

埼玉県土木部 正会員 蓮池 博
都立大学 同 国井隆弘

1 まえがき

井筒基礎橋脚の如く、周辺地盤に支持された剛体のロッキング運動が主体となるような構造物においては、近似的に地盤表面における地震動を入力と考えることができる。¹⁾ しかしながら、より厳密に解こうとするためには、入力を基礎における地震動とし、FEM他の方で地盤と構造物の相互作用を考慮しながら解析を進める必要があろう。ここに報告する方法は、この両者の中間的な方法と考えられるが、地表における地震動に波の重複反射理論を適用し表層地盤の各深さでの地震動を求め、その加速度波を橋脚側面に地盤から作用する入力として解こうとするものである。

対象は松代地震における落合橋橋脚で、いくつかの地震の中で比較的小さな加速度を示し地盤はほぼ弾性的に挙動した²⁾ 地震記録(最大加速度は地表で14.5, 脚上で25.4 gal³⁾)をもとに、橋軸水平方向で解析を進めた。

2. 地盤特性と振動モデル

筆者等の調査・試験によると、地震記録が得られた近傍の地盤は図-1の如くである。S波速度はほぼ三層で分類できる。図中の V_s と ρ を用いてS波の重複反射計算を実行すれば、各層の境界で図-3の波形を得る。もち論ここでは地表での加速度記録がS波によるものと仮定している。

橋脚の寸法諸元は文献¹⁾に詳述したため省略するが、地表からの根入れは約15mである。したがって、最も簡単なモデルとして図-2に示した3タイプが考えられよう。モデル1は通常よく扱われるもので地表の動きを入力とし、⁴⁾ 表層地盤の応答が深くは考慮されていない。これに対してモデル2と3はある程度考慮できると思われる。ばねの数が増すと振動応答解析がかなり面倒なものとなるため、以下ではこの三種のモデルを検討しよう。

3. 振動モデルの諸定数の決定

三種のモデルに対して最適と思われるばね K および1, 2次モードの減衰定数 γ を決定するにあたって、本研究では以後に列記する順を追って解析を進めた。

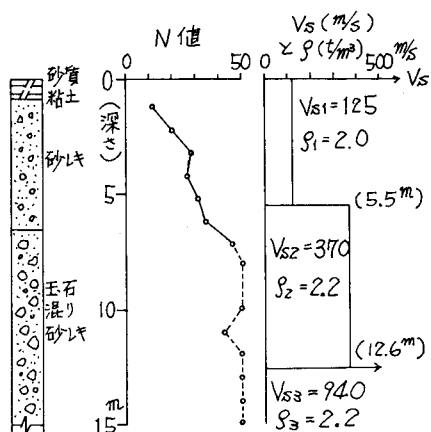


図-1 地盤の特性

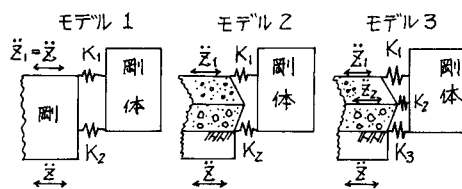
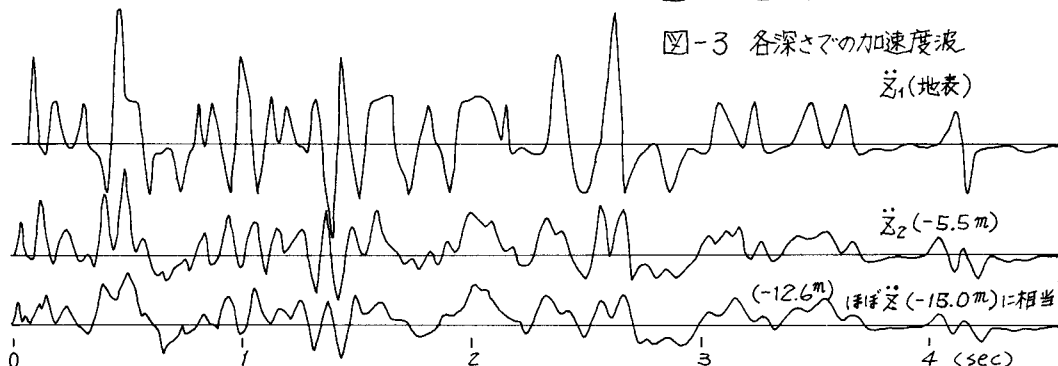


図-2 モデル

図-3 各深さでの加速度波



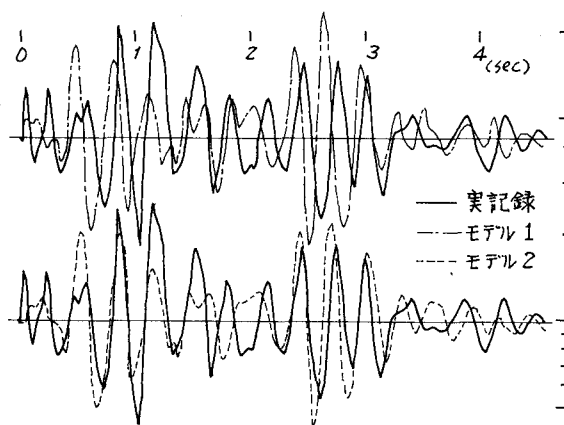


図-4 橋脚天端における加速度波

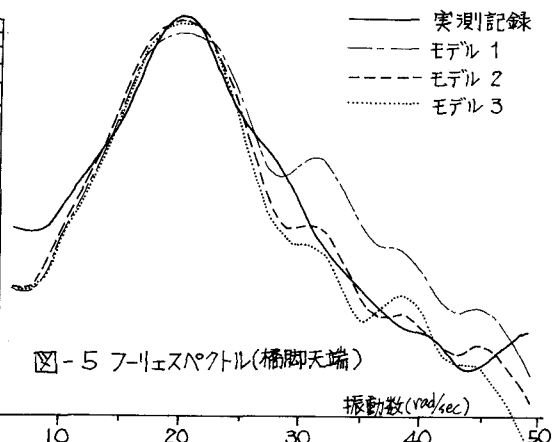


図-5 フーリエスペクトル(橋脚天端)

① 橋桁、橋脚、基礎を等価と考えられる単体に置換する。¹⁾ここでは各モデルとも同一の単体とした。

② 集中ばねKの位置に表層地盤変位を手えた場合について力の釣り合い式を作り、これに幾何学条件を加えて、地盤加速度 $\ddot{x}$ を含み変位 z を含んだ運動方程式を立てモーダリアナリシスを適用する。

③ 図-3の加速度波を入力として手え、応答計算を実行して橋脚上の応答を求め、実記録をもっともよく再現するようばねKおよび減衰定数 α の値を得る。この際、Kおよび α の値は工学的判断のもとに各モデルごとに数組の候補をフーリエスペクトルの形状をもとに得て、それらの候補の中で平均パワー $(\frac{1}{T} \int_0^T (\ddot{x} + \ddot{z}) dt)^2$ をもっともよく再現するものを選ぶ。このような逆定の過程においては、未知のパラメーターがばねの数+2(α_1 と α_2)だけあることから、かなりの試行錯誤を必要とする。

表-1 はこのようにして求めたモデルの諸定数である。モデル1に対してモデル2,3の順に2次減衰定数に変化がみられ、モードもモデル3が他と異なる。これに対して円振動数は1次,2次とも各モデル同じ値を示す。

表-1 振動モデルの諸定数

定数	モデル1	モデル2	モデル3
円振動数 rad/sec			
ω_1	20.0	20.0	20.0
ω_2	35.0	35.0	35.0
等価ばね $\times 10^4 \text{ t/m}$			
K_1	3.81	3.81	1.90
K_2	4.73	4.73	5.17
K_3			4.21
減衰定数			
α_1	0.09	0.07	0.06
α_2	0.6	0.35	0.08
モード*			
L_1	12.2	12.2	7.16
L_2	-2.90	-2.90	-4.94

* 剛体の重心からロッキング中心までの距離(下方)

表-1 はこのようにして求めたモデルの諸定数である。モデル1に対してモデル2,3の順に2次減衰定数に変化がみられ、モードもモデル3が他と異なる。これに対して円振動数は1次,2次とも各モデル同じ値を示す。

4. 再現性における検討

図-5 は橋脚天端における各モデルの再現性をフーリエスペクトルで比較したものである。2次振動数の前後でモデル1の再現性が他に比べてよくない。図-4 は加速度波で比較したもののだが、モデル3はモデル2とほぼ同じ結果を示すため省略した。モデル1に比べてモデル2の方がやや再現性がよいと思われる。

5. むすび

実際に地震時に得られる加速度記録には、簡単なモデルでは再現し得ないような多くの情報を含むものと思われる。本研究では実記録をよりよく再現するようなモデルを得ようと試みたが、モデル1~3の間に決定的な再現性の差異は見出せなかった。しかしながら試算ではあるが地盤が当該告のものよりやや柔かい場合、各モデルが示す応答はかなり異なるようである。

<謝辞> 本研究を進めるにあたり、各方面からの援助、ご意見をいただいた(株)大林組技術研究所の後藤洋三氏および菊地敏男氏に深く感謝いたします。また本研究の一部は文部省の科学研究費(昭和50年度、一般研究)による。

- 1) 国井、菊地「強震記録から推定される井筒基礎橋脚の動特性」土木学会第29回全国大会 1974.10
- 2) 国井、塩野「土における弾性波探索の意味—弾塑性挙動に関連して—」地震探鉱実験グループ出版 8章65. 1976
- 3) 建設省土木研究所資料「地震記録のデジタル数値—その2—」第318号, 1968.3.
- 4) 福井、国井、金井「強震記録から推定される井筒基礎橋脚の動特性(その2)」土木学会第30回全国大会, 1975.10