

V-100

連続繊維棒材のせん断補強筋への適用性に関する実験
(その1) 斜め引張・2面せん断試験

大林組技術研究所 正会員 岡野 素之
 大林組技術研究所 木村 耕三
 住友建設土木部 正会員 熊谷 紳一郎
 住友建設技術研究所 正会員 中井 裕司

1. まえがき

炭素繊維、アラミド繊維等を用いた連続繊維棒材には、高強度、高弾性、軽量及び高耐久性等の優れた性質があり、鉄筋の代替材としての利用に関する研究が行なわれている。同棒材をせん断補強筋として使用する場合、せん断ひびわれ位置で棒材の引張強度が大きく低下することが報告されており [1]、この部分の応力状態での強度を把握するため、バラ型アラミド繊維を素材とした連続繊維棒材(以下、FRP棒材と呼ぶ)を主に使用して、コンクリートブロックを用いた斜め引張試験とFRP棒材自身の2面せん断試験を実施した。本報告は、これらの試験の概要と結果について述べている。

2. 連続繊維棒材

本実験に使用した棒材の一覧を引張試験結果と共に表-1に示す。アラミド繊維棒材(以下、AFRPと呼ぶ)とビニロン繊維棒材(以下、VFRP)はPultrusion法で製造し、付着性能を向上させるために棒材表面に繊維を巻き付け異形化させたものである。炭素繊維棒材(以下、CFRP)はFilament Winding法で積層状に収束成形したもので、表面は比較的平滑で、また断面は偏平な円形である。

なお引張試験は全長1,200mmの試験片の両端に付着型定着具を取付け、試験区間400mm、載荷速度は20kgf/mm²/minを標準として実施した。

表-1 使用棒材の一覧

繊維の種類	仕様	繊維混入率 (%)	公称断面積 (mm ²)	引張強度 f_u (kgf/mm ²)	ヤング係数 E (kgf/mm ²)	保証強度 f_a *1 (kgf/mm ²)
アラミド	φ6	65	28.2	192	5360	180
ビニロン	φ6	72	28.5	80	2640	65
炭素*2	積層	—	8.78	358	24300	270

*1: メーカー保証値、*2: 繊維素材のみで評価

3. 試験概要

3.1 試験体 試験体は、図-1に示すようにせん断ひびわれ発生位置でのせん断補強筋を模擬している。試験体の一覧を表-2に、また試験体の形状・寸法を図-2にそれぞれ示す。試験パラメーターは、(i) 繊維の種類、(ii) 斜め引張角度 (θ)、及び(iii) 載荷方法(単調載荷・繰り返し載荷)とした。なお斜め引張角度は載荷方向とFRP棒材のなす角度とし、棒材の2面せん断試験は $\theta=90^\circ$ の場合に相当するものと考えた。

試験体は幅40cm、長さ60・80cm、高さ20cmのコンクリートブロックにFRP棒材を埋め込んだもの合計12体(各水準で2体)で、せん断ひびわれを想定し中央に穴をあけたアクリル板を配置しコンクリートを2分し、中央部分はFRP棒材のみでつな

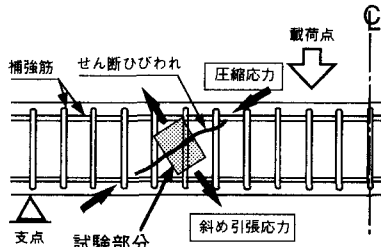


図-1 試験体のモデル

表-2 試験体の一覧

No.	繊維の種類	仕様	角度 θ	加力方法
A-15	アラミド	φ6	15	単調増加
A-30			30	
A-30c			30	繰り返し
A-45			45	単調増加
A-90*			90	
V-30	ビニロン	φ6	30	単調増加
V-90*			90	
C-30	炭素	積層	30	単調増加
C-90*			90	

*: 2面せん断試験

がるようにした。荷重の偏心による応力集中を避けるためFRP棒材を1体当たり4本上下左右対称に配置し、また十分な定着長さを確保した。なお試験時のコンクリートの圧縮強度は447kgf/cm²であった。

3.2 試験方法 荷重はコンクリートブロック中に埋め込んだ鉄筋をPC鋼棒を介し引張ることにより行なった。繰り返し荷重は、上限荷重 6.0 tf で10回繰り返した後、上限荷重を1.0tf ずつ上げて実施した。荷重速度は20kgf/mm²/min を標準とした。

またFRP棒材の2面せん断試験は JIS K7058 に準じて実施した。

4. 試験結果

各試験体とも、最大荷重で試験体中央部付近でFRP棒材が順次破断して破壊した。

試験結果の一覧を表-3に示す。破断荷重（P_{su}：FRP棒材が最初に破断した荷重）のばらつきは比較的小さく、その値は各水準内で平均値の±8%以内であった。強度保持率（f_{su}/f_u）の平均と斜め引張角度（θ）との関係を図-3に、既往の研究結果 [1] と併せて示した。θ=30° の場合で繊維の種類による違いを見ると、強度保持率は大きい方からAFRP (0.90) , VFRP (0.79) , CFRP (0.58) の順であった。AFRPの場合 θ=15° では強度の低下はなく、さらに θ=30° の場合では繰り返し荷重による強度の低下は見られなかった。また斜め引張角度が大きくなると強度保持率は下降する傾向がある。本実験と比較し、既往の研究では全般に強度は低い結果となっている。これは試験体に埋め込んだFRP棒材が対称に配置されていないため荷重時に試験体が横にずれ、FRP棒材に新たな応力が加わったものと推測される。一般に、実構造物では図-1に示すようなせん断ひびわれが生じてもひびわれ面でのずれは生じにくいことを考慮すれば、既往の研究結果はFRP棒材の斜め引張り強度を低く（安全側）評価していると考えられる。

5. まとめ

連続繊維補強材のせん断補強筋への適用性を検討するため実施した斜め引張試験の結果次のことが分かった。

連続繊維補強材の斜め方向の引張強度は、引張り方向との角度（θ）が大きいほど低下する。θ=30° の場合、破断強度は大きい方からアラミド、ビニロン、炭素の順で、アラミド繊維では母材強度の90%以上を發揮し、繰り返し荷重にも強度は低下しない。

参考文献

[1] 丸山武彦他：各種FRPロッドの斜め引張り特性に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報告集 11-1,1989.pp771~776

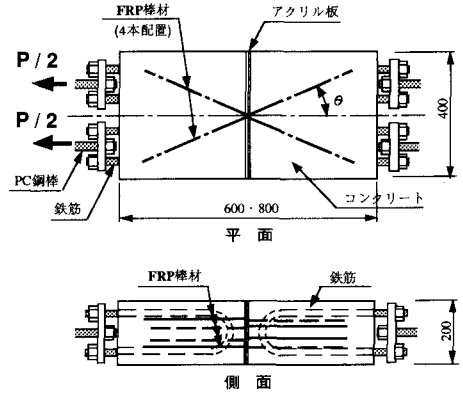


図-2 試験体の形状・寸法

表-3 試験結果の一覧

No.	破断荷重P _{su} (tf)			破断強度f _{su} (kgf/mm ²)	強度保持率 f _{su} / f _u
	1	2	平均		
A-15	21.7	21.6	21.7	192.4	1.013
A-30	19.0	19.5	19.3	170.7	0.898
A-30c	19.6	21.3	20.5	181.3	0.954
A-45	16.0	15.8	15.9	141.3	0.744
A-90*	1.26~1.44 (6体)		1.35	23.88	0.126
V-30	6.74	7.60	7.17	62.89	0.786
V-90*	0.80~0.96 (6体)		0.88	15.37	0.192
C-30	6.70	7.86	7.28	207.3	0.580
C-90*	0.76~0.94 (6体)		0.85	48.02	0.134

*：2面せん断試験の結果

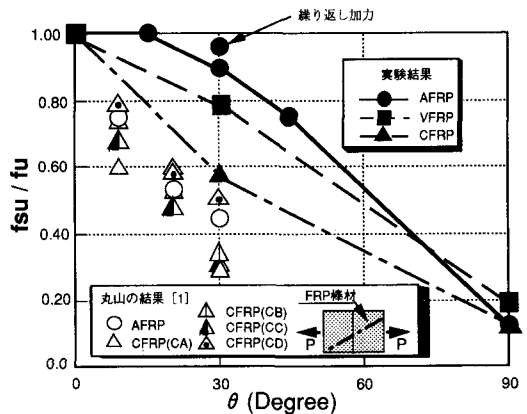


図-3 fsu/fu—θ関係