

I-79

低下耐力比を破壊規範としたRC構造物の
地震時損傷度評価指標について

徳島大学工学部 学生員 四方 康仁

徳島大学工学部 正 員 成行 義文

徳島大学工学部 正 員 平尾 潔

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構造物を対象とし、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1質点系にモデル化し、その復元力履歴モデルとしては、図-1のような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。この劣化型3-parameterモデルでは、荷重の繰返しに伴うRC部材の剛性劣化、耐力低下およびピンチング効果等を考慮することができ、それらはそれぞれパラメータ α 、 β および γ で表されている。また、ここでは、構造物の低下耐力比 Q_F が所定の低下耐力比 Q_{Fc} （=0.8）以下になった時を「破壊」と定義した。

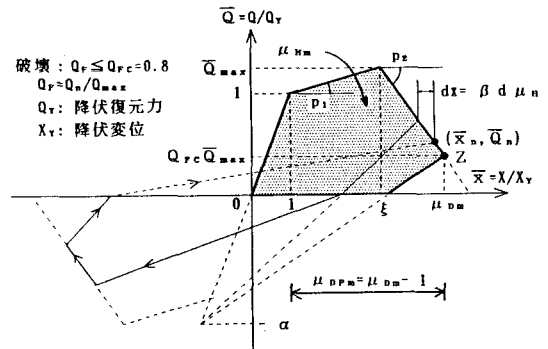


図-1 3-parameter モデルと破壊規範

3. 損傷度評価指標D 本研究では、構造物の地震時損傷を瞬間的損傷と累積的損傷の複合と考え、前者を表すパラメータとして変位じん性率 $\mu_{DP} = (X_{max} - X_y) / X_y$ に、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)にそれぞれ注目した。そして、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_{DPM} および μ_{HM} で除して得られる μ_{DP} / μ_{DPM} および μ_H / μ_{HM} を損傷パラメータとした。図-2は構造物の固有周期 T_0 および入力強度比 $R (= m \ddot{x}_{0max} / Q_y, m$: 質量, $\ddot{x}_{0max}$: 入力地震動の最大加速度)を適当に変化させた場合の $\mu_{DP} / \mu_{DPM} - \mu_H / \mu_{HM}$ 関係を示したものである。図中の×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 $\gamma = \infty$ の場合である(図-1参照)。また、系の減衰定数は $h = 0.05$ とした。図中、原点は弾性限界(無損傷)点を、またM点は図-1

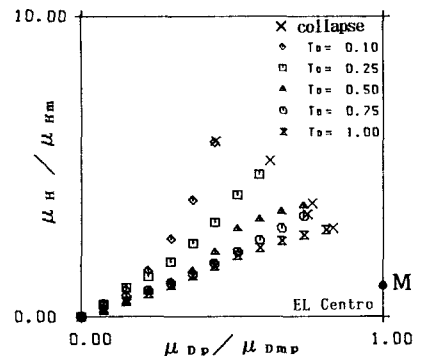


図-2

 $\mu_{DP} / \mu_{DPM} - \mu_H / \mu_{HM}$ 関係

の単調載荷時の破壊点 Z を示している。図-2より、 $T_0=0.1$ 秒の場合を除けば、各固有周期とも原点から破壊点（×印）に到る $\mu_{DP}/\mu_{DPM} - \mu_H/\mu_{HM}$ 関係はほぼ線形と見なすことができ、また、各固有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。したがって、本研究では、この破壊線を式(1)のように μ_{DPC} と μ_{HC} （破壊時の μ_{DP} と μ_H ）の一次結合として定義した。

$$1.0 = A \frac{\mu_{DPC}}{\mu_{DPM}} + B \frac{\mu_{HC}}{\mu_{HM}} \quad \cdots (1)$$

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。

$$D_1 = A \frac{\mu_{DP}}{\mu_{DPM}} + B \frac{\mu_H}{\mu_{HM}} \quad \cdots (2)$$

結果的に式(2)が損傷度評価指標 D_1 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（ $D_1 \leq 0.0$ ：無損傷， $0.0 < D_1 < 1.0$ ：損傷有，および $D_1 \geq 1.0$ ：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_1 を求めるためには、まず破壊線（係数 A ， B ）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実線で示している。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。これらの破壊線の式より、近似的に損傷度評価指標 D_1 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誘導し、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.

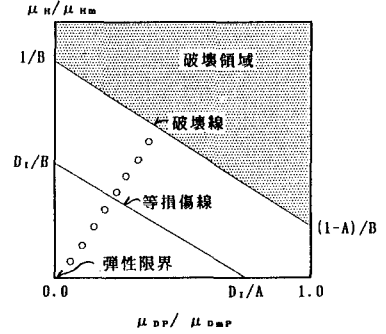


図-3 破壊線と等損傷線

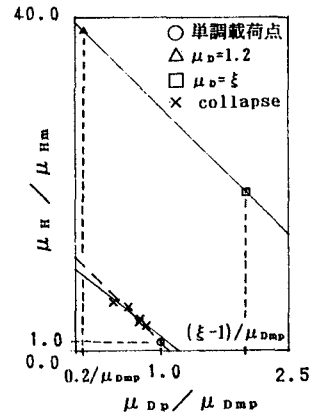


図-4 ($\xi > 1.0$)
破壊線の簡易推定法

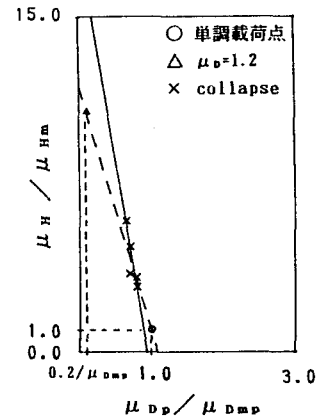


図-5 ($\xi = 1.0$)
破壊線の簡易推定法