

超高強度繊維補強コンクリートスラブの曲げ破壊挙動の解析的検討

岐阜大学大学院	学生会員	○磯部 岳
ジェイアール東海コンサルタンツ (株)	正会員	田中 章
ジェイアール東海コンサルタンツ (株)	正会員	奥西 淳一
岐阜大学大学院	学生会員	横井 晶有
岐阜大学	正会員	内田 裕市

1 はじめに

繊維補強コンクリート部材の破壊挙動に対して繊維の配向が影響することは実験的には知られているが、このことを解析的に検討した研究は少ない。解析において繊維の配向を考慮するためには、部材内の繊維の配向の状態を把握するとともに、配向に依存した材料特性のモデル化が必要となる。しかしながら、これらはいずれもよくわかっていないのが実情である。

そこで、本研究では、超高強度繊維補強コンクリート（以下 UFC）スラブの曲げ破壊挙動を対象として繊維の配向を考慮した FEM 解析を試み、実験との整合性を検討した。

2 試験体の概要

試験体は図-1 に示すような $1200 \times 1200 \times 100\text{mm}$ のスラブとし、UFC を試験体の中央から打込んだものである。境界条件を単純化するために、载荷試験では試験体中央を载荷点とし、3 点で支持した。

試験体中の繊維の配向を把握するために、载荷試験終了後の試験体から図-2 に示す位置でコア供試体を採取し、X 線 CT により繊維の本数と繊維の配向を調べた。繊維の配向の対称性を考慮して、試験体の半面から 15 ヶ所でコンクリートを採取した。コア供試体の寸法は $\phi 50\text{mm}$ 、高さ 100mm である。繊維長が 15mm であることを考慮してコア供試体の上、中、下部の高さ 20mm の範囲をそれぞれ配向の解析対象とした。ここではスラブの曲げ破壊を対象としているため、面内 2 方向の繊維の配向を定量化した。

既往の研究¹⁾において繊維本数と繊維の配向を考慮した有効繊維本数と引張軟化曲線の関係が明らかにされている。そこで、各コア供試体についてスラブの面内直交 2 方向の有効繊維本数を求め、それぞれの位置での引張軟化曲線を算定した。例として図-3 に各コア供試体の下部の引張軟化曲線を示す。図中の黒線は同一コンクリートの切欠きはりの 3 点曲げ試験の結果から逆解析により推定された引張

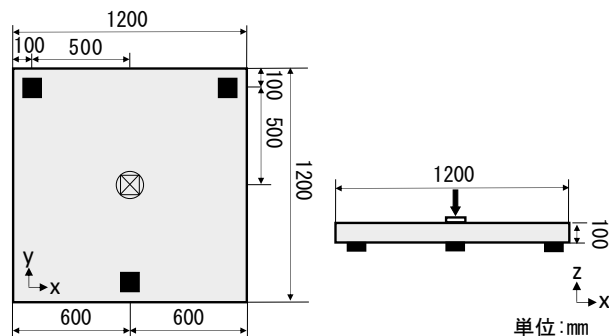


図-1 試験体図

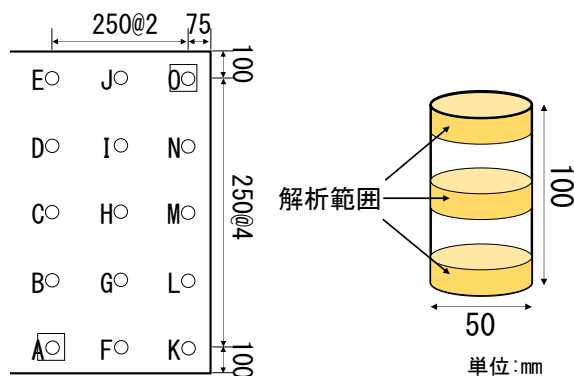


図-2 コアの抜き出し位置とコア供試体のサイズ

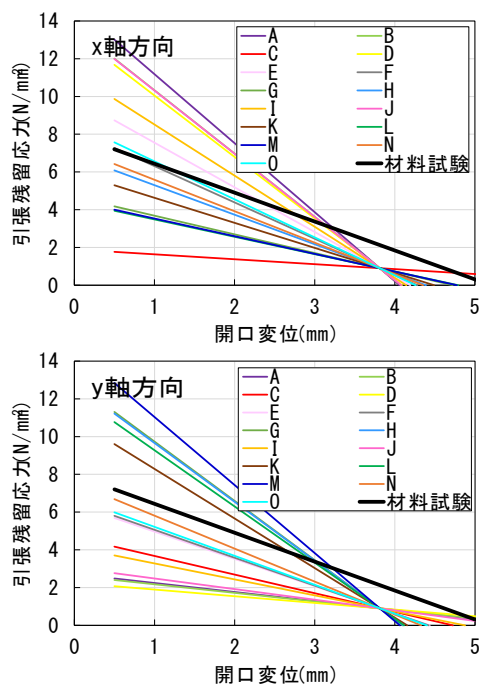


図-3 算定したコア底部の引張軟化曲線

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、スラブ、曲げ破壊、繊維配向、FEM 解析

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学大学院自然科学技術研究科環境社会基盤工学専攻 TEL058-293-2424

軟化曲線をモデル化したものである。コア供試体の繊維の配向から求められた引張軟化曲線は、位置および方向によって大きく変化していることがわかる。ただし、平均的には切欠きはりの3点曲げ試験から推定された引張軟化曲線の応力と同程度であった。

3 解析モデルの概要

解析には汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いた。図-4 に示すように解析対象は対称性を考慮して1/2をモデル化した。コンクリート要素は $25 \times 25 \times 10\text{mm}$ の直方体として分割した。

方向によって異なるコンクリートの引張軟化特性を考慮するために、コンクリート要素1つずつに直交3方向に鉄筋要素を埋め込み、それぞれの鉄筋要素の断面積を変化させることで、コンクリートの引張軟化特性を模擬することとした(図-5)。

コア供試体は15本しか採取していないため、図-4 に示すように、コア供試体の位置と対応するよう領域分けを行った。高さ方向は20mm毎の5領域に分け、配向の解析を行っていない領域は上下の平均値とした。

コンクリートは材料試験の結果に基づき、圧縮強度 185N/mm^2 、ひび割れ発生強度 9.5N/mm^2 、ヤング率 50.3kN/mm^2 、ポアソン比は0.2とした。コンクリートは全ひずみ理論に基づく回転ひび割れモデルを使用した。

コンクリートのひび割れ後の応力は鉄筋要素に負担させるため、コンクリート自体の引張軟化特性は、図-6 に示すように仮想的に小さくした。

4 解析結果

図-7 に解析と実験から得られた荷重-たわみ関係を示す。図中に示す青色の線は、繊維の配向を考慮せず切欠きはりの3点曲げ試験から求められた引張軟化曲線(図-3中の黒線)を用いて解析した結果である(以下 regular と呼ぶ)。regular の解析の結果は実験結果(図-7中黒線)に比べると、耐力を過大評価する結果となった。

一方、繊維の配向を考慮した結果は、実験結果に比べてひび割れ発生後の剛性が低くなったが、最大耐力は実験値とほぼ一致し、最大耐力時の変位も同程度であった。

5 まとめ

UFC スラブの曲げ破壊挙動を対象に繊維の配向を考慮した FEM 解析を行うことで、最大耐力は考慮しない解析に比べ20%程度低くなった。また、ひ

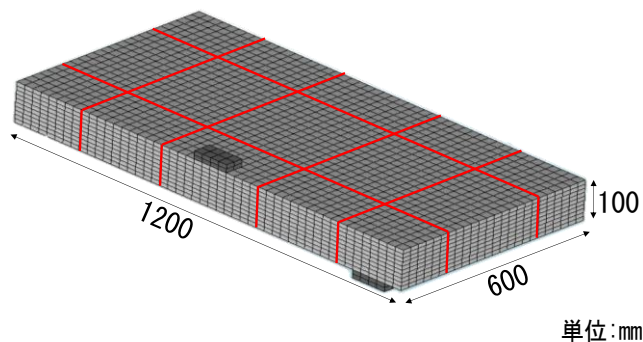


図-4 解析モデル

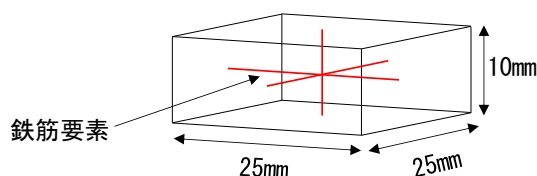


図-5 引張軟化を模擬するための鉄筋

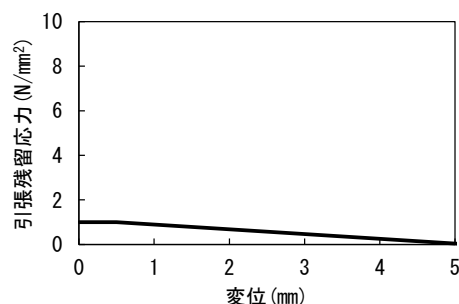


図-6 コンクリート要素のみの引張軟化曲線

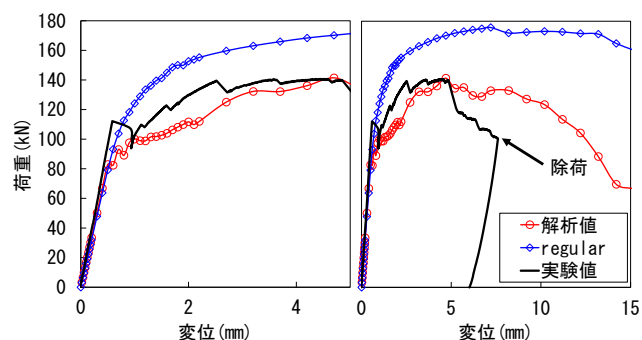


図-7 荷重-たわみ関係(左:初期, 右:全体)

び割れ後の剛性は実験に比べ低い結果となったが、最大耐力と最大耐力時の変位は実験と一致する結果が得られた。

参考文献

- 1) 石川義希, 伊藤穂高, 内田裕市: 超高強度繊維補強コンクリート中の繊維の配向と引張軟化曲線, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp273-278, 2018