

鋼製ラーメン隅角部の耐荷力に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 正員 中井 博 阪神高速道路公団 正員 福岡 悟
 大阪市立大学大学院 学生員 明橋 克良

1. まえがき

鋼製ラーメン隅角部では著しい Shear lag現象が発生するので、現行の各公団・公社の設計基準¹⁾では、これを考慮して隅角部の細部設計を行っている。しかしながら、ラーメン隅角部の耐荷力に関する設計基準はとくに設けられておらず、Shear lag 現象が卓越するフランジ・プレートの局部および全体座屈などを含めた隅角部の耐荷力特性については十分な検討が必要であると思われる。そこで、本研究では、ラーメン隅角部の耐荷力実験を行い、フランジ・プレートの板厚がラーメン隅角部の耐荷力に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

2. 実験供試体

図-1に示すように、梁と柱との交差角が直角なものを3体、斜角(60°)なものを1体、合計4体の隅角部供試体を製作した。この供試体の各種パラメーターおよび限界断面力を表-1に示す。実験方法としては、曲げモーメント、せん断力および軸力を組み合わせた状態で供試体の耐荷力実験を行えるように工夫した。

表-1 供試体の各種パラメーターおよび限界断面力

項目 供試体 No.	幅厚比 h'・t _f		せん断 おくれ h'・t _w		柱の各種限界断面力			
	R _t	R _w	S	α	降伏 モーメント M _y (t・m)	全塑性 モーメント M _p (t・m)	圧縮 軸力 P _y (t)	全塑性 せん断力 Q _p (t)
KS1	0.41	0.92	4.47	0.75	77.12	80.96	534.9	117.0
KS2	0.60	0.94	3.07	0.75	61.83	66.14	462.1	124.5
KS3	0.82	0.92	2.20	0.75	45.40	50.83	369.0	118.2
KS4	0.62	0.90	2.84	0.75	59.81	64.46	455.8	127.6
RS	0.82	0.93	2.20	0.75	45.81	50.83	369.0	118.2

<参考> $R_t = \frac{B}{(n+1)t_f} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{4n^2}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$ $R_w = \frac{D}{(n+1)t_w} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{4n^2}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$
 $M_y = \sigma_y \cdot W_y$ $M_p = \sigma_y \cdot \{0.25 \cdot (D' - t_f)^2 \cdot t_w + B' \cdot t_f \cdot (D' - t_f)\}$
 $P_y = A \cdot \sigma_y$ $Q_p = A_w \cdot \tau_y = A_w \cdot \sigma_y / \sqrt{3}$ $S = \frac{3A_t}{A_w}$

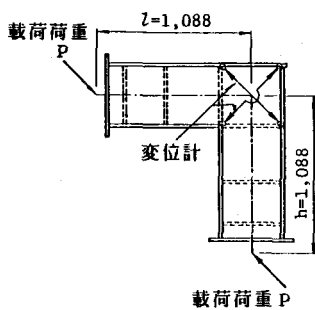
注: 1) 供試体RSは残留応力測定用

2) B, D: フランジおよびウェブ・プレートの幅(梁・柱共通) D': フランジ中心間隔 σ_y : 降伏点
 τ_y : 降伏せん断応力 n: フランジ・プレートの縦補剛材本数(=2本) W_y : 断面係数
 E: ヤング係数(=2.1×10⁶ kg/cm²) A: 部材断面積 a: フランジ・プレートの90°付加間隔
 μ : ポアソン比(=0.3) k: 板の座屈係数(=4.0) t_f, t_w: フランジ・ウェブ・プレートの板厚
 A_t, A_w: フランジおよびウェブ・プレートの断面積

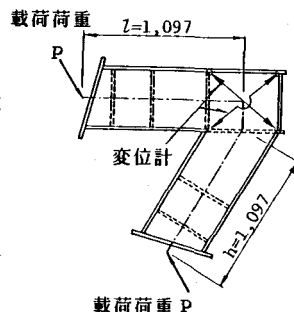
3. 実験結果と考察

(1) 荷重-せん断ひずみ曲線

隅角部の腹板対角線上に設置した



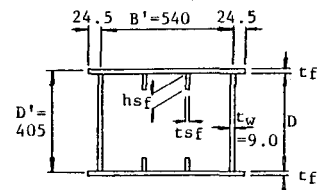
(i) 供試体 KS1~KS3



(ii) 供試体 KS4

(a) 立面図

	t _f	h _{ef}	t _{ef}
KS1	9.0	42.0	6.0
KS2	6.0	34.0	6.0
KS3	4.5	28.0	4.5
KS4	6.0	34.0	6.0



(b) 断面図

図-1 鋼製ラーメン隅角部供試体の一般図(寸法単位: mm)

変位計（図-1参照）から求めたせん断ひずみ γ と作用せん断力 Q との関係を図-2に示す。また、図中には、腹板の全塑性せん断耐荷力 Q_p （表-1参照）の位置も示す。

この図において、低荷重状態における Q - γ 曲線の勾配に着目すると、フランジ・プレートの板厚 t_f が最も大きい供試体 KS1($t_f=9\text{mm}$)では、実測勾配が計算上の勾配 $G \cdot A_w$ の約半分になっており、隅角部のせん断剛度が、線形弾性理論に基づくものよりも大きいことを示している。ところが、供試体KS2~KS3のように、 t_f が小さくなると、 Q - γ 曲線の実測勾配は次第に計算上の勾配 $G \cdot A_w$ に近づき、隅角部のせん断剛度はフランジ・プレートの板厚 t_f によって影響を受けていることがわかる。

(2) 曲げとせん断とを受ける隅角部の全塑性 相関曲線と実験値との比較

隅角部の梁・柱の取付断面に着目し、曲げとせん断が同時に作用するときの極限解析を行い、箱形断面の終局曲げモーメント M_u と終局せん断力 Q_u とに関する相関曲線を求めた。それらの結果を以下に示す。

$$M_u \leq M_{rp} \text{ のとき； } Q_u/Q_p = 1 \cdots (1) \quad M_u > M_{rp} \text{ のとき； } M_u/M_{rp} = 1 + \phi \sqrt{1 - \psi^2} \cdots (2)$$

$$\text{ここに、} \phi = (1/2) \cdot (A_w/A_f) / (1 + t_f/D), \quad \psi = Q_u/Q_p = \tau / \tau_y \cdots (3), b$$

ただし、 τ_y :降伏せん断応力度、 A_w :腹板断面積($=D \cdot t_w$)、 Q_p :全塑性せん断力($=\tau_y \cdot A_w$)、 M_{rp} :フランジ・プレートが分担する全塑性モーメント。

以上の諸式から得られる M_u/M_{rp} - Q_u/Q_p 相関曲線を図-3に示す。この図からわかるように、供試体 KS2および KS4の実験値は上記の相関曲線上に乗っている。また、供試体 KS1では、板厚 t_f が大きいため($=9\text{mm}$)、フランジ・プレートが曲げモーメントのみならず、せん断力に対しても抵抗し、その結果、実験値は解析による相関曲線を相当に上まわった安全側の値となっている。一方、供試体 KS3では、実験値は解析による相関曲線を下まわった若干危険側の値を与えている。これは、 t_f が小さいために($=4.5\text{mm}$)、全塑性状態に至るまでにフランジ・プレートが全体座屈を起こしたためであると考えられる。

また、Beedle²⁾による提案、すなわち「フランジ・プレートは曲げに対してのみ抵抗し、腹板はせん断に対してのみ抵抗する」という図-3でハッチをつけた耐荷力曲線は、すべての実験値の下限値を押さえていることがわかった。

<参考文献> 1)阪神高速道路公団：構造物設計基準第2部、昭和55年4月。

2)Beedle, L.S., Torratsoglou, A.A. and Johnston, B.G.: Connection for Welded Continuous Portal Frames, Welding Research Supplement, Progress Report No.4 Part11, pp.397~400, Aug. 1951

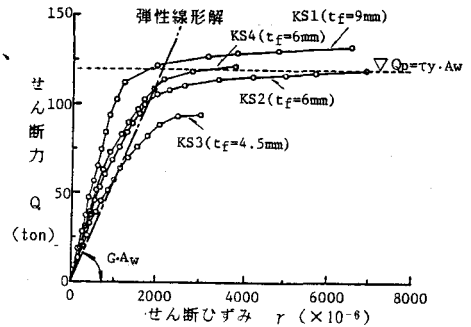


図-2 隅角部腹板の Q - γ 曲線

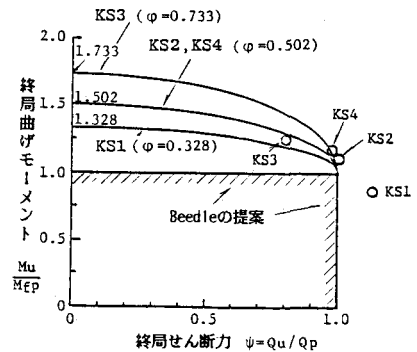


図-3 終局強度の実験値と全塑性
相関曲線との比較