

武蔵工業大学大学院

学生会員 北本廣平

武蔵工業大学工学部

正会員 吉川弘道

1. はじめに

地震時における RC 構造物の非線形応答の推定方法として、非線形動的応答解析が多く行われているが、全ての構造物に対して非線形動的応答解析を実施することは、必ずしも得策ではない。塑性領域での地震応答を考慮した耐震設計法の一つとして荷重低減係数 (Force Reduction Factor, 以下 R-Factor) がある。この R-Factor 利用の目的は、塑性変形能力を考慮して靱性を大きく持たせることにより、耐力を必要以上に大きくすることなく構造物に耐震性を付加することである。そこで本研究は、R-Factor の既往算定式、および本提案式の適用、評価を行い、実地震波を用いた非線形動的応答解析結果より R-Factor を算出し、提案式との比較検討した。

2. R-Factor の定義と提案式

R-Factor とは弾性応答せん断力 Q_E と降伏耐力 Q_y の比で定義され、定義式を以下に示す。

$$\text{荷重低減係数 } R = \frac{Q_E}{Q_y} \quad (1)$$

R-Factor に関する既往の算定式と著者らの提案式を以下に示す。応答塑性率 μ は最大応答変位 δ_{resp} を、降伏変位 δ_y で除したものである。表 1 に固有周期、パラメータ適用値を示した。

$$\text{変位一定則} \quad R = \mu \quad (2)$$

$$\text{エネルギー一定則} \quad R = \sqrt{2\mu - 1} \quad (3)$$

$$\text{Priestley et al.} \quad R = 1 + 0.67(\mu - 1) \frac{T}{T_m} \quad (4)$$

(T : 構造物の固有周期 T_m : 加速度スペクトルピーク)

$$\text{* 提案式} \quad R = 1 + \beta(\mu - 1)^{\gamma} \left(\frac{T_y}{T_g} \right) \quad (5)$$

(T_y : 構造物の降伏点周期 (= T) T_g : 地震動周期 (= T_m))

$$\text{* 上下界式} \quad R = \psi \times \mu + 0.25 \quad (6)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{\psi \times \mu + 0.25}$$

($\psi=0.5$ 上界値, $\psi=1.0$ 下界値)

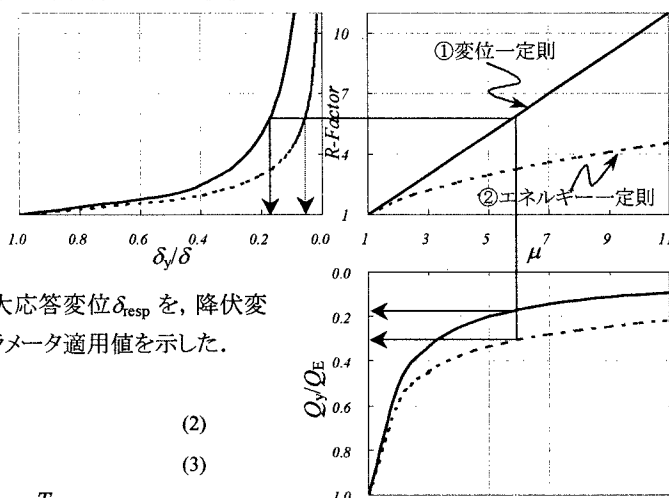
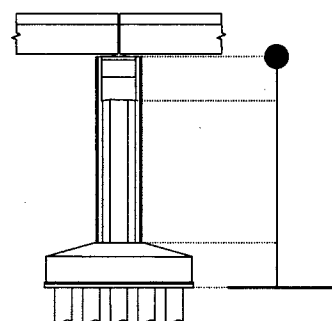
図 1 R-Factor, Q_y および δ_y 関係

図 2 対象構造物 (P92) のモデル化

表 1 諸元値

$T=T_y$	0.624
β	0.67
γ	1.00

両一定則による $R \sim \mu$ 関係と降伏耐力 Q_y の低減効果を図 1 に示す。ここでは、変位一定則とエネルギー一定則について低減効果を比較した。図 1 より R-Factor が大きくなるに従って Q_y は低減できることがわかる。提案式 (式 5) は青戸の式を元にエネルギー一定則, Priestley らの式を合わせ一般化したものである。式 (6) は、固有周期などが不明の際に、上界値と下界値を算出する提案式である。

KeyWords: 荷重低減係数, RC 単柱橋脚, 弾塑性応答, エネルギー一定則, 変位一定則

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1 丁目 28 番地 1 号 TEL: 03-3703-3111 (内線 3241) FAX: 03-5707-1165

3.解析概要

RC 丸単柱を対象とし、支承部に質点を設定した橋脚の橋軸方向を1質点系にモデル化(図2)して非線形動的応答解析を行い、最大応答変位 $\delta_{\text{resp}}(=\delta)$ を求めた。最大弾性応答せん断力 Q_E を、対象構造物の応答スペクトルから固有周期($T=0.623$)の弾性最大応答加速度 S_a を求め、質量を乗ずることにより算出した。これら、 δ と δ_y 、 Q_E と Q_y によりR-Factorと応答塑性率 μ を求めた。5波10成分を入力地震動とした。最大入力加速度は100~1200Gal間を100Gal刻みとした。応答塑性率 μ とR-Factorの関係を図3に示す。縦軸にR-Factorの逆数を用いることで、応答塑性率による降伏耐力 Q_y の推移を式(4)より得られるR-Factorの曲線で示し、非線形動的応答解析結果と比較した(図4)。また、図5に最大入力加速度毎の非線形動的応答解析結果の平均と提案式(式5)の平均(式7)により、式の特性による近似性を比較した(表2)。図6に地震動10成分に対して提案式のパラメータ(ψ)によりR-Factorの上界、下界曲線を求めた。この図に提案式をあてはめることで式の一般性を求めた。

$$\xi_x = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{R^j}{R_x^j} \quad (n=12) \quad (7)$$

4.解析結果

図3より、既往の研究結果により示されているようにR-Factorがエネルギー一定則と変位一定則の間の範囲に収まることを確認する結果となった。式(4)によるR-Factor曲線は本解析で用いた全ての地震動の概ね下限を示した(図4)。変位一定則、エネルギー一定則と比較してパラメータを含む式の方がより精度の高い結果が得られたが、既往算定式においても、地震動により近似性がばらついた。図5より2変数(β , γ)を一定(式4と同じとなる値)とした提案式と変位一定則は地震波によってR-Factor比が対称になる結果が得られた。表2に比の平均を示した。2式間平均は非線形解とほぼ同じ結果となった。本提案式(式6)による曲線は上界、下界を表すことができ、R-Factorの範囲を決定することができた。

5.まとめ

R-Factorは変位一定則よりエネルギー一定則の方が安全側であり、観測波は両一定則間の範囲に位置することが確認できた。R-Factorを逆数で示した場合、近似曲線の推定が容易になると考えられる。Priestleyによる近似は、非線形動的応答解析結果と差が生じ、危険側に示されていることがわかった。一定条件下で提案式と変位一定則は相互に補完する結果が得られた。上下界式のパラメータを変化($0.5 < \psi < 1.0$)させることで各地震動に対して整合性高いR-Factor曲線が得られると推測できる。

【参考文献】

- ・日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.3
- ・梅村・大澤・武田:鉄筋コンクリート構造物の耐震設計, オーム社, 1984
- ・青戸弘起:鉄筋コンクリート構造物の地震時挙動と耐震性評価, 武蔵工業大学 修士学位論文, 1998

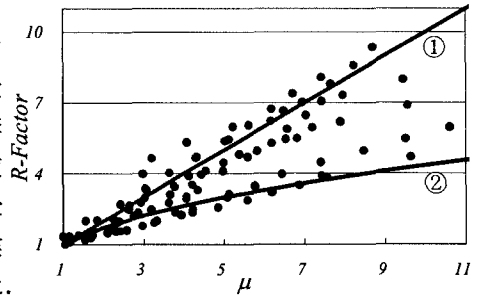


図3 R~μ 関係図

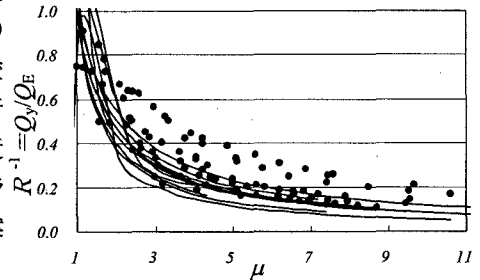


図4 既往提案式の適用 Priestley (式4)

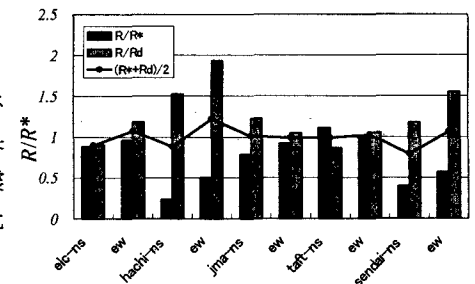


図5 変位一定則、提案式のR-Factorの比較

表2 非線形動的応答解析結果との比較

	式内平均値 ξ
変位一定則	1.250
提案式	0.740
2式間平均	0.995

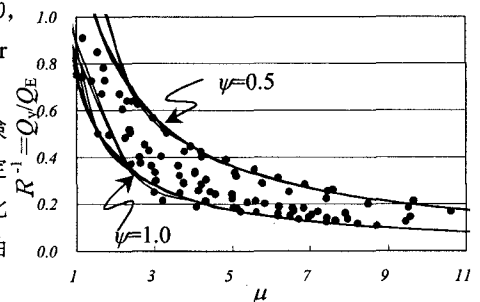


図6 上下界式によるR-Factorの上界、下界曲線