

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○藤田 匠
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔
 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男
 (株) IHI インフラシステム 正会員 岡田 誠司

1. 背景および目的

日本における鋼橋の建設では、1990 年中頃から少数主桁橋の採用が増えている。この橋梁形式では、1 主桁あたりに作用する断面力が大きくなることから、フランジに厚い鋼板（極厚フランジ）が用いられる。近年、この極厚フランジを有する鋼 I 形断面桁（以下、極厚フランジ断面桁と呼ぶ）を対象とした研究^{1),2)}によって、鋼 I 形断面桁の曲げ崩壊形式が、従来の腹板幅厚比規定内においてもフランジの垂直座屈モードとなることが示された。これを受け、今後の鋼桁設計法でフランジ垂直座屈崩壊をどのように取り扱うかを議論することを含めて、極厚フランジ断面桁の曲げ崩壊形式と力学パラメータとの関係を明らかにすることには、意義があると考える。

そこで、極厚フランジ断面桁の力学パラメータと曲げ崩壊形式との関係を明らかとすることを目的とした解析的検討を行う。フランジの幅厚比パラメータ($\bar{\lambda}_{pf}$)と腹板の幅厚比パラメータ($\bar{\lambda}_{pw}$)、そして圧縮フランジ固定点間距離とフランジ幅との比(l/b_f)に着目したパラメトリック解析を行い、力学パラメータの関係における極厚フランジ断面桁の曲げ崩壊形式の区分を行う。

2. 極厚フランジ断面桁のパラメトリック解析ケース

極厚フランジ断面桁の解析ケースは、実橋梁を想定し設定した。実績調査を基に構造寸法の代表値を表-1 のように決定した。そして、各曲げ崩壊形式の区分ができるよう、図-1 に示すパラメータの範囲でパラメトリック解析を実施することとした。使用する解析プログラムは、本研究室で開発された弾塑性有限変位解析プログラム CYNAS³⁾を用いた。解析モデルを図-3 に示す。桁全体をモデル化し、着目パネルに等分布の曲げが発生するよう荷重方法は変位制御による 2 点荷重である。なお、桁のモデル化および境界条件は、既往の実験¹⁾を再現解析することでその妥当性を得ている。解析に用いた材料

表-1 構造寸法代表値

項目	記号	単位	代表値	備考
支間長	L	m	29.4	実績調査より平均値 (連続桁の純曲げ区間を考慮)
腹板高	h	mm	2,450	実績調査より平均値, 最多頻度
フランジ幅	b_f	mm	750	実績調査より平均値
圧縮フランジ 固定点間距離	l	mm	6,000	実績調査より平均値
材質			SM490Y	実績調査より平均値

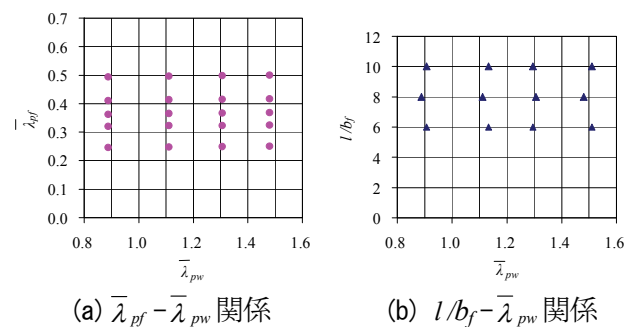


図-1 解析ケースのパラメータ範囲

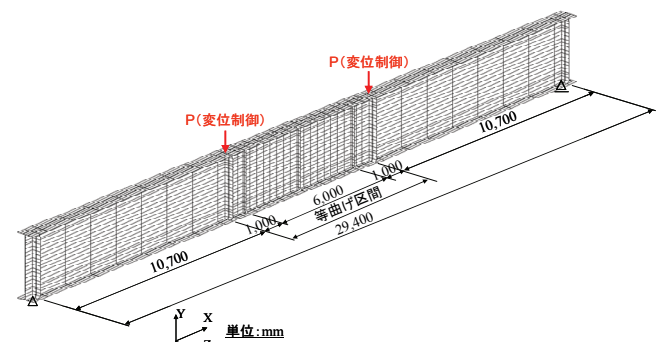


図-2 解析モデル図

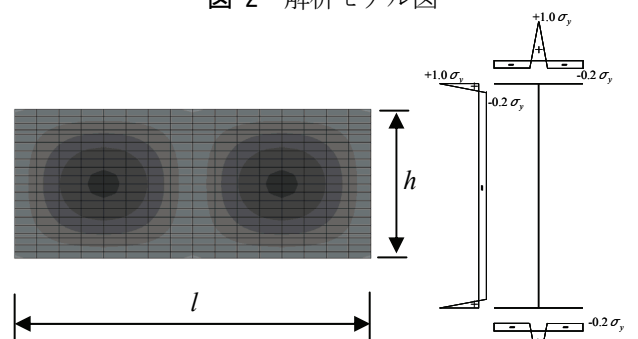


図-3 初期たわみ形状 (等高線図)

図-4 残留応力の分布形状

構成則は、既往の研究による構成式³⁾である。各解析ケースでの降伏強度は、JIS規格の公称値(355N/mm²)とした。初期たわみを終局モードに従った形状で導入したが、基本は図-4に示す形状で腹板にのみ与えた。腹板中央での最大たわみ量は、道路橋示方書II⁴⁾に規定される許容値相当とした。また、残留応力は図-5に示す標準的な鋼I形断面桁で想定されるものを導入することとした。

3. 極厚フランジ断面桁の曲げ崩壊形式

解析により得られた力学パラメータと曲げ崩壊形式との関係を図-6および図-7に示す。これらより、垂直座屈モードによる曲げ崩壊は、現行道示の腹板降伏限界幅厚比($\bar{\lambda}_{pw}=1.1$ 程度)内においても現れることが確認でき、 $\bar{\lambda}_{pf}$ が小さく $\bar{\lambda}_{pw}$ がかなり大きい領域で発現することが明らかとなった。また、ねじれ座屈との遷移領域では曲げ崩壊形式は連成モードとなる。フランジ横座屈モードが支配的な曲げ崩壊形式となる境目は、 l/b_f の値が8から10の間であることがわかった。曲げ崩壊形式による挙動の違いが顕著に表れた解析結果の荷重-回転角関係を図-7に示す。また、それぞれの変形図を図-8に示す。垂直座屈モードでは、 M_y を超える曲げ耐荷力を維持したまま、ある程度の変形能を有することがわかる。

4. まとめ

鋼I形断面桁の曲げ崩壊形式に対して支配的となる力学パラメータに着目したパラメトリック解析によって、極厚フランジ断面桁における曲げ崩壊形式と力学パラメータとの関係を明らかにした。そして、極厚フランジ断面桁においてフランジの垂直座屈により崩壊に至るのは、フランジ降伏を超えて変形が進行した後であり、現行の設計では対象外の挙動であることを確認した。

参考文献

- 1) 入川充夫, 藤井堅, 川見周平, 南鉄木: 極厚フランジを有するプレートガーダーの曲げ崩壊形式と変形能, 構造工学論文集 Vol.55A, pp.134-143, 2009.
- 2) 川見周平, 藤井堅, 極厚フランジを有するプレートガーダーの変形能と断面区分, 構造工学論文集 Vol.56A, pp.135-144, 2010.
- 3) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, No.513/I-13, pp.27-38, 1995.
- 4) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説II鋼橋編, 2004.

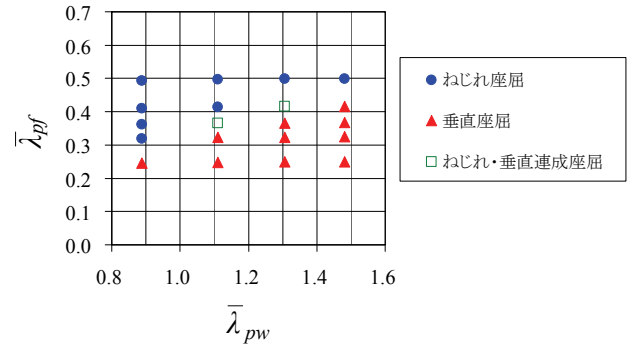


図-5 $\bar{\lambda}_{pf}$ - $\bar{\lambda}_{pw}$ 関係における曲げ崩壊形式の区分

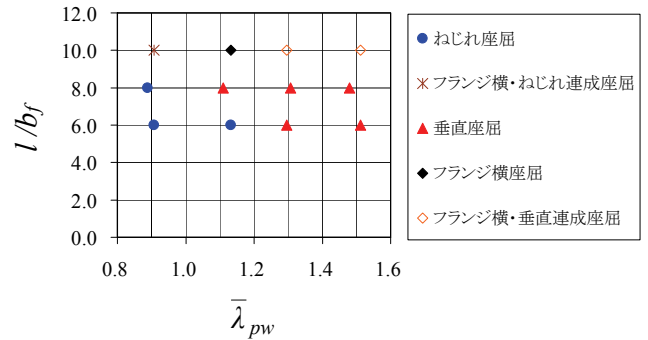


図-6 l/b_f - $\bar{\lambda}_{pw}$ 関係における曲げ崩壊形式の区分

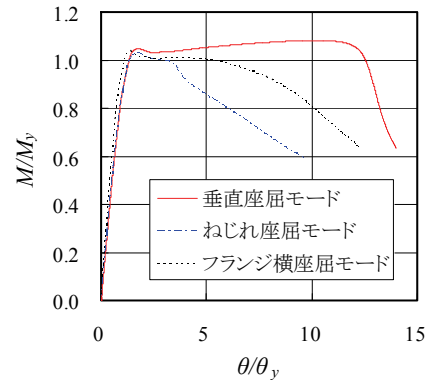


図-7 曲げ崩壊形式による荷重-回転角関係の違い

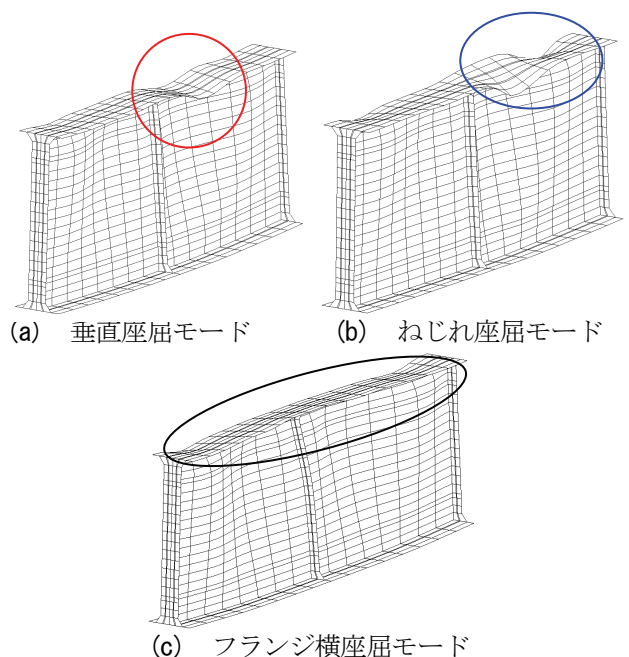


図-8 曲げ崩壊形式の変形図