

Q-hyst 型一自由度系の降伏強度比と損傷評価指標との関係

徳島大学工学部 学生員○川端 茂樹 徳島大学工学部 正 員 平尾 潔
 徳島大学工学部 正 員 成行 義文 徳島大学工学部 正 員 沢田 勉

1. まえがき Parkら¹⁾は、多くの実験結果をもとに、地震による構造物の損傷評価指標Dを導き、これを用いた地震による構造物の安全性の照査法 ($D > 1$: 崩壊 $D \leq 1$: 安全) を提案している。しかし、現時点では、安全性の照査基準とすべきDの値は不明確であり²⁾、また適切なDの値が明らかになったとしても、その値の算定には複雑なエネルギー応答解析が必要となる。そこで、本研究では、強震下における構造物の損傷と密接な関係にある降伏強度比Rに注目した実用的な安全性照査法を導くための基礎的研究として、Q-hyst型一自由度系構造物を対象に、系の降伏強度比R、固有周期T、終局変位靱性率 μ_u 、正の係数 β ¹⁾及び入力地震動のA/V (最大加速度/最大速度) の相違がParkらの損傷指標D、並び変位靱性率 μ_D とエネルギー靱性率 μ_H の比 μ_D / μ_H に及ぼす影響について比較検討した。

2. 降伏強度比Rと損傷指標D Parkらの損傷指標Dは、式(1)のようであり、本研究では、はじめに、このD=1を満たす式(2)の降伏強度比Rの値、すなわち、所要降伏強度比 R_r を求めた。そして、式(3)により、構造物の降伏強度比Rをその弾性限界 ($R = 1$) から崩壊限界 ($R = R_r$) の間を10等分して得られる11通りに変化させて解析した。また、解析結果の整理には、式(4)により正規化した降伏強度比Rを用いた。ただし、式(1)の μ_D, β, μ_H 及び μ_u はそれぞれ、変位靱性率、断面に依存した正の係数¹⁾、エネルギー靱性率、及び終局変位靱性率を、式(2)の $Q_y, Q_{e,max}$ は構造物の降伏強度及び系の弾性応答解析より得られる最大復元力である。

$$D = (\mu_D + \beta * \mu_H) / \mu_u \quad (1)$$

$$R = Q_y / Q_{e,max} \quad (2)$$

$$\log_{10} R_i = \log_{10} R_r - \log_{10} R_r * (i-1) / 10 \quad (3)$$

$$R_i = \log_{10} R_i / \log_{10} R_r \quad (i=1 \sim 11) \quad (4)$$

3. 入力地震動 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³⁾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、これを入力地震動として用いた。そして、構造物の損傷に関係する入力地震動特性をそのA/V (最大加速度/最大速度) 値が代表するものとみなし、作成した模擬地震動をそれぞれ10個づつの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)に分類して⁴⁾比較検討した。

4. 復元力特性及び構造特性値 解析に用いた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-1、及び表-1のようになる。

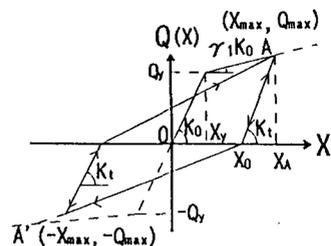


図-1 Q-hyst モデル

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15 通り		
β	0.05	0.15	0.25
R	0.0~1.0 の11通り		

5. 解析結果 前述した系の構造特性値並びに入力地震動の各組合わせについてエネルギー応答解析を行い、系の損傷指標D、変位靱性率 μ_D 、エネルギー靱性率 μ_H 及び μ_D / μ_H を求め比較検討した。紙面の都合上、解析結果の詳細は発表会当日にゆずり、ここでは、図-2に正の係数 $\beta = 0.05$ とし終局変位靱性率 μ_u を2及び10とした場合のグループ(H)地震に対する損傷指標Dの平均値を、図-3に $\mu_u = 2$ とし正の係数 β を0.05及び0.25とした場合のグループ(L)地震に対する同様な値を示す。また、図-4に $\beta = 0.15, \mu_u = 5$ としたグループ(H)地震グループ(L)地震に対する($\mu_D / \beta / \mu_H$)の平均値を示しておく。

6. まとめ 本研究の結果を要約すれば次のようである。

1) 損傷指標Dと降伏強度比Rの関係は、正の係数 β 及び入力地震動のA/Vの影響を余り受けず、終局変位靱性率 μ_u の値によって異なり、Rが小さい場合には、Dの値はほぼ $1/\mu_u$ となる。

2) $(\mu_D/\beta/\mu_H)$ の値は、すべての地震動グループ、終局変位靱性率 μ_u 及び正の係数 β について、固有周期T及び降伏強度比Rによる変動が少なく、滑らかな平面形状を呈する。したがって、これら降伏強度比Rと $(\mu_D/\beta/\mu_H)$ との回帰式が求めれば、Parkらのように、損傷指標Dが終局変位靱性率 μ_u とエネルギー靱性率 μ_H の関数として表される場合には、これを変位靱性率 μ_D のみに置き換えることが

でき、これより、我々になじみの深い最大変位のみを用いた安全性の照査が可能になるものと思われる。

参考文献 1) Y. J. Park and A. H. S. Ang, Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete. J. of Struct. Eng., ASCE, Vol. 111, No. 4, pp. 722~739, 1985. 2) 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. 3) 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. 4) 平尾 潔・沢田 勉・成行 義文：地震応答解析に用いる降伏強度比の定義とその互換性について，土木学会論文集 No. 46 5/I-23. 1993.4.

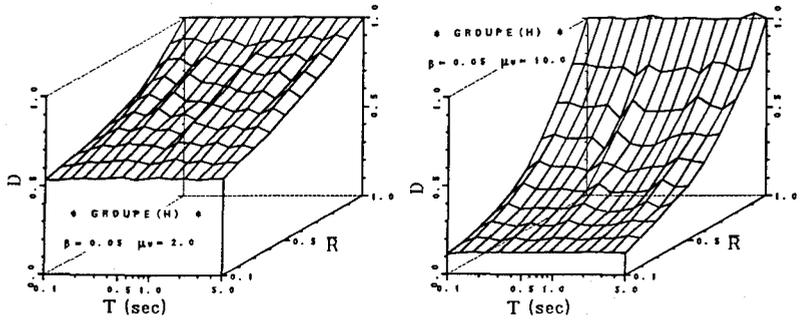


図-2 μ_u の相違によるDの比較

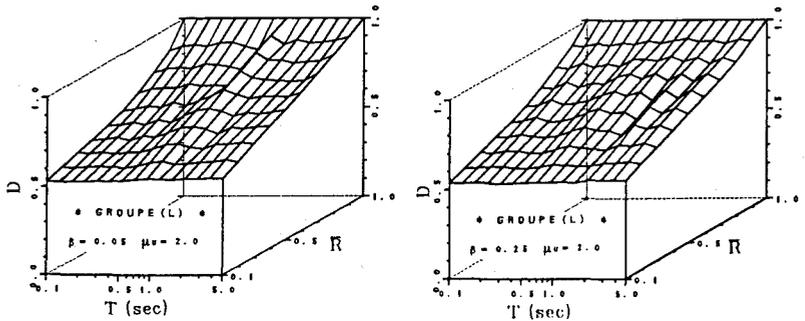


図-3 β の相違によるDの比較

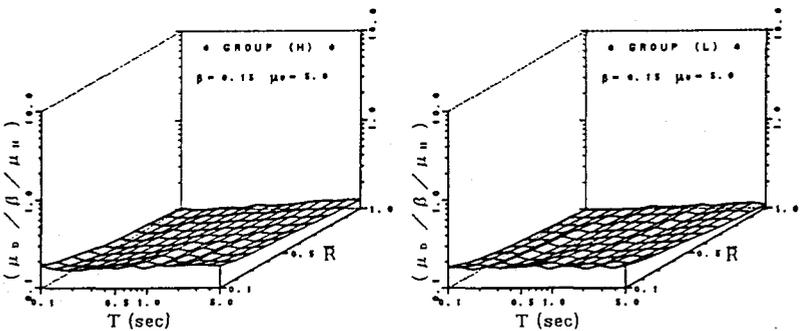


図-4 地震動の(A/V)の相違による $(\mu_D/\beta/\mu_H)$ の比較