

ひび割れのずれに対する短繊維の抵抗挙動のモデル化

岐阜大学 学生会員 三井 智樹

岐阜大学 正会員 国枝 稔

岐阜大学大学院 川口 潤, 佐藤 諒一

1. はじめに

コンクリートの引張力に弱いという欠点を改善するため、コンクリート中に長さ約数十ミリの鋼繊維や有機繊維を混和した繊維補強コンクリート FRC(Fiber Reinforced Concrete)が注目され、現在までに様々な研究が行われている。FRC では、ひび割れ発生後も繊維がひび割れを架橋するため、繊維の混和は剥落防止の効果やひび割れ幅低減による構造物の耐久性向上にもつながるとされている。現在、ひび割れ開口モード時の繊維の架橋効果についてはモデルが構築されているが、せん断ずれを伴う際の繊維の架橋効果についてはモデル化されていない。そこで、本研究では、せん断ずれ発生時の FRC において、ひび割れを架橋する繊維の補強効果を解析的に検証する。

2. 解析概要

2.1 解析手法

本研究では、解析手法として、ひび割れ進展等の不連続現象を直接表現が可能な剛体ばねモデル (RBSM) を用いる。2つの剛体要素と仮定した要素境界边上において設けられたバネの内力の伝達により、境界边上に沿って発生するひび割れを表現可能となる。既往の研究において、コンクリート中に短繊維を離散化して解析する手法が提案されており、本研究ではこの手法を基に、コンクリートブロックにずれを生じさせる変位を作用させた場合の繊維の引抜き挙動および全体の荷重－変位関係について解析を行った。

2.2 物性値および解析パラメータ

繊維に関するパラメータは、メーカーのカatalog値を用いた。2個のコンクリートのブロック間のコンクリートの摩擦はないものと仮定した。

表-1 物性値および解析パラメータ

鋼繊維	繊維長(mm)	30
	断面積(mm ²)	0.6
	引張強度(MPa)	980
	弾性係数(GPa)	200
繊維・マトリクス界面	摩擦付着強度(MPa)	3.2
	化学付着強度(MPa)	6.8
	付着剛性(MPa/mm)	27.0

3. 単繊維のせん断方向への引抜き解析

3.1 解析条件

本研究は、図-1 に示すように、2個のコンクリートブロック (100×100×200mm) を突き合わせた形状の供試体を用いた。中央部界面はひび割れを模擬している。中央部に配向角度をもたせた単繊維を配置し、せん断方向への繊維の引抜き解析を行った。配向角度はひび割れ面より 30°、60°、90°の 3 パターンを表現した。境界条件として、垂直方向と上側供試体の水平方向を完全固定し、下側供試体の水平方向に強制変位を与えた。埋込長(短い方)はいずれのパターンとも 10mm とした。

3.2 解析結果

荷重－変位曲線を図-2 に示す。実験結果と同様に、配向角度が増加するにつれて最大荷重値も増加することが示せた。また、実験結果同様に繊維の抜け出しが表現でき、解析上、繊維の破断は見られなかった。

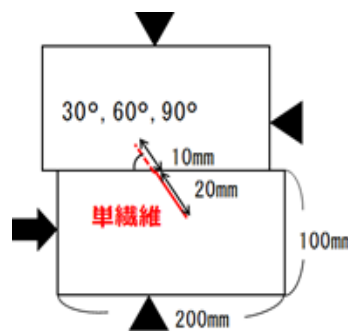


図-1 解析モデル

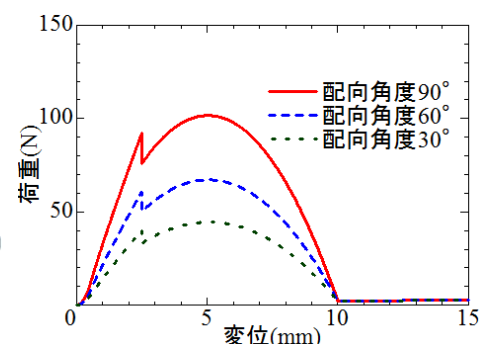
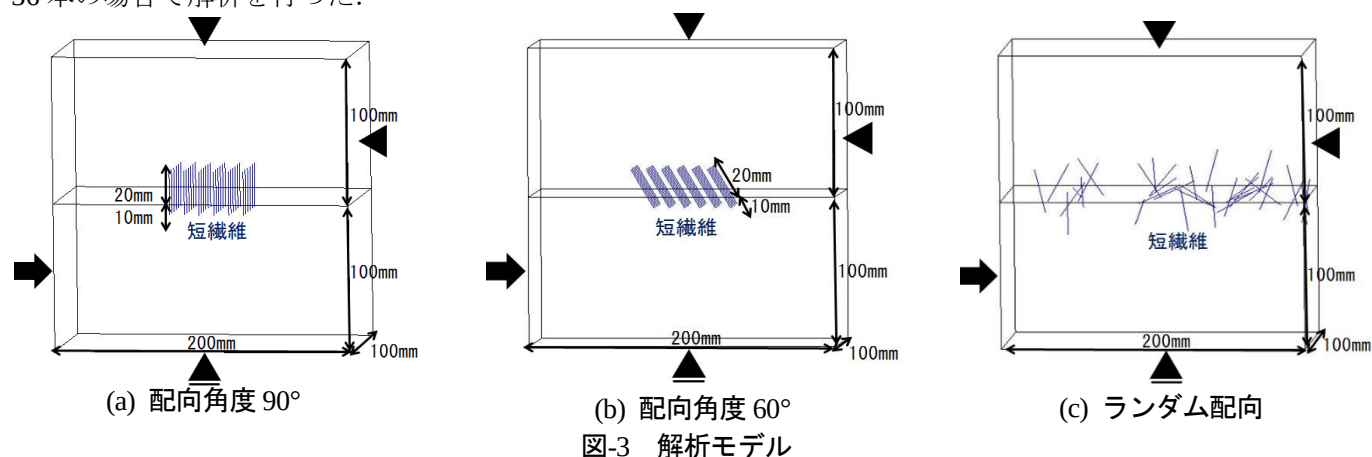


図-2 荷重－変位曲線

4. 複数繊維埋込み時のせん断破壊解析

4.1 解析条件

本研究では、図-3に示すように、2個のコンクリートブロック（100×100×200mm）を突き合わせた形状の供試体において、ひび割れを模擬した中央部界面に複数短繊維を配置したモデルを考え、せん断破壊解析を行った。繊維配向は(a) 配向角度 90°、(b)配向角度 60°、(c)ランダム配向の3パターンとした。境界条件として、垂直方向と上側供試体の水平方向を完全固定し、下側供試体の水平方向に強制変位を与えた。埋込長(短い方)は(a)、(b)では 10mm と設定した。下側の繊維が引抜けるモデルとなっており、繊維本数については、いずれも 36 本の場合で解析を行った。



4.2 解析結果

解析後、図-4 の荷重－変位曲線が得られた。図-4 から、最大荷重値は(a)が最も大きく、次いで(b)、(c)となった。既往の研究²⁾で示されている通り、繊維の配向角度が大きくなるほど、繊維の引抜き抵抗性が向上していることが推察できる。(a)、(b)は埋込長 10mm としているため、10mm のせん断ずれが生じた際に、全ての繊維が引抜かれていることを解析により表現した。(c)については、繊維が界面にランダム配向されているため、埋込長にばらつきが生じ、繊維の架橋効果について(a)、(b)と違いが生じたものと考えられる。(a)、(b)の最大荷重値はそれぞれ 3562.5(N)、2739.8(N)となっており、3.2 で示した単繊維の引抜き解析の最大荷重値(90°、60°の場合それぞれ 101.6(N)、67.1(N))の約 36 倍となった。この結果より、複数繊維の引抜き抵抗力の評価が可能なモデルが構築できた。

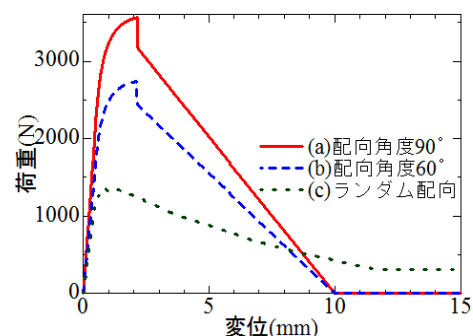


図-4 荷重－変位曲線

5. まとめ

本研究では、せん断破壊時のひび割れ面における短繊維の架橋効果を解析的に検証、再現し、繊維の配向性についての影響を考慮した解析モデルの構築を行った。今後の展開として、各パラメータの同定とせん断破壊するはり供試体の解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 国枝稔, 小澤国大, 小倉大季, 上田尚史, 中村光: 短繊維を離散化した 3 次元メゾスケール解析手法によるひずみ硬化型モルタルの引張破壊解析, 土木学会論文集, Vol.66, No.2, pp.193-206, 2010
- 2) 杉本勝哉, 国枝稔, 上田尚史, 中村光: ひび割れの開口・ずれを想定した単繊維引抜き試験, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.283-288, 2013