

Q-hyst 型一自由度系の所要降伏強度比について

五 洋 建 設〇正 員 甘中雄一郎 徳島大学工学部 正 員 平尾 潔
 徳島大学工学部 正 員 沢田 勉 徳島大学工学部 正 員 成行 義文

1. まえがき 本研究では、強震下における構造物の実用的な終局安全性照査法を導くための基礎的研究として、構造物の損傷と密接な関係にある降伏強度比 R に注目し、Q-hyst型一自由度系構造物を対象として、Parkらの損傷指標 $D=1$ を満たす降伏強度比、すなわち所要降伏強度比 R_r 、及び変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 (μ_D/μ_H) を求め、これらに及ぼす系の構造特性値 (終局変位靱性率 μ_u 、固有周期 T 、Parkらの損傷指標 D に含まれる正の係数 β) 並びに入力地震動の A/V (最大加速度/最大速度) 値の影響について比較検討した。そして、所要降伏強度比 R_r 、及び (μ_D/μ_H) に対する回帰式を導き、これらを用いた終局安全性照査法についても提案した。

2. 所要降伏強度比 R_r と損傷指標 D Parkら¹⁾は、多くのRC部材あるいは構造物に対する実験結果を統計処理し、式(1)の損傷指標 D を用いた地震による構造物

$$D = (x_{\max} + \beta \{dE/Q_y\})/X_u \quad (1)$$

の安全性照査法 ($D > 1$: 崩壊、 $D \leq 1$: 安全) を提案している。式(1)を変形すれば式(2)のようになる。本研究

$$D = (\mu_D + \beta \mu_H)/\mu_u \quad (2)$$

では、終局変位靱性率 μ_u 、及び正の係数 β を与えて、式

$$R = Q_y/Q_{\max} \quad (3)$$

(2)の $D=1$ を満たす式(3)の降伏強度比 R の値を求め、

これを所要降伏強度比 R_r と定義した。ただし、式(1)の $x_{\max}$, X_u , $E_n = \{dE, Q_y, \beta\}$ は、それぞれ最大変位、終局変位、履歴吸収エネルギー、降伏強度、及び正の係数¹⁾を表し、式(2)の $\mu_u = X_u/X_y$, $\mu_D = x_{\max}/X_y$, $\mu_H = E_n/(Q_y \cdot X_y)$ は、終局変位靱性率、変位靱性率、及びエネルギー靱性率を表す。また、 X_y は降伏変位を、式(3)の $Q_{\max}$ は構造物を弾性系とみなした場合の最大復元力を表す。

3. 入力地震動 入力地震動としては、解析結果に一般性を持たせるために、道路橋示方書V耐震設計編²⁾

の平均加速度応答スペクトルを目標とした模擬地震動を作成し、これを用いた。これらの各地震動の A/V と平均周期 t_m 、及びトータルパワー P_t との関係を示せば図-1のようであり、 A/V の大きい地震動ほどその平均周期 t_m 並びにトータルパワー P_t が小さくなる傾向にある。

したがって、本研究では、この A/V が構造物の損傷に関係する入力地震動特性を代表するものとみなし、作成した模擬地震動を各10個ずつの3つのグループ、すなわち、 A/V 値が比較的大きいグループ(H)、中間的なグループ(M)、比較的小さいグループ(L)に分類し、各グループごとの所要降伏強度比 R_r 、及び変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 (μ_D/μ_H) を求め、比較検討した。

4. Q-hyst型一自由度系の復元力特性と構造特性値 本解析で用いたQ-hyst型一自由度系の復元力特性、並びに構造特性値を示せば、それぞれ図-2、表-1のようである。

5. 解析結果 前述の模擬地震動をQ-hyst型一自由度系構造物に入力して、エネルギー応答

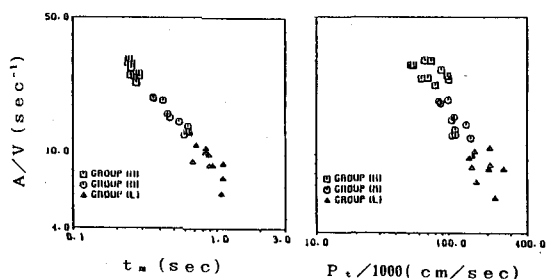


図-1 A/V と平均周期 t_m 、トータルパワー P_t との関係

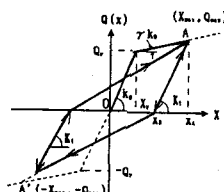


図-2 Q-hystモデル

表-1 系の構造特性値

μ_u	2	5	10
h	5%		
γ	0.1		
T	0.1 ~ 5.0 秒の範囲の15通り		
β	0.05	0.15	0.25

解析を行い、所要降伏強度比 R_r ($D=1$ を満たす R の値)、及び変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 (μ_D/μ_H) を求め、これら R_r 、及び (μ_D/μ_H) に及ぼす系の構造特性値、並びに入力地震動の A/V 値の影響について比較検討した。そして、所要降伏強度比 R_r 、及び (μ_D/μ_H) の平均値に対する回帰式を試行錯誤的に導いた。解析結果の一部として、図-3、図-4 及び図-5 に入力地震動の各グループごと、終局変位靱性率 μ_u ごと、正の係数 β ごとの各グループ10個の入力地震動に対する平均所要降伏強度比 R_{rm} をそれぞれ比較して示す。また、図-6 に μ_u ごとの、図-7 に β ごとの μ_D と μ_H の比に対する平均値 (μ_D/μ_H)_m を示す。そして、図-8、図-9 に R_{rm} の回帰結果と解析結果を比較して示しておく。

6. 安全性の照査 本研究で導いた所要降伏強度比 R_r に対する回帰式を用いた地震による構造物の終局安全性の照査法は、次のようである。1) 対象構造物の降伏強度比 R を求める。2) 回帰式より所要降伏強度比 R_r を計算する。3) R と R_r を比較し、安全性を照査する ($R \geq R_r$: 安全、 $R < R_r$: 崩壊)。また、同様に変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 (μ_D/μ_H) をその回帰式から推定することにより、以下の手順でも安全性の照査ができる。1) 対象構造物の変位靱性率 μ_{D1} を計算する。2) 回帰式と、Parkらの損傷指標式より終局状態における変位靱性率 μ_D を計算する。3) μ_{D1} と μ_D を比較し、安全性を照査する ($\mu_D \geq \mu_{D1}$: 安全、 $\mu_D < \mu_{D1}$: 崩壊)。

5. まとめ 本研究結果を要約すれば、1) 所要降伏強度比 R_r は、構造物の終局変位靱性率 μ_u 、及び固有周期 T 、断面に依存する正の係数 β 並びに入力地震動の A/V の影響を受ける。2) 本研究で提案した所要降伏強度比 R_r 及び変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 (μ_D/μ_H) は、構造物の終局安全性の照査に有用である。

参考文献 1) Park, Y. J. and Ang, A. H-S. and Wen, Y. K.: Damage-Limiting aseismic design of buildings, Earthquake spectra, Vol. 3, No. 1, pp. 1-26, Feb. 1987 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 pp. 141-147, 1990年2月

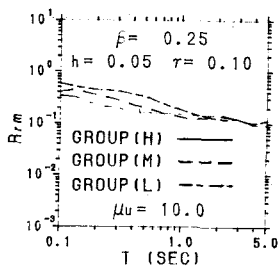


図-3

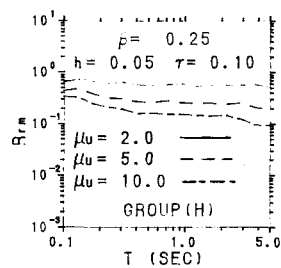


図-4

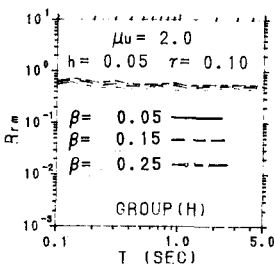


図-5

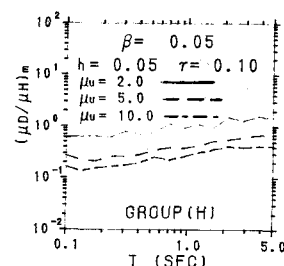


図-6

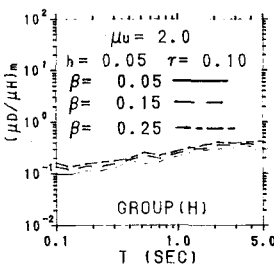


図-7

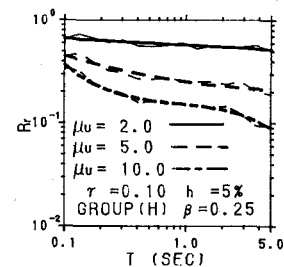


図-8

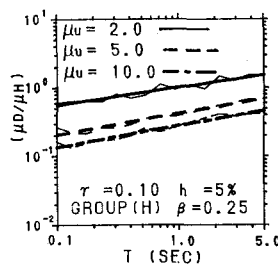


図-9

図-8、図-9において、細線は解析値、太線は回帰値を示す。