

RC はりの斜め引張破壊解析における付着割裂ひび割れのモデル化

清水建設技術研究所 正会員 長谷川 俊昭

1. はじめに

引張鉄筋に沿って発生する付着割裂ひび割れ(鉄筋軸方向ひび割れ)は鉄筋コンクリートはりの斜め引張破壊機構を支配する重要な因子の一つである。本研究ではRC はりの斜め引張破壊有限要素解析における付着割裂ひび割れのモデル化手法について検討した。

2. 解析の概要および結果

著者の既往の研究¹⁾では図-1の引張部モデルt-10のようにコンクリート要素, 鉄筋要素, Coulomb 摩擦弾塑性モデルの付着界面要素を連結して, 付着界面要素が付着すべりにともない付着すべりの直角方向へ塑性膨張しこの膨張変位(膨張力)がコンクリート要素に引張応力を生じさせ付着割裂ひび割れが発生するという現象論的なモデル化を考えた。しかし解析の結果, 鉄筋が大きな弾性剛性を保った状態で節前面からコンクリートへ割裂力を生じさせる実際の現象を付着界面要素の塑性ダ

レイタンスーによって模擬するのは難しいと考えられた。そこで, すべり摩擦機構ではなく鉄筋の軸引張変形にともない鉄筋がその鉄筋径方向にみかけ上弾性的に

膨張する力学モデルを考えて, 付着割裂破壊をシミュレートすることとした。平面応力状態における鉄筋の軸引張にともなう弾性膨張挙動は, 負のポアソン比を用いることで表現する。構成マトリックスの正定値が保証され, かつ熱力学的に許容される等方弾性体のポアソン比 ($-1 \leq \nu \leq 0.5$) を考慮して表-1に示された範囲で鉄筋のポアソン比 ν_s を変

表-1 解析ケース

解析ケース	引張部モデル	鉄筋要素のポアソン比	付着界面要素の構成モデル
J01	t-11	+0.3	——
J02	t-11	-0.2	——
J03	t-11	-0.4	——
J04	t-11	-0.6	——
J05	t-11	-0.8	——
J06	t-11	-0.95	——
J07	t-10	-0.6	付着せん断-すべり関係のみ
J08	t-10	-0.6	Coulomb摩擦弾塑性モデル

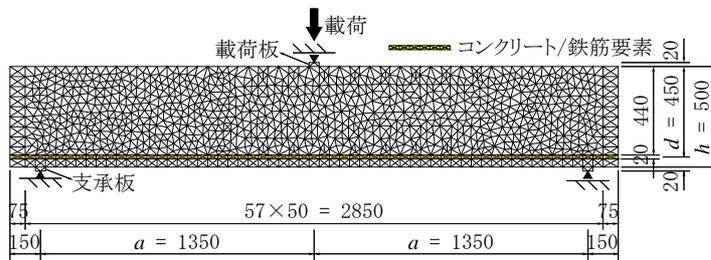


図-2 有限要素メッシュ (引張部モデル t-11)

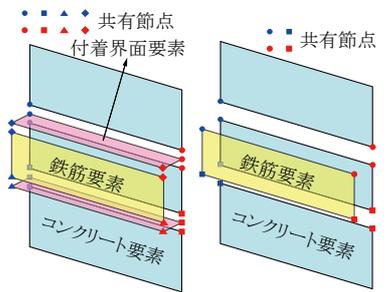


図-1 引張部モデル

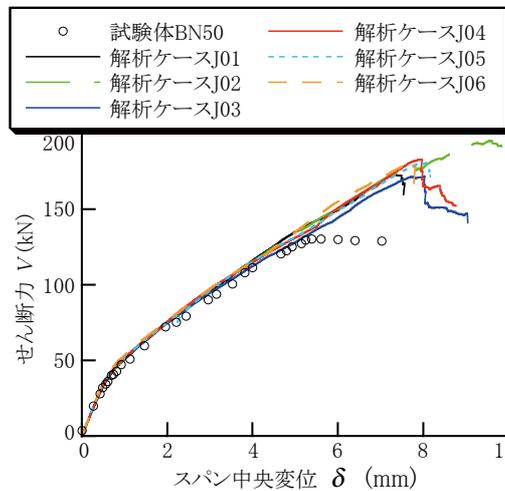


図-3 せん断応答

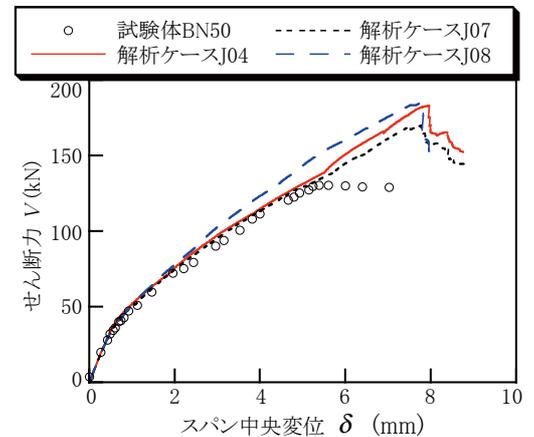


図-4 せん断応答

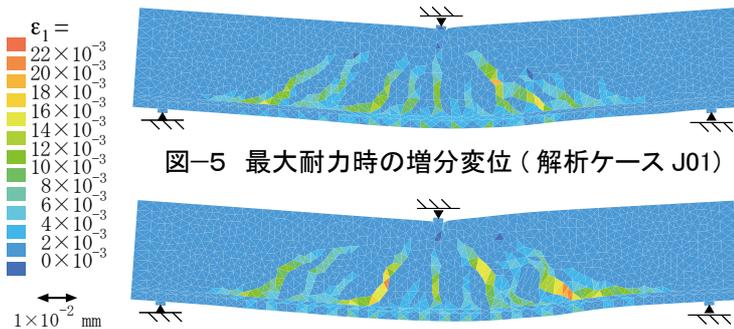


図-5 最大耐力時の増分変位 (解析ケース J01)

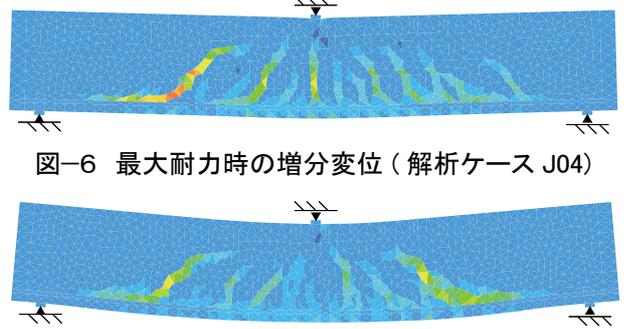


図-6 最大耐力時の増分変位 (解析ケース J04)

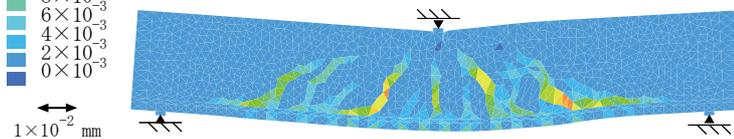


図-7 最大耐力時の増分変位 (解析ケース J07)

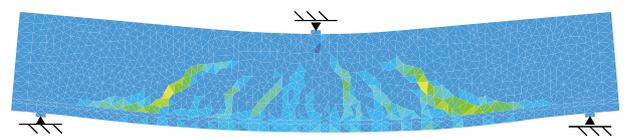


図-8 最大耐力時の増分変位 (解析ケース J08)

キーワード: 鉄筋コンクリート, 斜めひび割れ, 付着割裂破壊, 斜め引張破壊, 負ポアソン比, 有限要素破壊解析
〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL 03-3820-6960 FAX 03-3820-5955

化させて解析を行なった。解析ケースとしては引張部モデル t-11 (図-1および図-2) により付着界面要素を使用しない場合ならびに既往の研究と同様に引張部モデル t-10 によって付着すべりを考慮した場合を考えた。コンクリートの構成モデルとしては多等価直列相モデルを用い、鉄筋は仮定したポアソン比に基づく等方線形弾性モデルを使用した。図-3と図-4は各解析ケースで得られたせん断応答を Toronto 大学の実験結果と比較したものであるが、いずれの解析ケースも実験せん断耐力を精度良く評価することはできなかった。図-5~8ならびに図-10~13は、鉄筋の通常のポアソン比 0.3 ならびに負のポアソン比 -0.6 を用いた解析ケースにおける最大耐力時の増分変位ならびにひび割れ状況を示したものであり、増分変位図には最大主ひずみ分布が重ね描きしてある。ひび割れ状況図は、1軸引張強度時のひずみ値の5倍を超えた最大主ひずみをその値に比例する太さでその方向とともに示したものである。 $\nu_s = 0.3$ の解析ケース J01 と $\nu_s = -0.6$ の解析ケース J04 の結果を比較すると負の鉄筋ポアソン比を用いた場合の方が軸方向ひび割れおよび斜め引張破壊をもたらす主要な斜めひび割れが大きく発達していることがわかる。図-14~17は、各解析ケースにおける主要な斜めひび割れと軸方向ひび割れとの交差位置における鉄筋背面のコンクリート要素 a, b, c, d (図-10~13) の応力-ひずみ応答を示したものである。解析ケース J04 では負の鉄筋ポアソン比を用いたため、コンクリートは2軸引張応力状態で軟化破壊を示しており、斜めひび割れと軸方向ひび割れが直交し同時に大きく開口している状況が良好にシミュレートされている。しかし正の鉄筋ポアソン比を用いた解析ケース J01 では鉄筋のポアソンひずみに拘束されたコンクリートは y 方向に圧縮応力が生じており軸方向ひび割れが生じていないことがわかる。

3. まとめ

負ポアソン比の鉄筋要素を用いて鉄筋の軸引張にともなう付着割裂作用を模擬し RC はりの斜め引張破壊解析を行なった結果、斜めひび割れと軸方向割裂ひび割れが同時に発達する斜めひび割れの起点部の挙動を再現することができた。

[参考文献]

- 1) 長谷川俊昭：付着割裂破壊に着目した RC はりの斜め引張破壊有限要素解析，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集，V-530, pp.1057-1058, 2009 年．

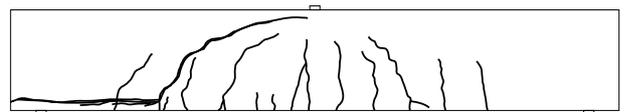


図-9 実験における試験体 BN50 の最終破壊状況

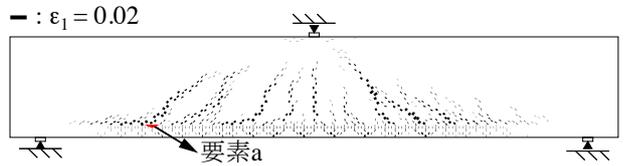


図-10 解析ケース J01 のひび割れ状況

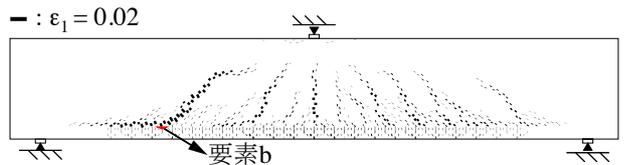


図-11 解析ケース J04 のひび割れ状況

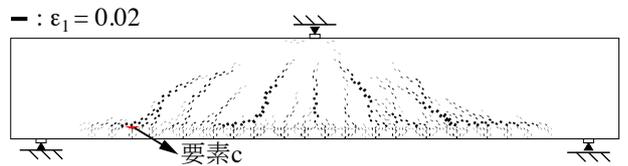


図-12 解析ケース J07 のひび割れ状況

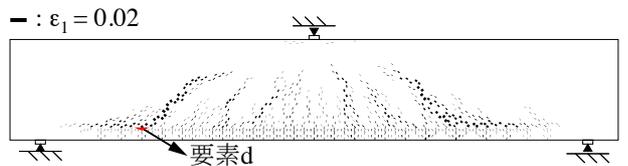


図-13 解析ケース J08 のひび割れ状況

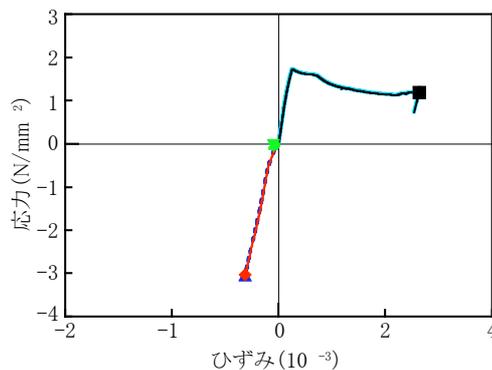


図-14 解析ケース J01 の要素 a

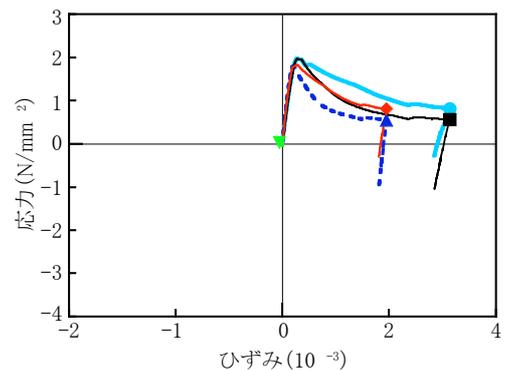


図-15 解析ケース J04 の要素 b

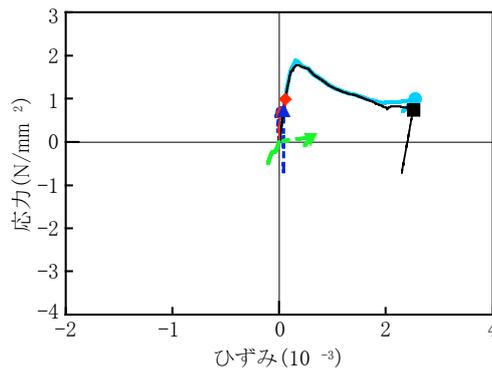


図-16 解析ケース J07 の要素 c

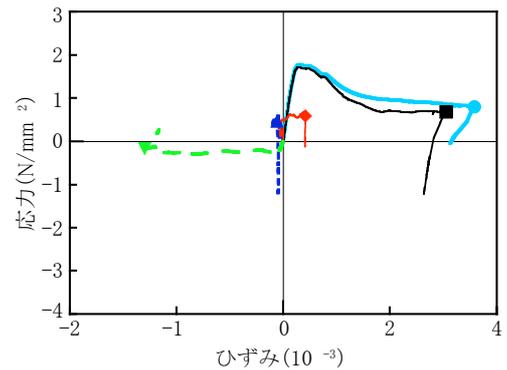


図-17 解析ケース J08 の要素 d

