

# 論文 鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材で構成される継手部の補強方法に関する一実験

春風隆志 <sup>\*1</sup>・馬場 望 <sup>\*2</sup>・西村泰志 <sup>\*3</sup>

**要旨**：本研究は、鉄骨部材と鉄筋コンクリート部材が直列的に結合される継手部の性能を改善するための合理的な補強方法を応力伝達機構に基づき提案し、その妥当性を実験的に検討した。その結果、鉄骨部材の埋め込み長さが短い場合でも鉄骨埋め込み始点および終点に集中的にせん断補強筋を配置させることおよびエンドプレートによる補強方法により部材の曲げ耐力を発揮させることができあり、応力伝達機構に基づく継手部の補強方法の妥当性が示された。

**キーワード**：RC-S 継手接合部、支圧力、摩擦力、応力伝達機構

## 1. 序

近年、鉄骨（以下、S という）、鉄筋コンクリート（以下、RC という）および鉄骨鉄筋コンクリート構造の構造特性を巧みに利用した合成構造物が建設されている。これらの合成構造において問題になるのは、RC 部材と S 部材との接合部である。これらの接合部は、部材が直交する場合と直列的に結合される場合がある。前者については数多くの研究がなされているが、後者についてはほとんどなされていない。

このような観点から、既報<sup>1)</sup>では、図 1 に示すような RC 部材と S 部材が直列的に結合

される接合部（継手部などに対応する）に関して、S 部材から RC 部材への応力伝達機構を明らかにするために、RC 部材に埋め込まれる S 部材の長さを実験変数とする載荷実験が行われた。その結果、図 1（縦軸：負荷された荷重、横軸：S 部材の埋め込み長さ）に示すように、接合部の耐力は埋め込み長さが長くなるほど大きくなり、部材の曲げ耐力を発揮させるためには、RC 部材に埋め込まれる S 部材の埋め込み長さは鉄骨せいの 3 倍程度必要であることが示された。図中の点線は、RC 部材の断面の曲げ耐力から求められる荷重である。

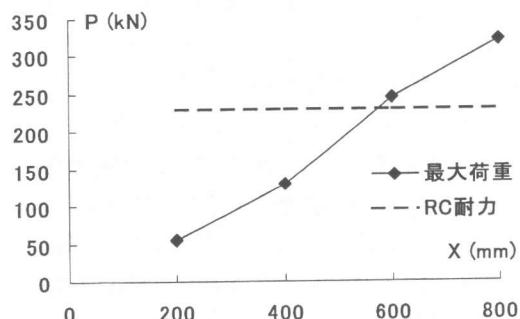
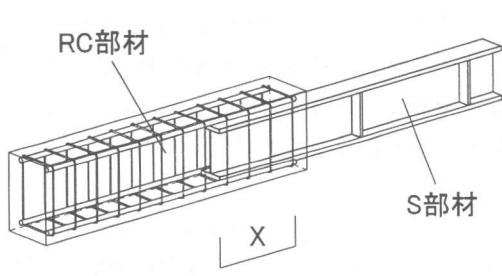


図 1 埋め込み長さと最大荷重の関係

\*1 大阪工業大学大学院博士前期課程 (正会員)

\*2 大阪工業大学大学院博士後期課程 工修 (正会員)

\*3 大阪工業大学教授 工学部建築学科 工博 (正会員)

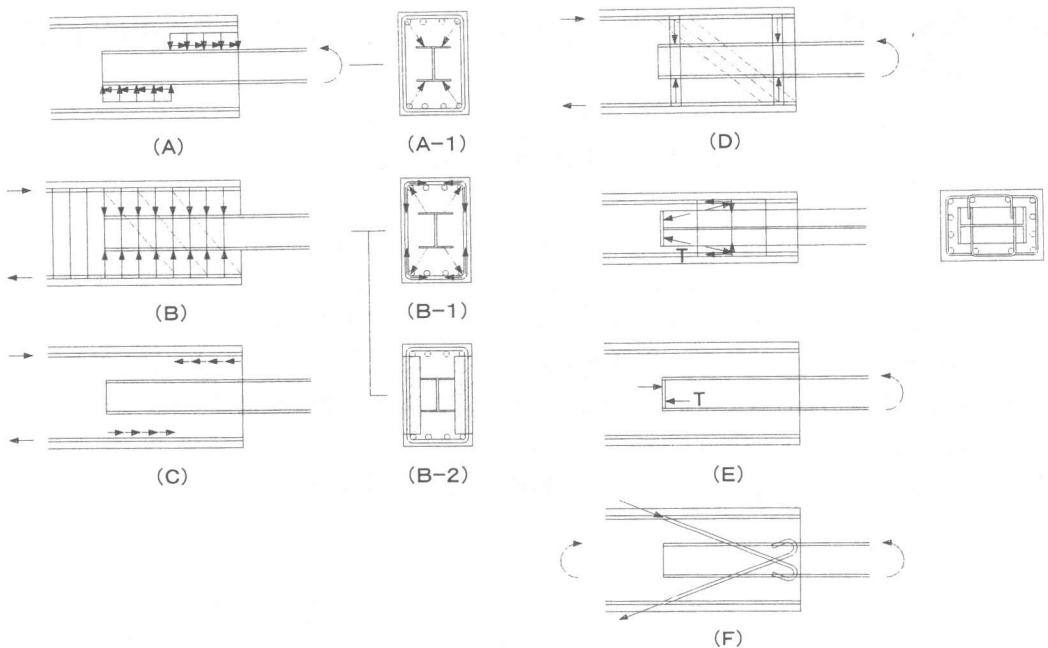


図 2 応力伝達機構

本報は、引き続き、部材耐力を発揮させることのできなかった埋め込み長さ 400 mm (鉄骨せいの 2 倍) の継手部を対象として、部材の耐力を発揮させるための継手部の合理的な補強方法を仮定された応力伝達機構に基づいて提案し、その妥当性を実験的に検討する。

## 2. 応力伝達機構の一考察

図 2 に仮定された応力伝達機構を示す。図 2 (A) は、S 部材のフランジ上下面に作用する支圧力および摩擦力が、一对の偶力として曲げモーメントに抵抗していることを示している。図 2 (B) および図 2 (C) は、図 2 (A) に示される支圧力と摩擦力をそれぞれ分離して、RC 部材の抵抗機構を示したものである。図 2 (B) は、支圧力が RC 部分を押し広げようとする働きに対して、せん断補強筋に引張力が生じ、その結果、RC 部分のコンクリートに斜め圧縮束を生じさせ、せん断力に対してトラス機構を形成して抵抗することを示している。なお、図 2 (B-1) は、S 部材フランジ上下面

に作用する支圧力は反作用として、せん断補強筋の隅角部に向かう力となり、その力に対してせん断補強筋が抵抗していることを示している。また、図 2 (B-2) は、トラス機構を形成しているコンクリート圧縮束の領域を示している。図 2 (C) は、S 部材のフランジ面に働く摩擦力はコンクリートを介して主筋に伝達されることを示している。これらの応力伝達機構から、てこ機構に基づく支圧力に対する補強方法として、図 2 (D) に示すように、埋め込み始点および終点近傍に集中的にせん断補強筋を設けることによって、応力伝達の効果を増大させることが可能であると考えられる。

図 2 (E) は、S 部材端に支圧エンドプレートを設けることによって、S 部材は鉄骨端部に作用する支圧力によって釣合系を構成することを示している。また、鉄骨端部の支圧エンドプレートに作用する曲げ引張力 T は、鉄骨フランジに拘束されたコンクリートに伝達され、コンクリートに生じる圧縮力に対して釣合系

を構成するように、腹筋およびせん断補強筋を設けることによって応力伝達の効果を増大させることができることを示している。

一方、図2(F)はRC部分に生じるせん断力に対して、X形鉄筋を配置することによって継手部のRC部分のせん断耐力を増大させることができると考えられる。

### 3. 実験概要

図3は前述の応力伝達機構に基づいて、計画された試験体の形状寸法、断面および配筋詳細を示す。RC部材は、断面が200×300 mmである。主鉄筋は、上端および下端ともにD16(SD295)が各4本配筋されている。せん断補強筋は、D6(SD295)が50 mm間隔で配筋されている。せん断補強筋比 $p_s$ は0.64%である。S部材はH形鋼で、その公称寸法は、H-200×100×5.5×8(SS400)である。なお、計画されたいずれの試験体とも、S部材の埋め込み長さは400 mmである。

図4に継手部の配筋詳細を示す。継手部の補強方法が異なる計4体の試験体

表1 使用材料の力学的特性

材料	強度 (MPa)	降伏応力度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 ×10 <sup>5</sup> (MPa)
鉄骨	PL5.5	305	425	2.06
	PL8	277	399	2.04
主筋	D16	333	524	1.82
	X形主筋	D10	359	493
あばら筋 <sup>a)</sup>	D10	359	493	1.87
	あばら筋	D6	385	543
材料	強度 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 ×10 <sup>4</sup> (MPa)
コンクリート		28.8	2.78	2.56

<sup>a)</sup>埋め込み始点および終点に集中的に配筋されたせん断補強筋

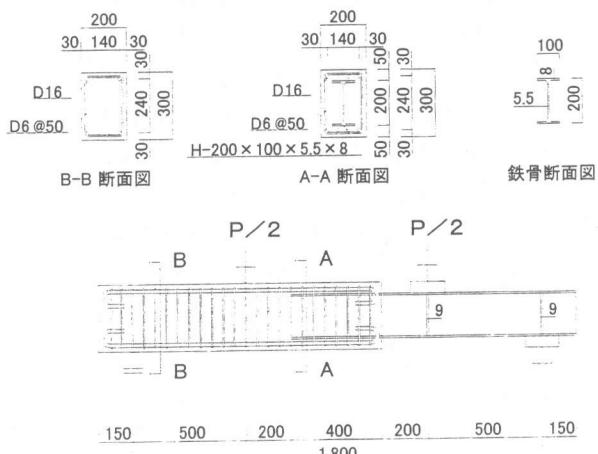


図3 試験体形状寸法、断面および配筋詳細



図4 継手部の補強法

表 2 ひび割れ発生荷重および最大荷重

試験体名	発生荷重 (kN)	$Q_{bc}^*)$	$Q_{sc}$	$Q_{bo}$	$Q_{max}$
B	133	107	198	198	
R	103	119	151	254	
X	122	133	143	239	
P	88.7	163	243	267	

$Q_{bc}$  : RC 部分に観察された曲げひび割れ発生荷重

$Q_{sc}$  : 継手部に観察されたせん断ひび割れ発生荷重

$Q_{bo}$  : 継手部に観察された付着ひび割れ発生荷重

$Q_{max}$  : 最大荷重

験体が計画された。B 試験体は最も基本的なディテールを有する試験体で、補強筋は配置されていない。R 試験体は、てこ機構に基づく支圧力に対する補強方法として、埋め込み始点および終点より 50 mm の位置に、溶接閉鎖形のせん断補強筋 (D10) が 3 本一組で設けられている。X 試験体は、X 形鉄筋 (D10) が上下に 2 本づつ配置されている。X 形鉄筋の RC 部分への定着長さは 400 mm である。P 試験体は、鉄骨端部に支圧エンドプレート (PL 9) を設け、かつ、継手部の RC 部分に腹筋および継手部の鉄骨ウェブを貫通するせん断補強筋として、D16 が 4 本および D6 が 3 本配置されている。表 1 に使用材料の力学的性質を示す。

実験は最も基本的な観点から、試験体の両端を単純支持し、継手部に純曲げモーメントが作用するように 2 点載荷を行った。

#### 4. 実験結果とその考察

##### 4 - 1 ひび割れおよび破壊状況

図 5 に試験体の最終破壊状況を示す。各試験体とも RC 部分に曲げひび割れが発生し、その後、S 部材の埋め込み始点近傍より埋め込み終点にかけて斜張力ひび割れが生じた。B および X 試験体は、埋め込み始点下端のコンクリートの剥離が観察された。一方、R および P 試験体は、他の 2 体の試験体と比べてひび割れが少なく、せん断補強筋および支圧エンドプレートによる補強効果が發揮

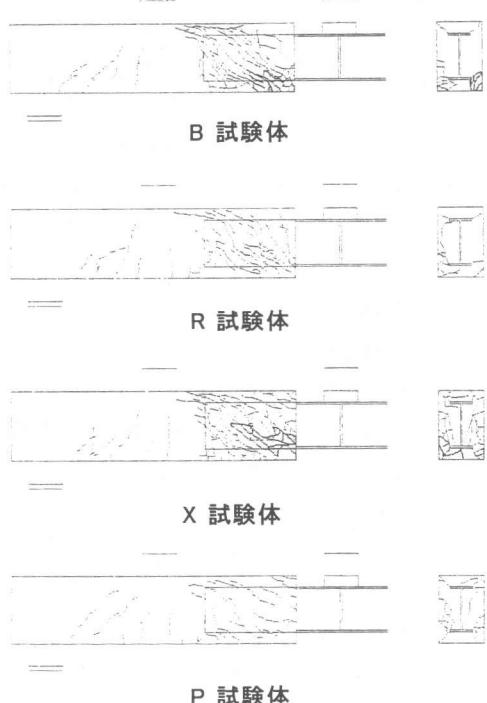


図 5 最終破壊状況

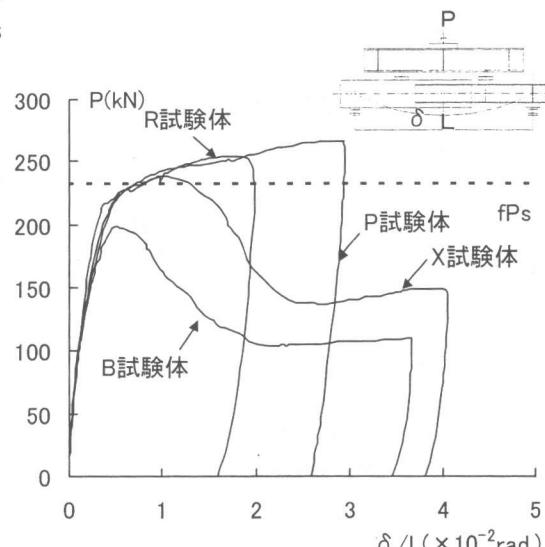


図 6 荷重 - 変形曲線

されたことが推察される。また、これらの試験体は、載荷点近傍の鉄骨フランジに局部座屈が観察された。表 2 に代表的なひび割れ発生荷重および最大荷重を示す。

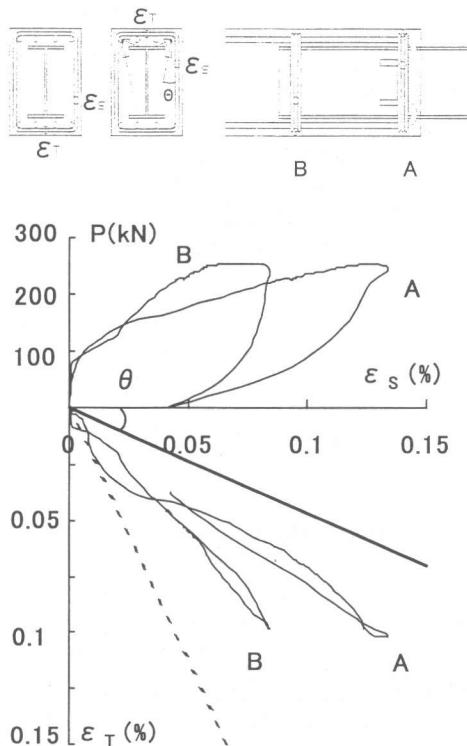


図 7 集中的に配筋されたせん断補強筋のひずみ状況

#### 4-2 荷重 - 変形曲線

図 6 に各試験体の荷重 - 変形曲線を示す。縦軸は負荷された荷重  $P$ 、横軸は継手部中央のたわみ  $\delta$  を部材長  $L$  で無次元化した値  $\delta/L$  を示す。なお、図中の点線は鉄骨断面の曲げ耐力から求められる荷重  $P_s$  である。

各試験体とも、鉄骨断面の曲げ耐力近傍まではほぼ同じ剛性を有している。R および P 試験体は部材の曲げ耐力を発揮した後も変形の増大に伴って耐力は上昇し、補強方法の妥当性が示される。一方、B および X 試験体では、最大耐力発揮後、急激な耐力低下が見られる。これは、S 部材と RC 部材の付着が失われたためであると推察される。しかしながら、耐力低下後、変形の増大に伴ってほぼ一定の耐力を維持している。B 試験体と X 試験体の最大耐力および耐力低下後の維持された耐力

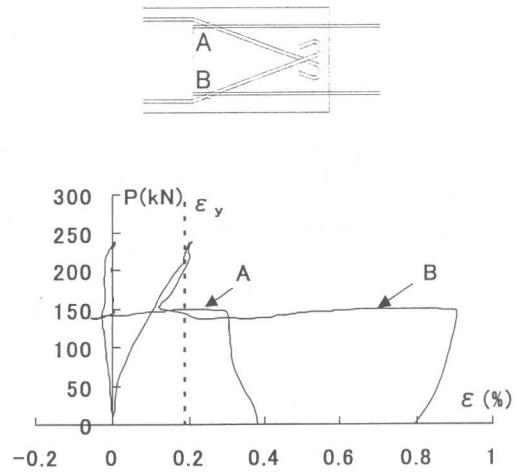


図 8 X 形鉄筋のひずみ状況

に差が見られるのは、X 形鉄筋の影響であると考えられる。

#### 4-3 ひずみ状況

図 7 に R 試験体の埋め込み始点および終点に集中的に配筋されたせん断補強筋のひずみ状況を示す。図中の点線および太線は、図 7 の付図に示すように、鉄骨フランジ内面からせん断補強筋の隅角に向かう力に対して、せん断補強筋が弾性であると考えたとき、 $\varepsilon_t$  および  $\varepsilon_s$  として発現されると考えられるひずみの関係を示したものである。埋め込み終点より始点のひずみが大きいことがわかる。一方、埋め込み始点と終点の  $\varepsilon_t$  および  $\varepsilon_s$  は、ほぼ同じひずみ状況を示している。この  $\varepsilon_t$  と  $\varepsilon_s$  のひずみ状況は、埋め込み始点では荷重が小さいうちには前述に示した応力伝達機構にほぼ対応しているが、荷重の増大に伴って、支圧力はフランジ下端内面からも作用していることに対応することを意味していると考えられる。なお、測定されたひずみは降伏域に達していないことから、せん断補強筋の量が過大であることが推察される。今後、補強筋量の定量的な評価法について詳細に検討する必要がある。

図 8 に X 形鉄筋のひずみ状況を示す。 $\varepsilon_y$  は X 形鉄筋の降伏ひずみである。最大耐力発

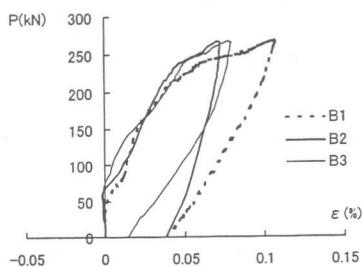
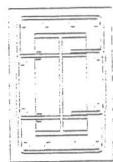
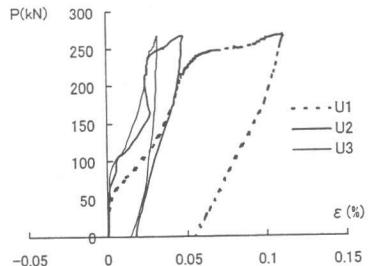


図 9 鉄骨に貫通させたせん断補筋のひずみ状況

揮後、X形鉄筋のA、Bともに降伏していることから、前述のように、継手部の耐力にX形鉄筋が大きな影響を与えていていることがわかる。

図9にP試験体の鉄骨を貫通するせん断補強筋のひずみ状況を示す。下端では、配筋されている位置にかかわらずほぼ同じひずみ状況を示している。さらに、図10は荷重が100kN、200kNおよび250kN時の腹筋の引張力分布を示したものである。上端筋は、下端筋に比べ負担される引張力が小さいことがわかる。これらのことから、支圧エンドプレートに生じた曲げ引張力は、ほぼ平面的に作用していることが推察される。

## 5. 結語

本研究によって、S部材とRC部材で構成される継手接合部に関して、鉄骨部材の埋め

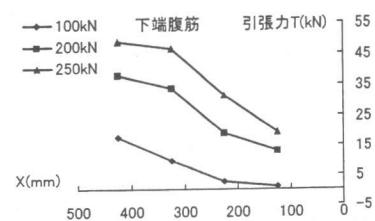
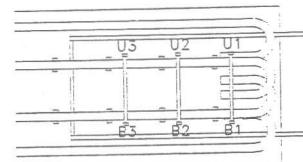
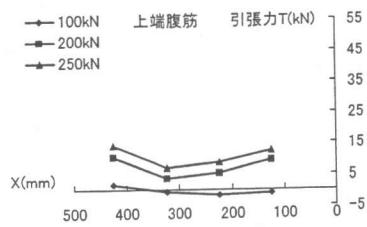


図 10 腹筋の引張力分布

込み長さが短い場合でも、鉄骨埋め込み始点および終点に集中的にせん断補強筋を配筋することおよび支圧エンドプレートによる補強方法により、部材の曲げ耐力を発揮させることができあり、応力伝達機構に基づく継手部の補強方法の妥当性が示された。今後、これらの補強筋の定量的な評価法について詳細に検討する予定である。

## 参考文献

- 1) 松本剛史、馬場 望、西村泰志：鉄骨部材から鉄筋コンクリート部材への応力伝達機構、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 21, No. 1, pp. 331-336, 1998
- 2) 西村泰志、春風隆志、馬場 望：S部材とRC部材が直列的に結合される接合部の応力伝達機構（その4），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 1261-1262, 2000. 9
- 3) 春風隆志、西村泰志、馬場 望：S部材とRC部材が直列的に結合される接合部の応力伝達機構（その5），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 1263-1264, 2000. 9