

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料の座屈抑制効果について

清水建設 正会員 ○高橋 圭一

清水建設 正会員 滝本 和志

清水建設 清水 和昭

1. はじめに

超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料（UHP-SHCC）は、一般的なコンクリートに比べ、強度やじん性に優れ、ひび割れ幅を抑制することができることから、コンクリート構造物の補修・補強材料としての適用が検討されている¹⁾。UHP-SHCC は高強度ポリエチレン繊維を使用するが、ビニロン繊維やポリプロピレン繊維を使用した高じん性繊維補強セメント系複合材料も多数開発されている。このような高じん性繊維補強セメント系複合材料を補修・補強材料として使用した場合のじん性向上効果は、RC 柱の正負交番載荷実験により確認されている^{1),2)}が、材料ごとに載荷実験を実施して確認するのは、時間と費用がかかることから、本研究では、補修・補強材料の材料特性とじん性向上効果の関係を、簡便な試験で評価することを目指して、軸方向鉄筋の座屈に対するかぶりコンクリートの抵抗力を評価する鉄筋引き出し試験と曲げタフネス試験を実施した。

2. 試験概要

柱部材のじん性向上には、軸方向鉄筋の座屈抑制が効果的であることから、試験体に埋め込んだ鉄筋を直接引っ張る鉄筋引き出し試験³⁾を実施した。軸方向鉄筋の座屈に対するかぶりコンクリートの抵抗力に影響を与える要因として、コンクリートの種類、かぶり厚さ、鉄筋の種類（径）および鉄筋間隔などが考えられるが、ここではコンクリートの種類のみをパラメータとした。使用材料は、普通コンクリート、ポリマーセメントモルタル（PCM）および超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料（UHP-SHCC）の3種類とした。UHP-SHCC は高強度ポリエチレン繊維を使用した高強度で高じん性な材料である。一度損傷させたRC 柱をUHP-SHCC で補修した場合、損傷前よりも最大荷重や変形性能が向上した結果が報告¹⁾されている。鉄筋引き出し試験に用いる試験体の実構造物からの切り出しイメージを図1に、試験方法を図2に示す。引張荷重と上下の治具間の相対変位の荷重-変位曲線下の面積を吸収エネルギーとした。かぶり厚さは45mm（芯かぶり61mm）、鉄筋はD32（SD345）とした。

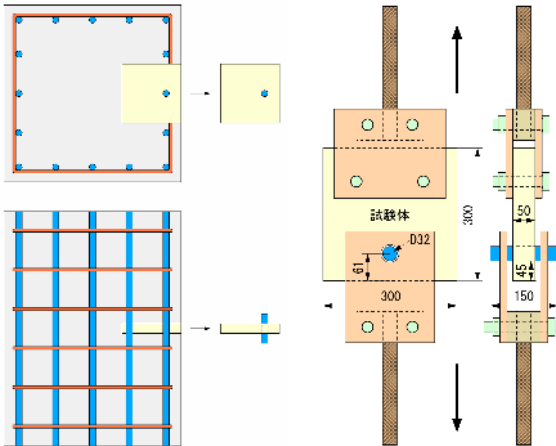


図1 試験体の切り出しイメージ

図2 鉄筋引き出し試験方法

表 1 試験結果一覧

コンクリートの種類	圧縮強度試験		鉄筋引き出し試験(S)		曲げタフネス試験(T)	
	圧縮強度(N/mm ²)	ヤング係数(kN/mm ²)	最大荷重(kN)	吸収エネルギー(kN・mm)	曲げ強度(N/mm ²)	曲げじん性係数(N/mm ²)
普通コンクリート(F)	35.7 (1.00)	30.6 (1.00)	12.4 (1.00)	2.69 (1.00)	3.65 (1.00)	0.50 (1.00)
ポリマーセメントモルタル(P)	57.2 (1.60)	22.2 (0.73)	14.3 (1.15)	3.09 (1.15)	3.69 (0.99)	0.56 (1.12)
UHP-SHCC(U)	131.7 (3.69)	36.3 (1.19)	16.3 (1.31)	23.06 (8.57)	6.44 (1.76)	3.59 (7.18)

キーワード UHP-SHCC, 高じん性, 繊維補強セメント系複合材料, 座屈, 曲げタフネス

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL 03-3820-6975

試験体数は各 3 体とした。

曲げタフネス試験は、JSCE-G 552-2007 に準拠した。使用材料は、鉄筋引き出し試験と同様である。試験体の寸法は $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ とし、スパン 300mm の 3 等分点载荷とした。曲げじん性係数は载荷点変位 2mm までの荷重-変位曲線下の面積より求めた。試験体数は各 5 体とした。

3. 試験結果

表 1 に試験結果一覧を示す。() 内の数値は普通コンクリートを 1 とした場合の比率である。鉄筋引き出し試験において、PCM は最大荷重、吸収エネルギーともに普通コンクリートの 1.15 倍となっているが、UHP-SHCC の場合、最大荷重は 1.31 倍であるのに対して、吸収エネルギーは 8.57 倍と、ひび割れ発生後の抵抗力に大きな差が見られる。吸収エネルギーの比率は、曲げじん性係数の比率とほぼ同様の傾向を示している。

写真 1 に鉄筋引き出し試験終了後の試験体の一例を示す。ひび割れ発生状況に使用材料による差は見られない。図 3 に荷重-変位関係を示す。最大荷重に大きな差は見られないが、普通コンクリートと PCM は、ひび割れ発生後、急激に荷重が低下しているのに対して、UHP-SHCC はひび割れ発生で一度荷重が低下するものの、再度荷重の増加が見られ、最大荷重後の荷重低下がゆるやかになっている。UHP-SHCC や高じん性繊維補強セメント系複合材料は、ひび割れ発生後に繊維の架橋効果が期待できることから、軸方向鉄筋の座屈抑制効果（じん性向上効果）の評価には、最大荷重ではなく吸収エネルギーを用いることが妥当と考えられる。

図 4 に曲げタフネス試験結果を示す。引き出し試験と同様に曲げひび割れ発生に伴い、普通コンクリートと PCM は荷重が急激に低下しているのに対して、UHP-SHCC はひび割れ発生後も荷重が増加し、最大荷重はひび割れ発生荷重の 2 倍程度となっている。鉄筋引き出し試験と同様に、UHP-SHCC や高じん性繊維補強セメント系複合材料のじん性向上効果の評価には、曲げ強度ではなく曲げじん性係数を用いることが妥当と考えられる。

4. まとめ

普通コンクリート、PCM および UHP-SHCC を用いた鉄筋引き出し試験および曲げタフネス試験の結果より、RC 柱部材の補修・補強材料のじん性向上効果を、鉄筋引き出し試験より求めた吸収エネルギーや曲げタフネス試験より求めた曲げじん性係数により評価できる可能性が得られた。今後は、他の繊維補強材料による試験や柱部材の载荷実験による検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 梅田靖司, 国枝稔, 中村光, 玉越隆史, 森井直治: 超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料で補修された RC 柱の補修効果, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 2010
- 2) 幸左賢二, 小川敦久, 合田寛基, 脇田和也: 高靱性セメント巻き立て厚に着目した耐震補強実験, 構造工学論文集 Vol. 55A, pp. 1024-1035, 2009
- 3) 島弘, 伊藤桂一, 水口裕之: 曲げ破壊型 RC 橋脚における鉄筋座屈モデルによる靱性解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 12, No. 2, pp. 741-746, 1990

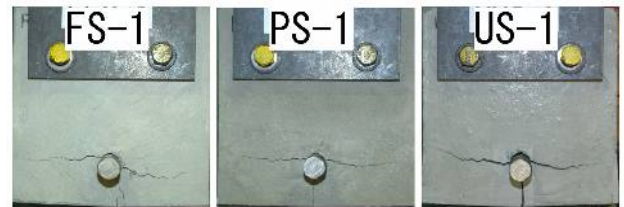


写真 1 引き出し試験結果の一例

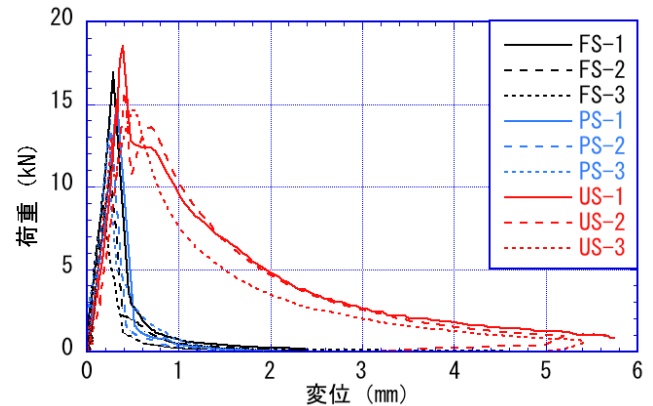


図 3 鉄筋引き出し試験結果

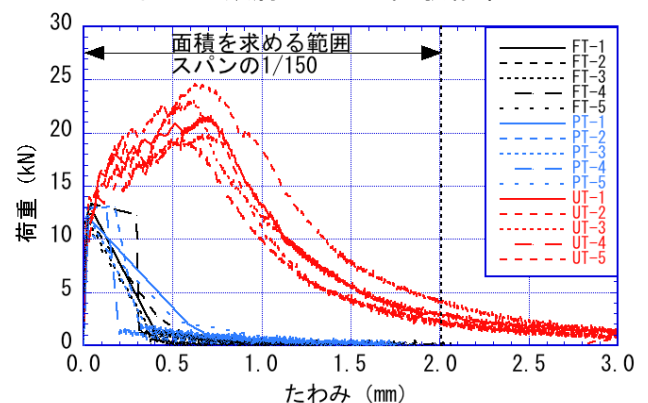


図 4 曲げタフネス試験結果