

R C構造物のオンライン劣化履歴地震応答解析

京都大学工学部 正員 山田 善一 京都大学工学部 正員 家村 若和
大林組 正員 加藤 敏明 京都大学大学院 学生員 西村 一郎

1. まえがき

R C構造物の弾塑性地震応答時における剛性およびエネルギー吸収能の劣化過程を把握することを目的として、マイコンと載荷試験機を組み合わせたオンラインシステムによる弾塑性地震応答解析を実施した。この実験結果と現在提案されている劣化を考慮した地震応答解析プログラム²⁾の解析結果とを比較し、劣化過程の相違について検討を行った。以上の解析より動特性が劣化する構造物の強震時における動的破壊規範を最大じん性率応答、剛性劣化度、エネルギー吸収能、累積損傷度などから総合的に検討するための資料を得た。

2. オンラインシステムによる実験の概要

オンラインシステムは図1に示したようにアクトエーターにより応答変位 x_i を部材に与え、それからの復元力 $f(x_i)$ をAD変換したのち、マイコン内に取り込み、運動方程式

$$M\ddot{x}_i + C\dot{x}_i + f(x_i) = -M\ddot{x}_g$$

を解く。次に応答変位 x_i をDA変換して、再びアクトエーターにより部材を变形させるというシステムである。本実験における部材と解析モデルの関係は図2(a)(b)に示したように実験部材の半分と解析モデルの柱材とが対応している。解析モデルの固有周期は0.45秒、降伏加速度はほぼ80 galである。入力地震波は、EL CENTRO-NS記録、番洲高架橋設計用地震波、ハチノヘNS記録の3種類を用い、100～300 galの入力強度とした。

3. 実験結果および劣化過程に関する考察

実験結果の一例として、ハチノヘNS250 galの場合の履歴ループを図3に、剛性劣化、エネルギー吸収量、累積損傷度の時間変化を図4に示す。剛性劣化は塑性域において一挙に進み、その後はほぼ一定である。また履歴ループは傾斜い形から逆S字形に移行し、エネルギー吸収能の劣化を定性的に示している。図2(b)

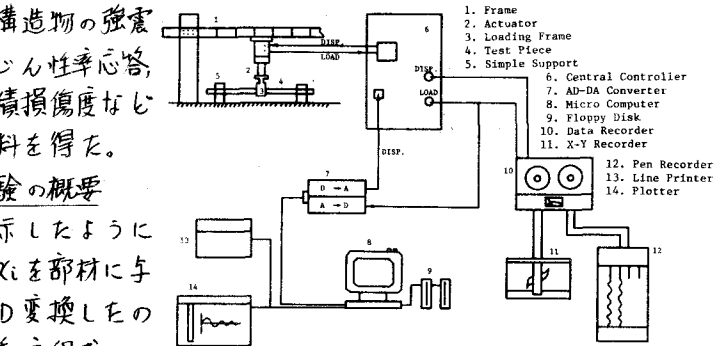


図1 オンライン実験システムの概要

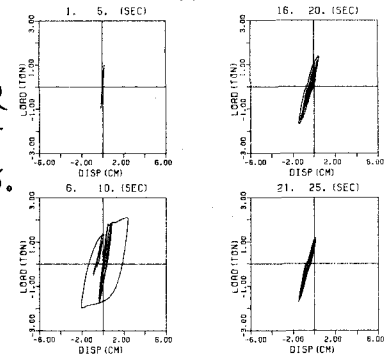


図3 履歴ループ Hachinohe-NS 250(gal)

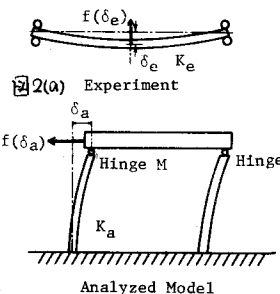


図2(a) Experiment

図2(b) Analyzed Model

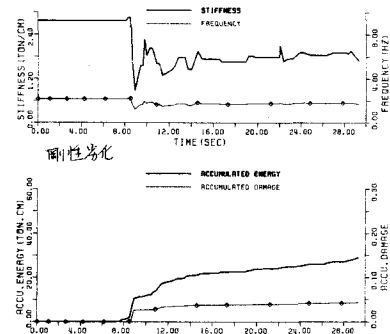


図4 剛性劣化とエネルギー吸収能の時間変化 Hachinohe-NS 250(gal)

Yoshikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA, Toshiaki KATŌ,
Ichirō NISHIMURA

図5は、最大じん性率応答 μ と剛性劣化度DSとの関係を実験結果から回帰したものである。 μ とDSとはほぼ線形的な回帰をすることができ、このことは、塑性域における最大応答変位によって剛性劣化を評価できることを示している。次にエネルギー吸収能の劣化については、半サイクル毎のエネルギー吸収量から振幅の影響を取り除くことによって、劣化を指標を得る手法を開発し評価した。図6にエネルギー吸収能の劣化DEと累積エネルギー吸収量の関係を示した。エネルギー吸収量に比例して劣化が進み、あるところで急激に劣化が進み破壊に至る傾向がとらえられている。

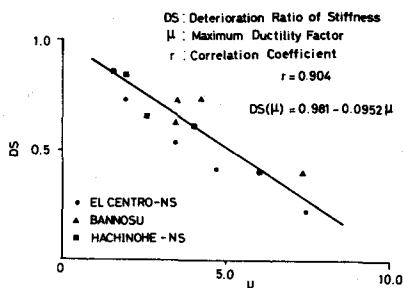


図5 最大じん性率応答と剛性劣化

4. 弾塑性地震応答解析プログラムによる解析結果との比較

図7に地震動終了後の剛性劣化度を示したが、実験と解析結果は比較的良好に一致している。一方地震動継続時間軸上のエネルギー吸収能の劣化を図8に示したが、解析モデルは急激な劣化を示している。

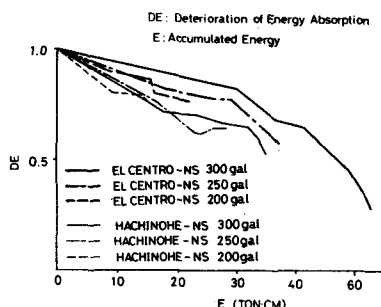


図6 累積エネルギー吸収量とエネルギー吸収能劣化

5. まとめ

構造物が弾性限界を越えてどの程度の入力強度まで耐震性を有するかを総合的に判定するために表1を作成した。この表の最大じん性率応答、剛性劣化度、エネルギー吸収量より本解析の想定構造物は約150 gal (降伏加速度の1.9倍) までの耐震性を有するであろうと推定される。以上の結果などより構造物の動的破壊規範として、エネルギー吸収量または吸収能の劣化度が最適バリエーションであることを見出した。

References

- 1) Okada, T., Seki, M.: A Simulation of Earthquake Response of Reinforced Concrete Buildings, Proc. of 6th W.C.E.E., New Delhi, 1977
- 2) Otani, S.: Inelastic Analysis of R/C Frame Structures, Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 100, No. ST7, July, 1974, pp. 1433-1499

Earthquake Response for Various Intensity (by Hachinohe-NS)

Response	Max. Acc. (gal)	30	50	70	80	90	100	150	200	250	300
Max. Displacement							1.32	1.77	2.77	3.81	5.94
In Ductility Factor		(0.31)	(0.52)	(0.77)	(0.90)	(1.02)	(1.06)	(1.61)	(2.58)	(4.16)	(6.12)
Dynamic Amplification Factor (D.R./gal)							1.32	1.18	1.39	1.52	1.99
($\times 10^{-2}$)		(1.02)	(1.03)	(1.11)	(1.13)	(1.13)	(1.06)	(1.07)	(1.29)	(1.66)	(2.04)
Stiffness Deterioration							0.85	0.84	0.66	0.59	0.38
		(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(0.98)	(0.75)	(0.60)	(0.48)	(0.40)
Total Absorbed Energy (ton-cm)							3.5	9.9	18.5	29.1	42.7
		(0)	(0)	(0)	(0)	(1.3)	(1.8)	(6.0)	(12.0)	(21.0)	(28.8)
Accumulated Damage							0.001	0.004	0.015	0.044	0.162
		(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0.001)	(0.003)	(0.013)	(0.051)	(0.162)

Values in () show calculated results by SAKE program

表1 応答諸量による変形性能の判定表

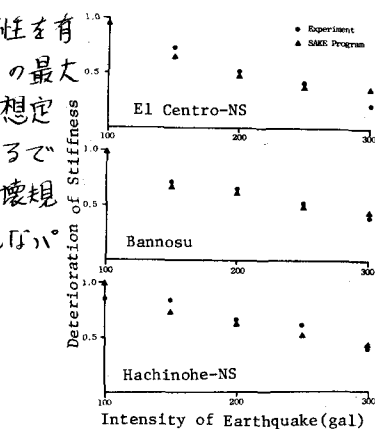


図7 剛性劣化と入力強度

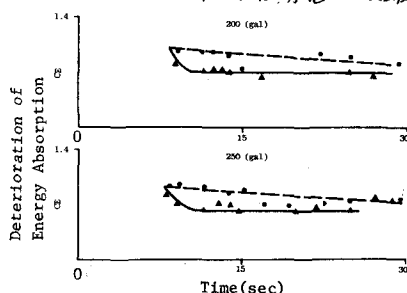


図8 エネルギー吸収能の時間的劣化