

I-388

劣化型復元力特性をもつ構造物の 降伏震度に関する考察

東京電機大学 大学院 学生員 ○井出周治
東電設計（株） 正 員 松島 学
東京電機大学 理工学部 正 員 松井邦人

1. はじめに

地震時に構造物の非線形性を考慮した設計は、構造物の変形性能に期待するものである。しかし、降伏後の剛性が極端に劣化する場合は、構造物の変形性能に期待できないものもある。本研究は、劣化型復元力特性を持つ一自由度系モデルに着目し、地震応答解析を通し、その挙動について考察したものである。

2. 解析方法

対象とする構造物は一自由度系で表されるものとし、降伏後の局部座屈等を考慮に入れて、図1に示す 劣下型 Bilinear モデルの復元力特性を採用した。構造物の復元力特性の各パラメータは、次式のように無次元化できる。

$$\alpha_y = \frac{P_y}{m \cdot g}, \quad \mu = \frac{\delta}{\delta_y}, \quad K_e = \frac{\omega^2 \cdot \delta_y}{m} \quad (1)$$

ここで、 P_y は降伏耐力、 m は系の質量、 g は重力加速度、 μ は塑性率、 δ および δ_y は変位および降伏変位、 K_e は初期剛性、 ω は系の固有円振動数、 γ は降伏後の劣化度を表す塑性剛性比である。

本解析では、パラメータとして、塑性剛性比 γ を 0.0～-0.3 ($\Delta\gamma=0.05$)、構造物の降伏震度 α_y を、0.05～0.40 ($\Delta\alpha_y=0.05$)、固有周期 T を 0.1～1.2sec の範囲とした。また、解析に用いた入力地震動は、El Centro 1940 NS Imperial Valley Earthquake を用い、最大入力加速度を 300gal となるように設定した。応答の数値計算法は、Nigam-Jennings 法を用い、系の減衰定数 h は $h=0.05$ とした。

3. 解析結果および考察

図3(a),(b)に、計算された結果を塑性率 μ と降伏震度 α_y の関係として、系の固有周期 T が比較的短周期とされる $T=0.6\text{sec}$ と長周期とされる $T=1.2\text{sec}$ を代表させて、塑性剛性比 γ をパラメータに示す。

同図より、当然のことではあるが、塑性剛性比 γ の値が大きいほどつまり降伏後劣化度が増すほど塑性率は大きな値を示し、特に降伏震度 α_y が小さいほどその差が顕著に現れてくる。そのため、塑性剛性比が大きくなると、ある降伏震度で、小さな値の塑性率から急激に崩壊に至るケースが見受けられる。ここで崩壊とは、図2に示すようにせん断力が 0軸を越えて耐力を失ったときと定義する。さらに、同図(a),(b)を比較すると、固有周期が長くなると崩壊に至る降伏震度が、全体に小さくなる方に移行している。さらに、塑性剛性比が小さなきは、降伏震度が小さくなるにしたがって、徐々に塑性率が上昇し崩壊に達するが、塑性剛性比が大きいときは、ある降伏震度に

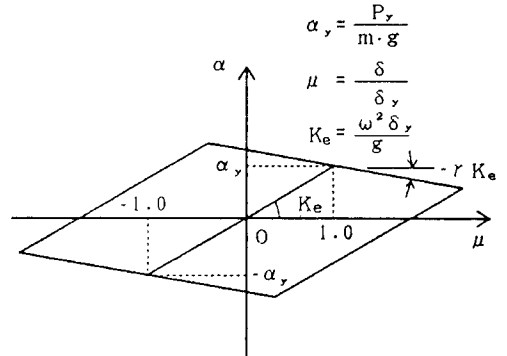


図1 劣化型 Bilinear モデル

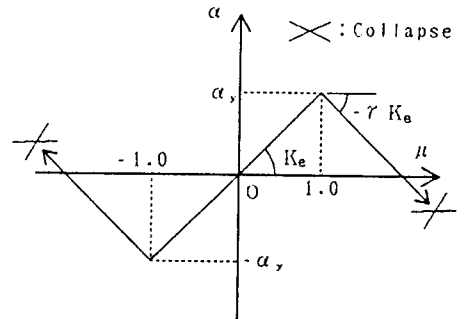


図2 崩壊の定義

なると小さな値の塑性率から急激に崩壊に達する。これらのことから、短周期の方が塑性剛性比が塑性率に与える影響が顕著に現れているのがわかる。また両図からどの塑性剛性比でも崩壊しない境界となる降伏震度 α_{ycr} が見受けられ、固有周期 $T=0.6\text{sec}$ では $\alpha_{ycr}=0.30$ 、 $T=1.2\text{sec}$ では $\alpha_{ycr}=0.20$ となった。

図4は、図3(a),(b)からも求められるように、各周期の崩壊に至る境界となる降伏震度を、塑性剛性比ごとに求めたもので、縦軸に降伏震度 α_y 、横軸に固有周期 T をとり、塑性剛性比 γ をパラメータに表している。同図では、各塑性剛性比ごとの境界線より長周期側が崩壊しない領域であることを示している。前述した通り、固有周期が長周期になると崩壊してしまう境界となる降伏震度が小さくなっており、また塑性剛性比が大きくなると逆に大きな値を示している。結果として、系の固有周期が決まれば崩壊に至る境界となる降伏震度 α_{ycr} を各塑性剛性比ごとに求めることができる。よって塑性剛性比が変化してもつまり、降伏後劣化度が変わっても、系が崩壊しないための固有周期を、降伏震度によって決定することができる。例えば、固有周期 $T=0.8\text{sec}$ では、系が崩壊しないためには、塑性剛性比 γ が -0.05 では降伏震度 $\alpha_{ycr}=0.13$ 、 $\gamma=-0.30$ では $\alpha_{ycr}=0.29$ となる。

4. 結 言

劣化型 Bilinear モデルを用いて、構造物の地震時の挙動について考察をした。

その結果を要約すると、

- ① 塑性剛性比が大きくなる、また固有周期が短くなると塑性率および崩壊に与える影響は大きくなる。
- ② 系の固有周期ごとにどの塑性剛性比でも崩壊しない境界となる降伏震度 α_{ycr} があり、 $T=0.6\text{sec}$ では $\alpha_{ycr}=0.30$ 、 $T=1.2\text{sec}$ では $\alpha_{ycr}=0.20$ となった。
- ③ 系の崩壊は、固有周期が同じであれば塑性剛性比と降伏震度によって決定される。

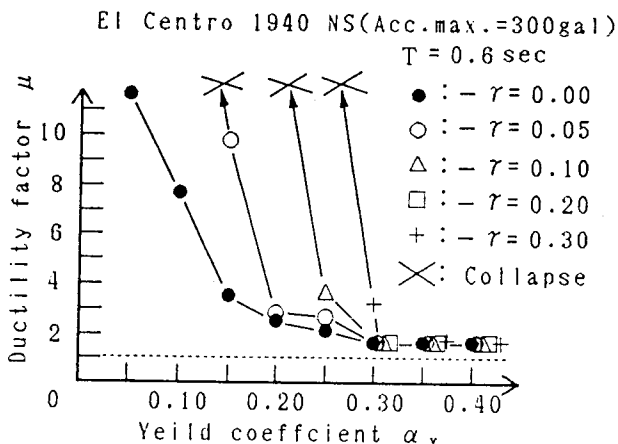


図3(a) 塑性率 μ と降伏震度 α_y の関係
($T=0.6\text{ sec}$)

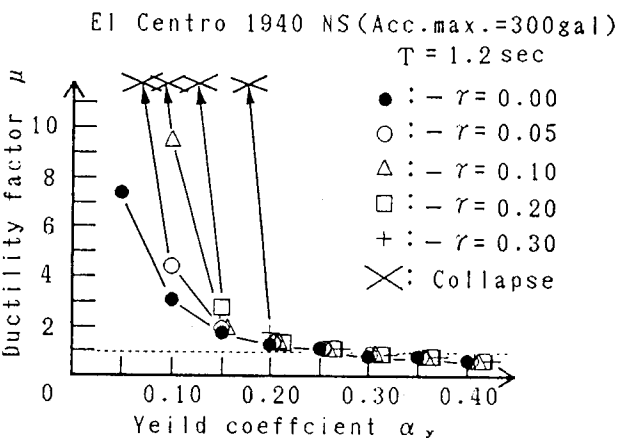


図3(b) 塑性率 μ と降伏震度 α_y の関係
($T=1.2\text{ sec}$)

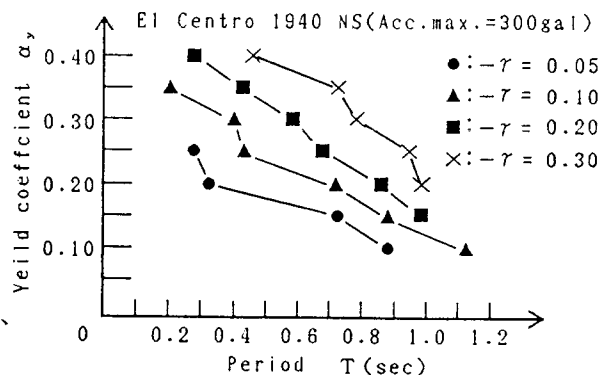


図4 塑性剛性比 γ と固有周期 T の関係