

日本構研情報（株）

大阪市立大学大学院工学研究科〔（株）松浦建設〕

東洋技研コンサルタント（株）

大阪市立大学工学部土木工学科

大阪市立大学工学部土木工学科

正会員 ○佐藤知明

正会員 松浦幹佳

正会員 島田功

フェロー 園田恵一郎

正会員 小林治俊

1. まえがき 本研究では、R C ラーメン橋脚を対象とし、断面にファイバーモデルを適用することで、水平荷重の漸増とともに生じる、大きな軸力変動が曲げ耐力におよぼす影響について検討する。

2. 解析手法 R C 断面は、図-1 に示す長方形断面を考え、鉄筋とコンクリートの付着は完全であるものとし、平面保持の仮定を適用する。断面の算定において、コンクリート要素は、断面高さ方向に層分割し、鉄筋は一本ずつ個別に計算を行う。ここで、コンクリートおよび鉄筋に対して、図-2,3 に示す道路橋示方書¹⁾（以下、道示と呼ぶ）に規定される応力度－ひずみ関係を適用する。ただし、コンクリートの応力度－ひずみ関係における低下領域においては、道示の終局ひずみ以降も同様の勾配で低下するものとしてモデル化した。本解析では圧縮応力度が 0 になるときを終局ひずみと定義した。断面力は、コンクリートおよび鉄筋の応力度－ひずみ関係より得られる応力度を、次式のように積分することにより求める。

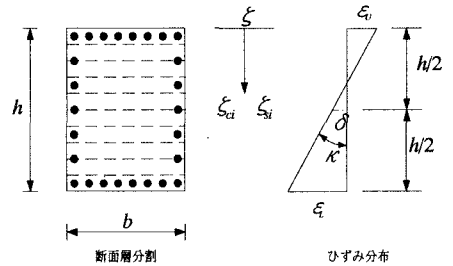


図-1 ファイバーモデル

$$N = b \int_0^h \sigma_c d\xi + \sum_{i=1}^{ns} \sigma_{si} A_{si}, \quad S = G_c h b \gamma,$$
$$M = b \int_0^h \sigma_c (\xi_c - h/2) d\xi + \sum_{i=1}^{ns} \sigma_{si} A_{si} (\xi_{si} - h/2) \quad \dots(1)$$

ここで、 σ_{ci} , σ_{si} はコンクリートおよび鉄筋のひずみに対する応力度、 ns , A_{si} は鉄筋の段数および各鉄筋の断面積である。なお、コンクリート要素の積分には台形積分を用いている。

本解析では、剛体ばねモデルの手法を用い、変位増分法で解析を行った。断面力と変位の関係に式(1)を適用することにより曲げと軸力の連成を考慮している。

3. 数値計算 本解析でを使用した R C ラーメン橋脚モデルを図-4 に示す。これは II 種地盤におけるタイプ II 地震動を想定し、地震時保有水平耐力法によって設計されたものである。ただし、ハッチおよび張出部は省略している。柱およびはり部材を骨組線に沿ってそれぞれ 11 分割しており、各要素長は塑性ヒンジ長 L_p に相当するよう分割している。はり中央要素（以下、変位制御要素と呼ぶ）の水平方向変位量を単調増加させることにより、橋脚の保有耐力解析を行った。ここでは、本解析結果と、軸力変動を考慮しない骨組解析モデル（以下、M-φモデルと呼ぶ）および道示に示される非線形回転バネを用いたモデル（以下、回転バネモデルと呼ぶ）による解との比較を行った。図-5 は、柱基部における死荷重載荷状態での曲げモーメント(M)－曲率(φ)関係である。曲率(φ)は約 0.02(1/m)で最大曲げ

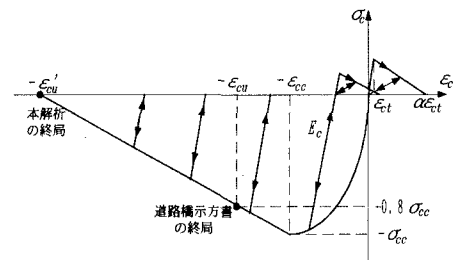


図-2 コンクリートの応力度－ひずみ関係

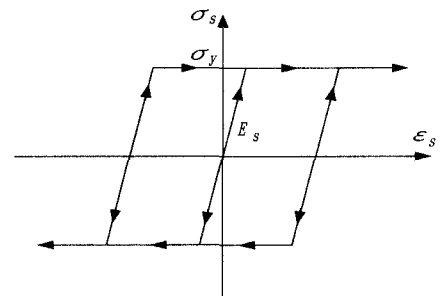


図-3 鉄筋の応力度－ひずみ関係

となりそれ以降は低下する。そこで、 $M-\phi$ モデルの非線形解析は剛性低下域を含むトリリニア型モデルで行った。

解析結果を、図-6 以降に示す。図-6 は、変位制御要素における強制変位量(δ)—水平力(P)の関係を示したものである。耐力の最大値は、本解析 $>$ $M-\phi$ モデル $>$ 回転バネモデルの順となっており、道示は安全側の考えとなっていることがわかる。次に、図-7 に左右柱基部部材の曲げモーメント

(M)—曲率関係(ϕ)、図-8 に同部材の軸力(N)—強制変位量(δ)関係を示す。図-7 より、曲げモーメントの最大値を見てみると、圧縮側となる右柱の値は、軸力変動が考慮されていない $M-\phi$ モデルの結果に比べ約 15%高く、逆に引張側となる左柱の値は約 10%低くなっている。また、図-8 より軸力変動は死荷重載荷状態に対して約 75%発生することがわかる。図-9 は、軸力変動がコンクリート要素におよぼす影響について示したものである。図より、圧縮側となる右柱のコンクリート要素は、最大軸力時付近から急激な応力度の低下現象が見られるが、引張側となる左柱のコンクリート要素は、最小軸力時以降も滑らかに低下していることがわかる。これより、軸力変動によるコンクリート要素の応力度の低下現象が、図-7 に示す曲げモーメントの耐力低下時の勾配に関連しているものと考えられる。

4. まとめ ファイバーモデルを用い、曲げモーメントと軸力の連成を考慮した非線形解析を行った結果、次のことがわかった。

- 1) 左右の柱基部部材の曲げモーメントの最大値は、軸力変動を考慮しない $M-\phi$ モデルによる値でほぼ 2 分されるように得られた。
- 2) 本橋脚では左右の柱基部において、最大約 75%の軸力変動が発生することがわかった。
- 3) 本橋脚のようなRCラーメン橋脚を解析した場合、道示の回転ばねモデルは軸力変動を考慮したファイバーモデルより安全側の評価をしていることがわかった。

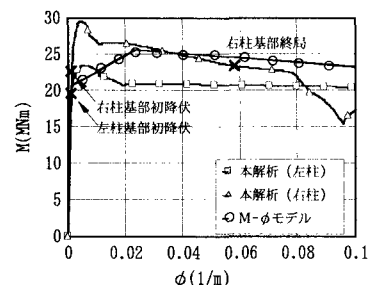


図-7 左右柱基部部材の $M-\phi$ 関係

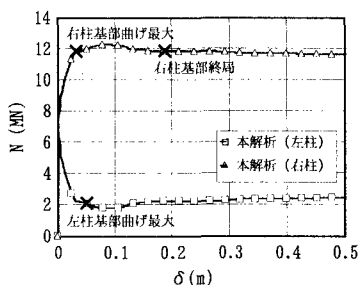


図-8 左右柱基部部材の軸力—強制変位量関係

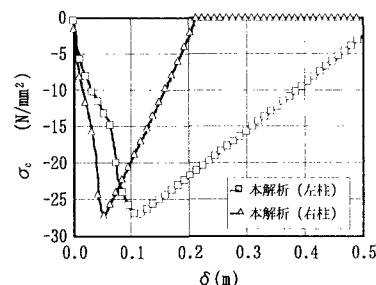


図-9 左右柱基部部材構束筋位置におけるコンクリート要素の応力度—制御変位関係

参考文献 1) 日本道路協会 道路橋示方書・同解析 V 耐震設計編 平成 8 年 12 月 2) 松浦, 狩野, 佐藤, 島田, 園田, 小林 RC ラーメン橋脚の保有水平耐力解析に対するファイバーモデルと準動的法の適用 第 3 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム p.237-242 平成 11 年 12 月