

V-432

繊維補強コンクリートの曲げ強度の寸法効果に関する数値実験的検討

前田建設工業 技術研究所 正会員 ○原 夏生
農林水産省 農業工学研究所 安中正実 浅野 勇

1. はじめに

繊維補強コンクリート（以下、SFRC）は、コンクリートの強度、靱性、耐久性を向上させることが可能な材料である。トンネルの覆工等においては、耐久性能の観点（限界状態Ⅰ）や構造性能の観点（限界状態Ⅱ）から限界状態を設定し、SFRCのひび割れを許容し、強度、靱性を評価する設計が試みられている[1]。一方、一般にSFRCを含む無筋コンクリート部材の曲げ耐力は鉄筋コンクリート部材に比べ、寸法効果の影響が大きいと言われている。そこで、本研究ではSFRCの引張軟化特性に着目したFEM解析を実施し、上記の限界状態を考慮した曲げ強度の寸法効果を数値実験的に検討する。

2. 基準供試体の実験および解析

数値実験に用いる引張軟化特性を定めるために、図-1に示す基準供試体の実験および解析を実施した。試験結果を表-1に示す。基準供試体のFEM解析に用いたメッシュを図-2に示す。等曲げ区間中央にはひび割れ要素を一行配置した。ひび割れ発生基準はプレーンコンクリートの一軸引張強度（主応力による判定）とした。引張軟化特性であるひび割れ後の残留応力 σ_r とひび割れ幅 ω の関係は次式で評価した。

$$\sigma_r / \sigma_t = \exp \{ \log R \cdot (\omega / \omega_f) \}$$

σ_t : ひび割れ発生応力 (kgf/cm²)
 ω_f : 基準ひび割れ幅(cm)
 R : 基準ひび割れ幅における残留応力比

ここで、 ω_f および R は実験結果と合うようにパラメータスタディを行い、 $\omega_f=0.5(\text{cm})$ 、 $R=0.47$ とした。ひび割れ要素を含む全ての要素のコンクリートの応力-ひずみ関係にはKupfer則[2]を用いた。基準供試体の実験結果と解析結果の比較を図-3に示す。

3. 曲げ強度の寸法効果のFEM解析

解析は表-2に示す梁高さを100mm~1000mmに変化させた4つのケースについて実施した。使用した構成則、物性は基準供試体の解析と同様である。寸法効果の影響は、各ケースの解析においてひび割れ要素の形状・寸法を同一とし、要素当た

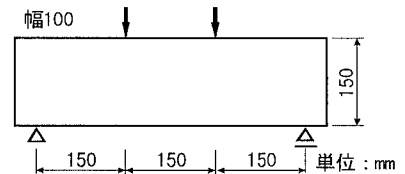


図-1 SFRCの曲げ試験

表-1 基準供試体諸元

鋼繊維 (mm)	混入率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
Φ0.6×60	0.75%	356	64.1

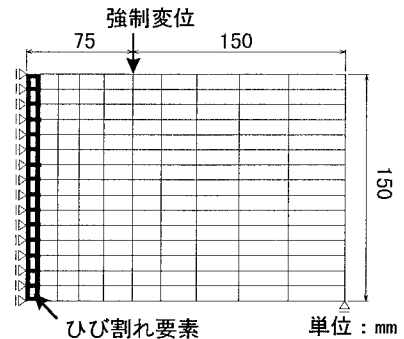


図-2 基準供試体の解析モデル

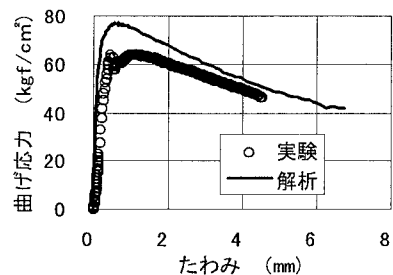


図-3 実験結果と解析結果の比較

キーワード：繊維補強コンクリート、寸法効果、曲げ強度、ひび割れ幅、FEM解析

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 TEL 03-3977-2355 FAX 03-3977-2251

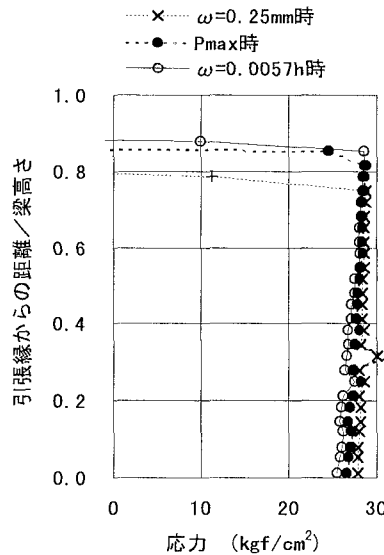
りの破壊エネルギーを等しくすることで考慮した。

解析結果を図-4に示す。横軸に梁高さを縦軸には各曲げ強度を梁高さ 150mm の場合を基準に無次元化したものを示す。 $\omega=0.25\text{mm}$ および $\omega=0.0057h$ (h: 梁高さ)は文献[1]に示される限界状態Ⅰ（耐久性能確保）、限界状態Ⅱ（構造性能確保）である。最大曲げ強度に比べ、ひび割れ幅より決定される曲げ強度の方が寸法効果の影響が大きい。さらに、ひび割れ幅が大きくなると寸法効果が顕著に表れる傾向にある。図-5は梁高さが150mmと1000mmの解析ケースに対して各曲げ強度時のひび割れ要素における応力分布を示したものである。中立軸の位置および引張縁における軟化の進行が荷重状態および梁高さにより異なることが示されている。

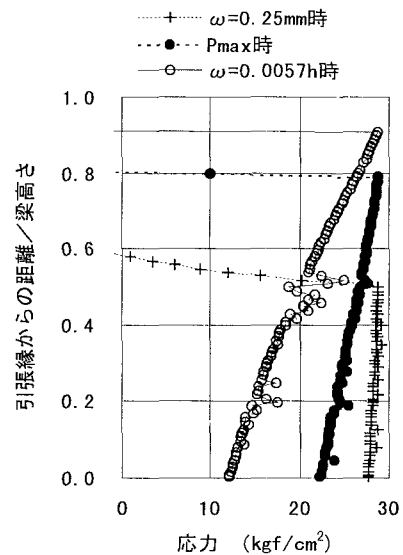
4. まとめ

本研究の結果を以下に要約する。①ひび割れ要素の破壊エネルギーを等しくすることで、SFRCの曲げ強度の寸法効果を評価できる。②SFRCの曲げ強度の寸法効果は最大曲げ強度に比べ、ひび割れ幅から規定される曲げ強度の方が大きい。③ひび割れ幅が大きくなると寸法効果の影響が増大する。

なお、本研究は官民連携新技術研究開発事業の一環として農林水産省および民間7社（前田建設工業、熊谷組、銭高組、飛島建設、日本国土開発、フジミ工研、前田製作所）の共同研究課題として実施されたものである。



(a) $h=150\text{mm}$



(b) $h=1000\text{mm}$

図-5 梁高さ方向の応力分布

表-2 解析ケース・結果一覧

解析ケース	梁高さ h (mm)	曲げ強度 (kgf/cm^2)	強度比
1	100	78.18	1.01
2*)	150	77.31	1.00
3	400	71.25	0.92
4	1000	69.32	0.90

*) 基準供試体

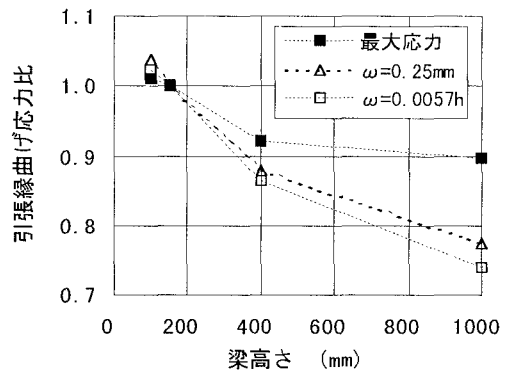


図-4 梁高と曲げ強度の関係

【参考文献】

- [1] (社)鋼材倶楽部：鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル（トンネル編），技報堂出版
- [2] H.B.Kupfer and K.H.Gerstle：Behavior of concrete under biaxial stresses, Proc. of ASCE, EM4, pp.853-866, 1973