

基礎との相互作用がRC橋脚の所要降伏強度に及ぼす影響について

株式会社 間 組 正 員○河野友紀 徳島大学工学部 正 員 平尾 潔
株式会社 奥村組 角谷雅寿 株式会社 浅川組 辻井卓也

1. まえがき 本研究は、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、はじめに、Q-hyst型1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 を求め、その所要降伏強度比に及ぼす系の構造特性値(終局変位靱性率、固有周期、減衰定数、弾塑性剛性比)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、所要降伏強度比に対する回帰式を導き、これを用いた終局安全性の一照査方法を提案した。ついで、これらの成果を実設計に反映させることを目的として、現在我国で一般的に用いられているRC橋脚を取り上げ、基礎との相互作用が橋脚躯体の所要降伏強度比に及ぼす影響について比較検討した。

2. 所要降伏強度比と損傷指標 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の安全性

照査方法(D>1:崩壊、D≤1:安全)を提案している。

$$D = (\delta_m + \beta \{dE/Q_y\}) / \delta_u \quad (1)$$

式(1)を変形すれば式(2)のようになる。本研究では、終局

$$D = (\mu_d + \beta \mu_h) / \mu_u \quad (2)$$

変位靱性率 μ_u を構造特性値の一つとして与え、式(2)の

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

D=1を満たす降伏強度比R(式(3))を求め、これを所要

降伏強度比と定義した。ただし、式(1)の、 $\delta_m, \delta_u, E_h = \int dE, Q_y, \beta$ 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、及び係数¹⁾を、式(2)の $\mu_u = \delta_u / \delta_y, \mu_d = \delta_m / \delta_y, \mu_h = E_h / (Q_y \cdot \delta_y)$ は、終局変位靱性率、変位靱性率、エネルギー靱性率を表し、 δ_y は降伏変位を表す。また、式(3)の Q_{emax} は弾性応答解析により得られる最大復元力である。

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 、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を求め、比較検討した。

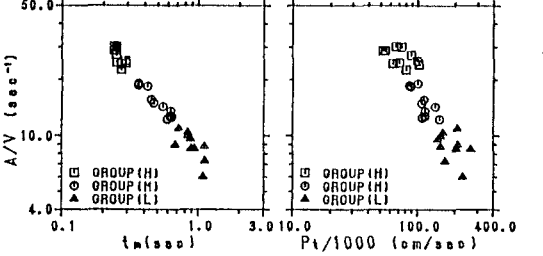


図-1 A/Vと平均周期 t_m 、トータルパワー P_t との関係

4. Q-hyst型1自由度系の所要降伏強度比

表-1に示すような構造特性値並びに図-2に示すようなQ-hyst型復元力特性をもつ1自由度系構造物を対象として、上記の模擬地震動を入力したエネルギー応答解析の繰返しにより、所要降伏強度比 R_r を求め、この R_r に及ぼす系の構造特性値並びに入力地震動のA/V値の

表-1 系の構造特性値

終局変位靱性率： μ_u	2	5	10
減衰定数： h	2%	5%	10%
弾塑性剛性比： γ	0.0	0.1	0.2
固有周期： T	0.1～5.0秒の範囲の15通り		
係数： β	0.05 ¹⁾		

影響について比較検討した。図-3に、入力地震動の各グループごとの平均所要降伏強度比 R_{rm} を示す。また、 $R_r = R_{rm} + 2\sigma_R$ (σ_R : R_{rm} の標準偏差) を目標として所要降伏強度比の回帰式を導いた。その結果を図-4に示しておく。

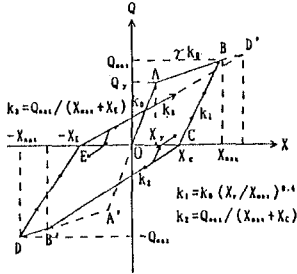


図-2 Q-hystモデル

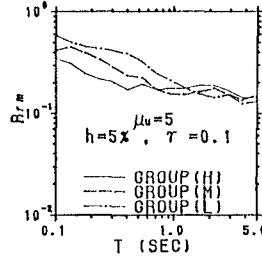


図-3 R_{rm} に及ぼす入力地震動の A/V 値の影響

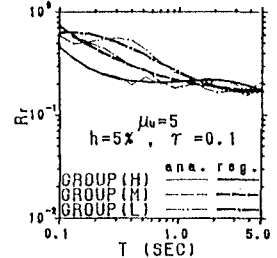


図-4 $R_{rm} (+2\sigma_R)$ と回帰式の値との比較

なお、このような所要降伏強度比 R_r をその回帰式から推定することにより、以下の手順で地震による構造物の終局安全性が容易に照査できることになる。1) 対象構造物の降伏強度比 R を計算する。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 の比較により、安全性を判定する ($R \geq R_r$: 安全、 $R < R_r$: 崩壊)。

5. 基礎との相互作用がRC橋脚の所要降伏強度比に及ぼす影響

現在在我国で実際に用いられている21個のRC橋脚³⁾を選び、図-5に示すように、基礎の運動をSway及びRockingパネで置き換えた2質点3自由度系にモデル化した。そして、前述の模擬地震動を入力して解析し、基礎との相互作用が橋脚躯体の所要降伏強度比に及ぼす影響について比較検討した。その際、橋脚躯体の復元力特性として、図-2に示すQ-hystモデルを、基礎のSway及びRockingパネの復元力特性として、図-6に示すHardin-Drnevichモデル⁴⁾を用いた。図-7に、各橋脚の、基礎を固定とした場合の所要降伏強度比 (R_F) と、相互作用を考慮した場合のそれ (R_I) との比、 $\bar{R} = R_I / R_F$ の入力地震動グループごとの平均値 $\bar{R}_m$ と基礎の構造特性値 $\bar{\omega} = \omega_0 / \omega_2$ (Rocking振動の固有円振動数/Sway振動の固有円振動数) との関係を示しておく。また、同時に、 $\bar{R}_m$ 並びに $R_0 = \bar{R}_m + 2\sigma_R$ (σ_R : $\bar{R}_m$ の標準偏差) に対する回帰結果も示している。

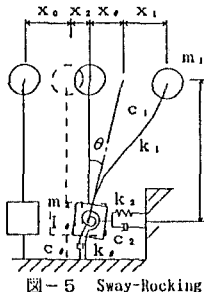


図-5 Sway-Rockingモデル

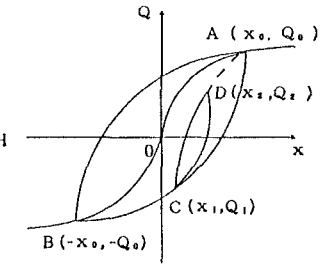


図-6 Hardin-Drnevichモデル

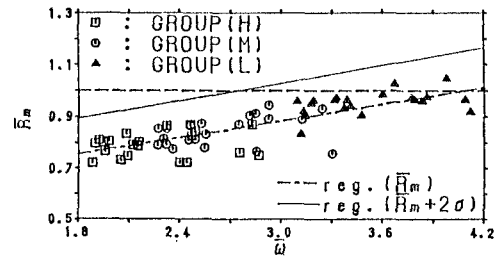


図-7 $\bar{R}_m$ と $\bar{\omega}$ の関係

6. まとめ 本研究結果を要約すれば、1) 所要降伏強度比は、構造物の終局変位靱性率 μ_u 、及び固有周期 T 並びに入力地震動の A/V の影響を受ける。2) 基礎との相互作用が橋脚躯体の所要降伏強度比に及ぼす影響は、基礎の構造特性値 (ω_0 / ω_2) を用いて定量的に評価できる。3) 本研究で提案した所要降伏強度比は、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 3) 川島・長谷川・小山・吉田: 大地震に対するRC橋脚の耐震設計法に関する研究、土木研究所資料第2266号、昭和60年12月 4) (財) 防災研究協会: 橋梁基礎の耐震設計に関する調査研究 (その2)、昭和62年 3月