

# 超高強度繊維補強コンクリートを用いたプレテンションPC実大桁のFEM解析

三井住友建設(株)技術研究所 正会員 ○野並優二 篠崎裕生

## 1. はじめに

繊維補強コンクリートを用いた構造物の耐荷挙動を、FEM解析を用いて評価する場合、引張軟化特性のモデル化や補強材の付着—すべり関係に特に配慮すべきであるが、これまで十分な検討がなされているとは言い難い。著者らは、コンクリートに圧縮強度  $150\text{N/mm}^2$  を超える鋼繊維補強コンクリートを、緊張材にアラミドFRPロッドを使用したプレテンション実大桁を製作し、曲げ載荷試験を実施した。そして、FEM解析を適用するにあたっての課題を明らかにした。

## 2. 試験体概要

図-1に試験体の形状・寸法を示す。全長  $12390\text{mm}$ 、高さ  $1300\text{mm}$ 、幅  $600\text{mm}$  である。端部から軸方向に  $500\text{mm}$  と中央部以外は幅  $360\text{mm}$  の中空となっている。曲げ補強材として  $\phi 7.4$  のアラミドFRPロッドを3本束ねたものを引張縁に12本、2本束ねたものを圧縮縁に4本配置している。緊張材として配置した、AFRPロッドには、 $157\text{kN}(0.6\text{Pu})$  を緊張力として導入した。軸方向のAFRPロッド以外に補強筋は配置していない。コンクリートの配合は  $\text{W/B}12.0\%$  とし、短繊維を内割置換で  $1.0\%$  混入させたものである。

## 3. 試験方法

載荷試験方法は、4点曲げ載荷とし、支点間距離  $11790\text{mm}$ 、等曲げ区間は  $1500\text{mm}$  とした。

## 4. FEMによる解析モデル

解析は、汎用FEMプログラムDIANAを用いて行った。解析モデルを図-2に示す。コンクリートは20節点ソリッド要素でモデル化した。要素寸法がおおよそ  $100\text{mm}$  となるように設定した。解析に用いた材料特性値を表-1に示す。コンクリートの引張側構成則は、切欠き曲げ試験の結果に基づき図-3のように定めた。コンクリートのひび割れモデルは、回転ひび割れモデルを用いた。AFRPロッドは、DIANAに予め組み込まれている埋込み鉄筋要素を用

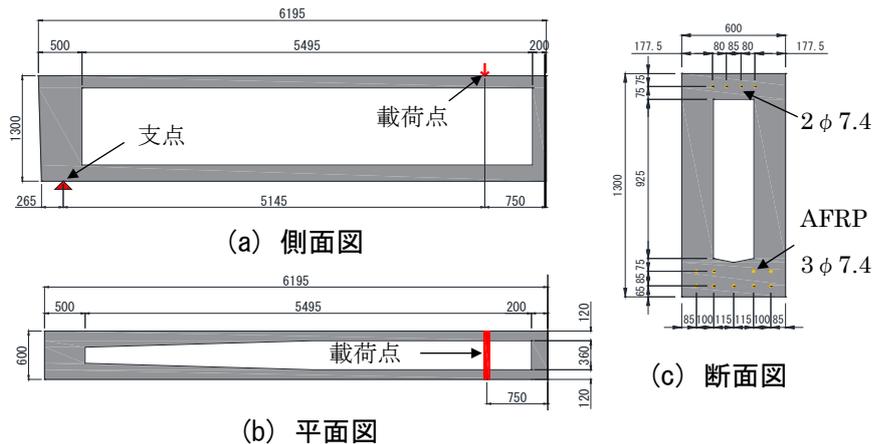


図-1 試験体形状

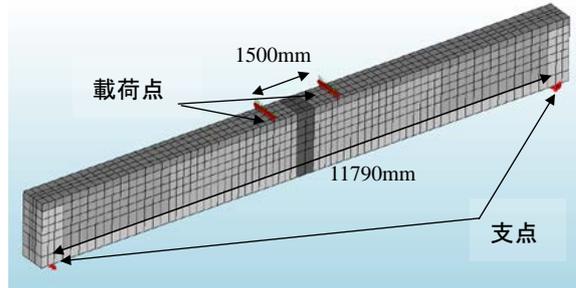


図-2 解析モデル

表-1 コンクリート材料特性値

圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	弾性係数 ( $\text{N/mm}^2$ )	ポアソン比	ひび割れ発生強度 ( $\text{N/mm}^2$ )
152.4	55487	0.219	8.39

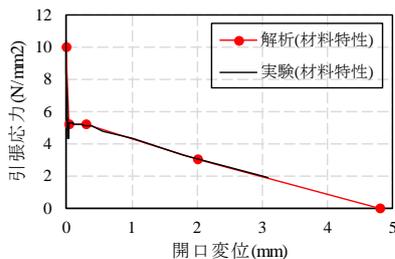


図-3 引張軟化特性

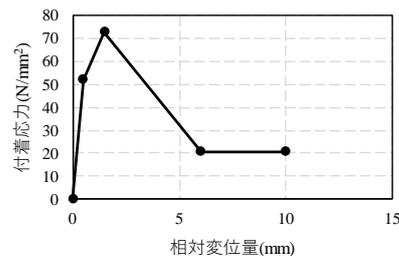


図-4 付着すべり関係

キーワード 非線形解析, 短繊維, 高強度

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株)技術研究所 TEL: 04-7140-5201

いた。AFRP ロッドの弾性係数は  $53000\text{N/mm}^2$ 、破断ひずみを  $0.0315$  とした。また、AFRP ロッドとコンクリートの付着すべり関係は、文献 1) から図-4 に示すものを用いた。AFRP のプレストレスは、試験から推定された  $157\text{kN}$  を初期ステップで導入を行った。載荷は、変位制御によって行った。

#### 4. 試験および解析結果

図-5 に試験および解析結果の荷重と支間中央たわみの関係を示す。試験結果と解析結果ともに、AFRP ロッドでの破断により耐力を失った。終局時の荷重と変位は、試験と解析でおおよそ同程度の値となった。剛性が低下し始める荷重が、試験では、 $700\sim 800\text{kN}$  であったのに対して、解析では、 $900\text{kN}$  と大きく離れた結果となった。これは、切欠き曲げ試験から推定された、引張軟化曲線でのひび割れ発生強度や軟化時の特性を実桁での値よりも大きく評価しているためと考えられる。引張軟化特性は繊維の配向に大きく影響されることから、これらのばらつきを考慮すべきと考える。

図-6 に荷重  $300\text{kN}$  での、試験体高さ方向での軸方向ひずみの分布を示す。評価断面は、試験体中央から  $500\text{mm}$  の位置とした。実験値と解析値は良好に一致している。引張下縁でのひずみのみ挙動が異なるのは、実験では発生していないひび割れが、解析においては発生したためであると考えられる。

図-7 に試験および解析での終局状態でのひび割れ状態を示す。解析結果は、ひび割れひずみが、目視でひび割れ確認の可能であると考えられる  $0.01\text{mm}$  相当のものを示している。解析結果の  $0.01\text{mm}$  以上の結果を示したものと試験でのひび割れの傾向は、概ね同様の傾向を示していることが確認できた。

#### 5. まとめ

超高強度繊維補強コンクリートを用いた実物サイズのプレテンション桁の曲げ載荷試験と非線形有限要素解析により、以下の知見が得られた。

- 1) AFRP ロッドとコンクリートの付着すべり関係を考慮した解析により、AFRP ロッドの破断荷重およびその時の桁の変位を精度良く追跡できることが分かった。
- 2) 桁の耐荷挙動を評価する上では、コンクリートの引張軟化特性のばらつきを考慮したモデル化が重要であることが分かった。
- 3) 試験体高さ方向でのひずみ分布は、実験値と解析値では、概ね同様の傾向を示すことが確認された。
- 4) 目視で確認することが可能な範囲のひび割れ性状においては、実験および解析ともに同様の傾向を示すことが確認できた。
- 5) 実大サイズの解析においては、要素寸法  $100\text{mm}$  程度で耐力を評価可能であることが確認できた。

#### 参考文献

- 1) 浅井洋, 付着定着によるアラミド繊維緊張材・補強材の実用化に関する研究, 徳島大学学位論文

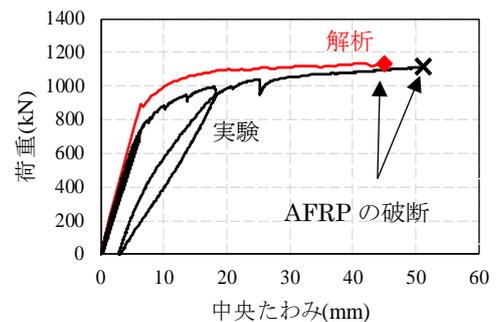


図-5 荷重-変位関係

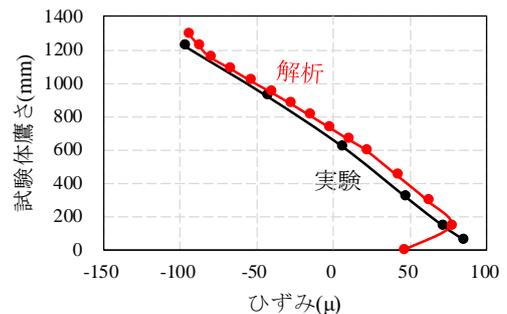
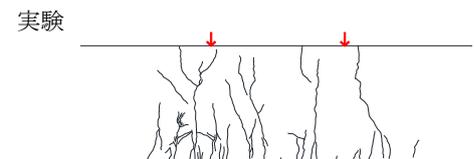


図-6 ひずみ分布の比較



解析  
ひび割れ幅  $0.01\text{mm}$  以上

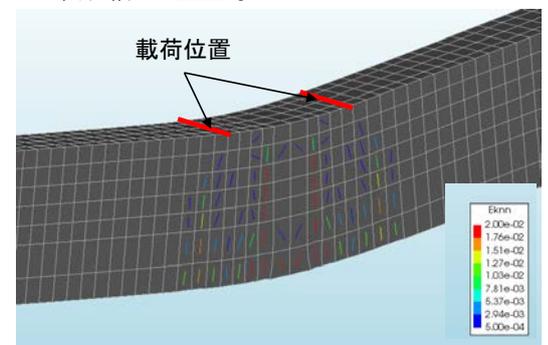


図-7 ひび割れ状況