

(22) 異種構造部材で構成される接合部の応力伝達

○ 西村泰志 (大阪工業大学)

南 宏一 (大阪工業大学)

1. 序

我国で用いられる鉄骨鉄筋コンクリート (SRCという) 構造は、いわゆる、合成構造の一種であるが、その構造法は、柱およびはり材とも SRC構造とするものが一般的であった。しかしながら、最近になって、建設コストの合理化および経済性の観点から、鉄骨 (Sという) あるいは鉄筋コンクリート (RCという) 部材などの異種構造部材を、それらの構造特性に応じて、合理的に組み合わせて構成された建物が数多く建設されている。この様な異種構造部材によって構成される広義の SRC構造の発展の成否は異種構造部材間の応力伝達機構および抵抗機構の解明にあるが、その力学的性能に関する系統的な研究はほとんどなく、未解決な点が残されている。これらの異種構造部材間の応力伝達に関する問題は、SRC構造の柱はり接合部、柱脚上部RC-下部SRC、上部S-下部SRCとする構造の柱材継手部、S構造の根巻柱脚部および鋼杭の基礎フーチングへの定着部などの応力伝達に共通する問題として取り扱われるものであるが、これらの問題は本質的にはS部材とRC部材との応力伝達の問題に帰着する。この様な観点から、本論文は (1) S部材とRC部材で構成される柱はり接合部 (2) S部材とRC部材の継手部の応力伝達機構を明らかにし、その耐力を評価する一手法を提案する。また、その耐力評価法の妥当性を、著者らの既往の実験結果を用いて検討する。なお本論文は文献 2) - 4) および 8) - 9) の一部を抜粋してまとめたものである。

2. S部材とRC部材で構成される柱はり接合部 2) - 4)

2.1 応力伝達機構

図 1は、十字形部分骨組の柱はり接合部を介して、S部材からRC部材への応力伝達機構を、各部材の自由体によって示したものである。S部材はRC部材に埋め込まれたS部分のこの機構による支圧力、支圧力に基づく摩擦力および外力によって釣合系を構成する。なお、本論文では、このS部材に作用する力系をこの機構と称する。一方、上下のRC部材には、反作用として、この支圧力、支圧力に基づく摩擦力、鉄筋の引張力、支点反力および作用軸力によって釣合系を構成する。なお、この機構で支圧力は鉄筋の引張力として上下のRC部材に相互に伝達されることを意味する。また、この機構で鉄骨フランジ上下面に接するコンクリートの強度として、支圧強度 $\lambda \cdot F_c$ を採用するところの一つの大きな特徴がある。

2.2 耐力評価法

図 1に示された応力伝達機構を有する部分骨組の耐

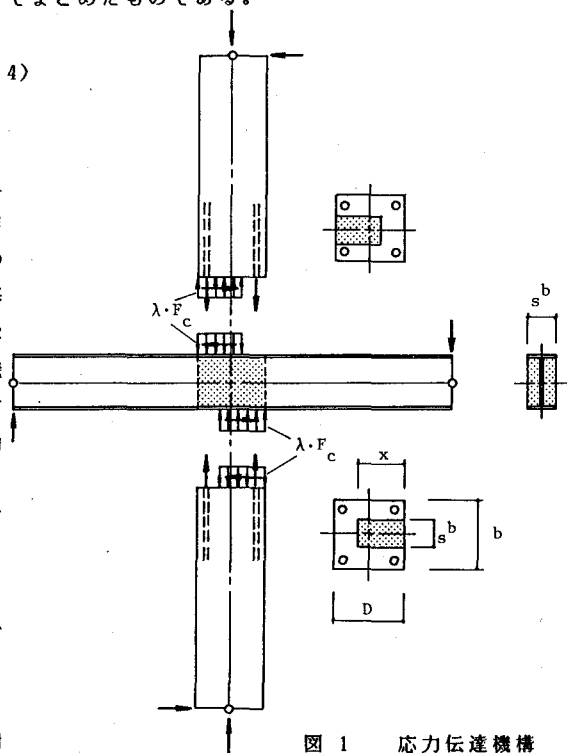


図 1 応力伝達機構

力 t^m は、(1)部材の破壊に起因する強さ m^m (2)接合部パネルの破壊に起因する強さ p^m より

$$t^m = \min. (m^m, p^m) \tag{1}$$

の条件によって決定される。

部材の破壊に起因する強さ m^m は、S 部材の曲げ強さ s^m 、RC部材の曲げ強さ rc^m およびこの機構に対する強さ be^m より、

$$m^m = \min. (s^m, rc^m, be^m) \tag{2}$$

の条件によって決定される。S およびRC断面の任意の軸力下の全塑性モーメントは、容易に決定することができるので、ここでは、この機構に対する抵抗力を決定する手法を示す。S 部材を剛と仮定し、図 1に示すようにこの機構による応力塊を矩形と考え、その大きさを $\lambda \cdot F_c$ とし、フランジ全幅 s_b にわたって作用しているものとする。ここで、 F_c はコンクリートの圧縮強度、 λ は局部支圧係数である。これらの作用は反作用として、上下のRC部材の部材接合端に作用するので、この機構による抵抗力を、その面での抵抗力として表現することができる。コンクリートの抵抗力を無次元化抵抗モーメント m と無次元化抵抗軸力 n で表わせば、

$$m = + n (1 - n / \omega) / 2 \tag{3}$$

となる。ただし、 $\omega = s_b \cdot \lambda / b$ 、 s_b は鉄骨フランジ幅、 b は柱幅である。図 2(a) の be^{I_c} は、(3)式から求められたコンクリートの耐力線を示す。横軸 m_1 および m_2 は、S 部材下面および上面の部材接合端における無次元化抵抗モーメント、縦軸 n は無次元化抵抗軸力を示す。支圧力は主筋に作用する引張力として上下のRC部材に伝達されるので、コンクリートの耐力線 be^{I_c} と主筋の耐力線 be^{I_r} とを累加することによって、この機構に対する耐力線 $be^{I_{rc}}$ が求められる。なお、主筋の抵抗力は、

$$n = - 2 \cdot r_t \mu_t \tag{4}$$

として与えられる。ただし、 $r_t \mu_t = r_{pt} \cdot r_{\sigma y} / F_c$ 、 r_{pt} は柱断面の片側の主鉄筋比、 $r_{\sigma y}$ は主鉄筋の降伏応力度である。この $be^{I_{rc}}$ を用いて、任意の軸力 n_a におけるRC部材に埋め込まれた鉄骨部分のこの機構に対する抵抗モーメント be^m は

$$be^m = be^{m_1} + be^{m_2} \tag{5}$$

によって評価できる。

図 2(a) の I_s および I_{rc} は各々S およびRC断面の耐力線を示す。なお、 I_s はRC部材の部材接合端における抵抗モーメントとして表現されている。

接合部の耐力は、フランジに拘束されたコンクリートと鉄骨ウエブパネルで構成される鉄骨コンクリートパネルとフランジ幅より外側、すなわち $(b - s_b)$ 部分のコンクリートパネルの耐力の累加によって求められるものとする。前述のS 部材のこの機構による耐力線 $be^{I_{rc}}$ は、鉄骨コンクリートパネルに作用する鉛直方向の最大の人力せん断力となる。一方、水平方向のせん断耐力は、鉄骨ウエブパネルとフランジに拘束されたコンクリートパネルのせん断耐力の和によって評価できるので、図 2(b) に示すようにその抵抗力をRC部材の部材接合端に作用する抵抗モーメント p^{I_w} で表現すれば、 $be^{I_{rc}}$ のうち p^{I_w} で区切られた内側の領

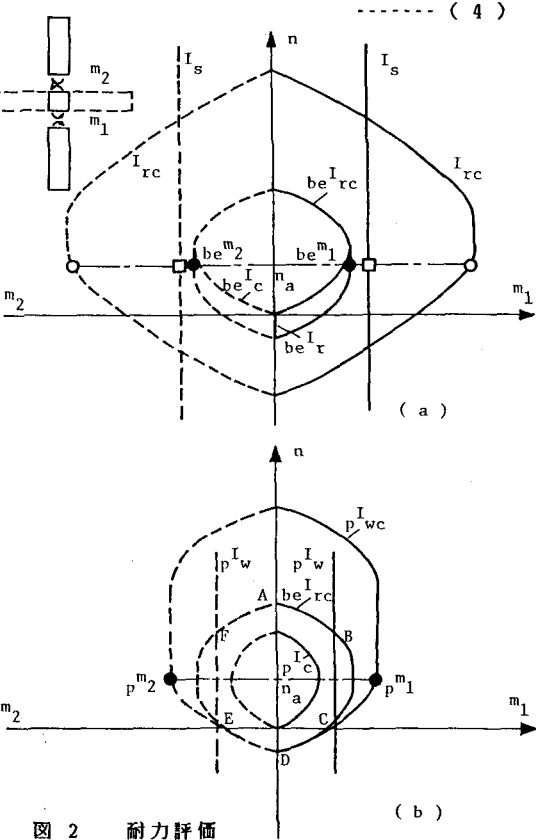


図 2 耐力評価

域(ABCDEFA部分)によって鉄骨コンクリートパネルの耐力が評価できる。一方、コンクリートパネルの耐力は図3に示すように、RC部材および柱はり接合部は圧縮力にのみ抵抗するコンクリート筋達によって応力は伝達され、S材は部材接合端におけるコンクリート筋達の釣り合いを成立させる、いわば、拘束力としての働きを持つモデルを想定する。すなわち、部材接合端において、コンクリート筋達に作用する圧縮力 R_c 、 R_p および拘束力 Q_b 、 $C = 2T$ によって、

$$R_c^2 = (2T - R_p \cos \alpha)^2 + (Q_b + R_p \sin \alpha)^2 \quad \text{----- (6)}$$

の釣り合い式を満足する必要がある。接合部におけるコンクリート筋達の幅は kD 、応力度はコンクリートの圧縮強度 F_c に達しているものとする、 $R_p = kD \sin \alpha (b - s_b) F_c$ となる。

系およびはり部材の釣合条件より、

$$T = C_1 \cdot R_c, \quad Q_b = C_2 \cdot R_c$$

となる。ただし、 $C_2 = h \sin \beta / l$ 、 $C_1 = (1 - (1 - k)D/2)h \sin \beta / l s_{jb}$ 、 $\sin \beta = ((1 - k)D/2) / \sqrt{(h - s_{jb}/2)^2 + ((1 - k)D/2)^2}$ 、 $\sin \alpha = s_{jb} / \sqrt{((1 - k)D)^2 + s_{jb}^2}$ 、 j

(7) 式を(6) 式に代入して R_c について解けば、

$$R_c = \frac{-(C_2 \sin \alpha - 2C_1 \cos \alpha) - \sqrt{(C_2 \sin \alpha - 2C_1 \cos \alpha)^2 - ((4C_1^2 + C_2^2) - 1)R_p / ((4C_1^2 + C_2^2) - 1)}}{(4C_1^2 + C_2^2) - 1} \quad \text{----- (8)}$$

が求められる。この R_c の垂直成分 $R_c \cos \beta$ および水平成分 $R_c \sin \beta$ は、各々RC部材に作用する軸力 N およびせん断力 Q_c に対応する。この N および Q_c は k の関数として表現されるので、 k を変数として各々の成分を求めれば、任意の k に対するコンクリートパネルの耐力線が求められる。図2(b)の p_{Ic} は、このような考えの基に、コンクリートパネルの耐力をRC部材の部材接合端での抵抗モーメントおよび軸力によって示したものである。 p_{Iwc} は p_{Ic} と前述の鉄骨コンクリートパネルの耐力線を累加して求められた、接合部パネルとしての耐力線である。この p_{Iwc} を用いて、任意の軸力 n_a における接合部パネルの耐力 p_m が求められる。

2.3 耐力評価法の妥当性

図4は、上述の耐力評価法に基づいて求められた解析値 m_{theo} と著者4) および他の研究者5),6)による実験値 m_{exp} との対応を示したものである。なお、計算では局部支圧係数は著者の支圧実験の実験結果に基づいて2.0とした。W00N, W02NおよびF1 - R2の試験体に対してはばらつきはあるものの、解析値は実験値を良く評価している。N0.1 - N05nの試験体に対しては1.2 - 1.4倍となる。この実験は、RC柱に埋め込まれた鉄骨フランジ表面に鉄筋を溶接したり、あるいは、柱はり接合部の柱の材軸方向に補強筋を配置することによって、柱はり接合部の補強効果を目的に行なわれたものである。このために実験値は解析値よりも大き

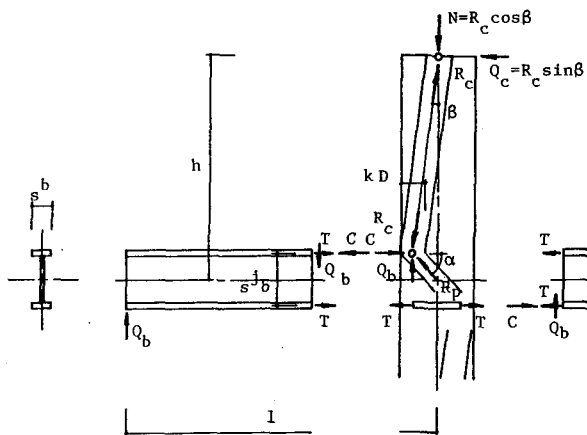
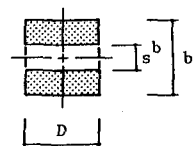


図3 コンクリートパネルのせん断抵抗機構



$$\text{----- (7)}$$

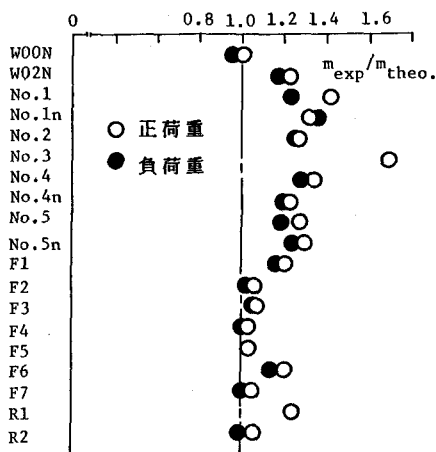


図4 実験値と解析値の対応

い値が得られたものと考えられる。この点を考慮すれば、本耐力評価法によって実験値を良く説明できる。なお、上述の考えはト字形骨組にも適用できる。また、柱材にS部分の効果を考慮することによって、柱がSRCの場合にも適用できる 1), 2)。また、この考え方は鉄骨構造の埋込み柱脚には直接応用できる。

3. S部材とRC部材の継手部 8)

3.1 RC部材にS部材が埋め込まれた場合

3.1.1 応力伝達機構

図 5(a) は、外力 P および N のもとで、RC部材に埋込まれた S部材は、支圧力 P_1 、 P_2 、摩擦力 S_1 、 S_2 および S端部に作用する力 P_3 によって釣合系を構成していることを示している。図 5(b) - (d) は、S部材を介して直接RC部に伝達される機構、 P_1 と同じ反力が片側のフランジ面にも作用し、一对の偶力を構成する抵抗機構と残りの $(P_2 - P_1)$ 、 $(S_2 - S_1)$ が片側のフランジ面に作用する抵抗機構に分離し、これらの 3 つの抵抗機構を重ね合わせることによって、RC部材全体としての抵抗機構が構成されることを示している。図 5(c-1) (c-2) は支圧力 P_1 と摩擦力 S_1 を分離し、各々が一对の偶力を構成する抵抗機構を形成していることを示している。特に、(c-2) の機構では鉄骨フランジの支圧力 P_1 による偶力は、RC部材を外側に押し広げる力になり、上下の反力 P_1 に対して、補強筋による引張力 T が釣り合い、この一对の引張力はコンクリート部分に斜め圧縮力を生じさせ、埋込み区間に生ずるせん断力に対してトラス機構を構成して抵抗することを示している。図 5(d-1) は、RC部材には $P_2 - P_1$ のせん断力と $S_2 - S_1$ の軸力が $s_d/2$ 偏心して作用し、これらの力に対して、RC部材はトラス機構を形成して抵抗することを示している。

3.1.2 耐力評価法

ここでは、せん断力に対して曲げモーメントが卓越し、かつ、軸力が作用していない場合について考える。このような考えのもとでは、図 5(c) の抵抗機構が図 5(d) の抵抗機構に比べて卓越していると考えられる。すなわち、図 5(a) に示される中立軸位置 x はRC部分のほぼ中央にあると考えることができる。なお、軸力のない場合は、図 5(b) の直接RC部分に伝達される力は無視できることが著者の実験 8) によって明らかにされている。いま、S部材を剛と考え、フランジ全幅にわたって σ_u の応力度が一様に分布しているものと考え、釣合条件から、継手部の水平抵抗力 P_u は

$$P_u = s_b \sigma_u \left(\sqrt{(2l_s + l_a)^2 + l_a^2} - (2l_s + l_a) \right) \quad \text{----- (9)}$$

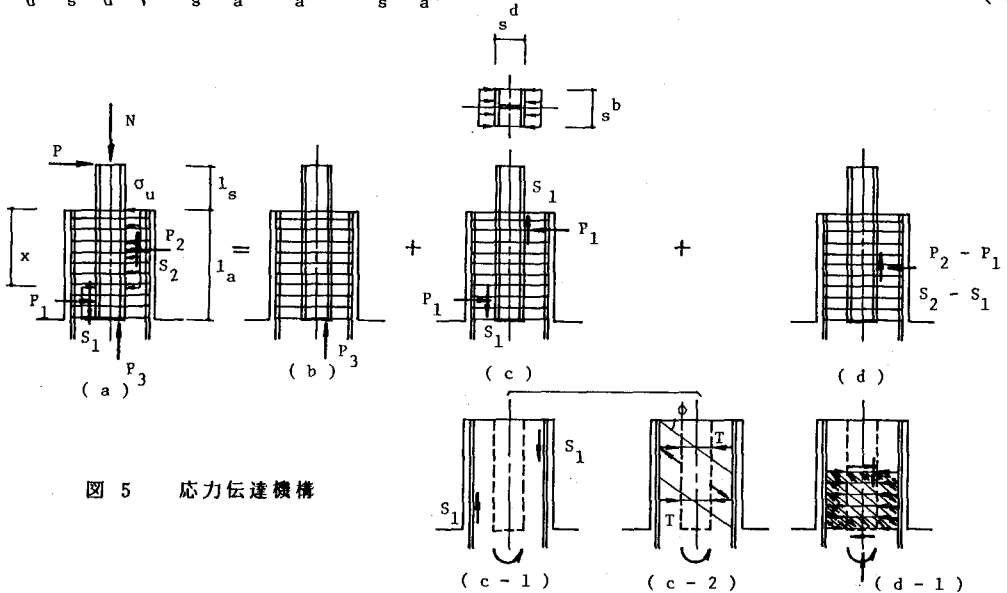


図 5 応力伝達機構

と表現できる。ここで、 σ_u は図 5(c-2)で示されたトラス機構を構成する各要素の強さによって、

$$\sigma_u = \min. (\sigma_{u1}, \sigma_{u2}, \sigma_{u3}) \quad \text{----- (10)}$$

として与えられる。ただし、 σ_{u1} はせん断補強筋の強さによって決定される応力度で $b_r \rho_w r_w \sigma_y / s^b$ 、 σ_{u2} はコンクリートの圧縮束の強さによって決定される応力度で $b_c \sigma_{cw} \sin^2 \phi / s^b$ 、 σ_{u3} は主筋の強さによって決定される応力度で $R \tan \phi / s^b (1_a - x)$ と表わされる。なお、 $R = \min. (R_y, R_b)$ 、 $R_y = r_a r_y$ 、 $R_b = n \psi (1_a - x) \tau_b$ 、 r_y は主筋の降伏応力度、 τ_b は付着応力度、 r_w はせん断補強筋の降伏応力度、 σ_{cw} はコンクリート束に生じる圧縮応力度で、ここでは、コンクリートの圧縮強度 F_c とする。 ρ_w はせん断補強筋比、 r_a は引張側の主筋量、 n は引張主筋の本数、 ψ は一本あたりの主筋の周長である。なお、 ϕ は 45° とする。

3.1.3 耐力評価法の妥当性

図 6(a) は図 6(b) に示される試験体を用いて求められた荷重変形曲線 8) を示す。縦軸は S 部材端部に加えられた水平荷重 P 、横軸は部材変形角 R である。E50MED は軸力 0 の試験体、E52MED は RC 部分の圧縮強度の 20% の軸力を負荷した試験体である。一点鎖線は各試験体の曲げ耐力、二点鎖線は上述の (9) 式によって

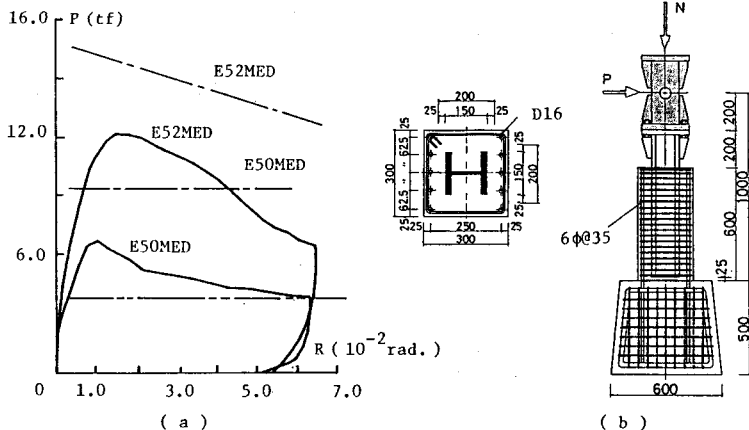


図 6 実験値と解析値の対応

求められた計算値である。E50MED の実験値は変形の増大に伴って、本解析値に漸近しており、継手部の終局耐力を良く評価している。また、E50MED と E52MED の大変形後の耐力差は、図 5(b) で示された外力が S 部材を介して直接 RC 部分に伝達される効果と考えられる。以上のように水平荷重に対する抵抗力を評価する手法は示されたが、図 5(c-1) に示された摩擦力による抵抗部分および直接 RC 部へ応力が伝達される機構に対する定量的な評価法を、今後詳細に検討する必要がある。

3.2 ベースプレートの効果 9)

3.2.1 応力伝達機構

ここでは、RC 部材に埋込まれた S 部材端部に取りつけられたベースプレート (エンドプレート) の応力伝達機構を明らかにする。また、ベースプレートにアンカーボルトが設けられた場合の影響についても検討する。なお、ここでは、ベースプレートの応力伝達機構を明らかにすることを主眼としているので、ベースプレート以外、RC 部材と S 部材は接触していないモデルを想定する。図 7(a) は著者の実験結果の知見 9) に基づいて求められたアンカーボルトのない試験体の変形性状を模式的に表わしたものである。図 7(b) - (d) の自由体図は、図 7(a) に基づいて、S 部材から根巻き補強された RC 部分を介して、ベースプレート下面の RC 部分への応力伝達機構を示している。すなわち

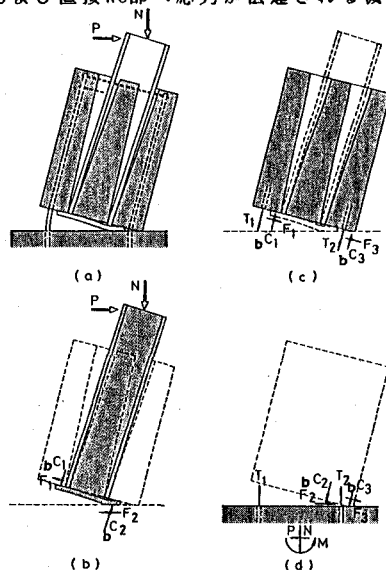


図 7 応力伝達機構

S 部材は軸力 N 、水平力 P およびベースプレートのもてこ機構に基づく曲げ引張力 $b_c C_1$ 、曲げ圧縮力 $b_c C_2$ 、曲げ圧縮力にともなう摩擦力 F_1 、 F_2 によって釣合系を構成する。根巻き補強された RC 部分は、ベースプレートのもてこ機構に基づく曲げ引張力 $b_c C_1$ および摩擦力 F_1 、補強引張および圧縮鉄筋の引張力 T_1 、 T_2 および根巻き補強された RC 部分の回転にともなう生ずる圧縮力 $b_c C_3$ およびその圧縮力にともなう摩擦力 F_3 によって釣合系を構成する。一方、ベースプレート下面の RC 部分には、ベースプレートのもてこ機構による曲げ圧縮力 $b_c C_2$ および摩擦力 F_2 、補強引張および圧縮鉄筋の引張力 T_1 、 T_2 、根巻き補強された RC 部分の回転にともなう圧縮力 $b_c C_3$ および摩擦力 F_3 の応力が伝達される。

3.2.2 耐力評価法

図 7 の応力伝達機構に基づいて、ベースプレートに起因する機構により決定される耐力 b^m は、ベースプレート下面の RC 断面の曲げ強さ r_c^m 、S 部材の曲げ強さ s^m およびベースプレートのもてこ機構による強さ b_e^m とすると、

$$b^m = \min. (r_c^m, s^m, b_e^m) \quad \text{----- (11)}$$

の条件によって決定される。

S およびベースプレート下面の RC 断面の任意の軸力のもとでの全塑性モーメントは、累加強度理論によって決定されるので、ここでは、ベースプレートのもてこ機構による強さ b_e^m を決定する手法を述べる。

アンカーボルトを有するベースプレートのもてこ機構による強さは、コンクリートの抵抗力と引張力にのみ有効なアンカーボルトの抵抗力の累加によって評価できるものとする。まず、コンクリートの抵抗力を求める手法を述べる。図 8 に任意の大きさの曲げモーメント M および軸力 N が作用した場合のベースプレート上面および下面に作用する応力塊を示す。ここでは、ベースプレートは剛と仮定し応力塊はベースプレート全幅に様に分布しているものとする。ベースプレートに生ずる曲げ圧縮力および曲げ引張力は RC 部分に

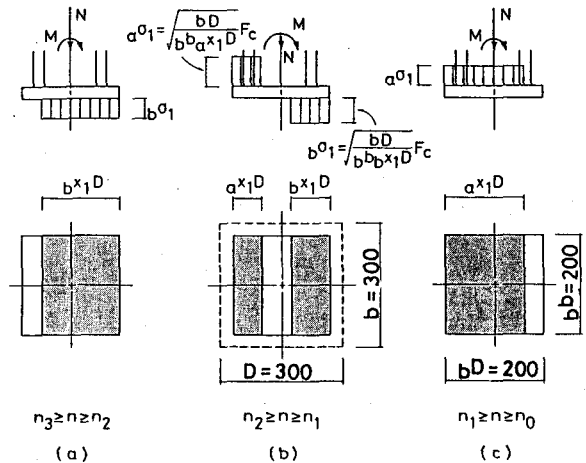


図 8 応力塊

対して局部的に接するので、応力塊の大きさ $a\sigma_1$ 、 $b\sigma_1$ として支圧強度 $\lambda \cdot F_c$ を用いる必要がある。本論文では $\lambda = \sqrt{A_c/A_1}$ とした。ここで、 A_1 はベースプレート上面あるいは下面の圧縮部分の断面積、 A_c は RC 部分の断面積 $b \times D$ である。これらの 3 つの応力状態は、図 8 に示すように、作用軸力によって規定できる。すなわち、図 8(a) の応力状態は、図 8(b) の曲げ引張側の中立軸距離 $a x_1 D$ が 0 となる圧縮軸力 n_2 よりも大きな圧縮力が作用する場合、また、図 8(c) の応力状態は、図 8(b) の曲げ圧縮側の中立軸距離 $b x_1 D$ が 0 となる引張軸力 n_1 よりも大きな引張力が作用する場合に対応し、各々の軸力レベルによって、釣合条件から、無次元化軸力 n と無次元化抵抗モーメントで表わせば以下ようになる。

$$n_1 \geq n \geq n_0 : b_e^m = - (b D_1 - n^2 / b_1) n / 2 \quad \text{----- (12)}$$

ただし、 $b_1 = b / b_1 D_1 = b D / D$ である。

$$n_2 \geq n \geq n_1 :$$

$$b_e^m = (a_1 b_1 (b D_1 - a_1) a \sigma_1 + b_1 b_1 (b D_1 - b_1) b \sigma_1) / 2 F_c \quad \text{----- (13)}$$

ただし、 $b_1 = (\sqrt{a_1 b_1} + n)^2 / b_1$ 、 $a_1 = (-3n + \sqrt{9n^2 - 6(3n^2 - 2b_1 b_1 D_1)})^2 / 36 b_1$ である。

$$n_3 \geq n \geq n_2 : b_e^m = (b D_1 - n^2 / b_1) n / 2 \quad \text{----- (14)}$$

なお、 n_0 および n_3 はベースプレート上面および下面に圧縮力が一様に分布している場合で $n_0 = -\sqrt{b_1 b D_1}$ 、 $n_3 = \sqrt{b_1 b D_1}$ である。また、 n_1 および n_2 は前述の考えに基づいて $n_1 = -\sqrt{2b_1 b D_1/3}$ 、 $n_2 = \sqrt{2b_1 b D_1/3}$ となる。

一方、アンカーボルトの抵抗力 a^n は

$$a^n = -\frac{a_a \sigma_y}{b D F_c} \quad \text{----- (15)}$$

として評価できる。ここで、 a_a はアンカーボルトの断面積、 a_y はアンカーボルトの引張降伏応力度である。図9は上述の考えに基づく耐力線を模式図によって示したものである。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 である。

$c I_b$ はベースプレートのでこ機構に対するコンクリート、 $a I_b$ はアンカーボルトの耐力線である。 I_b は $c I_b$ と $a I_b$ を累加することによって求められたアンカーボルトを有するベースプレートのでこ機構に対する耐力線である。 I_{rc} はベースプレート下面のRC断面の耐力線で、アンカーボルトの抵抗力が考慮されている。 I_{rc} は、ベースプレート下面のコンクリート断面とベースプレートより外側の口字形のRC断面に分けて求められたが、この場合、ベースプレート下面のコンクリート断面に対しては、前述と同様、支圧強度の考えを適用して耐力線は求められた。

I_s はS断面の耐力線である。ベースプレートに起因する機構による耐力は(11)式の条件よりこれらの耐力線のうち最小の耐力線によって決定される。

3.2.3 耐力評価法の妥当性

ベースプレートのでこ機構による耐力を決定する場合、支圧係数 λ の決定が重要な要因となる。図10の○印は付図に示された方法によって、S部材に任意の軸力 N を載荷した時の最大耐力 M を求めた実験による実験値 9) である。実線は $\lambda = \sqrt{A_c / A_1}$ として求められた耐力線、一点鎖線および破線は $\lambda = 2, 1$ とした時の耐力線である。 $\lambda = \sqrt{A_c / A_1}$ とした時の耐力線は実験値と良く一致しており、 λ を $\lambda = \sqrt{A_c / A_1}$ とすることの妥当性が示されている。図11は既往の著者の実験値 9) と解析値との対応関係を示す。縦軸は実験から求められた無次元化抵抗モーメント m_{exp} 、横軸は解析値による無次元化抵抗モーメント m_{theo} である。実験値と解析値は良く一致しており本耐力評価法の妥当性を示している。

4. 結語

S部材とRC部材で構成される柱はり接合部および継手部に関して、てこ機構に基づく応力伝達機構が明らかにされた。また、その応力伝達機構に基づいて、コンクリートの支圧強度を考慮した接合部の耐力を評価する手法が提案され、実験値を良く説明でき

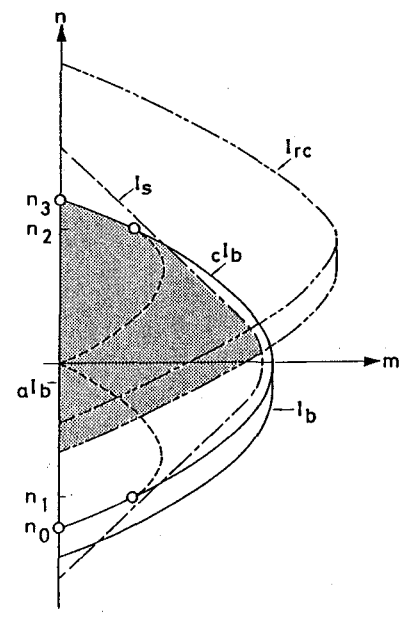


図9 耐力評価

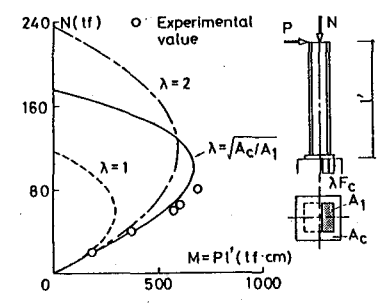


図10 支圧実験

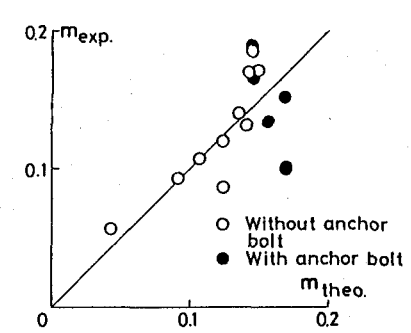


図11 実験値と解析値の対応

ることが示された。

なお、本論文では示されなかったが、既往の著者の実験によればこれらの接合部の履歴曲線は正負繰返し載荷のもとでは、S部分とRC部分の間に生ずるすきまが要因となって、エネルギー消費能力の小さな逆S字形の履歴性状を呈するので、これらの性状を改善するための補強法 7) の検討が必要である。

5. 参考文献

- 1) 西村泰志、植岡豊博、南宏一、若林実： はり S柱 SRCで構成されるト字形骨組の柱はり接合部の応力伝達機構，構造工学論文集 vol. 32B, 1986年 3月, pp.135 - 146.
- 2) 若林実、南宏一、西村泰志： 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論文集 1983, pp.429 - 432.
- 3) 若林実、南宏一、西村泰志： 十字形骨組で構成される鉄骨鉄筋コンクリート柱はり接合部のせん断破壊に関する実験的研究(その 3)，京都大学防災研究所年報 第24号 B - 1, 昭和56年 4月. pp.225 - 243.
- 4) 南宏一、西村泰志、植岡豊博、若林実： 異種構造部材で構成される十字形柱はり接合部の終局耐力、第 7回コンクリート工学年次講演会論文集 1985, pp.609 - 612.
- 5) 清水吉盛、多田昭人、吉田宏： 鉄骨鉄筋コンクリートの補強効果について、日本建築学会学術講演梗概集, 1970 年 9月, p.p.741 - 742.
- 6) WAKABAYASI, NAKAMURA, MORINO: An Experiment of Steel Reinforced Concrete Cruciform Frames, The Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol.23, Dec. 1973, p.p.74 - 110.
- 7) 植岡豊博、西村泰志、南宏一： 異種構造部材で構成される接合部の補強効果に関する研究、第 8回コンクリート工学年次講演会論文集 1986, pp.653 - 656.
- 8) 岡本明、西村泰志、南宏一： 鉄骨鉄筋コンクリート構造柱脚部の応力伝達機構に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集, 昭和60年 5月, pp.237 - 240.
- 9) 西村泰志、南宏一、若林実： 鉄骨鉄筋コンクリート構造柱脚部のベースプレートの応力伝達機構，構造工学論文集 vol. 32B, 1986年 3月, pp.147 - 158.