

RCはりの斜め引張破壊解析におけるコンクリート構成モデルの影響

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に関する有限要素解析ではコンクリートの混合モード破壊に関連する構成モデルが重要な役割を担っている。本研究では一般的によく利用されるコンクリート構成モデルおよび多等価直列相モデルを用いて斜め引張破壊解析を実施し、これらの影響を検討する。

2. 解析の概要および結果

本解析では多等価直列相モデルを組み込んだ汎用有限要素解析システムDIANAを用いた過去の解析ケースA05¹⁾を基本として、解析ケースE01ではその構成モデルのみを多方向固定ひび割れモデルとDrucker-Prager型弾塑性圧縮軟化モデルに置き換え、さらに解析ケースF01では共軸性に基づく回転ひび割れモデルと全ひずみ圧縮軟化モデルに置き換えて計算を行なった。図-1~3は各解析ケースの最大耐力時のひび割れ状況（引張強度時ひずみの5倍を越えた最大主ひずみをプロットしたものである。解析ケースA05では一時的な耐力低下時に斜め引張崩壊機構を形成したがその後経路分岐が生じたと考えられるため、この一時的な耐力低下時を最大耐力点とみなすこととした。

図-5と図-6~8はせん断応答ならびに最大耐力時の増分変形を示したものである。解析ケースE01とF01は収束性が悪く、最大耐力までに収束条件（相対つり合い力1%）を満足しなかった解析ステップ数は全解析ステップ数の11%および9%にも及んだ。多方向固定ひび割れモデルはrobust性に欠けることが知られているが回転ひび割れモデルに於いてもそのような傾向がうかがえた。一方、解析ケースA05の多等価直列相モデルは最大耐力までのすべての解析ステップにおいて収束条件を満足し、数値構成則としての高いrobust性ならびにRC破壊解析におけるその重要性が再確認された。解析ケースE01は実験の最大耐力と剛性を概ね妥当に再現しているが、解析ケースF01はそれらをかかなり過小評価している。構成モデルの違いが斜めひび割れの伝播ならびに破壊機構にどのような差異をもたらすかを調査するため、斜めひび割れ経路から図-1~3に示したように各解析ケース間で対応する有限要素を選定し、それらの応力-ひずみ応答（図-9~19）を検討した。解析ケースE01とF01では最大耐力時において斜めひび割れ経路のはり圧縮縁部

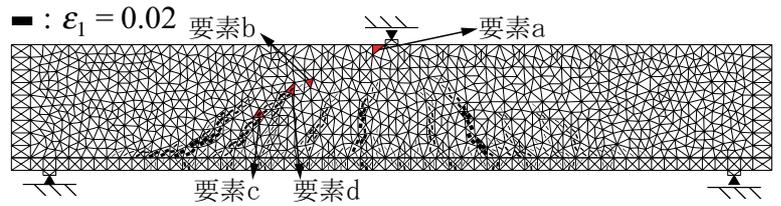


図-1 解析ケースA05のひび割れ状況と検討する有限要素

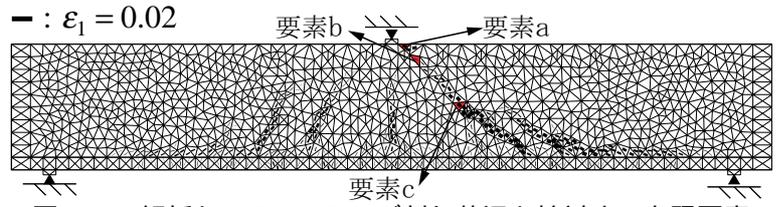


図-2 解析ケースE01のひび割れ状況と検討する有限要素

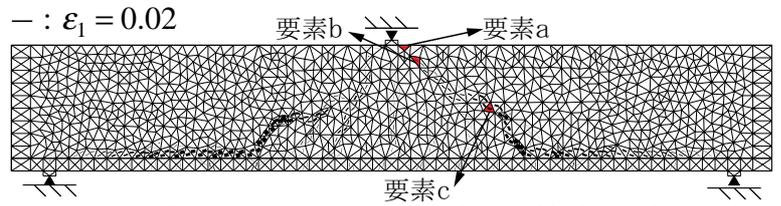


図-3 解析ケースF01のひび割れ状況と検討する有限要素

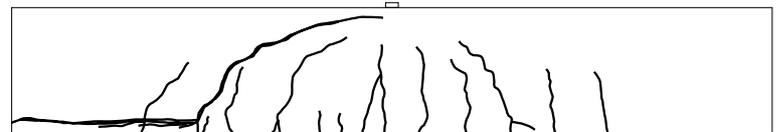


図-4 実験における試験体BN50の最終破壊状況

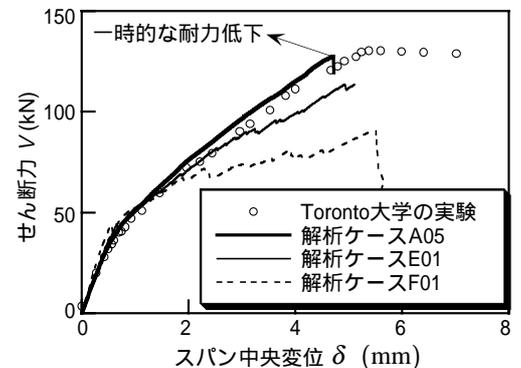


図-5 各解析ケースのせん断応答

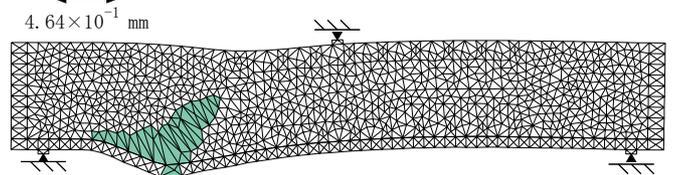


図-6 最大耐力時の増分変形 (解析ケースA05)

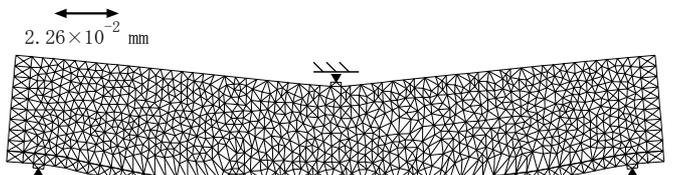


図-8 最大耐力時の増分変形 (解析ケースF01)

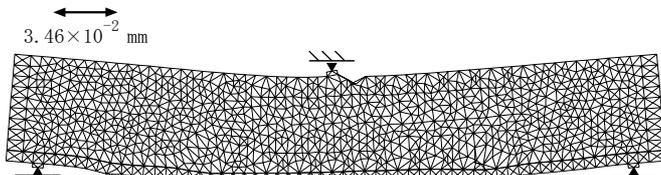


図-7 最大耐力時の増分変形 (解析ケースE01)

キーワード： 鉄筋コンクリート，斜め引張破壊，コンクリート構成モデル，混合モード破壊，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 03-3820-5959

にあたる要素aが圧縮強度に達し（図 - 14, 17）, そのひび割れも圧縮破壊にともなう割裂ひび割れを表わしていると考えられる. また最大耐力時は, 斜めひび割れがはり圧縮縁に進展する際の斜め引張崩壊時の変形モードではなく曲げ変形モードが卓越している（図 - 7, 8）. これらより判断して解析ケースE01とF01は斜め引張破壊よりむしろ曲げ破壊またはせん断圧縮破壊を表現していると考えられる. 一方, 解析ケースA05では最大耐力時に斜めひび割れと軸方向ひび割れの伝播（図 - 6の着色部）が顕著で典型的な斜め引張破壊の変形モードを示している. 最大耐力時の斜めひび割れ先端に位置する要素bおよび要素dでは, 多等価直列相モデルと回転ひび割れモデルがせん断軟化を示しているのに対して多方向固定ひび割れモデルではせん断硬化状態にあり硬いせん断応答の原因になっていると考えられる（図 - 11, 13, 15, 18）. 一方, ひび割れのせん断ずれ変形が卓越するはり中央の要素cではせん断軟化後の再硬化現象²⁾が解析ケースA05とE01において確認できるが, 共軸性を確保するためのみかけのせん断剛性を有する回転ひび割れモデルでは $\tau_{xy} < 0, \gamma_{xy} > 0$ という不合理な応答が表われている（図 - 12, 16, 19）.

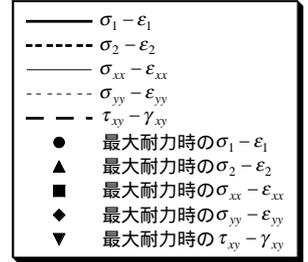


図 - 9 図 - 10 ~ 19の凡例

3. まとめ

ひび割れ構成モデルとして多等価直列相モデル, 多方向固定ひび割れモデル, 回転ひび割れモデルを選定しそれらがRCはりの斜め引張破壊解析の結果に及ぼす影響について検討を行なった.

[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.
- 2) 長谷川俊昭: RCはりの斜め引張破壊機構における混合モード破壊, 土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, V-527, pp.1053-1054, 2005年.

