

Q-hyst型履歴構造物の地震応答の一推定法

徳島大学工学部 学生員○安富泰弘 徳島大学工学部 正 員 成行義文
 徳島大学工学部 正 員 平尾 潔 高 田 機 工 楠本全史

1. まえがき

構造物の耐震設計法をより合理的な弾塑性設計法に改善するためには、強震下における構造物の損傷度の定量的評価法を確率する必要がある。一般に構造物の損傷は瞬間的損傷と累積的損傷の複合と考えられ、前者を表すパラメータとして変位じん性率、後者を表すパラメータとしてエネルギーじん性率が、従来よりよく用いられている。したがって、構造物の地震時損傷度評価を行うためには、これらのパラメータを簡単にしかも精度よく推定する必要がある。著者らは、Bilinear 1 自由度系を対象として、それらのパラメータの一推定法を導いた^{1)・2)}。本研究では、この推定法をRC橋脚等の復元力履歴特性を巨視的に把えたQ-hystモデルに対しても適用し得るように拡張することを試みた。

2. 非劣化型Bilinear 1 自由度系の μ_D 、 μ_H の推定式

強震下における非劣化型Bilinear 1 自由度系の変位じん性率 μ_D の推定式としては、式 (1) を用いた³⁾。

$$\mu_D = R_1 / \left[\left\{ 1 + (T_0 / 2.4T_m)^2 \right\} T_0^{D_1} 10^{D_0} (1 - C_{VD}) \right] \dots (1)$$

式 (1) 中、 $C_0 = -0.574$, $C_1 = -0.152$ である。また、 R_1 は入力強度比 ($m \ddot{x}_{Omax} / Q_V$, m : 質量, \ddot{x}_{Omax} : 入力波の最大加速度, Q_V : 降伏変位)、 T_0 、 T_m はそれぞれ構造物の固有周期および入力地震動の平均周期であり、 C_{VD} は補正係数である。

式 (2) は、エネルギーじん性率 μ_H の推定式である²⁾。

$$\mu_H = \mu_D^2 10^{D_0} \left(\frac{T_0}{T_P} \right)^{D_1} \left(\frac{T_t^2}{b^2 T_m} \right) (1 + C_{VH}) \dots (2)$$

式 (2) 中、 $D_0 = -2.193$, $D_1 = 0.051$ である。 T_P 、 T_t はそれぞれ入力地震動の卓越周期および継続時間であり¹⁾、

$b = \ddot{x}_{Omax} / \ddot{x}_{OP}$ ($\ddot{x}_{OP} = \sqrt{\bar{P}_w}$, \bar{P}_w : 入力波の平均パワー) である。

3. 劣化型Bilinear 1 自由度系の μ_D 、 μ_H の推定法

図-1 は劣化型Bilinear 1 自由度系の変位じん性率 μ_D ならびにエネルギーじん性率 μ_H の推定法を簡単な流れ図にしたものである。これは、非劣化型Bilinear 1 自由度系の μ_D 、 μ_H の推定法¹⁾ を劣化型の場合にも適用できるように拡張したものである²⁾ である。すなわち、 m 、 T_0 、 Q_V 、 γ (弾塑性剛性比)、 γ_D (劣化勾配)、 ξ (劣化開始じん性率) 等の構造特性パラメータと、 T_P 、 T_m 、 T_t 、 \bar{P}_w 、 \ddot{x}_{Omax} 等の入力地震動特性パラメータの値が与えられれば、 μ_D ならびに μ_H を推定することができる。ここで、 R_0 は等価入力強度比であり、与えられた入力強度比 R_1 を $\xi = 1$ の場合に換算したものである。また、 f は低下強度比 (最大強度 Q_{max} に対する低下強度 Q の比) であり、 R_0 に対する f を求める際、若干の収束計算を行う。

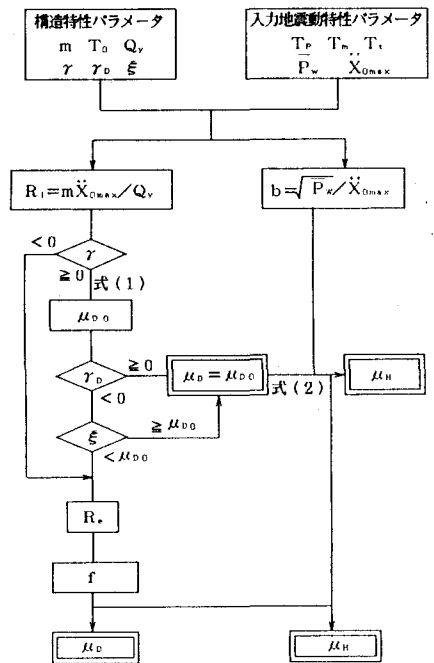


図-1 劣化型履歴構造物の変位ならびにエネルギーじん性率の推定法

4. 劣化型Q-hyst 1自由度系への拡張

非劣化型Q-hyst 1自由度系の変位じん性率 μ_D はBilinearモデルの場合とほとんど同じであるので、式(1)をそのまま用いることができる。しかし、エネルギーじん性率 μ_H は、BilinearモデルとQ-hystモデルとは大きく異なり、所定の変位じん性率 μ_D に対するそれぞれの場合の $\mu_H - T_0$ 関係は、定性的に両対数紙上で図-2のような直線で表される。したがって、本研究では、Q-hystモデルに対する $\mu_H - T_0$ 関係として、Bilinearモデルの $\mu_H - T_0$ 関係を補正係数 α を導入して修正した式(3)を用いた。

$$\mu_H = T_0^{-\alpha D_1} \mu_D^2 \frac{T_0^2}{b^2 T_m} 10^{D_0} \frac{1}{T_P^{D_2}} (1 + C_{VH}) \dots (3)$$

ここに、 $D_0 = -2.193$, $D_1 = 0.051$ である。

また、図-3は $\xi = 1.0$ のときの入力強度比 R_{Ic} - 臨界じん性率 μ_c ($= 1 - 1/\gamma_D$) 関係を両対数紙上で模式的に表したものである。これより、Bilinearモデルの場合の直線の傾きに補正係数 β を乗じてQ-hystモデルの場合の式に変換した。 β は図-1の等価入力強度比 R_e に影響を及ぼす。

5. 推定法の精度に関する比較・検討

図-4は変位ならびにエネルギーじん性率の厳密解 (μ_D, μ_H) と推定値 (μ_{D0}, μ_{H0}) とを比較したものである。上段が推定値であり、図中の実線は弾性限界、破線は劣化開始じん性率 (ξ) であり、一点鎖線は臨界じん性率 (μ_c) を示している。下段は厳密解と推定値との比を示したものである。また、横軸は全て固有周期 T_0 であり、入力パラメータならびに補正係数 $C_{VD}, C_{VH}, \alpha, \beta$ 等の値はそれぞれ図中に示す通りである。この図より、変位ならびにエネルギーじん性率が比較的精度よく安全側に推定されていることがわかる。

あとがき

本研究で誘導した変位ならびにエネルギーじん性率の推定法は、補正係数値の適当な調整により比較的精度よく安全側の評価を与える。今後、他の入力地震動に対する精度の検討を行うとともに、補正係数等の合理的な決定法に関する検討を行う必要があるものと思われる。

参考文献 1)成行、平尾、大岸：地震動入力を受ける一自由度系の変位じん性率及び履歴吸収エネルギーの一推定法，構造工学論文集，Vol.36A，pp779~790,1986年10月。2)成行、平尾、榑原：強震下における劣化型履歴1自由度系の変位ならびにエネルギーじん性率の一推定法，構造工学論文集，Vol.39A，pp615~628,1993年3月。3)大岸独歩：強震下における構造物の変位ならびにエネルギーじん性率に関する研究，修士論文，徳島大学，平成2年2月。

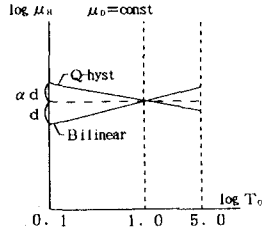


図-2 所定の μ_D に対する $\mu_H - T_0$ 関係

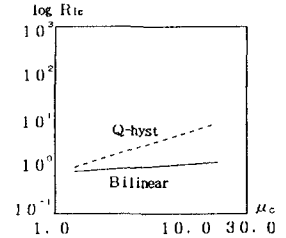
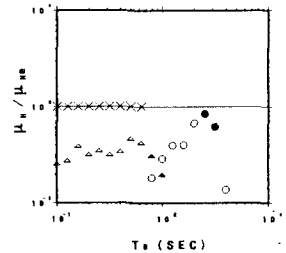
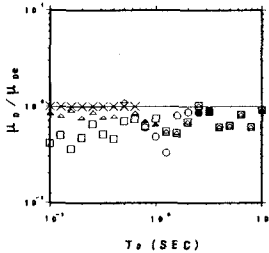
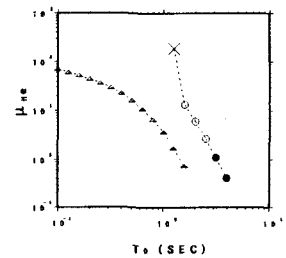
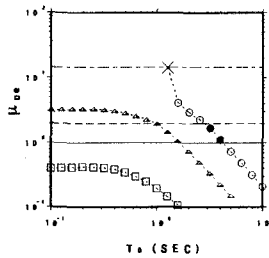


図-3 $R_{Ic} - \mu_c$ 関係



E1 Centro EARTHQUAKE $\gamma = 0.10$ $\gamma_D = -0.10$
 $\square R_I = 0.100$ $\xi = 2.00$
 $\triangle R_I = 1.000$ $C_{VD} = 0.35$ $C_{VH} = 0.50$
 $\circ R_I = 5.000$ $\alpha = 15.00$ $\beta = 0.60$
 \times COLLAPSE Q-hyst MODEL

図-4 劣化型Q-hyst 1自由度系の変位ならびにエネルギーじん性率の厳密解と推定値の比較