

%程度である。履歴曲線は既報の軸力の負荷されない試験体にみられるすべり現象はほとんどなくほぼ紡錘形である。しかしながら、既報の軸力の負荷されない試験体では最大耐力の発現する部材角は $0.03 \sim 0.04 \text{ rad.}$ と遅く、最大耐力発現後も耐力の低下はほとんどみられないのに対し、S0352Nでは部材角が $0.015 \sim 0.020 \text{ rad.}$ で最大耐力を発揮し、以後履歴曲線は負勾配となる。これは軸力が作用することによって柱はり接合部のはり部材上下端に接触する部分のコンクリートの支圧強度の発現がはやめられる為と考えられる。以上のことから、柱材とはり材の鉄骨量の比率が鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準同解説²⁾で推奨される値以下であっても、コンクリートの支圧強度を増大させ、かつ、支圧強度を維持させる補強法あるいはコンクリートの支圧強度に依存する割合を減少させる補強法、たとえば、はり部材上下端のコンクリートを帯筋で拘束するあるいははり部材にアンカー筋を溶植する等の補強をおこなえば応力伝達に関する問題は解決されるのではないかと考えられる。なお、S0002Nの実験から求められた耐力ははり部材の曲げ強度の70%程度であり、履歴曲線はエネルギー散逸量の小さい逆S字形である。最大耐力の発現がはやまること、最大耐力以後履歴曲線は負勾配となることの性状はS0352Nと同じである。

4 応力伝達機構

図3は実験結果の知見に基づいて、はり部材から柱部材への応力伝達機構を各部材の自由体の釣り合い状態によって示したものである。図3(a)は鉄筋コンクリート柱に純鉄骨のはり材が接合された場合で、はり部材に作用する外力は鉄筋コンクリート柱に埋込まれた部分のこの機構によって上下の柱材へと伝達される。図3(b)は鉄骨の柱に鉄骨のはり材が接合された場合である。この場合の柱はり接合部におけるはり部材から柱部材の応力伝達は従来の純鉄骨の柱はり接合部の取扱いと同じであるが、はり部材のこの機構の観点にたてば、柱材はこの作用に対する補強材としての役割を果たすことを示している。柱材が鉄骨鉄筋コンクリート構造の場合、図3(a)

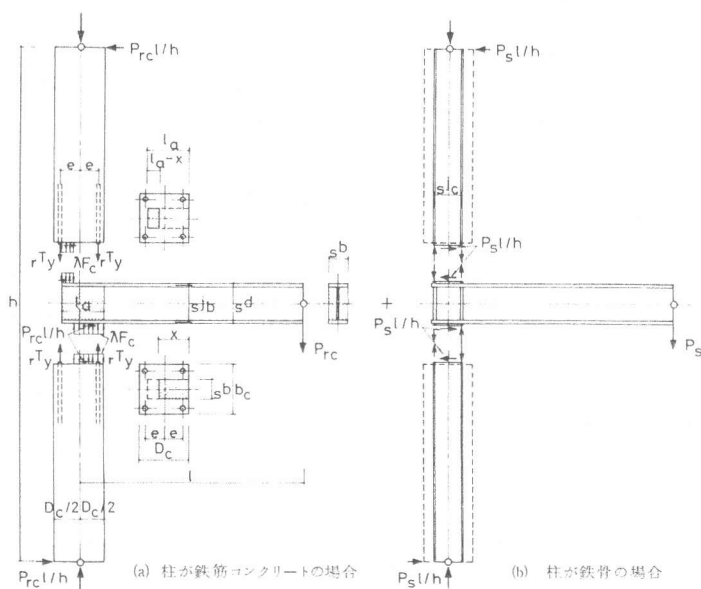


図3. 応力伝達機構

(b)の両者の機構が同時に作用すると考えられる。

5. 耐力の評価法

前述の応力伝達機構を有するト字形部分骨組の耐力を累加強さの考えに基づいて評価する手法を紹介する。耐力を決定する要因は(1)部材の強さ、(2)接合部パネルの強さの2つに大別される。本実験では、柱はり接合部に数多くの斜張力ひび割れが生じ、圧縮場の構成を示すひび割れ状況が観察された。しかしながら、測定された接合部パネルの変形によって生ずる部材角は、実験から求められた骨組としての部材角 R に対してあまり大きくなく試験体

表1. 使用材料の力学的特性、実験結果および解析結果

試験体 M_s/M_o *1)	鉄 骨			作用軸力 N_a (t)	最大荷重 P_{max} (t)	はり材の曲げ強度 p (t)		解析値 p_{theo} (t)	
	σ_y *2)	σ_y *2)	F_c *3)			p (t)	p_{max}/bP	p_{theo} (t)	p_{max}/p_{theo}
S0002N 0	E 4.5	3.09		55.4	8.47 (7.91)*5)		0.734 (0.685)	6.36	1.33 (1.24)
S0352N 0.34	E 9	2.86	64 2.67	57.8	11.00 (10.87)		0.953 (0.942)	10.32	1.06 (1.05)
S0652N 0.65	E 12	2.89	D10 3.52	60.6	11.97 (11.97)	11.54	1.04 (1.04)	11.54	1.04 (1.04)
S1002N 1.00	E 16	2.38	D13 4.04		12.51		1.08 (1.06)	11.54	1.08 (1.06)
	E 19	2.63	D16 3.52	60.8	(12.19)				

*1) この値は実験計画の段階での値で、鉄骨部分および鉄筋コンクリート部分の負担モーメントを各々 M_s および M_{rc} とすると $M_s/(M_s + M_{rc})$ によって求められた。

*2) 降伏応力度

*3) 圧縮強度

*4) $mM = \min. (cM, bM, beM)$ の条件より計算された結果

*5) 負荷重

の耐力は接合部パネルの強さによって決定されていないと推察されるので、本報では、主に、部材に基因する強さの評価法について述べる。なお、接合部パネルの強さに関する評価法は既報¹⁾を参照されたい。

部材に基因する強さは柱およびはり材の強さ、埋込まれた鉄骨部分のてこ機構による強さの3つが考えられる。柱およびはり材のせん断破壊はないものとし、任意の軸力 N_a における柱、はりおよび埋込まれた鉄骨部分のてこ機構による曲げ抵抗力を cM 、 bM および beM とすると、部材に基因する強さ mM は

$$mM = \min. (cM, bM, beM)$$

の条件によって決定される。

柱およびはり部材の曲げ抵抗力 cM 、 bM は累加強さ法によって容易に求め

ることが可能である。埋込まれた鉄骨部分のてこ機構に対する抵抗力は鉄骨部材上下面でのコンクリートの支圧強度 F_c に基づくコンクリートの抵抗力、柱はり接合部における主鉄筋の引張力による抵抗力および埋込まれた鉄骨部分に接合される柱鉄骨の抵抗力の累加によって評価できる。図4にてこ機構による抵抗力を示す。縦軸は無次元化軸力 n 、横軸は無次元化抵抗モーメント m_1, m_2 である。なお、 m_1 および m_2 は鉄骨部材下面および上面の部材接合端での抵抗モーメントを示し、各々実線および破線で示されている。図4の beI_c はコンクリート、 beI_r は主鉄筋および cI_s は柱の鉄骨断面の耐力線を示す。 beI_{src} は beI_c 、 beI_r および cI_s を累加して求められた柱が鉄骨鉄筋コンクリート構造の場合のてこ機構に対する耐力線であり、次式の様に表現される。

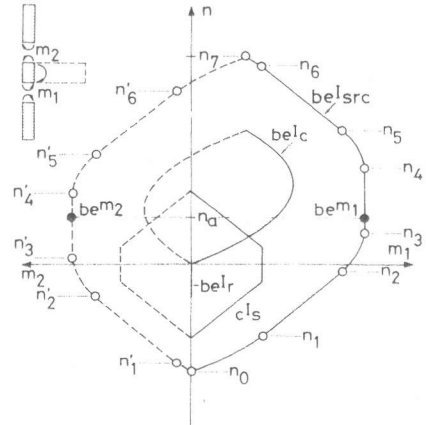


図4. てこ機構による抵抗力

$$\begin{aligned} n_0 &\leq n \leq n_1 & n_0 &\leq n \leq n_1' \\ m_1 &= \frac{1}{2}(n-n_0)\{1-(n-n_0)/\alpha\} & m_2 &= -\frac{1}{2}(n-n_0)\{2\beta-1-(n-n_0)/\alpha\} \\ n_1 &\leq n \leq n_2 & n_1' &\leq n \leq n_2' \\ m_1 &= \frac{\alpha}{8}(1-sD_1^2)+sD_1(n-n_1)/2 & m_2 &= -\alpha\beta(\beta-1)/2-\alpha(1-sD_1^2)/8-(n-n_1')sD_1/2 \\ n_2 &\leq n \leq n_3 & n_2' &\leq n \leq n_3' \\ m_1 &= (s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 + (n + \frac{s u_w}{2} + 2r u_t)\{1-(n + \frac{s u_w}{2} + 2r u_t)/\alpha\}/2 & m_2 &= -(s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 - (n + \frac{s u_w}{2} + 2r u_t)\{2\beta-1-(n + \frac{s u_w}{2} + 2r u_t)/\alpha\}/2 \\ n_3 &\leq n \leq n_4 & n_3' &\leq n \leq n_4' \\ m_1 &= (s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 + \frac{\alpha}{8} & m_2 &= -(s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 + \frac{1}{2}\alpha\beta(1-\beta) - \frac{\alpha}{8} \\ n_4 &\leq n \leq n_5 & n_4' &\leq n \leq n_5' \\ m_1 &= (s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 + (n - \frac{s u_w}{2})\{1-(n - \frac{s u_w}{2})/\alpha\}/2 & m_2 &= -(s u_f + \frac{s u_w}{4})sD_1 - (n - \frac{s u_w}{2})\{2\beta-1-(n - \frac{s u_w}{2})/\alpha\}/2 \\ n_5 &\leq n \leq n_6 & n_5' &\leq n \leq n_6' \\ m_1 &= \frac{\alpha}{8}(1-sD_1^2) + \frac{sD_1}{2}(2s u_f - n + n_5 + \frac{s u_w}{2}) & m_2 &= -\frac{1}{2}\alpha\beta(\beta-1) - \frac{\alpha}{8}(1-sD_1^2) - sD_1(2s u_f - n + n_5 + \frac{s u_w}{2})/2 \\ n_6 &\leq n \leq n_7 & n_6' &\leq n \leq n_7' \\ m_1 &= \frac{1}{2}(n-2s u_f - s u_w)\{1-(n-2s u_f - s u_w)/\alpha\} & m_2 &= -\frac{1}{2}(n-2s u_f - s u_w)\{2\beta-1-(n-2s u_f - s u_w)/\alpha\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで} \quad n_0 &= -2s u_f - s u_w - 2r u_t, & n_1 &= \frac{\alpha}{2}(1-sD_1) + n_0, & n_2 &= n_1 - n_0 - (\frac{s u_w}{2} + 2r u_t), & n_3 &= n_2 + \frac{\alpha}{2}sD_1, \\ n_4 &= \frac{1}{2}(\alpha + s u_w), & n_5 &= \alpha(1+sD_1)/2 + \frac{s u_w}{2}, & n_6 &= \frac{\alpha}{2}(1+sD_1) + 2s u_f + s u_w, & n_7 &= \alpha\beta + 2s u_f + s u_w, \\ n_1' &= \alpha\beta - \alpha(1+sD_1)/2 + n_0, & n_2' &= n_1' - n_0 - \frac{s u_w}{2} - 2r u_t, & n_3' &= \alpha(\beta - \frac{1}{2}) + n_2' - n_1' + n_0, \\ n_4' &= \alpha(\beta - \frac{1}{2}) + \frac{s u_w}{2}, & n_5' &= n_4' + \frac{sD_1}{2}, & n_6' &= n_5' + 2s u_f + \frac{s u_w}{2}, & \alpha &= \frac{b\lambda}{b_c}, & \beta &= \frac{1}{D_c} \frac{a}{D_c}, \\ r u_t &= \frac{r p_t v \sigma_y}{F_c}, & s u_f &= \frac{s A_f s f \sigma_y}{b_c D_c F_c}, & s u_w &= \frac{s A_w s w \sigma_y}{b_c D_c F_c}, & s D_1 &= \frac{s D}{D_c}, \end{aligned}$$

λ : 局所支圧係数 $r p_t$: 鉄筋比 l_a : 埋込み長さ b : はり部材の幅

F_c : コンクリートの圧縮強度 $r \sigma_y, s f \sigma_y, s w \sigma_y$: 主鉄筋, フランジおよびウェブの降伏応力度

$s A_f, s A_w$: 柱鉄骨のフランジおよびウェブの断面積 $s D$: 柱の鉄骨せい b_c, D_c : 柱幅および柱せい

この耐力線を用いて、任意の軸力 n_a における埋込まれた鉄骨部材のてこ機構による抵抗モーメント beM は、柱材の

部材接合端での強さに置換して $(b e m_1 + b e m_2) \cdot (\frac{h}{2} - \frac{s d}{2}) / h$ によって評価される。

6 耐力評価の妥当性

図5に前述の耐力評価法によって求められた各試験体の耐力線を示す。縦軸は無次元化軸力 n 、横軸は無次元化抵抗モーメント m_1, m_2 である。図中の $b e l r c, b e l s r c$ は鉄骨部材のてこ機構による耐力線、 $b l b$ ははり部材の抵抗モーメントで柱材の強さに置換して示されている。また、 $c l r c, c l s r c$ は柱材の耐力線を示す。 $b e l r c, b e l s r c$ の算定にあたって、局部支圧係数 λ の値の決定が大きな要因となる。図6は、この様な観点から $250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 375 \text{ mm}$ のコンクリートブロックを用いて行われた

支圧実験の結果を示したものである。縦軸は局部支圧係数 λ 、横軸は図3(a)に示すコンクリートの応力塊を想定した中立軸の位置 x を示す。この結果から、鉄骨部材の上下面で λ の値は異なり、かつ、中立軸の位置 x によっても値は異なる。しかしながら、各シリーズとも λ の値に、あまり大きな差はなく平均 1.90 である。本支圧実験では補強筋が用いられていないが破壊状況からその効果は大きいと考えられるが、また一方では、支圧力に基づく摩擦力によって λ の値は低下すること³⁾も予測されるので、一概に本実験結果からのみ λ の値を決定することは困難である。本報では、これらの実験結果および著者らの既往の研究結果⁴⁾に基づいて $\lambda = 2.0$ の値が採用された。図7に実験値と解析値との対応を示す。縦軸は実験値、横軸は解析値である。図中に比較のために既報の軸力が負荷されない場合の解析結果を示す。解析値は実験値と良く一致しており、本耐力評価法の妥当性が示されることが考えられる。なお、図2の $e P$ は解析値を示す。

7 結語

柱は任意の鉄骨量を有する鉄骨鉄筋コン

クリート、はり純鉄骨で構成されるト字形の部分骨組の柱材に一定軸力が負荷された場合でも、既報で示された軸力が負荷されない場合と同様、埋込まれた鉄骨部分のてこ機構による耐力の評価法によって実験値が良く説明できることが示された。また、柱材とはり材の鉄骨量の比率が鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準¹⁾で推奨される値以下の場合でも、支圧強度を増大させるあるいは支圧強さに依存する割合を減少させる補強をおこなえば応力伝達に関する問題は解決されることが考えられる。

8 参考文献

- 1) 若林・南・西村：異種構造部材で構成される柱はり接合部の応力伝達機構、第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1983年6月、pp. 429~432
- 2) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・解説、1975年、pp. 144~145
- 3) 構造標準委員会：鉄筋コンクリート終局強度設計に関する資料 シリーズ23 コンクリートの支圧強度、建築雑誌、Vol. 96, No. 1180, 1981年6月、pp. 71~78
- 4) 南・西村・栗沢：埋込式鉄骨部材定着部の応力伝達機構に関する基礎的研究、日本建築学会近畿支部研究報告集 第22号構造系、昭和57年6月、pp. 71~74

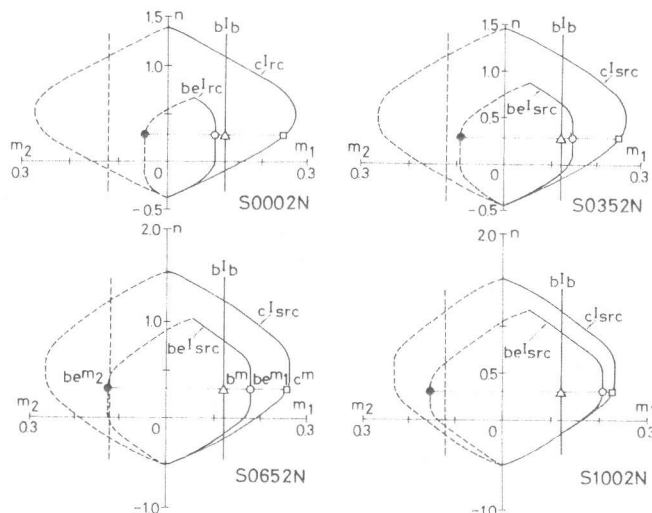


図5. 耐力の算定

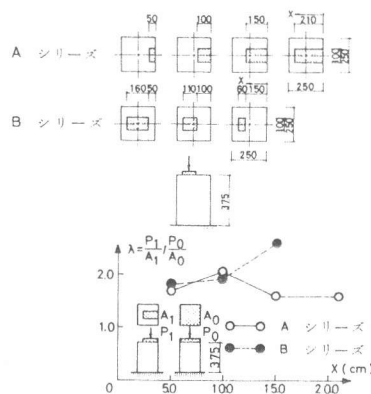


図6. 支圧強度

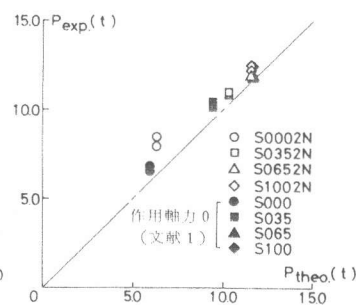


図7. 実験値と解析値の比較