

I-540 弾塑性復元力モデルの動的応答の比較

東電設計(株) 正員 ○松島 学
東京電機大学 正員 松井邦人

1. はじめに

構造物の復元力特性が、弾塑性の応答特性に大きく影響することは周知のことである。構造物の復元力特性については、数多くのものが提案されており、構造物の特性によって使い分けられている。本研究は、以降に示すように、5つの復元力特性を1質点系モデルで応答特性を比較した。比較した項目は、弾塑性挙動の構造物の安全性の指標である、塑性率と塑性ひずみエネルギーとした。

2. 比較した復元力モデル

比較した復元力特性は、① Bi-linear model(B.L) ② Degrading Bi-linear model(D.B.L) ③ Tri-linear model(T.L) ④ Degrading Tri-linear model(D.T.L) ⑤ Peaked Origin model(P.O) の5種類である。一般に、B.Lは鋼構造ラーメン等復元力が安定したものをモデル化するもので、D.B.LはB.Lが繰返し力を受けた場合に剛性劣化を考慮したモデルで、本研究では、 $K_y/\sqrt{\mu}$ で劣化させている。T.Lは、鉄筋コンクリート造ラーメン等の復元力が安定したものをモデル化したもので、D.T.Lは、T.Lが繰返し力を受けた場合に、剛性劣化を考慮したモデルであり、最大変形量の関数で剛性低減率 $\beta = ((\delta_{\max} - \delta_{\min}) / 2\delta_y)^r$ を考えている。本研究では、この低減率のパラメータ r を0.4とした。図1a～eに、比較に利用した復元力特性を示す。

各復元力特性は、比較のため図中に見られるように、降伏耐力 P_y と降伏剛性 K_y を合わせた。また、降伏後の剛性は、降伏剛性の0.05倍とした。

3. 試算結果

質点の重量 $w=980\text{ton}$ 、減衰定数 $h=0.05$ 、と一定値とした。解析パラメータとしては、降伏耐力 P_y と質点の重量 w の比、 $\alpha = P_y/w$ を0.1～0.3、及び系の降伏固有周期 T_y とした。入力地震波は、HACHINOHE HARBOR 1968 NS とし 最大加速度を300galに合わせた。試算結果を比較するにあたり、塑性ひずみエネルギー E_p は、次式のように系の弾性ひずみエネルギー E_e で除して無次元量 η とした。以降これを累積塑性率と定義する。

$$\eta = E_p / 2 E_e \quad (\eta \geq 0.0)$$

塑性率と降伏固有周期を図2a,bに降伏震度 α をパラメータに示す。更に、累積塑性率と降伏固有周期を図3a,bに α をパラメータに示す。図に見られるように、塑性率及び累積塑性率ともに降伏固有周期が長くなるにつれて小さくなる傾向を持つ。塑性率は、復元力特性の特性には影響されず、5つの復元力モデルの中でせん断破壊型のモデルであるP.Oを除いてほぼ同じ応答値を示す。そして、降伏固有周期 T_y が小さ

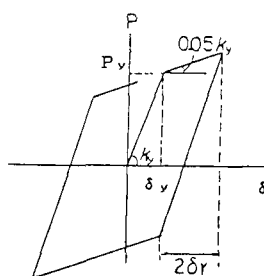


図1a Bi-linear model(B.L)

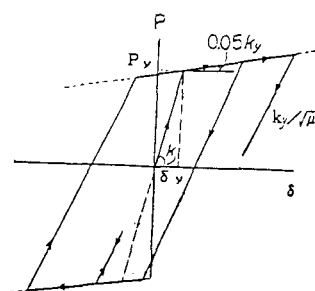


図1b Degrading Bi-linear model(D.B.L)

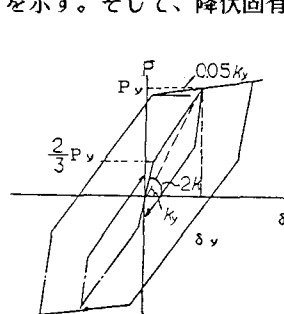


図1c Tri-linear model(T.L)

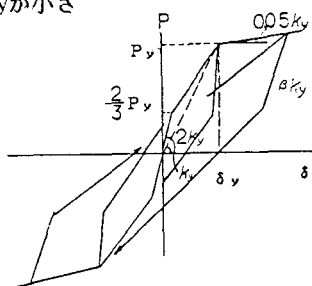


図1d Degrading Tri-linear model(D.T.L)

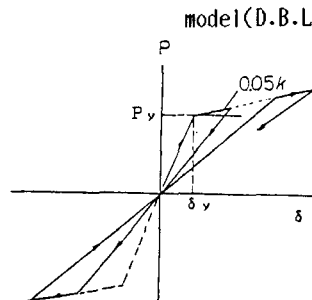


図1e Peaked Origin model(P.O)

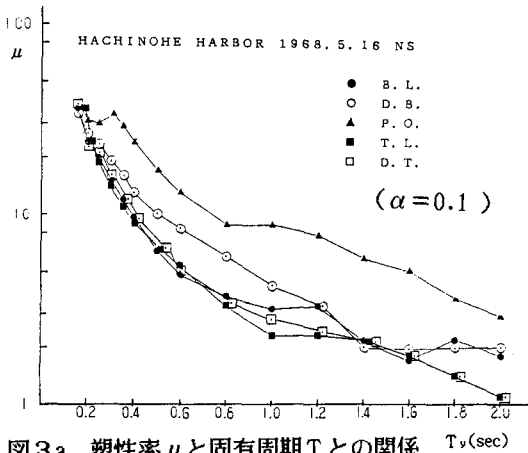


図3a 塑性率 μ と固有周期 T_y との関係

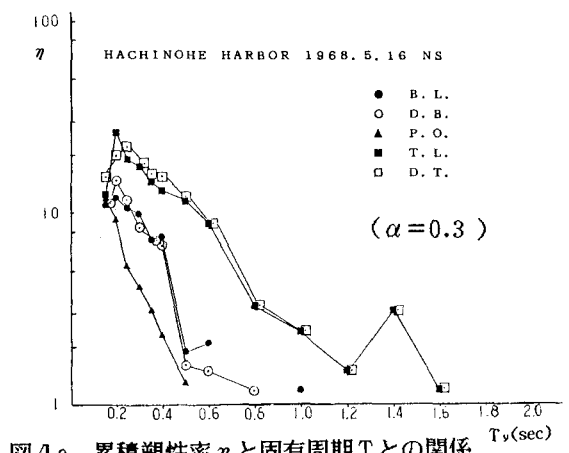


図4a 累積塑性率 η と固有周期 T_y との関係

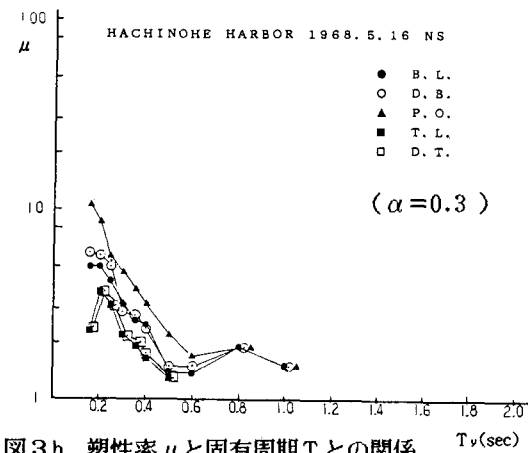


図3b 塑性率 μ と固有周期 T_y との関係

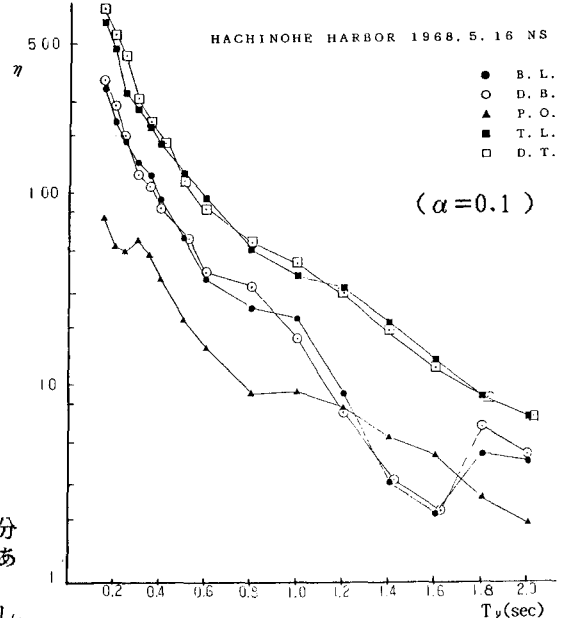


図4b 累積塑性率 η と固有周期 T_y との関係

いほど、降伏震度 α が小さいほど、言いかえると十分に降伏域に達した場合は、ほぼ一定値となる傾向にある。

累積塑性率は、復元力毎にばらついている。しかし、剛性劣化をもつD.B.LとD.T.Lでは、この程度の降伏震度 ($\alpha=0.1\sim0.3$) の範囲内では、B.LとT.Lとは応答値はあまりかわらない。そして、降伏震度が変化しても、累積塑性率のばらつきの程度は、変化しない。よって、復元力特性は、塑性率よりも、地震時に吸収される塑性ひずみエネルギーに大きく影響を与える。

4. まとめ

試算の結果から次のようなことが明かとなった。

- ①塑性率は、各復元力特性の内、P.O モデルを除いて、ほぼ同じような応答値を示す。特に、系の固有周期が短い場合は顕著である。
- ②降伏震度 α が大きくなると、塑性率は各復元力毎にばらつく傾向にある。
- ③累積塑性率は、復元力毎にばらつく傾向がある。そして、降伏震度 α の値が変化しても、その傾向は、変わらない傾向にある。
- ④復元力特性は塑性率よりも、塑性ひずみエネルギーに大きく影響する。

（謝辞） 本研究の数値解析及び原稿の準備は、東京電機大学卒研究生 加藤和成君（現 中央コンサルタント㈱）、井出周治君（現 大学院生）の助力によるものである。ここに、謝意を表する。