

寸法効果を考慮した DFRCC 部材の耐力評価

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○清水 克将
筑波大学 正会員 金久保 利之

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の強度および靱性が寸法に依存することは一般に知られており、適切に寸法効果が把握できれば、縮小モデルによる実験の実施が可能となる。近年、短繊維を混入させることでセメント系材料の靱性を大幅に向上させた DFRCC が研究開発されているが、DFRCC にはコンクリートにおける通常の寸法効果に加え、繊維補強に因る寸法効果の把握が必要となる。著者らは DFRCC を用いた梁部材の寸法効果を把握するため、試験体サイズ、使用 DFRCC および補強筋の有無を実験因子とした部材実験を行い、部材の曲げ強度がせん断強度に比べて寸法効果の影響を受け易いことを示した¹⁾。本論文では、文献 1) で報告した実験に関して DFRCC の寸法効果を高応力体積にて評価し、部材強度の比較検討を行う。

2. 試験体概要

使用した DFRCC は、PVA 繊維を体積混入率 $V_f=2.0\%$ 混入させた PVA20、PVA20 の配合を基に繊維量のみを減じた PVA15 ($V_f=1.5\%$) および PVA10 ($V_f=1.0\%$)、鋼繊維を $V_f=2.0\%$ 混入させた超高強度繊維補強コンクリート DCT の合計 4 材料である。使用した DFRCC の圧縮試験結果を表 1 に示す。試験体は加力方法で 2 種類に分けられ、3 等分点一方向曲げ加力（曲げ型試験体）および大野式による逆対称一方向曲げせん断加力（せん断型試験体）である。曲げ型試験体一覧を表 1 に、せん断型試験体一覧を表 2 および表 3 に示す。実験因子は、いずれの加力形式においても断面サイズが 3 レベル（S, M, L）、鉄筋比（曲げ型は主鉄筋の有無、せん断型はスターラップの有無）である。試験体および実験結果の詳細は文献 1) を参照されたい。

表 1 DFRCC の圧縮特性

材料名	割線剛性 (GPa)	圧縮強度 (MPa)	圧縮強度時歪 (%)
PVA20	16.7	42.5	0.53
PVA15	17.4	42.0	0.42
PVA10	18.1	40.2	0.40
DCT	57.5	190	0.37

表 1 曲げ型試験体一覧 (PVA20, PVA15, PVA10, DCT)

試験体サイズ	断面 $b \times D$ (mm)	主鉄筋 (σ_y (MPa))
S	40 × 40	—
		2-D3 (222)
M	100 × 100	—
		3-D6 (382)
L	280 × 280	—
		5-D13 (363)

表 2 せん断型試験体一覧 (PVA20, PVA15, PVA10)

試験体サイズ	断面 $b \times D$ (mm)	主鉄筋 (σ_y (MPa))	スターラップ ²⁾ (p_w (%))
S	32 × 50	1-D6 (729)	— (0.00)
M	64 × 100	4-D6 (729)	— (0.00)
			2-D3 (0.89)
L	180 × 280	8-D13 (722)	2-D6 (0.89)

表 3 せん断型試験体一覧 (DCT)

試験体サイズ	断面 $b \times D$ (mm)	主鉄筋 (σ_y (MPa))	スターラップ ²⁾ (p_w (%))
S	28 × 50	1-D6 (729)	— (0.00)
M	56 × 100	4-D6 (729)	— (0.00)
			2-D3 (0.30)
L	156 × 280	8-D13 (722)	— (0.00)
			2-D4 (0.30)

3. 寸法効果の評価

これまでに DFRCC の引張性能の寸法効果が高応力体積の累乗で表現されるとの研究がなされている^{例えば}
2)。本研究では、既往の研究を踏襲すると共に、主筋の無い曲げ試験の結果から引張性能評価法³⁾により引

キーワード DFRCC, 寸法効果, 部材強度

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学構造エネルギー工学専攻 TEL029-853-5045

張性能（引張強度，終局歪）を算出し，寸法効果を評価する．なお低減係数は既報²⁾により引張強度は 0.82，終局歪は 0.85 とした．図 1 にサイズ M の試験結果で基準化した引張性能と高応力体積の関係を示す．引張強度および終局歪は，材料の違いによる差は認められず一つの回帰曲線上に分布していることが伺える．つまり，M サイズの曲げ試験結果が得られれば任意の体積を持つ部材の引張性能を以下の回帰式により表現できる．

$$\sigma_{\max}/\sigma_{\max,M} = 6.72V^{-0.144} \quad (1)$$

$$\varepsilon_u/\varepsilon_{u,M} = 90.0V^{-0.334} \quad (2)$$

ただし， $\sigma_{\max}$ ：DFRCC の引張強度， $\sigma_{\max,M}$ ：サイズ M 試験体（100×100mm 断面）による引張強度， ε_u ：DFRCC の終局歪， $\varepsilon_{u,M}$ ：サイズ M 試験体（100×100mm 断面）による終局歪，V：高応力体積（純曲げ区間の体積とした）

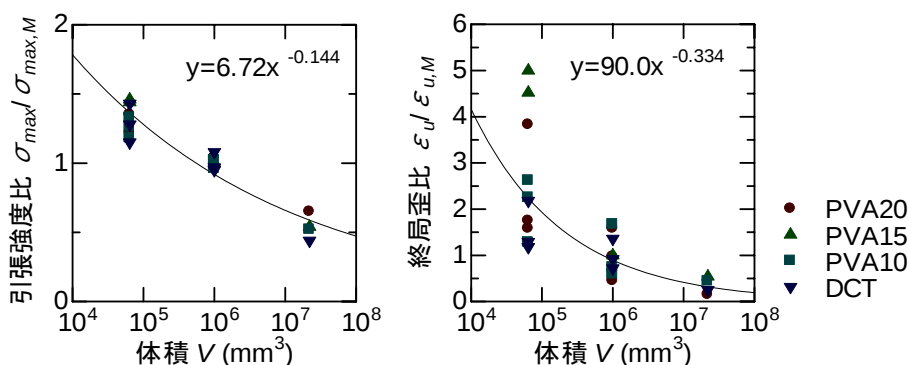


図 1 引張性能と体積の関係

4. 部材強度の計算値との比較

前節で得られた引張性能を用いて部材の曲げ強度およびせん断強度を検討する．曲げ強度は，DFRCC の引張側構成則モデルを完全弾塑性としたファイバーモデルによる断面解析値とし，せん断強度は土木学会指針式⁴⁾によった．図 2 に曲げ強度およびせん断強度の実験値と計算値の比較を示す．比較値の平均は曲げ強度で 1.33，せん断強度で 1.28 となり，また DFRCC の種類や試験体サイズに依らず安全側に評価できている．本研究では引張性能の寸法効果のみを考慮したが，圧縮性能の寸法効果等を考慮することでより精確に評価できると考えられる．

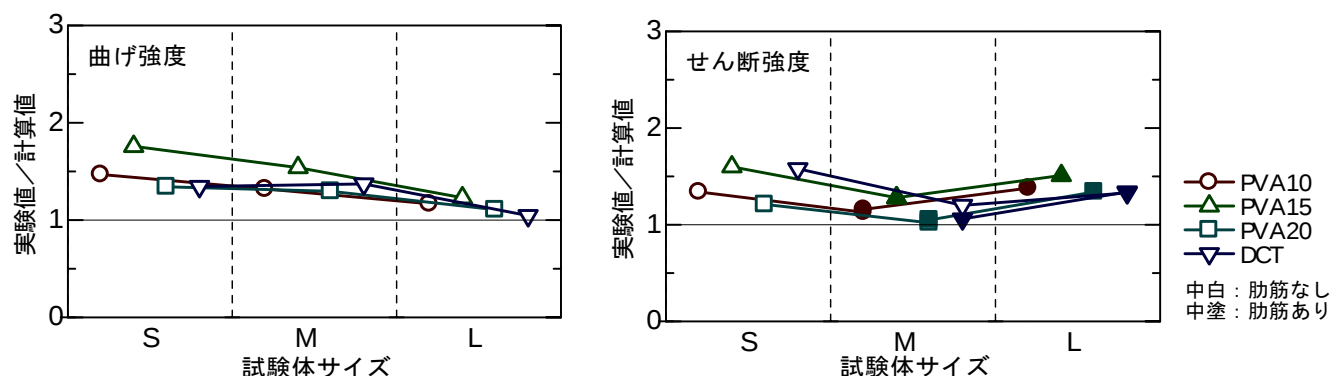


図 2 部材強度の計算値との比較

5. まとめ

DFRCC を用いた部材の寸法効果を把握するため，主筋の無い曲げ試験の結果から高応力体積を用いて DFRCC の引張強度，終局歪を評価した．評価した引張性能を基に部材の曲げ強度およびせん断強度の検討を行った結果，部材強度が安全側に評価可能であることを示した．

謝辞 試験体の製作にあたっては，太平洋セメント（株），興建産業（株）のご協力を得た．

参考文献

- 1) 清水克将，工藤脩平，金久保利之：高靱性繊維補強セメント複合材料の曲げおよびせん断性状における寸法効果，コンクリート工学年次論文集，2007.7
- 2) 山田寛次，三橋博三，板垣直行，石山智：短繊維強化セメント系複合材料の引張強度の寸法効果に関する確率論的検討，日本建築学会構造系論文集，第 540 号，pp.7-12，2001.2
- 3) 清水克将，金久保利之，閑田徹志，永井寛：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
- 4) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），2007