

繊維補強コンクリートの収縮ひび割れの進展に関する解析的検討

富山県立大学

学生会員

○ 清水 勝利

正会員 伊藤 始

若井 航

1. はじめに

コンクリートの引張性能を向上し、高機能化したものに繊維補強コンクリートがある。繊維補強コンクリートは、繊維の架橋効果によって力学性能の1つであるひび割れ幅を低減できるが、その低減効果の持続性について検討した事例は少ない。綾野ら¹⁾は、ポリオレフィン繊維を用いて乾燥収縮によるひび割れ幅の進展を長期的に検討しており、繊維の形状によってひび割れ幅が異なることを確認している。しかしながら、繊維種類が限られていることやひび割れ分散性が検討されていないことから、検討の余地を残すものである。

一方、繊維補強コンクリートの力学性能を評価する手法として、有限要素解析(FEM 解析)が用いられている。解析では、主にコンクリートの引張軟化モデルの違いにより繊維の有無や体積混入率を表現している。

本研究では、PVA 繊維(ポリビニールアルコール繊維)を混入したコンクリートを対象に、JIS A 1151 の乾燥収縮ひび割れ試験²⁾を模擬した FEM 解析を実施することで、繊維補強コンクリートのひび割れ幅の進展を解析的に検討した。

2. 解析方法

解析ケースは、表-1 に示した通り、短繊維の体積混入率を 0.0%、0.3%、0.5%、1.0% の 4 ケースとした。混入率の違いは引張軟化モデルで表現した。引張軟化モデルは著者らの提案方法を参考に図-1 のように決めた³⁾。

解析モデルは、図-2 のように乾燥収縮ひび割れ試験を模擬したものとした。解析モデルには、ひび割れを分散させるために鉄筋を配置した。解析メッシュは、拘束鋼材とコンクリートの要素を合わせて作成し、要素寸法は 10mm 程度を基本とした。解析モデルの拘束鋼材とコンクリートの厚さは 100mm に設定した。鉄筋とコンクリートの付着は完全付着とした。解析に用いたコンクリートと鋼材の力学特性を表-2 に示す。

収縮ひずみは、解析モデルのコンクリート部分(中心 400mm 区間)のみに与えた。解析モデルに与えた収縮ひずみの算出には土木学会の算定式を使用した。収縮ひずみを図-3 に示す。

表-1 解析ケース

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
短繊維混入率 (%)	0.0	0.3	0.5	1.0

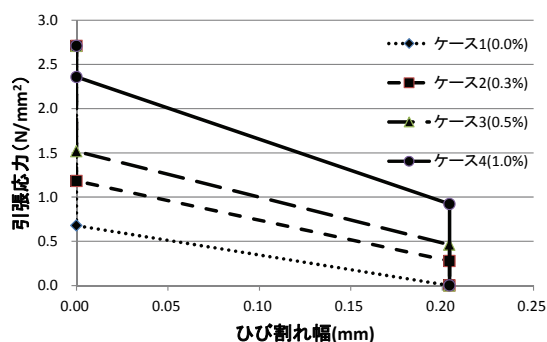


図-1 引張軟化モデル

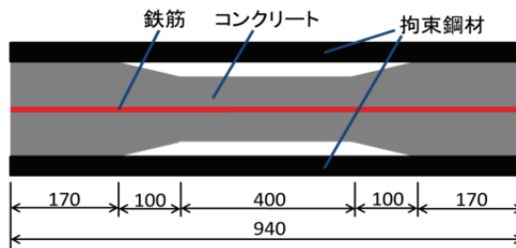


図-2 解析モデル

表-2 コンクリートと鋼材の力学的特性

	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ポアソン比 (-)
コンクリート	40.5	29.1	2.72	0.2

	鉄筋径 (mm)	弾性係数 (kN/mm ²)	ポアソン比 (-)
鋼材	13	200	0.3

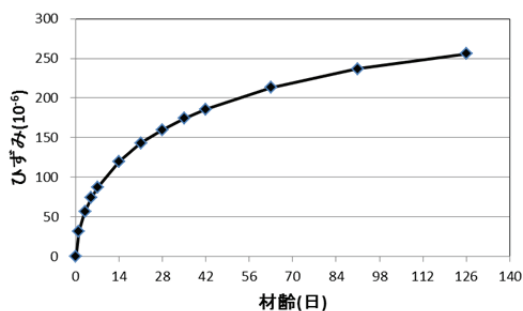


図-3 解析モデルに与えた収縮ひずみ

3. 解析結果

(1) ひずみとひび割れの分布

ひずみとひび割れ分布を図-4 に示す。ひずみ分布について、赤くなっている要素ほど引張ひずみ量が大きく、青くなっている要素ほど引張ひずみ量が小さいことを表している。繊維を混入していないケース 1 では、ひずみがひび割れ部分に集中しており、ひび割れの本数が少なく、ひび割れ間隔が広がった。材齢 126 日目の繊維を混入したケース 4 はケース 1 と比べて、引張ひずみの大きい部分が解析モデル全体に広がっている。

ひび割れ状況において、材齢 14 日目のケース 1 では、両端部分に大きなひび割れが生じ、材齢 126 日目で左右両端からの距離が約 100mm の位置にひび割れが発生した。ケース 4 では、材齢 14 日目に大きなひび割れの発生はなく、材齢 126 日目では収縮ひずみの増加にともなって、ひび割れが全体に広がった。引張ひずみとひび割れの分布から、繊維混入によるひび割れ分散性を確認できた。

(2) ひび割れ幅

最大ひび割れ幅の経時変化を図-5 に示す。材齢 126 日の最大ひび割れ幅を比較すると、ケース 4 が最も低い値となった。これは、繊維の架橋効果によるものである。また、架橋効果は材齢 21 日目(収縮ひずみ約 150×10^{-6})から材齢 126 日(収縮ひずみ約 250×10^{-6})にわたり継続しているため、今回の解析において架橋効果の持続性を確認できた。

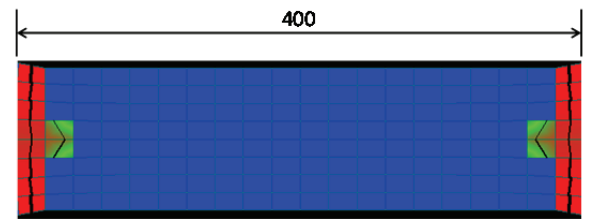
綾野らのポリオレフィン繊維を 1.0% 混入した実験では、繊維混入によるひび割れ幅の割合が材齢 42 日と 98 日で約 70%と同程度であった¹⁾。今回の解析においても、1.0%混入したケースのひび割れ幅の割合は、材齢 42 日で 28%, 材齢 126 日で 29%であり、経時による変化は小さかった。以上より引張軟化モデルを用いた解析で繊維混入によるひび割れ幅の低減効果の持続性をおおむね評価可能であった。

4. まとめ

- ① 短繊維混入率が大きいほど、引張ひずみおよびひび割れ幅が解析モデル全体に分布し、短繊維によるひび割れ分散性が確認された。
- ② 引張軟化モデルを用いた解析で繊維混入によるひび割れ幅の低減効果の持続性をおおむね評価可能であった。

参考文献

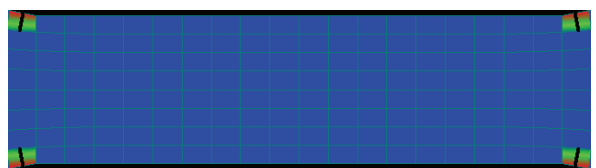
- 1) 綾野ら:ポリオフィン系補強コンクリートを用いたコンクリートの乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol22, No. 2, 2000
- 2) 日本規格協会: JIS A 1151, 拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法, JIS ハンドブック⑩土木 I, 2010
- 3) 伊藤ら:PVA 短繊維で補強したコンクリートのひび割れ分散性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 26, No. 2, 2004



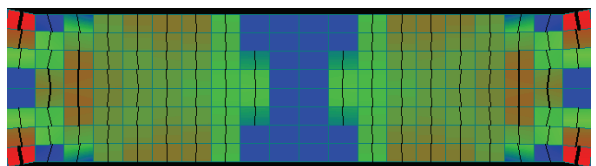
(a) ケース 1(材齢 14 日,収縮ひずみ 120×10^{-6})



(b) ケース 1(材齢 126 日,収縮ひずみ 250×10^{-6})



(c) ケース 4(材齢 14 日,収縮ひずみ 120×10^{-6})



(d) ケース 4(材齢 126 日,収縮ひずみ 250×10^{-6})

図-4 ひずみとひび割れの分布

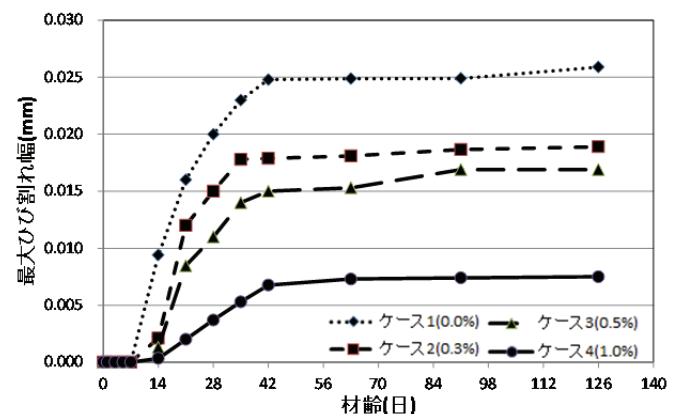


図-5 最大ひび割れ幅の経時変化