

重ね継手の付着割裂破壊の FEM 解析における付着モデルの影響

岐阜大学 学生会員 ○磯部 岳
 岐阜大学 学生会員 横井 晶有
 三井住友建設(株) 正会員 竹山 忠臣
 岐阜大学 正会員 内田 裕市

1. はじめに

鉄筋の重ね継手の破壊挙動を解析的に検討する場合には、付着割裂破壊を再現できる鉄筋-コンクリート間の付着モデルが必要である。既往の研究において解析的に検討した事例としては林ら¹⁾が剛体バネモデル(RBSM)を用いて付着、定着の評価をしているが、現状は重ね継手に関する研究は実験的に検討した事例が多く解析的に検討したものは非常に少ないのが実情である。

そこで本検討では重ね継手部を模擬した引張試験体を対象として、鉄筋-コンクリート間の付着モデルが付着割裂破壊に及ぼす影響について三次元 FEM 解析により検討した。

2. 試験体概要

本実験で使用した重ね継手を想定した一軸引張試験体を図-1に示す。引張試験時に偏心荷重が生じないように重ね継手は2組とし、断面内で鉄筋を上下、左右対称に配置した。鉄筋は D19(SD345)を使用した。断面は200×140mmとし、内側の鉄筋中心間隔を60mm、外側の鉄筋のかぶりを40mmとした。重ね継手長は鉄筋径の15倍とした285mmである。

3. 解析概要

解析は汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いた。解析モデルは図-2に示すように対称性を考慮して試験体の半分をモデル化した。異形鉄筋の付着割裂ひび割れを再現するためには、異形鉄筋の節からの支圧を考慮する必要がある。そこで、本報告では、付着モデルとして図-3に示すように異形鉄筋の節形状を直接的にモデル化したもの(以下、節あり)と、鉄筋を丸形状とし、節位置の界面要素の材料特性を変化させるモデル(以下、節なし)の2種類とした。どちらのモデルも鉄筋とコンクリートの界面には界面要素を設けた。節ありのモデルでは、節前面における直応力とせん断応力によって付着が発生し、節なしモデルでは、節位置のせん断応力により付着が発生する。そこで、節前面にあたる界面要素の特性の影響を確認するため、表-1に示すようにせん断方向の剛性をパラメータとした。節と節の間の界面はせん断応力が発生しないと仮定し、せん断方向の剛性を十分に低くした。また、すべての界面で垂直方向の圧縮に対しては十分に高い剛性、引張に対してはほぼゼロの剛性を仮定した。

鉄筋の構成則は von mises の降伏基準を用いたバイリニアのモデ

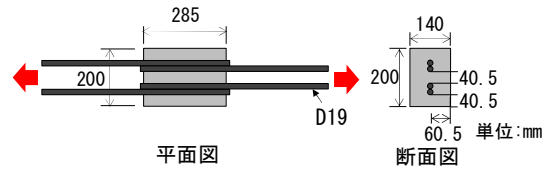


図-1 試験体

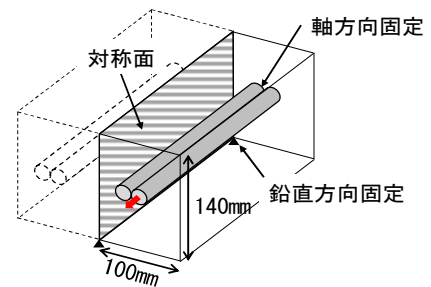


図-2 解析対象

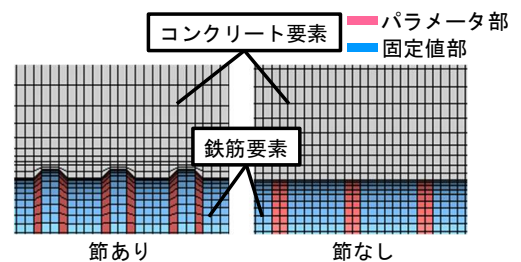


図-3 界面要素形状

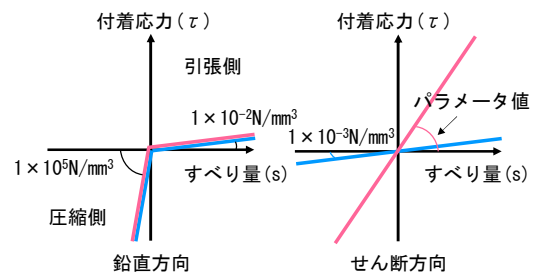


図-4 界面要素の特性

表-1 界面要素のパラメータ

ケース No.	鉄筋形状	せん断剛性 [N/mm ³]
1	節あり	5
2	節あり	300
3	節あり	500
4	節なし	100
5	節なし	300

キーワード 重ね継手, 付着割裂破壊, 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

ルとし、コンクリートの材料特性値は材料試験結果から値を決定し、圧縮側は弾塑性とし、ひび割れモデルについては全ひずみ理論に基づく回転ひび割れモデルを用いた。材料定数を表-2に示す。

4. 解析結果

図-5に荷重-鉄筋端部の抜け出し量の関係を示す。なお、参考値として実験結果も併せて示す。鉄筋の抜け出し量は試験体両端部の四隅において鉄筋に溶接した鋼板とコンクリート間の開きとして容量5mmのクリップ型変位計により計測した。

節ありのケース1~3を比較すると、せん断剛性の低いケース1では120kN程度で破壊が生じ、せん断剛性の高いケース2,3では実験値と同程度の破壊荷重となった。また、ケース2,3を比較すると破壊荷重に大きな差が生じていないことから、せん断剛性がある程度以上の値になるとその影響はなくなると言える。一方、抜け出し量はすべてのケースで載荷初期の段階から実験値に比べ解析値の方が1/2程度小さくなる結果となった。またケース1~3の破壊時の抜け出し量は同程度となっており、せん断剛性が変化しても破壊時の抜け出し量に差が生じない結果となった。

節なしのケース4,5を比較するとせん断剛性が異なっても同程度の破壊荷重となった。一方、抜け出し量を比較すると同一荷重時の抜け出し量はせん断剛性が低いほど大きくなり、せん断剛性が異なっても継手の破壊強度は変化せず、鉄筋の抜け出し量のみが変化する結果となった。

図-6に節ありの場合の節前面における力の伝達を示す。鉄筋の引張力とコンクリートに作用する力の釣り合いからコンクリートに作用するリングテンションに関わる横方向力は節前面のせん断力の大きさに依存する。すなわち、せん断力が小さいと同一鉄筋引張力に対して横方向力が大きくなり割裂破壊が生じ易くなると考えられ、節前面のせん断剛性の違いによって破壊荷重が変化するものと考えられる。

図-7に節無しの場合の力の伝達を示す。この場合、変形に関係なく、力の釣り合いから鉄筋の引張力と横方向力の大きさは一定の関係となり、せん断剛性に関係なく鉄筋の引張力が等しければ横方向力も等しくなる。そのため、せん断剛性が異なっても継手の破壊荷重は同程度となり抜け出し量のみが変化するものと考えられる。

5. まとめ

本検討では異形鉄筋の節形状までモデル化したものと、鉄筋を丸形状とし節位置にあたる界面要素の特性を変化させる2種類の付着モデルを用いて、モデルの違いが鉄筋重ね継手の付着割裂破壊に及ぼす影響について三次元FEM解析によって検討した。本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1) 異形鉄筋の節のサイズまでモデル化した解析では、節部分のせん断剛性が高くなるほど継手の破壊荷重は高くなるが、せん断剛性がある程度以上の値になるとその影響はなくなる。また、破壊時の鉄筋端部の抜け出し量はせん断剛性が異なっても同程度となる。
- (2) 鉄筋のモデルを丸形状とした解析では、節部分のせん断剛性が高くなるほど鉄筋端部の抜け出し量は小さくなるが、継手の破壊荷重はせん断剛性が異なっても同程度となる。

参考文献

- 1) 林大輔, 長井宏平: 三次元離散解析手法による多方向配筋時のRC定着性能の微細構造解析, 土木学会論文集 E2, Vol.69, No.2, pp.241-257, 2013

表-2 材料定数

コンクリート		鉄筋	
ヤング率	39.6kN/mm ²	ヤング率	184kN/mm ²
ポアソン比	0.2	ポアソン比	0.3
圧縮強度	90.6N/mm ²	降伏強度	356N/mm ²
引張強度	3.38N/mm ²	引張強度	576N/mm ²

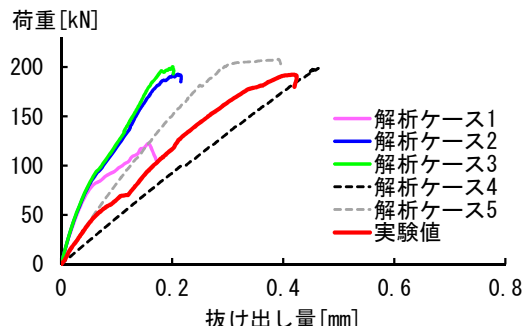


図-5 荷重-鉄筋端部の抜け出し量

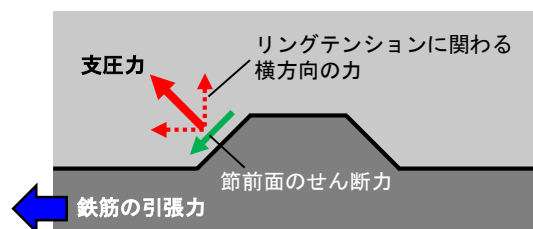


図-6 節ありの力の伝達



図-7 節なしの力の伝達