

FRP ロッドを主筋に用いたコンクリート梁の曲げ・付着性状について

豊橋技術科学大学大学院 学生員 ○山下憲康
豊橋技術科学大学 正会員 角 徹三
福井魚網 FRP 開発室 正会員 小宮 巖

1 はじめに

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り、PC 橋の緊張材に頻繁に使用されている。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近年進められている。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、それをビニロン糸で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、曲げ補強材に用いたコンクリート梁の曲げ・付着性状試験を行った。

2 実験概要

2.1 FRP ロッド

表1にFRPロッドの材料特性及び詳細を示す。図1に主筋材の応力度－歪度関係を示す。本実験で用いたFRPロッドの強度は、炭素繊維が高強度鉄筋の約2倍、ガラス繊維は約0.9倍であり、弾性係数は鉄筋のそれぞれ90%、35%であった。図1より、FRPロッドは鉄筋と違い降伏域を持たない完全弾性・脆性材料であることがわかる。

2.2 コンクリート

表2に使用したコンクリートの配合表と強度を示す。

3 実験概要

図2、表3に試験体の詳細を示す。試験体は、幅130mm、梁成230mmで、計5体あり、そのうちの3体は図2の(a)のような、主筋に炭素(C-200)、ガラス(G-200)、そして比較のため、高強度鉄筋(S-200)を用いて、曲げスパン内の曲げ性状を検討する試験体とした。残りの2体は主筋に炭素を用い、跳ね出し部の定着機構を検討するため、図2の(b)、(c)のように、下端筋の定着長さを100、0に変化させ、横補強筋を配さない試験体とした。載荷方法は2点載荷とし、曲げスパン400mm、せん断スパン550mm、跳ね出し部の長さ200mmとした。

4 実験結果

4.1 曲げスパンの曲げ性状

表4に試験の結果を示す。最初にS、G、C-200の試験体について考察する。最大せん断力時のたわみを見ると、C-200が一番変形量が小さい。S-200は他の2体と比較して一番大きな変形量を示した。最大せん断力はC-200がS-200の約1.6倍、G-200は約0.9倍となった。破壊形式を見ると、S-200とG-200は引張側主筋の破断による脆性的な破

表1 主筋の材料特性

種類	炭素	ガラス	比較用 異形鉄筋	横補強筋
記号	CF-D-10-W	GF-D-10-W	S-D-10	S-φ6
公称直径(mm)	10.56	10.54	9.53	6.00
断面積(mm ²)	87.6	87.3	71.3	28.3
弾性係数(kN/mm ²)	178	54	193	184
降伏点強度(N/mm ²)			632	520
引張強度(N/mm ²)	1875	778	887	640
繊維含有率(vol%)	57.2	66.5		
節間隔(mm)	6	6	9	
繊維一本 当たり	直径(μm)	7	10	
	密度(g/cm ³)	1.51	2.07	
	引張強度(N/mm ²)	3432	3432	
	弾性係数(kN/mm ²)	235	72	

表2 コンクリートの配合及び強度

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 粗骨材量 (kg/m ³)	単位 細骨材量 (kg/m ³)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)
20	49.0	178	364	924	841	3.46	41.6

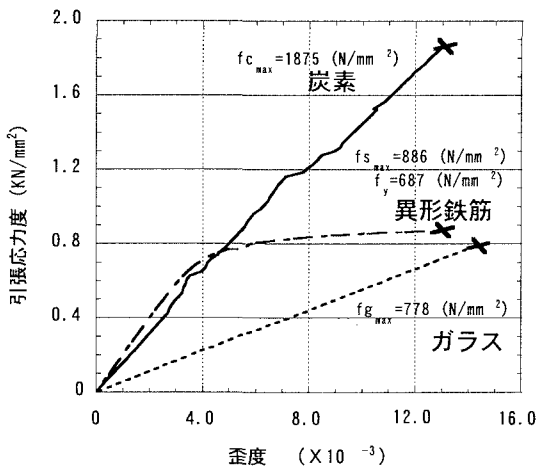


図1 主筋の引張応力度－歪度関係

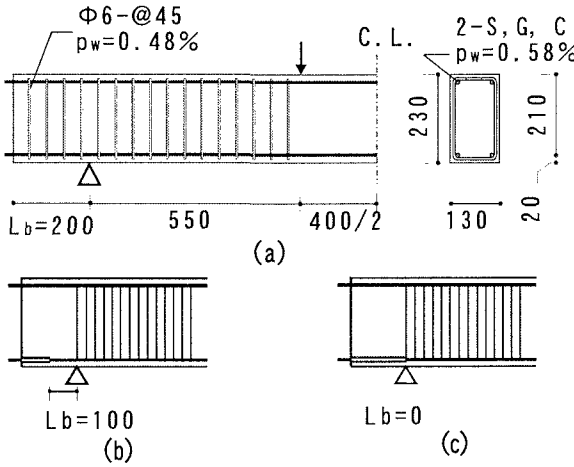


図2 試験体詳細図

壊をし、主筋の引張強度によって梁の曲げ耐力が決まった。一方、C-200は圧縮縁コンクリートが圧壊し、S-200やG-200のように激しい破壊ではなかった。

図3に曲げモーメント-曲率関係を示す。図は定着長さが200mmの試験体のみを示している。図の太線は実験値を表し、細線は平面保持の仮定と材料の応力度-歪度曲線から求めた計算値を示している。3体とも主筋の応力度-歪度特性に類似した結果となった。S-200とC-200は主筋の弾性係数がお互いに近いことから、剛性がほぼ同じ値を示した。S-200とG-200はどちらも引張側主筋が破断して破壊した。特にS-200は引張側主筋が降伏すると曲率が増大し、降伏時の3倍程度の曲率で、以降測定不能となった。C-200は主筋の応力が弾性域のまま圧縮縁コンクリートが圧壊し破壊する結果となった。

4.2 跳ね出し部の付着性状

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。試験体の最大せん断力を比較すると、C-200とC-100の試験体にそれ程違いはないが、C-0は明らかに耐力が低くなった。跳ね出し部下端筋の定着長さを短くした事が試験体の耐力を低下させた。破壊形式を見ると、C-100、C-0の2体の試験体は、何れも片側のせん断スパンで引張側主筋のかぶり部分が脆性的に剥がれる付着割裂破壊を起こした。

図4にせん断力と支点位置引張側主筋歪度との関係を示す。この図はC-0、C-100、C-200の3体を示している。構造力学では、単純梁の支点位置モーメントはゼロである。したがって支点位置の断面に応力が生じないはずだが、実際にはトラス理論により断面に応力が生じる。図に示した直線は、梁の抵抗機構がトラス作用のみとした場合の支点位置材軸歪度を示している。C-0は定着長さがゼロのため当然ながら歪は生じない。C-200、C-100の試験体はせん断力が20kNを超えるまでは、ほとんど歪は生じない。しかしその後は2体とも、図4の直線とほぼ同じ傾きで歪が生じており、支点位置で引張応力度が生じていることが分かった。

5 まとめ

- ①曲げ性状を検討した試験体（S、G、C-200）は、何れも主筋の応力度-歪度特性に良く類似した結果となった。
- ②跳ね出し部の定着長さを短くした試験体は、定着が十分な試験体と比較して、破壊形式が脆性的になることが分かった。

表3 試験体の詳細

試験体名	主筋	鉄筋比 ($\rho_t = \rho_s$) (%)	あばら筋比 ρ_w (%)	跳ね出し部 定着長さ L_d (mm)
S-200	2-S-D-10	0.52	0.48 ($\phi 6 - @ 45$)	200
G-200	2-GF-D-10-W	0.58		200
C-200	2-CF-D-10-W			200
C-100				100
C-0				0

表4 試験結果

試験体名	曲げひび割れ 発生せん断力 (kN)	最大 せん断力 (kN)	最大せん断力 時のたわみ (mm)	破壊形式
S-200	9.8	53.1	26.9	引張側主筋破断
G-200	2.9	49.7	24.8	引張側主筋破断
C-200	6.9	86.9	20.8	圧縮縁コンクリート 圧壊
C-100	5.9	83.9	21.0	付着割裂破壊
C-0	6.9	58.9	15.8	付着割裂破壊

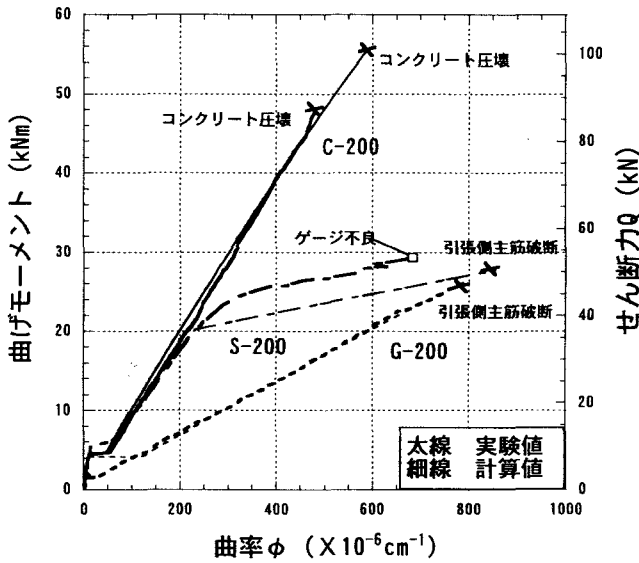


図3 曲げモーメント-曲率関係

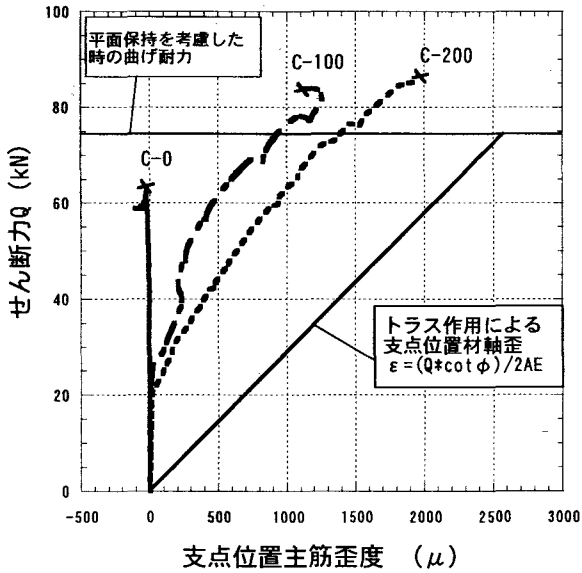


図4 せん断力-支点位置主筋歪度関係