

FRP ロッドを主筋としたコンクリート梁の曲げ付着性状について

豊橋技術科学大学建設工学教授 会員 角 徹三
豊橋技術科学大学建設工学大学院 会員 ○山下 恵康

1. 始めに

連続繊維は軽量かつ高強度、耐腐食性に優れているなどの特徴を持った材料である。このような材料をコンクリート構造物の補強材として用いる為の研究が進められている。本研究では芯材となる繊維に表皮材となる繊維を沿わせ、それを絞り込むことによって表面を異形化した連続繊維補強筋(以下FRP ロッド)を曲げ補強材として用いた梁の曲げ付着性状試験を行った。

2. 使用材料

2. 1 FRP ロッド

表1に主筋として用いたFRP ロッドの材料特性を示す。図1に引張応力度－歪関係を示す。本研究に用いたFRP ロッドの強度は、炭素繊維が鉄筋の約2.5倍、ガラス繊維が約1.7倍であり、弾性係数は、鉄筋のそれぞれ90%、35%であった。またこの図から、FRP ロッドは鉄筋と違い降伏域を持たない完全弾脆性材料であることがわかる。

2. 2 コンクリート

表2にコンクリートの配合表と圧縮強度を示す。

3. 実験概要

図2、表3に試験体の詳細を示す。試験体は、長さ1900mm、幅130mm、梁成230mmで、合計6体あり、そのうちの3体(図2の(a))は、ガラス(G-200)、炭素(C-200)、及び比較の為の鉄筋(S-200)を主筋に用いた。

残りの3体主筋に炭素を用いて、図2の(b)、(c)、(d)のように下端筋の定着長さを変化させ、曲げ付着性状を検討する試験体とした。また、跳ね出し部に横補強筋を配さない試験体にした。試験体名はS-200を例にするとSは主筋の種類を、数字は跳ね出し部の定着長さを表わす。載荷方法は2点載荷とし、曲げスパン400mm、せん断スパン550mmとした。

4. 実験結果

表4に梁試験の結果を示す。最初に跳ね出し部の定着長さを変化させていない試験体を考察する。最大たわみの項を見ると炭素が一番変形が小さい事がわかる。次にガラスが小さく、鉄筋が最も変形した。曲げ耐力は炭素が鉄筋の約3.5倍、ガラスは、約2倍となった。破壊形式を見ると、ガラスは、引張側主筋の破断による脆性的な破壊をし、主筋の引張強度によって梁の曲げ曲げ耐力が決まった。一方、炭素と鉄筋は圧縮縁コ

表1 主筋の材料特性

主筋		公称直径 (mm)	断面積 (mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	降伏点強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
種類	記号					
炭素繊維	CF-D-10-W	10.56	87.58	161.7		1264
ガラス繊維	GF-D-10-W	10.54	87.25	67.6		887.3
鉄筋	S-D-10	9.53	71.33	185.5	351.5	512.9
	S-φ-6	6.00	28.27	231.3	479.6	632.9

表2 コンクリートの配合および圧縮強度

最大粒径 (mm)	W/C (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位細骨材量 (kg/m ³)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	割線弾性係数 (kN/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
20	49.0	178	364	924	841	25.2	33.8

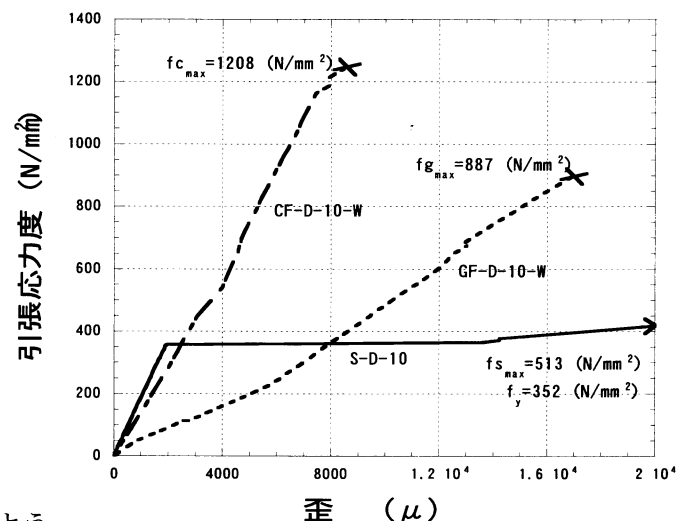


図1 引張応力度－歪関係

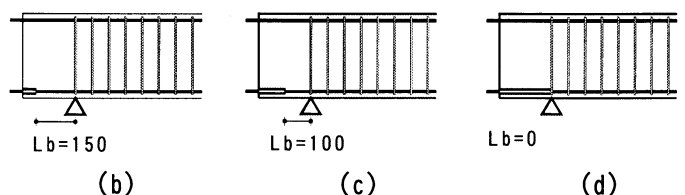
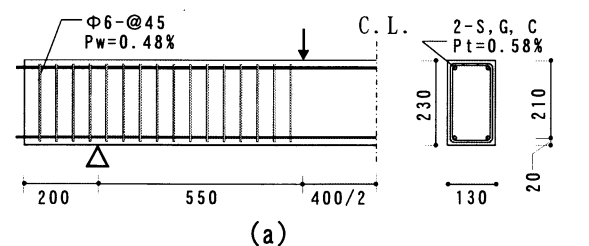


図2 試験体詳細図

キーワード：FRP ロッド、連続繊維補強筋、付着割裂破壊、曲げ破壊試験

441-8580 天伯町雲雀ヶ丘1-1 豊橋技術科学大学建設工学専攻

TEL 0532-47-0111 内線 5611 FAX 47-6831

ンクリートが圧壊し破壊した。

次に跳ね出し部の定着長さを変化させた試験体を考察する。C-200 の試験体と耐力を比較するとC-150は耐力にそれほど違いは見られず、C-100、C-0 は他の2体より耐力が低い結果となった。2体は、明らかに跳ね出し部の定着を変化させた事が試験体の耐力に影響した。この事により、定着の重要性が、鉄筋の試験体と同様にFRP ロッドの場合でも確認できた。また破壊形式を見ると、定着を短くした試験体はいずれも曲げ破壊を起こさず、C-150、C-100は付着割裂破壊、C-0はせん断破壊した。

4. 1 曲げモーメント－曲率関係

図3に曲げモーメント－曲率関係を示す。図は跳ね出し部の定着長さが200mmの試験体のみを示している。計算値は平面保持の仮定と材料の応力－歪曲線を用いて求めた。いずれの試験体も実験結果を大体表わしている。炭素の試験体は計算すると引張側主筋破断により破壊を起こす結果になったが、実験では圧縮縁コンクリートの圧壊で破壊を起こした。

試験体はいずれもひび割れに至るまでは同じ剛性を示した。その後、鉄筋と炭素の試験体は弾性係数が近い値なので剛性がほぼ同じまま加力が進み、鉄筋の試験体は主筋が降伏すると変形だけが增加し、炭素は同じ剛性を保ちながら脆性破壊した。ガラスは炭素と鉄筋より低い剛性を保ちながら、脆性破壊した。また、FRP ロッドの試験体は破壊後、除荷すると変形が戻ることがわかった。このことから実際の構造物に用いた場合、地震などの災害で構造が部分的に壊れても、修復が容易になり費用が経済的になる利点が考えられる。

4. 2 せん断力－主筋歪関係(支点位置)

図4に定着長さを変化させた試験体のせん断力と支点位置での主筋歪関係を示す。構造力学上の考えでは支点位置のモーメントはゼロであると仮定されているが、実際にはトラス作用により引張応力度が生じる。そこで今回の測定結果にトラス作用を考慮し求めた結果を図に示した。各々の試験体はそれよりも低い歪ではあるが引張応力度が生じている。また、耐力を比較すると、C-200、C-150には違いは見られなかったが、C-100、C-0は耐力が低い結果となった。定着を短くした試験体は、付着割裂破壊やせん断破壊を起こした。

5. まとめ

- ①曲げ破壊した試験体においては、炭素は鉄筋の約3.5倍、ガラスは約2倍の曲げ耐力を示した。
- ②跳ね出し部の定着は、連続繊維の試験体においても不可欠なものであることがわかった。
- ③跳ね出し部の定着が少ない試験体では定着が十分な試験体と比較して破壊形式が異なり、C-150とC-100は付着割裂破壊し、C-0はせん断破壊した。

表3 試験体の詳細

試験体名	主筋 ($P_t=P_s$)	引張鉄筋比 $P_t(\%)$	あばら筋比 $P_w(\%)$	跳ね出し部 定着長さ $L_d(\text{mm})$
S-200	2-S-D-10	0.52	0.48 ($\phi 6-\text{@}45$)	200
G-200	2-GF-D-10-W	0.58		200
C-200	2-CF-D-10-W			200
C-150				150
C-100				100
C-0				0

表4 梁の試験結果

試験体名	最大せん断力 ($\times 10^4 \text{N}$)	曲げひび割れ荷重 ($\times 10^4 \text{N}$)	最大たわみ (cm)	破壊形式
S-200	2.65	0.98	45.0	圧縮縁コンクリート 圧壊
G-200	5.52	0.12	27.0	引張側主筋 破断
C-200	8.48	0.99	21.0	圧縮縁コンクリート 圧壊
C-150	8.92	0.64	22.7	付着割裂破壊
C-100	7.53	0.64	18.2	付着割裂破壊
C-0	6.05	0.59	17.3	せん断破壊

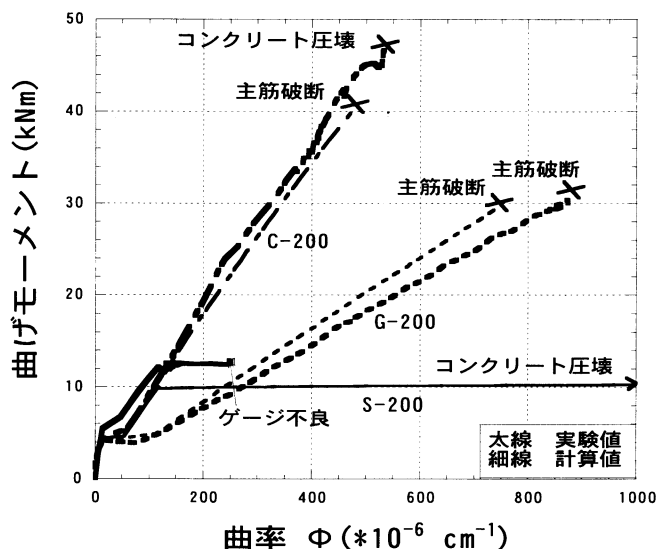


図3 曲げモーメント－曲率関係

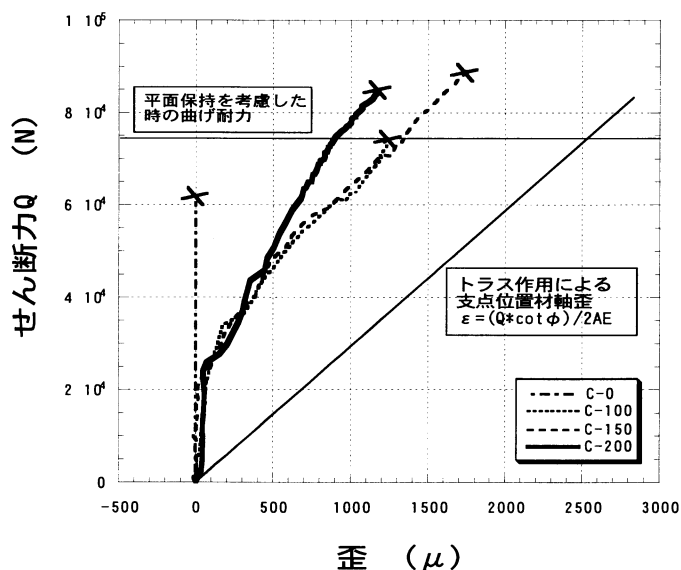


図4 せん断力－主筋歪（支点部）関係