

鋼 I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力式に関する考察

九州工業大学大学院 学生会員 ○定宗幸雄 正会員 山口栄輝 清水英樹
土木研究所 正会員 村越 潤 梁取直樹
東京工業大学大学院 正会員 小野 潔

1. はじめに

道路橋では、鋼 I 形断面梁圧縮フランジの局部座屈に対し、道路橋示方書鋼橋編¹⁾に示された自由突出板の基準耐荷力式（以後、「道示式」と呼ぶ）が用いられる。道示式は、福本らによる耐荷力式²⁾（以後、「福本式」と呼ぶ）に比すると、小さな耐荷力を与える。このことを踏まえ、本研究では、鋼 I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力を解析的に検討する。

2. 十字形断面柱の耐荷力

2.1 解析モデル 福本らの実験³⁾を参照し、解析モデルを設定する。柱の長さは 5m、板幅を 600mm、板厚は 20mm、22mm の 2 種類とし、板厚をもとにそれぞれ C20、C22 と呼ぶ。ヤング係数、ポアソン比、降伏応力 σ_y は、それぞれ $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、0.3、235 N/mm^2 とし、応力-ひずみ関係は 2 次勾配が $E/100$ のバイリニアタイプとする。本解析は 4 節点シェル要素を用いて ABAQUS で実施し、初期不整も考慮する。後述する梁の解析も同様に行う。

2.2 解析結果 解析で得られた耐荷応力 σ_u と幅厚比パラメータ R の関係を図-1 に示す。この図より、本解析結果は福本式による耐荷力とよく一致すること、これらが実験結果の下限值を与えること、道示式は小さな耐荷力を与えることが確認される。

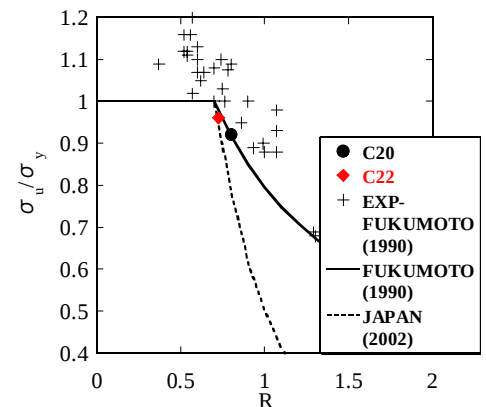


図-1 解析結果（十字断面柱）

3. I 形断面梁の耐荷力

3.1 解析モデル 一般に、I 形断面ではフランジとウェブの剛性が異なる。この点に鑑み、I 形断面梁の解析を次に行う。解析モデルには、フランジ、ウェブの板厚が異なる 6 種類の梁を設定する。いずれも両端に等曲げモーメントが作用した両端単純支持梁で、長さ、フランジ幅は十字形断面柱と同じ、ウェブ高は 2.4m、梁端部の支点上には板厚 10mm の垂直補剛材を設置している。モデル名には 4 桁の数字を配し、最初の 2 桁はフランジ板厚 (mm)、残りの 2 桁はウェブ板厚 (mm) に対応させている。

3.2 解析結果 解析結果を図-2 に示しているが、耐荷力はウェブの板厚に応じて変化することが理解される。すなわち、一般の I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力算定に、福本式を用いることは困難であると考えられる。

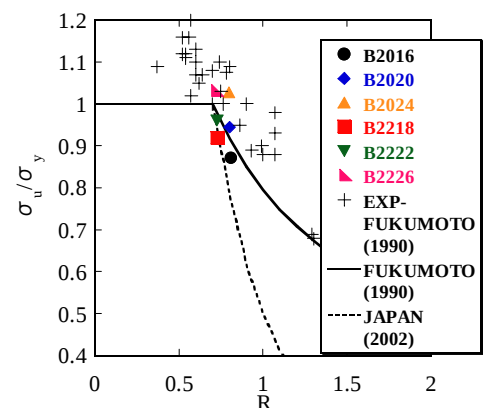


図-2 解析結果（I 形断面梁）

4. 実用的な I 形断面梁の耐荷力

I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力を十字形断面柱の耐荷力と関連づけるのは、一般には難しいことが明らかとなった。しかしながら、鋼橋には種々の要求性能があり、実際に建設される鋼 I 桁橋の形状寸法は自らある範囲に収まる。ここでは、そのような実用的な断面を有する I 形断面梁を対象として検討を加える。

キーワード：鋼 I 形断面梁、圧縮フランジ、局部座屈、耐荷力、3 次元有限要素解析

連絡先： 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1 番 1 号 Tel. 093-884-3110 Fax. 093-884-3100

4.1 解析モデル 先と同様に、両端に等曲げモーメントが作用した両端単純支持梁を解析対象とする。9種類のモデルを設定し、その概要を図-3 (a)、表-1 に示している。いずれも水平補剛材、垂直補剛材を有し、垂直補剛材間隔は 1250mmである。降伏応力 σ_y は 355 N/mm²、他の材料特性はこれまでの解析と同じとする。モデル名は3章と同様の方法で与える。9種類のモデルにより、道示¹⁾における、局部座屈で強度が決定する幅厚比パラメータの全域をほぼ網羅している。

4.2 解析結果 図-3 (b) に示す解析結果は、福本式による算定値とよく一致している。これより、実用的な I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力算定には、福本式が適用可能であると判断される。

4.3 安全性に関する考察 解析結果を見ると、最大応力到達後、直ちに強度が低下し始めている。地震をはじめ、予期せぬ荷重が作用し得る我が国の状況を考えれば、限界状態到達後の変形挙動にも注意する必要がある。座屈現象に対して安全性を確保するのに、最大強度のみを考慮するのでよいか、慎重に検討する必要がある。そのための資料として、基準耐荷力点での変位と強度低下が始まる点の変位の比を安全余裕の目安として検討を加える。基準耐荷力として、最大応力の 85%、90%、95%および最大応力を考え、それらの点での変位をそれぞれ U_{85} 、 U_{90} 、 U_{95} 、 U_m と呼ぶ。9 解析モデルの平均値を見ると、 U_{m+}/U_{85} 、 U_m/U_{90} 、 U_m/U_{95} でそれぞれ 2.63、2.11、1.57 となる。次いで、福本式の 85%、90%、95%を基準耐荷力として算定を行い、ほぼ同様の値が得た。一方、道示式を基準耐荷力とした場合、平均的には大きな安全余裕となるが、ばらつきも大きくなる傾向が見られた。

5. まとめ

- ・I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力はウェブの剛性に影響されるため、十字形断面柱の耐荷力と関連づけることは、一般には困難である。
- ・実用的な I 形断面梁圧縮フランジの耐荷力は、福本式で算定可能と考えられる。
- ・解析結果の最大応力の 85%、90%、95%を基準耐荷力とした場合、平均の安全余裕はそれぞれ 2.63、2.11、1.57 となる。
- ・福本式をもとに基準耐荷力を設定した場合の安全余裕は、解析結果をもとにした場合とほぼ同様となる。道示式を用いた場合、平均的には大きな安全余裕となるが、ばらつきも大きくなる。

謝辞

本研究の一部は、日本鉄鋼連盟の 2008 年度「鋼構造研究・教育助成事業（学生研究助成）」により遂行した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編，II 鋼橋編），丸善，2002。
- 2) 福本 秀士：鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する研究，平成元年度科学研究費補助金 研究成果報告書，1990。
- 3) 福本 秀士：伊藤 義則：フランジの局部座屈強度とフランジ幅厚比制限，土木学会論文集，第 160 号，pp27-38，1968。

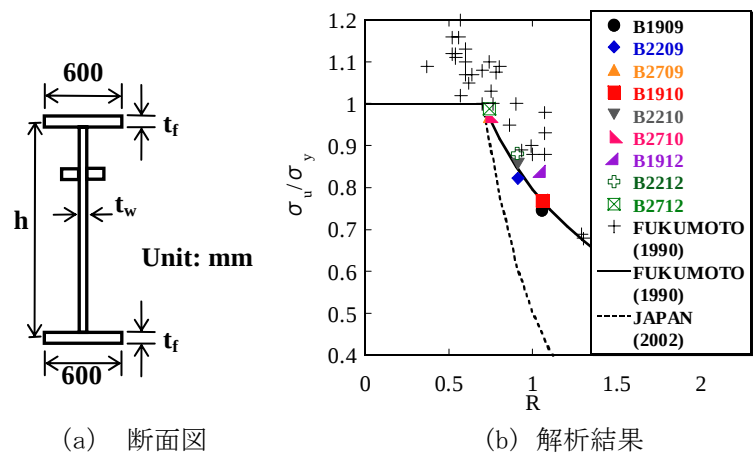


図-3 実用的な I 形断面梁

表-1 実用的な I 形断面梁

モデル	スパン (mm)	ウェブ高 (mm)
B1909, B2209, B2709	2500	1700
B1910, B2210, B2710	2500	2000
B1912, B2212, B2712	5000	2400