

I-43

地震時保有水平耐力照査用模擬地震波の作成とその応用

○鹿島建設 正員 辻 裕幸
名古屋大学 学生員 K.Satish
名古屋大学 正員 宇佐美勉

1. 序

地震時保有水平耐力照査を行う場合、既往の研究では建設省土木研究所のレベル2地震波が用いられているが、同時にI種地盤用の地震波が、振動の偏りなどの面で特殊であることも指摘されている⁶⁾。そこで本研究では、建設省土木研究所のレベル2地震波の加速度応答スペクトルに適合する模擬地震波をそれぞれの地盤種に対して50波作成することによって、鋼製橋脚の弾塑性地震応答量を統計的に求めようとしたものである。応答計算に用いる復元力モデルとしては、名古屋大学で開発された修正3パラメータモデル¹⁾を用いて行った。

2. 地震波の作成方法

地震波の作成には既往の研究^{2)~4)}に広く用いられている以下の式によった。

$$\ddot{y}(t) = g(t) \cdot \sum_{k=1}^N A_k \cdot \cos(2\pi f_k \cdot t + \varphi_k) \quad (1)$$

ここに、 $\ddot{y}(t)$:模擬地震波、 $g(t)$:確定(強度)関数、 A_k :合成振幅、 f_k :固有振動数、 φ_k : $0 \sim 2\pi$ の一様乱数、 N :重ね合わせ総数である。本研究では $N = 300$ とし、 f_k を $0.2 \sim 10$ (Hz)までの等差数列で与えた。また、 A_k を修正することによって、式(1)の $\ddot{y}(t)$ による加速度応答スペクトルを土木研究所のレベル2地震波の加速度応答スペクトルに適合させた。確定関数 $g(t)$ についてはJenningsら⁴⁾の提案する確定関数の内、マグニチュード7に対応するもの(Fig.1)を以下の方法によって修正し、導入した。

パワー(加速度時刻歴データを2乗して時刻 t まで積分したもので $\int_0^t a(t)dt$ で表される)と呼ばれる概念を導入する。まず、Fig.1に示される曲線に対して、 $t_a \sim t_{end}$ におけるパワー値($P_{ta} \sim P_{tend}$)を t_{end} における値を1.0として計算する(Table 1)。次に、建設省土木研究所の地震波の累積パワー曲線(微小時刻ごとにパワー値を求め、それらを連ねたもの)を求め(Fig.2)、Table 1の値をこの曲線に当てはめることによってパラメータ $t_a \sim t_{end}$ を定めた(Table 2)。

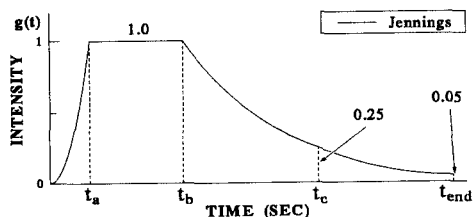


Fig 1 Envelope Function by Jennings

Table 1 Power Ratios of Jennings' Function(M=7)

	t_a	t_b	t_c	t_{end}
Time(sec)	4	15	30	50
Power Ratio	0.047	0.685	0.980	1.0

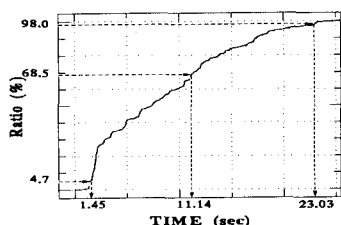


Fig.2 Power Ratios of PWRI's Accelerograms

Ground Type I

Table 2 Parameters of Envelope Function(Fig.1) used in this Study

TYPE	t_a (sec)	t_b (sec)	t_c (sec)	t_{end} (sec)
I	1.45	11.14	23.03	25.00
II	3.33	16.98	28.04	30.00
III	4.55	32.38	49.19	50.00

TYPE : Type of Ground

3. 作成した模擬地震波の特性

Fig.3はI種地盤用の地震波として作成した50の模擬地震波の最大入力加速度の頻度分布と、建設省土木研究所の地震波の最大入力加速度とを比較したものである。このように模擬地震波50波の平均値と土木研究所の地震波の値はほぼ一致していることが分かる。II種、III種地盤用の地震波についても同様なことが言

えた。なお、速度、変位応答スペクトルについても、50の模擬地震波の平均値と土木研究所の地震波はほぼ一致していた。

4. 弾塑性応答解析

片持柱型鋼製橋脚を1自由度系モデルとして、線形加速度法を用いて弾塑性応答解析を行った。解析に用いた鋼製橋脚は、U70-40H 供試体⁶⁾の8倍のスケールを持つ実物橋脚（降伏応力 $\sigma_y = 245\text{MPa}$ 、断面幅 $b = 1740\text{mm}$ 、断面高さ $d = 1300\text{mm}$ 、板厚 $t = 48\text{mm}$ 、橋脚高さ $h = 9730\text{mm}$ 、固有周期 $T = 0.865\text{sec}$ ）であり、軸力比 P/P_y の値はⅠ種～Ⅲ種地盤に対して順に0.166, 0.138, 0.118である。解析に用いる復元力モデル¹⁾の信頼性は、名古屋大学で行われたハイブリッド地震応答実験との比較が文献⁵⁾⁶⁾に述べてある。

5. 解析結果と考察

前述の方法で作成した50の模擬地震波を使い、弾塑性応答解析を行った。Fig.4は、Ⅰ種地盤において、安全性を評価する指標として残留変位 δ_R を実橋高さ h で無次元化した値 δ_R/h 、また、以下の式によって計算される損傷度指標 D 、最大応答変位 δ_{max} を δ_y で無次元化した値 δ_{max}/δ_y について頻度分布を求めたものである。

$$D = \frac{\delta_{max}}{\delta_u} + \frac{\beta}{H_y \delta_u} \int dE \quad (2)$$

ここに、 δ_u ：単調載荷による終局変位(587mm)、 H_y ：降伏強度(2880kN)、 dE ：履歴吸収エネルギー増分、 β ：正の定数(0.26)である。なお、図中の m, σ はそれぞれ、作成した50の模擬地震波による応答値の平均値と標準偏差であり、PWRIは建設省土木研究所の略である。Fig.4を見ると、建設省土木研究所の提案するⅠ種地盤用の地震波による応答値は、模擬地震波による応答の平均値に比べて著しく大きくなっていることが分かる。

6. 結論

最大入力加速度および弾性応答スペクトルの等しい地震波であっても、弾塑性応答値は等しくない。等しい応答スペクトルを持つ多数の地震波による応答値に比べ、著しく大きい値を示す土木研究所の地震波は非常に特殊であると考えられる。本研究による1つの提案として、模擬地震波を多数作成し、Fig.4における応答値の m または $m + \sigma$ によって耐震安全性を考慮した方が、普遍的であり、安全性・経済性の両面から考えても有効であると思われる。なお、Ⅱ、Ⅲ種地盤に対する結果については、講演当日述べる。

参考文献

- 1) 寺田ら：第48回年次学術講演会講演概要集，1993年9月
- 2) 広松ら：第5回日本地震工学シンポジウム，1986, pp.65-71.
- 3) Housner, G.W. and P.C. Jennings : Proc. ASCE, Vol.90, EM1, 1964, pp.113-150.
- 4) H.L.Wong and M.D.Trifunac : Earthquake Eng. and structural Dyn., Vol.7, 1979, pp.509-527.
- 5) 伊藤ら：第49回年次学術講演会講演概要集，1994年9月
- 6) 才塚ら：第49回年次学術講演会講演概要集，1994年9月

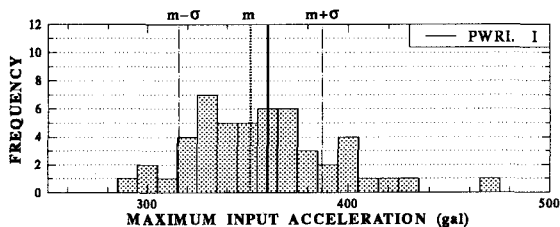


Fig.3 Histogram of Maximum Input Accelerations

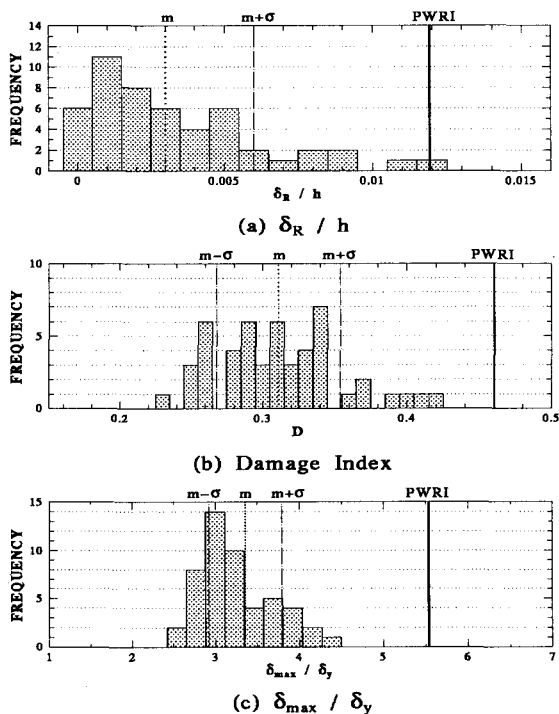


Fig.4 Histograms of Responses