

繰返し荷重を受ける超高強度繊維補強モルタルの せん断伝達メカニズム

横浜国立大学 ○学生会員 徳武恭一 正会員 藤山知加子

1. 研究目的

本研究の目的は、繰返し荷重を受ける超高強度繊維補強モルタル（以下 UFC と記す）のひび割れ面におけるせん断伝達メカニズムについて検討することである。このため、UFC と普通コンクリートについて、一面せん断試験結果の比較を行った。

2. 実験概要

Hager 法と呼ばれる一面せん断試験を採用した(図1)。本手法では、試験体のひび割れ面垂直方向を拘束するようにして鋼製治具を組み、平行方向に圧縮力を加えることによって、切り欠き部分にせん断力を作用させる。丸鋼に貼り付けたひずみゲージにより、荷重によって受動的に発生する拘束応力を算出することができる。せん断力は治具上に設置したロードセル、ひび割れ面におけるずれ変位とひび割れ幅は 2 軸型亀裂変位計によって測定した。100×100×200mm の試験体を作成し、試験体中央には幅 20mm、深さ 10mm の切り欠きを設けた(図2)。

本研究で用いた UFC と普通コンクリートの配合をそれぞれ表 1, 2 に示す。せん断試験前にひび割れを導入したものとし、さらに単調荷重と繰返し荷重（最大荷重の 70~95% の振幅）の条件で試験を行った。試験ケースは表 3 に示す。

3. 試験結果

3.1 破壊形態

荷重後の試験体の例を写真 1 に示す。普通コンクリート試験体とは異なり、UFC 試験体は荷重後も一体性を保持していた。ひび割れ面を観察すると鋼繊維の引抜け²⁾が確認された。

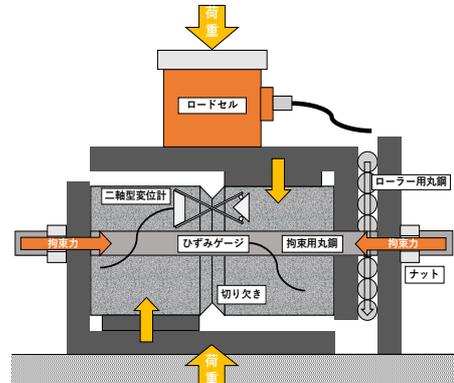


図1 Hager 法の荷重方法

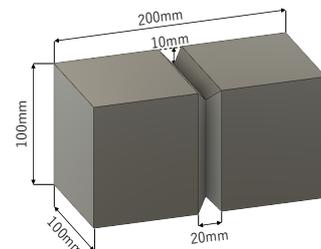


図2 試験体寸法

表1 普通コンクリートの配合

スランブ (mm)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
120	44	172	387	694	1044	969(g)

表2 UFC の配合¹⁾

フロー (mm)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水	プレミックス 結合剤	骨材	混和剤	鋼繊維
250±20	15	195	1287	905	32.2	137.4 (1.75vol%)

表3 試験ケース

試験体	せん断強度	ひび割れ	荷重条件				
OPC1-1	10.68	なし	ピークまで 単調荷重				
OPC1-2	15.62		なし	0.7 P_{opc1} × 10回			
OPC1-3	14.26			なし	0.7 P_{opc1} × 10回		
OPC2-1	14.10				なし	ピーク毎10回	
OPC2-2	10.54					なし	0.7 P_{opc1} × 10回
OPC2-3	9.92						なし
OPC3-1	11.69	あり					
OPC3-2	7.30		あり				
OPC3-3	6.50			あり			
OPC4-1	9.83				あり		
OPC4-2	-	あり				0.9 P_{ufc4} × 10回 → 0.95 P_{ufc4} × 15回	
UFC1	26.72		なし			ピークまで単調荷重	
UFC2	26.59			なし		0.9 P_{ufc4} × 20回 → 0.95 P_{ufc4} × 5回	
UFC3	-				なし	0.9 P_{ufc4} × 10回 → 0.95 P_{ufc4} × 15回	
UFC4	14.28	あり				ピークまで単調荷重	
UFC5	10.41					あり	0.9 P_{ufc5} × 25回
UFC6	12.19						あり

キーワード 超高強度繊維補強モルタル, せん断伝達メカニズム, 繰返し荷重, Hager 法

連絡先 〒240-8510 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学大学院 TEL 045-339-4045

3.2 正規化せん断強度

普通コンクリートと UFC の平均圧縮強度はそれぞれ約 60MPa, 約 197MPa であった. これに対し, 表 3 に示すせん断強度を圧縮強度で除した正規化せん断強度の平均はそれぞれ 0.24, 0.14 であった. UFC ではせん断強度の値は相対的に小さいと言える.

3.3 せん断伝達メカニズムの考察

いずれも繰返し载荷を行った UFC-2, 3 (事前ひび割れ無し) と UFC-5, 6 (事前ひび割れあり) のせん断応力—ずれ変位関係を図 3 に示す. また, 図 4 に, 繰返しサイクルごとのせん断応力増分をずれ変位増分で割ったものと繰返し数の関係を示す.

UFC-2, 3 (事前ひび割れ無し) では, 30 回程度の繰返しの際にせん断剛性が徐々に低下していた. 試験後の観察では, 切欠き側面に斜め方向の細かいひび割れの発生が多数見られた. 繊維による拘束でひび割れが容易に貫通しないため, 繰返し载荷に応じて新たなひび割れ面が形成されたことが剛性低下の要因と考えられる.

UFC-5, 6 (事前ひび割れあり) では, 普通コンクリートと同様繰返しによるせん断剛性の低下はほぼみられず³⁾, 残留変位の蓄積が顕著であった. せん断力は繊維が伝達し, 繊維の引き抜けが進行したためと考えられる.

4. まとめ

- (1) UFC の平均正規化せん断強度は 0.14 で, 普通コンクリートより相対的に小さかった.
- (2) UFC ではせん断ひび割れ貫通前は繊維で拘束されたモルタル面でせん断力が伝達され, 貫通後は鋼繊維の架橋によりせん断力を伝達すると考えられる.



写真 1 载荷後の試験体 (UFC-4)

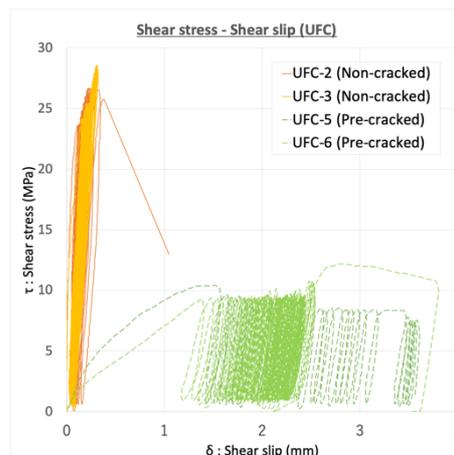


図 3 せん断応力—ずれ変位関係

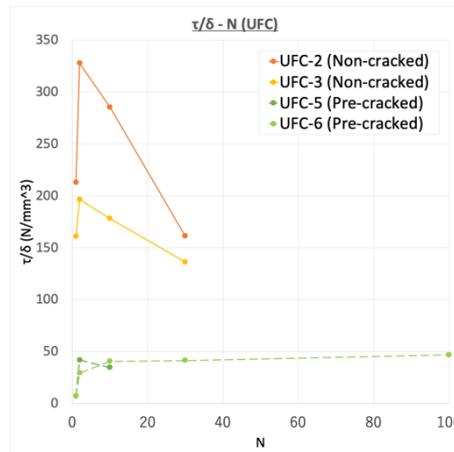


図 4 剛性—繰返し数関係

[謝辞] 本研究では鹿島建設技術研究所より試験体の提供を受けました. 深謝致します.

[参考文献]

- 1) 土木学会, 超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の技術評価報告書, 技術推進ライブラリーNo.3, 2006
- 2) 椿龍哉, 荒井知久, Sunyaro Sumitro, “鋼繊維補強コンクリートの一軸引張およびせん断に対する力学特性に及ぼす繊維特性の影響,” コンクリート工学論文集, 第 10 巻, 第 2 号, pp. 109-118, 1999
- 3) Esayas Gebreyouhannes, Toshiharu Kishi and Koichi Maekawa "Shear Fatigue Response of Cracked Concrete Interface," Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.6, No.2, pp. 365-376, 2008