

I-841

構造物の復元力特性と地震荷重の低減について

京都大学大学院 学生員 北根安雄 京都大学工学部 正員 渡邊英一
 関西大学総合情報学部 正員 古田 均 京都大学工学部 正員 杉浦邦征
 京都大学工学部 正員 宇都宮智昭 阪神高速道路公団 正員 南 荘 淳

1. はじめに

近年, 中小規模の地震に対しては構造物の応答を弾性内にとどめ, 大地震に対しては構造物の塑性変形を期待した設計, すなわち, 地震の再現確率と構造物の各種限界状態を合理的に関連づけた2段階設計法の確率が急がれている. 構造物の動的応答は, 入力地震動の大きさと構造物の復元力特性(耐荷力・変形能)に依存するため, 損傷レベルにあった限界状態を設定し, 合理性・経済性を追求すべきである.

そこで本研究では, 道路橋示方書¹⁾(以下道示と略す)の規定によるI種, II種, III種地盤で想定される中小規模の地震(レベル1)及び大地震(レベル2)に対し, 構造物の応答量と復元力特性の関係を弾性応答解析により明らかにする.

2. 復元力モデルと解析法

地震時における構造物の動的応答を数値シミュレーションによって評価する場合, 構造物の復元力特性を仮定しなければならない. 本研究では, 片持ち柱に対する載荷実験によって得られた復元力特性を比較的よく表現し, かつ簡単なTri-linear型の復元力モデル(Fig. 1)を仮定した. 図中の H_{max} , X_{max} は最大耐荷力点における耐荷力と変位であり, H_d , X_d は劣化が許容された限界点での耐荷力と変位である.

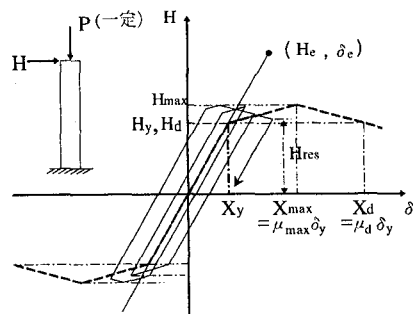


Fig. 1 Tri-linear型復元力

一般に, 地震加速度 $\ddot{z}$ を受ける1質点系の運動方程式は以下のように表される.

$$m\ddot{x} + 2mh\left(\frac{2\pi}{T}\right)\dot{x} + f = -m\ddot{z} \quad (1)$$

ここで, $\dot{x}$, $\ddot{x}$ はそれぞれ相対速度, 相対加速度であり, m , h , f , T はそれぞれ質量, 減衰定数, 復元力, 構造物の固有周期である. (1)式の f がFig. 1に示す復元力特性によって表されるものとする. また, 道示の地震荷重を与える応答スペクトルは $h=0.05$ で与えられているため, 本解析においても $h=0.05$ とした. この運動方程式を解くため, 中央差分法を用いる. ただし時間刻みは0.01秒とした.

本研究では, Tri-linear型復元力モデルにおいてFig. 1に示すような μ_{max} , μ_d を様々に変えることで二次, 三次勾配を変化させた場合に, 構造物の応答がどの程度になるのかを再現した.

3. 応答結果

最大耐荷力点から降伏力 H_y まで耐荷力の低下を許容し, 残存耐荷力がレベル1の地震に対しては使用性・機能性を保証することを考え, I種地盤, 構造物の固有周期 $T=1.067$ 秒に対し, 構造物に要求される最大耐荷力レベルを一例としてFig. 2に示す. これから, μ_{max} が大きければ, 最大耐荷力を小さく抑えることができる. また多少の劣化を許容すれば, 最大耐荷力をさらに小さくすることができる. II種, III種地盤における構造物の固有周期が $T=1.067$ 秒の場合をFig. 3およびFig. 4に示す.

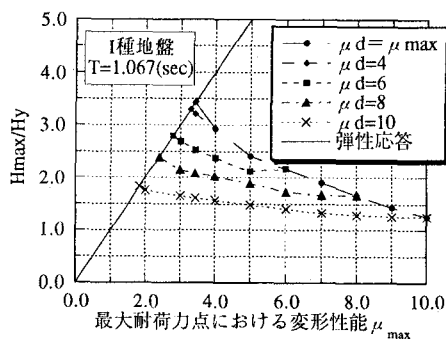


Fig. 2 応答結果

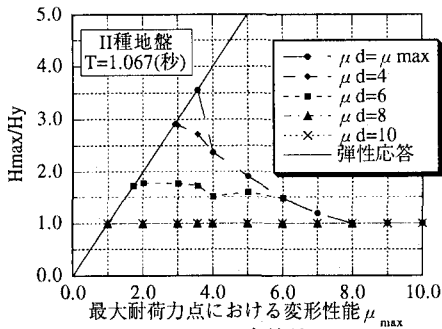


Fig. 3 応答結果

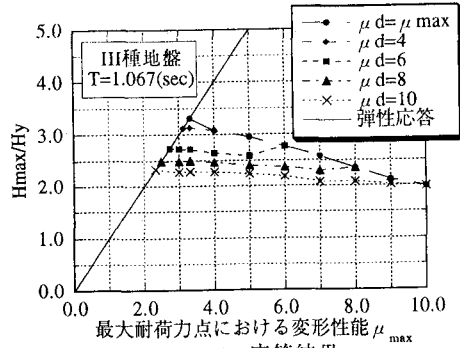


Fig. 4 応答結果

4. 地震荷重の低減

数値シミュレーションにより得られた応答結果に基づき、レベル2の地震入力に対する弾性応答からどの程度地震荷重を低減できるかを表す指標として低減率を仮定した。この地震荷重低減係数 C_{D2} を(2)式に示す。

$$C_{D2} = \frac{H_{\max}}{H_e} \quad (2)$$

その一例として、I種地盤、構造物の固有周期 $T=1.067$ 秒の場合をFig. 5に示す。この場合、最大耐荷力点を限界状態とすれば、構造物は $\mu_{\max}$ が少なくとも3.5以上でなければ、地震荷重を低減できない。しかし、降伏レベルまで多少の劣化を許容すれば、 $\mu_{\max}$ にそれほど関係なく、地震荷重を大幅に低減できる。I種、II種、III種の地盤種別の地震荷重低減係数を $\mu_d=10$ の場合のみFig. 6～8に示す。

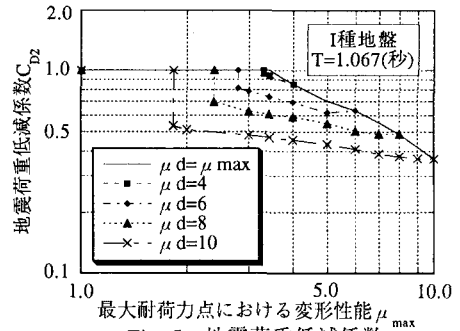
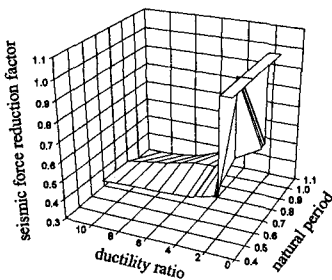
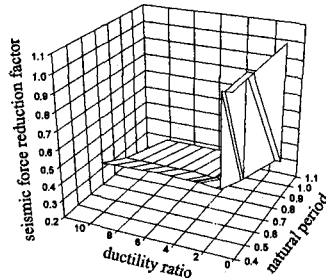
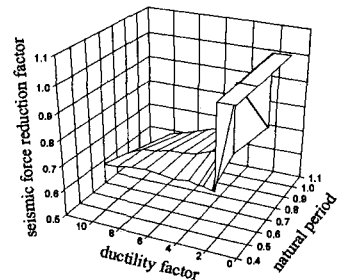


Fig. 5 地震荷重低減係数

Fig. 6 地震荷重低減係数
(I種地盤)Fig. 7 地震荷重低減係数
(II種地盤)Fig. 8 地震荷重低減係数
(III種地盤)

5. 結論

耐荷力の多少の低下を許容すれば、地震荷重を大幅に低減することができる。したがって、設計の自由度を増す目的で、限界状態の設定が最大耐荷力点以降においても可能であることが望まれる。

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，1990
- 2) 阪神高速道路公団・社団法人システム総合研究所・京都大学構造力学研究室：鋼製橋脚の耐震・耐久性に関する研究，平成3年度報告書，平成4年3月。
- 3) 阪神高速道路公団・社団法人システム総合研究所・京都大学構造力学研究室：鋼製橋脚の耐震・耐久性に関する研究（その2），平成4年度報告書，平成5年3月。