

主鉄筋を有する ECC の曲げ性状における寸法効果

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

1. はじめに

著者らは, ECC (Engineered Cementitious Composite) の引張・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加力実験および検討を行っている^{1,2)}. これまでに鉄筋を配筋しない無筋試験体に対する検討を報告したが, 本報では, 主鉄筋を配した有筋試験体についても同様の曲げ試験を行い, ひび割れ幅や寸法効果について検討した結果を報告する.

2. 実験概要

図-1 に試験体形状, 表-1 に試験体一覧を示す. 使用した繊維は PVA 繊維 (長さ 12mm, 径 0.04mm) で, 体積混入率は 2.0%とした. 配合は文献 3)における「mix3」と同様である. 実験因子は, 試験体断面寸法 (40mm~400mm), 鉄筋の有無および鉄筋比 (約 0.4%と 1%) である. 試験は, 三等分点加力曲げ試験を行った. 試験体数は各 3 体ずつ (B400 および B400R2 は 1 体ずつ) とした.

計測項目は, 荷重値および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.

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. 処理方法は, 参考文献 1)に示すものと同様である.

3. 実験結果

試験体寸法の差異を考慮した実験値として, 無筋試験体より得られた曲げ応力 (=曲げモーメント/断面係数) - 曲げ歪 (=曲率×断面せい) 関係を図-2 に示す. B40 を除き, 断面寸法が大きくなるにしたがって最大曲げ応力が小さくなっており, 寸法効果の影響を確認できる. B40 では, 寸法効果の発現機構が他の試験体と異なる可能性がある.

評価体積を純曲げスパン内の体積とし, 基準化さ

れた評価体積-曲げ応力, 曲げ歪関係を図-3 に示す. B100 を基準試験体とし, 寸法の異なる各試験体より得られた最大曲げ応力および最大荷重時の曲げ

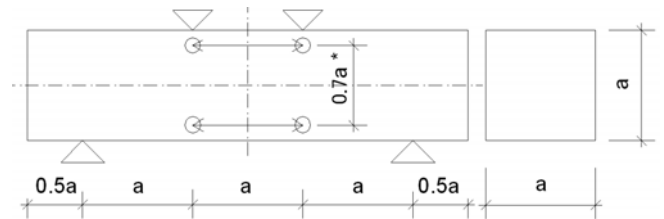


図-1 曲げ試験体形状 *: B40 のみ 25mm

表-1 曲げ試験体一覧

試験体名	a(mm)	検長(mm)	鉄筋比(%)
B40	40	50	
B100		100	
B240		240	
B400		400	
B40R1	40	50	1.01 (2-D3)
B100R1	100		1.06 (3-D6)
B100R2			0.42 (3-D4)
B240R2	240		0.41 (3-D10)
B400R2	400		0.41 (3-D13)

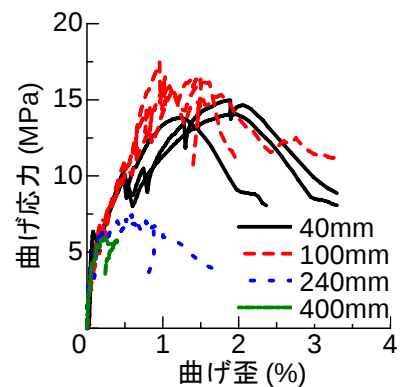


図-2 曲げ応力-曲げ歪関係

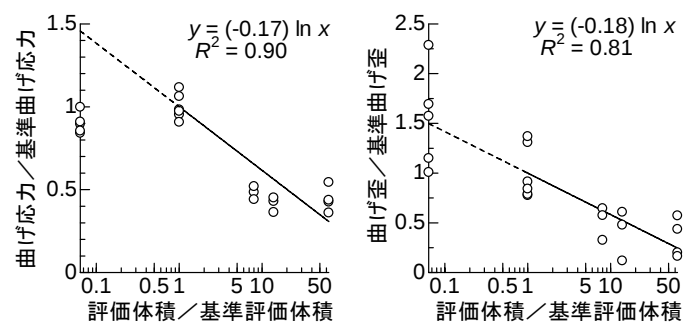


図-3 評価体積-曲げ応力, 曲げ歪関係

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 TEL 029-853-5462

歪をそれぞれ基準化した．B40 を除いた試験体の実験結果の回帰計算により図中に示す関係式を得た．

無筋および有筋試験体より得られた代表的な曲げ応力－ひび割れ幅関係を図－4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．また，純曲げスパンを目視による最終的なひび割れ本数で除して求めたひび割れ間隔（各試験体の平均値）を表－2に示す．図－4より，最大荷重時まで鉄筋の有無によるひび割れ幅の差異は大きくなく，0.1～0.3mm 程度である．しかし，表－2より最終的なひび割れ間隔は鉄筋の有無により大きく異なっており，鉄筋を有することでひび割れが多数に分散し，ECCの変形能力が増大する傾向が確認できる．

図－3に示した寸法効果を取り入れた応力－歪関係により断面解析を行い，実験結果との比較を行った．ECCの応力－歪関係は，圧縮側は放物線モデル（圧縮試験結果より決定），引張側はトリリニアモデルとし，引張強度および引張歪はB100の結果に基づき図－3の関係式で決定した．また，有筋試験体では，表－2に示したひび割れ間隔の比を用いて引張歪を相似的に大きくした．なお，鉄筋には第2勾配を有するバイリニアモデルを使用した．図－5に，断面解析より得られた曲げモーメント－曲率関係を示す．解析結果と実験結果はよく対応しており，図－3の関係式を応力－歪関係にも適用することで，

ECCの曲げ性状における寸法効果を表現することができている．

4. まとめ

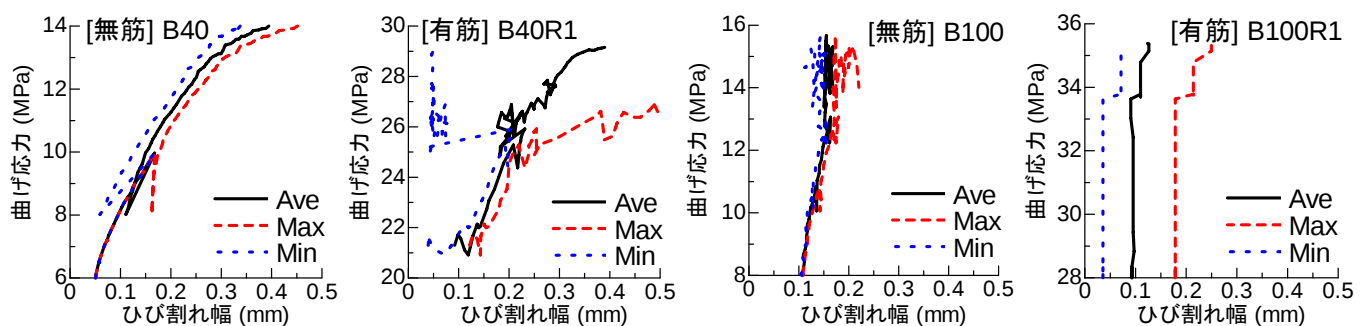
- (1) 無筋試験体の曲げ試験によって得られた最大応力に対する寸法効果の程度を，純曲げスパンの評価体積を用いて定量化した．
- (2) ECCのひび割れ間隔が，鉄筋の有無によって変化することを確認した．
- (3) 寸法効果，ひび割れ性状の変化を考慮した断面解析を行い，ECCの曲げ性状を表現することができた．

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．

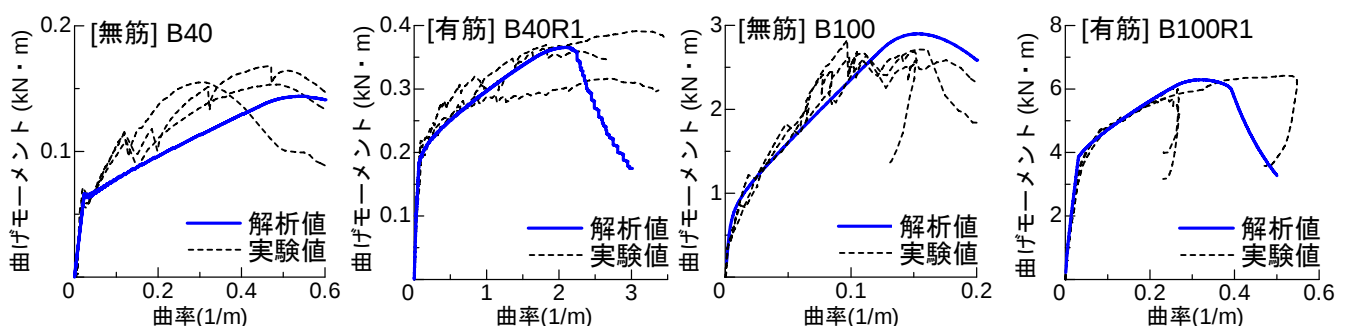
参考文献 1) 平野ら：ECCの曲げおよび一軸引張性状における寸法効果，コンクリート工学年次論文集，Vol31，2009 2) 平野ら：ECCの曲げ性状における寸法効果，土木学会年次学術講演会講演概要集，部門V，pp.1183～1184，2009.9 3) 清水ら：曲げ試験によるPVA-ECCの引張性能評価，日本建築学会構造系論文集，第604号，pp.31-36，2006.6

表－2 鉄筋の有無によるひび割れ間隔の変化

無筋試験体	ひび割れ間隔(mm)	有筋試験体	ひび割れ間隔(mm)	間隔の比 無筋/有筋
B40	16.7	B40R1	4.0	4.1
B100	16.0	B100R1	6.0	2.6
		B100R2	5.6	2.9
B240	23.9	B240R2	6.0	4.0
B400	17.4	B400R2	10.0	1.7



図－4 曲げ応力－ひび割れ幅関係（B40，B100）



図－5 断面解析結果（B40，B100）