ECC の曲げ性状における寸法効果

筑波大学	学生会員	○平野	雄大
筑波大学		浅野	浩平
筑波大学	正会員	金久保	利之

1. はじめに

ECC (Engineered Cementitious Composite¹⁾) $\geq l \ddagger$, 高性能繊維補強セメント複合材料(High Performance Fiber Reinforced Cement Composites: HPFRCC) の範 疇に含まれる材料で,たわみ硬化性状や歪硬化性状 を示す,極めて高靭性なセメント系複合材料である.

ECC の特長である引張性能を活かす為、曲げ性状 における寸法効果に着目し、試験体寸法を主たる変 動因子とした試験体を用いて実験及び検討を行った.

なお、実験概要や結果などの詳細は文献2)にて報 告したが、本報ではひび割れ幅に関する検討を深め、 新たに報告するものである.

2. 実験概要

2. 1 使用材料

使用した PVA 繊維の形状および力学性能を表一1 に,使用材料のフレッシュ,圧縮性能を表-2に示 す. PVA 繊維の体積混入率は, 1.5%および 2.0%とし た. 配合は文献 3) における,「mix3」と同様である.

2. 2試験体. 加力方法

用いた試験体形状を図-1に、試験体一覧を表-**3**に示す. 試験は JIS A 1106 に規定されているコン クリートの曲げ強度試験方法に準じて、三等分点加 力曲げ試験を行った.試験体数は各3体ずつとした.

加力には、変位制御により加力を行う 2MN ユニバ ーサル試験機を使用した. 試験機のヘッド間速度は 毎分 0.5mm に設定した.

計測項目は,荷重値および曲率を算出するための 純曲げ区間の軸方向変形とした.変位計の位置は寸 法比が同等になるようにしたが、B40 に関しては、 計測装置の制約上,変位計間隔を25mmとした.

2. 3ひび割れ計測

荷重値等のデータの計測ステップと同調させ、連 続的にデジタルカメラにより画像撮影を行い、その 後,画像処理を行い,ひび割れ幅の計測を行った.

キーワード ECC, 寸法効果, 曲げ性状, 曲げ試験, ひび割れ

連絡先 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL029-853-5462

処理方法として、まず画像処理ソフト HALCON の カメラキャリブレーション機能を利用してレンズに よるデジタル画像の歪曲収差を除去、また同時に画 像座標系を世界座標系に変換する. その後, ひび割 れ幅を算出したい範囲をデジタル画像内で決定し, 画像を二値化等の処理を行い、ひび割れ幅を得る. ひび割れ幅の計測精度は撮影対象範囲の大きさに依 るが、最大寸法の試験体においても最低 0.05mm の 精度を確保できるように配慮した.

表一1 PVA 繊維の形状および力学性能

			-	
使用	繊維長	繊維径	破断強度	ヤング係数
繊維	(mm)	(mm)	(MPa)	(GPa)
PVA	12.0	0.04	1690	40.6

表-2 使用材料のフレッシュ、圧縮性能

	体積繊維	空気量	圧縮強度	弾性係数
	混入率(%)	(%)	(MPa)	(GPa)
PVA15-1	15	5.4	55.3	18.9
PVA15-2	1.3	5.6	56.9	19.9
PVA20-1	2.0	11.0	45.0	16.0
PVA20-2	2.0	11.0	47.1	16.4



曲げ試験体概要 *: B40のみ25mm

山に武陵休一覧

20 0 四门 叫歌 件 見				
供試体名	使用材料	<i>a</i> (mm)	検長 (mm)	
B40-15		40	50	
B100-15	PVA15-1		100	
B200-15			200	
B400-15	PVA15-2		400	
B40-20		40	50	
B100-20	PVA20-1		100	
B200-20			200	
B400-20	PVA20-2		400	

3. 実験結果

試験より得られた結果の詳細は,文献2)を参照されたい.体積混入率2.0%の代表的な試験体の曲げ応力(=曲げモーメント/断面係数)とひび割れ幅の関係を図-2に,曲げ歪(=曲率×断面高さ)とひび割れ幅の関係を図-3に示す.ひび割れが複数発生した試験体に関して,ひび割れ幅の平均値(Ave)と最大値(Max),最小値(Min)を示した.B400試験体では,ひび割れ幅計測の解像度も他の試験体と比較して十分ではなく(ただし,0.05mmは確保している),最大応力以降非常に脆性的な破壊を示したので,検討できる十分なデータを計測できなかった.

図-2における全般的な傾向として、最大応力の 2/3 程度の応力に到達するまでのひび割れ幅の最大 値と最小値はおおむね0.1~0.2mm 程度であり、両者 の差異は小さいといえる.それ以降は徐々に差が見 られはじめ、最大応力以降には大きな差が生じ、終 局時にひび割れ開口が局所化する実験結果と対応し ている.また、試験体寸法の変化により最大曲げ応 力は大きく変化しており、繊維のマクロ的な架橋応 力に関しては寸法効果の影響が大きいといえる.こ れらの結果を総合的に判断すると、最大曲げ応力到 達前に試験体引張縁では繊維架橋による引張応力が 軟化域に達しており、軟化領域の範囲と試験区間寸 法の関係から最大曲げ応力に関しての寸法効果が現 れると思われる.

図-3をみると、最大曲げ応力時のひび割れ幅に 対応する曲げ歪は試験体寸法によって大きく異なっ ており、前述の引張応力の軟化域範囲と試験区間寸 法の関係による寸法効果の存在が示唆される.

4. まとめ

(1) 最大曲げ応力の2/3程度の応力に到達するまでの ひび割れ幅の最大値と最小値の差異は小さく,その 時のひび割れ幅は0.1~0.2mm 程度である.

(2)曲げ試験における寸法効果は,引張縁における繊維架橋による引張応力の軟化領域の寸法と試験区間 寸法の差によるものと思われる.

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)課題番号 20360247(ECCの寸法効果と構造性能の評価に関する 研究)の助成を受けた.試験体の製作にあたり、鹿島 建設株式会社技術研究所,興建産業株式会社のご協力 を得た.

参考文献

1)Li, V.C.: From Micromechanics to Structural Engineering - The Design of Cementitious Composites for Civil Engineering Applications, Journal of Structural Mechanics and Earthquake Eng., JSCE, Vol.10, No.2, pp.37-48, 1993 2) 平野雄大, 浅野浩平, 金久保利之: ECC の曲げおよ び一軸引張性状における寸法効果, コンクリート工学 年次論文集, Vol31, 2009 3) 清水克将, 金久保利之, 閑田徹志, 永井 覚:曲げ試験による PVA-ECC の引張 性能評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 604 号, pp.31-36, 2006.6

