

1. はじめに 近年、たとえば鉄筋の腐食によるコンクリート構造物の劣化対策として軽量、高強度、非磁性であり、また耐食性、耐薬品性に優れた繊維強化プラスチック(FRP)をコンクリート補強材に使用する方法が検討されている。本研究は、アラミド繊維強化プラスチック(AFRP)筋を軸方向筋および横方向補強筋とした試験体についてねじりモーメントが作用した場合の挙動を明らかにすると共に、材料の高強度性などを考慮したねじり補強の一資料を得ようとするものである。

2. 実験概要 試験体の形状寸法は、図-1に示すように幅15cm、高さ20cm、長さ2mとし、補強筋にはアラミド繊維を組紐状に編んでエポキシ樹脂で固めた引張強度13360kgf/cm²、ヤング係数0.63×10⁶kgf/cm²のAFRP異形筋を用い、軸方向筋には直径10mmを使用し、横方向筋には直径8mmのものをらせん状に配置した。なお軸方向筋は、コンクリートとの付着性能を向上させるため表面に砂が接着されているものとした。配筋については表-1に示すように、軸方向筋の数を4本、6本、8本とし、それぞれ横方向筋なし、および横方向筋の間隔を7cm、3.5cmと変化させ、試験体を9種類、各2体ずつ作成した。また、無筋部材のねじり特性を調べるための試験体も同時に製作した。なお試験方法については図-1に示すような張出しアーム形式の油圧式ジャッキによるねじり試験機を用い、純ねじりを単調増加によって加えた。また最大ねじりモーメントに達した後も、最大以後の耐力低下を検討するために一定のレベルで油圧を送り続けた。測定項目としては、ねじれ角、AFRP筋のひずみに重点をおいた。

3. 実験結果 測定結果の要点を表-2に、またねじりモーメントとねじれ角の関係の代表例を図-2~4に示した。同表および同図から次の傾向が認められる。

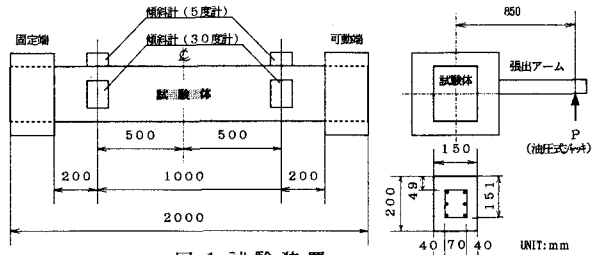


図-1 試験装置

3-1. ひびわれ発生(ねじりひびわれ発生強度) ねじりモーメント-ねじれ角曲線の第1変曲点をねじりひびわれ発生強度と定義した¹⁾。無筋の試験体と比較してひびわれ発生強度は10%~30%程度低下し、低下率は軸方向筋量が多いほど、また横方向筋の間隔が密なほど大きくなる傾向が得られた。

3-2. 最大ねじりモーメント(最大ねじり強度) 最大ねじり強度については軸方向筋量、横方向筋の有無および間隔の違いによる影響は、本実験ではほとんど認められなかった。一方、ひびわれ発生強度を基準として最大ねじり強度に至るまでの耐力の余裕は、横方向筋を設けず軸方向筋の数を4本、6本、8本とした場合10%程度ずつ増加する。また特に軸方向筋の数を8本と一定にし横方向筋を設けないもの、7cm間隔、3.5cm間隔と設けたものを比較すると10%程度ずつ最大ねじり強度に至るまでの耐力の余裕が増加する傾向が得られた。

3-3. ねじり剛性 ねじりモーメントとねじれ角の関係(図-2~4参照)を拡大して別に描いたところ、補強が本実験の範囲内で十分である試験体については最大ねじり強度に至るまでに3つの変曲点が認められた。ひびわれ性状の観点からは、第1変曲点はひびわれ発生、第2変曲点、第3変曲点は別のひびわれ発生、ひびわれの枝分かれ、ひびわれの全周にわたらせん状の進展などに対応している。これらの変曲点間は、ねじれ角は直線的に変化したので、その傾きを実験から得られるねじり剛性とみなして表-2にまとめた。各試験体の初期剛性(原点~第1変曲点)については、ほとんど差異はなかった。ひびわれ発生後は段階的に初期剛性の40%~5%程度にまで低下し、低下傾向は以前に実施したRC部材のねじり試験²⁾によって得られたものよりも顕著であった。また、ねじりモーメントが最大になったのちでは、横方向筋を設けていない試験体4-0、6-0等は耐力が急激に低下するが、軸方向筋量の多いものほど、また横方向筋の間隔の密なものほど低下傾向は少なくなる。

表-1 試験体の種類

軸方向筋の数	横方向筋の間隔 cm	試験体数
無筋	-	6
4φ10	7	2
	3.5	2
6φ10	7	2
	3.5	2
8φ10	7	2
	3.5	2

表-2 測定結果

試験体	ねじり強度 (kgf・m)			変形								コンクリートの品質	
	ひび発生 Mc	最大強度 Mt	Mt/Mc	ねじれ角 10^{-6} rad/cm		ねじり剛性 M/θ (10^6 kgf・cm ²)							
				ひび発生時 θ_c	最大強時 θ_t	変曲点			1-最大 2-最大 3-最大	最大後			
						0-1	1-2	2-3					
4	無筋	465	485	1.00	34.0	34.0	13.7	-	-	-	-	-	圧縮強度 490kgf/cm ²
	7	381	416	1.09	28.0	31.0	13.6	-	-	11.7	-3.09	引張強度 477kgf/cm ²	
	3.5	368	459	1.25	25.3	32.5	14.5	8.20	-	4.30	-1.39	引張強度 33.7kgf/cm ²	
6	無筋	421	421	1.00	32.9	32.9	12.8	-	-	-	-	圧縮強度 477kgf/cm ²	
	7	380	435	1.15	26.0	33.2	14.6	-	-	7.64	-4.40	引張強度 36.1kgf/cm ²	
	3.5	409	442	1.08	30.9	45.4	13.2	6.57	-	0.91	-0.35	引張強度 33.3kgf/cm ²	
8	無筋	463	463	1.00	28.8	28.8	16.1	-	-	-	-	圧縮強度 475kgf/cm ²	
	7	347	424	1.22	22.8	37.5	15.3	7.02	-	4.40	-0.95	引張強度 33.3kgf/cm ²	
	3.5	316	432	1.37	21.0	125	15.0	5.48	3.17	0.31	-0.27	引張強度 33.3kgf/cm ²	

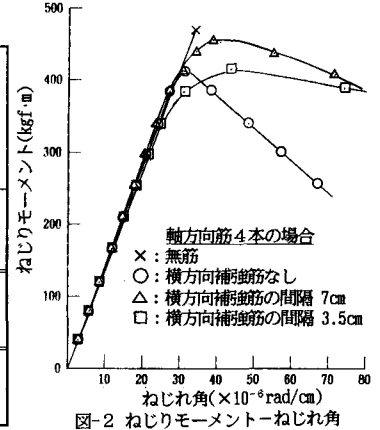


図-2 ねじりモーメント-ねじれ角

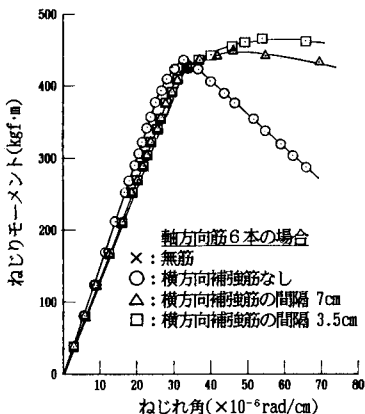


図-3 ねじりモーメント-ねじれ角

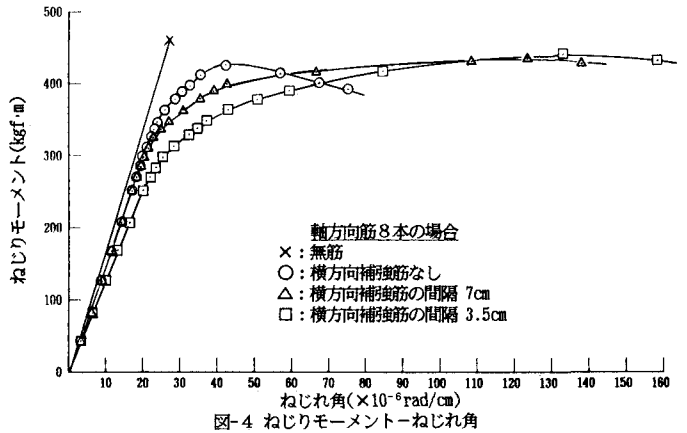


図-4 ねじりモーメント-ねじれ角

4. まとめ AFRP筋を用いて軸方向筋量および横方向補強筋の間隔を変化させた部材のねじり挙動について本実験の範囲内で得られた特徴を列記すれば、次のとおりである。

a. ねじり挙動およびねじり剛性 横方向補強筋のない軸方向筋のみの試験体の場合、ひびわれは分散せず一所に集中し、ひびわれ発生から最大ねじりモーメントまでの強度と変形の余裕は極めて少なく、その傾向は軸方向筋量が少ないほど顕著である。また最大ねじりモーメントに達した後は、急激に耐力が低下する。一方、横方向補強筋を設けた場合、軸方向筋量が多いほど、また横方向補強筋の間隔を密にするほど、ひびわれが分散しひびわれ発生から最大ねじりモーメントまでの強度と変形の余裕が認められ、最大ねじりモーメント以後も耐力の低下が少ない。なお、初期剛性はほぼ一定であるが、ひびわれ発生後の剛性低下はRC部材より大きい傾向にある。

b. ねじりひびわれ発生強度 無筋の試験体と比較して軸方向筋量が多いほど、また横方向補強筋の間隔が密なほど低下する傾向がある。この理由については現時点では不明であるが、附着が比較的早期に喪失し、AFRP筋(軸方向ならびに横方向筋の双方)との境界面が内部欠陥となっている可能性も考えられる。AFRP筋のねじり附着性状に関する追加実験が必要と思われる。

c. 最大ねじり強度 軸方向筋量、横方向補強筋の間隔によらず概ね一定の値となる。しかし、耐力算定式の提案には至らず、軸方向および横方向補強筋の種類、形状、量、品質など条件を違えた追加実験による資料の蓄積とつり合い機構の解明が必要である。

[参考文献] 1)松島博,久家秀龍他:ねじりを受けるPC部材のひびわれ,国土館大学工学部紀要第11号,昭和53年3月 2)松島博:ねじりを受けるRC部材の破壊強度設計法,国土館大学工学部紀要第8号,昭和50年3月