

I-117 鋼製ラーメン隅角部の Shear lag 応力算定法について

大阪市立大学工学部 正員○酒造 敏廣
 阪神高速道路公団 正員 福岡 悟
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博

1. まえがき

鋼製ラーメン隅角部の梁・柱取付部では、せん断力が大きくステップして作用するため、顕著な Shear lag 現象が発生する。この種の応力の算定法としては、弾性学に基づいて平面応力問題として取り扱った奥村・石沢¹⁾の研究が著名であり、Shear lag によるフランジ・プレートの垂直応力を図表を使って算出する方法が提案されている。この方法は、現行の各公団・公社²⁾の設計基準に採用されている。

本研究は、ラーメン隅角部の Shear lag 応力のより簡便な算定法について検討したものである。すなわち、隅角部の Shear lag 解析のためのモデル化を試み、これにフランジ・プレートの垂直応力分布を2次放物線に仮定した梁理論を適用する³⁾。そして、解析結果と実験結果⁴⁾および奥村らの方法とを比較し、本方法の妥当性を検討する。

2. 隅角部の Shear lag 応力解析

(1) Shear lag 解析モデル化

図-1 に示すラーメン隅角部を対象として解析する⁴⁾。断面は箱形とし、Shear lag 解析には文献³⁾の方法が適用できるものとする。

断面力を求めるにあたり、奥村ら¹⁾と同様に、隅角部に作用する曲げモーメントは、近似的にフランジ・プレートのみで受け持つものとする。図-1の梁・柱の骨組軸線の交点Oにおける曲げモーメント $M_o (=P \cdot (D/2 + l_2))$ は、同図に示す点1(1'), 2(2')のフランジ力 F_1 および F_2 に分解される。これらに、梁・柱に作用する軸方向力 $N (=H)$ も含めると、 F_1 および F_2 は、次のように表される。

$$F_1 = \frac{M_o}{D} - \frac{N}{2}, \quad F_2 = \frac{M_o}{D} + \frac{N}{2} \quad \dots(1)a, b$$

すると、隅角部を含めた梁・柱部材は、図-2(a)に示す張り出し梁部を有する単純梁にモデル化できる。このとき、断面力は、同図(b)~(d)に示すとおりである。

(2) 基礎微分方程式

Shear lag によるフランジ・プレート内の付加変位 $f(x)$ を図-3に示すように2次放物線に仮定すると、たわみ角 $\varphi(x)$ および $f(x)$ に関する基礎式は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} EI_{ys} \frac{d\varphi(x)}{dx} - EI_{ys} \frac{8\gamma}{D} \cdot \frac{df(x)}{dx} &= M(x) \\ \frac{d^2 f(x)}{dx^2} - \alpha^2 f(x) &= \frac{\beta D}{8EI_{ys}} \cdot Q(x) \end{aligned} \right\} \quad \dots(2)a, b$$

ここに、 α 、 β および γ は、箱形断面の Shear lag パラメーターであり、 μ をボアソン比($=0.3$)とすれば、以下の諸式で与えられる。

$$\alpha = \frac{1}{B} \cdot \frac{\beta t_r}{(1+\mu)t_r}, \quad \beta = \frac{15}{3 - \frac{5}{2} \cdot \frac{A_{rs} D^2}{I_{ys}}}, \quad \gamma = \frac{1}{6} \cdot \frac{A_{rs} D^2}{I_{ys}} \quad \dots(3)a-c$$

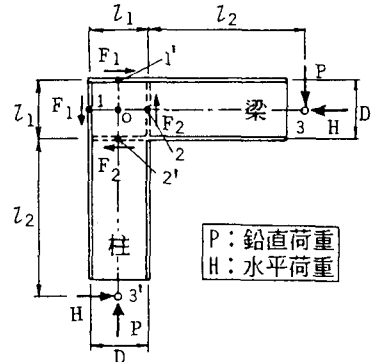
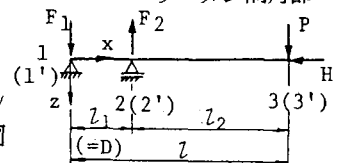


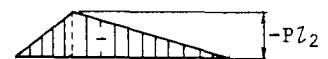
図-1 解析の対象とする
ラーメン隅角部



(a) 解析モデル(梁・柱共通)



(b) 軸方向力Nの分布



(c) 曲げモーメントMの分布



(d) せん断力Qの分布

図-2 ラーメン隅角部の解析モデルと断面力図

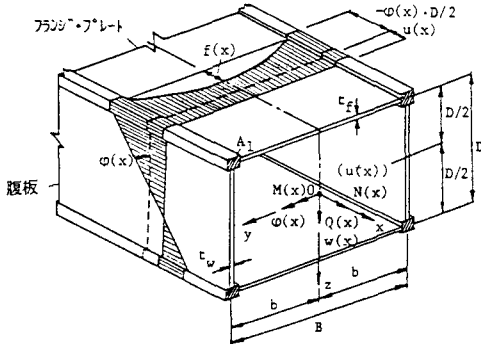


図-3 隅角部断面の寸法諸元と変位および断面力

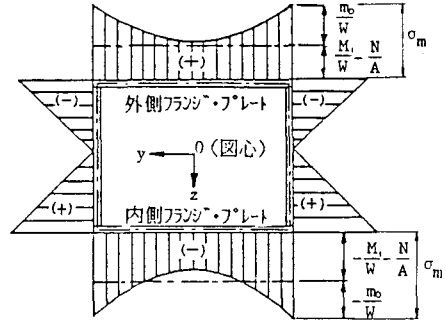


図-4 隅角部取り付け断面の垂直応力分布

$$\bar{t}_f = t_f / (1 - \mu^2), \quad \bar{t}_w = t_w / (1 - \mu^2)$$

$$A_{fs} = b\bar{t}_f, \quad A_{ws} = D\bar{t}_w, \quad A_s = 2(A_{fs} + A_{ws}) + 4A_1, \quad I_{fs} = A_{fs}D^2 + A_{ws}D^2/6 + A_1D^2 \quad \dots(4)a-f$$

(3) Shear lag による付加モーメント $m(x)$ の一般解

図-2に示した荷重 P および H が作用する場合につき、式(2)を解けば、Shear lag による付加モーメント $m(x)$ は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} m(x) &= -\frac{\beta\gamma}{\alpha} \cdot \sinh \alpha l_2 \cdot \frac{\sinh \alpha x}{\sinh \alpha l} \cdot \left(\frac{l}{l_1}\right) \cdot P, \quad (x \leq l_1) \\ m(x) &= -\frac{\beta\gamma}{\alpha} \cdot \sinh \alpha l_1 \cdot \frac{\sinh \alpha (l-x)}{\sinh \alpha l} \cdot \left(\frac{l}{l_1}\right) \cdot P, \quad (l_1 < x \leq l) \end{aligned} \right\} \quad \dots(5)a,b$$

3. 隅角部の最大垂直応力度 σ_m の近似算定法

式(5)において、 $x = l_1$ と置けば、隅角部取付部の Shear lag による付加モーメント m_0 は、次のように表される。

$$m_0 = -\frac{P\beta\gamma}{\alpha} \cdot \left(\frac{l}{l_1}\right) \cdot \frac{\sinh \alpha l_1 \cdot \sinh \alpha l_2}{\sinh \alpha l} \quad \dots(6)$$

ここで、 $x \rightarrow \infty$ のとき、 $\tanh x \rightarrow 1$ となる双曲線関数の性質を利用し、かつ式(3)でフランジ・ブラケット部の断面積 A_1 を無視してパラメーター α 、 β および γ を求めると、上式は次のように簡単化される。

$$m_0 = \frac{0.9449 \cdot F_2 \cdot B}{\sqrt{2s^2 + 7s + 3}} \quad \dots(7)$$

ここに、 F_2 は式(1)bから求められるフランジ力である。また、パラメーター s は、次式で与えられる。

$$s = (Dt_w) / (Bt_f) \quad \dots(8)$$

すると、隅角部の梁・柱取付部の上下フランジ・プレートにおける最大垂直応力度 σ_m は、以下の諸式から算定できる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_m &= \mp \frac{M_1 + m_0}{W} - \frac{N}{A}, \quad (\text{複号同順}) \\ M_1 &= P \cdot l_2, \quad N = H, \quad (\text{図-2(a)および(b)参照}) \end{aligned} \right\} \quad \dots(9)a-c$$

ここに、 W は断面係数、また A は断面積であり、ともにポアソン比 μ の影響を考えない通常の設計計算に用いるもので近似できる。

4. あとがき

本文で述べた近似計算式(7)～(9)と現行設計基準および実験結果⁴⁾との詳細な比較は、当日報告する。

参考文献 1) 奥村敏恵・石沢成夫：土木学会論文集、No.153、昭和43年5月、pp.1～18

2) 阪神高速道路公団：構造物設計基準、第2部、昭和55年4月

3) 中井 博・事口寿男：土木学会論文報告集、No.251、1976年7月、pp.29～44

4) 中井 博・福岡悟・福岡利行：土木学会関西支部年次学術講演会、昭和61年5月、I-62