

V-490

ひび割れ交差部における連続繊維補強材の破壊性状に関する実験的研究

北海道大学大学院 学生会員 石原 一伸^{*1}前田建設工業 正会員 小原 孝之^{*2}北海道大学工学部 正会員 佐藤 靖彦^{*1}北海道大学工学部 正会員 上田 多門^{*1}

1. はじめに

近年、連続繊維補強材（以下、FRP ロッドと言う）は、高強度かつ軽量で非磁性、耐食性に優れているため、鉄筋に代わる材料として注目されている。既往の研究によると、FRP ロッドを主筋やせん断補強筋に用いた場合、コンクリートとのひび割れ交差部においてせん断力と引張力を同時に受けるため一軸引張強度よりも小さい引張力で破断する¹⁾。そこで本研究では FRP ロッドがせん断力と引張力を同時に受ける場合をモデル化した供試体を用いて実験を行い、二軸応力下における FRP ロッドの破壊性状を明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

実験供試体を図-1 に示す。コンクリートを三つのブロックに分け、中央に一本の FRP ロッドを配筋した。中央のブロックと両端のブロックの間には人工ひび割れを設け、ブロック間の力の伝達は FRP ロッドのみにより行われた。また、ブロック間の摩擦を取り除くため、人工ひび割れ面にはグリースを塗り、テフロンシートを貼り付けた。コンクリートには早強ポルトランドセメントを用い、粗骨材の最大寸法は 25mm、単位水量は 160kgf/m³、細骨材率は 41%である。コンクリートの目標強度は 35MPa である。実験変数は FRP ロッドの種類と引張力の大きさをであり、全部で 8 体の実験を行った(表-1 参照)。これらの供試体は以下の三つのシリーズに分けられる。

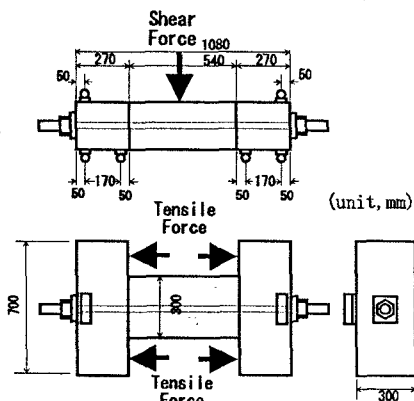


図-1 供試体図

表-1 供試体諸元ならびに実験結果

シリーズ1						
Specimen	Fiber	Bar Diameter	Shear Force	Tensile Force	Shear Displacement	Crack Width
A9P0	Aramid	9mm	46.3kN	0.0kN	5.37mm	4.46mm
C9P0	Carbon		50.2kN	0.0kN	5.15mm	6.16mm
シリーズ2						
A8P1	Aramid	8mm	28.4kN	22.5N	3.09mm	5.00mm
A8P2			37.2kN	29.4kN	6.04mm	13.00mm
A8P3			21.5kN	49.4kN	5.20mm	16.22mm
A8P4			0.0kN	77.4kN	0.0mm	29.7mm
シリーズ3						
C9P1	Carbon	9mm	45.1kN	31.4kN	4.63mm	4.64mm
C9P2			46.0kN	63.8kN	6.88mm	19.93mm

シリーズ1

FRP ロッドは定着具を用い、端部で固定されている。引張力は加えず、せん断力のみで FRP ロッドを破断させた。

シリーズ2

この実験は著者らが過去に行ったものである²⁾。供試体の寸法、FRP ロッドの配置はシリーズ1と同一であるが、シリーズ1との相違点は FRP ロッドが端部で固定されていないことである。実験変数は引張力の大きさであり、また、引張力のみで破断させる実験も行った。

シリーズ3

FRP ロッドの端部は定着具を用い固定している。実験変数は、引張力の大きさである。

Key words: 連続繊維補強材、破断強度、せん断力、引張力、せん断変位

^{*1} 〒065 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL 011-706-6220 FAX 011-707-6582

^{*2} 〒179 東京都練馬区旭町1-39-16 前田建設工業 技術研究所 TEL 03-3977-2241 FAX 03-3977-2251

3. 実験結果および考察

実験結果を表-1 に示す。表-1 におけるひび割れ幅としては、せん断変位に影響を与えることが知られている²⁾ 人工ひび割れ幅と FRP ロッドの抜け出しによるコンクリートの円錐状の破壊深さを足し合わせたものを示してある。また、それぞれのシリーズのせん断力-せん断変位関係を図-2 に示す。シリーズ 1 の実験結果を見ると、アラミド繊維のせん断弾性係数が 940.MPa であるのに対し、炭素繊維は 2170MPa と大きく異なるにもかかわらず、剛性は概ね一致した(図-2(a)参照)。これは、アラミド繊維のひび割れ幅が 4.46mm であるのに対し、炭素繊維のひび割れ幅は 6.16mm と大きく、せん断変位が大きくなったためだと思われる。またシリーズ 2,3 から引張力が増加するに従って、せん断力-せん断変位関係の剛性は小さくなる(図-2(b),(c)参照)。これは引張力が増加すると人工ひび割れ幅および FRP ロッドの抜け出しによるコンクリートの円錐状の破壊深さも大きくなるために、同じせん断力作用時におけるせん断変位が大きくなったものと思われる。

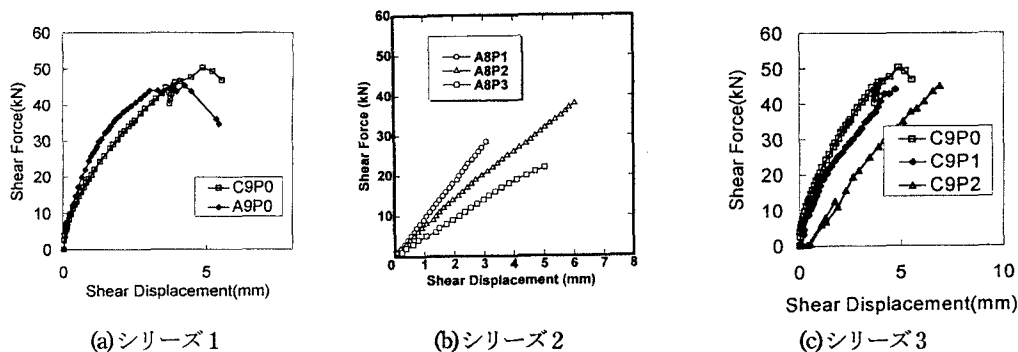


図2 せん断力-せん断変位関係

図-3 に FRP ロッド破断時のせん断応力と軸方向応力の関係を示す。せん断応力、軸方向応力はそれぞれ FRP ロッドの破断時のせん断力、引張力を FRP ロッドの断面積で除したものである。両繊維共に、軸方向応力の増加と共にせん断応力は減少した。

ひび割れ幅に対してせん断変形が非常に大きくなると、FRP ロッドが勾配を有することになる。この場合、FRP ロッド内部の応力の計算には、作用せん断力及び作用引張力をそのまま用いることはできず、作用力を変形後の座標系に変換して考えなければならない。本実験ではせん断力のみを作用させた供試体 A9P0 及び C9P0 は特に変形が大きく、その影響を考慮する必要があると考えられる。今後は、幾何学的な非線形性を考慮できる有限要素解析などにより FRP ロッド内部の応力分布やひずみ性状等を考えていく予定である。

4. まとめ

ひび割れ幅でのせん断力とせん断変位の関係を検討する場合、FRP ロッドのせん断弾性係数だけでなく、ひび割れ幅の影響も考慮しなければならない。繊維の種類が同じならば、引張力が大きくなるとひび割れ幅が大きくなるので、せん断力とせん断変位におけるせん断剛性は小さくなる。FRP ロッド破断時のせん断応力と軸方向応力の関係では軸方向応力の増加と共にせん断応力は減少した。

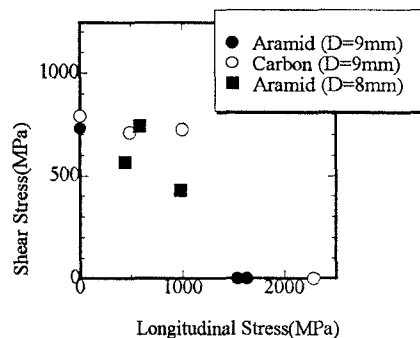


図3 せん断応力-軸応力関係

【参考文献】

- 1) 土木学会：連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用、コンクリートライブラリー、No.72,1992
- 2) 佐藤、平賀、上田、角田：AFRP ロッド製スターラップの2次応力問題に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、1992