

エネルギー収支に着目したラーメン橋脚の塑性ヒンジモデルの検討

北見工業大学 学生員 内田 忍 八千代エンジニアリング(株) 正会員 小倉 裕介
 (株)開発工営社 正会員 青地 知也 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正会員 三上 修一

1. はじめに

大地震時の弾塑性挙動において鉄筋コンクリート橋脚には、塑性ヒンジの発生挙動などの複雑な動的非線形応答特性を有している。従って、この鉄筋コンクリート橋脚を多質点系にモデル化し、動的解析を実施するためには解の信頼性・安定性等に充分配慮し、実際の応答に近づける工夫が必要となる。その方法の一つに塑性ヒンジを考慮して評価するモデルとしてM-モデル(塑性ヒンジモデル)があげられる。

本研究ではM-モデルを用いたラーメン橋の動的解析を行い、著者らがこれまで実施してきたM-モデルによる動的非線形解析のエネルギー収支を比較し、M-モデルの妥当性について検討を行った。

2. 解析モデル

本論文で対象としたRC橋脚は山形自動車道笹谷I.C~一般有料道笹谷T.N間にある阿古耶橋で、1990年に完成したものである。このラーメン橋モデルでは、P-5橋脚および、P-6橋脚を対象とし、離散質点系はり要素にモデル化した。橋脚は矩形断面(1100×200cm)の壁式橋脚である。上部工を20分割、橋脚部をそれぞれ16分割している。図-1に両モデルの形状を示す。図-1の各断面に対する履歴復元力モデルを図-2に示す。この図の

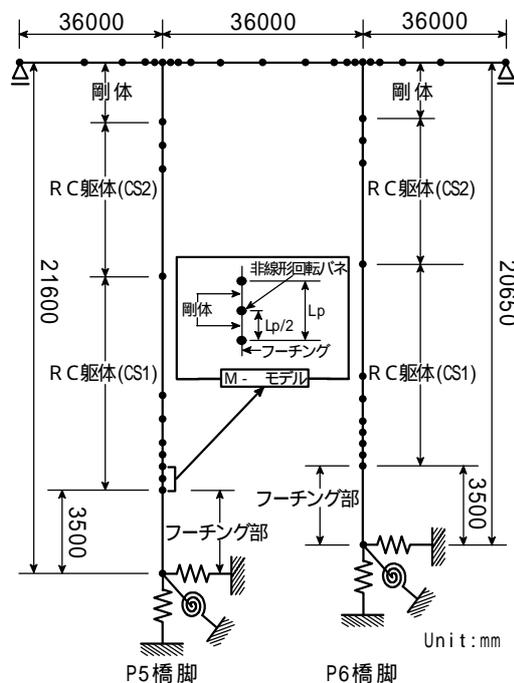


図-1 M-、M-の解析モデル

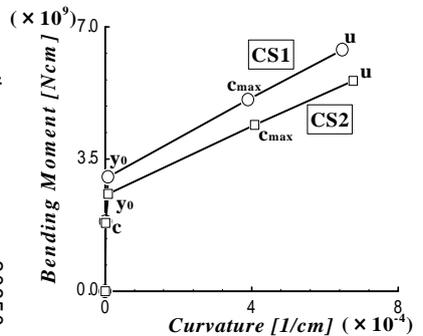


図-2 はり要素の復元力モデルの骨格曲線

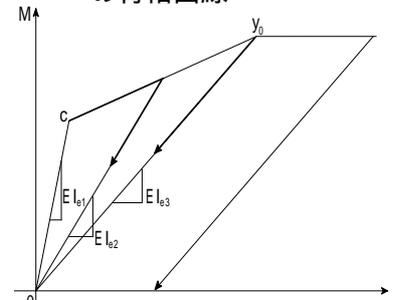


図-3 曲げ剛性変化

4点はそれぞれ断面の弾性限界:c、引張側鉄筋の降伏:y₀、圧縮側コンクリートの最大圧縮応力に達した点:C_{max}、圧縮側コンクリートの終局ひずみに達する点:uである。本解析で用いた履歴特性の経路は鉄筋降伏(y₀点)前は原点指向で、それ以上の曲率を経験したときは原点とy₀点を結ぶ直線の傾きで履歴をたどるものとした。図-1のM-モデルとM-モデルでの違いは、M-モデルの場合、P-5橋脚にフーチング上部から塑性ヒンジ長の半分L_p/2の節点に非線形回転バネを取り付けた。また、この節点の上下の要素は剛結要素としている。この非線形バネは塑性ヒンジ長での断面の履歴復元力より、曲率に塑性ヒンジ長を乗じた値を部材角として回転バネ係数をもとめた。

3. エネルギー計算

エネルギー応答に関する式として、次式のエネルギーのつり合い式を用いた。

Key Words : エネルギー収支、動的解析、塑性ヒンジ

連絡先 : 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 Tel(0157)26-9476 Fax(0157)23-9408

$$W_K + W_D + W_t = E \quad \dots (1)$$

ここで、各項は左辺から運動エネルギー W_k 、減衰エネルギー W_D 、全内部ひずみエネルギー W_t 、右辺は外力によるエネルギー E (全エネルギー) をそれぞれ表す。その中で全内部ひずみエネルギー W_t は、弾性ひずみエネルギー成分 W_e と塑性ひずみエネルギー成分 W_p の和である。本解析では弾性ひずみエネルギーを次のように定義した。時々刻々の復元力 $\{f_t\}$ は剛性マトリックス $[K_t]$ と増分形の変位ベクトル $\{u\}$ で表せる。ここで、時刻 t における復元力 $\{f_t\}$ と図 - 3 より弾性限界 (c 点) までは原点と c 点を結ぶ直線の傾き EI_{e1} をそれ以降 y_0 点までは時々刻々変化する応答値と原点を結ぶ直線の傾き EI_{e2} を y_0 点以降は y_0 点と原点を結ぶ直線の傾き EI_{e3} を用いて剛性マトリックス $[K_e]$ を作成し、変位ベクトル $\{u_e\}$ を求める。

$$\{f_t\} = \int [K_t] \{u\} dt \quad \dots (2)$$

$$\{u_e\} = [K_e]^{-1} \{f_t\} \quad \dots (3)$$

$$W_e = \frac{\{u_e\}^T [K_e] \{u_e\}}{2} \quad \dots (4)$$

式 (4) を弾性ひずみエネルギー W_e と定義し、全ひずみエネルギー W_t から引くことで塑性ひずみエネルギー W_p をもとめた。

4. 解析結果

図 - 1 に示される両モデルについて運動方程式を組み Wilson' 法 ($\gamma = 1.4$) で逐次積分することにより応答計算を行う。入力波形は水平方向に振幅 400[gal]、加振周期 0.5[sec]の正弦波と種地盤標準加速度波形(兵庫県南部地震、日向灘沖地震)で動的応答解析を行った。また、固有値解析も行い両モデルの固有振動数について比較した。その結果はほぼ一致している。図 - 4 および図 - 5 のエネルギー収支の時刻歴について両モデルを比較すると、エネルギーの応答値及び波形はほぼ一致していることがわかる。 W_p/E 時刻歴の結果でも同じ結果が得られた。これより、構造物に蓄えられるエネルギー及び損傷を示す W_p/E 時刻歴が一致したことから M - モデルが M - モデルと同等であることがわかった。

5. まとめ

実際の複合ラーメン橋を、M - モデルと M - モデルとで弾塑性応答解析を行い、エネルギー収支の面から M - モデルの妥当性について検討を行った。その結果 M - モデルによる動的解析でも M - モデルと同等の結果が得られた。また、地震波には上下動の振動が含まれていることから、上下動の入力波形を入れ、塑性ヒンジにおける軸力に対する影響や、動的載荷実験と M - モデルとの比較を行い、M - モデルの妥当性について検討していく必要がある。

参考文献

1. 小倉裕介、大島俊之、三上修一、山崎智之、太田雅仁：RC橋脚の地震時弾塑性応答におけるエネルギー収支の解析、構造工学論文集 vol.45A、pp985-993、1999.3.

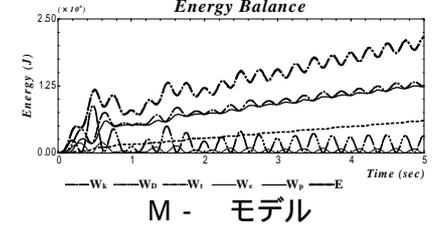
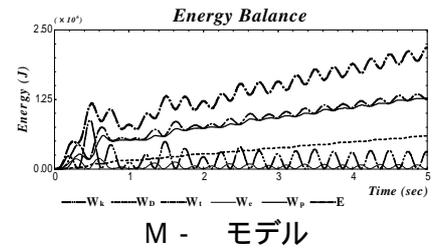


図 - 4 エネルギー収支
正弦波 400gal

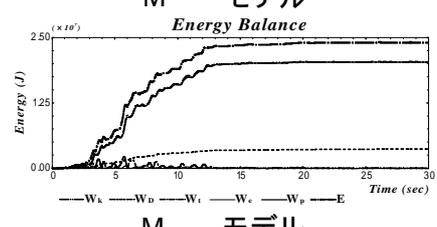
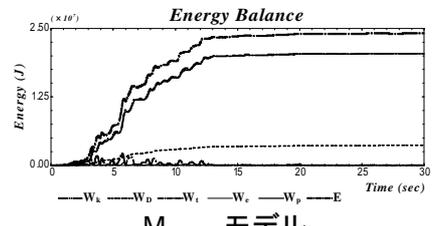


図 - 5 エネルギー収支
兵庫県南部地震(N-S)

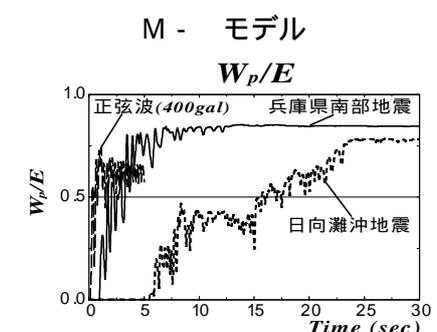
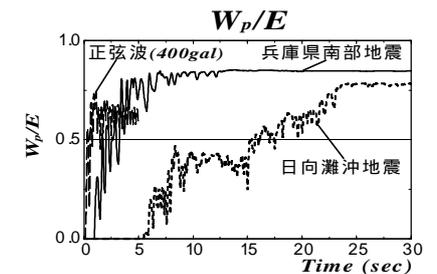


図 - 6 W_p/E 時刻歴