鉄骨部材がアンカーボルトを介して鉄筋コンクリート部材に結合される ト字形接合部の耐力評価法に関する研究

STRENGTH EVALUATION OF JOINT S MEMBER WITH REINFORCED CONCRETE MEMBER USING ANCHOR BOLT

馬場 望*, 金井真一**, 西村泰志***
Nozomu BABA, Shinichi KANAI and Yasushi NISHIMURA

The purpose of this study is to clarify stress transferring mechanism and strength evaluation of the joint connected steel member with reinforced concrete member using anchor bolt based on stress transfer from steel member and reinforced concrete member. To clarify stress transferring mechanism of the joint connected steel member with reinforced concrete member using anchor bolt, seven T-shaped assemblages were tested under monotonic loading. From the test results, it was shown that stress transfer from steel member to reinforced concrete member in the joint could be mobilized by transverse reinforcements arranged intensively around anchor bolt. Based on the arch mechanism and the truss mechanism, a method capable of estimating the ultimate strength of the joint was proposed. The predictions were shown to be in good agreement with the test results. In addition, it was shown that this proposed strength model could apply to the ultimate strength evaluation of the exterior beam-column joint using mechanical anchorages on the reinforced concrete structure.

Keywords : Composite structure, Exterior joint, Anchor bolt, Strength evaluation, Mechanical anchorages

合成構造, ト字形接合部, アンカーボルト, 耐力評価法, 機械式定着

1. はじめに

鋼コンクリート合成構造接合部の一つに、鉄骨（以下、Sという）部材がアンカーボルト等を介して鉄筋コンクリート（以下、RCという）部材に結合される接合部がある。代表的な部位として、S造露出柱脚が挙げられる。また、機械式定着工法を用いたRC造柱梁接合部は、定着筋をアンカーボルトと見なせば同種の接合部とみなすことができ、力学的な観点から見れば、これらの接合部の基本的な応力伝達および抵抗機構は同じである。したがって、接合部の基本的な抵抗機構を明らかにすることによって、従来の構造形式や部位に依らず、ある程度基本的かつ統一的な接合部の終局耐力評価法を構築することも可能である。しかしながら、例えばS造露出柱脚において、ベースプレートやアンカーボルトに作用する応力については設計指針りに示されているが、これらの応力がRC部材に伝達される機構や接合部の抵抗機構については示されていない。

このような観点から、本研究は、S部材がアンカーボルトを介してRC部材に結合される接合部（以下、単に非埋込み接合部という）について、図1に示すようなト字形接合部に着目して、S部材から

図1 非埋込みト字形接合部の概要

RC部材への応力伝達機構および抵抗機構を理論的および実験的に検討し、非埋込み接合部の終局耐力を評価する手法を提案する。ま

* 大阪工業大学工学部建築学科 准教授・工博

** 繁建築構造設計事務所 工修

*** 大阪工業大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, Dr. Eng.

Shigeru Structural Engineers, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, Dr. Eng.

た、本終局耐力評価法を用いて、機械式定着工法を用いた RC 造柱梁接合部の終局耐力の評価を試みる。

なお、本論文は、文献 2)を基に加筆してまとめたものである。

2. 接合部の応力伝達機構および抵抗機構

図 2 に T 字形非埋込み接合部の基本的な応力伝達機構および抵抗機構を示す。本研究で対象とする接合部ディテールは、最も基本的な観点から、RC 部材のせん断補強筋のみが配置されている単純なディテールである。また、S 部材に引張軸力が作用する場合、図 2 に示される接合部の応力伝達機構および抵抗機構とは異なる機構が形成されるため、ここでは考慮しない。

S 部材に圧縮軸力、曲げモーメントおよびせん断力が作用すると、エンドプレートの圧縮側では圧縮応力 C とそれに伴う摩擦力、引張側ではアンカーボルトを介して定着板に支圧応力が作用し、これらの応力は反作用として RC 部材に伝達される。アンカーボルトの埋込み長さ L_d が RC 部材の有効せい d 程度（以下、 $L_d \cong d$ とする）の場合、図 2(a) に示すように、A (B) 点では、接合部パネルのコンクリート圧縮束に作用する圧縮力 R_p 、RC 部材接合端に作用する曲げ圧縮力 cC_a とせん断力 cQ_a および定着板に作用する支圧応力（エンド

プレート下面に作用する圧縮応力 C_a ）によって釣合系を構成し、接合部ではアーチ機構が形成されると考えられる。また、アンカーボルトの引張力 T_t およびエンドプレートの圧縮応力 C_t の反力は、RC 部材断面の隅角部に配置された主筋に向かう力となり、せん断補強筋の引張力 pT_w として伝達される。この応力伝達によって、 pT_w は主筋の付着力およびコンクリート圧縮束に作用する圧縮力と釣合系を構成し、トラス機構が形成されると考えられる。

しかしながら、アンカーボルトの埋込み長さ L_d が RC 部材の有効せい d より小さい（以下、 $L_d < d$ とする）場合、定着板高さ位置近傍では、RC 部材に大きな軸方向力が作用しない限り、接合部コンクリートは RC 部材接合端に作用する曲げ圧縮力による拘束力を期待することができない。この場合、図 2(b) に示すように、アンカーボルトの引張力 T_a を介して定着板に作用する支圧応力の反力は、その作用位置から 45° 方向に想定された破壊面内において、破壊面内を貫通する RC 部材側のせん断補強筋に引張力 T_w を生じさせる。したがって、図中の A 点において、 cT_w 、主筋の付着力および圧縮力 cC_a とせん断力 cQ_a の合力の反力は、接合部のコンクリート圧縮束を介してエンドプレート圧縮側の B 点に伝達され、接合部はアーチ機構を形成すると考えられる。なお、上述の応力伝達に対して、RC 部材側の破

図 2 非埋込み接合部の応力伝達機構および抵抗機構

図3 RC部材のせん断力図

壊面を貫通するせん断補強筋は、その一部が接合部パネルに応力を伝達する役割を担うことに注意する必要がある。図3は、ト字形接合部のRC部材のせん断力図を示したものである。ここで、 h_0 はRC部材接合端からRC部材の反曲点までの距離、 $l_0/2$ はRC部材表面からS部材の反曲点までの距離である。せん断力図より、アンカーボルトに作用する引張力 T のうち、RC接合部パネルにはせん断力 jV が伝達され、RC部材にはせん断力 cQ が直接伝達される。したがって、図4に示すように、RC部材側の破壊面を貫通するせん断補強筋に伝達される応力は、 $(1-2\xi)l_d$ の範囲の応力が接合部パネル側に、 $2l_d\xi$ の範囲の応力が直接RC部材に伝達されることになる³⁾。

また、トラス機構は、 $L_d \approx d$ の場合と同じように形成されると考えられる。

一方、図2(b)に示すように、引張側のアンカーボルト近傍に集中的にせん断補強筋（以下、集中補強筋という）を配置することによって、定着板に作用する支圧応力の反力は、集中補強筋の引張力 aT_w としてA点側に伝達される。この応力伝達によって、RC部材接合端では圧縮力 R_p 、集中補強筋の引張力 aT_w および圧縮力 cC_a とせん断力 cQ_a が釣合系を構成し、接合部では $L_d \approx d$ の場合と同様のアーチ機構が形成されると考えられる。

なお、定着板直上にRC部材の主筋が配置されるようなアンカーボルトの埋込み長さを確保することは、かぶり厚さの確保等を考えれ

図4 RC部材側の破壊面を貫通するせん断補強筋の効果

ば現実的に困難であると考えられる。したがって、本論では、 $L_d < d$ の場合を対象として、接合部近傍に配置されたせん断補強筋が応力伝達におよぼす影響を実験的に検討する。

3. 実験

図5に実験変数を示す。実験は、実験Ⅰと実験Ⅱによって構成される。実験Ⅰは、接合部近傍のせん断補強筋が応力伝達におよぼす影響を調べることを目的とし、接合部近傍の配筋状況を変数とする計4体の試験体が計画された。

T-A270RN試験体は、接合部近傍にせん断補強筋が配置されておらず、アンカーボルトの引抜きに伴うコンクリートの抵抗力を調べるための試験体である。T-A270JRO試験体はRC部材側の破壊面内、T-A270JRI試験体はRC接合部パネルにのみせん断補強筋が配置されている。T-A270試験体は、接合部近傍に2-D10とするせん断補強筋が70mmの間隔（ $p_w = 0.74\%$ ）で配置されている。なお、各試験体とも、アンカーボルトの埋込み長さは、270mm（ $0.6d$ かつPC鋼棒の呼び名の15倍）である。一方、実験Ⅱでは、アンカーボルト近傍に配置された集中補強筋が応力伝達におよぼす効果を調べる。接合部近傍のせん断補強筋の配置状況およびアンカーボルトの埋込み長さが実験ⅠのT-A270試験体と同じであるT-270試験体を基準として、アンカーボルト近傍に集中補強筋を設けたT-270ST試験体、

図5 実験変数

図 6 試験体詳細

表 1 材料の力学的特性

材料	応力度	σ_y	σ_u	E_s	備考
		降伏応力度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	
鉄骨	PL25 (SM490A)	349	524	2.02×10^5	
	PL50 (SM490A)	329	510	1.67×10^5	
主筋	D16 (SD295)	375	525	1.71×10^5	1)
		377	585	1.87×10^5	2), 3)
せん断補強筋	D10 (SD345)	355	500	1.81×10^5	1)
		388	545	1.74×10^5	2), 3)
アンカーボルト	17mm	1171	1251	1.95×10^5	

材料	応力度	F_c	F_t	E_c	備考
		圧縮強度 (N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	
コンクリート		32.4	2.75	2.39×10^4	1)
		21.1	2.17	2.30×10^4	2)
		23.7	2.48	2.15×10^4	3)

1) 実験 I シリーズ

2) T-270 および T-270ST 試験体

3) T-180ST 試験体

T-270ST試験体と同配筋でアンカーボルトの埋込み長さを180mm (0.4 d_c かつPC鋼棒の呼び名の10倍) とするT-180ST試験体の計3体が計画された。なお、3体とも45° 方向に仮定された破壊面内に配置されたせん断補強筋量が同じになるように、T-270STおよびT-180ST試験体は、アンカーボルト近傍に2-D10とする6組の閉鎖型せん断補強筋が配置されている。

アンカーボルトの埋込み長さについて、日本建築学会「鋼構造接合部設計指針」¹⁾ では、アンカーボルト径の20倍以上を確保する必要があると示されている。一方、日本建築総合試験所「機械式鉄筋定着工法設計指針」⁴⁾ では、別途梁主筋の定着長さの規定が設けられているが、基本は柱せいの3/4以上とすることが示されている。本実験では、前述の接合部の応力伝達機構および抵抗機構の検証に主眼を置いているため、接合部の破壊に先行してS部材やアンカーボルトが降伏することのないように、これらの規定よりもアンカーボルトの埋込み長さが小さくなるように設定した。

図 6 は、T-270A 試験体を代表して、試験体詳細を示したものである。実験 I および II の各試験体とも、S 部材は□・200×200×25 (SM490A) とし、エンドプレートは PL-250×350×50 (SM490A) である。アンカーボルトは、M18 の PC 鋼棒 (C 種 1 号) が 6 本配置されている。RC 部材の断面寸法は 300×450mm である。主筋は、

実験 I では 8-D16 (SD345)、実験 II では 10-D16 (SD345) としている。表 1 に使用材料の力学的特性を示す。

実験は、図 6 に示すように、RC 部材を単純支持し、S 部材端部に単調に水平力を負荷するものである。

4. 実験結果とその考察

図 7 は、代表して実験 II の各試験体の最終破壊状況を示したものである。接合部近傍の配筋状況およびアンカーボルトの埋込み長さにかかわらず、層間変形角 $R = 0.5\%$ 前後で、接合部の定着板位置からエンドプレート圧縮側に向かって接合部パネルに斜めひび割れ (図中の①) が生じた。その後、変形の増大に伴って、接合部の斜めひび割れは RC 部材接合端を越えて RC 部材側に大きく進展した。T-270 試験体は、 $R = 2.0\%$ までにアンカーボルトの引抜きに伴うコーン状ひび割れ (図中の②) が生じ、RC 部材上面のコンクリートの浮き上がりが観察された。しかしながら、T-270ST 試験体は、コーン状ひび割れは生じているものの、最終振幅までコーン状ひび割れの顕著な進展は見られず、接合部パネルの斜めひび割れが卓越している。一方、T-180ST 試験体は、 $R = 1.0\%$ までに生じたコーン状ひび割れが変形の増大に伴って大きく進展し、RC 部材上面のコンクリートの浮き上がりも顕著であった。また、T-270 試験体に比べ

図7 最終破壊状況（実験Ⅱ）

て、コーン状ひび割れの角度が小さく、RC部材の主筋に沿ってRC部材側へ進展していることがわかる。なお、実験Ⅰシリーズの各試験体は、接合部近傍の配筋状況にかかわらず、T-270試験体とほぼ同様のひび割れの進展および最終破壊状況を示した。

図8に実験Ⅰの各試験体の荷重 - 変形関係を示す。縦軸はS部材に負荷された荷重 Q 、横軸は層間変形角 R である。各試験体とも、 $R = 0.5\%$ 付近で、接合部パネルの斜めひび割れ発生とともに荷重の低下が見られるが、その後、変形の増大に伴って荷重が増大しており、全体的には、接合部近傍に配置されたせん断補強筋量の増大とともに試験体の最大荷重は増加することがわかる。また、せん断補強筋がRC部材側および接合部パネル側にのみ配置されたT-A270JROおよびT-A270JRI試験体の荷重 - 変形関係はほぼ等しいことから、各試験体の最大荷重の差は、接合部近傍のせん断補強筋量に関係していることが推察される。

図9に実験Ⅱの各試験体の荷重 - 変形関係を示す。ここでは、各試験体のコンクリート強度に差異があるため、縦軸にS部材に負荷された荷重 Q をRC部材接合部の抵抗モーメントに置換し、 $b \cdot d^2 \cdot \sigma_B$ によって無次元化した値 m をとっている。横軸は層間変形角 R である。ここで、 σ_B はコンクリートの圧縮強度である。T-270ST試験体とT-270試験体の最大荷重は、大きな相違が見られない。しかしながら、最大荷重発揮後、T-270試験体ではコーン状ひび割れの進展とともに荷重が低下しているのに対して、T-270ST試験体は、最大荷重をほぼ維持している。これらのことから、 $L_d =$

図8 荷重 - 変形関係（実験Ⅰ）

図9 荷重 - 変形関係（実験Ⅱ）

図10 せん断補強筋の軸ひずみ度分布（T-270試験体）

$0.6_c D$ 程度の場合、接合部パネルにせん断補強筋を均等に配置するよりも、アンカーボルト近傍に集中的に配置した方が、最大荷重発揮後のコーン状ひび割れの進展およびそれに伴う荷重の低下を抑制することがわかる。一方、アンカーボルトの埋込み長さに着目すると、T-180ST試験体の最大荷重は、T-270ST試験体に比べて小さく、最大荷重発揮後の荷重の低下も顕著である。これらのことから、本実験の範囲では、 $L_d = 0.4_c D$ 程度の場合では、集中補強筋の効果は期待できないことが推察される。

図 10 は、T-270 試験体（実験Ⅱ）を代表して、接合部近傍に配置されたせん断補強筋の軸ひずみ度分布を示したものである。縦軸は図に示すせん断補強筋の各点の軸ひずみ度 ε 、横軸はひずみゲージ位置である。また、グラフ中の点線は、せん断補強筋の降伏ひずみ度 ε_y を示す。実験から得られた軸ひずみ度は、破壊面内に配置されているアンカーボルト近傍のせん断補強筋ほど軸ひずみ度が卓越し、アンカーボルトから離れるにつれて小さくなっている。このことから、アンカーボルト近傍に集中的にせん断補強筋を配置する方が、接合部の応力伝達におよぼす効果は大きくなることが示唆される。

5. 接合部の終局耐力の評価

図 11 は、図 2 で示された非埋込み接合部の応力伝達機構に立脚した力学モデルを示したものである。接合部の終局耐力は、アーチ機構による耐力とトラス機構による耐力を一般化累加することによって評価できるものとする。このモデルでは、エンドプレートに作用する圧縮応力の合力 C はアンカーボルト位置に作用するものとし、接合部の終局耐力の評価に際しては、S 部材に作用するせん断力は無視する。以下、一部の記号については、図 1 に示す通りである。

アーチ機構による耐力 M_A は、RC 部材接合端の抵抗モーメントによって表現すると、接合部パネルのコンクリート圧縮束に作用する圧縮力 R_p によって決定される耐力 M_{a1} と、コーン状破壊時のコンクリートの抵抗力によって決定される耐力 M_{cf} 、アンカーボルト近傍に配置された集中補強筋によって決定される耐力 M_{aw1} および破壊面を貫通する RC 部材側のせん断補強筋の引張降伏耐力 M_{aw2} を累加して求められる耐力 M_{a2} によって、(1)式で評価される。

$$M_A = \min(M_{a1}, M_{a2}), \quad M_{a2} = M_{cf} + M_{aw1} + M_{aw2} \quad (1)$$

圧縮力 R_p によって決定される耐力 M_{a1} は、接合部パネルのコンクリート圧縮束のせいを $k_c D$ と仮定し、コンクリート圧縮束に作用する圧縮力 R_p は、コンクリートの圧縮強度 σ_B に達しているものとする、図 11(a) に基づいて、(2)式で表現される。

$$R_p = \varepsilon b_p \cdot k_c \cdot D \cdot \sin \alpha \cdot \sigma_B \quad (2)$$

ここで、

$$\text{集中補強筋がある場合：} \sin \alpha = \frac{a_j}{\sqrt{\{(1-k) \cdot D\}^2 + a_j^2}}$$

$$\text{集中補強筋がない場合：} \sin \alpha' = \frac{a_j + (1-2 \cdot \xi)/2}{\sqrt{\{(1-k) \cdot D\}^2 + \{a_j + (1-2 \cdot \xi)/2\}^2}}$$

$$\xi = \frac{a_j}{h} \cdot \frac{l_0}{l}$$

k は 0 から 1 の任意の値、 α および α' は接合部パネルのコンクリート圧縮束と RC 部材断面とのなす角、 σ_B はコンクリートの圧縮強度、 b_p は接合部パネルの有効幅であり、 $b_p = (b_c + \varepsilon_p b)/2$ とする。

この R_p を用いて、RC 部材接合端の抵抗軸力 N_{a1} と抵抗モーメント M_{a1} を表現すると、(3a) および(3b)式となる。

$$N_{a1} = R_p \cdot \sin \alpha \quad (3a)$$

$$M_{a1} = R_p \cdot \sin \alpha \cdot \frac{(1-k) \cdot cD}{2} \quad (3b)$$

縦軸に RC 部材接合端の抵抗軸力 N 、横軸に抵抗モーメント M をとり、 k に 0~1 の値を代入して(3a)および(3b)式を表現すると、圧縮力 R_p によって決定される耐力は、図 12(a)に示す耐力 I_{a1} として求められる。

アンカーボルトの引抜きに伴うコーン状破壊によるコンクリートの抵抗力は、「RC 造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説」⁵⁾に示される梁主筋のかき出し定着破壊耐力を参考にして求める。この抵抗力をアンカーボルトの引張抵抗力 T_{cf} によって表現すれば、(4)式によって求められる。

$$T_{cf} = 2 \cdot L_d \cdot b_c \cdot 0.313 \sqrt{\sigma_B} \cdot \frac{\sqrt{L_d^2 + a_j^2}}{a_j} \quad (4)$$

集中補強筋によって決定される耐力は、アンカーボルトの引張力 T_{aw1} によって表現すると、(5)式で与えられる。

$$T_{aw1} = n_s \cdot a_w \cdot \sigma_{wy} \quad (5)$$

ここで、 n_s は集中補強筋本数、 a_w は集中補強筋の断面積、 σ_{wy} は集中補強筋の降伏強度である。

破壊面を貫通する RC 部材側のせん断補強筋によって決定される

図 11 接合部の終局耐力評価モデル

図 12 非埋込み接合部の終局耐力の評価

図 13 実験値と計算値の比較（非埋込み接合部）

耐力 M_{aw2} は、(6)式によって求められる。

$$M_{aw2} = \frac{cP_w \cdot c\sigma_{wy} \cdot \{(1 - 2 \cdot \xi) \cdot I_d\} \cdot c b_p \cdot (h - a_j)}{(h/a_j - 1) \cdot 2} \quad (6)$$

ここで、 cP_w は破壊面を貫通する RC 部材側のせん断補強筋比、 $c\sigma_{wy}$ はせん断補強筋の降伏強度である。

(4)式および(5)式で求められるアンカーボルトの引張抵抗力を RC 部材接合端の抵抗モーメント M_{cf} および M_{aw1} に置換し、(6)式で

求められる耐力 M_{aw2} を累加すれば、(1)式第二項の耐力 M_{a2} が得られる。したがって、アーチ機構による耐力は、図 12(a)に示すように、 I_{a1} のうち M_{a2} で区切られた abcd の内側の領域によって求められる。

一方、トラス機構による耐力は、接合部パネルに配置されたせん断補強筋の引張降伏によって決定されるものとする、図 11(b)に基づいて、(7)式によって求められる。

$$M_t = \frac{1}{2} \cdot p P_w \cdot \sigma_{wy} \cdot a_j \cdot e b_p \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \cdot c j \quad (7)$$

ここで、

$$\cos \theta = \frac{a_j/2}{\sqrt{L_d^2 + (a_j/2)^2}}, \quad \sin \theta = \frac{L_d}{\sqrt{L_d^2 + (a_j/2)^2}}$$

pP_w は接合部パネルのせん断補強筋比、 σ_{wy} はせん断補強筋の降伏引張強度、 θ は RC 部材軸とコンクリート圧縮束とのなす角度である。

トラス機構に入力し得る最大の抵抗力は主筋の耐力によって評価され、縦軸に RC 部材端の抵抗軸力 N 、横軸に抵抗モーメント M をとれば、図 12(b)に示すように、主筋の耐力は I_r として表現される。したがって、トラス機構による耐力は、主筋の耐力 I_r のうち、せん断補強筋によって決定される耐力 M_t によって区切られた efgh の内側の領域によって求められる。

以上より、非埋込み接合部の終局耐力は、図 12(c)に示すように、アーチ機構による耐力 I_a とトラス機構による耐力 I_r を一般化累加することによって、 I_p として求められる。

図 13 に実験値と提案された力学モデルに基づいて算出された計算値の比較を示す。縦軸は S 部材端部の荷重 Q 、横軸は試験体名である。計算の際、アンカーボルトの引張抵抗力によって表現される耐力は、その応力中心間距離を引張側および圧縮側アンカーボルトの重心間距離としてモーメントに置換した。実験 I について、引張側アンカーボルトの両側あるいは片側にせん断補強筋が配置されていない試験体の計算値は、実験値に対して若干安全側の評価を与えている。これは、せん断補強筋が配置されていないために、アンカーボルトの引抜きに伴って破壊面内の主筋が曲げ抵抗し、その効果が計算値に反映されていないことが要因と考えられる。一方、引張側アンカーボルトの両側にせん断補強筋が配置されている試験体の計算値は、実験値を精度よく評価できていることから、図 11 で示された接合部の抵抗機構の妥当性が推察される。

6. 機械式定着工法を用いた RC 造柱梁接合部への応用

図 14 に機械式定着工法を用いた RC 造柱梁接合部の応力伝達機構を示す。梁の定着筋に作用する引張力を介して定着筋に生じる付着力および定着ナットに生じる支圧応力の反力は、RC 部材断面の隅角部に配置された主筋に向かう力となり、破壊面を貫通するせん断補強筋の引張力として伝達される。このように、機械式定着工法を用いた RC 造柱梁接合部において、梁部材の定着筋をアンカーボルト、定着ナット（ロックナット）を定着板とみなし、梁断面をエンドプレート断面、柱断面を RC 部材断面に読み替えれば、その応力伝達機構は非埋込み接合部と基本的に同じであることから、提案された接合部の終局耐力評価法を適用できると考えられる。また、これらのことから、アンボンド型あるいはボンド型といったアンカーボルトの種別に依存することなく、本終局耐力評価法を適用できると考えられる。

図14 機械式定着工法を用いたRC造柱梁接合部の応力伝達機構

このような観点から、図15は、機械式定着工法を用いたRC造柱梁接合部に関する既往の実験値と計算値の比較を示したものである。縦軸は実験値 $Q_{exp.}$ 、横軸は計算値 $Q_{theo.}$ である。対象とする実験データは、機械式定着工法を用いたRC造柱梁接合部について、破壊モードが接合部のせん断破壊あるいは梁主筋のかき出し定着破壊と報告されている38体^{6)~17)}である。なお、いずれの試験体も、接合部パネルおよびその近傍に高強度せん断補強筋が使用されたものは含まれていない。実験値は、実験値の計算値に対する比 $\alpha = Q_{exp.}/Q_{theo.}$ の0.812~1.35に分布し、その平均値は1.07、変動係数は0.132であり、提案された耐力評価法によって、実験値をほぼ評価できることがわかる。

7. 結語

S部材がアンカーボルトを介してRC部材に結合されるト字形接合部の耐力評価に関する実験的および理論的検討の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 接合部の応力伝達機構および抵抗機構が提案された。
- 2) せん断補強筋をアンカーボルト近傍に集中的に配置した方が、接合部の応力伝達におよぼす効果は大きい。
- 3) アンカーボルトの埋込み長さがRC部材せいの0.6倍程度の場合、アンカーボルト近傍に集中補強筋を配筋することによって、アンカーボルトの引抜きに伴うコーン状破壊の進展を抑制できる。
- 4) アンカーボルトの埋込み長さがRC部材せいの0.4倍程度の場合、集中補強筋の効果は小さく、コーン状破壊が卓越する。
- 5) 力学モデルに基づいた接合部の終局耐力評価法が提案され、計算値は実験値を概ね評価できることが示された。また、本終局耐力評価法によって、機械式定着工法を用いたRC造柱梁接合部の終局耐力を評価することができる。

なお、例えばS造露出柱脚のように、ベースプレート直下に柱型の配筋が設けられるようなディテールに対して、本終局耐力評価法を直接適用することはできないため、対象とする接合部ディテールを拡張するとともに、より合理的な非埋込み接合部の配筋法を検討することが今後の課題である。

図15 実験値と計算値の比較 (RC造柱梁接合部)

参考文献

- 1) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，pp.256-269，2006.3
- 2) 馬場望・金井真一・西村泰志：S部材がアンカーボルトを介してRC部材に結合される非埋込み接合部の応力伝達機構，第8回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム，pp.31-1-31-6，2009.11
- 3) 中澤春夫，松崎育弘，中野克彦：RC梁主筋の機械式定着部のコーン状破壊に対するマクロモデル，日本建築学会構造系論文集，No.575号，pp.89-96，2004.1
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，p.265，1999
- 5) 日本建築総合試験所：機械式鉄筋定着工法設計指針，pp.49-57，2006.1
- 6) 柴田浩二，今井弘：機械式に定着された外柱梁接合部の構造性能に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.3，pp.1231-1236，2000
- 7) 田才晃，川勝康志郎，清原俊彦，窪田敏行：梁主筋を機械式定着した外部柱・梁接合部のせん断性状（その1）（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集C-2，pp.857-860，2000.9
- 8) 中澤春生，坂口昇，浅井政宏：主筋を機械式定着した鉄筋コンクリート造柱梁接合部の構造性能に関する実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.2，pp.847-852，2002
- 9) 竹内博幸，中村一彦，早川邦夫，市川昌和：円形定着板により機械式定着されたト形接合部に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.2，pp.913-918，2003
- 10) 鬼海正臣，今井弘，カストロ・ホワン・ホセ：機械式に定着された外柱梁接合部の構造性能に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.2，pp.907-912，2003
- 11) 長谷川勇樹，藤本武人，清原俊彦，田才晃：梁主筋を機械式定着した高強度鉄筋コンクリート造外柱梁接合部の構造性能，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.2，pp.373-378，2005
- 12) 田畑卓，西原寛：RC造ト・T・L形柱梁接合部のせん断および定着性状，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.3，pp.373-378，2001
- 13) 宮内靖昌，佐々木照夫，鴻野良太，村井和雄：柱主筋を圧接コブ定着としたRC架構の力学的性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.3，pp.313-318，1999
- 14) 足立将人，益尾潔：梁主筋を機械式定着およびU型定着したRC造ト形接合部の抵抗機構，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.3，pp.217-222，2007
- 15) 下中裕史，崔建宇，内田貴之，藤井栄：鉄筋コンクリートT字型，L字型柱・梁接合部のせん断耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.1023-1028，1997
- 16) 崔建宇，藤井栄，渡辺史夫：L字形及びT字形接合部のせん断耐力に及ぼす接合部の配筋ディテールの影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.3，pp.397-402，2001
- 17) 大和田義正，隈澤文俊，太田勤，小杉雅男，新藤健太，小曾根茂雄：機械式定着金物を柱頭柱主筋の定着に使用したL字形，T字形接合部の耐力と変形性能，日本建築学会大会学術講演梗概集C-2，pp.257-258，2001.9

(2010年3月10日原稿受理，2010年7月1日採用決定)