

V-486

FRPおよびRC部材のねじり挙動に関する実験的研究

国士舘大学 正会員 久家秀龍

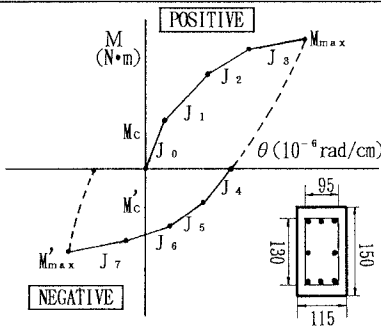
国士舘大学 正会員 川口直能

1. はじめに 本研究はFRPをコンクリート部材の補強筋として適用するための一連の研究のうち、アラミド繊維強化プラスチック（AFRP）ロッドまたは炭素繊維強化プラスチック（CFRP）ロッドを軸方向および横方向補強筋とした部材にねじりモーメントが作用した場合のねじり耐力や変形状、ねじり剛性の変化等に関し従来の鉄筋を用いた部材と実験面から比較検討し、設計に関する一資料を得ようとするものである。

2. 実験概要 試験体の補強筋には、それぞれ公称直径7mmの組紐状AFRP筋、CFRP筋、公称直径10mmの鉄筋を用い、AFRPおよびCFRP部材の横方向筋は3.5cm間隔でらせん状に、従来のRC部材の横方向筋は帯状に配置した。軸方向筋の本数は、いずれの部材も8本とした。試験体は各3体、無筋部材を2体、計11体である。実験方法としては一端が固定、他端を円周方向に可動とした張出しアーム形式のねじり試験機を用い、アーム先端に油圧ジャッキにより鉛直荷重を静的に正方向に一定速度で加え、ねじり耐力、ねじれ角、補強筋のひずみ等を測定した。また、正方向載荷で最大耐力に達した部材に負方向のねじりモーメントを加え、どの程度の耐力低下が生ずるかも調べた。

3. 実験結果 測定結果を表-1に、ねじりモーメントとねじれ角の関係の代表例を図-1に、ひび割れ発達状況の代表例を写真-1～3に示した。

表-1 測定結果

Specimens	M		θ		J								Qualities of materials (MPa)	
	M _c	M _{max}	θ_c	θ_{max}	J ₀	J ₁	J ₂	J ₃						
PLAIN CONCRETE	1567	—	25.7	—	61.0	—	—	—						concrete f _c =52.1 f _t =3.90 f _b =5.37 E=0.327*10 ⁵ Mild Steel f _y =374 f _u =431 E=0.167*10 ⁶ AFRP f _u =1383 E=0.056*10 ⁶ CFRP f _u =1628 E=0.161*10 ⁶
Mild Steel	1796	4226	34.3	818	52.4	18.2	6.60	3.00						
AFRP	1717	3684	35.7	1203	48.1	12.4	1.90							
CFRP	1543	4346	33.0	898	46.8	7.80	3.90							
Specimens	M'		θ'		J'									
	M' _{max}	θ'_{max}	J' ₄	J' ₅	J' ₆	J' ₇								
Mild Steel	803	2715	103	2320	7.80	1.61	0.82	0.21						
AFRP	930	2725	295	2250	3.15	1.40	0.62							
CFRP	1040	3280	105	2740	9.90	1.65	0.92	0.58						

M:ねじり耐力 (N·m) θ :ねじれ角 (10^{-6} rad/cm) J:ねじり剛性 (10^6 N·cm²)

(1)ねじり耐力 無筋部材、RC、AFRP、CFRP部材のねじりひび割れ発生耐力は、ほぼ等しい値を示した。また負方向載荷では、正方向載荷重時の40～60%程度の耐力でひび割れが発生した。最大ねじり耐力については、とくに負方向載荷において正方向載荷時の最大耐力のRC部材で35%、AFRP部材、CFRP部材で25%程度低下する傾向が得られた。これらの結果を並行して観察したひび割れ挙動から考察する。RC部材はFRP部材と比べて、ひび割れの分散が少なく部分的に集中して最大耐力に至る。一方、FRP部材はひび割れが全面に多数分散し、最大耐力近傍では軸方向筋に沿うひび割れ等が観察され、かぶりコンクリートの剥離を伴って変形が増大し剛性が低下しながら最大耐力に至る。この傾向はAFRP部材の方が顕著である。負方向載荷を加えた場合も同様で、RC部材は正方向載荷時の損傷部分に集中してひび割れが拡幅する。このためRC部材の方がFRP部材よりも残留耐力が少

ない傾向を示したと思われる。

(2)ねじれ角 ひび割れ発生時のねじれ角はRC、AFRP、CFRP部材の違いによる差異は認められない。しかし、負方向載荷でのひび割れ発生時のねじれ角は、RC、CFRP部材ではほぼ等しい値を示すが、AFRP部材はこれらの3倍程度の値を示し、ひび割れ発生時での変形が大きい。

写真：ひび割れ発達状況

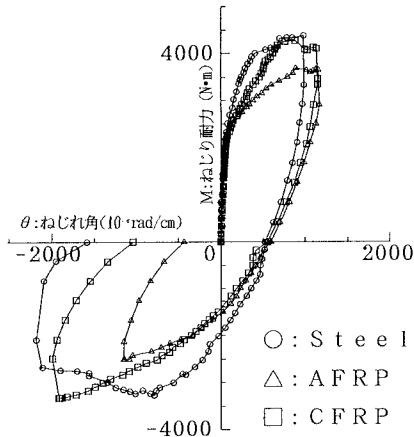


図-1. ねじりモーメント-ねじれ角

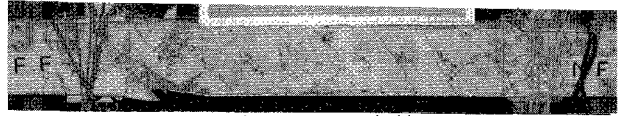


写真-1. RC部材

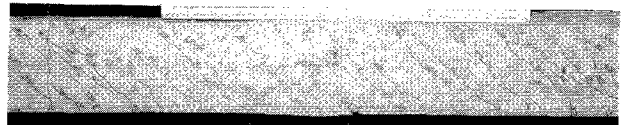


写真-2. AFRP部材

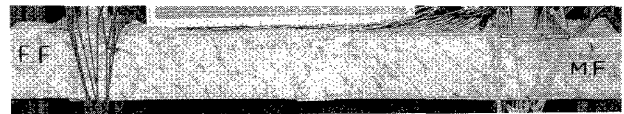


写真-3. CFRP部材

最大耐力時のねじれ角はひび割れ発生時のねじれ角のRC部材は24倍、AFRP部材34倍、CFRP部材27倍となり、AFRP部材の変形の度合いが大きい。一方、負方向載荷での最大耐力時のねじれ角はRC部材およびCFRP部材では正方向載荷時の3倍程度、AFRP部材は2倍程度の値を示した。

(4)ねじり剛性 初期剛性に関しては若干のパラッキはあるが、補強筋の違いによる影響は認められない。また、ひび割れ発生から最大耐力に至るまでの剛性はAFRP、CFRP、RC部材の順序で低下率大きい。一方、負方向載荷での剛性の変化はRC、CFRP部材はほぼ等しい傾向を示すが、AFRP部材はこれらより低い値を示し低下率も大きい。AFRP筋は鉄筋、CFRP筋と比べ低弾性であるため、AFRP部材ではひび割れ発生後の剛性の低下が著しいと思われる。

4. まとめ 補強筋に鉄筋、AFRP筋、CFRP筋を用いた部材のねじり挙動、また最大耐力後に負方向ねじりモーメントを加えた場合の特徴を列記すれば次の通りである。

- (ア) RC部材に比べFRP部材は、同一スターラップ間隔ではひび割れの分散傾向が認められる。
- (イ) AFRP部材はひび割れ発生後の剛性の低下が著しいことが特徴である。これはAFRP筋は鉄筋、CFRP筋と比べ低弾性であるためと思われる。
- (ウ) ねじりによる損傷部材の耐力は、いずれの部材もひび割れ発生耐力は正方向載荷時の半分程度、最大耐力は本来のねじり耐力のRC部材が65%程度、FRP部材は75%程度である。

なお、FRP筋を用いた場合のねじり耐力および、ひび割れ発生後の剛性の定式化については低弾性高強度素材の拘束効果などが未解明なため、今後の検討課題である。

関連文献

- 1) N. Kawaguchi, H. Kuga, T. Yoda: Torsional Strength of Concrete Members with Non-Prestressed Aramid FRP Reinforcement. The Fifth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Session III. Vol. 2, pp. 1047-1052, 27 JULY 1995.
- 2) 久家秀龍・川口直能：ねじりを受けるAFRPコンクリート部材の剛性および耐力低下に関する2, 3の実験 土木学会 第50回年次講演会 概要集 第5部門 1995, 9