

○大成建設 正会員 長瀬 覚\*<sup>1</sup>  
 大成建設 正会員 田中 良弘\*<sup>2</sup>  
 大成建設 正会員 津田 勝利\*<sup>1</sup>  
 大成建設 正会員 中村 泰介\*<sup>1</sup>

## 1. 目的

せん断補強鉄筋の端部形状が直角フックの部材ではかぶりコンクリート剥離後、定着機能を十分に果たすことができなくなる可能性があり、半円形フックの重要性が再認識されている。そこで、かぶり剥離以降のせん断補強鉄筋の直角及び半円形フックの定着機構を明確にし、半円形フックと同等以上の機能を有し、容易に施工できるプレート定着型のせん断補強鉄筋の機能を実験及び解析により検証した。前報<sup>1)</sup>において、せん断補強鉄筋定着部の引抜き実験結果よりプレート定着型が半円形フックと同等以上と考えられることを報告した。本報では、解析による実験結果の再現性を確認するため、実験結果をFEM解析によりシミュレートした結果について述べるものである。

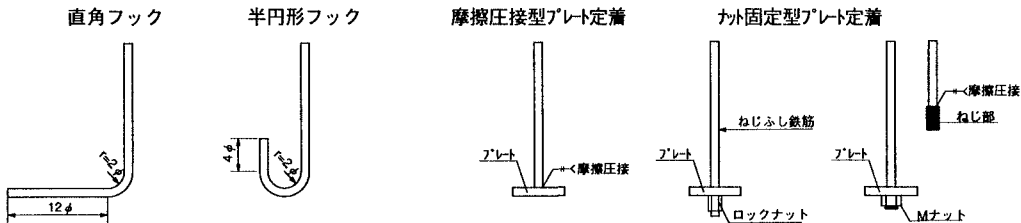


図1 せん断補強鉄筋端部形状

## 2. 直角フックおよび半円形フック

### 2.1 解析モデル

直角および半円形フックの引抜き解析を材料及び幾何学非線形性を考慮した2次元FEM解析により行った。解析モデルを図2に示す。本解析では鉄筋の材料非線形性を考慮し、鉄筋とコンクリートの付着特性を表1に示す岡村・前川らのモデル<sup>2)</sup>により鉄筋のひずみの関数として考慮した。解析は、まず鉄筋の曲げ加工を再現し、次に鉄筋の引抜き解析を行った。解析に用いた鉄筋の応力-ひずみ曲線は鉄筋の引張試験結果より設定した。

### 2.2 解析結果

引抜き鉄筋応力度-拔出し変位の解析結果を実験結果<sup>1)</sup>と共に図3に示す。

図3の直角フックの解析結果より拔出し初期の段階で実験値が大きくなっているが、これは直角フックの直線部分がコンクリートに密着しており、解析ではこの影響を考慮していない。しかし、これがなくなった段階では解析結果と実験結果はほぼ一致している。また、半円形フックではその機構に付着が大きく寄与しているため、付着特性を岡村・前川らのモデルを用いて鉄筋のひずみの関数とし、鉄筋に生じるひずみを曲げ加工後の増分ひずみとすると解析と実験結果は良い一致を示した。

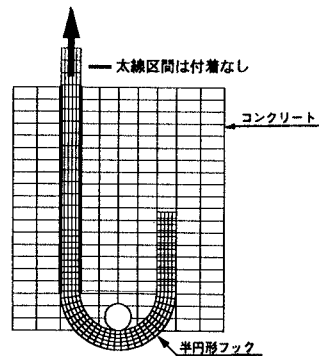


図2 解析モデル

表1 付着特性

|                                                      |                             |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| $\tau(\epsilon, s) = \tau_0(s) g(\epsilon)$          | $\tau(\epsilon, s)$ : 付着応力度 |
| $\tau_0(s) = f'_c \cdot k \cdot \{ \ln(1 + 5s) \}^c$ |                             |
| $f'_c$ : コンクリートの圧縮強度                                 | $k = 0.73$                  |
| $s$ : 無次元すべり (= $1000S/D$ )                          | $S = 3$                     |
| $D$ : 鉄筋径                                            | $S$ : すべり                   |
| $g(\epsilon) = 1 / (1 + 10^5 \epsilon)$              | $\epsilon$ : 鉄筋ひずみ          |

キーワード：せん断補強鉄筋，定着，プレート，2次元FEM，3次元FEM，シミュレーション

\*1：〒163-06 東京都新宿区西新宿1-25-1（新宿センタービル） TEL.03-5381-5417 FAX.03-3342-2084

\*2：〒245-00 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL.045-814-7230 FAX.045-814-7251

### 3. プレート定着

#### 3.1 解析モデル

プレート定着型の引抜き実験を3次元FEM解析により行った。解析モデルを図4に示す。本解析では形状の対象性より1/4の部分モデル化し、ナット固定型はプレートの中心に $\phi 20$ の穴を設け、プレートとコンクリートの間には接触要素を設け、プレートおよびコンクリートの材料非線形性を考慮した。また、荷重はせん断補強鉄筋に作用する引抜き力を摩擦圧接面又はナットの支圧面に作用させた。なお、プレートの応力度-ひずみ関係、コンクリートの一軸圧縮応力度-ひずみ関係は実験結果より設定した。

#### 3.2 解析結果

引抜き鉄筋応力度-拔出し変位の解析結果を実験結果と共に図5に、また、図6にプレートのひずみ計測結果と解析値の比較を示す。プレート定着型の抵抗機構にはプレートの曲げ剛性が大きく寄与していると考えられ、3次元FEM解析結果と実験値は良く一致した。なお、ナット固定型（ねじふし鉄筋+ロックナット）では、鉄筋とナットのすべり量の計測結果を解析結果に考慮することにより実験結果と良く一致した。

#### 4. まとめ

せん断補強鉄筋の定着部の引抜き解析を行い、実験値との比較を行った。その結果を以下に示す。

- (1) 直角フックおよび半円形フックの挙動は、2次元FEM解析により再現可能であり、特に半円形フックでは付着特性を鉄筋の曲げ加工後のひずみの関数としてモデル化することが重要である。
- (2) プレート定着の挙動は3次元FEM解析により再現可能である。また、ナット固定型（ねじふし鉄筋+ロックナット）は鉄筋とナットのすべり量の計測結果を考慮することにより実験結果と一致した。
- (3) 今後は、これらの解析により各種鉄筋径に対し、半円形フックと同等以上の性能を発揮する定着プレートの最適な形状、厚さの設計法を確立していく予定である。

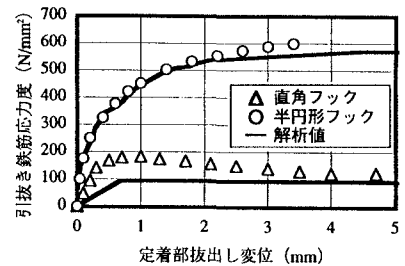


図3 直角フックおよび半円形フック解析結果

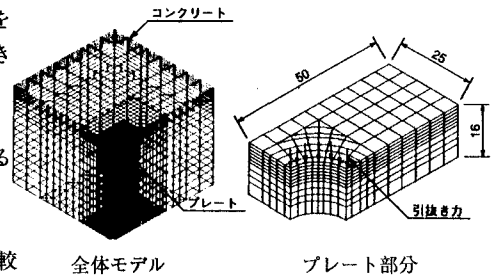
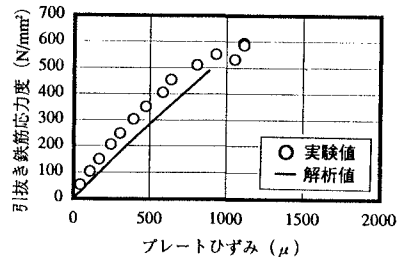
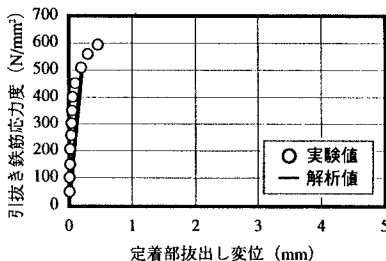


図4 解析モデル（ナット固定型）

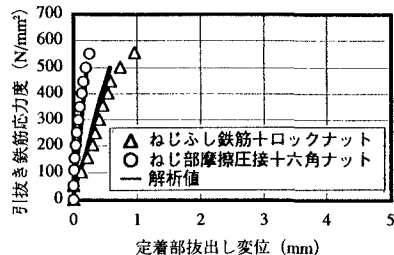


ナット固定型（ねじふし鉄筋+ロックナット）

図6 プレートひずみ解析結果



(a) 摩擦圧接型プレート定着



(b) ナット固定型プレート定着

図5 プレート定着型解析結果

謝辞：本研究の遂行にあたり東京大学前川宏一教授には多大なご指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。

（参考文献）

- 1) 中村他「面材に用いるプレート定着型せん断補強鉄筋の引抜き実験」，第52回土木学会年次学術講演会，1997
- 2) 岡村・前川「鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則」，技報堂出版，1991