

荷重低減係数のモデル化に関する検討

東京工業大学大学院 学生会員 渡邊学歩 東京工業大学大学院教授 F 会員 川島一彦

1. はじめに

非線形静的設計法に用いられる荷重低減係数の推定には国内ではエネルギー一定則が、海外では変位一定則が用いられているが、荷重低減係数は固有周期によって大きく変動し、地震動ごとにばらつくことが知られている。本研究では固有周期依存性を検討し、これに基づく荷重低減係数のモデルの提案を行なった。

2. 荷重低減係数の定義および代表的な地震波記録に対する荷重低減係数

1 自由度の完全弾塑性系でモデル化した任意の固有周期 T の構造系において、荷重低減係数は図 - 1 に示す弾性応答から求まる復元力の最大値 F_R^{EL} を弾塑性系の降伏耐力 F_Y^{NL} で除して求められる。したがって、応答の結果構造系に生じるじん性率（以下目標じん性率と呼ぶ）を μ_T とすると荷重低減係数 $R_\mu(T, i_T)$ は次式で定義される。

$$R_m(T, m_T) = \frac{S_F^{EL}(T)}{S_Y^{NL}(T, m_T)} \quad (1)$$

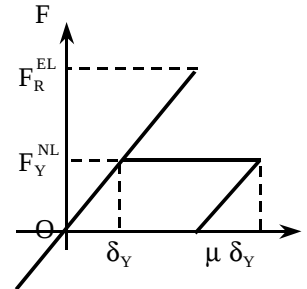


図 - 1 弾塑性系の復元力応答

これを、1995 年兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台記録 NS 成分に対して、目標じん性率が 2, 4, 6, 8 となるよう計算した結果が図 - 2 である。目標じん性率 μ_T が 2 の場合を除くと、その他の目標じん性率の場合には固有周期 T が 0.7 秒以上の領域で荷重低減係数 R_μ はそれより短周期側の値と比較して 3 倍程度増加する。また、固有周期 $T=1.0$ 秒の値に着目すると目標じん性率 $m_T=4, 6, 8$ の荷重低減係数はそれぞれ $R_m=9.24, 11.7, 13.0$ であり、エネルギー一定則から推定される荷重低減係数 $R_m = \sqrt{2m-1} = 2.65, 3.32, 3.87$ はもちろん、変位一定則から推定される $R_m = m = 4, 6, 8$ をも大きく上まわっている。

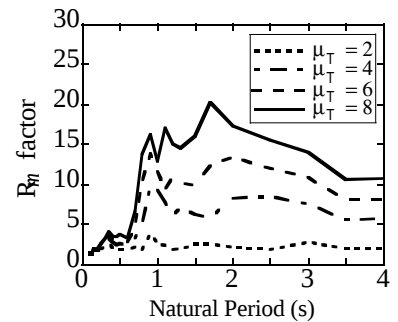


図 - 2 神戸海洋気象台記録 NS 成分に対する荷重低減係数

3. 多数の地震波記録に対する荷重低減係数

以上のような荷重低減係数 R_m の特性を念頭に置き、わが国の地盤上で観測された 70 成分の強震記録に対して荷重低減係数 R_m を解析した。記録数は 種、種、種地盤に対して、それぞれ 16, 39, 15 成分である。図 - 3 は、目標じん性率 m_T を 6 とした場合の荷重低減係数 R_m を各地盤種別ごとに示した結果である。種地盤では固有周期 0.5 秒までは、全体として荷重低減係数 R_m は増加傾向にあり、その後は固有周期 $T=1.5$ 秒まではほぼ一定値を示している。これに対して、種地盤、種地盤の場合にはそれぞれ固有周期 1.2 秒, 1.5 秒まで荷重低減係数 R_m は増加傾向にある。図 - 4 は図 - 3 に示した結果を地震動記録ごと

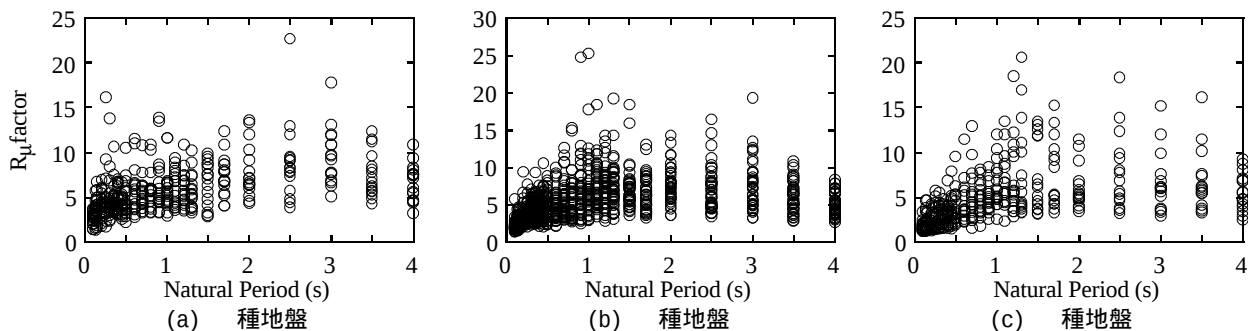


図 - 3 地盤種別ごとの荷重低減係数

キーワード：耐震設計，荷重低減係数，エネルギー一定則，非線形動的解析

連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-5734-3810

の平均値，および平均値±標準偏差で示した結果である．長周期側では荷重低減係数は $R_m = 6$ に収れんしており，変位一定則に近づく．またエネルギー一定則による推定値は平均値 - 標準偏差の値よりも小さい値を与えており，おおむね図 - 3 に示した荷重低減係数の下限値を与えている．

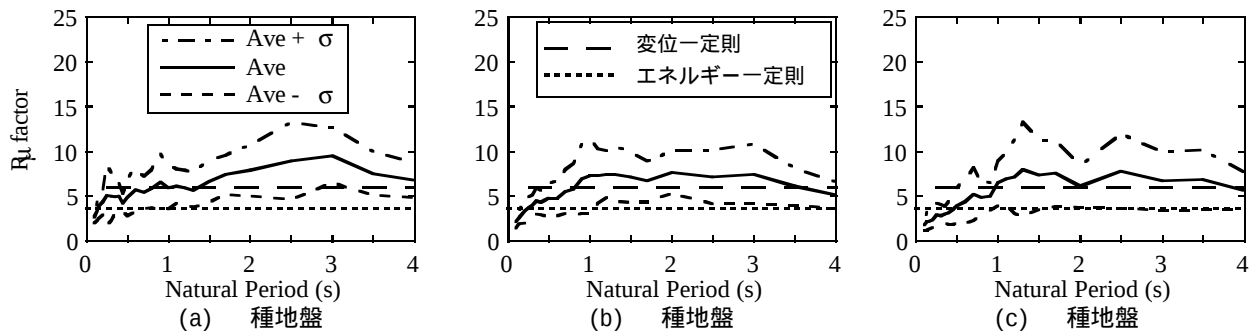


図-4 荷重低減係数の平均値と標準偏差の分布

4．荷重低減係数のモデル化

以上に示した荷重低減係数 R_m の平均値をモデル化するため，以下のように近似する．

$$R_\mu = (\mu - 1) \cdot \Psi(T) + 1 \quad \text{ここで,} \quad \Psi(T) = \frac{(T - a)}{ae^{bT}} + 1 \quad (2)$$

ここで，係数 a は $R_m = m$ となるときの固有周期 $T_a = a$ を表しており，係数 $1/b$ は R_m が最大となるときの固有周期 T_{MAX} と $R_m = m$ となる固有周期の差 ($T_{MAX} - T_a = 1/b$) を表している．

式(2)を用いて荷重低減係数 R_m を回帰分析した結果が図 - 5 である．同図には図 - 4 に示した各目標じん性率に対する荷重低減係数の平均値も示してある．これによれば，いずれの地盤種別でも，短周期側で平均値をかなり精度よく推定できている．また各係数 a ， $1/b$ の目標じん性率による変化は図 - 6 に示すとおりであり，じん性率が増加するにつれて式(3)の係数 a および $1/b$ は増加している．

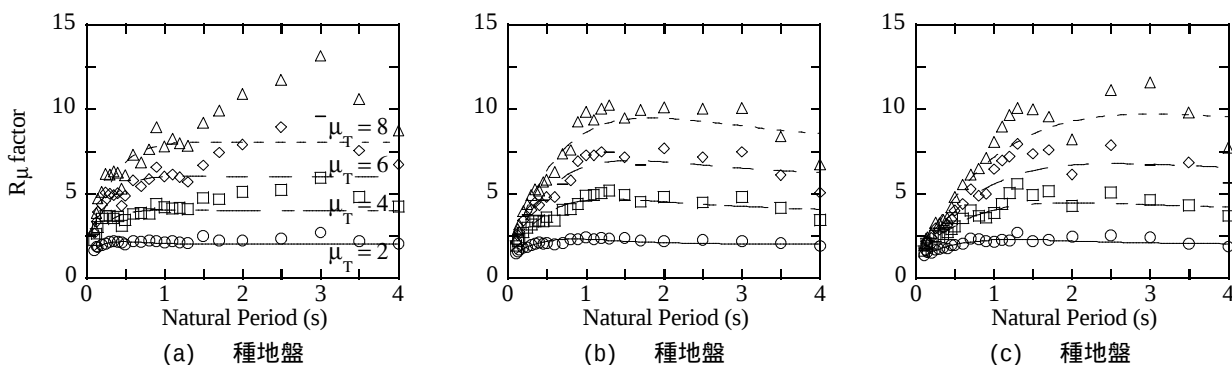


図-5 地盤種別ごとの荷重低減係数モデルと平均値の比較

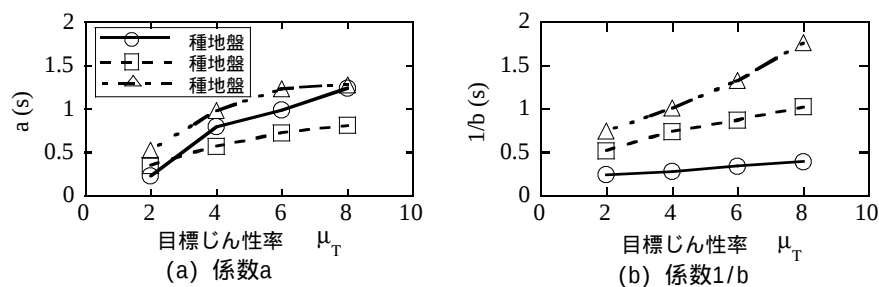


図-6 荷重低減係数モデルの係数

5．結論

荷重低減係数は地震動ごとに大きく変化し平均値の周りのばらつきが大きい，式(2)で与えた荷重低減係数モデルにより，精度良く平均値の推定を行なえることが分かった．