

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート（以下 UFC ; Ultra high strength fiber reinforced concrete）は 200 N/mm^2 以上の圧縮強度を有し、優れた引張特性、流動性、耐久性を持つコンクリートである。そしてその特性を活かし、実際の構造物への適用が広がっている。

しかしながら、UFC には自己収縮が大きいという問題点がある。本研究では、超高強度繊維補強コンクリートにおいてマトリックスの収縮が繊維—マトリックス間の付着特性にどのように影響を与えるかについて調べるために、単繊維引抜試験を行い付着特性について考察した。

2. 実験概要

マトリックス部に収縮低減剤を添加した供試体、添加しない供試体それぞれにおいて、繊維の埋込み長さ、繊維の配向角を変えて単繊維引抜試験を行った。配向角は有さずに埋込み長さのみを変えた試験（実験1）の供試体サイズは縦横を 50 mm 、高さを 5 mm 、 7.5 mm 、 10 mm とし、高さが埋込み長さとなるようにした。配向角を有する試験（実験2）の供試体サイズは縦横を 50 mm 、高さを 7.5 mm とし、配向角 30° 、 45° 、 60° として試験を行った。養生は熱養生で7日間行った。

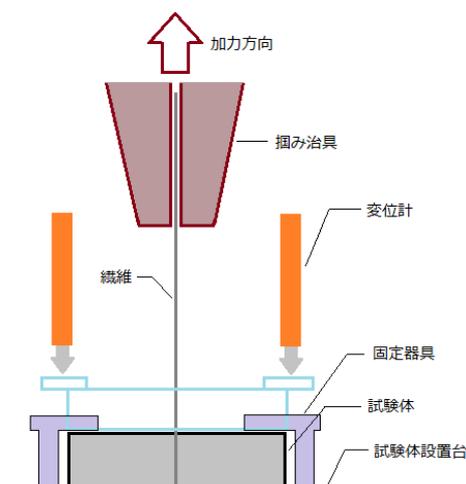


図-1 引抜試験方法

引抜試験方法を図-1 に示す。変位計は繊維の埋込み端部に設置する。試験体は図のように固定し、繊維試験機の掴み治具で挟み上方向に引き抜いた。

3. 実験結果と考察

単繊維の付着特性を評価する際に、図-2 のように、荷重の最初の極大値を第一最大荷重、一回の引抜試験における最大の引抜荷重を最大荷重、繊維に荷重が加わり出してから完全に抜けるまでの荷重の平均を平均荷重とした。

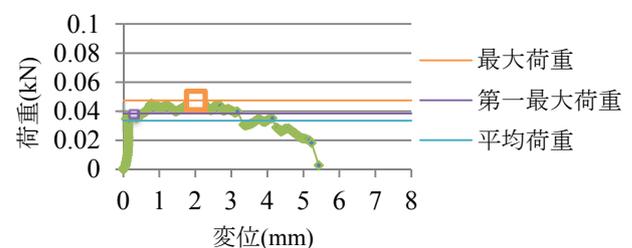


図-2 単繊維の付着特性の評価

実験1 から得られた最大荷重—埋込み長さ関係を図-3 に示す。結果から、埋込み長さも変化しても最大荷重は同程度であることがわかった。実際に、埋込み長さがある程度以上になると引抜特性に与える影響はほとんど見られないという報告もされており、UFC においても同様のことがいえる¹⁾。

ここで、繊維埋込み部内部のメカニズムについて見ていく。埋込み繊維の付着モデルは図-4 のように表される。マトリックスに埋め込まれた繊維が引張力を受けると、繊維は付着を介してせん断応力をマトリックスに伝えることにより抵抗する。繊維—セメントマトリックス間の付着は、化学付着と摩擦付着に大別される。化学付着とは繊維とマトリックスが化学的な結合によって弾性的に挙動する状態を指す。繊維に載荷される引張荷重が大きくなりせん断応力が限界値を超えると、この化学付着が部分的に剥離して摩擦による抵抗に置き換わる（図-4 (a)）のだが、この剥離部分が繊維の埋込み長さ全長に及ぶと、繊維は摩擦付着のみで引張力に抵抗し、この後繊維が引き抜かれながら引

張荷重が低下していく (図-4 (b)). 今回の実験では付着剥離進行中に最大荷重に達したため, 埋込み長さ (5 mm~10 mm) が最大荷重の値に影響しなかったと考えられる.

また, 収縮低減剤の添加有無で比較してみると, 収縮低減剤を添加すると荷重が下がることが分かった. ただし, 埋め込み長さが大きくなると, 収縮低減剤添加有無での最大荷重の差が小さくなるのが分かった.

次に, 実験2から得られた配向角と最大荷重の関係を図-5に示す. 配向角が大きくなると最大荷重も大きくなることがわかった. これはスナビング効果と呼ばれていて, 配向角が大きくなると, 繊維の埋込み端部でのマトリックス集中反力により抵抗力が大きくなることがわかっている¹⁾. そしてこの反力の存在により界面摩擦が強化され, 引張抵抗力が向上する.

また, 収縮低減剤の添加有無で比較してみると, 実験1と同様に収縮低減剤を添加すると最大荷重が下がることがわかった. ただし, 配向角が大きくなると収縮低減剤添加有無での最大荷重の差が小さくなるのが分かった.

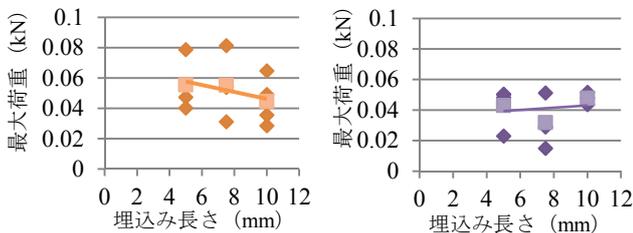


図-3 最大荷重と埋込み長さの関係

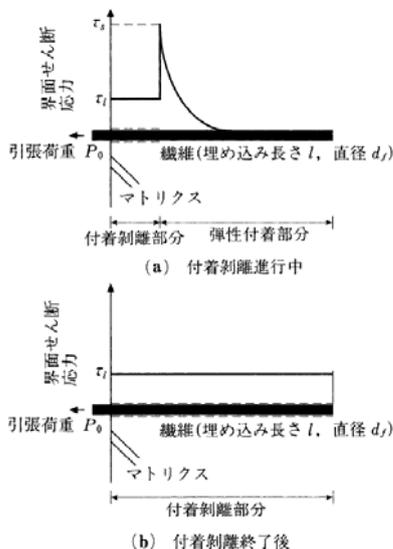


図-4 繊維埋込み部内部のメカニズム¹⁾

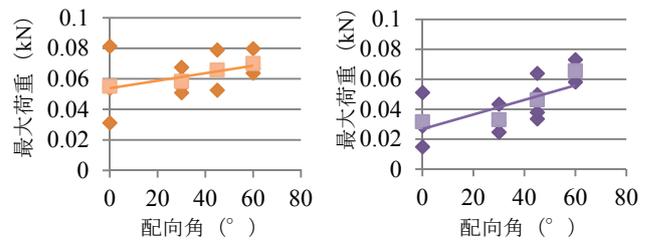


図-5 最大荷重と配向角の関係

最後に荷重-変位関係について見る. 収縮低減剤を添加した場合には, 配向角の有無に関わらず荷重曲線が荷重低下と増加を細かく繰り返す形で振幅が観察された (図-6). 収縮低減剤の添加によりマトリックスと繊維との界面付着が改善されることで, 大きな引張力を分担できるようになった繊維がマトリックスとの付着切れを起こした際に急激に生じる現象だと考えられる.

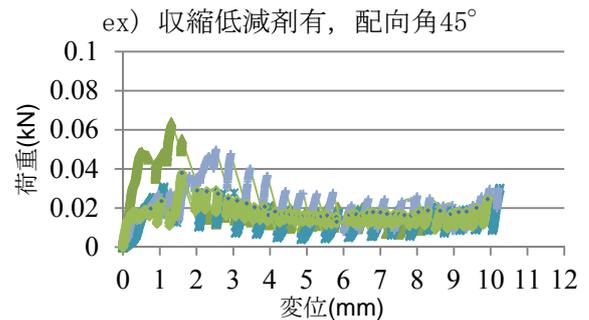


図-6 荷重-変位関係

4. 結論

単繊維の埋込み長さ (今回の研究では最長 10 mm, 最短 5 mm) が変化しても, 平均荷重, 最大荷重は同程度であった. また, 繊維の配向角が大きくなると, 平均荷重, 最大荷重ともに増加した. これは, 繊維の埋込み口でのマトリックスからの集中反力の存在が原因だと考えられる. マトリックスに収縮低減剤を添加すると, 配向角の有無に関わらず引抜荷重が減少した. すなわち, 繊維-マトリックス間の付着力が下がることがわかった. ただし, 埋込み長さが大きいほど, また配向角が大きいほど差が顕著に表れた.

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会: 繊維補強セメント系複合材料の新しい利用法に関するシンポジウム, 第2部, 2012.9