

RC 構造物の地震時損傷度評価指標 に関する 2・3 の考察

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

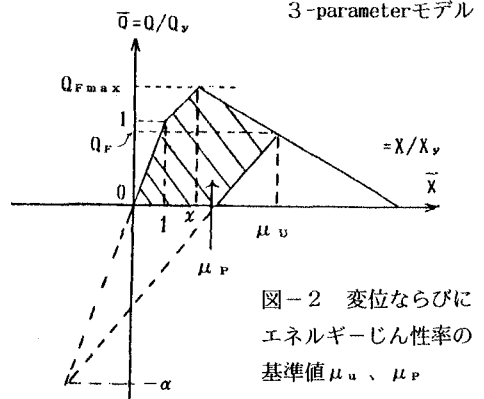
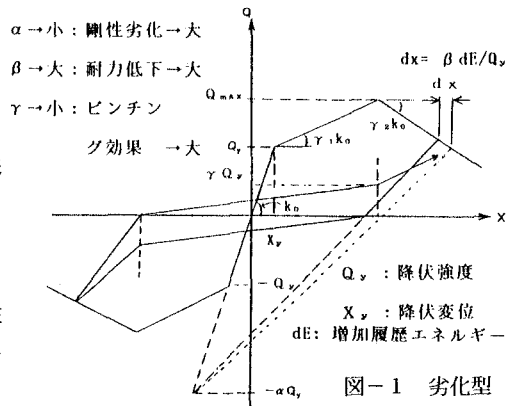
1. はじめに 一般に塑性変形を考慮した設計では、構造物の損傷を表す指標として主に変位じん性率が用いられる。しかし、変位じん性率は応答継続時間中のある瞬間における値であり、地震動のような繰り返し荷重によって累積される損傷の程度を表現することは困難である。近年、このような累積型の損傷を表す指標として、構造物の強度と変形の両側面を包含し得る”履歴吸収エネルギー（塑性ひずみエネルギー）”が注目されている。本研究では、実際の RC 構造物の地震時損傷を、瞬間的損傷と累積的損傷との複合であると考え、損傷度評価指標をそれらの個々の損傷の線形和と定義した。そして、低下耐力比を破壊規範として構造物破壊時の変位ならびにエネルギーじん性率を求め、それらを用いて損傷度評価式に含まれる 2 つの係数の定量的評価を試みた。

2. 解析モデルおよび解析法 本研究は、RC 構造物の復元力履歴特性を表現するモデルとして、Y. J. Park らが提唱した 3-parameter モデル¹⁾を劣化域を考慮し得るように修正して用いた。このモデルは図-1 に示すように RC 部材の多様な復元力履歴特性、すなわち剛性劣化、耐力低下ならびにピンチング等、を 3 つの特性パラメータ (α , β , ならびに γ) により表わすことができる。そして、このような復元力履歴モデルを有する 1 自由度系に 2、3 の実地震動を入力して、構造物の低下耐力比（低下耐力/最大耐力）が所定の値に達する時（破壊時）の変位ならびにエネルギーじん性率を、地震動加速度の振幅を調整しつつ繰り返し計算により求めた。

3. 損傷度評価指標と破壊規範 強震下における RC 構造物の損傷度評価指標として、Y. J. Park ら¹⁾と同形の式 (1) のような指標 D_1 を採用した。

$$D_1 = A \frac{\mu_D}{\mu_u} + B \frac{\mu_H}{\mu_P} \dots (1)$$

この指標は、変位じん性率 μ_D とエネルギーじん性率（降伏変位と降伏復元力との積に対する履歴吸収エネルギーの比） μ_H との線形結合として定義される。ここで、A、B は定数、また μ_u 、 μ_P は図-2 に示すような所定の低下耐力比 Q_F に対する変位ならびにエネルギーじん性率の基準値である。本研究では、構造物の耐力が最大耐力の 80% まで低下した場合を破壊とみなし、その時の損傷度指標 D_1 の値が 1.0 となるように最小 2 乗法により係数 A、B を求めた。すなわち、 $D_1 \geq 1.0$ の場合は、構造物が崩壊したことを、また、 $A/\mu_u < D_1 < 1.0$ の場合は破壊には至らないが損傷を受けていることを、そして、 $0 \leq D_1 \leq A/\mu_u$ の場合は系の応答が弾性範囲内にあり、無損傷であることを示している。



4. 回帰係数A, Bに及ぼすβの影響 前述のように、本研究では低下耐力比（最大耐力に対する低下耐力の比） Q_F を破壊規範とし、その値を0.8に設定した。そして、 $Q_F=0.8$ となる場合の μ_D および μ_H を、反復計算により求め、それらの値を用いて、 $D_i=1.0$ となるように係数A, Bを求めた。図-3は、EL Centro記録に対する弾塑性剛性比 $\gamma_1=0.1$ 、劣化勾配 $\gamma_2=-0.1$ 、劣化開始塑性率 $\chi=1.0$ 、 $\alpha=2.0$ 、 $\beta=0.1\sim 0.2$ 、 $\gamma=\infty$ （ピンチングの効果を無視）の場合の10個のデータを用いて回帰分析を行った結果である。図中の記号Covは回帰式の変動係数を示している。変動係数が小さいほど、回帰式の精度は高いと考えられる。また、一般にパラメータの変動範囲を小さくするほど、バラツキの小さい回帰式を得ることが可能であると思われるが、反面、場合分けが多くなり非実用的となる恐れがある。ここでは、まず、損傷度指標 D_i に及ぼす影響が最も大きいと思われる耐力低下に関するパラメータ β が、回帰係数A, Bの値ならびに回帰式の変動係数に及ぼす影響について比較検討した。表-1は、EL Centro記録に対する解析結果をもとに回帰係数A, Bに及ぼすβの影響を示したものである。前出の図-3の結果はこの表の $\beta=0.1\sim 0.2$ の欄に記されている。この表より、βが大きくなるほど、各係数の比B/Aが大きくなっているのが分かる。これは、図-1中にも示したようにβが大きいほど耐力低下が大きく、エネルギーじん性率の損傷への寄与率が高くなるためである。また、βの値によらず変動係数は0.35以下となっており、比較的精度のよい回帰式が得られている。表-2および表-3は同様に室蘭記録、八戸記録に対して同様な比較を行ったものである。これらの表より、入力地震動特性が回帰係数に及ぼす影響は比較的小さいことが分かる。

5. おわりに 紙面の都合上、β以外の各種構造特性パラメータが回帰係数等に及ぼす影響を示すことができなかったが、影響の大きいパラメータは γ_2 、 χ 、 β であり、パラメータ α 、 γ 、 γ_1 等の影響は比較的小さいことが分かった。これに関する詳細は講演会当日0.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.

表-1 回帰係数に及ぼすβの影響

EL Centro 記録 $Q_F=0.8$, $\chi=1.0$, $\gamma_1=0.1$ $\gamma_2=-0.1$, $\alpha=2.0$, $\gamma=\infty$, $T_0=0.1\sim 1.0$			
β	A	B	Cov
0.0~0.1	1.060	0.002	0.346
0.1~0.2	1.086	0.044	0.271
0.2~0.3	1.102	0.086	0.257
0.3~0.4	1.153	0.122	0.232
0.4~0.5	1.190	0.161	0.187

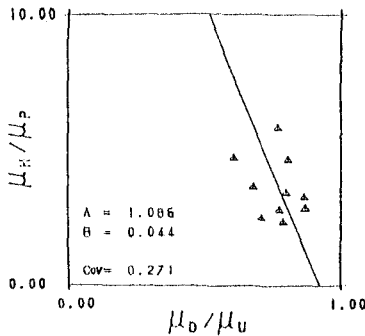


図-3 回帰直線

表-2 回帰係数に及ぼすβの影響

MURORAN 記録 $Q_F=0.8$, $\chi=1.0$, $\gamma_1=0.1$ $\gamma_2=-0.1$, $\alpha=2.0$, $\gamma=\infty$, $T_0=0.1\sim 1.0$			
β	A	B	Cov
0.0~0.1	1.085	0.003	0.461
0.1~0.2	1.129	0.041	0.364
0.2~0.3	1.103	0.093	0.282
0.3~0.4	1.135	0.144	0.230
0.4~0.5	1.146	0.192	0.186

表-3 回帰係数に及ぼすβの影響

HACHINOHE 記録 $Q_F=0.8$, $\chi=1.0$, $\gamma_1=0.1$ $\gamma_2=-0.1$, $\alpha=2.0$, $\gamma=\infty$, $T_0=0.1\sim 1.0$			
β	A	B	Cov
0.0~0.1	1.085	0.004	0.421
0.1~0.2	1.129	0.047	0.280
0.2~0.3	1.175	0.084	0.225
0.3~0.4	1.240	0.114	0.202
0.4~0.5	1.319	0.139	0.181