

緊張力を導入した PBO 繊維シートにより横拘束された円形断面コンクリートの応力～ひずみ関係について

(株)安部工業所 正会員 ○國枝 邦由 正会員 林 啓司
(株)安部工業所 正会員 横山 博司 石原 良彦

1. まえがき

既存の鉄筋コンクリート橋脚のじん性向上を目的とする補強工法に炭素繊維シート(以下 CFS と呼ぶ)もしくはアラミド繊維シートを用いた連続繊維シート巻き立て工法があり、これらの工法ではシートをエポキシ樹脂等で接着して巻き立てる必要がある。一方、CFS と同等以上の強度特性を有し、しかも緊張力を導入可能である PBO 繊維シート(以下 PFS と呼ぶ)の緊張接着工法が開発され実用化されている。この PFS の緊張力導入特性を用いることにより接着不要の巻き立てが可能と考えられ、橋脚補強について適用可能であるか本提案工法に関する基本性状を確認することを目的として、緊張した PFS により横拘束された円形断面コンクリート柱の一軸圧縮実験を実施した。

2. 試験概要

2-1 試験供試体

本実験は図-1 に示す直径 $\phi 300$ ×高さ $h900$ mmのコンクリート円柱供試体(設計基準強度 $\sigma_{ck}=21$ MPa)で、補強対象橋脚を考慮し、鉄筋比約1%の軸方向鉄筋(10-D10)および体積比0.18%の帯鉄筋($\phi 6$)を225mm 間隔で配置した。PFS(物性値を表-1 に示す。)は、50mm 幅で図-2 に示すように供試体全面に巻き付ける補強とした。補強量は体積比 0.128%で実橋脚を想定した場合に直径 2.5m の橋脚に繊維目付量(=単位面積当りの繊維質量) 600g/m² のシートを2層巻き付けた補強量に相当する。供試体種類(供試体番号で示す)を表-2 に示す。供試体の種類は、PFS の公称引張強度(3500MPa)に対する導入緊張力の比率をパラメータとし、C1,C7.5,C15,C30 は各々1,7.5,15,30%であることを示す。これらは、供試体下端部でシートをコンクリートに樹脂接着し、緊張巻きつけのみで中間部を巻きつけ、再び上端部で樹脂接着して C1~C30 試験体を製作した。C0 は PFS による補強をしない供試体であり、C0-付着は PFS を緊張しないで全面樹脂接着により巻き付けた試験体である。

2-2 荷重方法

試験は図-3 に示すように 5000kN 荷重試験機を使用して変位制御方式(約1.0mm/分)により一軸圧縮荷重を行った。荷重時には荷重、変位、PFS・コンクリート・帯鉄筋の周方向ひずみを計測した。軸方向ひずみについては、ワイヤ式変位計により上下荷重板間の変位を4ヶ所測定し、供試体全高で除することにより算出した。

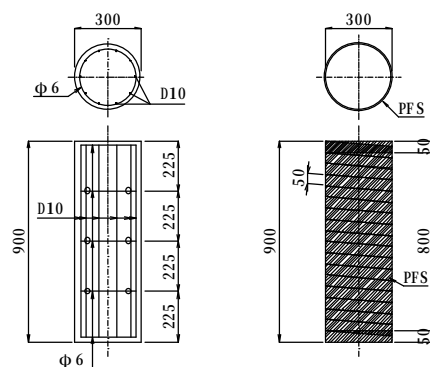


図-1 供試体形状

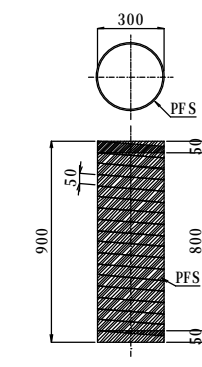


図-2 PFS 巻付け補強

表-1 PFS 物性値

繊維目付量	(g/m ²)	150
シート厚さ	(mm)	0.096
引張強度	(MPa)	3500
破断ひずみ	(μ)	14600
弾性係数	(GPa)	240

表-2 供試体種類

供試体番号	σ_{ck} (MPa)	PBOシート (PFS)					付着の有無
		形状 $b \times t$ (mm)	間隔 s (mm)	体積比 ρ_{PF} (%)	緊張力 σ_{pe} (MPa)		
C0	21	—	—	—	—	—	—
C1		50×0.096 (150g/m ²)	50	0.128	35 ^{*)}	(1.0%)	無
C7.5					262.5 ^{*)}	(7.5%)	
C15					525 ^{*)}	(15.0%)	
C30					1050 ^{*)}	(30.0%)	
C0-付着					0		有

* () 内の比率は PFS の公称引張強度(=3500MPa)に対する値を示す。

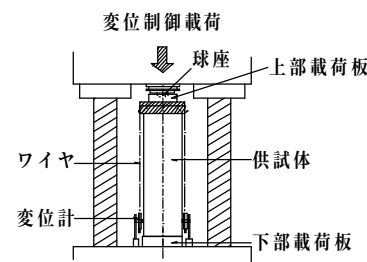


図-3 荷重方法

キーワード じん性補強, PBO 繊維シート, 応力～ひずみ関係, 拘束効果

連絡先 〒500-8638 岐阜県岐阜市六条大溝3丁目13番3号(株)安部工業所 本社技術開発部 TEL058-271-3372

3. 破壊性状と軸方向の応力～ひずみ関係

各供試体の軸方向応力とひずみ関係の試験結果を図-4に示す。本結果より無補強試験体 C0 に比較して PFS 補強試験体 C1～C30 が耐力および変形性能も高いことがわかる。C0 は最大圧縮応力度を示してすぐに軸方向鉄筋の座屈が生じかぶりコンクリートが剥離して軸方向応力の急激な低下が生じた。一方、PFS により補強された供試体は最大圧縮応力度を示した後、最大圧縮応力度もしくはそれに近い値を維持したまま軸方向ひずみが増加していく傾向を示した。そして最終的には PFS の繊維が徐々に破断していき、軸方向鉄筋の座屈が生じ剥離したかぶりコンクリートがハラミ出して軸方向応力度

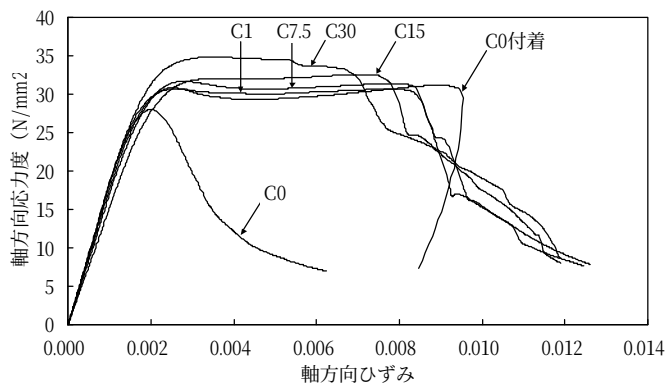


図-4 軸方向応力～ひずみ関係

が徐々に低下していった。PFS を全面樹脂接着させた供試体 C0-付着と C1 が同様の軸方向応力～ひずみ関係を示すことより、付着のない PFS 緊張巻き付け補強方法は従来の樹脂接着によるシート補強と同様の効果が得られると考えられる。C0-付着は、PFS が含浸接着されている為、シートが 10～20mm の幅で一度に破断し、急激な応力低下が発生するのに対し、付着がないことにより C1 は終局時にゆるやかな応力低下を示すことも本実験の結果からは有利な特性と考えられる。また、C1～C30 の比較より導入緊張力が大きいほど最大圧縮応力度、最大圧縮応力度が生じる時のひずみが増大することがわかる。これは導入緊張力が大きいほど拘束効果が高まるためであると考えられる。しかし、終局時においては導入緊張力が小さいほど終局時の軸方向ひずみが増大する傾向となった。これは導入緊張力が大きければ初期導入ひずみが大きくなり PFS 破断までのひずみ増加の余裕が少なくなるためであると考えられる。

4. まとめ

- (1) 付着のない PFS 緊張巻き付け補強工法により、従来の樹脂接着シート補強と同様のコンクリート拘束効果が得られることが一軸圧縮試験により確認された。
- (2) PFS による緊張巻き付け補強では、導入緊張力が大きいほど、最大圧縮応力度およびその時のひずみは増大する。最大圧縮応力度を示してから PFS の破断までのひずみ（最大圧縮応力度を維持しうるひずみ）は導入緊張力が小さい程増大する結果となった。
- (3) PFS により緊張巻き付け補強した場合、終局時において徐々に軸方向応力が低下する性状を示し、急激な応力低下は示さない。

謝辞 本研究を行うにあたり、ご指導いただいた長崎大学原田哲夫教授、載荷試験にて多大なる御協力をいただいた新日鐵高炉セメント(株)、PBO 繊維およびシートを提供していただいた東洋紡績(株)、日鉄コンポジット(株)に感謝の意を表します。

参考文献 1)花森ら：ひのき橋補強工事の施工(PBO 連続繊維シートの緊張接着による補強)、第 12 回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp353-356、2003.10

2) 星隈ら：鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係、土木学会論文集、No.520/V-28、pp.1-11、1995.8 3)張ら：PC 鋼材を帯鉄筋に用いた円柱コンクリートの応力-ひずみ

関係、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、No.2、1997 4) 細谷ら：炭素繊維シートで横拘束したコンクリート柱の応力度～ひずみ関係に及ぼす既存帯鉄筋の影響とその定式化、土木学会論文集、No.620/V-43、pp.25-42、1999.5