

I-616

長大PC斜張橋RC主塔を対象とした3次元弾塑性動的解析

鹿島建設(株) 正員 和田 卓也 右近 八郎
同 正員 古市 耕輔 松本 喬

1. はじめに

長大PC斜張橋のRC主塔の地震時における安全性の検討を行う場合、その形状によって橋軸方向または橋軸直角方向の入力地震動に対しても二軸曲げが作用する場合があることに加えて、その軸力の変動が非常に大きなものとなることを十分に考慮しなければならない。そこで、材料の非線形性を考慮した解析を行うにあたっては、応力-ひずみレベルにおいて材料の非線形性を評価するファイバーモデルを用いた3次元解析を行う。筆者らは、既に2次元モデルによるシステムを開発し解析を行ってきたが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、これを3次元に拡張し、実験結果によりその妥当性を検証した。

2. 解析概要

2次元解析の解析法の詳細は既報⁽³⁾の通りであり、3次元解析もそれに準じているため、その概要のみを示す。

応答解析は、非線形問題で部材の剛性が逐次変化していくため、図1に示すフローに従って増分形の運動方程式を解くことにより行う。各時間刻みにおけるRC部材の非線形剛性の算定には、図2及び図3に示されるような履歴特性を用いる。これを図4のように材軸直交分割法により細分された各線素(Fiber)に適用して線素毎に剛性を求め、式(1)により断面剛性 $[k]$ とする。それをさらに部材長にわたって積分することにより部材剛性が算定される。

$$[k] = \begin{bmatrix} \sum E_f A_f z_f^2 & -\sum E_f A_f y_f z_f & \sum E_f A_f z_f & 0 \\ \sum E_f A_f y_f^2 & -\sum E_f A_f y_f & \sum E_f A_f y_f & 0 \\ \text{sym.} & & \sum E_f A_f & 0 \\ & & & \bar{G}J \end{bmatrix}$$

ここに、 A_f :線素(Fiber)の面積、 E_f :線素(Fiber)の弾性係数、 y_f :線素(Fiber)の y 座標、 z_f :線素(Fiber)の z 座標(原点は図心位置)
 $\bar{G}$:平均的なせん断弾性係数、 J :ねじり定数

3. 実験結果による検証

試験体は図5に示すとおりであり、これは実構造物において想定される断面の約1/20に相当する。検証に用いた実験ケースは一定軸力(80kgf/cm²)下で強軸方向に交番の純曲げを作用させたもの(CASE 1)、及び、同軸力下において45度方向に二軸曲げの交番一方向載荷(純曲げ)を行ったもの(CASE 2)の2ケースである。

解析は実験において曲げモーメント振幅が最大となるサイクルまで行い、各サイクルを100ステップとした。また、各解析ステップにおける応答計算による断面力と応力の積分による断面力との差の取扱い

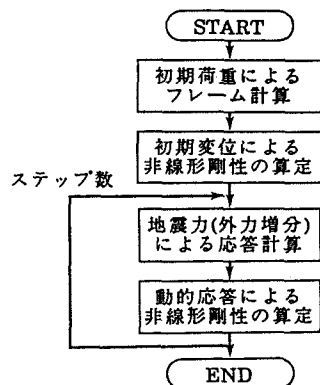


図1 解析フロー

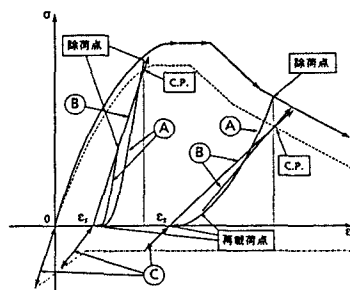


図2 コンクリート履歴特性

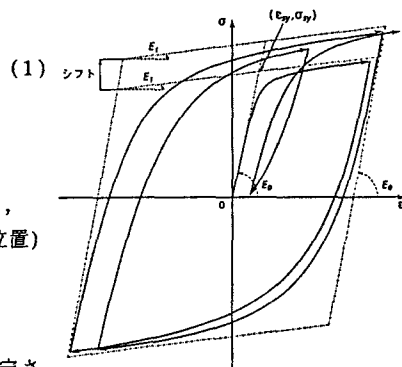


図3 鉄筋履歴特性

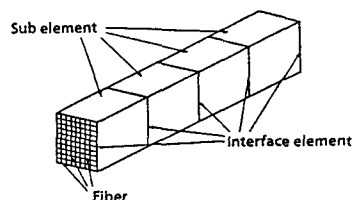


図4 部材分割

については、不釣合力として次ステップにおいて解除する方法と、各ステップ毎に収束計算を行って釣合うまでひずみ分布を修正していく方法の両者を用意しているが、ここでは収束計算を行っている。これは、実験結果との比較をより精度よく行うためであり、実用上は計算時間の短い不釣合力による方法でも十分な精度が得られることがわかっている。なお、収束計算にはニュートン法を用い収束回数の減少を図っている。

図6および図7に実験・解析それぞれの曲げモーメントと曲げひずみ(曲率)との関係($M-\phi$)を示す。どちらの場合も両者の間には十分な一致が見られており本解析システムの妥当性を検証することができた。

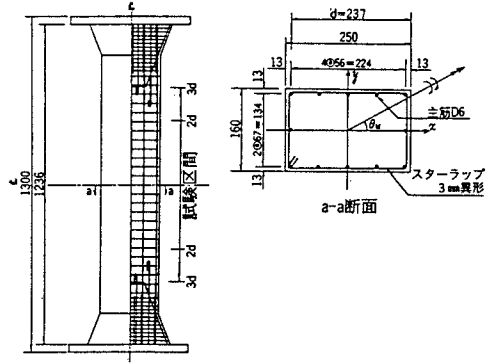


図5 試験体

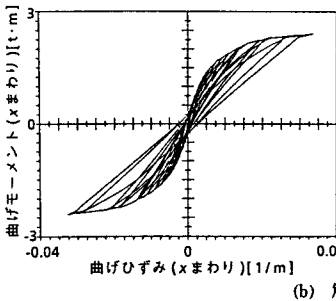
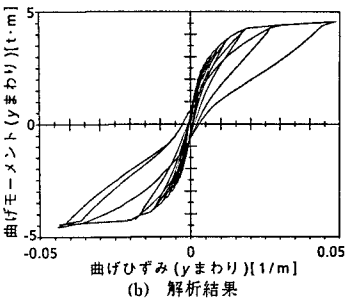
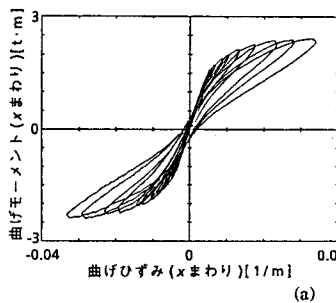
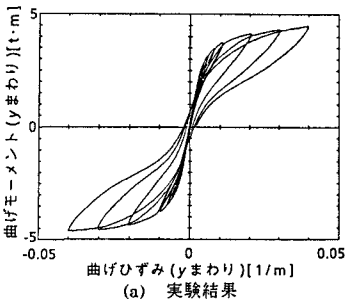


図6 曲げモーメントー曲げひずみ履歴(CASE 1)

図7 曲げモーメントー曲げひずみ履歴(CASE 2)

4. おわりに

既報³⁾及び本報の検討により本解析システムが二軸曲げと軸力変動とを同時に受けるような構造物の材料非線形解析に有効であることがわかった。ただし、テンションステイニングや部材接合部の鉄筋の抜け出し等、コンクリートのひびわれ後の挙動のモデル化、あるいは、ある部材がひずみ軟化の状態となった後の系としての安定問題等、残されている問題も多くあるため、今後も検討していきたい。

[参考文献]

- 1) Iemura, H. 他 ; Hybrid Experiments on Inelastic Flexural Earthquake Response of RC Members with Varying Axial Forces, 第7回 日本地震工学シンポジウム(1986) 報文集, pp.1207-1212.
- 2) Yamada, Y. 他 ; Stress-strain Based Modeling of Inelastic Moment-rotation Relations of RC Members with Varying Axial Forces, 第7回 日本地震工学シンポジウム(1986) 報文集, pp.1213-1218.
- 3) Ukon, H. 他 ; Stress-strain Based Inelastic Earthquake Response Analysis of RC Frame Structures with Varying Axial Forces, 第7回 日本地震工学シンポジウム(1986) 報文集, pp.1471-1476.