

I - 6 Park 型指標に基づく構造物の地震時損傷度に及ぼす復元力履歴特性の影響

徳島大学大学院 学生員 ○高田 鉄也
徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔

徳島大学工学部 正 員 成行 義文
徳島大学大学院 学生員 門 峰康

1. はじめに 損傷制御型の耐震設計法を確立するためには、強震下における構造物の損傷度を比較的精度よく評価できる指標の確立が不可欠である。本研究では、3-parameter モデルを対象とした場合の厳密な Park 型損傷指標について考察するとともに、3-parameter モデル以外に、Q-hyst モデルならびに Bilinear モデルを用いた地震応答解析を行い、系の復元力履歴特性が修正 Park らの損傷指標に及ぼす影響について若干の比較検討を行う。

2. 修正 Park らの損傷指標 Park らは、地震による構造物の損傷度を定量的に表すために、式(1)のような損傷指標 D を提案している。本研究では、この損傷指標 D の、系の応答が弾性範囲内である場合にも指標値が正値になってしまうという欠点を修正した、修正 Park らの損傷指標 D_{m1} (式(2))を用いる。

$$D = (\mu_d + \beta \mu_h) / \mu_u \quad (1)$$

$$D_{m1} = ((\mu_d - 1) + \beta \mu_h) / (\mu_u - 1) \quad (2)$$

ここに、 μ_d は最大塑性率、 μ_h は履歴吸収エネルギー率、 μ_u は終局塑性率である。また、 β は非負の係数である。

3. 3-Parameter モデル Park らは RC 構造物の地震時挙動を解析的に把握するために 3-Parameter モデル(図 - 1)を提案している。この 3-Parameter モデルは、trilinear 型骨格曲線を有し、3 つのパラメータの組み合わせにより様々な履歴特性を表現しうる復元力 - 変位履歴モデルである。ここで、 β は式(2)中の β と同一のものである。図 - 1 中の文字 μ_{ξ} はスケルトンカーブ上の最大耐力到達塑性率、 μ_{vd} は最終的な指向点に対応する塑性率である。

4. 厳密に定義された損傷指標 D_{m0} 修正 Park らの損傷指標と比較する厳密な損傷指標として、最終的な指向点に対応する塑性率 μ_{vd} を応答パラメータとして定義された D_{m0} (式(3))を用いた。図 - 1 より明らかなように、 μ_{vd} は $\Delta \mu_{ds}$ と $\beta \Delta \mu_h$ の和で表され、実質的な終局塑性率と考えられる。

$$D_{m0} = \mu_{vd} / \mu_u = (\mu_{ds} + \beta \mu_h) / \mu_u \quad (3)$$

5. 損傷指標 D_{m1} と D_{m0} との比較ならびに考察 3-Parameter モデルを対象とした場合の厳密な損傷指標について考察するため、損傷度指標 D_{m1} と D_{m0} を比較する。解析においては、減衰定数 $h=0.05$ 、係数 $\beta=0.15$ 、終局塑性率 $\mu_u=6.0$ 、復元力モデルは完全弾塑性型骨格曲線を有する 3-Parameter モデル、入力地震動は El Centro NS 記録と JMA Kobe NS 記録、固有周期 $T_0=0.05 \sim 2.0(\text{sec})$ ($\Delta T_0=0.05(\text{sec})$) とした。

図 - 2 は JMA Kobe NS 記録に対する解析比較結果である。ま

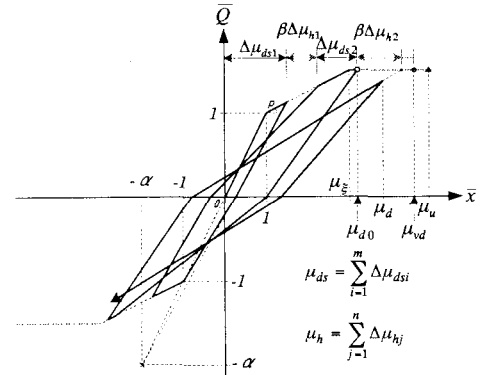


図 - 1 3-Parameter モデル

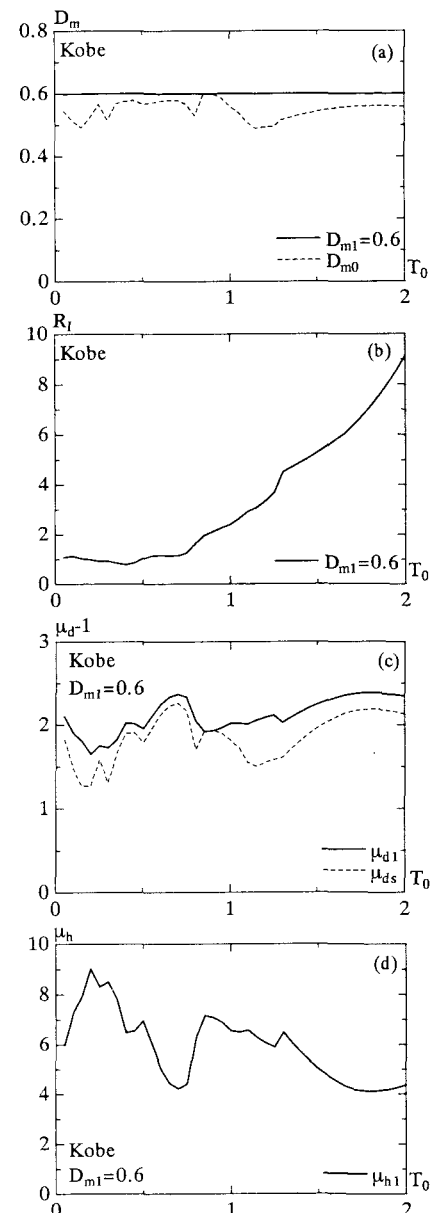


図 - 2 損傷スペクトルの比較
(JMA Kobe NS 記録)

ず、 $D_{m1}=0.6$ (図 - 2(a))となるような入力強度比 R_I を求め(図 - 2(b)),この R_I に対する D_{m0} を求める.図 - 2(a)より, D_{m1} は常に D_{m0} より大きく,その差も 0.1 以下であることがわかる.これは図 - 1 から分かるように, μ_d が μ_{ds} より常に大きいためである(図 - 2(c)). μ_h は両者共通なので同じである(図 - 2(d)).

El Centro NS 記録に対しても同様な傾向が見られた.これらのことより,仮に D_{m0} が真の損傷度を表していると, D_{m1} は若干の安全側の損傷度を与える指標であるといえる.

6. 復元力履歴特性の相違が損傷度に及ぼす影響 修正 Park らの損傷指標値 D_m に及ぼす復元力履歴特性の影響について考察する.まず,比較に用いた復元力モデルは $\beta \neq 0.0$ の場合の 3-Parameter モデル, $\beta = 0.0$ の場合の 3-Parameter モデル,Q-hyst モデル(図 - 3)ならびに Bilinear モデル(図 - 4)の 4 種類である.それぞれ完全弾塑性型のスケルトンカーブを有する.また,各復元力モデルを用いた場合のそれぞれの最大塑性率ならびに履歴吸収エネルギー率は表 - 1 に示すように,適宜下添え字(1,2,Q ならびに B)により区別する.

図 - 5 は JMA Kobe NS 記録に対する D_m , μ_d , μ_h 比較結果を示したものである.まず, D_{m1} と D_{m2} 曲線を比較すると,短周期で比較的那差が大きくなっているが,概ね $D_{m1}=D_{m2}$ とみなして差し支えないといえる.Q-hyst モデルを用いた場合の D_{mQ} , μ_{dQ} ならびに μ_{hQ} を見ると, D_{m1} と D_{mQ} の差が最大で 0.2 程度あるものの D_{m1} , μ_{d1} ならびに μ_{h1} 曲線の近傍を推移していることがわかる.Bilinear モデルを用いた場合の D_{mB} は D_{m1} と大きく相違している部分が多く,また Bilinear モデルに対する D_m , μ_d ならびに μ_h 等は,剛性劣化型モデルに対するそれらとは若干異なる様相を呈する.

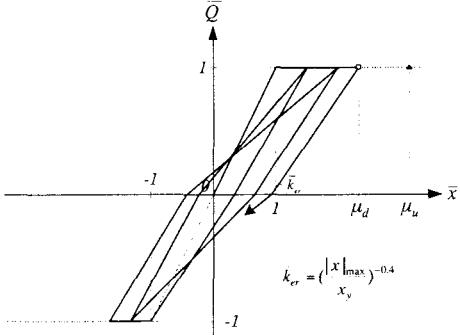


図 - 3 Q-hyst モデル

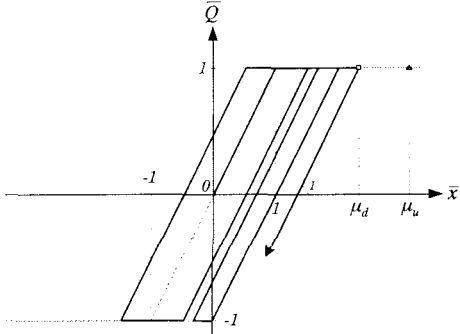


図 - 4 Bilinear モデル

表 - 1 損傷指標等との対応表

履歴モデル	損傷指標 ($\mu_u = 6, \beta_1 = 0.15$)	モデル中の β
3-Parameter	$D_{m1} = \frac{(\mu_{d1} - 1) + \beta_1 \mu_{h1}}{\mu_u - 1}$	$\beta = 0.15$
3-Parameter	$D_{m2} = \frac{(\mu_{d2} - 1) + \beta_1 \mu_{h2}}{\mu_u - 1}$	$\beta = 0.0$
Q-hyst	$D_{mQ} = \frac{(\mu_{dQ} - 1) + \beta_1 \mu_{hQ}}{\mu_u - 1}$	
Bilinear	$D_{mB} = \frac{(\mu_{dB} - 1) + \beta_1 \mu_{hB}}{\mu_u - 1}$	

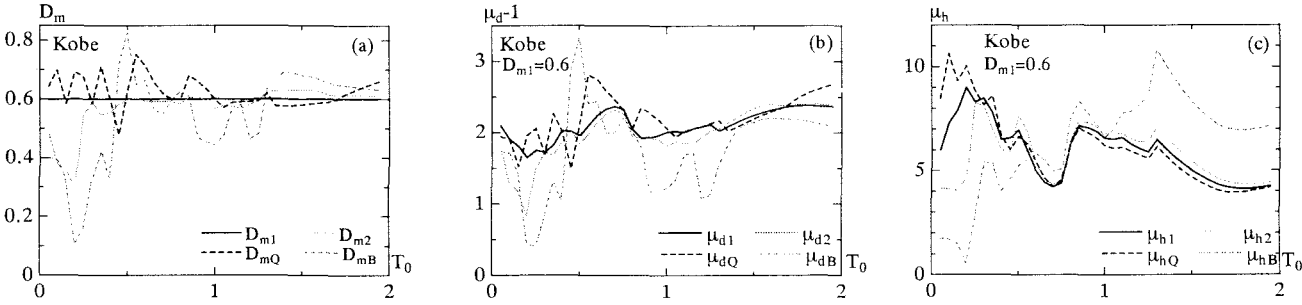


図 - 5 各種復元力履歴モデルに対する損傷度スペクトルの比較 (JMA Kobe NS 記録)

7. おわりに 最終指向点に着目した損傷指標 D_{m0} を厳密解とみなすと修正 Park らの損傷指標 D_{m1} は若干安全側の評価を与える指標といえる.また,修正 Park らの損傷指標は復元力履歴特性の影響を大きく受け,特に Bilinear モデルとそれ以外の剛性劣化型モデルとでは,損傷度が大きく異なることが分かった.なお,El Centro NS 記録に対する解析結果は,発表会当日紹介する予定である.

8. 参考文献 1)Park,Y.J,Ang H.-S.and Wen Y.K:Mechanistic Seismic Damege Model for Reinforced Concrete, JourOfStr.Eng.,ASCE,Vol.111,No.ST4,pp.722～739,1985.
2)Park,Y.J.,A.M.Reinhorn and S.K.Kunnath: Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Buildings,Proc.Of the 9th world Conference on Earthquake Engineering,Vol.VII,pp.211～216,11988.