

## 研究助成実施報告書

助成実施年度	2019 年度
研究課題（タイトル）	鉄筋コンクリート造柱梁接合部の鋼板補強工法の実用化に関する研究
研究者名※	上原 修一
所属組織※	久留米工業大学 建築設備工学科 教授
研究種別	研究助成
研究分野	建築技術
助成金額	150 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

( ) は、報告書提出時所属先。

# 大林財団 2019 年度研究助成実施報告書

所属機関名

久留米工業大学

申請者氏名

上原 修一

研究課題	鉄筋コンクリート造柱梁接合部の鋼板補強工法の実用化に関する研究
<p>(概要) ※最大 10 行まで</p> <p>柱梁接合部の鋼板補強工法の実用化を目指し、そのディテールを確立するほか、有効性を実験的に示すことを目的として、試験体 3 体による実験的研究を計画した。試験体 No. 1 は基準試験体、試験体 No. 2 は鋼板を配置したもの、試験体 No. 3 は試験体 No. 2 に加えて梁主筋を直交鋼板に定着したものとした。実験上のトラブルで試験体 No. 2 の結果が得られなかったが、試験体 No. 1 と試験体 No. 3 の結果より次の成果を得た。(1) 施工上、問題のない鋼板形状、配置を提案できた。(2) コンクリート強度が設計より大きくなり、鋼板の補強効果が十分に示せなかったが、基準試験体と比較し、試験体 No. 3 では、層間変形角 <math>R=3.0\%</math>、2 回目の加力で、等価粘性減衰定数が 2% 程度増大(増大率は 17%) することが明らかになった。</p> <p>今後、梁主筋定着の効果を確認するため、追加の実験が必要である。</p>	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>現行の設計法で、RC 造柱梁接合部が地震により被害を受け大きく損傷すると、補修は困難となってしまう事が多い。そのため、その様な構造物は取り壊し、建て直すことになる。地球環境を考えると、建築構造物は、より高寿命で高耐震性能であることが求められる。2016 年熊本地震の被害においても接合部の強度が不足していることが確認されている。そのため、本研究では鋼板補強工法を実用化するため、施工上も問題のない鋼板補強を提案し、履歴性状改善を確認することを目的とする。</p>	

2. 研究の経過	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<h3>2.1 試験体及び実験方法</h3> <p>(1) 試験体および材料の力学的性質</p> <p>本研究では著者らの研究を推進し、鋼板と梁主筋をエポキシ樹脂により定着させ、履歴性状の上昇を確認する。本工法に基づき、施工可能で性状の良い補強法を提案することを目標とする。</p> <p>施工に問題のない工法とするため次の鋼板形状とする。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 接合部中央に配置し、柱主筋および梁主筋との干渉を避けるものとする。</li><li>2) 直交方向にも鋼板を設け、梁主筋の定着板として利用する。</li></ol> <p>表 2.1 に試験体概要を示す。試験体 No. 1 は比較用とする基準試験体である。試験体 No. 2 は基</p>	

準試験体に対して接合部に鋼板を挿入している。試験体 No. 3 は No. 2 試験体鋼板形状に加えて、梁主筋を直交鋼板に鋼管とエポキシ樹脂を用いて定着させている試験体である。

表 2.2 に使用材料の力学的性質を示す。内蔵鋼板は、縞鋼板で製作したが、表 2.2 に示す力学的性質はミルシートによるものである。

表 2.1 試験体概要

番号	試験体名	試験体概要
No. 1	2020IJ1	鋼板補強をしていない試験体（比較用試験体）
No. 2	2020IJ2	鋼板補強している試験体
No. 3	2020IJ3	鋼板補強し、かつ梁主筋を鋼板に定着させている試験体

表 2.2 使用材料の力学的性質

材料	用途、試験体	名称、試験体名	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
鋼材	柱主筋	D13	378	453		1.95×10 <sup>5</sup>
	梁主筋	D10	361	489		1.90×10 <sup>5</sup>
	帯筋・あばら筋	D6	430	521		1.90×10 <sup>5</sup>
	鋼板	縞鋼板	350	452		—
コンクリート	No. 1	2020IJ1			36.8	2.93×10 <sup>4</sup>
	No. 2	2020IJ2			36.5	2.69×10 <sup>4</sup>
	No. 3	2020IJ3			38.9	2.64×10 <sup>3</sup>

図 2.1 に試験体 No. 3 の配筋を示す。試験体 No. 1 と試験体 No. 2 については、鋼板を除けば同一である。図 2.2 に試験体 No. 3 に内蔵した鋼板形状を示す。接合部内蔵鋼板については厚さ 6 mm の縞鋼板を 2 枚（せん断補強筋比 4.68% 相当の鋼板）使用している。鋼板は背中合わせに溶接し、直交方向にも配している。なお、帯筋のせん断補強筋比は 0.3% となっている。

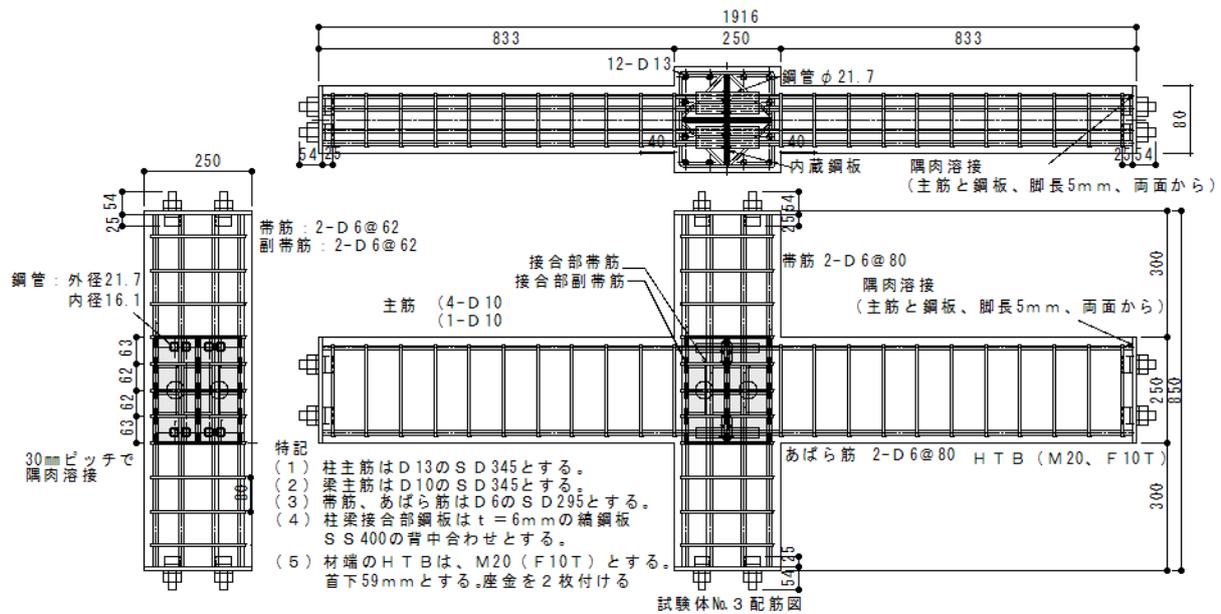


図 2.1 試験体 No. 3 の配筋図

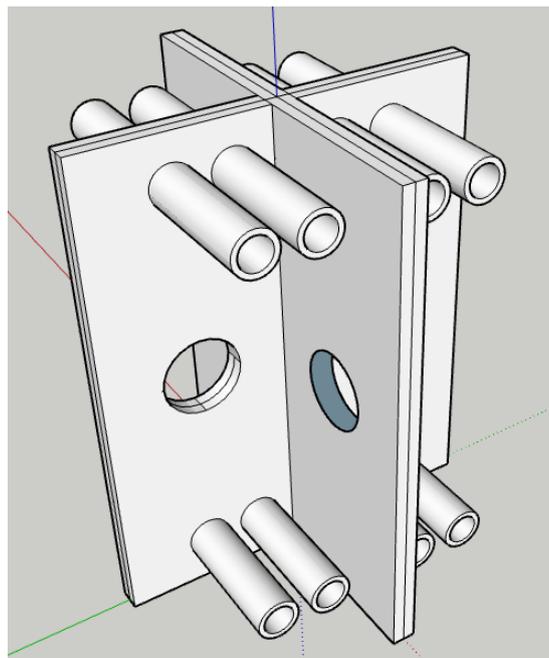


図 2.2 試験体 No. 3 の内蔵鋼板の立体図

## (2) 加力方法と変形測定装置

図 2.3 に各試験体の加力装置と変位計の位置（北面）を示す。

試験体は、図に示すように、梁端をローラー支持、および柱頭部、柱脚部をピン支持とした。水平方向に正負交番載荷した、本研究では柱軸力は加えていない。

加力は変位制御とし、層間変形角  $R$  に関し、約  $\pm 0.75\%$ 、 $\pm 0.75\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2.0\%$ 、 $\pm 3.0\%$ 、 $\pm 4.0\%$ 、 $\pm 5.0\%$ 、 $\pm 7.0\%$  で載荷を行い、 $\pm 0.5\%$  から  $\pm 5.0\%$  までは各々 3 回ずつ、 $\pm 7.0\%$  は 1 回とした、この加力方法は全試験体とも共通である。

また、柱頭と柱脚のピン位置の水平変位の差を柱ピン距離で除して層間変位角とした、梁端の回転量を測定するため、試験体 No. 1~No. 3 は梁端から 125mm と 250mm (梁せい区間) の位置にボルトを埋め込み、そのボルトの高さ 25mm の位置で内・外向きに固定し、変位計を測定面に当てて測定した。さらに接合部パネルのせん断変形については、変位計をパネル対角方向に設置し求めた。

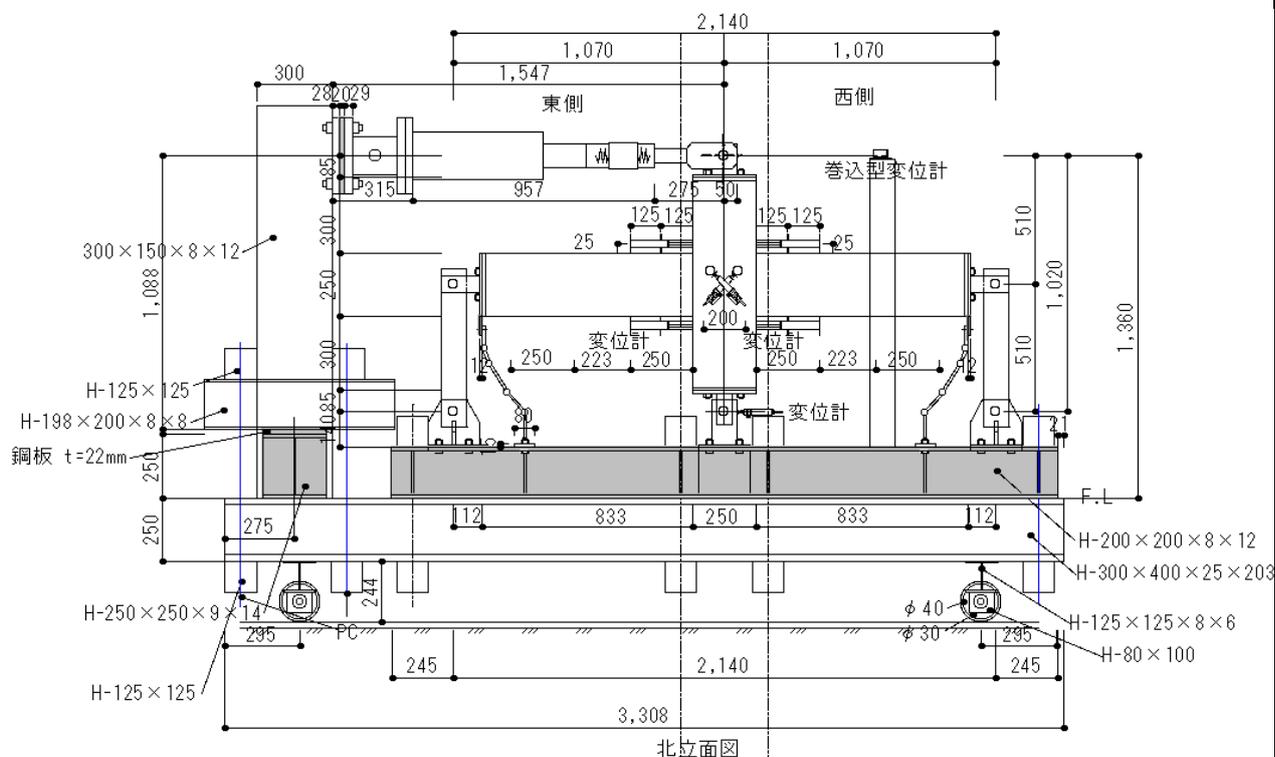


図 2.3 試験体の加力装置と変位計の位置

## 2.2 実験結果

### (1) 水平荷重と層間変形角の関係

図 2.4, 図 2.5 に試験体 No. 1 と No. 3 の水平荷重と層間変形角の関係を示す。試験体 No. 2 については誤った荷重をかけたことから実験結果を得られなかった。よって、以後の報告から除いている。

試験体 No. 1 は、層間変形角  $R=0.5\%$ 、 $-0.75\%$  の時に梁に、 $R=0.75\%$ 、 $-1.0\%$  の時に柱に曲げひび割れが生じた。また、 $R=1.0\%$ 、 $-1.5\%$  で接合部にせん断ひび割れが生じ始めた。

試験体 No. 3 は、 $R=\pm 0.5\%$  の時に梁に、 $R=\pm 1.0\%$  の時に柱に曲げひび割れが生じた。 $R=\pm 1.5\%$  の時に接合部にせん断ひび割れが生じ始めた。梁端部で水平耐力が決まることから、試験体 No. 1 とほぼ同じ水平耐力であり、履歴性状も似ているが  $R=5\%$  までの性状を見ると No. 3 がやや履歴性状が良いことが分かる。この様に、履歴性状があまり変わらなかったのは、コンクリート強度が設計基準強度 ( $F_c=21\text{N/mm}^2$ ) を大きく超えたことが一因と思われる。

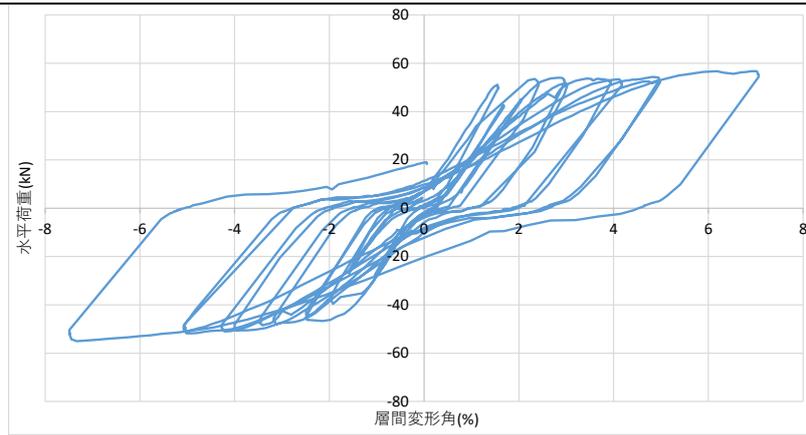


図 2.4 試験体 No. 1 の水平荷重と層間変形角のグラフ

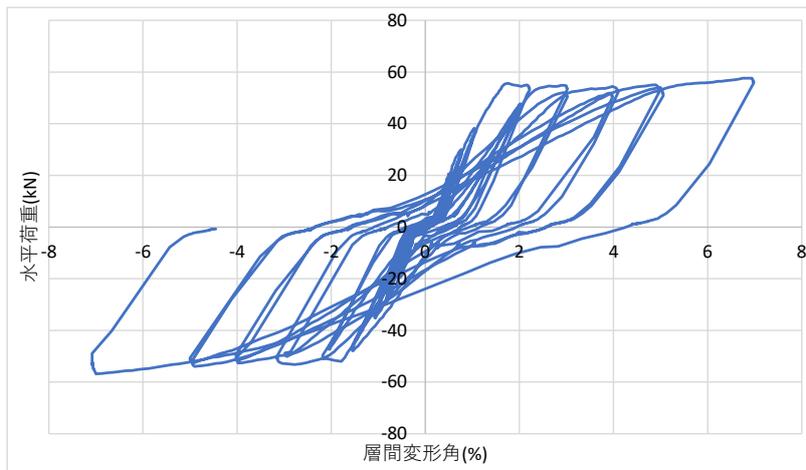


図 2.5 試験体 No. 3 の水平荷重と層間変形角のグラフ

(2) エネルギー吸収量

図 2.6～図 2.7 に試験体 No. 1 と No. 3 のと R=3% の 2 回目の履歴を示す。エネルギー吸収量は鋼板を挿入し、梁主筋をエポキシにより鋼板と定着させた試験体 No. 3 の方が大きくなっており補強効果があると確認できた。等価粘性減衰定数を求めると R=3% の 1 回目はあまり変化はなかったが、2 回目は試験体 No. 1 は 11.4%、No. 3 は 13.3% となり、約 2% の向上で、増加率は 17% であることを確認した。

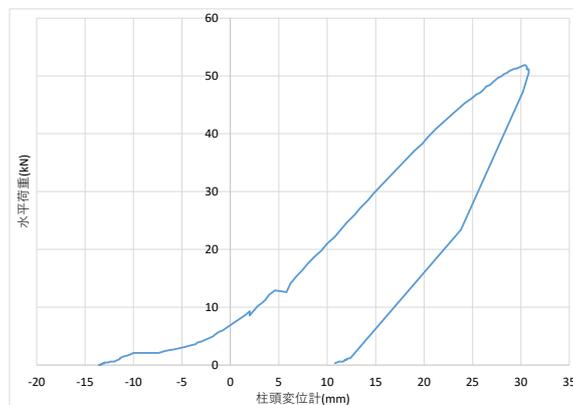


図 2.6 試験体 No. 1 の R=3% (2 回目)

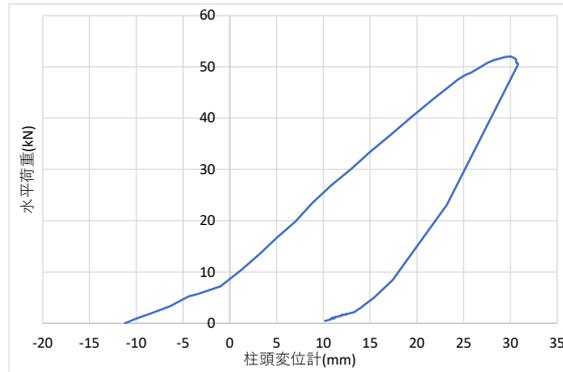


図 2.7 試験体 No. 3 の R=3% (2 回目)

### 3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

接合部の鋼板補強工法の実用化を目指し、加力実験を行った結果、以下の結論を得た。

- 1) 施工上、問題のない鋼板形状、配置を提案できた。
- 2) コンクリート強度が設計より大きくなり鋼板の補強効果が十分に示せなかったが、基準試験体と比較し、試験体 No. 3 では、層間変形角  $R=3.0\%$ 、2 回目の加力で、等価粘性減衰定数が 2% 程度増大(増大率は 17%)することが明らかになった。

### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

この度の実験から、次の課題を得た。

- 1) 本実験では、鋼板への定着なしの試験体 (No. 2) の実験結果が得られなかった。そのため、梁主筋定着の効果の解明が出来なかった。
- 2) 基準試験体の接合部損傷が少なく、内蔵鋼板の効果が十分解明できなかった。

以上のように十分な解明ができなかったことから、2021 年度追加実験する計画である。