

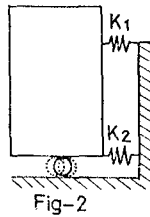
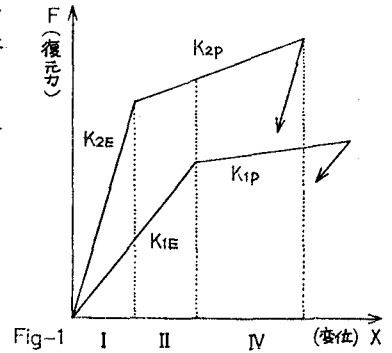
都立大学大学院 学生会員 田中 努
同 工学部 正会員 国井 隆弘

I はじめに

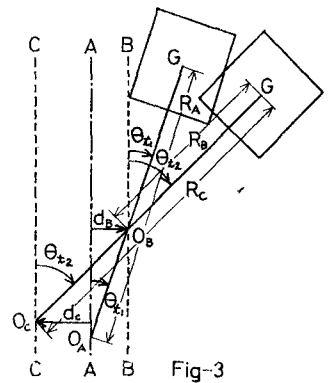
今日、構造物-地盤連成系の地震波を用いた応答解析が広く行われており、破壊につながり得るような強震を受けた系の挙動については、非線形応答解析が要求されている。しかし、線形多自由度系に対するモーダルアナリシスのような便法がなく、復元力項の行列を直接解くことになって容易でないため、等価線形化法のような近似解法が多く使われている。そこで、厳密解が容易に求まるモーダルアナリシスの適用を試み、ある程度良好な成果を得たので発表する。

履歴を持つ復元力特性の内、バイリニア型を始めとして複数の直線からなるものは、線形復元力特性の接続に他ならない。そこで、系のバネの数 n に対し 2^n のCASEについてモード群を考え、線形モードの変換によって非線形復元力特性を表現する(Fig-1)。

CASE	K ₁	
	E	P
K ₂	E	I
	P	III



本研究では、バイリニア型復元力特性を持つ2つの水平バネで支持された井筒基礎橋脚モデル(Fig-2)の2自由度ロッキング振動を扱い、地震波は建設省土木研究所が長野県落合橋の橋脚の上下で観測した松代地震の同時加速度記録である。バイリニア型の特性を決める弾性時の剛性は小規模な地震から求め、線形限界 η_0 ・弾塑性傾斜率 η はパラメータとした。



II モーダルアナリシスの適用方法

バイリニア型のリニア部分は線形で問題ないので、モードの変換について述べる。変換時に次の2つの連続条件が考えられる。①橋脚全体の振動が連続する。②運動方程式(力のつり合い式)が成立。

〈条件①〉に対して、各次の基準振動での連続を考える。ロッキング振動では、重心の水平変位 x をロッキング半径 R と重心まわりの回転角 θ との積で表わせる。 d は初期変位である。

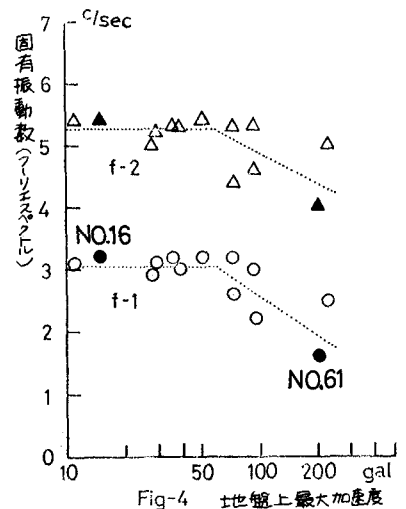
$$x(t) = R \cdot \theta(t) + d \quad (1)$$

時刻 $t = t_i$ でモードがAからBに変換される時、

$$x(t_i) = R_A \cdot \theta(t_i) + d_A = R_B \cdot \theta(t_i) + d_B \quad (2.a)$$

$$d_B = d_A + (R_A - R_B) \cdot \theta(t_i) \quad (2.b)$$

d_A, d_B はロッキング中心Oの座標軸A-Aからの水平移動量である。(Fig-3)。速度・加速度に対しても全く同様なロッキング中心の移動を考えた。($\dot{x}(t) = R \cdot \dot{\theta}(t) + \dot{a}$)。



く条件②>に対して、残留力 F^* を考える。各次の基準振動について $t=0$ で $F^*=0$ である。 $t=t_1$ でモードがAからBに変換される時、運動方程式も次のように変換される。

$$M_A^* \ddot{z}(t_1) + C_A^* \dot{z}(t_1) + K_A^* z(t_1) + F_A^* = -M_A^* \ddot{z}(t_1) \quad \text{モードA} \quad (3)$$

$$\rightarrow M_B^* \ddot{z}(t_1) + C_B^* \dot{z}(t_1) + K_B^* z(t_1) + F_B^* = -M_B^* \ddot{z}(t_1) \quad \text{モードB} \quad (4.a)$$

$$F_B^* = F_A^* + (M_A^* - M_B^*) \ddot{z}(t_1) + (C_A^* - C_B^*) \dot{z}(t_1) + (K_A^* - K_B^*) z(t_1) \quad (4.b)$$

上式に(2)式を代入し整理すると、次式のような基準振動の非線形運動方程式を得る。

$$\ddot{\theta}(t) + 2\zeta\omega_0 \dot{\theta}(t) + \omega_0^2 \theta(t) - F_0 = -\beta_0 \ddot{z}(t) \quad (5.a)$$

$$F_0 = \ddot{\theta}(t_1) + 2\zeta\omega_0 \dot{\theta}(t_1) + \omega_0^2 \theta(t_1) + \beta_0 \ddot{z}(t_1) \quad (5.b)$$

この解を各次数について加算したものが系の応答になる。

III 解析結果及び考察

(1) 弾性時の剛性(固有

振動数)を入力が小さく

ほとんど線形振動をして

いると考えられる4つの

地震(Fig-4)のフーリエスペ

クトル及びF.R.F.から慎重

に求めた。次に線形応

答計算波形のパワー・フー

リエスペクトル・F.R.F.などが実記

録とほぼ等しくなるように減衰

を決定し、求めた ζ, η を用い、

α_0, η をパラメーターとして非

線形応答計算をして左図を得た。

(Fig-5, 6)

(2) ①IIからわかるように、加

速度にロッキング中心の水平移

動量が残留量として現われてし

まう問題を持つが、②入力の小

さな地震から求めた ζ, η を用い、

残留加速度が小さくなるように

α_0 と η を決めることで、ある程

度まで良好な再現が可能である

ことがわかった。③非線形応答

解析にモーダルアナリシスの適

用が可能であると考えられる結

果が得られた。

参考文献 菊地・国井地震

動の強さに伴う井筒基礎橋脚の

動特性について」京大工学部

部年次研究発表会 他教員。

