

V-468 AFRPロッドで補強したコンクリート部材のねじり剛性について

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 軽量、非磁性、耐錆、高強度性などの特徴を有するFRPについて、コンクリート部材のねじり補強筋とした研究報告は少ない。本報告はFRPをコンクリート部材に適用する一連の研究のうち、アラミド繊維強化プラスチック(AFRP)筋を軸方向および横方向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ひび割れ耐力や、ひび割れ発生前後のねじり剛性等に関し、主に実験面から検討したものである。

2. 実験概要 補強筋としてAFRP筋を軸方向筋および横方向筋(いずれもRA9S、公称直径9.0mm)に使用し、試験体の断面形状および配筋は、図-1、表-1に示すように、横方向筋の囲む有効断面面積の大きい試験体(コア大、 $p_v=0.0235$)、小さい試験体(コア小、 $p_v=0.0164$)とした。軸方向筋の本数は4本、8本と変化させた。試験体は無筋部材を含めて5種類(各2体)であり、張出しアーム形式の油圧ジャッキにより純ねじりを単調増加によって加えた。

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-2に示した。同表および同図から次の傾向が認められる。

3-1. ねじりひび割れ発生耐力 ねじりモーメント-ねじれ角曲線の第一変曲点をねじりひび割れ発生強度と定義した¹⁾。表-1に示すように無筋部材と比較して、軸方向筋量、横方向筋の囲む有効断面面積の大きさなどの影響は、ほとんど認められなかった。またひび割れ発生強度を弾性理論に基づく(1)式¹⁾によって求めたが計算値と実験値は、さほど違いはなく、AFRP筋で補強したコンクリート部材であっても、補強筋の影響を無視した(1)式によってひび割れ発生強度を推定できと思われる。

ここで

$$M_{tc} = \alpha b^2 h \tau \quad \text{-----}(1)$$

τ : ねじりせん断応力度

α : 断面の縦横比に基づくねじり定数

3-2. ひび割れ発生前後の剛性等の変化 ねじりモーメントとねじれ角の関係を拡大して別に描いたところコア大の試験体については、最大耐力に至るまでに3つの変曲点が認められた。ひび割れ性状の観点から第1変曲点はひび割れの発生、第2変曲点は別のひび割れの発生またはひび割れの枝分かれ、第3変曲点はひび割れがらせん状に連続した状態などに対応している。これらの変曲点の前後では、グラフは直線的に変化したので、その傾きをねじり剛性とみなして表-1にまとめた。コア小の試験体は、ひび割れ発生後は初期剛性の10%~40%程度に剛性が低下して、ひび割れが一所に集中し、ひび割

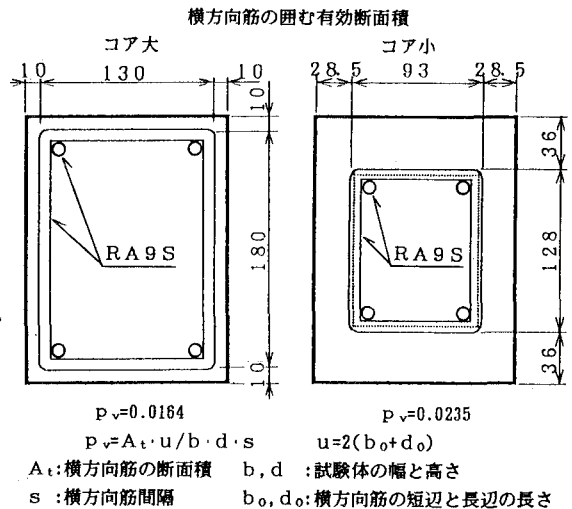


図-1. 断面形状および配筋

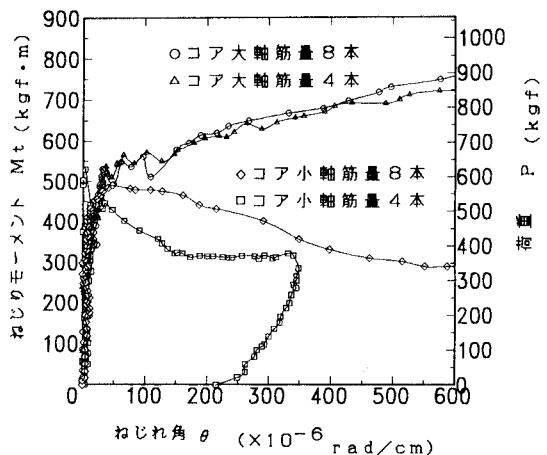


図-2. ねじりモーメント-ねじれ角曲線

表-1. 測定結果

試 験 体		耐 力 (kgf・m)						剛 性 (10 ⁶ kgf・cm ²)									コン クリ ト の 品 質 (kgf/cm ²)	
横筋 囲面	軸方筋量 本数 NO.	M _{tc}			M _u	M _{tc}			J ₀			J ₁			J ₁ /J ₀			
		実験	(1) 計算	実/計		実験	(1) 計算	(2) 計算	実験	(2) 計算	(2) 計算	①	②	③	①/J ₀	②/J ₀		③/J ₀
無筋		—	1	444	427	1.04	444	1.00	17.4	19.5	19.8	—			—			f _c =512
コア大	4	1	527	427	1.23	—	—	—	8.5	19.5	19.8	0.5	0.3	0.1	0.06	0.03	0.01	f _t =42.3
	4	2	508	427	1.19	—	—	—	18.0	19.5	19.8	1.6	0.2	0.2	0.09	0.01	0.01	f _t =64.1
	8	1	508	427	1.19	—	—	—	14.4	19.5	19.8	0.6	0.3	0.2	0.04	0.02	0.01	E=3.9*10 ⁵
	8	2	487	427	1.14	—	—	—	12.5	19.5	19.8	1.5	0.5	0.2	0.12	0.04	0.02	G=1.6*10 ⁵
コア小	4	1	482	427	1.13	502	1.28	15.6	19.5	19.8	0.9			0.06				
	4	2	424	427	0.99	530	1.49	16.4	19.5	19.8	7.2			0.44				
	8	1	489	427	1.14	547	1.02	17.1	19.5	19.8	3.2			0.19				
	8	2	430	427	1.01	491	1.22	19.1	19.5	19.8	1.6			0.08				

横筋囲面:横方向筋の囲む有効断面積

J₀:初期剛性(原点~第1変曲点)

①:第1変曲点~第2変曲点間の剛性

M_{tc}:ひびわれ発生ねじりモーメントJ₁:第1変曲点~最大耐力間の剛性

②:第2変曲点~第3変曲点間の剛性

M_u:最大ねじりモーメント(ただし、コア大は最大に至らず)

③:第3変曲点~最大耐力間の剛性

れ発生強度を基準として最大ねじり強度に至るまでの変形と耐力の余裕がコア大と比べて極めて少ない。コア大の試験体は、載荷試験機の変形に対する余裕不足のため最大耐力に至るまで載荷することができなかったが、ひび割れ発生後は段階的に初期剛性の10%~2%程度に剛性が低下し、らせん状に連続したひび割れが部材全面に多数分散しかぶりコンクリート部が剥離を始める。初期剛性に対するこれらの低下傾向は、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。なお、ひび割れ発生までの剛性は、たとえば弾性理論に基づく次の近似式²⁾が提案されている。

$$\frac{M_t}{\theta} = \beta b^3 h G \quad (\text{無筋の場合}) \quad \text{-----}(2)$$

$$= \beta b^2 A_1 G \quad (\text{鉄筋を考慮して}) \quad \text{-----}(2)'$$

ここで $A_1 = A_c(1 + \sqrt{2} n \alpha r)$ β :ねじり定数 A_1 :ねじり換算断面積 r :スターラップ比 G :コンクリートのせん断弾性係数 A_c :コンクリートの断面積 n :ヤング係数比

上式による計算値と実験値は表-1のとおりであり、各試験体の初期剛性は、ほとんど差異はない。

4. まとめ 補強筋としてAFRP筋を用いたコンクリート部材のねじり剛性などに与える軸方向筋量および横方向筋の囲む有効断面積の大きさの影響について、本実験の範囲内で得られた特徴を列挙すれば以下のとおりである。

- (ア) ねじりひび割れ発生モーメントは、補強筋の種類、軸方向筋量、横方向筋で囲む有効断面積等に影響されることなく、コンクリートの品質、部材の形状寸法に起因するところが大きい。したがって断面の縦横比に基づくねじり定数を用い弾性論式によって推定することができる。
- (イ) ひび割れ発生までのねじり剛性は、AFRP筋を用いた場合でも弾性論に基づく近似式によって推定可能と思われる。
- (ウ) ひび割れ発生後の剛性の低下傾向は以前に実施したRC部材で得られたものよりも著しい。しかし、いわゆるねじり有効断面積を大きくとり、すなわち実用上可能な範囲でかぶりを小さくし、横方向補強筋の間隔を密(たとえば $d_o/4$ 程度)にすれば、ひび割れの分散性やひび割れ発生から最大耐力までの余裕、さらに最大耐力以後の耐力や変形能力などの改善が図れる。なお、ひび割れ発生後の剛性の定式化については今後の検討課題である。

〔参考文献〕1) 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, (1975)

2) 松島博:鉄筋コンクリート部材のねじり剛性に関する研究, 国土館大学工学部紀要第10号, (1977)