

1. まえがき

RCラーメン高架橋は、新幹線はじめ都市内鉄道の高架構造物として頻繁に用いられている。これら高架橋の部材は、通常上層ばり及びスラブのように断面が使用状態で決定されるものと、柱・地中ばりなどのように、地震時作用荷重との組合せにより断面が決定されているものとに大別できる。後者のような部材においては、地震に対して、各部材がある一定値以上の同程度の破壊に対する安全度を有しているのが合理的であり、昭和45年以降、国鉄では、部材の設計曲げモーメントに対する破壊モーメントの比を破壊安全度と定義し、はりで1.3以上、柱で1.7以上確保するようにしている。

本研究は、部材の地震時耐力算定に関して、終局ひずみ状態における各部材断面の曲げモーメント・軸力曲線を作成し、設計断面力に対する部材の安全度を求めることにより、構造物の地震時耐力を系統だてて評価するものであり、一連の既存コンクリート構造物を対象に、荷重係数を検討するために行った解析の一部分のうち、解析の終了したラーメン高架橋について報告するものである。

2. 解析方法

系統だてた解析手順を図-1に示す。与えられた断面諸元を用いて、部材の破壊抵抗曲げモーメントを算出する場合、例えば、柱部材のように軸力の作用する部材では、軸力が変化することに従い、破壊抵抗曲げモーメントも変化し、従って両者の関係は、一つの相関曲線によって表わされる。この曲線は、部材断面におけるあるひずみ分布を仮定することにより、比較的容易に算出することができる。

計算の過程において仮定したひずみ分布は直線分布であり、コンクリートの引張強度は無視されている。また、コンクリートの応力度・ひずみ曲線は、降伏ひずみを0.002、終局ひずみを0.0035、降伏応力度を0.85 σ_{ck} とする2次放物線と仮定し、鉄筋の応力度・ひずみ曲線は、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、降伏応力度を3500 kg/cm^2 (SD35の場合)とする完全弾塑性体と仮定した。求められた破壊抵抗曲げモーメント・軸力曲線の一例を図-2に示す。

図-2において、この部材の設計断面力は (N_0, M_0) で示され、地震時作用荷重が増大することに従って相関曲線に向かって直線的に近づくことがわかる。すなわち、設計断面力の組合せは(死荷重)+(活荷重)+(地震時荷重)であり、次式のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} N_0 &= (N_D + N_L) + (N_{DE} + N_{LE}) \\ M_0 &= (M_D + M_L) + (M_{DE} + M_{LE}) \end{aligned} \right\} \text{--- (1)}$$

また、終局荷重作用時においては、地震の影響による地震時作用荷重のみが漸次増大し、 γ 倍されて終局ひずみ状態になったとすれば、

$$\left. \begin{aligned} N_u &= (N_D + N_L) + \gamma \cdot (N_{DE} + N_{LE}) \\ M_u &= (M_D + M_L) + \gamma \cdot (M_{DE} + M_{LE}) \end{aligned} \right\} \text{--- (2)}$$

と表わされる。従って

$$\frac{M_u - N_0}{N_u - N_0} \cdot \frac{(\gamma - 1) \cdot (M_{DE} + M_{LE})}{(\gamma - 1) \cdot (N_{DE} + N_{LE})} = \frac{M_{DE} + M_{LE}}{N_{DE} + N_{LE}} = \text{一定}$$

となる。ここに、サフィックス D, L, DE, LE は、それぞれ死荷重、活荷重、死荷重地震、活荷重地震時を表わす。

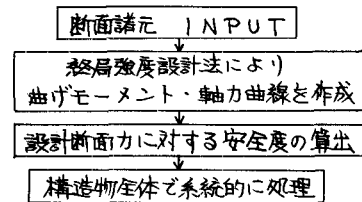


図-1 計算のフロー

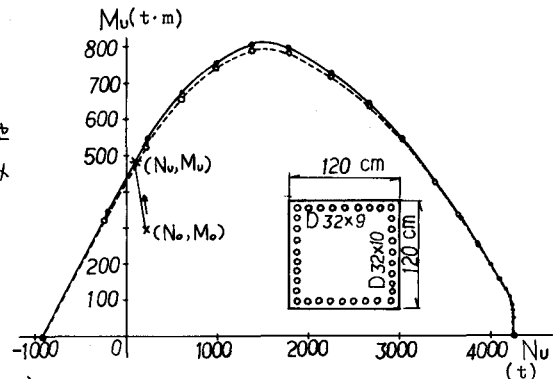


図-2. 終局ひずみ状態のM-N図

従て、部材の断面を決定する設計荷重作用時の荷重の組合せと、それらの大きさがわかれば、この直線の勾配がわかり、終局びずみ状態の (N_u , M_u) が計算でき、式(2)の係数 γ が求められる。

なお、荷重に乗じる係数は、本来、各荷重のバラつきなどから確率論的に定めるべき数値であるが、現在、各荷重のバラつきについては広く調査中であり、本解析では(死荷重+活荷重)に乗じる係数を1.0として、地震荷重に乗じる係数のみを検討した。

3. 解析結果と考察

ある既存高架橋(東北新幹線)の各部材断面において係数 γ を算出し、整理すれば図-3に示すようになる。係数 γ は、活荷重の載荷状態、地震荷重の作用方向によって、同一部材断面でも異なるが、図中には最も小さい値を示した。

東北新幹線用に標準設計を行ったRCラーメン高架橋のうち、今回

解析の対象とした33種類の高架橋について統計処理を行ったところ、柱部材の係数 γ の平均値は、線路方向で2.88、線路直角方向で2.54であった。しかし最頻値は線路方向、線路直角方向のいずれも階級2.00~2.25に属した。また、線路直角方向中層ばりの係数 γ が他の部材と比較して一般に小さくなっているが、宮城県沖地震(53年6月12日)でRCラーメン高架橋の被害が、ほとんど中層ばりだけに集中したのもこの結果から理解できる。さらに、一層ラーメンと二層ラーメンの係数 γ を比較したところ、後者の方が大きい傾向にある。これは、二層ラーメンの柱部材の断面諸元が柱下端で決定され、そのまま断面変化させずに配筋されているためである。

図-4は、柱部材についての係数 γ の度数百分率を表わしたものである。これによれば、線路直角方向の係数 γ は、線路方向の値に比べて若干小さい。

また、東海道新幹線のRCラーメン高架橋についても同様の解析を行い、図-5に示すような結果を得た。

4. あとがき

構造物としての耐力は、このような検討の他に構造系としての検討が必要であり、これについては別途検討をすすめている。なお、RCラーメン高架橋の他に、橋脚・ラーメン橋台等の種々のコンクリート構造物全般について、現在解析をすすめているところであり、これらの結果も、まとまり次第報告する予定である。

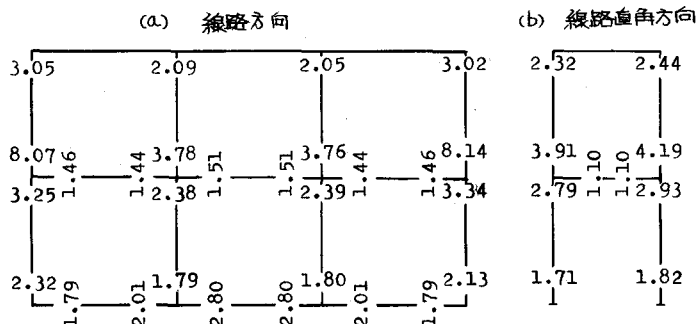


図-3 RCラーメン高架橋の解析例(東北新幹線)

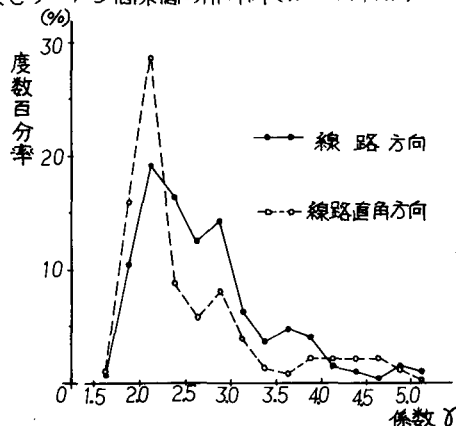


図-4 柱部材の度数分布

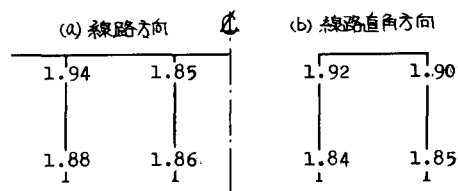


図-5 RCラーメン高架橋の解析例(東海道新幹線)