

地震荷重をうけるRCラーメン構造物の崩壊過程に関する研究

東北大学 学 ○武山 泰
 東北大学 正 尾坂 秀夫
 東北大学 正 鈴木 基行

1. はじめに

近年、RCラーメン構造物は、新幹線をはじめ都市土木構造物として多く取り入れられている。ところで、RC構造物の地震荷重を考慮に入れた安全性の検証は、震度法や修正震度法に基づいた許容応力法により行なわれており、部材の変形性能の検証は行なわれていないのが現状である。また従来の設計法では、部材や構造物の振動特性、地盤の振動特性、また地盤と構造物の動的相互作用についての配慮も十分にはなされておらず、部材耐力ばかりでなく、変形性能についても検証できるような合理的耐震設計法の確立が急がれている。

このためには、構造物が地震荷重をうけるときの挙動を適切に表現できるモデルを用いて動的応答解析を行なうことが有効な手段となる。このような観点から、本研究では部材の実験による荷重と変位の関係をも直接利用することのできる部材モデルを用いて、東北新幹線RCラーメン高架橋を解析対象として、その地震荷重をうける際の挙動を解析するものである。

2. 材端バネモデル

本研究においては図1に示す材端バネモデルを部材モデルとして用いている。このモデルでは、各部材は材端に弾塑性曲げバネを持った弾性梁によって表現され、材端の2つの弾塑性曲げバネが部材における弾塑性曲げ変形を表現する。従って、弾塑性曲げ変形は2つの端部に集約される。このモデルの利点としては、材端の弾塑性バネの履歴復元力特性として実験結果を直接利用することが可能なことが挙げられる。この部材の材端変位の微小増分ベクトルと材端応力の微小増分の間には(1)式の比例関係が成り立つ。各材端バネのモーメント-回転角関係は、実験値を参考として決定することとした。理論値への修正などは本講義概要「繰返し荷重をうけるRC部材の荷重変位曲線のモデル化に関する研究」を参照されたい。

3. 解析対象構造物のモデル化

解析の対象とした構造物は、東北新幹線RCラーメン高架橋である。本来は2層4径間の立体ラーメンであるが、宮城県沖地震の際の同種の高架橋の被害が線路直角方向の中層梁に集中していたことから、ここでは線路直角方向の振動を考えるものとして中央の柱を隣接する柱との中間で切り出したものを平面ラーメンとしてモデル化を行なった(図2)。視材の断面諸元を図3に、各部材のモーメント-回転角関係を図4に示す。フーチングはEI (E=2.1E6 t/m²) を一定とした。上層梁については図3の矩形部分について算定したもののモーメントの値を2倍とし、正方向・負方向のモーメント-回転角関係は等しいものとした。

骨組のモデル化、また解析においては次の仮定を行なう。①各構造部材は、部材の軸線に沿って線材化し、節点から梁面または柱面までを剛域とした。②骨組は平面ラーメンとし、各節点の変位も平面内を仮定するものと

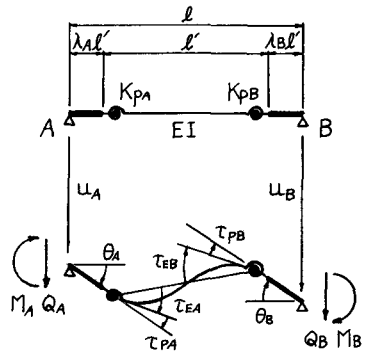


図1 材端バネモデル

$$\{ \Delta M_A, \Delta M_B, \Delta M_C, \Delta M_D \}^T = [K] \{ \Delta Q_A, \Delta Q_B, \Delta Q_C, \Delta Q_D \}^T \quad (1)$$

$$[K] = [L]^T [B]^T [F]^{-1} [B] [L]$$

$$[F] = \frac{l}{6EI} \begin{bmatrix} 2+f_A+r & -1+r \\ -1+r & 2+f_B+r \end{bmatrix}$$

$$[B] = \begin{bmatrix} 1+\lambda_A & \lambda_B \\ \lambda_A & 1+\lambda_B \end{bmatrix}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & l/2 & -l/2 \\ 0 & 1 & l/2 & -l/2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} f_A \\ f_B \end{cases} = \frac{6EI}{l^2} \begin{cases} 1/K_{pA} \\ 1/K_{pB} \end{cases} \quad r = \frac{6EI}{l^2}$$

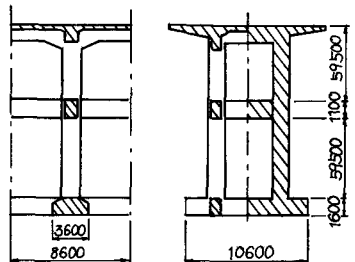


図2 解析対象構造物

して、ねじれ振動は考慮しない。③部材は軸方向には変形しないものとする。したがって各層の水平変位の自由度は1となる。④スロエイ・ロッキング振動を考慮して、水平と回転の地盤バネを導入する。⑤回転慣性モーメントは地盤の回転バネに対してのみ考慮して、骨組の各節点においては無視する。⑥部材は初期の形態を保持した小さな変形の範囲と考え、鉛直方向変位は無いものとする。⑦鉛直方向荷重(自重)による応力・変形は考慮しない。⑧各層の質量は、上層梁、中層梁、フーチング(または地中梁)の軸線位置に集中するものとし、柱の質量は、層高の半分までをそれぞれ1層に加えることとする。⑨各増台内での挙動は線形であるものとする。

地盤バネ(弾性)を考慮した解析モデルを図5に示す。

4. 一方向荷重による静的解析(地盤バネは無視)

地震荷重を考慮に入れて、各層の質量に比例した外力モードで静的に一方向荷重が加わった場合の荷重-変位関係を図6に示す。各材端バネのモーメント-回転角関係は、線形し荷重に対して用いるスเกลトンカーブに従うものとし最大モーメント以降は、スเกลトンカーブの3番目の値を1/100の偏きで取り替えた。材端バネの剛性が変化する順序を見てみると、ひびわれ荷重、降伏荷重、最大荷重ともに中層梁、柱下端、柱上端の順に達して、柱上端が最大荷重に達した時点で崩壊に至っている。この他には上層梁と下層柱の上端がひびわれ荷重に達している。この場合、中層梁がひびわれ・降伏・最大荷重に達すると引き続きそれほど荷重が増加しないうちに柱下端、柱上端も同様にひびわれ・降伏・最大荷重に達している。

5. 地震荷重による動的解析

地震荷重が作用した場合のモデルの動的解析を数値積分により行った。数値積分はNewmarkのβ法(β=1/4)を用いた。地震波の加速度記録は $\Delta t = 1/100$ (sec)であったが、直線補間により $\Delta t = 1/500$ (sec)として計算した。

入力地震波としては宮城県沖地震の際に仙台市内の国鉄管理局地下1階で得られたEW成分を用いた。最大加速度を150galから500galまで変化させて入力した。この際の中層梁の材端の応答最大回転角を図7に示す。縦軸は降伏回転角を単位としているので降伏以降は塑性率を表わすこととなる。中層梁が降伏に至るのは350galのときであり、400galでは柱下端、さらに450galでは柱上端も降伏に至り、下層の柱上端にもひびわれが発生している。これらの際の名材端バネがひびわれ、降伏荷重に達する時刻を見てみると、静的載荷の場合と同様に、中層梁、柱下端、柱上端の順になっていた。

