RC はりの斜め引張破壊有限要素解析における鉄筋付着のモデル化

清水建設技術研究所 正会員 長谷川 俊昭

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の斜め引張破壊解析では鉄筋 とコンクリートの付着のモデル化が斜めひび割れの進展 などの解析結果に大きな影響を及ぼす.本研究では鉄 筋要素とコンクリート要素の接続法に着目して鉄筋コンク リートはりの斜め引張破壊有限要素解析を実施し,鉄筋 付着が斜め引張破壊に及ぼす影響について検討する.

2. 解析の概要および結果

本解析では,解析ケースGとHで異なる鉄筋とコンクリートの付着モデル化手法を用いた.解析ケースG05では 著者の過去の研究¹⁾と同様に付着すべり構成関係と付 着界面有限要素を用いた引張部モデルt-5を採用した (図-2).解析対象であるRC せん断はり試験体 BN50

の主な斜めひび割れの近傍では図ー6に示したようにひび割れ間隔が 120 mm と短くその引抜き 端近傍での低い付着強度を持った付着応力 τ ーすべりS 関係を用いる必要があると考えられる. そこで過去の研究¹⁾と同様に付着応力 τ ーすべりSー鉄筋ひずみ ε_s 関係²⁾を用いて長さL=120mm の両引き試験体の付着微分積分方程式を数値解析し、引抜き端に近い位置 2x/L = 0.25 に

おけるτ-S関係を付着モデルb-5 (図-3)として使用した.鉄筋について も過去の研究と同様に3節点 Mindlin はり要素を用いた (図-1).一方,解 析ケースHでは,有限要素メッシュ内にコンクリート要素と鉄筋要素を共有節 点で接続させる部分と二重節点で切り離す部分を設けるという引張部モデル t-9を採用した.これは,斜め引張破壊につながる斜めひび割れ先端の不安 定伝播を誘発させるためには鉄筋位置のコンクリート要素が鉄筋要素の拘束 から逃れてそのひび割れひずみを増大させる必要があると考え,コンクリート 要素が隣接する鉄筋要素から節点拘束を受けないという付着分離状態を設け たのである.表-1は実施した解析ケースであり,各解析ケースで設定した二 重節点はそれらの解析で得られたひび割れ状況図 (図-9~13)において 水色の丸印で示してある.図-4は解析ケース G05 のせん断応答を示したも

のであるが、2x/L=0.50 における τ-S 関係をモデル化し付着強度が高い付着モデル b-2を 用いた過去の解析ケース G01 ならびに共有節点のみで付着すべりを考慮していない解析ケース A05 の結果と比較してある.図-6~8は実験における最終破壊状況および付着すべりを無視し た解析ケース A05 と付着すべりを考慮した解析ケース G05 におけるひび割れ状況である.解析 ケース G05 は引抜き端近傍の付着強度が低下した付着-すべり関係を用いたため鉄筋とコンク

リートの応力伝達が悪く,軸 方向ひび割れが発生しない. また斜めひび割れも発達せ ずひび割れがスパン中央部 のみに集中して,付着の切 れた鉄筋を用いた RC はりの タイドアーチ耐荷機構に類似 した状態となりアーチクラウン の圧壊によって崩壊した.一 方付着強度の高い付着モデ



キーワード: 鉄筋コンクリート, 斜め引張破壊, 鉄筋付着, 付着すべり構成モデル, 斜めひび割れ, 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





図-3 両引き試験体の $\tau - S$ 関係

0

試験体BN50

解析ケースA05 解析ケースH01

解析ケースH02

解析ケースH03 解析ケースH04

解析 ケース	引張部 モデル	鉄筋とコンクリートの付着モデル化
A05	t-3	共有節点のみ
G05	t-5	付着すべり構成モデルb-5と付着界面要素(二重節点)
H01	t-9	共有節点と二重節点(主な斜めひび割れ部のみの3節点)
H02	t-9	共有節点と二重節点 (支点間の41節点)
H03	t-9	共有節点と二重節点(主な斜めひび割れの区間内の30節点)
H04	t-9	共有節点と二重節点 (支点間の13節点)
H05	t-9	共有節点と二重節点(主な斜めひび割れの区間内の10節点)

表-1 解析ケース

ル b-2 を用いた解析ケース G01 では、タイドアーチ耐荷機構を 示すことはなく、斜めひび割れや鉄筋に沿った軸方向ひび割れ も発達したが斜め引張破壊に至ることはなかった. 図-5は解析 ケースHのせん断応答であり、図-9~13には各解析ケースの 最大耐力時におけるひび割れ状況を示した. 二重節点の設置 位置によって斜めひび割れ、曲げひび割れ、軸方向ひび割れ の発生状況が大きく影響されることがわかる. しかしながら共有 節点と二重節点の周囲におけるコンクリート要素のひび割れ状 況を詳細に検討すると、必ずしも前述したように鉄筋要素からの 拘束を受けない二重節点の位置に近いコンクリート要素にひび 割れが発達しているとも限らず、二重節点間の共有節点位置に おいてひび割れが局所化する傾向も観察される. 最大耐力時 のひび割れ状況、増分変形モード、鉄筋の降伏などから判断 すると、解析ケースH04のみが斜め引張破壊モードを示したの に対して解析ケースH01, H02, H05 は曲げ引張破壊モードで あった. 解析ケースH03 はせん断圧縮破壊または曲げ圧縮破 壊と思われる. 図-14は解析ケースH04の最大耐力時におけ る増分変形を示したものであるが、図-12と同様に斜めひび割 れが載荷板の側方へ突き抜けて斜め引張崩壊機構が良好に再 現されていることが明快に理解できる. しかしながら, この解析 ケースH04 では、崩壊機構を形成している斜めひび割れの位 置がスパン中央に偏っておりひび割れ形状も直線的で湾曲して おらず実験で観察される斜めひび割れとの相違点も指摘できる. さらに斜め引張破壊の誘発因子でもある鉄筋に沿った軸方向ひ び割れが顕著ではなく、これらのことが解析ケースH04のせん 断耐力の過大評価の原因であると考えられる.

3. まとめ

付着すべり構成モデルと付着界面要素による手法ならびにコンクリート要素と鉄筋要素を二重節点で切り離す手法を用いてコンクリートと鉄筋の付着作用を考慮した RC はりの斜め引張破壊 解析を実施した結果,後者の手法では斜め引張破壊をある程度の精度で再現できることが確認された.

[参考文献]

- 長谷川俊昭: RC はりの斜め引張破壊解析における鉄筋付着の影響,土木学会第62回年次学術講演会講演概要集, V-352, pp.703-704, 2007年.
- Shima, H., Chou, L., and Okamura, H.: Micro and macro models for bond in reinforced concrete, *Journal of the Faculty* of Engineering, The University of Tokyo (B), Vol. XXXIX, No. 2, 1987.

