

I-236

ウェブアングル付き上下フランジアングル接合のM- θ r曲線の評価式

室蘭工業大学 学生員 伊藤 和久 日本大学 正員 能町 純雄
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光 室蘭工業大学 正員 松岡 健一
 PURDUE UNIVERSITY W. F. Chen

1. はじめに

今日、骨組み構造の解析は、弾性解析と同様に接合部を完全固定あるいは完全回転自由と仮定した、幾何学的あるいは材料学的非線形解析が行なわれているようである。しかしながら過去に行なわれた実験結果から、接合部は荷重載荷初期の段階においてすでに非線形な性状を示すことが明らかとなっており、限界状態における構造解析を行なうためには接合部のM- θ r特性を適切に評価することが必要であると考えられる。

ここではすでに検討を行なった上下フランジアングル接合およびウェブアングル接合の解析手法をもとに、ウェブアングル付き上下フランジアングル接合のM- θ r曲線の評価式を定式化しようとするものである。なおモデル化の妥当性の検討においてはJ.B.Radzinski等¹⁾が行なった実験結果を引用した。

2. 評価式の定式化

図-1に一般的なウェブアングル付き上下フランジアングル接合の例を示す。以下モデル化にあたり梁と柱部材は剛体と仮定し、接合部に作用するせん断力は無視して曲げモーメントのみを考慮する。

2.1 接合部の初期剛性(R_{ki})について

実験結果より、下フランジアングル部を中心として回転することが明らかとなっている。このため上下フランジアングル部においては図-2のように上フランジアングルのみを、ナット縁を固定端とする片持ち梁として、またウェブアングル部についても同様に図-3のような片持ち梁と仮定する。上フランジアングル部とウェブアングル部に作用する力を各々P_t、P_aとすると平均水平変位 Δt 、 Δa は次式で表わされる。

$$\Delta t = \frac{P_t \cdot g_1^3}{3(EIt)} \left(1 + \frac{0.78 \cdot (t_t)^2}{g_1^2} \right) \quad \dots (1)$$

$$\Delta a = \frac{P_a \cdot g_3^3}{3(EIa)} \left(1 + \frac{0.78 \cdot (t_a)^2}{g_3^2} \right) \quad \dots (2)$$

ただし、EIt、EIaは各々上フランジアングル、ウェブアングルの曲げ剛性であり、平均せん断係数 κ は1.2としている。また Δt 、 Δa と回転角 θ_r との関係式は次のようになる。

$$\Delta t = d_1 \cdot \theta_r, \quad \Delta a = d_3 \cdot \theta_r \quad \dots (3), (4)$$

曲げモーメントMは回転中心を下フランジアングル部中央とすると次式で表わされる。

$$M = P_t \cdot d_1 + 2P_a \cdot d_3 \quad \dots (5)$$

よって初期剛性(R_{ki})は次式のように表わされる。

$$R_{ki} = \frac{3(EIt) \cdot d_1^2}{g_1 \cdot (g_1^2 + 0.78 \cdot (t_t)^2)} +$$

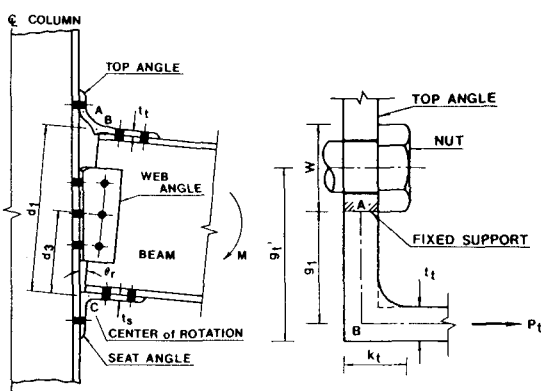


図-1 ウェブアングル付き上下フランジアングル接合の例

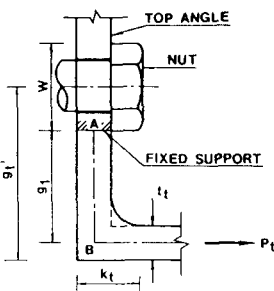


図-2 上フランジアングル部の片持ち梁モデル(R_{ki})

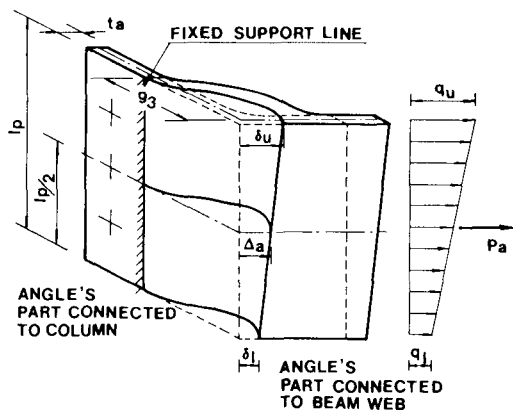


図-3 ウェブアングル部の片持ち梁モデル(R_{ki})

$$\frac{6(EI_a) \cdot d_3^2}{g_3 \cdot (g_3^2 + 0.78 \cdot (ta)^2)} \quad \dots\dots(6)$$

2. 2 接合部の限界曲げ耐力(Mu)について

実験結果より上フランジアングル部については図-4のようなメカニズムを仮定すると仮想仕事の原理より次式が成り立つ。

$$2M_{pt} \cdot \theta = V_{pt} \cdot g_2 \cdot \theta \quad \dots\dots(7)$$

M_{pt} は塑性モーメント、 V_{pt} は上フランジアングルに作用する塑性せん断力である。さらにTrescaの降伏基準とDrukerの降伏条件式を用いると次式が得られる。

$$\left(\frac{V_{pt}}{V_{ot}}\right)^4 + \frac{g_2}{tt} \cdot \left(\frac{V_{pt}}{V_{ot}}\right) - 1 = 0 \quad \dots\dots(8)$$

上式を解くことによって、 V_{pt} が求まる。また下フランジアングルの限界曲げ耐力 M_{os} は次式のようになる。

$$M_{os} = \frac{\sigma_y \cdot I_s \cdot (ts)^2}{4} \quad \dots\dots(9)$$

次にウェブアングル部については図-5のようなメカニズムを仮定すると、任意断面 y における仮想仕事の原理より

$$2M_{py} \cdot \theta = V_{py} \cdot g_y \cdot \theta \quad \dots\dots(10)$$

式(8)と同様の操作により V_{py} が求まる。ここで V_{py} の分布は放物線分布($y=0$ で $V_{py}=V_{oa}$ 、 $y=l_p$ で $V_{py}=V_{pu}$)となるがこれを簡略化して線形分布と仮定すると塑性せん断力 V_{pa} は、

$$V_{pa} = \frac{V_{pu} + V_{oa}}{2} l_p \quad \dots\dots(11)$$

よって限界曲げ耐力 M_u は次式のように得られる。

$$M_u = M_{os} + M_{pt} + V_{pt} \cdot d_2 + 2V_{pa} \cdot d_4 \quad \dots\dots(12)$$

2. 3 関数近似

本文では式(13)のようなパワーモデルを用いることとする。

$$M = \frac{R_{ki} \cdot \theta_r}{\{1 + (\theta_r / \theta_0)^n\}^{1/n}} \quad \dots\dots(13)$$

ただし、 $\theta_0 = M_u / R_{ki}$ 、 n は形状指数である。

3. まとめ

図-6に解析結果を示す。実験結果はJ.B.Radziminski等が行ったものを引用した。この図からわかるように適当な形状指数 n の選択により接合部の非線形な $M-\theta$ 特性を評価することが可能であると考えられる。

4. 参考文献

1. Radziminski, J.B. et al "Moment Rotation Characteristics of Semi-Rigid Steel Beam-Column Connections", University of South Carolina, (1982)

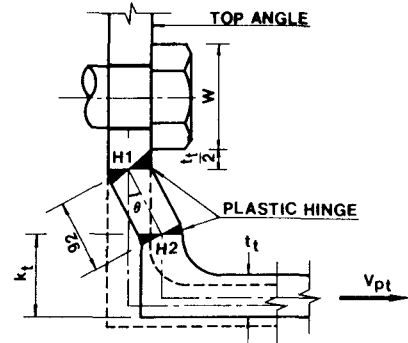


図-4 上フランジアングル部のメカニズム(Mu)

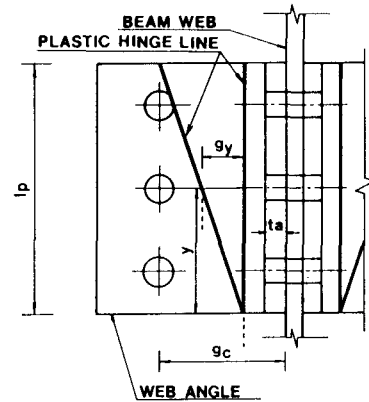


図-5 ウェブアングル部のメカニズム(Mu)

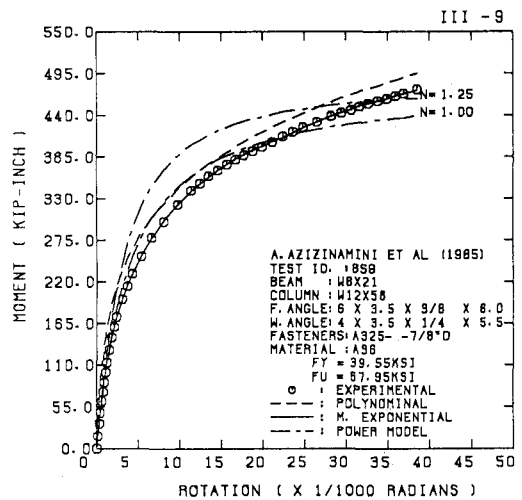


図-6 実験結果及び解析結果