

I-559

履歴吸収エネルギーに注目した鋼橋脚の耐震性指標に関する基礎的研究

徳島大学工業短期大学部 正員 平 尾 潔

徳島大学工学部 正員 沢 田 勉

徳島大学工学部 正員 成 行 義 文

1. まえがき 近年、強震下における構造物の損傷の程度を表わす良好な指標として履歴吸収(塑性ひずみ)エネルギーが注目を集め、一自由度系を中心として、構造特性および地震動特性の影響等、その一般的な特性が明らかにされつつある。本研究は、これらの成果を実構造物の耐震設計法に反映するための基礎的研究であり、ここでは、実在に近い単純な鋼箱型断面橋脚を対象に数値計算を行ない、許容吸収エネルギー(単調載荷時の荷重-変形曲線の囲む面積)に対する履歴吸収エネルギーの比を耐震性指標に選び、部材の幅厚比による座屈後耐力の相違等がこの耐震性指標に及ぼす影響について若干の比較検討を試みた。

2. 橋脚モデル 市街地の高架橋等によくみられる単柱および門型ラーメン型式の鋼箱型断面橋脚を想定し、これらを図-1のように単純化したものを対象とした。橋脚部材はすべて等断面とし、高さおよび断面の幅厚比 B/t を2, 3変化させ道路橋示方書に準じて断面寸法を決定した。その結果は表-1のようである。ただし、上部重量 W は780 tonf とし、地震力 P は、 $h \leq 15$ m のものは震度法により、 $h = 20$ m の単柱については修正震度法により定めた。つぎに、これらの橋脚ではせん断型振動が支配的と考え、応答解析モデルとしては図-2のような一自由度系を用い、復元力特性の基本となるスケルトンカーブとしては図-2に示すような劣化域を有する bilinear 型(単柱)、および trilinear 型(ラーメン)を用いた。これらのスケルトンカーブは、断面の幅厚比に応じて部材の $M-\theta$ 関係を、図-2(a)の $Q-X$ 関係と同様な bilinear 型で近似し、 P を単調載荷した図-1の各橋脚モデルについて 塑性関節法による弾塑性解析を行ない、その際得られる $P(Q)-X$ (柱頭水平変位) 関係をもとに決定した。これら各モデルの弾性時剛性 K に対する固有周期はそれぞれ表-2のようである。

3. エネルギー応答の基本式 せん断型一質点系モデルに、水平地震動 $\ddot{X}_0(t)$ が時刻 $t = t_0$ で入力してから時刻 t_a までのエネルギー応答に関する基本式は、運動方程式に $\ddot{X}dt = dx$ を乗じ、時刻 $t_0 \sim t_a$ で積分することにより、式(1)のように表わされる。

$$M \int_{t_0}^{t_a} \ddot{X} \dot{X} dt + C \int_{t_0}^{t_a} \dot{X}^2 dt + \int_{t_0}^{t_a} Q(X) dX = -M \int_{t_0}^{t_a} \ddot{X}_0 \dot{X} dt \quad (1)$$

ここで、 X , $\dot{X}$, $\ddot{X}$ は、それぞれ相対変位、相対速度、相対加速度、また、 M , C , $Q(X)$ は、それぞれ

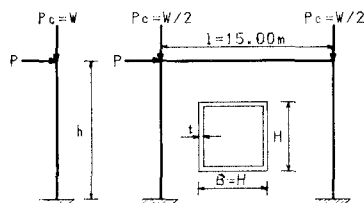
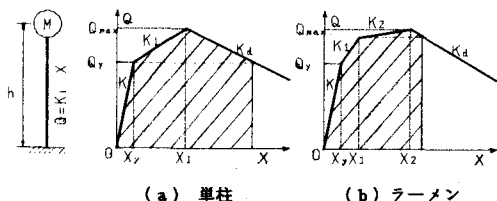


図-1 橋脚モデル

表-1 橋脚の断面(単位 cm)

B/t	COLUMN				RAHMEN		
	h=7.50m	h=11.25m	h=15.00m	h=20.00m	h=7.50m	h=11.25m	h=15.00m
20	100*100	111*111	120*120	105*105	90*90	92*92	94*94
30	114*114	126*126	136*136	124*124	101*101	104*104	107*107
35	120*120	132*132	143*143	133*133	106*106	109*109	112*112
40	125*125	138*138	149*149	142*142	111*111	114*114	117*117
50	135*135	149*149	160*160	159*159	119*119	122*122	125*125



(a) 単柱 (b) ラーメン

図-2 応答解析モデル

表-2 固有周期 (sec)

d/t	COLUMN				RAHMEN		
	7.50m	11.25m	15.00m	20.00m	7.50m	11.25m	15.00m
20	0.707	1.064	1.416	2.849	0.418	0.698	0.999
30	0.649	0.983	1.312	2.436	0.395	0.649	0.917
35	0.628	0.960	1.271	2.270	0.384	0.633	0.896
40	0.615	0.933	1.243	2.117	0.372	0.614	0.871
50	0.585	0.888	1.194	1.898	0.358	0.594	0.844

質量, 減衰係数, 復元力を表わす。また, 式(1)の左辺第1, 第2, 第3項はそれぞれ運動エネルギー, 減衰エネルギー, および, 履歴吸収エネルギーと弾性ひずみエネルギーの和であり, 右辺は地震動による入力エネルギーである。

4. 解析結果 復元力 $Q(X)$ の履歴特性としては図-2のスケルトンカーブを基準とした文献4)の履歴硬化型のものを用い, 減衰定数を $h=2.5\%$ として, 4つの実地震動(EL CENTRO, 八戸, 釧路, FERNDAL)と模擬地震動を継続時間30秒, 最大加速度 200, 300, 400, 500 gal として入力し, 文献3)と同様な手法により数値計算を行なった。ここでは, 解析結果の一部として, 各橋脚に対する履歴吸収エネルギー, および耐震性指標 $\gamma = E_{hp}/E_{ha}$ の平均応答値(5つの地震動の平均値)を図-3および4に示す。ただし, 本研究では, 許容吸収エネルギー E_{ha} として図-2に示した斜線部の面積の2倍を用いた。これらの図より, E_{hp} では部材断面の幅厚比 B/t の相違, すなわち橋脚の座屈後耐力の相違があまりみられないのに対し, γ ではその相違が顕著にみられ, B/t の大きいものほど γ の値が大きくなり, 耐震性能が劣る結果となることがわかる。

5. あとがき 本研究で用いた耐震性指標 γ , すなわち許容吸収エネルギーに対する履歴吸収エネルギーの比は, 前述のように, 橋脚の座屈耐力の相違による耐震性能の優劣を比較的忠実に反映しており, エネルギー論に立脚した構造物の耐震設計法における一つの有力な設計指標になるものと思われる。しかし, このような指標を実際の設計に適用するためには, 履歴吸収エネルギーの簡便な推定方法, ならびに, 多くの合意・納得の得られる許容吸収エネルギーの定義および算定方法を確立することが必要且つ急務であろう。

参考文献 1) 大野・西岡・藤野: 構造物が地震時に受ける塑性ひずみエネルギー量の定量的評価, 土木学会論文報告集, 第333号, 1983年5月, 2) 松島・松井: 構造物の弾塑性モデルに及ぼす地震波の影響, 構造工学論文集, Vol. 32A, 1986年3月, 3) 平尾・沢田・成行・笹田: 強震下における一自由度系の履歴吸収エネルギーと弾性応答値との関係について, 土木学会論文集, 第368号/I-5, 1986年4月, 4) 社団法人 鋼材倶楽部: 中低層鉄骨建物の耐震設計法, 技報堂出版, 1978年7月, 5) 沢田・平尾: 目標応答スペクトルに合致する模擬地震動の一作成法, 第17回地震工学研究発表会講演概要, 1983年7月。

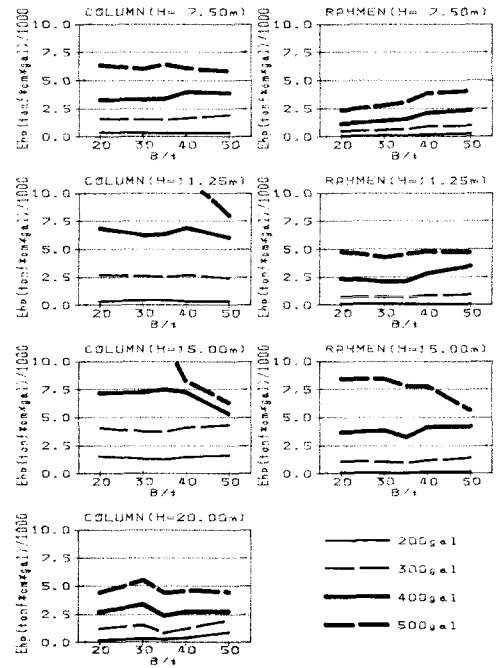
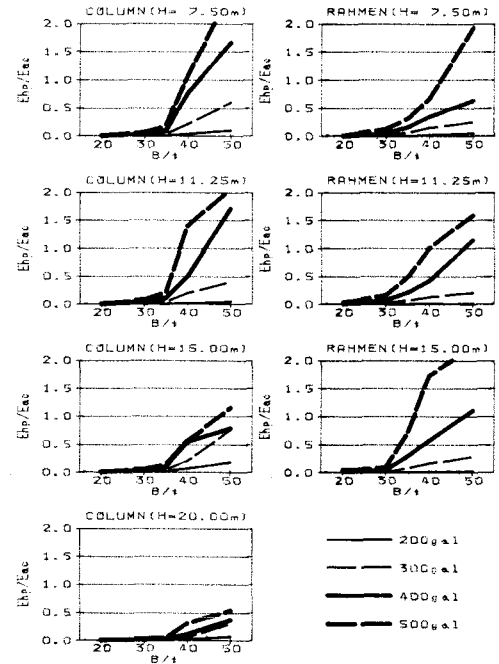


図-3 履歴吸収エネルギー(平均)

図-4 耐震性指標 γ (平均)