

鋼繊維補強コンクリートの引張特性に関する数値解析的研究

九州大学 学生員 大山輝久 九州大学 学生員 緒方 恒
九州大学 学生員 斉藤成彦 九州大学 正 員 彦坂 照

1. はじめに

コンクリートのひびわれ防止や耐摩耗性の向上などを目的として鋼繊維が用いられている。本研究では、繊維を離散的に扱うことにより、ひびわれ面での繊維の抜け出し挙動をモデル化し、鋼繊維補強コンクリートの直接引張試験の数値解析を行った。繊維混入量が部材の引張特性に与える影響を調べ、粗骨材最大寸法が繊維分布と強度に与える影響についても考察した。

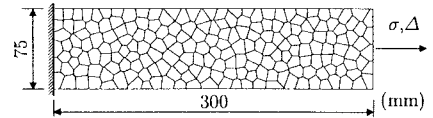


図1 供試体概要

2. 解析モデル

コンクリートは、剛体-バネモデル¹⁾を用いてバネ系により結合された剛体要素の集合として扱い、ランダムな形状のボロノイ多角形に分割する(図1)。疑似乱数によってコンクリート供試体内にランダムに配置された繊維は、梁要素を用いて離散化し、リンク要素を介してコンクリート要素に結合させる²⁾。リンク要素には、図2で表される繊維-コンクリート間の付着特性を考慮した。

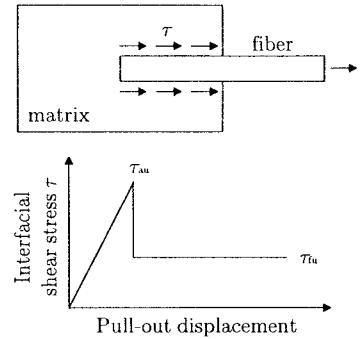


図2 セン断伝達モデル

3. 直接引張試験の数値解析

解析には図1に示す供試体を用い、奥行きは50mmとした。長さ $L=30\text{mm}$ 、アスペクト比100の鋼繊維を、繊維体積率がそれぞれ0.1、0.2、2、5%となるよう混入した。ただし、繊維体積率が2および5%の供試体については、計算労力を軽減するため供試体奥行きを小さくし、繊維本数を0.2%のものと同様にした。コンクリートの材料定数は、ヤング率21GPa、引張強度(σ_{mu})2MPaとし、鋼繊維のヤング率は210GPaとした。繊維-コンクリート界面の付着強度(τ_{au})は、コンクリートの引張強度比 $\tau_{au}/\sigma_{mu}=2$ を用いた。

繊維体積率をパラメータとした各供試体の直接引張試験解析結果を図3に示す。引張応力はコンクリートの引張強度で、変位は繊維の最大埋め込み長さ(繊維長さ L の $1/2$)でそれぞれ正規化してある。繊維を混入するとひびわれ後も応力を保持することが分かり、繊維体積率の大きいものほど補強効果も大きい。繊維体積率の小さい供試体(0.1、0.2%)ではひびわれが一箇所に集中するのに対し(図4)、繊維体積率の大きな供試体(2、5%)ではひびわれが分散する(図5)。繊維体積率5%の供試体になると、ひびわれ発生後も応力が増大することが確認できる。

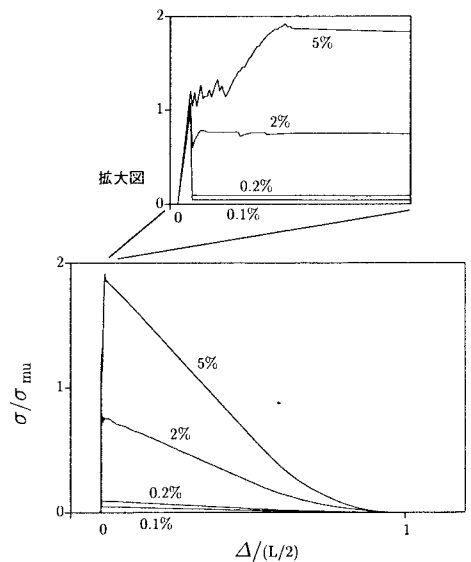
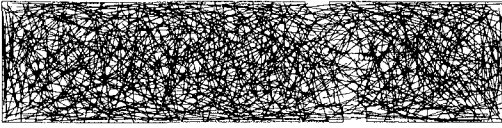
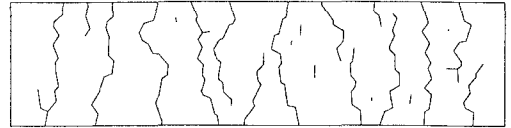


図3 引張応力-変位曲線



0.2(%)

図4 変形パターン

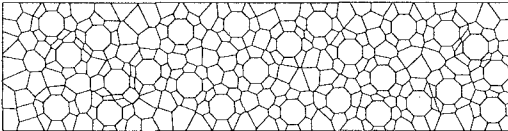


5.0(%)

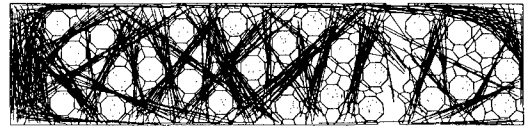
図5 ひびわれパターン

4. 粗骨材最大寸法の影響

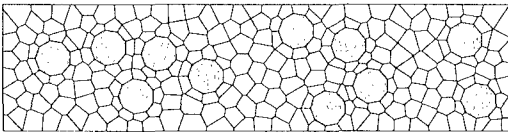
繊維補強コンクリートの引張強度は粗骨材最大寸法にも影響を受けると考えられる。本研究では、図6のように最大寸法の粗骨材のみを考慮し、粗骨材最大寸法 ($d_{\max}$) が15mm と20mm の場合について骨材体積比を一定に保ち解析を試みた。骨材を含む場合の解析方法については文献3を参照されたい。ここでは、コンクリートの引張強度が先の骨材を考慮しない場合の供試体と同じになるよう材料定数を設定した。繊維体積率は0.2%一定とした。



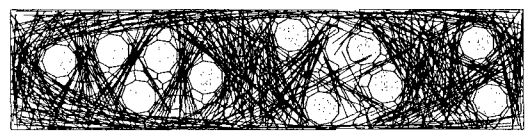
$d_{\max}=15\text{mm}$



$d_{\max}=15\text{mm}$



$d_{\max}=20\text{mm}$



$d_{\max}=20\text{mm}$

図6 粗骨材を考慮した要素メッシュ

図7 変形パターン

図7より、骨材を考慮しない場合の繊維分布が均質な傾向にあるのに対し、骨材を考慮した場合は繊維が入りにくくなり、繊維の分布が偏っていることが分かる。そのため、ひびわれ面を横切る繊維の量が少なく、ひびわれ後に保持する応力の大きさが骨材を考慮しない場合に比べて小さくなった(図8)。本解析で、骨材が繊維分布や引張強度に与える影響について確認できた。最大寸法の粗骨材や細骨材を考慮した場合には、今後の研究の課題である。

参考文献

- 1) T. Kawai: New discrete models and their application to seismic response analyses of structures. Nuclear Engng. Design, 48, pp. 207-229, 1978
- 2) S. Saito and J.E. Bolander : Numerical analyses of shrinkage cracking controlled by carbon fiber nets. Int. Symp. on Non-Metallic Reinforcement for Concrete Structures, 2, pp. 275-282, 1997
- 3) Y.-Q. Liu, H. Hikosaka, and J.E. Bolander : Modeling compressive failure using rigid particle systems. Fracture Mechanics of Concrete Structures, pp. 375-382, 1995

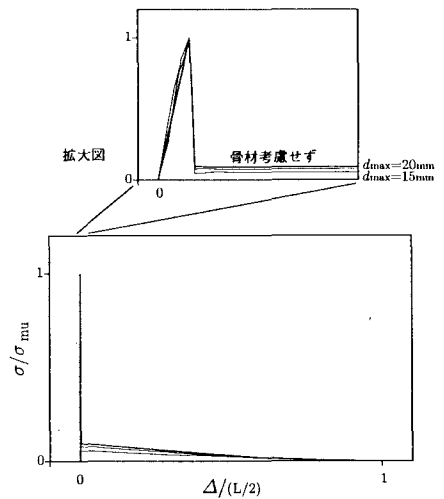


図8 引張応力-変位曲線