

HPFRCC 梁の曲げ耐力と一軸引張特性の関係に関する研究

ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 ○稲熊 唯史
 岐阜大学 学生会員 水田 武利
 岐阜大学 正会員 六郷 恵哲

1. 目的

HPFRCC は一軸引張応力下でひび割れ発生以降の疑似ひずみ硬化特性とひび割れ分散を特徴とする短繊維を使用したセメント複合材料である。HPFRCC の特性を有効に利用する研究が各分野で進められ、2007 年 3 月に土木学会より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) (以下 指針案) としてまとめられた。指針案では HPFRCC のひずみ硬化特性を期待して、HPFRCC の引張強度を部材設計に考慮することとし、一軸引張試験結果から材料性能を評価して設計に用いる引張応力ひずみ関係を与えることを示している¹⁾。そこで、本研究では HPFRCC の一軸引張試験と無筋及び RC 梁の曲げ載荷試験を実施し、指針案における設計の考え方を考慮して一軸引張特性と曲げ耐力の関係を検討した。

2. 実験概要

試験体に使用した HPFRCC は高強度ポリエチレン繊維(直径 $12\mu\text{m}$ 、長さ 12mm) を $1.5\text{vol}\%$ 配合した材料を用いた。HPFRCC の引張特性は図-1 に示すダンベル型試験体を方端回転拘束、他方を回転自由の境界条件で載荷して検長 100mm 間のひずみと引張応力で評価した。

曲げ試験体は図-2 に示す形状の梁試験に表-1 に示す鉄筋を配筋した。曲げ載荷試験はモーメントスパン 200mm として、モーメントスパン内で 3 箇所の鉛直変位を測定し、曲率に換算し載荷した曲げモーメントと曲率の関係で曲げ挙動を評価した。

3. 実験結果および考察

図-3 に一軸引張試験結果と指針案による応力ひずみモデルを示す。指針案では設計降伏強度及び終局ひずみは、 $N=5$ 以上の試験体数で実施したデータから、軟化開始(終局)ひずみが最大と最小の試験体データを除外し、降伏強度の平均値から危険率 5% (1.645σ 、 σ は標準偏差) のばらつきと $\gamma_c=1.3$ の材料係数を考慮して設計降伏強度を求めることとしている。

また、応力ひずみ関係は完全弾塑性モデルとしている。ただし、指針案における設計降伏強度の定義は、試験値の包絡線でひび割れ発生から最大応力までの最低の応力としているが、本研究で用いた HPFRCC ではひび割れ発生から最大応力までの応力増加量が大きい材料であることから図-3 に示した変曲点と判断できる応力を降伏強度の試験値とした。

設計に用いる応力ひずみモデルは降伏強度の平均値 ($4.17\text{N}/\text{mm}^2$) に対してばらつきと材料係数を考慮することか

表-1 曲げ試験体種別

試験体種別	補強筋	試験体数
PE0		2 体
PED10	SD345 D10 1本	2 体
PED13	SD345 D13 1本	2 体

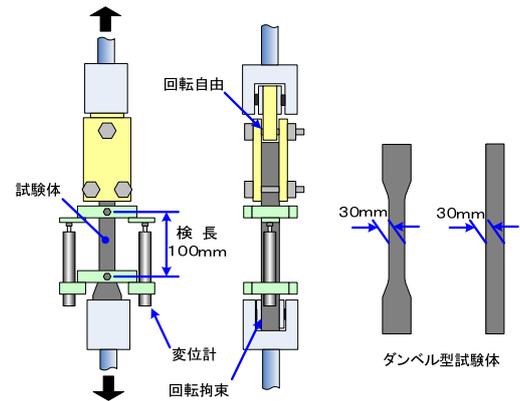


図-1 一軸引張試験

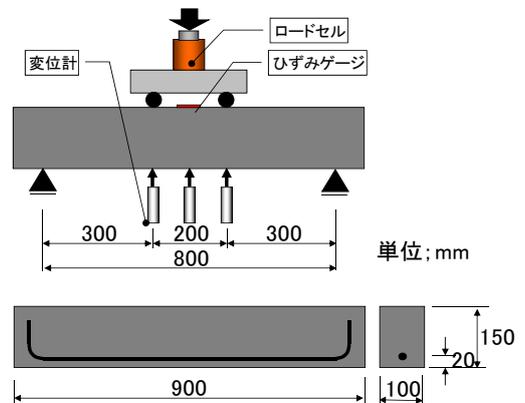


図-2 曲げ載荷試験

キーワード HPFRCC, 一軸引張, 短繊維, 曲げ特性, 応力ひずみ

連絡先

〒450-0002 名古屋市中村区名駅五丁目 33 番 10 号 ジェイアール東海コンサルタンツ(株)

T E L 052-746-7122

ら設計降伏強度は約 67% (2.79N/mm^2) になっている。

図-4 に断面を高さ方向に 200 分割し, HPFRCC の設計応力ひずみモデルを用いてファイバーモデルで解析した結果と曲げ載荷試験結果をあわせて示す. なお, 鉄筋降伏応力は $\sigma_{sy}=345\text{N/mm}^2$ とし, HPFRCC の圧縮応力ひずみ関係は一軸圧縮試験結果からモデル化した。

最大曲げモーメントの実験値は, すべての試験体において設計値を上回っている. また, 最大曲げモーメント時の曲率は設計値のそれを大きく上回っており高い曲げ靱性を示している。

無筋試験体 PEO の曲げモーメントー曲率関係の実験値からファイバーモデル解析で引張応力ひずみ関係を逆解析した. 引張応力ひずみ関係を図-3 に実験値および設計応力ひずみ関係に加えて示す. 逆解析応力ひずみ関係は実験値と比べると, 降伏応力および最大応力については比較的良好に一致しているが, 引張ひずみレベルが大きく異なっている. これは一軸引張試験では, 試験の特性上ダンベル試験体の検長内において, 最も脆弱な部分の性能で終局する. 反対に曲げでは断面内の圧縮と引張の合力バランスで決定される. 従って, 一軸引張試験では引張ひずみを小さめに評価する傾向にあることに起因すると考えられる。

逆解析した応力ひずみモデルを用いた曲げ曲率の解析値と実験値を図-5 に示す. 実験値と解析値は比較的良好に一致している。

4. まとめ

HPFRCC 梁の曲げ耐力について指針案で示された設計引張応力ひずみ関係で算出した場合, 実力値に対して十分に安全が確保できることが確認できた。

ひび割れ発生以降のひずみ硬化が大きい材料に対して, 完全弾塑性モデルで HPFRCC 梁を設計した場合, 曲げ耐力を過小に評価することが考えられる. 従って, 経済性を考慮した場合, 引張特性を考慮した適切なモデル化が必要であると考えられる。

無筋梁から逆解析した応力ひずみモデルを用いて, 比較的精度よく RC 梁の曲げモーメントー曲率関係を解析できることが確認できた。

参考文献

- 1)コンクリートライブラリー 127 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) 土木学会 2007年3月

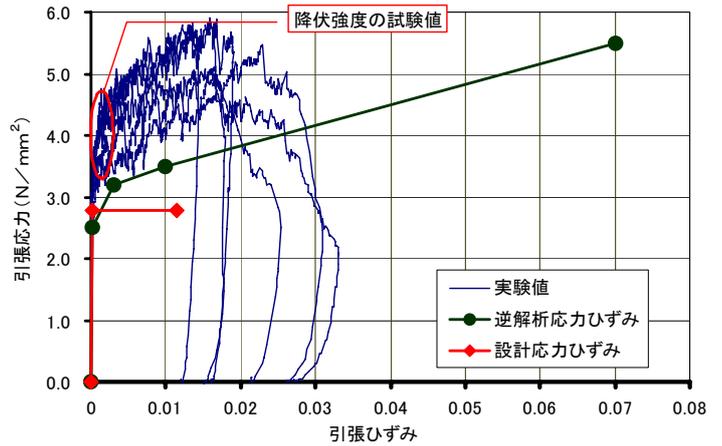


図-3 引張応力ひずみ実験値および設計モデル

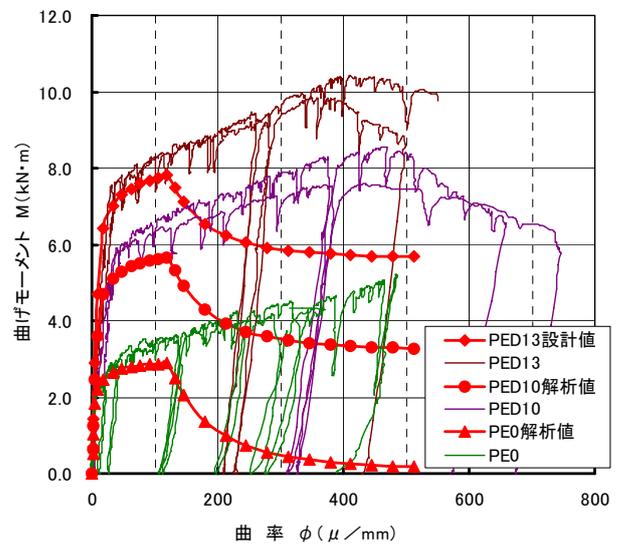


図-4 曲げ載荷試験結果および設計値

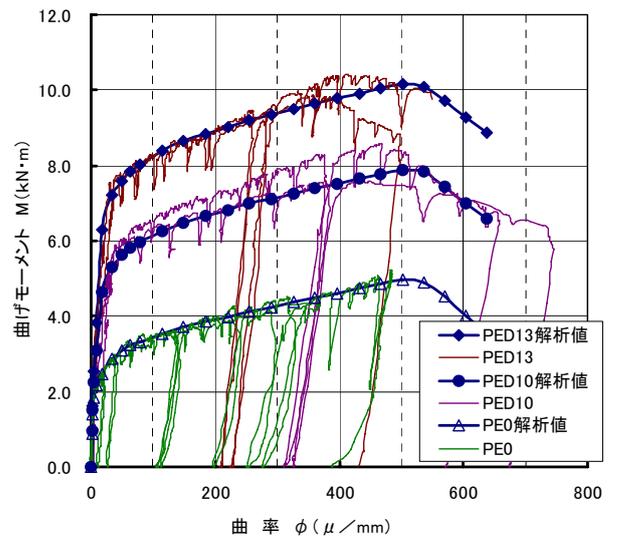


図-5 曲げ載荷試験結果および逆解析値