

V-258

降伏過程を考慮した RC2 層ラーメン高架橋の耐震設計法の提案

東北大学 正会員 秋山 充良 東北大学 フェロー 鈴木 基行
 東北大学 学生員 丸中 孝通 長崎県庁 正会員 田中 慎介

1. はじめに

本研究では、様々な降伏過程を持つ RC2 層ラーメン高架橋に対して動的解析を実施し、降伏過程が高架橋の天端変位に与える影響を検討した。次に、RC2 層ラーメン高架橋を静的非線形解析から得られる水平力—天端位置変位の関係に着目する 1 質点系モデルとみなし、エネルギー一定則によって近似される非線形最大応答変位の精度を検証した。そして、降伏過程を考慮した RC2 層ラーメン高架橋の耐震設計法を提案した。

2. 部材の降伏過程が高架橋の地震時応答に与える影響の検討

解析対象としたのは、高さ 10m から 14m の RC2 層ラーメン高架橋である。動的解析にあたり、部材モデルは Giberson モデルを用い、部材の曲げモーメント—回転角関係は、テトラリニア型の骨格曲線を持つ耐力低下型モデルとした。復元力特性は武田モデルを基本とした。そして、各節点での回転慣性を無視することで水平層の変位数にマトリクスを縮小した上で動的解析を行い、部材の降伏過程が RC2 層ラーメン高架橋の地震時応答に与える影響を検討した。解析結果を図-1 に示す。図-1 は、柱の軸方向鉄筋比 2.44%，中層はりの軸方向鉄筋比 1.60% を基準に、それぞれの鉄筋比を増減させている。

図-1 より軸方向鉄筋量を増加させることによる高架橋の応答変位の低減への寄与を比較すると、中層はり

よりも小さい。また、後述するようにラーメン高架橋を天端位置の変位を用いて耐震設計する場合には、柱部材の降伏が先行する高架橋では中層はりに多くの軸方向鉄筋量が必要となり、中層はりのせん断破壊を防ぐために、せん断補強鉄筋量を密に配筋する必要がある。よって、2 層ラーメン高架橋の天端位置の変位を低減させるためには、中層はりの降伏が先行する範囲で、各部材の耐力を高めることが望ましいと言える。

また、全ての解析結果から、中層はり と 柱の曲げ耐力の比 η が $\eta < 0.9$ の時、中層はりの降伏が先行した。従って、本研究で解析対象とした規模の RC2 層ラーメン高架橋を耐震設計する場合には、 $\eta < 0.9$ となるように各部材を設計し、想定する地震力に対して所定の安全性を満足させる必要がある。

3. エネルギー一定則に基づく弾塑性応答変位の推定

(1) 静的非線形解析

前記した高架橋モデルに対して、静的非線形解析を行った。動的解析に先立ち、固有値解析を行ったところ 1 次モードが他の振動モードに比べて卓越していることが確認された。そこで、静的非線形解析で与える変形モードベクトルは、1 次固有振動モードに比例させた水平変位を 1 層目と 2 層目に漸増させた。

解析結果の一例を図-2 に示した。ここに、水平力 P は 1 層目と 2 層目の水平力の合計を表し、水平変位は高架橋天端位置の変位を表している。解析を行った全ての高架橋モデルで 6 個の曲げばねが降伏点に到達すると高架橋全体の $P-\delta$ 関係は第 2 勾配に入り、同じく 6 個の曲げばねが終局点に到達したときに、 $P-$

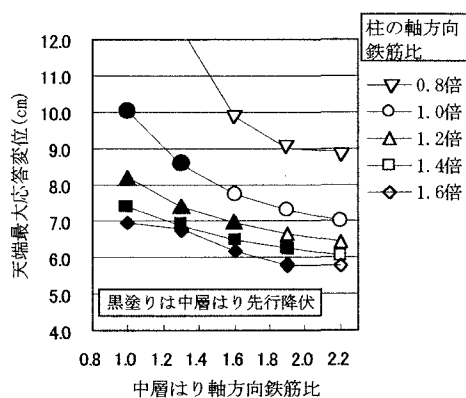


図-1 部材降伏過程と天端最大応答変位の関係

Key Words: RC2 層ラーメン, 降伏過程, 静的非線形解析, エネルギー一定則, 耐震設計

連絡先: 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 Tel : 022 (217) 7447 Fax : 022(217)7448

δ 関係は下り勾配に入った。よって、本研究では、2層ラーメン高架橋としての降伏点を6個の曲げばねが降伏点に達した時、終局点を6個の曲げばねが終局点に達した時とした。

(2) エネルギー一定則による弾塑性応答変位の推定

静的非線形解析より得られたバイリニア型の $P-\delta$ 関係に対して、エネルギー一定則を適用し弾塑性応答変位 δ_a を推定した。そして、動的解析から得られる最大応答変位 δ_{dy} との比較を行った。動的解析には、道路橋示方書¹⁾で規定されるタイプII地震動を用いた。I種地盤を想定した時の結果を図-3に示し、結果の一覧を表-1に示した。これより、比較的よい精度で地震時の非線形系の応答変位を推定できていると言える。ただし、高架橋の固有周期が短周期側となるにつれて危険側の評価となる傾向があり、特に想定する地盤種別がI種地盤からIII種地盤となるにつれて、危険側の評価となる周期領域が大きくなった。

4. 静的非線形解析に基づく2層ラーメン高架橋の耐震設計法

動的解析より得られる応答変位をエネルギー一定則に基づく静的非線形解析を用いた弾塑性応答変位が過小評価する場合にも、高架橋の安全性を確保できる許容変位について検討する。許容変位は、道路橋示方書に規定される式(1)から算出される変位を用いる。

$$\delta_a = \delta_y + \frac{\delta_u - \delta_y}{\alpha} \quad (1)$$

ここに、 δ_a : 高架橋の許容変位(cm)、 δ_y : 高架橋の降伏変位(cm)、 δ_u : 高架橋の終局変位(cm)、 α : 安全係数(=タイプII地震動に対して1.5)

様々な断面諸元を持つ高架橋について検討した結果、この許容変位と推定変位を比較し、安全と判断された高架橋は、エネルギー一定則により推定した弾塑性応答変位が動的解析結果を過小評価していても、高架橋の終局変位に対して十分な余裕を確保できていた。

以上より、エネルギー一定則を取り入れた静的非線形解析に基づく耐震設計法を提案する。まず設計段階で望ましいと考える高架橋の降伏過程を検討し、中層はりりと柱の曲げ耐力の比 η を決定する。そして、静的非線形解析より算出される弾塑性応答変位が、式(1)の許容変位を満足することで設計を終了する。

5. 結論

本研究により得られた結論は、次の通りである。(1)高架橋の降伏過程の相違が、天端応答変位に与える影響を明らかにした。(2)エネルギー一定則に基づく静的非線形解析による弾塑性応答変位と動的解析より得られる最大応答変位を比較した結果、精度よく2層ラーメン高架橋の地震時応答変位を推定できることを確認した。(3)静的解析に基づく、降伏過程を考慮したRC2層ラーメン高架橋の耐震設計法を提案した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，1996.12

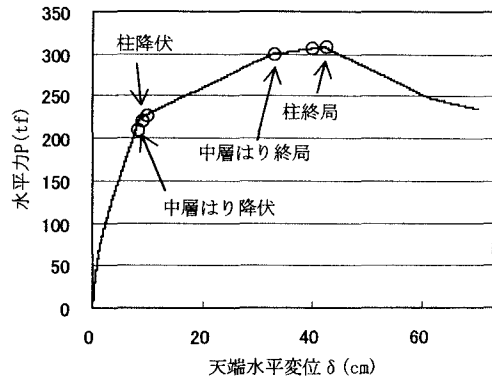


図-2 高架橋全体の水平力-水平変位関係

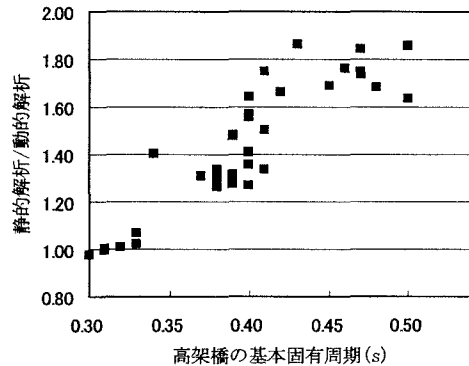


図-3 静的解析と動的解析の比較(I種地盤)

表-1 地盤種別毎の解析結果一覧

地盤種別	I種	II種	III種
平均 ($\delta_{st} / \delta_{dy}$)	1.43	1.04	0.93
変動係数(%)	18.5	13.4	10.2