

琉球大学工学部 正員 矢吹哲哉
 首都高速道路公団 正員 下里哲弘
 琉球大学工学部 正員 有住康則

1. まえがき

現在、中小鋼板桁橋梁に広く使用されている I 形断面桁は、力学的には合理的形状であるが、造形的には必ずしも良好なものとはいえない面がある。例えば、耳主桁下フランジのコバ面が橋側面から見えるといった橋外観は、都市景観を単調にしてしまう場合も考えられる。そこで、こうした点を改良できる耳主桁用断面として、平板で構成される J 形断面を提案する。一般化に当たっては種々の検討が必要となるが、ここではまず、開断面桁としての横倒れ強度を初期不整量を考慮した弾塑性有限変位解析法による数値解析結果に基づき検討する。

2. 解析方法

梁の鈎合経路に於て、前行状態と先行状態を隣接する二つの鈎合状態とすると、定式化は前行状態を初期応力状態とし、前行状態からの増分量で先行状態を表す更新ラグランジュ法を用いて行った。解析には荷重増分方式の梁要素モデル有限要素法を用い、Newton-Raphson法に基づく逐次収斂計算を行った。材料非線形挙動はPrandtl-Reussの塑性流れ理論に従うものとし、降伏条件はVon Misesの降伏条件式を用いた。

3. J 形断面モデル

ここで採用した J 形断面モデルを図-1に示す。図には、比較のために使用した他の開断面も示してある。尚、比較の際は各開断面の面内降伏曲げモーメント M_y を一定とした。対象とした解析桁モデルは、面外に $w_0 = e_0 \sin(\pi x/L)$ なる初期不整を有し、両端で面内、面外たわみ及びびねれ角に対して単純支持された面内等曲げを受ける桁とした。解析に用いたパラメータは、ウェブと圧縮フランジの断面積比 A_w/A_f 、桁のスパン長と圧縮フランジ幅との比 L/b 、元たわみ量 e_0 、鋼材質、及び平均引張残留応力度の領域幅 X である。

4. 横倒れ強度特性

図-2に代表的な終局時の変形状態を示す。図より、桁の横倒れ変形が明確に現れていることが解る。

元たわみ量 $e_0 = L/1000$ 、SS41鋼材使用桁について、残留応力度の有無が耐荷力に与える影響を調べるために解析した結果の一例を示したのが図-3である。ここでは、平均引張残留応力度の領域幅 $X = 3.5 \text{ cm}$ を採用した。図の縦軸は、終局曲げモーメントを断面強軸まわりの断面係数で除した値を鋼材の降伏点応力度で無次元化した値 σ_w/σ_y を取る。横軸は次式で定義される横倒れ座屈パラメータ α である。

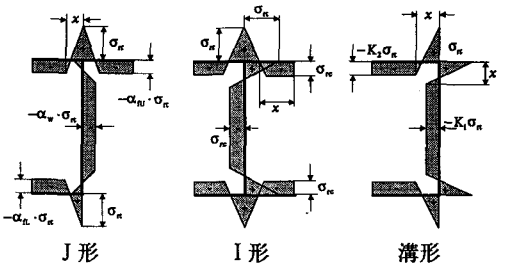


図-1 解析モデル

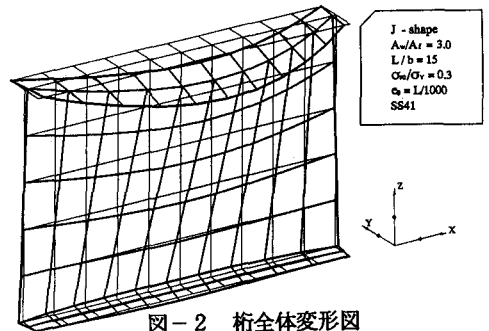


図-2 桁全体変形図

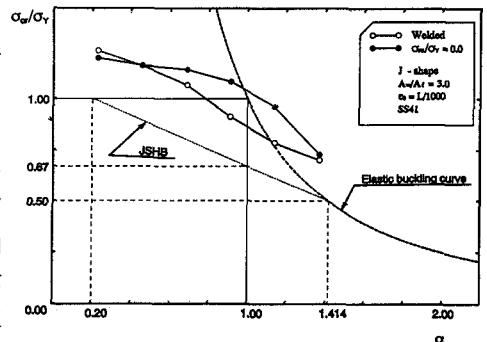


図-3 残留応力の影響

$$\alpha = \frac{2}{\pi} \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_f} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \frac{L}{b}}$$

ストックー及びスレンダーな桁の場合、残留応力度の有無が耐力に与える影響はさほど顕著ではない。しかし、それらの中間領域に在る桁の場合、その影響は顕著であり、残留応力度による耐力の低下が著しい。

図-4は、元たわみ量 e_0 が横倒れ強度に与える影響を、耐力曲線で示した一例である。元たわみ方向は弾性座屈解析で得られた座屈モードと同一方向とした。図より、元たわみ量の変化が耐力に及ぼす影響はさほど顕著でないことが解る。従って、以後の解析では道路橋示方書で規定されている初期不整量 $e_0 = L/1000$ を採用する。

鋼材質の影響を検討した結果の一例を示したのが図-5である。ここで検討したLYR鋼の材料強度はSM58鋼相当である。図より明らかなように、座屈パラメータ α が大略1.0以下の範囲では、LYR鋼使用桁がSM58鋼のものより高い強度を呈しており、従ってこの範囲ではLYR鋼高機能特性の一つである塑性流れをほとんど有しない歪硬化特性の効果期待できることを示している。

図-6はウェブとフランジの断面積比 A_w/A_f を変化させた場合の検討結果の一例を示している。図より、座屈パラメータ α が大略5.0以下の範囲では、 A_w/A_f の増加に伴い横倒れ強度も増加するが、以上の範囲では逆に減少する傾向がみとめられる。この傾向は、 A_w/A_f の変化に伴う崩壊様式の相違に起因するものと思われ、コンパクト断面を規定する際の重要な要因の一つになるものと思われる。

図-7は他の断面形状を有する桁と比較した結果の一例を示したものである。図より、J形断面桁は他断面桁より高い横倒れ強度を示している。一般に、横倒れ強度は圧縮フランジの増加に伴い増加する。桁設計で基準とされる各開断面の面内降伏曲げモーメント M_y 及びウェブと圧縮フランジの断面積比 A_w/A_f を固定した場合、J形断面桁圧縮フランジ断面積と他断面のそれとの比は、 $A_w/A_f=0.3, 3.0, 6.0$ に対してそれぞれ1.06, 1.23, 1.25となることから、J形断面桁が高い横倒れ強度を示すことになる。

5. まとめ

今回検討した横倒れ強度の観点からすれば、J形断面桁は従来のI形断面桁と比較して充分の性能を有しており実用の可能性は高いものと思われる。一般化を目指すために、今後更に断面構成板の挙動、補剛材、残留応力度及び製作架設上の問題点などを整理して検討する必要がある。

参考文献：（1）倉西茂：新しい断面形状のプレートガーダー、土木学会第40回年講。（2）日本道路橋示方書。

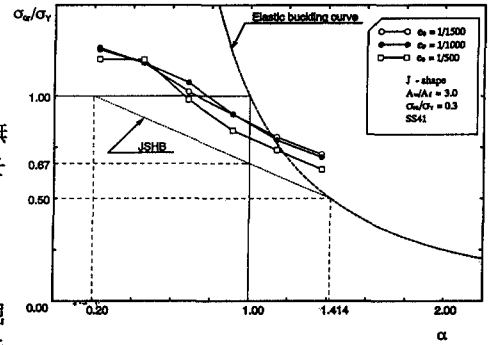


図-4 元たわみの影響

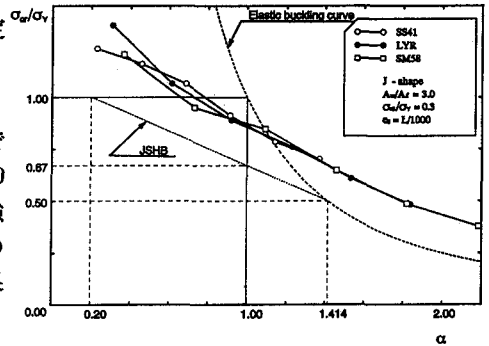


図-5 鋼材質の影響

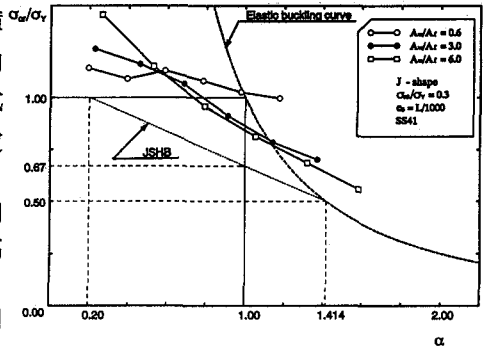


図-6 断面積比の影響

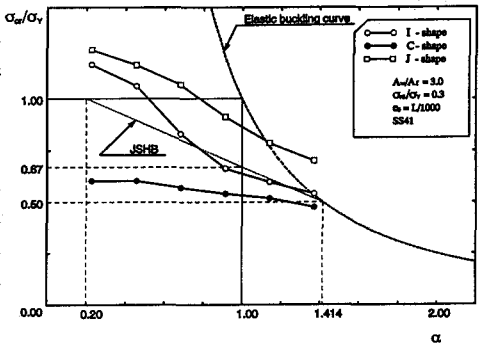


図-7 断面形状の影響