

鋼橋脚の耐震性能に関する基礎的研究

香川県庁 正会員○西川 英吉
 徳島大学工業短期大学部 正会員 平尾 潔
 徳島大学工学部 正会員 成行 義文
 徳島大学工学部 正会員 沢田 勉

1. まえがき 現在、土木および建築構造物の設計理念としては、構造物の使用性と終局耐力に注目した2段階設計の考え方が主流となってきている。しかし、このような設計理念を耐震設計法に導入する場合地震を受ける構造物の損傷の程度(終局耐力)をどのような指標(規準)で照査するかが重要であり、最近では、このような指標として、履歴吸収エネルギー等が注目されるようになってきている。そこで、本研究では、強震時のエネルギー応答に注目した設計規準を実用化するための基礎的研究として、示方書等に準じて設計した2, 3の箱形断面よりなる単柱および門型ラーメン型式の鋼橋脚を対象として、既往の研究結果と対比しながら、エネルギー応答に注目したこれら橋脚の耐震性能に関する若干の検討を試みた。

2. 解析法の概要 1質点系モデルに、地震動 $\ddot{x}_g(t)$ が $t=t_0$ で入力してから、ある時刻 t_n までのエネルギー応答に関する基本式は、運動方程式を積分することにより次式のように表わされる。

$$\int_{t_0}^{t_n} \ddot{x} \cdot \dot{x} dt + 2h\omega \int_{t_0}^{t_n} \dot{x} \cdot \dot{x} dt + \omega^2 \int_{x_0}^{x_n} Q(x) dx = - \int_{t_0}^{t_n} \ddot{x}_g \cdot \dot{x} dt \quad (1)$$

ここに、 x は相対変位、 \dot{x} は相対速度、 \ddot{x} は相対加速度、 h は減衰定数、 ω は固有円振動数、 $Q(x)$ は復元力であり、簡単のため、左辺第1項の運動エネルギーを W_k 、第2項の減衰エネルギーを W_d 、第3項の履歴エネルギーを W_h と表わし、右辺の地震による入力エネルギーを W_e と表わせば、上式は次式のように表わされる。

$$W_k + W_d + W_h = W_e \quad (2)$$

なお、本解析では、微小増分時間内では各応答値が直線的に変化するものとみなし、式(1)の積分は台形公式により求め、各時刻における応答値は線形加速度法を用いて求めた。その際の復元力特性($Q(x)$)としては、静的弾塑性解析より得られた荷重-変形曲線(門型ラーメンの場合は Tri-linear, 単柱の場合は Bi-linear)に、ひずみ硬化に伴う耐力上昇および座屈に伴う劣化域を付加したスケルトンカーブを設定し、これを基準とした履歴硬化型の復元力特性を用いた。図1は、単柱のスケルトンカーブを示したものである。図中のEKは弾性時剛性 (ton/cm)、KYは弾塑性剛性比、KDは劣化時の弾塑性剛性比、KDDはP-Δ硬化考慮時の基線の勾配のEKに対する比、 τ は耐力上昇率、PMは靱性率である。

3. 解析に用いた橋脚 前述の復元力特性は、鋼板の幅厚比と靱性率に支配されることになる。そこで、本研究では、文献(2)に示されている各構造ランクに対する制限値を参考にして、これらの幅厚比(B/t) および靱性率を2, 3変化させ、上部工重量340t, 活荷重130t, 設

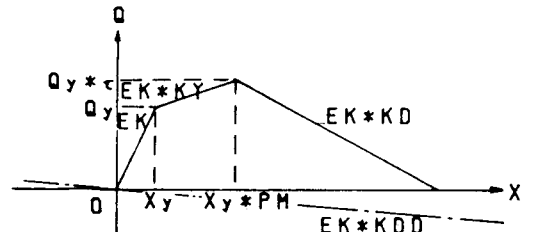


図1 単柱のスケルトンカーブ

表1 単柱(柱高7.50m)の復元力特性の諸元および固有周期

NO-4 DATA (COLUMN H=7.50m)								
B/t	EK	KY (PM)		KD	KDD	Xy	TAU	T
20	19.350	0.054 (7.0)	0.036 (10.0)	-0.006	-0.024	5.323	1.322	0.844
30	23.430	0.024 (7.0)	0.016 (10.0)	-0.031	-0.019	4.567	1.147	0.767
35	24.072	0.025 (4.0)	0.013 (7.0)	-0.044	-0.019	4.320	1.076	0.756
40	24.986	0.011 (3.0)	0.004 (6.0)	-0.058	-0.018	4.162	1.021	0.742
45	26.124	0.002 (3.0)	0.001 (6.0)	-0.073	-0.017	3.981	1.003	0.726
50	27.449	-0.088 (1.0)	0.000 (3.0)	-0.088	-0.017	3.825	1.000	0.708
60	30.595	-0.119 (1.0)	0.000 (3.0)	-0.119	-0.015	3.530	1.000	0.671

計水平震度0.2として、固有周期に関係する柱高を7.50m, 11.25m, 15.00mと変化させて設計し解析に用いた。一例として、柱高7.50mの単柱の図1に対応する諸元を表1に示しておく。なお、表中のTAUは耐力上昇率、Tは固有周期である。

4. 数値計算例 各橋脚の減衰定数は一定(0.025)とし入力地震動として比較的周波数特性の異なったEL CENTRO, 八戸・十勝沖, 室蘭, FERNDALEを選び、継続時間を初期から30秒間とし、それらの最大加速度を200gal, 300gal, 400gal, 500gal, 600galと変化させて、各応答値を求めた。各種のエネルギー応答のうち、ここでは、非弾性応答時に構造物が吸収する履歴吸収エネルギーWhpと地震による入力エネルギーWepとの比Whp/Wepに関する結果の一部を紹介しておく。図2は、EL CENTROおよびFERNDALE地震に対する柱高7.50mの単柱の場合について、Whp/Wepと幅厚比との関係を示したものである。図より、入力地震動による差は顕著にみられ、幅厚比が大きくなるにつれて、また、最大加速度が大きくなるにつれてWhp/Wepも大きくなる傾向が見られる。図3は、各固有周期範囲におけるWhp/Wepと降伏比(RYE=降伏変位/弾性応答最大変位)との関係を示したものであり、図4は、各降伏比範囲におけるWhp/Wepと固有周期Tとの関係を示したものである。なお、両図中の○, ×はそれぞれラーメンおよび単柱に対する結果であり、図4における実線は、本解析におけるWhp/Wepの平均値、破線はBi-linearモデルについて別に誘導したWhp/Wepの近似値である。図3より、Whp/Wepは、各周期範囲について、RYEの増加に伴い直線的に減少する傾向がある。また、図4では、ばらつきがみられ、その程度もRYEの範囲によって若干異なるが、全体の平均値は前述の近似値と比較的よく一致している。

5. まとめ 本解析により得られたWhp/Wepは、幅厚比の相違による構造物の損傷の程度を比較的忠実に反映している。また、Bi-linearモデルを用いた一般的なWhp/Wepに対する結果と本解析結果とが比較的よく一致していることより、前者のエネルギー応答に対する結果が、ある程度実際の鋼橋脚にも適用できるものと思われる。

参考文献

- 1) 鋼材倶楽部：中低層鉄骨建物の耐震設計法，技報堂，PP153～162
- 2) 加藤 勉：鉄骨構造の耐震設計，丸善，PP28～

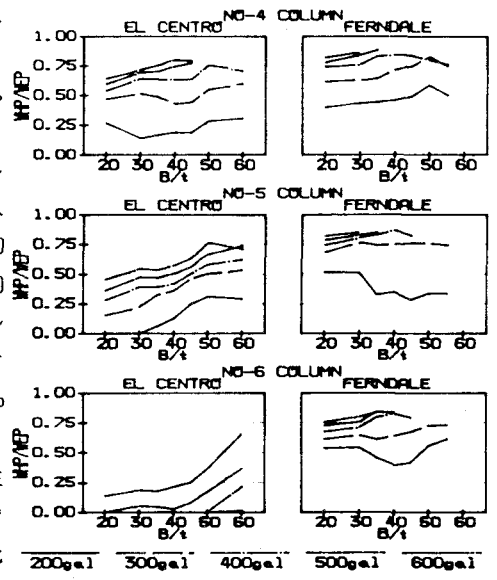


図2 Whp/Wepと幅厚比の関係

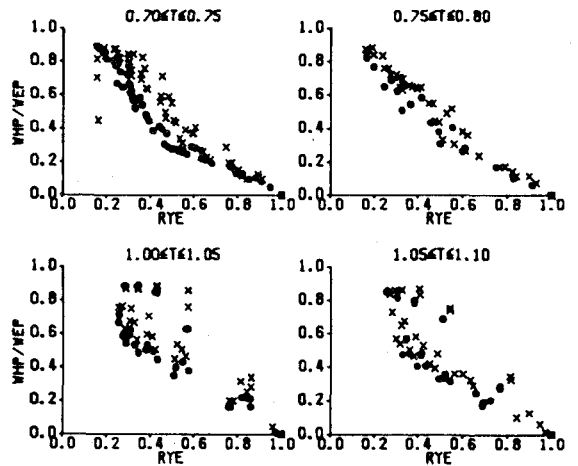


図3 Whp/Wepと降伏比の関係

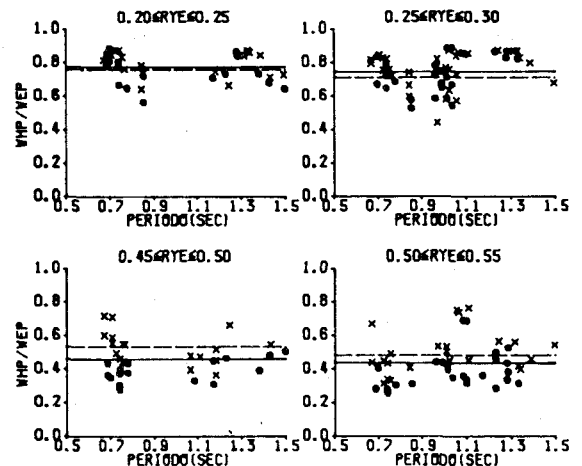


図4 Whp/Wepと固有周期の関係