

I - B149

鉄筋コンクリート柱の靱性評価に関する非線形有限要素解析

東急建設技術研究所 フェロー会員 増田 芳久*
 東急建設技術研究所 正会員 奥村 幹也*
 東急建設技術研究所 正会員 宮城 敏明*
 鋼管計測計測診断事業部 鶴田 良夫**

1. はじめに

耐震性能確認実験として交番載荷実験が数多く実施されているが、数多くのケーススタディには有限要素解析が有効である。奥村らは二次元非線形有限要素解析による靱性評価を実験結果と比較し報告した¹⁾。鋼板巻き補強による靱性改善効果を評価するには、鋼板の拘束効果、コンクリートの圧壊挙動、軸方向鉄筋の座屈挙動の評価が重要である。これらを解析するあたり、現在提案されている評価式の有効性確認のための要素実験を計画し、その試験体に対し二次元および三次元の非線形有限要素解析を実施した。

2. 解析モデル

実大の約 1/4 の縮小モデルの供試体を考え、 $t=1.6\text{mm}$ の鋼板で補強する。供試体形状を図-1 に、三次元解析モデルを図-2 示す。対称形状なので、Y 方向は 1/2 モデルとする。二次元解析では、これを XZ 平面に射影した。

解析に用いた材料定数を表-1 に示す。荷重は初期鉛直荷重として 3.27N/cm^2 を柱頂部に載荷し、柱頂部に -X 方向に強制変位を与える。

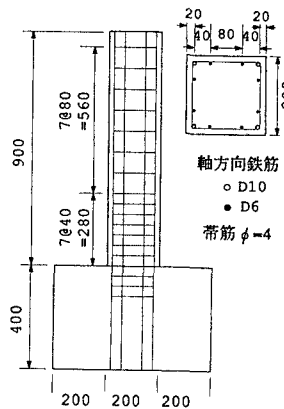


図-1 縮小スケール供試体形状

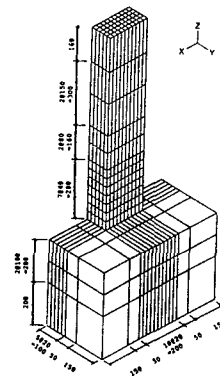


図-2 三次元解析モデル図

3. 圧縮軟化特性を考慮した無補強柱の解析結果

補強前の柱の荷重－変位関係の評価を、道路橋復旧仕様²⁾によるコンクリートの圧縮軟化挙動を含む構成則、島モデル³⁾による鉄筋の硬化則を用いて試みた。

表-1 解析に用いた主な材料定数

コンクリートヤング係数	2.45×10^4	N/mm ²
ポアソン比	0.2	
圧縮強度	23.5	N/mm ²
引張強度	2.0	N/mm ²
軸方向鉄筋ヤング係数	1.91×10^5	N/mm ²
ポアソン比	0.3	
降伏強度	349	N/mm ²
帯鉄筋ヤング係数	2.00×10^5	N/mm ²
ポアソン比	0.3	
降伏強度	317	N/mm ²

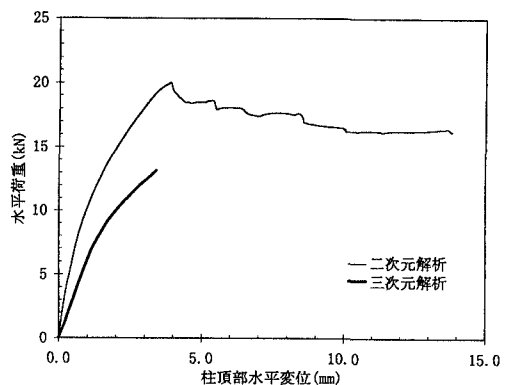


図-3 補強前柱の荷重－変位関係包絡線

キーワード 非線形有限要素解析 靱性率 鋼板補強

* 〒229-11 相模原市田名字曾根下 3062-1 電話 0427-63-9511 FAX 0427-63-9503

** 〒210 川崎市川崎区南渡田町 1-1 電話 044-355-7430 FAX 044-355-7499

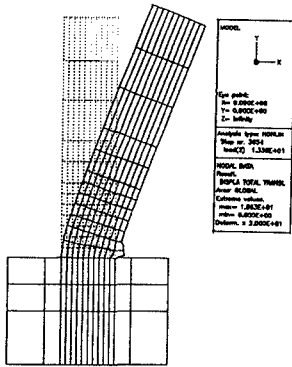


図-4 48時の変形

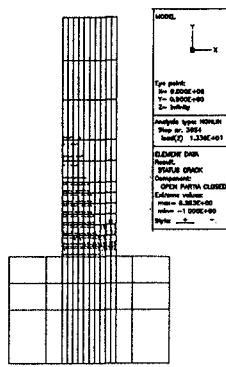


図-5 48時のひび割れ状況

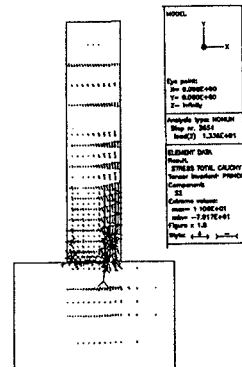


図-6 48時のコンクリート圧縮応力

二次元は DIANA、三次元は ADINA を用いて解析した。荷重－変位関係の包絡線を図-3 に示す。DIANA は弾性域では線形弾性として取り扱うが、ADINA はコンクリートの非線形弾性特性を入力できるため、 $P \sim \delta$ の差となっている。引張側主鉄筋降伏時の頂部水平変位と耐力は、それぞれ二次元解析では 3.34mm、18.8kN であった。コンクリートを完全弾塑性体とした場合は、最大耐力が表現されなかったが¹⁾、圧縮軟化特性を取り込むことにより、最大耐力が表現できるようになった。しかし、圧縮軟化特性だけでは 48 以降に現れる耐力の低下までは表現できない。主鉄筋の座屈の評価が重要であると考えられる。強制変位の増分を細かくすれば、滑らかな包絡線になると予想される。48 時の変形図を図-4 に示す。圧縮側柱基部のコンクリートが 2 要素圧壊した状況が観察される。48 時のコンクリートのひび割れ状況を図-5 に示す。引張り側は曲げひび割れであるが、圧縮側は圧壊状況を表していると考えられる。図-6 にコンクリートの圧縮側主応力分布を示す。

4. 鋼板の付着特性と変形挙動に関する三次元解析結果

鋼板の補強効果を解析で表現するため、土木学会で提案されている降伏後の鋼材の構成則⁴⁾を適用し三次元解析を行った。鋼板の支持方法は、載荷点である柱頂部でコンクリート柱と変位を同一にし、充填モルタルを GAP 要素を用いて表し、鋼板と充填モルタルの付着特性の評価を試みた。柱頂部水平変位 4.5mm における鋼板の応力分布を図-7 に示す。柱基部の角点に著しい応力集中が発生している。この応力集中を適切に表現するためには、柱基部の鋼板の要素分割を細かくする必要がある。

5. まとめ

コンクリートの圧縮軟化特性を取り込むことにより、荷重－変位関係における最大耐力を表現するのに有効であることが確認された。しかし、終局時の荷重低下は表現できておらず、主鉄筋の座屈の評価が重要であると考えられる。

三次元解析において、柱基部の補強鋼板の変形性状は、実大試験レベルの鋼板の変形性状と定性的によく一致している。鋼板の付着特性は、GAP 要素として表現できることが確認された。

参考文献

- 1) 奥村、宮城：非線形有限要素解析による RC 柱の耐震性能評価（その 1）二次元解析による RC ラーメン高架橋柱の靱性評価、第 24 回関東支部技術研究発表会講演概要集、I-39、土木学会関東支部、1997.3
- 2) 日本道路協会：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様の解説（案）、1995.2
- 3) 島、周、岡村：異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性、土木学会論文集、第 378 号/V-6、1987
- 4) 土木学会鋼構造新技術小委員会：最終報告書（耐震設計研究）、1996.5

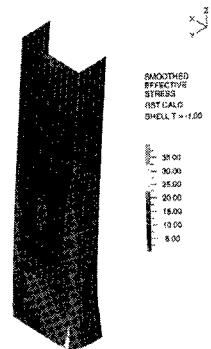


図-7 鋼板の応力分布