

## つり橋タワーピア系の地震応答における基礎の 非弾性効果について

京都大学工学部 正員 工博 山田善一  
京都大学大学院 学生員 ○後藤洋三

### 1. まえがき

耐震設計における弾塑性振動解析のひとつとして、地盤支持力の弾塑性の性質が構造物に与える影響を適確に把握する問題がある。長大つり橋のタワーピア系を対象とし、これに地盤の弾塑性が与える影響について解析した結果を報告する。

### 2. 解析方法

従来、1質点系の弾塑性振動については、理論的解析と計算機による定量的解析が行なわれ、それぞれに成果を上げてきているが、多質点系の場合、特にタワー部とピア部という力学的性質が異なる構造部分からなる構造物における解析はまだ充分ではない。これは非線形振動となるため modal analysis の手法が使えないこと、過渡振動としての評価がより必要なことなどによる。

この研究は図-1に示すように、タワーとピアを自由度10の振動系に置き換えピア支持部の回転バネに図-2に示すように Bi-linear な地盤係数によってヒステリシスをかく特性を持たせた。この系の運動方程式は次式で示される。

$$\begin{bmatrix} M \end{bmatrix} \ddot{y} + \begin{bmatrix} C \end{bmatrix} \dot{y} + \begin{bmatrix} S \end{bmatrix} y = \begin{bmatrix} M \end{bmatrix} \ddot{z}$$

ただし  $\begin{bmatrix} M \end{bmatrix}$ : mass matrix  
 $\begin{bmatrix} S \end{bmatrix}$ : stiffness matrix (y の関数)  
 $\begin{bmatrix} C \end{bmatrix}$ : damping matrix

地震外力として実在の強振記録 (El Centro 南北成分) を使用し、New Mark's  $\beta$ -method (linear acc. method) による逐次計算によって上記の方程式を数値積分しレスポンスを求めた。ここで粘性減衰  $[C]$  の取り方が問題となるが、現在の段階では各質点の質量に比例させる従来の方法を便宜的に使用した。対象としたタワーの dimensions は先に発表した講演<sup>※</sup>と同一である。数値計算に使用した計算機は京大計算センターの KDC II (HITAC-5020) である。

### 3. 計算結果と考察

図-3は地震開始後10秒間に生じた最大及び最小変位を  $\mu$  (ductility factor) をパラメーターとしてプロットしたものである。図-4は線形振動の場合のモードをモード解析により求めたものを示す。図-5はピアのロッキング回転角の最大値と  $\mu$  の関係をプロットしたものである。以上の結果から明らかにされることは図-3において、 $1.0 < \mu < 2.0$  の間では2,3次モードの影響が支配的であり、 $\mu$  の増加による最大変位の減少は断面によって様でないが、最大1/2程度まで期待出来る。  $2.0 < \mu < 3.5$  の間では大きな変化はなく  $3.5 < \mu$  になると、急激に1次モードが支配的になってくるため最大レスポンスの形が変換し、断面によって変位が大きく増大して行くことがわかる。 $\mu$  によりレスポンスの形

が変るのは、固有振動数とモードが $\mu$ により変化するためであるが、これはタワー・ピアー系のような構造物の耐震解析において注意を要する問題であろう。レスポンスの形が左右対称でないが、これは残留歪によるものと、過渡振動であるためと考えられる。図-5からは $\mu$ によるロックインの減少は $\mu < 2 \sim 3$ に限られ、 $\mu > 3$ では効果がないことが示される。

さて以上の解析において、タワーとピアーという、減衰機構の違いをどのように計算に取り入れるか、又高次のモードに対する粘性減衰定数をどのように取り入れるか、という問題が残し、一方 $\mu$ の変化により、共振振動数とモードがどのように変化していくかを、さらに解明していく必要がある。従って今後その方面の解析を進めていきたい。

\* 山田、井汲、小寺「フリ橋のピアーとタワーの連成振動と耐震設計への適用について」

土木学会関西支部40年度年次学術講演会 講演概要

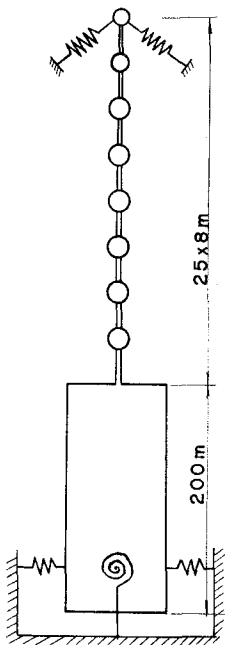
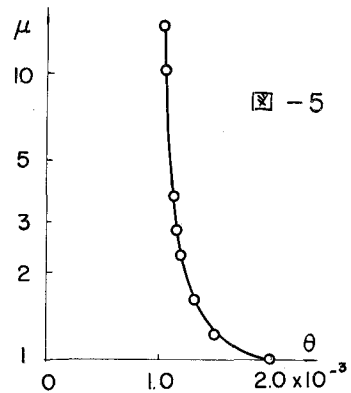
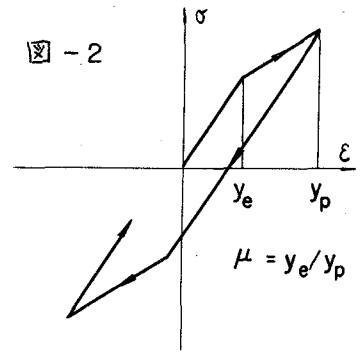


図-1

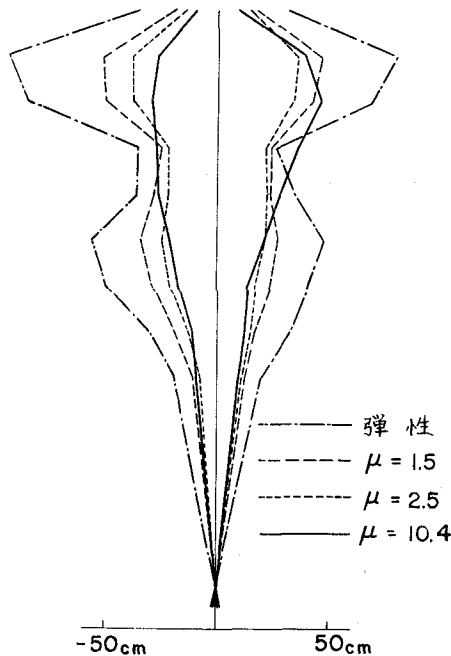


図-3

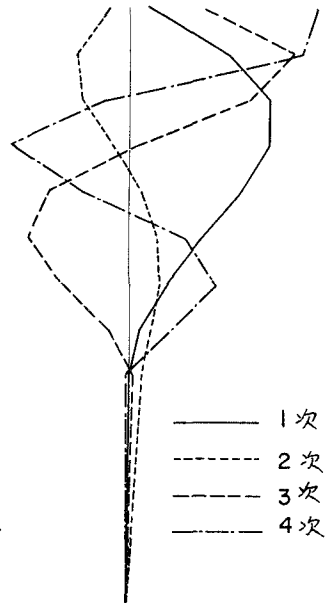


図-4