

V-546

ファイバーモデル要素を用いた非線形荷重逐次増分構造解析法による耐震設計の一考察

成和コンサルタント（株） 正会員 梅津芳樹
 成和コンサルタント（株） 多田 勝
 成和コンサルタント（株） 正会員 尾崎大輔

1. はじめに

平成8年12月に改訂された道路橋示方書・同解説V耐震設計編（以下、道示）では、2柱型（1層）ラーメン式鉄筋コンクリート橋脚の面内方向の耐震設計についての考え方と計算手法が、かなり明確に述べられており、ラーメン式橋脚の面内方向についても、地震時保有水平耐力法による耐震設計を行うこととなっている。しかし、道示では門型の2柱型ラーメン橋脚のみを対象としていることもあり、現在市販されているソフトウェアを含め、現存するような例えば3柱型ラーメン橋脚の耐震設計に対応したものになっていない。

このような背景の下で、ファイバーモデル要素を用いた非線形荷重逐次増分構造解析法（以下、F-モデル法）を利用して、多柱型ラーメン橋脚（例えば、3柱型ラーメン橋脚など）の面内方向耐震構造解析を実施する方法を考案し、設計を行った。これは、逐次荷重増分により軸力が変動し、 $M-\phi$ 特性のほかにも、 $N-M_0$ 相関曲線に沿って部材耐力が刻々と変化するようにラーメン構造の場合には、これを自動的に満足した計算が実行されるF-モデル法は有効であることによる。

本論文では、道示に示されている解析・設計の結果と比較を行うことで、F-モデル法を2柱型ラーメン橋脚に適用した場合の妥当性の検証を行う。なお、設計例としては、「道路橋の耐震設計に関する資料」（平成9年3月（社）日本道路協会）の中に示された例題を採用した。

2. 解析モデル

2柱型ラーメン橋脚を図1のように骨組みモデル化し、線型部材には、降伏剛性を与える。ただし、道示モデルでは、塑性ヒンジ長内にヒンジを設定し、降伏以降は塑性回転バネと仮定し、回転角より幾何学的に終局変位を算定する。F-モデル法では、塑性ヒンジ長部をファイバー要素にモデル化する。

道示モデルでの塑性ヒンジ部の要素は、図2に示す完全弾塑性型の $M-\phi$ 関係を満足するようにモデル化し、軸力の変動を考慮した $N-M_0$ の相関曲線に沿って終局耐力を算定する。一方、F-モデル法においては、鉄筋、およびコンクリート要素の応力～ひずみ曲線は、道示Vに基づいた。ただし、終局ひずみ以降のコンクリート応力は、一定な値を保つと仮定した場合（ケース1）と $\sigma_c=0(\text{kgf/cm}^2)$ となる場合（ケース2）の2ケースにおいて解析を行った。両者とも、橋脚コンクリートの終局ひずみは、道示Vに示されている帯鉄筋の横拘束効果を考慮して算出した（以上、図3）。

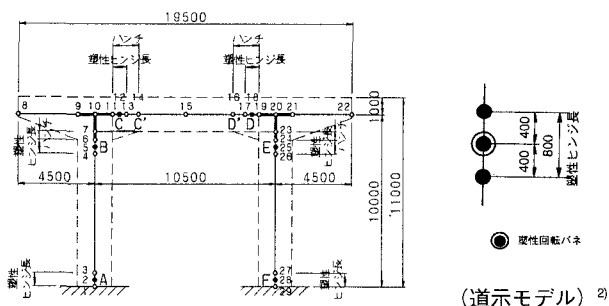
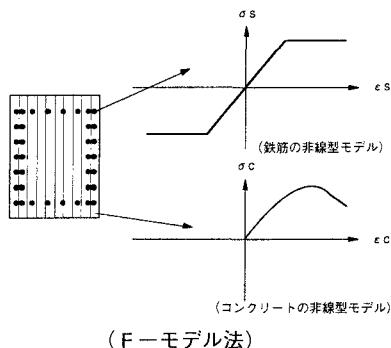


図1 解析モデル図²⁾

キーワード：ファイバーモデル法、耐震設計、保有水平耐力法、RCラーメン橋脚

連絡先：東京都新宿区西早稲田2-18-23スカイエスタビル内 tel.03-5285-4061 fax.03-5285-4059

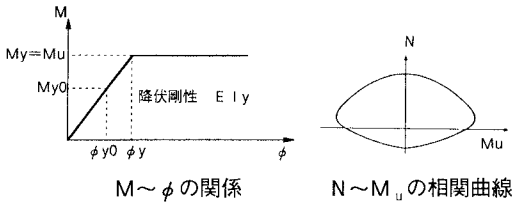


図2 塑性ヒンジ部の要素（道示モデル）¹⁾

3. 検討結果

得られた各P~δ曲線を図6に示す。ケース1では、道示の設計例（図5）と似た曲線を示すが、ケース2では、初終局点近傍でピーク値に達し、以降は変位の増加に伴って水平力Pが低下する。ケース2の水平耐力を道示の定義に従って決定した場合には、8%程度小さめの値が得られるものの、終局変位の値は例題における計算と概ね一致しており、また塑性ヒンジ部の発生位置および発生順序は完全に一致している。4番目に終局状態に達する（C点）時の水平力Pは、同様に25%小さい。

4. 考察

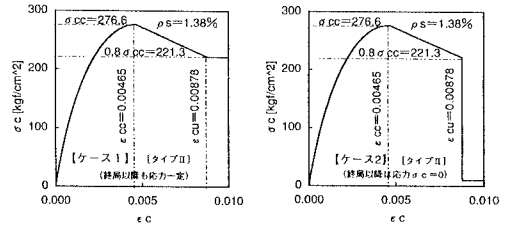
F-モデル法において設計耐力の低下、すなわち降伏点が早めに発生したのは、以下の理由による。降伏時：P_y = 888.21f、δ_y = 0.0333m
終局時：P_u = 888.21f、δ_u = 0.7537m
道示モデルでは、降伏点、つまり塑性ヒンジの発生をMyに達した時と定義しているが、F-モデル法では、引張側最外縁の鉄筋の降伏（道示でいう初降伏点My0に相当）に達したときを降伏点と判定しているからである。

道示では、コンクリートが終局に達した以降の構成則について明確に述べられていないが、F-モデル法を用いる場合には定義する必要がある。道示の主旨から判断すると、ケース2の構成則を採用する方がよいと考えられ、また、実挙動³⁾に近い結果を与えていると見られる。

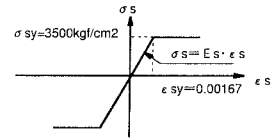
また、ラーメン橋脚全体構造系の降伏の判定については、構造的不安定となる4つめの塑性ヒンジが発生した時とするか、ピーク値を示した時とするか議論の対象となるが、ここでは、安全側の水平耐力を与える前者すなわち道示の考え方とした。塑性ヒンジ部の終局時の判定は、断面の終局時の定義をそのまま採用し、圧縮側最外縁鉄筋位置のコンクリートひずみが終局ひずみε_{cu}に達したときをもって終局状態に達したと判定した。F-モデル法では、降伏荷重以降の解析も実行しているため明解な方法で終局変位の算定が可能である。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編 H 8.12
- 2) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料 H 9.3
- 3) 寺山徹：地震時保有水平耐力法による鉄筋コンクリートラーメン橋脚の耐震性の照査 基礎工 1997.3



コンクリートの応力~ひずみ曲線（タイプII）



鉄筋の応力~ひずみ曲線

図3 塑性ヒンジ部の要素（F-モデル法）

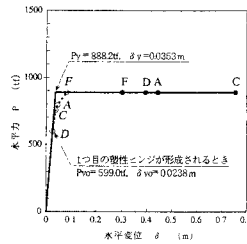


図5 P~δ曲線（道示モデル）²⁾

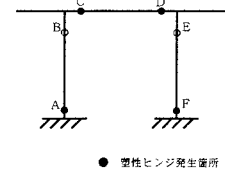


図4 塑性ヒンジの発生位置²⁾

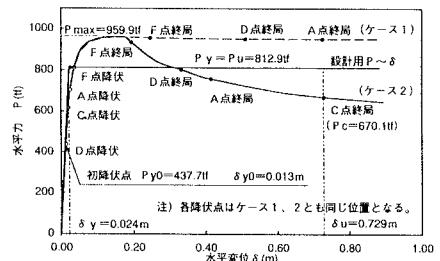


図6 P~δ曲線（F-モデル法）