

RC 構造物の地震時損傷度 評価指標の一決定法

徳島大学工学部 学生員○四方康仁
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
大林 組 藤見 晶

1. はじめに 構造物の地震時損傷を表す代表的な指標として、「変位じん性率」ならびに「履歴吸収エネルギー」の2つが挙げられる。両者とも互いに相関はあるものの、前者は瞬間的損傷を、また後者は地震荷重の繰り返し効果による累積損傷を表すパラメータとみなすことができる。強震時の構造物の損傷は、一般に、このような2種類の損傷の組み合わせと考えられる。Park¹⁾らは、多くの実験結果をもとにRC部材の地震時損傷度評価指標を「最大変形」と「履歴吸収エネルギー」の一次結合として定義している。しかし、Parkらの指標においては、破壊が明確に定義されていないため、指標値と損傷の程度との対応が曖昧である。このような観点より、本研究では単一部材から成る簡単なRC構造物を対称とし、低下耐力比（初期最大耐力に対する低下耐力の比）を破壊規範とした地震時損傷度評価指標の誘導を行い、さらにその簡易推定法について検討した。

2. RC構造物の復元力履歴モデルと破壊規範

本研究では、RC構造物をせん断型1質点系にモデル化し、その復元力履歴モデルとしては、Parkらの提唱した3-parameterモデル¹⁾に劣化域を付加したモデルを用いた。図-1はそのモデルの復元力履歴特性と破壊規範について示したものである。劣化型3-parameterモデルでは荷重の繰り返しに伴うRC部材の剛性劣化、耐力低下およびピンチング効果を考慮することができ、それらはそれぞれ α 、 β 、および γ で表されている。また、前述のように構造物の低下耐力比 Q_f が所定の低下耐力比 Q_{fc} (=0.8とした)以下になった時を破壊と定義した。他の記号については同図に示す通りである。

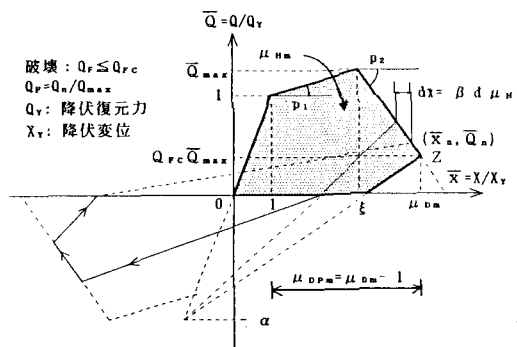


図-1 劣化型3-parameter モデルと破壊規範

3. 損傷度評価指標 D_i 本研究では、構造物の地震時損傷は瞬間的な損傷と累積的な損傷との複合と考え、前者を表すパラメータとして変位じん性率 $\mu_{DF} (= (X_{max} - X_y) / X_y)$ また後者を表すパラメータとしてエネルギーじん性率 $\mu_H (= W_H / Q_y X_y)$ 、 W_H : 履歴吸収エネルギー)に注目した。そして、骨格曲線の相違の影響を少しでも取り除くため、これらのパラメータをそれぞれ図-1中に示した基準値 μ_{DFm} および μ_{Hm} で除し、それら $(\mu_{DF} / \mu_{DFm}, \mu_H / \mu_{Hm})$ を損傷パラメータとした。図-2は構造物の固有周期 T 、および入力強度比 $R (= m \dot{x}_{omax} / Q_y)$ 、 m : 質量, \dot{x}_{omax} : 入力地震動の最大加速度)を適当に変化させた場合の $\mu_{DF} / \mu_{DFm} - \mu_H / \mu_{Hm}$ 関係を示したものである。図中のx印は構造物が破壊($Q_f = Q_{fc} = 0.8$)したことを示している。入力地震動はEL Centro 記録であり、他の構造特性パラメータの値は、それぞれ $p_1 = 0.1$, $p_2 = 0.1$, $\xi = 5.0$, $\alpha = 2.0$, $\beta = 0.1$ および $\gamma = \infty$ (図-1参照)の場合である。また、系の減衰定数

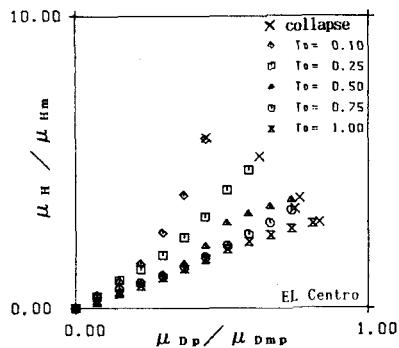


図-2 $\mu_{DF} / \mu_{DFm} - \mu_H / \mu_{Hm}$

は $h=0.05$ とした。図中、原点は弾性限界（無損傷）点を示しており、また、図-1の単調載荷時の破壊点Zは、図-2では座標(1.0, 1.0)に対応している。図-2より、 $T_0=0.1$ 秒の場合を除けば、各固有周期とも弾性限界（無損傷）、すなわち原点から破壊（×印）までの $\mu_{DP}/\mu_{DmP} - \mu_H/\mu_{Hm}$ 関係はほぼ線形と見なすことができ、また、各周期における破壊点も一つの直線（破壊線）上にほぼ分布していることがわかる。これらのことより、本研究ではこの破壊線を式(1)のように (μ_{DFC}/μ_{DFm}) と (μ_{HC}/μ_{Hm}) の一次結合として定義した。

$$1.0 = A \frac{\mu_{DFC}}{\mu_{DFm}} + B \frac{\mu_{HC}}{\mu_{Hm}} \quad \dots (1)$$

ここで、各構造物の損傷度が破壊時の μ_{DP} （あるいは μ_H ）に比例すると仮定すると、等損傷線は図-3に示すように破壊線と平行な直線となり式(2)のように表される。

$$D_I = A \frac{\mu_{DP}}{\mu_{DFm}} + B \frac{\mu_H}{\mu_{Hm}} \quad \dots (2)$$

結果的に式(2)が損傷度評価指標 D_I となり、これを用いれば μ_{DP} および μ_H を代入することにより、構造物の地震時損傷度を合理的に評価できる($D_I \leq 0.0$: 無損傷 (弾性), $0.0 < D_I < 1.0$: 損傷有, および $D_I \geq 1.0$: 破壊)ものと思われる。式中の係数A, Bは回帰係数である。

4. 破壊線の簡易推定法 3. で述べたように、構造物の損傷度評価指標 D_I を求めるためには、まず破壊線を決定する必要があるが、これを回帰分析により行うのはあまり実用的ではない。したがって、ここでは、静的単調載荷ならびに一定振幅繰り返し載荷による結果から破壊線を推定する方法について検討した。図-4の×印は、EL Centro 記録を入力した場合の劣化開始塑性率 $\xi=5.0$ を有する構造物の破壊点を5種類の固有周期($T_0=0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$ 秒)に対してそれぞれプロットしたものであり、それらの回帰直線も同時に示している。他の構造特性パラメータは図-2の場合と同様である。図中△および□印は、ともに静的一定振幅繰り返し載荷に対する破壊点を示しており、それぞれ $\mu_D=1.2$ および $\mu_D=\xi$ の場合の結果である。また、○印は単調載荷時の破壊点(1.0, 1.0)を示している。図-4より、応答解析結果の回帰直線はほぼ、単調載荷時の破壊点を通ること、また、一定振幅繰り返し載荷に対する2つの破壊点を結ぶ直線はほぼ回帰直線と平行であることがわかる。したがって、2種類の一定振幅繰り返し載荷に対する破壊点を結んで得られる直線を単調載荷時の破壊点を通るように平行移動することにより、近似的に破壊線を求めることができる。また、 ξ が非常に小さい場合には、図-5に示すように、 $\mu_D=1.2$ の一定振幅繰り返し載荷ならびに単調載荷時の各破壊点を直接結ぶことにより、推定破壊線を得ることができる。これらの破壊線により、近似的に損傷度評価指標を求めることができる。

5. おわりに 低下耐力比を破壊規範とした場合の劣化型RC構造物の地震時損傷度評価指標を導出し、さらにその簡易推定法を示した。異なる入力波ならびに構造特性パラメータ等に対する検討結果は講演会当日O.H.P.により紹介する予定である。

参考文献 1) Y.J.Park, A.M.Reinhorn and S.K.Kunnath: Inelastic Damage Analysis of Reinforced Concrete Frame-Shear-wall Structures, Technical Report NCEER-87-0008, July, 1987.

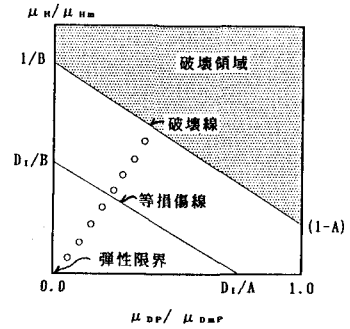


図-3 破壊線と等損傷線

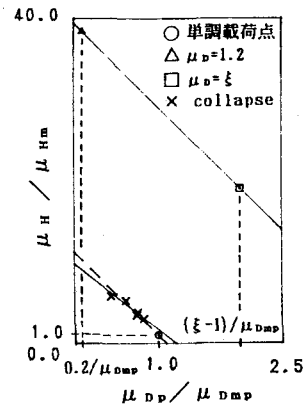


図-4 ($\xi > 1.0$)

破壊線の簡易推定法

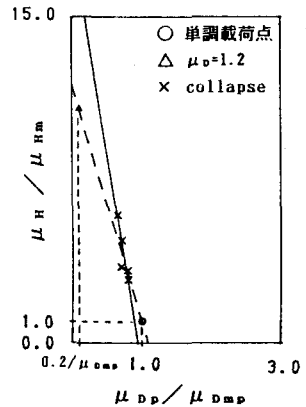


図-5 ($\xi = 1.0$)

破壊線の簡易推定法