

V-489

格子状FRP筋の交差部強度に関する研究

日本大学大学院 学生会員 新明 正人
 日本大学理工学部 正会員 若下 藤紀
 清水建設技術研究所 正会員 関島 謙蔵
 清水建設土木本部 正会員 久原 高志
 旭硝子マテックス 正会員 林 耕四郎

1. まえがき

コンクリート用補強材として使用されている格子状連続繊維補強材（FRP筋）は、交差部でコンクリートとの付着・定着を確保している特徴がある。現在いろいろな分野で使用されているが、その実施例については、比較的細径のものが多かった。そこで今回の試験では、炭素繊維から成る太径の格子状FRP筋を用いて、最初に引張特性を明らかにした後、それぞれの交差部強度について検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料および供試体

格子状FRP筋は高強度炭素繊維をビニルエステル樹脂に含浸して、格子状に成形したものである。試験には、C16、C25、C29およびC32の4種類の筋番（呼び名）のものを使用した。それらの仕様を表-1に示す。また引張試験によって得られた引張特性（5体の平均値）を表-2に示す。同表より太径になるほど終局ひずみが小さくなり、引張強度も低下しており、寸法効果の存在が認められた。

表-1 格子状FRP筋の仕様

筋 番	炭素繊維	樹 脂	繊維体積 混入率 V_f (%)	公 称 径 D (mm)	公 称 断 面 積 A (cm^2)
C16	PAN系 高強度 炭素繊維	ビニル エステル	43	11.3	1.00
C25				18.2	2.60
C29				20.2	3.20
C32				22.4	3.95

表-2 格子状FRP筋の引張特性

供試体	最大引張荷重 F_u (tf)	終局ひずみ ϵ_u (%)	引張剛性 ¹⁾ EA (tf)	引張強度 f_u (kgf/cm^2)	ヤング係数 ¹⁾ E (kgf/cm^2)
C16	17.37	1.59	1,056	17,400	1.06×10^5
C25	36.25	1.48	2,303	13,900	8.86×10^5
C29	43.43	1.39	3,084	13,600	9.64×10^5
C32	53.20	1.38	3,793	13,500	9.60×10^5

1) 最大荷重の20%と60%の時の荷重とひずみを用いて計算した。

交差部強度試験の供試体は、土木学会の「引抜き試験による連続繊維補強材とコンクリートとの付着強度試験方法（案）」を参考にしたものであり、筋番1種類につき3体ずつ製作した（図-1参照）。立方体の型枠の中央に交差部を1つ設けた格子状FRP筋を鉛直に配置し、コンクリートを打設した。この時、コンクリートと軸筋の付着を切るために、凹凸に油粘土を詰め、表面をラップフィルムとガムテープで覆った。また、コンクリートの割裂破壊を防止するために、らせん鉄筋φ6で補強した。なお脱型前に軸筋の反対側には、引張力を与えるための定着具として鋼管を挿入し、膨張材を充填した。

2.2 試験方法

試験装置として、2本のH形鋼の上に反

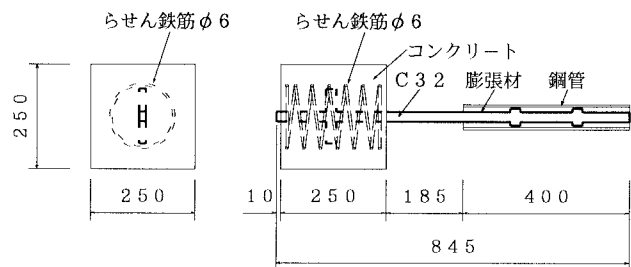


図-1 供試体の寸法（C32）

力台としての金物をボルトで締め付け、センターホールジャッキとロードセルを水平に取り付けた。次に、供試体を水平に設置し、鋼管を引張ることによって軸筋に引張力を与えた。なお、試験中は、荷重を段階的に増加させ、交差部が破壊するまで荷重、自由端の変位および軸筋のひずみを測定した。

3. 試験結果および考察

試験結果の一覧を表-3に、また代表的な（最大荷重が平均値に最も近い）供試体の荷重と自由端変位の関係を図-2に示す。交差部の破壊形式には、A（横筋の二面せん断破壊）、B（交差部の軸筋の破断）、C（主に交差部の軸筋の破断で、一部に軸筋のすり抜けあり）の3種類がみられた。また最大荷重時における自由端変位は、供試体によってばらつきがあった。また、どの供試体も荷重を加え始めてから自由端変位が0～0.5mm程度までの曲線の傾きとそこから破壊に至るまでの曲線の傾きとは大きく異なっていた。

今回の試験で求めた交差部強度とは、最大荷重を断面積で除したものである。図-3に示すように交差部強度は引張強度の3～5割程度の値を示しており、C25以上の太径のものに関しては、径が大きくなるに従って強度が低下しており寸法効果が存在するが、引張強度と異なり、C16の値がC25よりも小さくなっている。このことよりC16に関しては、交差部における炭素繊維の積層回数が少ないために、強度が低下したと考えられる。

4. まとめ

- (1) 交差部の破壊形式は、A（横筋の二面せん断破壊）、B（交差部の軸筋の破断）、C（主に交差部の軸筋の破断で、一部に軸筋のすり抜けあり）の3種類に分類される。
- (2) 自由端変位が0～0.5mm程度までの曲線の傾きとそこから破壊に至るまでの曲線の傾きとは大きく異なっていた。
- (3) 交差部強度は引張強度の3～5割程度であり、C25以上の太径の場合には寸法効果が存在するが、径が小さい場合は、交差部における炭素繊維の積層回数が少ないために、強度が低下した。

表-3 試験結果の一覧

供試体		最大荷重 P_u (tf)	最大荷重時の変位 δ_u (mm)	P_u/F_u	交差部強度 (kgf/cm^2)	破壊形式
C16	No.1	5.83	9.87	0.336	5,830	A
	No.2	6.03	11.34	0.347	6,030	A
	No.3	6.95	10.74	0.400	6,950	A
	平均	6.27	10.65	0.361	6,270	——
C25	No.1	18.60	11.45	0.513	7,150	B
	No.2	18.47	8.21	0.510	7,100	B
	No.3	18.86	8.76	0.520	7,250	B
	平均	18.64	9.47	0.514	7,170	—————
C29	No.1	20.62	8.78	0.475	6,440	B
	No.2	21.10	8.88	0.486	6,590	C
	No.3	20.34	7.26	0.468	6,360	C
	平均	20.69	8.31	0.476	6,470	——
C32	No.1	23.18	8.10	0.436	5,870	B
	No.2	22.06	9.20	0.415	5,580	A
	No.3	21.96	11.61	0.413	5,560	B
	平均	22.40	9.64	0.421	5,670	—————

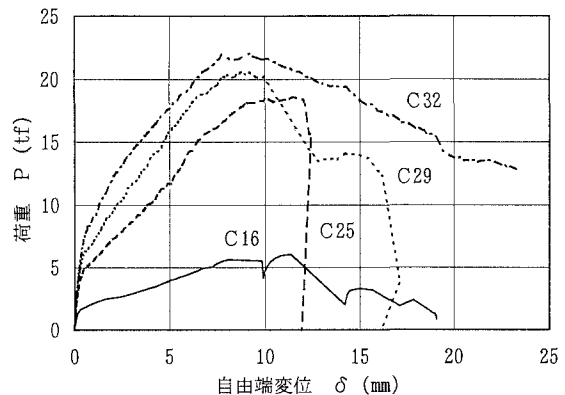


図-2 荷重と自由端変位の関係

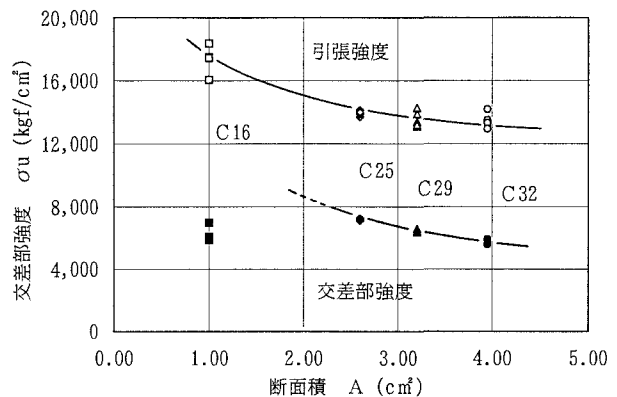


図-3 交差部強度と断面積の関係