

東京都立大学 正会員・国井隆弘
大林組技研 正会員 菊地敏男

1. まえがき

地盤の剛性と比較して剛体と見なせる様な井筒基礎橋脚を実録強震記録から、ロッキング振動をふこなう振動系にモデル化することにより、支持地盤の剛性および粘性減衰の変化を地震加速度の大きさのもとに、幾分定量的に明らかにしようとするものである。対象は松代地震の際、数多くの記録が得られている落合橋（松代の北東約7km）である。これらの記録には既に十分な解析、検討が加えられ、幾つかの貴重な成果が得られている。¹⁾ 本研究は、これらの成果の中の、大地震時での支持地盤剛性の低下および減衰の増加に特に注目して、これらを解析的に実証しようとしたものである。なお、解析には常時微動観測の結果をつけ加えた。

2. 強震加速度記録・橋脚のロッキングモデル

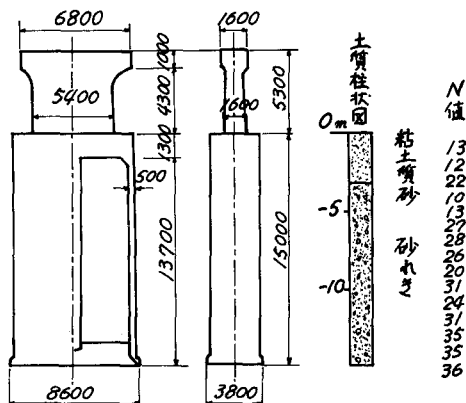
強震計は橋脚天端および橋脚から70m程離れた地表に設置してある。解析は橋軸方向の三記録に対しておこなわれた。この記録は代表的な大・中・小の地震と思われるもので表-1の如くである。²⁾

表-1 対象とした記録の最大加速度(gal)

	地表上	橋脚上
大地震	231	124
中 "	96	100
小 "	15	25

図-1は橋脚の形状である。これを解析の簡易化のために、矩形のロッキング振動をふこなう力学モデルに置換したのが図-2に示される。モデル化においては地盤のパネ定数は未知とし、橋脚を加えた重量は既知とした。なお、付加質量はこれを考慮していない。

図-1 落合橋第11号橋脚



3. 方法

強震記録を用いた、力学モデルのパネ定数 k_s, k_b, k_r の決定方法、および推定減衰定数 α の求め方については詳しく報告した。³⁾ ここではその大要を記す。

まず地表上および橋脚上の加速度波形をスペクトル解析し、両者のスペクトル比を求め、これを周波数伝達関数で示し、脚上での応答の倍率と考える。次にこの倍率曲線から橋脚の

1, 2次の固有振動数を決定する。この固有値に相当する地盤のパネ定数を試行錯誤的に求める。この結果力学モデルの固有モードが計算できることとなり再び地表上の波形を入力として応答波形を計算し、この両者のスペクトル比の1次および2次のピーク値が一致する様に各次の減衰定数が定められる。

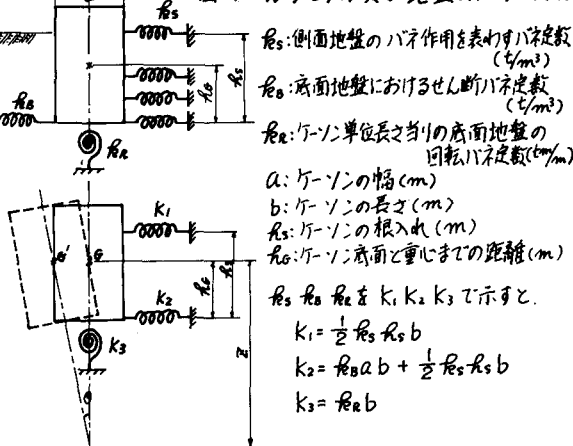
4. 結果

力学モデルの動特性を示す1, 2次の固有振動数および三種の地盤パネ定数、そして減衰定数と、大・中・小の各地震に対してまとめたのが表-2である。

表中、振動数とパネ定数は有効数字3桁で、減衰定数は0.05さざみに手えた。^{2および3)}

地盤のパネ定数は土の付加質量が実際には加わっ

図-2 力学モデル及び地盤のパネの定義



た状態での値であるから、付加質量を何らかの手段で定義できれば、表の数値は総分大きくなるのが予想される。

表-2 から地震が小→大になる程、振動数およびバネ定数の低下が、そして減衰定数の増加が明らかに観察できる。

図-3 は地震の大小にともなう固有振動数の変化を示したものである。地表での加速度が大きいく程、振動数が低下すること、低下の割合が1次2次とも類似であること、常時微動が小地震と同一の値を示すことがわかる。

図-4 は図-2 における等価バネ定数の同様な低下を示している。固有振動数の低下に K_1, K_2, K_3 ともほぼ対応して同様な低下を示すと言える。

図-5 はスパクトル比から得られる

応答倍率を表わすもので、地表での加速度が大きくなるにつれて、1次の倍率が比較的わかり易く低下するわりには2次がそれ程低下しないこと、強震記録と常時微動との差が大きいことが注目される。この1つの理由として表-2 における減衰定数の値の変化、差があげられよう。

図-6 は加速度と変位の同様な低下の違いを表わしたもので、ここで橋脚上の変位はモデルの応答から計算され、地表上の変位は地盤の固有周期を用いて推定したものである。加速度と変位との差の部分が地盤の非線型化を示す一つの尺度になるものと思われる。

5 むすび

ここで得られた結果をさらに定量的な議論へと進めるためには、

① 付加質量の問題 ② 地盤の振動との相互作用 ③ 地震波を定常なランダム過程と仮定したことの影響 等の問題を扱っていく必要があると思われる。また適当な復元力特性を持つ地盤のバネによる非線型応答解析、あるいは自由度の増加における問題が今後に残されよう。

〈謝辞〉 研究を進めるにあたり、地震記録の貴重な資料を快く提供して下さった建設省工研の栗林栄一氏、川島一孝氏にばかりお礼申し上げます。また住友重機の窪田茂氏、長野高専の阪部秀人先生には常時微動の測定の際お世話になりました。ここに末筆ながらお礼申し上げます。

文献 1) たとえば、栗林・岩崎「落合橋における松代地震の強震観測結果」第9回地震工学研究発表会 1969

2) 建設省土木研究所資料 オ518号「地震記録のデジタル数値-その2」 1968, 3

3) 国井・菊地「実録強震加速度記録による落合橋橋脚の動特性」工学会第10回関東支部研究発表会 1974.5

表-2 推定される動特性

	大地震	中地震	小地震	常時微動
1次固有振動数 f_1 (Hz)	2.47	2.95	3.42	3.47
2次 " f_2 (")	5.06	5.41	6.34	6.34
側面地盤のバネ定数 k_s (t/m ²)	360	510	690	710
底面 " k_B (")	520	400	540	500
底面における回転 k_R (t/m)	1300	1820	2460	2540
1次減衰定数 α_1	0.30	0.25	0.10	0.05
2 " α_2	0.40	0.35	0.30	0.05

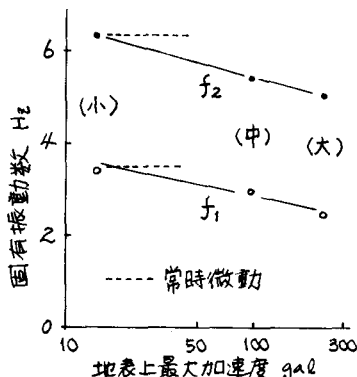


図-3 固有振動数の変動

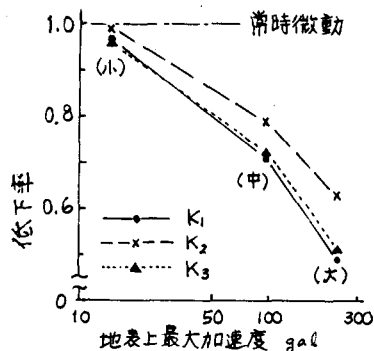


図-4 常時微動に対する地盤のバネ定数の低下率

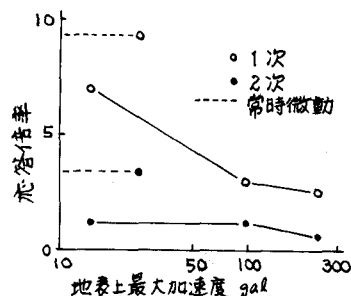


図-5 応答倍率の変動

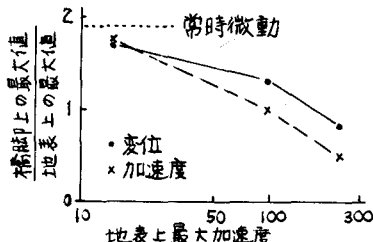


図-6 変位と加速度の低下率