

V-456

曲げ降伏後にせん断破壊する柱の耐震性能評価に関する有限要素解析

東急建設 正会員 奥村 幹也、宮城 敏明

はじめに

曲げ降伏後にせん断破壊するラーメン高架橋柱を対象として、非線形有限要素法により耐震性能を評価する解析を行った。本報では、解析手法の概要を述べると共に、解析結果を用いて主筋の座屈、帯筋のひずみ、ひび割れ状況等により柱の耐震性能の評価を試みたので、その結果を報告する。

解析モデル

先に実験を実施した断面 $800 \times 800 \text{mm}$ 、柱高さ 3.0m のラーメン高架橋柱¹⁾を解析した。柱基部から 40cm の位置に施工継手がある。実験の終局状況を写真1に示す。主筋の曲げ降伏後に柱基部近傍でのせん断破壊で終局に至った。

解析に用いたメッシュ分割図を図1に示す。コンクリートは2次元平面応力要素、主鉄筋は梁要素、帯鉄筋はトラス要素を用いた。スタブコンクリートは弾性材料とした²⁾。柱部コンクリートは、柱部材の拘束コンクリートに対し精度が良く、かぶりコンクリートも表現できる Mander 型構成則を用い、引張軟化特性は直線型とした(図2)。ひび割れ発生後のせん断伝達係数 β は、 $\beta = 1 / (1 + 4447 \epsilon_{cr}^n)$ 、 $0.1, 0.2, 0.3$ を考えた。 ϵ_{cr}^n はひび割れの法線方向ひずみである。鉄筋はバイリニア型とし、ひずみ硬化は考えないものとした(図3)。

実験では柱頂部に水平力を作用させ、各変位段階毎に3回ずつ正負交番载荷を行ったが、解析では一方向に単調に载荷した。このため、正負交番载荷による材料劣化等は考慮されない³⁾。

柱頂部の荷重-変位関係

柱頂部の荷重-変位曲線を図4に示す。主鉄筋の抜出しは考慮しない⁴⁾。 β の影響は最大耐力後の荷重低下に現れる。柱部材が実験



写真1 実験終局状況

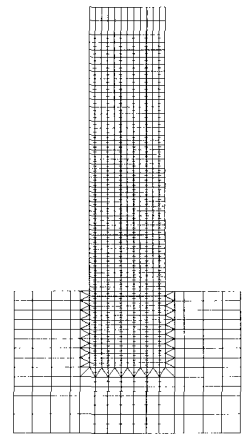


図1 メッシュ分割図

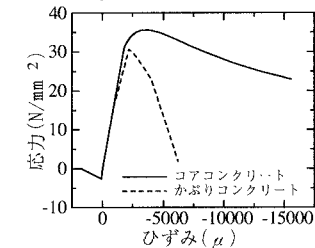


図2 基部コンクリートの構成則

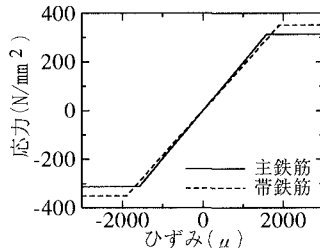


図3 鉄筋の構成則

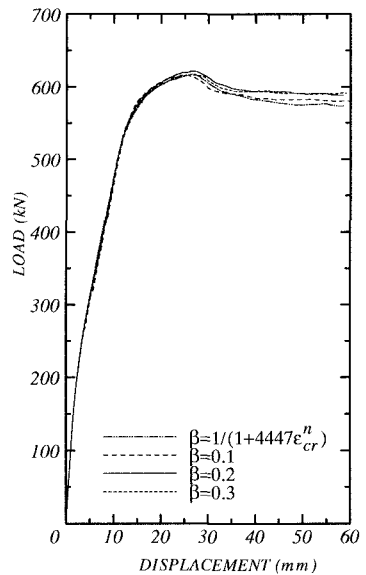


図4 柱頂部の荷重-変位曲線

キーワード 非線形有限要素解析、曲げ降伏後のせん断破壊、耐震性能評価、せん断伝達係数、ひび割れ
 連絡先 〒229-1124 相模原市田名字曾根下 3062-1 電話 0427-63-9511 Fax 0427-63-9503

での終局変位段階を迎えても解析では耐力低下は顕著ではなく、荷重-変位曲線からせん断破壊を表現できない。

主鉄筋の座屈に関する検討

本解析では単調荷荷のため、圧縮側主鉄筋の塑性領域は著しく小さい。そこで、交番荷荷による主鉄筋の塑性領域が左右対称であると、引張側主鉄筋の塑性領域を圧縮側にも適用した。

主鉄筋の座屈力 S とかぶりコンクリートと帯鉄筋による抵抗力 $R (= Rc + Rs)$ による鳥らの座屈マクロモデル⁵⁾により検討した。高さ方向に帯鉄筋1本が負担する区間10cmを考え、主鉄筋1本あたり $Rc = 100N/本$ 、主鉄筋塑性域長 $Lp = 950mm$ 、 $Rs = 137N/本$ となる。主鉄筋の座屈力 S は、主鉄筋の抜き出しによる回転角 θ_s と躯体部塑性域に生じる回転角 θ_p および主鉄筋の保持する圧縮力 P の関数で表され、本解析では抜き出しによる力 $Ss = 24.5N/本$ 、躯体部塑性域回転による力 $Sp = 71.5N/本$ である。ここで主鉄筋の抜き出し量はスタブ中の主鉄筋ひずみの積分値とした。 $S = Ss + Sp < R$ で主鉄筋は座屈せず、68では曲げ破壊は起こっていない。これは実験結果と一致する。78では帯鉄筋損傷部のひずみがさらに増大し、柱の機能を保持できないと考えられる。

せん断破壊の検討

68の柱基部近傍の変形図を図5に、ひび割れ図を図6に示す。圧縮側かぶりコンクリートが著しく変形し、損傷が局所化している。柱基部から4段目まで58~78の帯鉄筋のひずみ分布を図7に示す。58ではすべての帯鉄筋は弾性範囲にあるが、68で2、3段目が降伏し、せん断補強筋としての機能を保持できないものと考えられる。さらに、帯鉄筋の損傷部分ではコンクリートに発生したひび割れが、斜め方向のせん断ひび割れとなっており、せん断破壊が発生したものと見なせる。78では損傷部の帯鉄筋ひずみがさらに増大し、せん断破壊が顕著となっている。

まとめ

本解析により、以下のことが明らかとなった。

- ① 実験と異なり、解析では柱頂部の荷重-変位関係だけから、曲げ降伏後のせん断破壊を評価できない。
- ② 解析でよく見られる、柱基部のかぶりコンクリートに損傷が局所化した場合でも、帯鉄筋のひずみ分布とひび割れ状況を用いれば、主鉄筋の曲げ降伏後に起こる柱のせん断破壊は総合的に評価可能である。

参考文献

- 1) 渡邊他、コンクリート系構造物の耐震技術に関するシンポジウム論文集、1997
- 2) 奥村他、土木学会年次学術講演会概要集、1997
- 3) 奥村他、土木学会関東支部技術研究発表会、1997
- 4) 宮城他、コンクリート工学年次論文報告集、1997
- 5) 鳥他、コンクリート工学年次論文報告集、1990

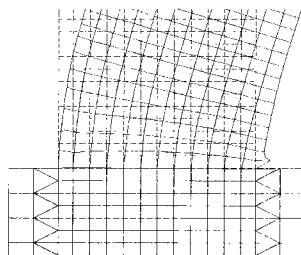


図5 68の柱基部の変形図

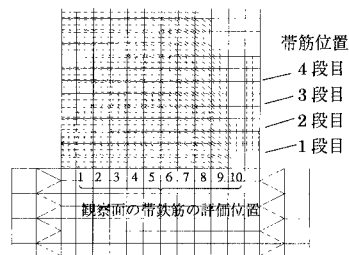


図6 68の柱基部のひび割れ

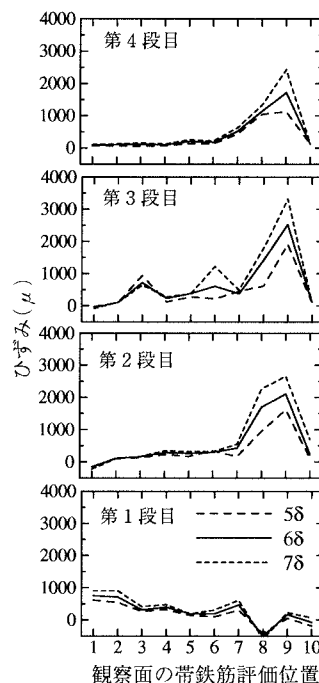


図7 帯鉄筋のひずみ分布