

BFRP メッシュ混入モルタルの曲げ挙動に関する研究

名城大学 学生会員 ○佐藤 大地, 河上 和久

名城大学 正会員 岩下 健太郎

JCK 株式会社 稲垣 廣人, 呉 智仁

槌屋ティスコ株式会社 高見 肇

1. 目的

大規模地震災害を背景に、コンクリート構造物およびその構成材料に、より大きな靱性が求められている。そうした中、終局時には微細で高密度の複数ひび割れが形成することにより、飛躍的に大きな靱性を許容する材料である短繊維混入コンクリートが注目されている¹⁾。本研究では、短繊維の分散性を考慮する必要が無く、メッシュ状でモルタルとの付着が確保できるバサルト繊維複合材（BFRP）メッシュに着目して、これを混入したモルタルの曲げ挙動について、実験及びファイバー法に基づく解析により検討した。

2. 実験方法

BFRP メッシュ混入によるモルタルの強度や靱性の向上効果、およびこの混入モルタルの曲げ挙動を評価するため、コンクリート標準示方書[規準編]²⁾のコンクリートの曲げ強度試験方法に準拠した寸法で、幅 100mm×高さ 100mm×長さ 400mm の供試体を作製し、曲げ試験を実施した。実験パラメータは BFRP メッシュの枚数（0 枚、1 枚、3 枚、それぞれ C-B0、C-B1、C-B3 と呼称）とした。BFRP メッシュは、0°、90° 方向に 1 本 400tex のバサルト繊維紐を 4.2mm 格子間隔で編んだバサルト繊維メッシュをエポキシ樹脂で含浸・成形したものである。供試体の幅内には 14 本の BFRP 棒が混入される。各種材料の物性値を表 1 に示す。BFRP メッシュについては BFRP 棒（1 本）の引張試験を 10 本行い、平均値を物性値として採用した。また、モルタルの物性については 3 体の $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体 3 体の試験結果を平均した値を採用した。屋外環境下で湿布養生を行い、28 日間の養生後に 2000kN 加圧試験機により 4 点曲げ試験を実施した。曲げ試験の状況を図 1 に示す。計測機器及び項目は、荷重および、供試体両側面の各載荷点に設置した変位計により測定した変位（平均値）とした。

表 1 材料の物性値一覧

BFRP メッシュの引張強度(N/mm^2)	2210
BFRP メッシュの引張弾性率 E_f (kN/mm^2)	91.0
BFRP メッシュ（14 本分）の断面積 A_f (mm^2)	2.07
繊維含有率 V_f (%)	50
エポキシ樹脂の引張弾性率 E_a (kN/mm^2)	1.5
モルタルの材齢 28 日圧縮強度 f'_c (N/mm^2)	35.9

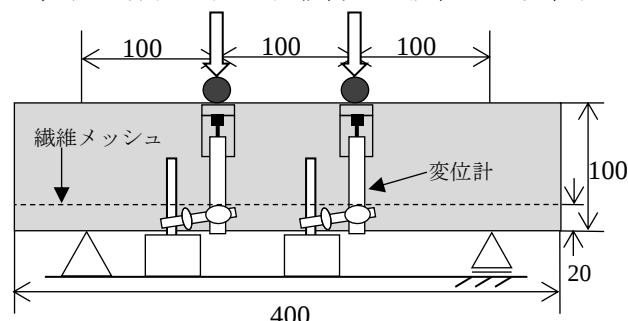


図 1 4 点曲げ試験

3. 実験結果と考察

4 点曲げ試験の結果より、荷重－変位曲線を図 2 に示す。C-B0 では、供試体のスパン中央部に 1 本のひび割れが発生し、2 つに割れたが、C-B1 と C-B3 では、1 本のひび割れ発生後も荷重が増加するひずみ硬化が見られ、BFRP メッシュが数本ずつ段階的に破断していく様子が見られた。また、破断後にひび割れ近傍を観察したところ、C-B1 については剥離や引き抜けは確認できなかったが、C-B3 については、ひび割れから両端に向かって 50mm 程度離れた箇所に新たにひび割れが生じ、かぶりが剥落

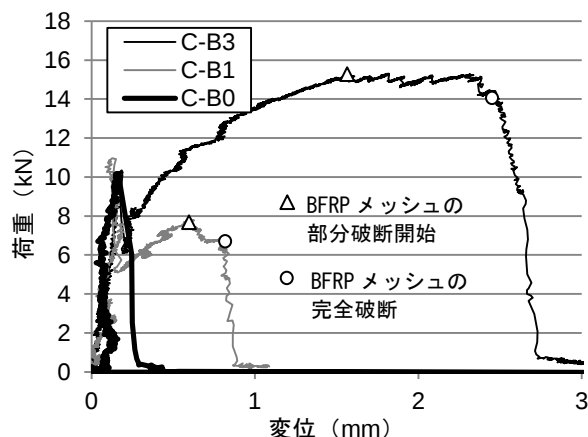


図 2 荷重－変位関係（実験値比較）

した．以上から，C-B3 については，BFRP メッシュが若干すべりながら破断し，メッシュを構成する 14 本の BFRP 棒間に応力の不均一が生じ，部分破断を伴いながら破断していったと考えられる．一方，荷重－変位関係からは，C-B0 ではひび割れ発生後に急激にゼロ荷重まで低下したが，C-B1 供試体では，1 本目のひび割れ発生後に 50% 程度の荷重低下が生じたもののひずみ硬化が見られた．そして，C-B0 に比べて最大荷重は向上しなかったものの，終局破壊時の変位は 410% 増加した．また，C-B3 では，飛躍的に大きなひずみ硬化や靱性の向上が見られ，C-B0 に比べて最大荷重は 53.2%，終局破壊時の変位は 1565%，それぞれ増加した．以上から，BFRP メッシュの混入により，モルタルのひび割れ発生後のひずみ硬化が得られ，靱性が飛躍的に向上することが実験的に明確となった．

4. ファイバー法による解析と考察

ファイバー法により，本研究で実験を行った各種供試体をモデル化した．断面諸元は梁の長手方向と平行に 1000 分割し，各要素の高さを 0.1mm とした．コンクリートの構成則はコンクリート標準示方書[設計編]（土木学会編）²⁾ の「コンクリートのモデル化された応力－ひずみ曲線」を用いた（図 3）．BFRP ロッド及びエポキシ樹脂の構成則は完全弾性体とした．各荷重における変位を算出し，荷重－変位関係を作成した（図 4）．手順は過去の論文³⁾ で説明しており，紙面の都合で割愛する．ひび割れ発生時およびひび割れ発生後のピーク荷重は，いずれのケースでもある程度算定できている．しかし，中途の挙動，特にひずみ硬化領域についてはうまく表現できなかった．今後，材料構成則にひずみ硬化を考慮するなどの工夫を行い，より精度よく表現できるモデルの作成に努めたい．

5. まとめ

本研究の主な成果は，BFRP メッシュの混入によりモルタルの靱性を飛躍的に向上できることが実験的に明確となったこと，およびファイバー法による解析により，ピーク荷重をある程度算定できることが分かったことである．しかし，本研究において設定した材料構成則ではひずみ硬化領域等を表現できなかったため，今後，材料構成則にひずみ硬化を考慮するなどの工夫を行う．

謝辞：本研究の一部は，平成 24 年度に私立大学戦略的基盤研究形成支援事業として採択され設置された「名城大学 自然災害リスク軽減研究センター（代表者：小高 猛司）」の助成を受けて実施したものである．

参考文献

- 1) 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材設計・施工指針，土木学会，コンクリートライブラリー127，2007
- 2) コンクリート標準示方書 [規準編]，土木学会，2010
- 3) K. Iwashita, D. Sato, et. al., The 3rd International Symposium on Advances in Urban Safety (SAUS2012), 2012

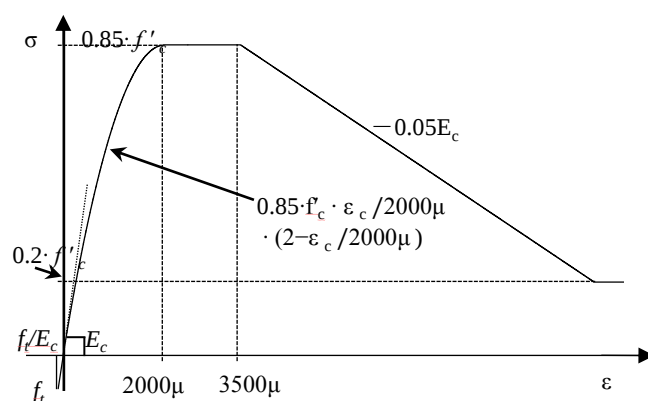


図3 モルタルの構成則

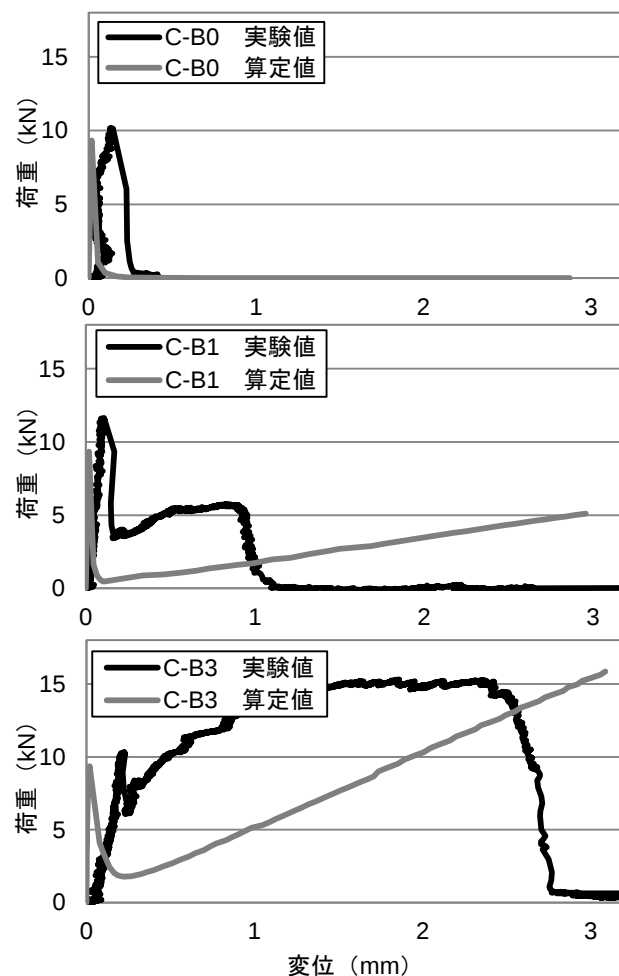


図4 荷重－変位関係（実験値-算定値比較）