

V-152 ねじりを受けるAFRPコンクリート部材の変形性状に関する2.3の実験

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

近年、高強度であり、非磁性、耐食性に優れている繊維強化プラスチックをコンクリート補強材として使用する方法が検討されている。本報告は、アラミド繊維強化プラスチック（AFRP）ロッドを補強筋とした試験体に、ねじりモーメントが作用した場合の特に変形性状について、実験面から検討したものである。

2. 実験概要⁽¹⁾

試験体は長方形断面とし、補強筋にはAFRP異形筋を用い、軸方向筋には表面に砂が接着された直径10mmのものを使用し、横方向筋には直径8mmのものをらせん状に配置した。配筋については表-1に示すように軸方向筋の数を4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と変化させた。なお、横方向筋については砂が接着されたものと、されていないものを用いた。試験体は無筋部材を含め11種類（各2体）である。載荷方法は張出しアーム形式の試験機により、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および変形性状を検討するために一定のレベルで油圧を送り続けた。

3. 実験結果

測定結果の要点を表-1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-1、図-2に示した。今回の実験では、ねじりモーメントとねじれ角の関係は、① ひびわれ発生（肉眼による）と同時に最大耐力となり、最大耐力以後は急激に耐力が低下するもの（図-1）② ひびわれ発生から最大耐力に至るまでに余裕があり、最大耐力以後の耐力低下が少ないもの（図-2）の大別して2通りの傾向が得られた。同表および同図から次の点が認められる。

3-1. ねじり耐力 ねじりひびわれ発生耐力は、コンクリートの品質、断面寸法の影響が支配的であり、軸筋量、横方向筋の間隔および砂接着の有無の影響は認められず、概ね一定の値を示した。最大ねじり耐力については、軸筋量の影響は明確にすることができなかったが、横方向筋の砂接着の有無に注目すれば、いずれの条件においても砂接着したほうが、最大耐力が若干増加する傾向にある。

3-2. ひびわれ発生耐力時のねじれ角 横方向筋の間隔および砂接着の影響は、軸筋量4本シリーズでは認められなかったが、軸筋量を8本とした場合は横方向筋の間隔を密にするほど、さらに砂を接着した試験体ほど、10%～20%程度ねじれ角が増加する傾向が得られた。

3-3. 最大耐力時のねじれ角 軸筋のみの試験体や軸筋量が少なく横方向筋の間隔が広いものは、ひびわれ発生と同時に最大耐力となる。軸筋量が一定の場合は横方向筋の間隔を密にすれば、最大耐力時のねじれ角はひびわれ発生時のねじれ角の約1.3倍～2.3倍となった。

3-4. ねじり剛性 ねじりモーメントとねじり角の関係を拡大して別に描いたところ、最大ねじり耐力に至るまでにいくつかの変曲点が認められた。ひびわれ性状の観点からは、第1変曲点または第2変曲点は、ひびわれ発生あるいは他断面へのひびわれの進展に対応している。これらの変曲点間では、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たねじり剛性とみなして表-1にまとめた。同表によれば初期剛性（原点～第1変曲点）は軸筋量4本シリーズではほとんど差異はない。軸筋量8本シリーズでは横方向筋を設けた試験体は概ね一定の値を示したが、横方向筋を設けていない試験体のみ50%程度高い値を得た。その後の最大耐力に至るまでの剛性は、ひびわれの進展状況に応じて初期剛性の60%～10%にまで低下し、低下率は以前に実施した通常の鉄筋を用いた部材のねじり試験で得られた傾向⁽²⁾よりも大きい結果を得た。

3-5. 最大耐力以後の耐力低下 軸筋のみの試験体や、軸筋量が少なく横方向筋の間隔が広い試験体は、最大耐力以後は耐力が急激に低下する。軸筋量を多くし横方向筋の間隔を密にすれば耐力低下が少なく、最大耐力の80%程度の耐力を維持しながら変形が進む。

表-1. 測定結果

軸方 筋数	試験体		M(kgf·m)			θ (10 ⁻⁶ rad/cm)			ねじり剛性 (10 ⁸ kgf·cm ²)					コン クリ ートの品質 (kgf/cm ²)
	横筋(間隔)	形状	M ₁	M _c	M _u	θ_1	θ_c	θ_u	J _a	J ₁	J ₂	$\frac{J_1}{J_a}$	$\frac{J_2}{J_a}$	
4	無筋	—	—	338	—	—	20.8	16.3	—	—	—	—	—	f _c =403 f _t =32.3
	—	—	387	426	—	22.4	28.3	17.3	—	6.6	—	0.38	—	
	7	—	350	402	—	21.0	34.0	16.7	—	4.0	—	0.24	—	
	7	砂付	440	476	—	23.5	27.2	18.7	—	9.7	—	0.52	—	
	3.5	—	308	367	389	17.7	25.8	39.3	17.4	7.3	1.8	0.42	0.10	
8	3.5	砂付	225	401	433	11.5	28.7	37.1	19.4	10.2	3.8	0.53	0.20	f _c =368 f _t =29.6
	無筋	—	—	355	—	—	23.3	15.2	—	—	—	—	—	
	—	—	320	391	—	16.6	24.0	19.3	—	9.6	—	0.50	—	
	7	—	340	411	—	27.2	48.0	12.5	3.2	—	—	—	0.26	
	7	砂付	295	381	423	23.0	34.5	56.1	12.8	7.5	1.9	0.59	0.15	
本	3.5	—	—	415	423	—	30.1	38.3	13.8	—	1.0	—	0.07	
	3.5	砂付	290	381	429	23.0	37.5	84.7	12.6	6.3	1.0	0.50	0.08	

M: ねじりモーメント(kgf·m)

M₁: ひびわれ発見以前の変曲点のねじりモーメント

M_c: ひびわれ発見時のねじりモーメント

M_u: 最大ねじりモーメント

 θ : ねじれ角(10⁻⁶rad/cm)

 θ_1 : ひびわれ発見以前の変曲点のねじれ角

 θ_c : ひびわれ発見時のねじれ角

 θ_u : 最大ねじりモーメント時のねじれ角

J_a: 初期剛性

J₁: ひびわれ発見以前の変曲点

~ひびわれ発見の剛性

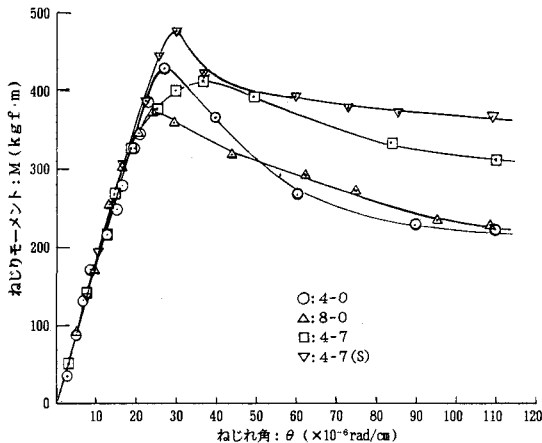
J₂: ひびわれ発見~最大耐力の剛性


図-1. ねじりモーメント-ねじれ角 (1)

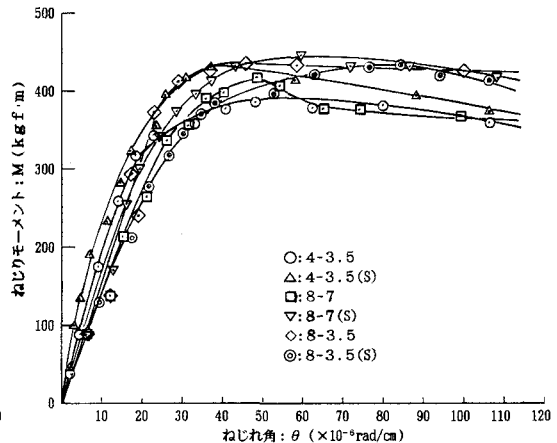


図-2. ねじりモーメント-ねじれ角 (2)

4. まとめ 補強筋としてAFRPロッドを用いて軸方向筋量、横方向補強筋の間隔および付着性状を変化させた部材の変形状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. ねじり耐力および変形 ひびわれ発生耐力はコンクリートの品質と断面寸法の影響が大きく、補強筋の有無に拘らず概ね一定の値を示す。また軸筋のみや、軸筋量が少なく横方向筋の間隔が広い場合ひびわれが分散せず所に集中し、ひびわれ発生から最大ねじりモーメントまでの耐力および変形の余裕がない。軸筋量が少なくても横方向筋の間隔を密にしたもの、あるいは軸筋量が多く横方向筋の間隔が密なもの、さらに砂が付着されているものほど、とくに最大耐力時の変形は大きな増加傾向が認められる。

b. ねじり剛性 ひびわれ発生前後で通常のRC部材と比較して大きな変化が見られるのが特徴である。本実験ではひびわれ発生後は初期剛性の60%~10%にまで低下することが認められた。最大耐力以後は軸筋のみの場合と、軸筋量が少なく横方向筋の間隔が広いときには耐力が急激に低下する。軸筋量を多くし、横方向筋の間隔を密にすれば耐力低下が少なく、最大耐力の80%程度の耐力が確保できる。

以上を総合すれば耐力や変形の観点から長方形断面の場合、軸方向AFRP筋は4本以上、また横方向補強筋をらせん状に配置するとき、少なくとも間隔は $d_o/4$ 程度を確保することが適当と思われる。

〔参考文献〕1)久家, 川口: AFRPロッドを補強筋に用いたコンクリート部材のねじり耐力, 第20回関東支部講演概要集, 平成5.3. 2)松島: ねじりを受けるRC部材の破壊強度設計法, 国土舘大学紀要第8号, 昭和50.3.