

斜め引張破壊する RC はりの崩壊機構と曲げスパンの影響に関する解析的検討

清水建設技術研究所 正会員 長谷川 俊昭

1. はじめに

鉄筋コンクリートはりの斜め引張破壊は斜めひび割れが急激に進展し一時的に耐力低下を生じた後もアーチ機構によって再び耐力が増加することもあるため、斜めひび割れがさらにはり圧縮縁近傍に進展して曲げ圧縮部の破壊とともに形成する最終的な崩壊機構を解析的に把握することが重要である。崩壊機構ははり曲げ圧縮部の応力状態や載荷形式などに影響を受けるが、本研究では斜め引張破壊する RC はりの崩壊機構と純曲げスパンの影響について解析的に検討する。

2. 解析の概要と結果

本検討では、せん断補強筋のない鉄筋コンクリートはり試験体 BN50 を用いた Toronto 大学の一点載荷せん断実験に対する解析ケース P01 (図-1)、ならびにその載荷形式を二点載荷として純曲げスパンを加えた仮想の試験体に対する解析ケース P02 (図-2) の有限要素解析を実施した。Delaunay 三角分割法による有限要素メッシュを用いた場合、斜めひび割れ形状を良好にとらえる反面、斜めひび割れのはり曲げ圧縮部への進展を再現できなかったが、cross-diagonal mesh (CD メッシュ) は斜めひび割れ形状が良好でないにもかかわらず斜めひび割れの曲げ圧縮部への進展を再現できたので¹⁾、本解析では CD メッシュを採用した。コンクリート構成モデルは多等価直列相モデルを用い、鉄筋は3節点はり要素でモデル化し von Mises 型弾塑性構成モデルを仮定した。図-3はせん断応答の解析結果であり、埋込み鉄筋要素を用いた解析ケース A01 ならびに Delaunay メッシュを用いた解析ケース A05 の既往の解析結果¹⁾も示されている。解析ケース P01 と P02 の耐力はほぼ同じであるが実験の耐力を大きく上回っている。図-4～7は解析ケース P01 と P02 の最大耐力時ならびに最終収束ステップ時の増分変位図に最大主ひずみ分布を重ね描きしたものであり、図-8～11は最大主ひずみを用いて表現したひび割れ状況図である。図-12と図-13は最大耐力時の増分変位図に最小主ひずみ分布を重ね描きしたものである。図-15～18は図-1と

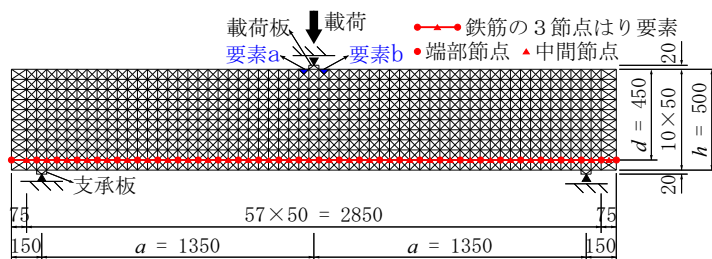


図-1 解析ケース P01 の有限要素メッシュ

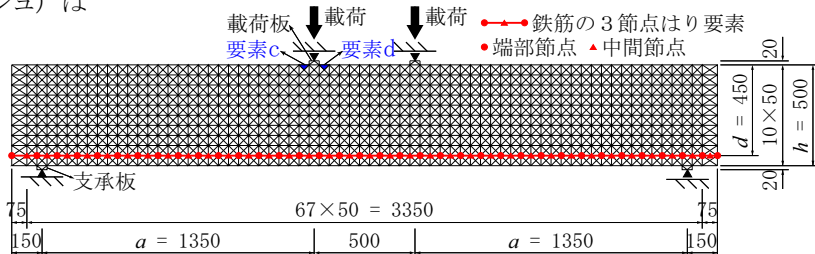


図-2 解析ケース P02 の有限要素メッシュ

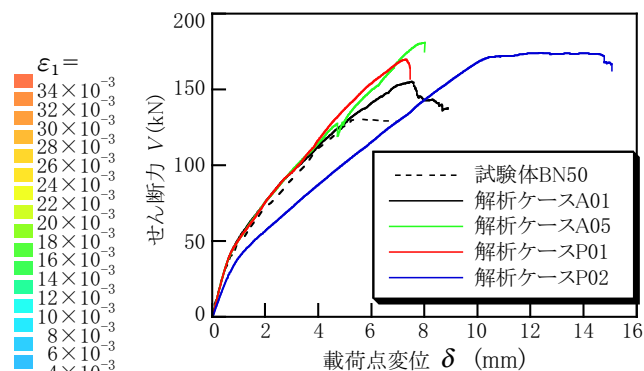


図-3 せん断応答

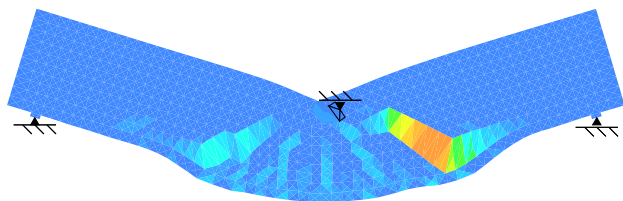


図-4 最大耐力時の最大主ひずみ (解析ケース P1)

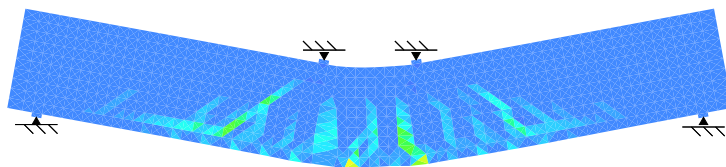


図-5 最大耐力時の最大主ひずみ (解析ケース P2)

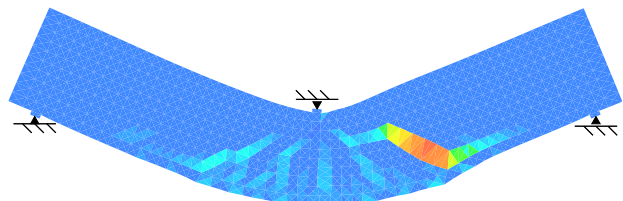


図-6 最終ステップ時の最大主ひずみ (解析ケース P1)

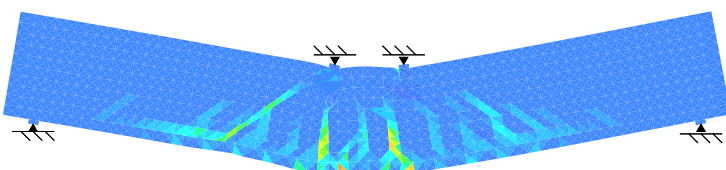


図-7 最終ステップ時の最大主ひずみ (解析ケース P2)

キーワード：鉄筋コンクリート、斜めひび割れ、圧縮縁破壊、崩壊過程、有限要素破壊解析、多等価直列相モデル
〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL 03-3820-6960 FAX 03-3643-7260

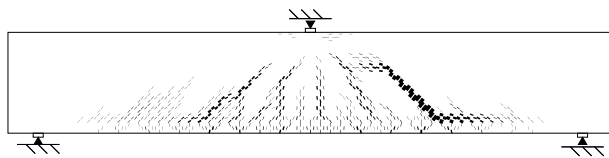


図-8 最大耐力時のひび割れ状況 (解析ケース P1)

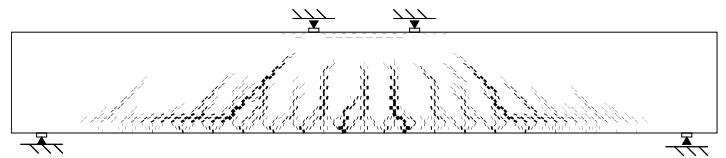


図-9 最大耐力時のひび割れ状況 (解析ケース P2)

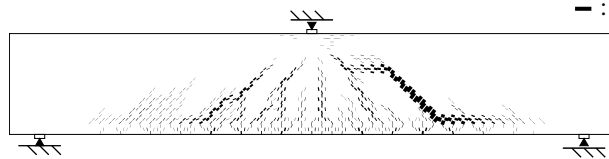


図-10 最終ステップ時のひび割れ状況 (解析ケース P1)

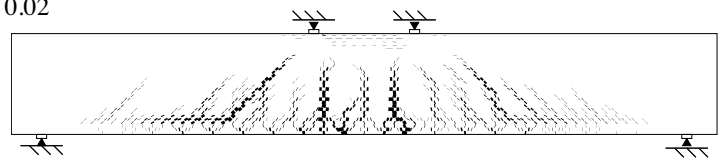


図-11 最終ステップ時のひび割れ状況 (解析ケース P2)

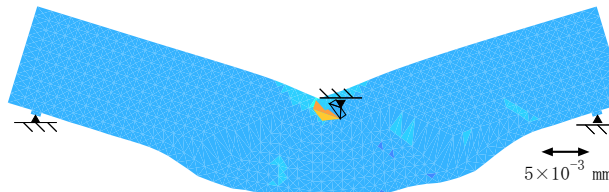


図-12 最大耐力時の最小主ひずみ (解析ケース P1)

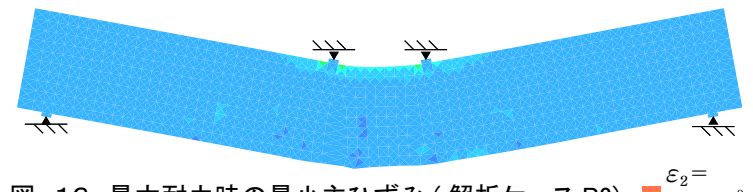


図-13 最大耐力時の最小主ひずみ (解析ケース P2)

図-2に示した圧縮縁のコンクリート要素 a ~ d の応力 - ひずみ応答である。一点荷重の解析ケース P01 は図-14に示した実験の斜めひび割れ形状を概ね再現することができ、斜めひび割れが荷重板の右下の

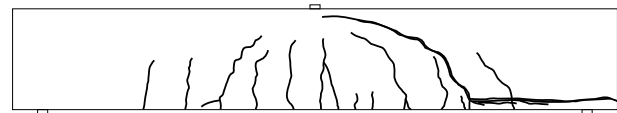


図-14 実験における試験体 BN50 の最終破壊状況

曲げ圧縮部近傍まで進展してその斜めひび割れ先端の上方のコンクリート要素 b が圧縮軟化破壊しており、斜めひび割れと圧縮縁の破壊がもたらす崩壊過程を表現していると言える。荷重板の左下のコンクリート要素 a では圧縮軟化破壊の開始後に除荷応答が生じ、左右せん断スパンで非対称な破壊局所化現象を呈している。一方、鉄筋が降伏し曲げ変形が卓越した二点荷重の解析ケース P02 では左せん断スパン側の斜めひび割れ先端の上方の圧縮縁のコンクリート要素 c が純曲げスパン内の圧縮縁のコンクリート要素 d よりも早期に圧縮軟化破壊を開始

したにもかかわらず、その後除荷応答へ反転している。そのため左せん断スパンの斜めひび割れは閉口し斜め引張破壊が生じることなく、要素 d の圧縮軟化破壊が進行し曲げ引張破壊に至ったと考えられる。

3. まとめ

斜め引張破壊する RC はりの崩壊機構と曲げスパンの影響について解析的に検討し、曲げ圧縮部近傍に進展する斜めひび割れとその先端領域の圧縮軟化破壊がもたらす崩壊過程を明らかにした。

[参考文献]

- 1) 長谷川俊昭：RC はりの斜め引張破壊に関する数値解析的検討，土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集，V-141，pp.281-282，2002 年．

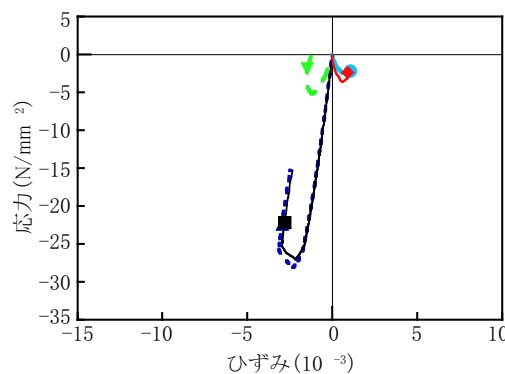


図-15 要素 a の応力 - ひずみ応答

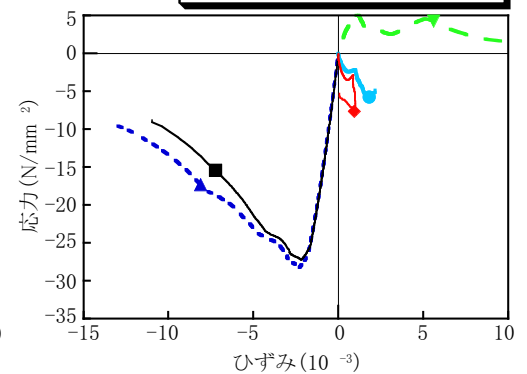


図-16 要素 b の応力 - ひずみ応答

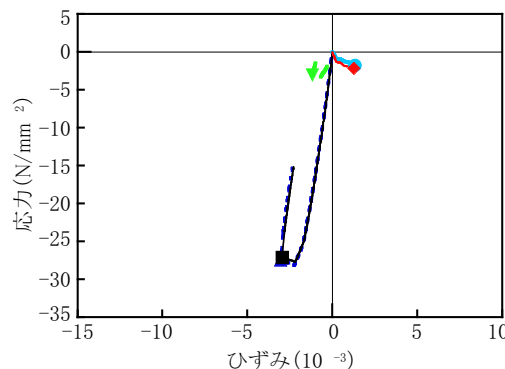


図-17 要素 c の応力 - ひずみ応答

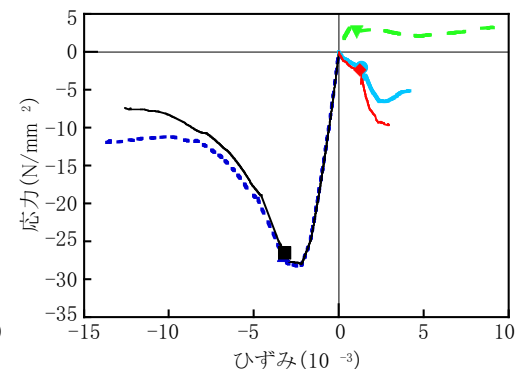


図-18 要素 d の応力 - ひずみ応答