

建設省土木研究所 正員 吉田 武史
建設省土木研究所 正員 萩原 良二
(株)長大橋設計センター 正員 上野 武志

1. まえがき

現在、一般の道路橋(支間 200 m 以下)の耐震設計は、震度法もしくは修正震度法が用いられ、これによって求められる荷重に対して道路橋の各 造部材が許容応力・許容変位を満足するように設計される。しかし、最近行なわれている道路橋の動的解析等により、実際の地震時においては入力の周期と地盤・構造物の周期が接近することにより、震度法もしくは修正震度法による荷重を上回る地震荷重が作用する場合のあることがわかってきた。そこで本報告では、軟弱地盤上に架設されることの多い一般的な杭基礎を有する道路橋を対象とし、地震応答解析によって求めた地震荷重と修正震度法による設計荷重の比較検討を行う。

2. 解析方法

2-1 地盤条件および橋脚の構造諸元

本検討では、表-1 に示す我国における典型的な3種類の地盤を想定した。橋脚の構造諸元を表-2 に示す。上部構造は支間 30 m、幅員 10 m とし、単位長さ当りの上部構造重量を 10 % とした。また、橋脚は、3 径間連続橋の固定支承を有する橋脚(以下、3 径間固定橋脚)および単純桁橋の固定支承を有する橋脚(以下、単純桁橋脚)について 9 ケース設定した。

2-2 動的解析モデルの設定

上部構造、橋脚躯体、杭基礎、地盤を一体とし、図-1 に示すように集中質点系の動的解析モデルを設定した。

2-3 地震外力および減衰定数の設定

地震応答解析に用いる入力地震力は、道路橋示方書「耐震設計編」に示されている 277 成分の平均応答スペクトルを基準とし、基盤面から最大 100 gal の加速度を入力した。減衰定数は 5 % を基準とし、大振幅が生じる状態では基礎の周辺地盤の塑性化に伴い減衰が増加することを考慮し、減衰定数を 20 % に設定した。

2-4 計算方法

まず、減衰定数を 5 % に設定し、277 成分平均応答スペクトルによる応答解析を行った。この解析結果を基準として杭頭の相対変位が 15 mm 以上になる橋脚については、1978 年宮城県沖地震での関北橋で観測された時系列波形を入力した場合、応答スペクトルで入力した場合の応答比率から、277 成分平均応答スペクトルによる応答値の補正を行った。さらにこの補正を行った結果、杭頭の相対変位が 15 mm 以上となる橋脚については、大振幅が生じているとみなして、減衰定数の増加および地盤反力の低下を考慮して、減衰定数を 20 % にし、地盤反力係数を杭頭の相対変位によって低減させた状態で再度応答解析を行った。

3. 解析結果

表-1 地盤条件

地盤特性	3 種地盤	4 種地盤	
地盤特性値 T_g	0.5 sec	0.7 sec	0.9 sec
内部摩擦角 ϕ	20°	5°	0°
粘着力 c	5 % [※]	3 % [※]	3 % [※]
地震時の地盤特性値 T_g^*	0.62 sec	0.88 sec	1.13 sec
地震時のせん断弾性波速度 $V_s^* = (4H/T_g^*)$	129 m/sec	91 m/sec	71 m/sec
地震時のせん断弾性係数 $G_s^* = (V_s^{*2}/g)$	306 kg/cm ²	152 kg/cm ²	92 kg/cm ²
4 種小すみ振動領域におけるせん断弾性波速度 $V_s = (4H/T_g)$	160 m/sec	114 m/sec	89 m/sec
平均 N 値 $N = (V_s/90)^3$	6	2	1
変形係数 $\alpha E_s = \alpha \cdot 28N$	33.6 kg/cm ²	11.2 kg/cm ²	5.6 kg/cm ²
基盤	$V_s^* = 300 \text{ m/sec}$ $\alpha E_s = 500 \text{ kg/cm}^2$		

表-2 橋脚構造条件

	上部構造重量 重 W_u (t)	橋脚躯体の 高さ h_p (m)	フナシワの 高さ h_f (m)	橋脚躯体幅 (橋脚 3 面) $b \times m$	杭本数 n (本)	橋脚高 h (m)
3 径間 固定 橋脚 (A)	900.0	10.0	2.5	2.5	18	1
	900.0	15.0	2.7	2.7	24	2
	900.0	20.0	3.0	3.0	32	3
3 径間 固定 橋脚 (B)	2700.0	10.0	2.5	2.5	18	7
	2700.0	15.0	2.7	2.7	24	8
	2700.0	20.0	3.0	3.0	32	9
単純桁 橋脚	300.0	10.0	1.6	2.0	11	4
	300.0	15.0	1.8	2.2	16	5
	300.0	20.0	2.0	2.5	25	6

277成分平均応答スペクトルを地震入力とした場合の動的応答値の修正震度法による計算結果に対する動的応答倍率を図-2(a)に示す。橋の固有周期が地盤の固有周期に近づいた状態にある橋脚の動的応答は、修正震度法による計算値に比べてかなり大きな倍率になる。277成分平均応答スペクトルによる応答値を開北橋の観測された時系列波形によって補正した場合の動的応答倍率、および地盤反力の低下と減衰定数の増加を考慮した場合の動的応答倍率を図-2(b), (c)に示す。277成分平均応答スペクトルを地震入力とした場合に比べると同様の傾向を示してはいるが、大振幅となった橋脚の応答はいづれも小さくなった。さらに地盤反力の低下と減衰定数の増加を考慮した応答値は、地盤の固有周期の短い橋脚ではあまり減少せず、地盤の固有周期の長い橋脚で顕著な減少がみられる。

4. まとめ

本解析では、地震応答解析で用いる地震力を最大100galとして入力したが、これによると修正震度法による計算値よりも大きくなる場合があることがわかった。この傾向は橋脚の固有周期と地盤の固有周期が接近している場合に顕著にみられた。

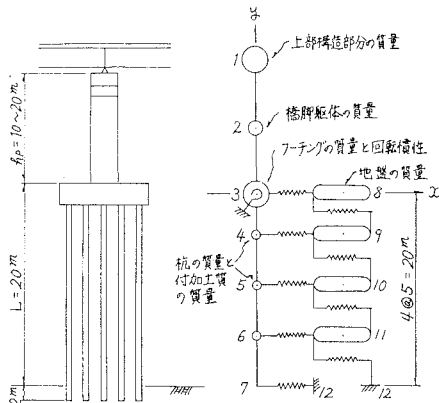
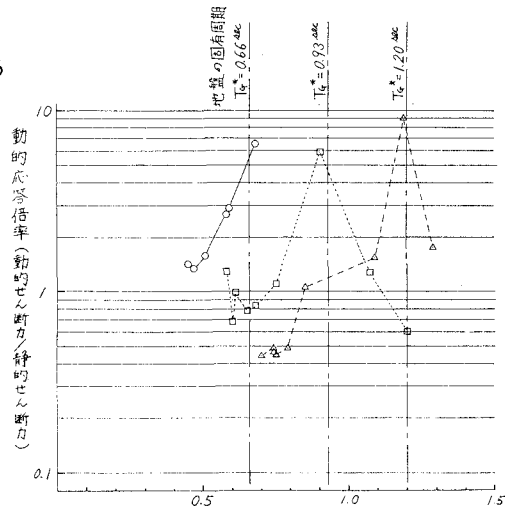
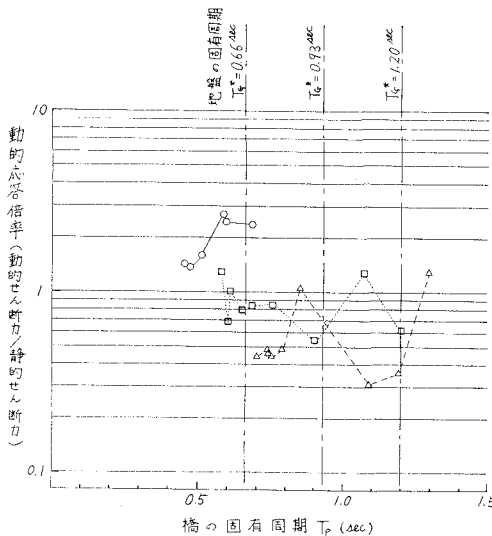


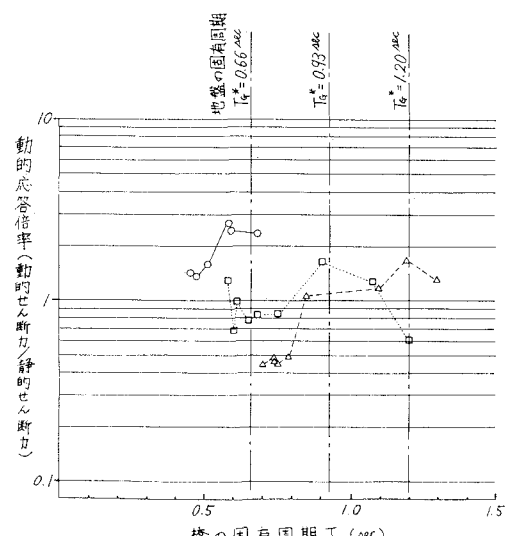
図-1 地震応答解析モデル



(a) 277成分平均応答スペクトル入力の場合



(b) 地盤反力の低下と減衰定数の増加を考慮した場合



(c) 277成分応答スペクトルの応答補正の場合

図-2 静的計算結果に対する動的解析結果の倍率