀田 毅
大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男

1. まえがき

平成 7 年 10 月に建設省より出された「鋼道路橋設計ガイドライン (案)」を受けて、鋼道路橋の設計・製作・架設の合理化・省力化が進められている。設計・製作では、少数主桁化されることによりウェブの板厚が厚くなるため、垂直補剛材の間隔を広くすることにより部材数を減らすなどの少補剛の工夫がなされている。架設では、第二東名神のような山岳部で橋脚間にベント設備が設けられない場合に、送り出し架設を採用することにより、工費の縮減を図る工法が採用されることがある。

通常、ウェブに集中荷重が作用する場合、一般的にその作用断面に垂直補剛材を設けてウェブを補強するが、前述の合理化手法を同時に採用した場合には、垂直補剛材の無い部分に集中荷重を受ける可能性が大きくなる。その際に問題となってくるのが、ウェブのクリッピング現象である。ウェブのクリッピング現象とは、鉛直方向に集中荷重が作用した時にウェブが面外方向に局部的に変形する現象のことである。

本研究では、Rockey ら¹⁾によって行われた実験結果をもとに立体薄板構造の弾塑性有限変位解析プログラム NAPLAT²⁾で解析を行い、どのように挙動して最終的な崩壊に至るかを解析結果と比較しながら確認した。それとともに、実験結果及び解析結果を Roberts 及び森脇ら³⁾の耐荷力算定式と比較し、その精度を確認した。

2. 解析モデル

解析モデルは、2 軸対称 I 型断面桁を用いて、両端単純支持の桁の支間中央までのハーフモデルとする。実験モデルの選出については、道路橋示方書 8.4.1 に定められている水平補剛材のない場合のウェブの最小幅厚比 $\beta(=h/t_w)=152$ を考慮してモデルを選定した。その断面諸元、寸法記号を表-1、図-2 に示す。支点上には垂直補剛材をウェブの両側に配置し、垂直補剛材の高さは、フランジ突出幅と等しく、厚さは垂直補剛材の高さの 1/10 とした。載荷条件は、局所荷重として載荷幅にわたり等分布荷重を鉛直方向に与えた。初期不整については、図-1 に示すように、ウェブには橋軸直角水平方向に最大縦距 $h/275$ の正弦半波、

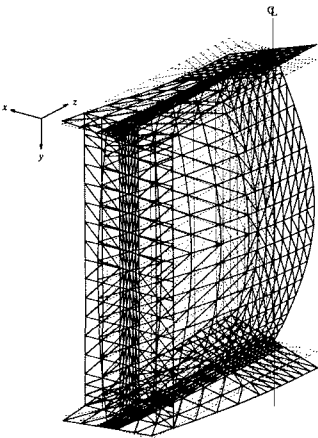


図-1 初期たわみ図

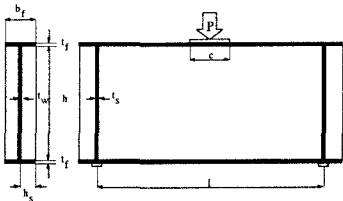


図-2 解析モデルの寸法記号

表-1 解析モデルの断面諸元

	l	h	t_w	b	t_f	h_s	t_s	c	h/t_w	σ_{yw}	σ_{yf}
TTG1	300	300	3.97	49.4	10.00	24.70	2.47	30	75.57	285	269
TTG3	300	300	4.01	49.4	15.90	24.70	2.47	30	74.81	281	265
TTG4	450	450	3.97	49.3	10.00	24.65	2.46	45	113.35	257	267
TTG7	600	600	3.57	50.5	10.00	25.25	2.53	60	168.07	257	274
	(mm)									(N/mm ²)	

Toshimi KIMOTO , Yohei KOIKE , Tsuyoshi HOTTA and Nobuo NISHIMURA

フランジには橋軸直角方向に、最大縦距 $b/216$ の線形波形を初期たわみとして与え、残留応力はフランジ・ウェブに矩形分布として考慮した。これらは、平均値相当の初期不整を与えるように各数値を決定した。また、垂直補剛材の初期不整は考慮していない。

3. 解析結果

図-3に TTG1, TTG7 モデルの支間中央における断面変形図を示す。変位は実変位の2倍にして図化し、断面図は極限状態と除荷領域2つの計3つの荷重状態について断面変化を示している。TTG1モデルは、実験では降伏と同時に崩壊というモデルであるため、断面の変形が小さいのに対し、 h/t_w が大きい TTG7 モデルではフランジ・ウェブ結合部近傍に局部的な変形が見られ、ウェブのクリッピング現象が生じていることが確認される。

4. 耐力力算定式

4. 1 耐力力算定式の比較

Roberts ら、森脇らとともに耐力力を算定するにあたって、載荷点直下のフランジに近いウェブ部分で局部的な面外塑性変形を生じて崩壊するモード及び、ウェブが面内で塑性化して崩壊するモードの2種類の崩壊モードを想定している。Roberts らの耐力力算定式では、ウェブの座屈前後での桁の局所荷重支持の機構の変化を考慮していない。つまり、ウェブの座屈強度については、一切考慮されていないが、森脇らの耐力力算定式は、これらを修正し、ウェブの座屈強度と座屈後強度を分離して算出し、耐力力を算出している。

4. 2 耐力力算定式の精度と有効性

解析結果、実験結果および耐力力算定式の比較を図-4に示す。ここに、 P_{ana} は解析結果、 $P_{pred.1}$ 、 $P_{pred.2}$ はそれぞれ Roberts ら、森脇らの提案している耐力力算定式の計算結果であり、 P_{exp} は実験結果である。それらをフランジの載荷幅全体の降伏強度 P_y で無次元化し、 P_{exp}/P_y を横軸にとり基準としている。図-4より、それぞれの値にばらつきはあるものの、比較的良好な相関を示していることが分かる。また、Roberts らの耐力力算定式の計算結果は、森脇らの耐力力算定式のよりも小さい値を示していることが、これは4. 1で述べたことが原因であると考えられる。図-5では、解析結果と森脇らの耐力力算定式を比較したものであるが、ほぼ一致していると言える。

5. まとめ

Rockey らによって行われた実験結果をもとに弾塑性有限変位解析を行い、局所荷重を受ける桁がどのように挙動し最終的な崩壊に至るかを確認した。また、実験結果及び解析結果を Roberts 及び森脇らの耐力力算定式と比較し、その精度を確認した。

【参考文献】 1) Roberts, T.M. and K.C. Rocky : A Mechanism Solution for Predicting the Collapse Loads of Slender Plate Girders When Subjected to In-plate Patch Loading, Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2, Vol. 67, pp. 155~175,1979.

2) 研究代表者 福本孝士：鋼骨組構造の極限強度の統一評価に関する統合的研究，研究成果報告書，1991年3月

3) 森脇良一，滝本哲四郎，三村裕一：局所荷重を受ける桁の耐力力，土木学会論文報告集，第339号，1983年11月

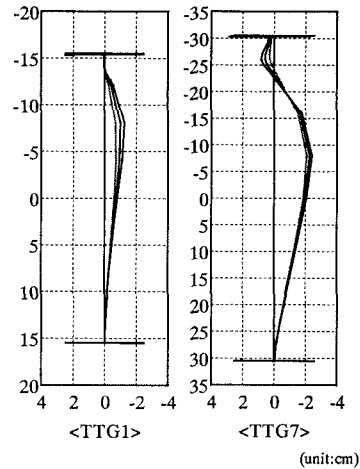


図-3 断面変形図

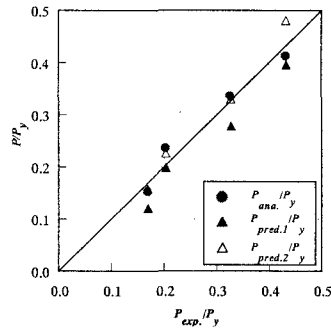


図-4 解析結果，実験結果，耐力力算定式の比較

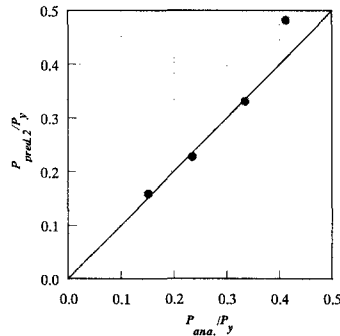


図-5 解析結果と森脇らの耐力力算定式の比較