

I-16 強震時道路橋脚の最大応答変位の簡易算定法に関する一研究

徳島大学大学院 学生員 ○野中 美佐 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
徳島大学工学部 正 員 成行 義文 徳島大学大学院 学生員 尾崎 将也

1.はじめに 本研究では、道路橋の耐震設計における予備的設計段階に用いることを目的として、強震時道路橋の最大応答変位を Push-Over 解析より比較的精度よく算定するための一簡易算定法¹⁾に着目し、RC 門型ラーメン橋脚に対する解析結果をもとに、その精度等について若干の比較検討を行った。

2.解析手順 解析の対象としたラーメン橋脚を例にとり、本簡易算定法の解析手順を示すと次のようである。

①RC 門型ラーメン橋脚を、図-2 のように、集中質量 m_i を持つ多自由度系にモデル化する。

$$p_i = m_i \cdot \beta \cdot u_i \cdot Sa \quad (1)$$

②初期剛性状態における多自由度系モデルの固有値解析を行い、多自由度系の地震応答において1次モードが支配的とみなし、1次モードにおける刺激係数 β 、固有ベクトル u_i 、および、固有周期 T に対する弾性最大応答加速度 $Sa(T)$ を応答スペクトル²⁾より求め、Push-Over 解析に用いる各質点の荷重比 p_i を決定する(式(1))。

$$\left. \begin{aligned} Sa &= \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot \delta_i^2}{\left(\sum_{i=1}^N m_i \cdot \delta_i \right)^2} \cdot \sum_{i=1}^N P_i \\ Sd &= \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^N P_i \cdot \delta_i} \cdot Sa \\ \bar{M} &= \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \cdot \delta_i \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \cdot \delta_i^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

③決定した水平荷重比 p_i を一定として Push-Over 解析を行い、各荷重増分段階における多自由度系モデルの各質点荷重 P_i および変位 δ_i の関係を求める。

④③で得られた P_i および δ_i を式(2)に代入し、応答加速度 Sa 、応答加速度 Sd および弾性時の等価質量 $\bar{M}$ を求め、 $Sa-Sd$ 曲線を描く。

⑤ Sa に $\bar{M}$ を乗じることにより等価1自由度系モデルの代表せん断力 $Q(=Sa \cdot \bar{M})$ -代表変位 $\Delta(=\delta)$ 曲線を求め、これをもとに Bilinear 型復元力特性の骨格曲線を決定する。(図-1)

⑥⑤で求めた Bilinear 型復元力特性を用いて、等価1自由度系モデルの動的解析を実施し、等価1自由度系モデルの最大応答変位 Δ_{max} を求める。

⑦⑤で求めた $Q-\Delta$ 曲線上で、⑥で得られた最大応答変位を最初に超える Push-Over 解析におけるステップ数を読み取る。

⑧⑦で求めたステップ数に相当する各質点の応答値(せん断力と変位)を③で得られた Push-Over 解析結果から求める。

⑨多自由度系モデルにおける動的解析を実施する。

⑩⑧で求めた簡易算定法の最大変位と⑨で求めた動的解析の最大応答変位とを比較し、簡易算定法の精度について検討する。

3.解析例 本研究では等価1自由度系における $Q-\Delta$ 曲線の精度のよい Bilinear 近似法を検討するために、エネルギー一定法を用いた近似

法における初期剛性の相違が解析精度に及ぼす影響について比較検討した。その際の初期剛性としては、図-3に示すように、直線が、初めて塑性ヒンジが発生する点を通るように降伏点を決定する近似①、2つ目の塑性ヒンジが発生する点を通るように降伏点を決定する近似②、3つ目の塑性ヒンジが発生する点を通るように降伏点を決定する近似③の3通りに設定した。また、終局点は各塑性ヒンジ点における終局曲率の最大値を用いた。なお、入力地震動はタイプII地震動とし、地盤はII種地盤を対象とした。

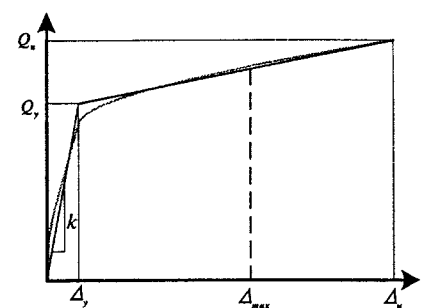


図-1 Bilinear 近似

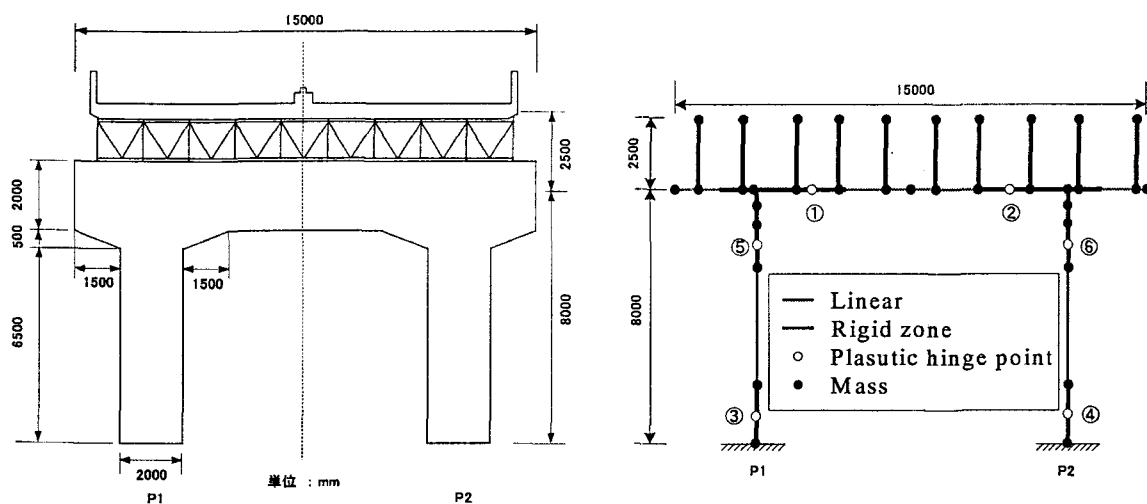


図-2 解析対象モデル

4. 解析結果 解析には図-2に示す高さ8mの門型ラーメン橋脚を用いた。

図-3にこのラーメン橋脚の Push-Over 解析より得られた Q - Δ 曲線と、この曲線を前述の近似法①、②、③により Bilinear 近似したものを比較して示す。各近似法より得られた復元力特性の諸量を用いて、等価1自由度系の応答解析より得られた最大値より各質点の変位を求め、柱ごとに変位をプロットしたものを図-4に示す。また、動的解析と最も良く一致していた近似法①により得られた各質点の変位を橋脚全体についてプロットしたものを図-5に示す。

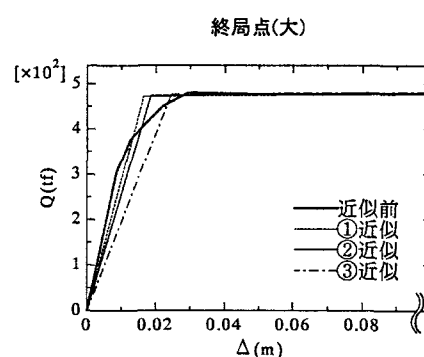


図-3 Bilinear 近似の相違

5. まとめ 図-4より、いずれの近似法においても簡易算定法が動的解析よりも大きな値を示している。また近似①と近似③では Bilinear 近似による

相違が大きく、近似③の結果がかなり大きな値となっている。これは等価1自由度系の復元力特性を Bilinear 型で近似した場合、近似①、②、③の順に初期剛性が小さくなるためである。したがって、等価1自由度系の復元力特性を Bilinear 近似して解析する場合には、初期剛性の適切な設定が重要になってくると考えられる。また、①の近似法は動的解析と簡易算定法との誤差が5%程度であることから本解析例では解析モデルの復元力特性を精度よく近似していると言える。

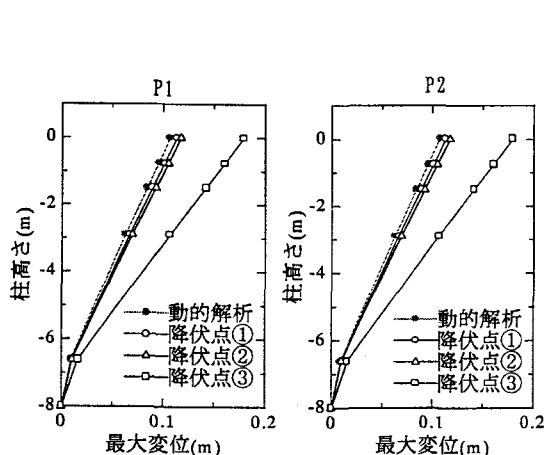


図-4 柱 P1, P2 の最大応答変位

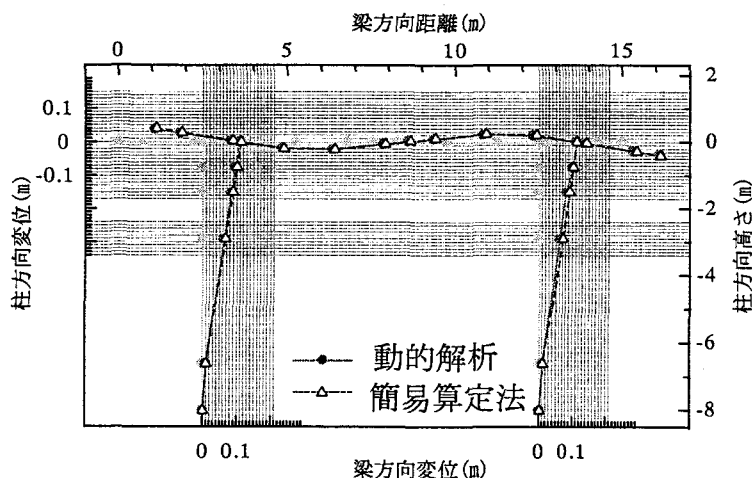


図-5 ①近似法による最大応答変位

6. 参考文献 1)倉本 洋，勅使川原 正臣，小鹿 紀英，五十田 博：多層建築物の等価1自由度系縮約法と地震応答予測精度，第546号日本建築学会構造系論文集，pp79-85,2001.8

2)(社)日本道路協会：道路橋示方書 V耐震設計編,2002.3