

鉄筋を併用した UFC はり部材の曲げ挙動に対する UFC の引張分担

岐阜大学大学院
学生会員
〇磯部 岳
ジェイアール東海コンサルタンツ(株)
正会員
田中 章
岐阜大学大学院
学生会員
黒田 宗之
岐阜大学
正会員
内田 裕市

1 はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(Ultra high strength Fiber reinforced Concrete : 以下, UFC と略記) は, セメントを主成分として細粒径材料を細密充填するように配合設計を行い, 高強度の短繊維を混入した材料である。そのため, 200N/mm² 程度の高い圧縮強度, 高い自己充填性, 短繊維による高い変形能力を有した材料であり, 分散した繊維が引張補強材として機能し, 曲げ強度, 引張強度の向上やひび割れ抑制の効果が期待できる。しかし, 繊維の配向によって性能に差が生じることが問題とされている。そこで本研究では, 補強鉄筋を併用した UFC 梁部材を対象に, UFC の打込み方法, 断面形状, 鉄筋量が曲げ破壊性状に及ぼす影響を実験的に検討することとした。さらに, FEM 解析によって, 打込み方法の違いが荷重-たわみ関係に及ぼす影響について検討することとした。

2 UFC はりの曲げ載荷試験

2.1 試験概要

図-1 に切欠きありの試験体の寸法を示し, 表-1 に試験体の一覧を示す。試験体のパラメータは繊維の配向に影響を与えと考えられる打込み方法, 切欠きの有無, および引張鉄筋(D13)本数とした。ここで流動打込みは打込む位置を片端に固定してコンクリートを型枠内で流動させて打ち込む方法であり, 移動打込みは打込みの位置を軸方向に移動しながら打ち込む方法である。また, 切欠きのない試験体は全長にわたり断面が 200×200mm の等断面とした。

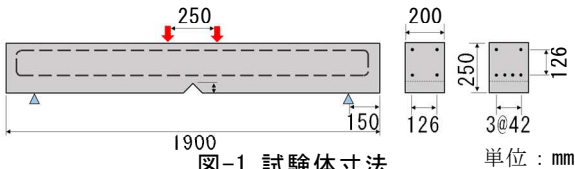


図-1 試験体寸法
表-1 試験体一覧

試験ケース	打込み方法	切欠き	引張鉄筋本数
F2	流動打込み	有	2本
F4			4本
F4N			4本
M2	移動打込み	有	2本
M4			4本
M4N			4本

2.2 試験結果

図-2 に曲げ試験で得られた荷重-たわみ曲線を示す。いずれのケースにおいても, 鉄筋が降伏し最大荷重以降も急激に荷重が低下することはない, 典型的な曲げ引張破壊挙動を示した。

打込み方法で比較すると, 流動打込み(F)が移動打込み(M)より荷重が2割程度高くなった。また, 移動打込みでは同一条件の試験体でも降伏時の荷重に差が生じた。この理由として, 流動打込みは片端からコンクリートを流し込んでいくため, 繊維がはり軸方向に配向しやすくなったためと考えられる。一方, 移動打込みは, コンクリートを落下させて打ち込む方法であるため, 繊維の配向がランダムとなり, ばらつきも生じたためと考えられる。

鉄筋本数で比較すると, 同じ打込み方法の場合, ひび割れ発生以降, 同一変形時の荷重差はほぼ一定であることから, 鉄筋本数は繊維の分担に影響しないと考えられる。なお, 引張鉄筋2本の試験体は, 引張鉄筋4本の試験体よりたわみ量の小さい段階で荷重の低下がみられた。

切欠きの有無で比較すると, 切欠きが無い場合, 切欠きがある場合に比べひび割れ発生後のたわみが大きくなっている。荷重-たわみ曲線の初期部分に示しているとおり, 切欠きありの試験体は降伏までに急激なたわみの増加は見られないのに対し, 切欠きなしの試験体はひび割れが発生した段階でたわみが急増した。この理由として, 切欠きありは切欠き部分にひび割れが集中するのに対して, 切欠きなしは等曲げ区間内でひび割れが分散して多数発生したためと考えられる。

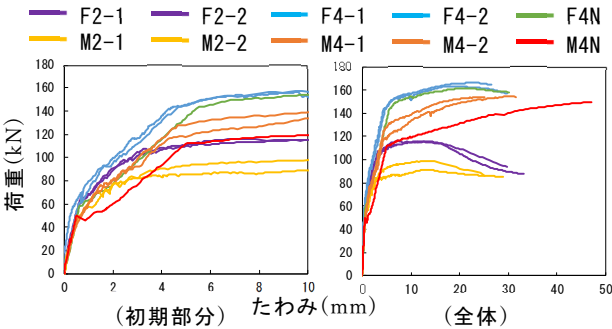


図-2 荷重-たわみ関係

図-3は、試験終了後のひび割れ性状を示したものである。ひび割れ分散性には、打込み方法による違いは見られないが、切欠きが無い場合と鉄筋本数の多い方がひび割れが分散して発生している。切欠きの有無によりひび割れの分散性が変わる理由としては、切欠きのある試験体は切欠き部分に応力が集中するが、切欠きのない試験体は断面が一定で応力集中が生じないためと考えられる。鉄筋本数の違いによってひび割れの分散性が変わる理由は、鉄筋本数が多いほど荷重が大きいためと考えられる。

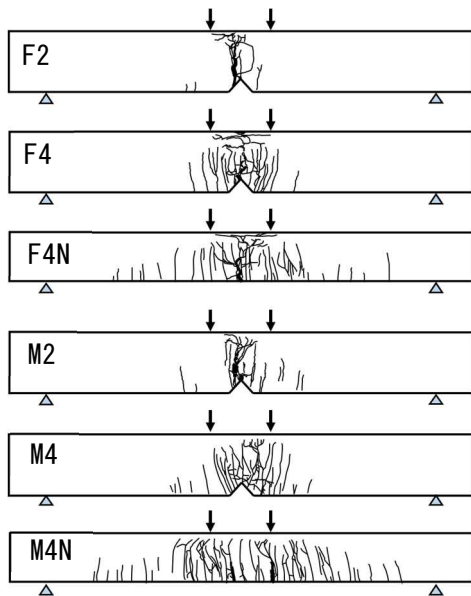


図-3 ひび割れ性状

3 FEM 解析

3.1 解析概要

打込み方法の違いが荷重-たわみ関係に及ぼす影響を検討するため、切欠きのある試験体を対象に FEM 解析を行った。解析には汎用非線形解析コード DIANA を使用した。解析モデルは図-4 に示すように対称性を考慮した 1/2 モデルとした。鉄筋は弾塑性モデルとし、ひずみ硬化を考慮した。

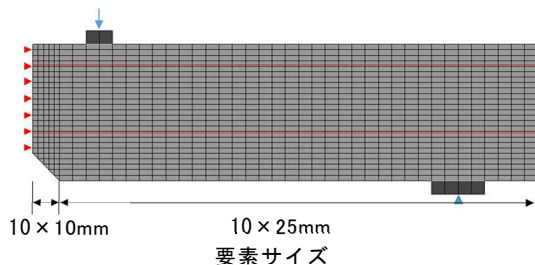


図-4 解析モデル

3.2 解析結果

材料特性は材料試験によって得られた材料物性値をそのまま用いて解析を行うと、解析結果は実験値より荷重が高い結果となった。そのため、材料物性値を変化させて F4 の荷重-たわみ関係に一致するように材料物性値を同定した。同定したパラメータはコンクリートの引張応力-ひずみ曲線、初期ひ

ずみ、および付着剛性である。図-5 に F4 の同定された荷重-たわみ関係を示す。同定の結果、引張応力-ひずみ曲線は図-6 に示すように、軟化域のひずみは材料特性で求まる値を大幅に低減することとなった。また初期ひずみは 900μ 、付着剛性は 80 N/mm^3 となった。

図-7 に同定された値を用いて引張鉄筋の本数を変えた F2 の結果を示す。解析結果と実験結果は概ね一致した。

図-8、図-9 に、移動打込みの解析結果を示す。移動打込みは引張応力-ひずみ曲線の残留応力を F4 の同定結果の 0.6 倍とした(図-6)。その結果、解析結果と実験結果は、引張鉄筋 4 本の場合、2 本の場合とも一致した。この結果より、打込み方法による引張分担に 4 割程度の差があり、鉄筋本数の違いは影響しないことが確認された。

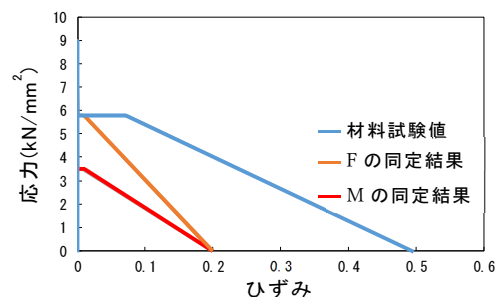


図-6 コンクリートの引張応力-ひずみ曲線
(要素サイズ $10 \times 10 \text{ mm}$)

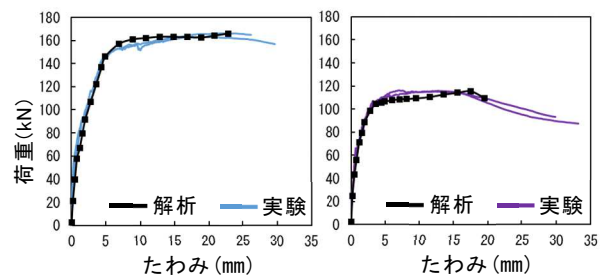


図-5 F4 の同定結果

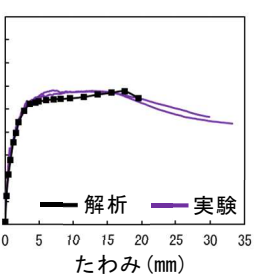


図-7 F2 の同定結果

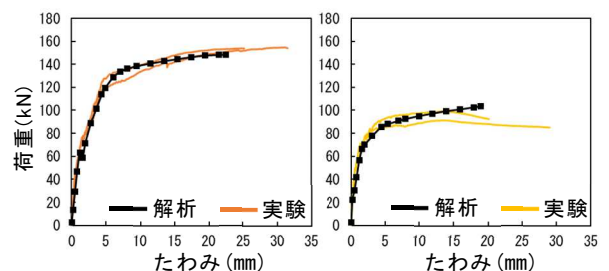


図-8 M4 の同定結果

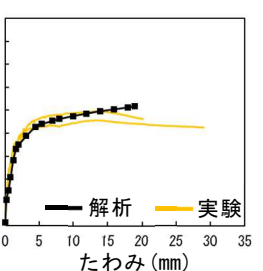


図-9 M2 の同定結果

3 まとめ

実験より、打込み方法が UFC はりの曲げ耐力に大きく影響することが分かった。これを解析によって検討した結果、流動打込みと移動打込みのコンクリートの引張分担の差は 4 割程度であった。