

京都大学工学部

正会員 木村 亮

中央復建コンサルタンツ(株)

正会員 張 鋒

京都大学大学院

学生員 ○井上 智仁

1. まえがき

現在、大規模地震に対する耐震設計に、精度の高い動的解析の適用が望まれている。動的解析に用いるモデルは、Fig.1に示すように構造物-基礎-地盤をばねと質点系モデルで表現する。また、大規模地震では、地盤や基礎が塑性域に入る可能性が高く、地盤と基礎の非線形動的相互作用を考慮する必要がある。

そこで、本研究では動的解析に用いる合理的なモデルの作製を目指し、基礎と地盤の相互作用を静的な等価非線形ばねとして評価した。

2. 等価非線形ばね係数の算出方法¹⁾

群杭基礎で支持される構造物を対象に、等価非線形ばね係数を算出する手法を述べる。群杭基礎を一体化させて考えたときに作用する荷重・モーメントと変位・回転角には、(1)式に示すマトリックスが成り立つ。ただし、本研究では、ねじりモーメント M_z は考慮していない。

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_x & 0 & 0 & 0 & k_{x\theta y} \\ 0 & k_y & 0 & k_{y\theta x} & 0 \\ 0 & 0 & k_z & 0 & 0 \\ 0 & k_{y\theta x} & 0 & k_{\theta x} & 0 \\ k_{x\theta y} & 0 & 0 & 0 & k_{\theta y} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \\ \theta_x \\ \theta_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

各ばね係数を求めるための拘束条件のもとに、3次元弾塑性有限要素解析²⁾(GPiLE-3D)を行い、得られた各ばね係数を算出する曲線の接線勾配を等価非線形ばね係数として、変位レベルに応じて算出した。

3. 2本群杭の等価非線形ばね係数

2本群杭で支持される構造物に関して、等価非線形ばね係数を算出した。解析に用いた地盤定数をTable1に示す。また杭は場所打ちコンクリート杭であり、その諸元は、杭径 d :1.0 m、杭長 L :30.5 m、ヤング係数 E : 2.5×10^6 tf/m²である。

構造物の重量を200 tfとして、2本の杭の杭頭に100 tfずつの軸力を載荷した後、Fig.2に示す解析パターンでGPiLE-3D解析を行い、得られた荷重変位曲線等から前述した過程を経て、各等価非線形ばね係数を算出した。

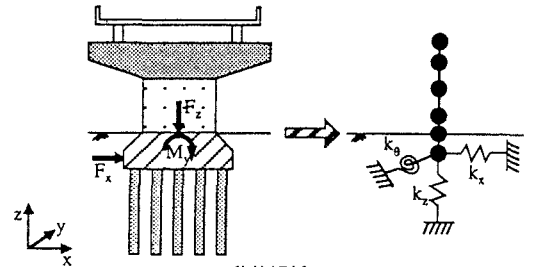


Fig.1 動的解析に用いるモデル

Table 1 解析地盤条件

層	地質	平均N	層厚(m)	E(tf/m ²)	v	γ(tf/m ³)	c(tf/m ²)	φ(°)	K ₀
1	砂礫	25	5.6	6250	0.33	1.8	0	34.5	0.50
2	砂	12	3.9	3000	0.33	1.7	0	30.6	0.50
3	粘土	4	17.0	100	0.40	1.6	2.5	0	1.00
4	洪積礫	60	6.0	15000	0.30	2.1	0	45.0	0.43

- 1) k_x : x方向の変位～荷重の等価ばね係数
杭頭のy軸回りの回転を拘束した状態($\theta_y=0$)で、x方向に変位させ、 F_x - δ_x 曲線を求める。
- 2) k_y : y方向の変位～荷重の等価ばね係数
杭頭のx軸回りの回転を拘束した状態($\theta_x=0$)で、y方向に変位させ、 F_y - δ_y 曲線を求める。
- 3) k_z : z方向の変位～荷重の等価ばね係数
z方向に変位させ、 F_z - δ_z 曲線を求める。
- 4) $k_{x\theta y}$: y軸回りの回転角～x方向の荷重
又は、x方向の変位～y軸回りのモーメントの等価ばね係数
杭頭のy軸回りの回転を拘束した状態($\theta_y=0$)で、x方向に変位させ、 M_y - δ_x 曲線を求める。
- 5) $k_{y\theta x}$: x軸回りの回転角～y方向の荷重
又は、y方向の変位～x軸回りのモーメントの等価ばね係数

杭頭の拘束条件	Y軸回りの 回転拘束	X方向の 変位拘束	拘束なし	杭頭の拘束条件	X軸回りの 回転拘束	Y方向の 変位拘束
求めるばね係数	$k_x, k_{\theta y}$	$k_{\theta x}$	k_z	求めるばね係数	$k_y, k_{\theta x}$	$k_{\theta y}$
載荷方法	変位制御	回転角制御	変位制御	載荷方法	変位制御	回転角制御
	1) 4)	6)	3)		2) 5)	7)

Fig.2 解析パターン

杭頭のx軸回りの回転を拘束した状態($\theta_x=0$)で、y方向に変位させ、 $M_y-\delta_y$ 曲線を求める。

6) $k_{\theta y}$: y軸回りの回転角～モーメントの等価ばね係数

杭頭のx方向の変位を拘束した状態($\delta_x=0$)で、y軸回りに回転させ、 $M_y-\theta_y$ 曲線を求める。

7) $k_{\theta x}$: x軸回りの回転角～モーメントの等価ばね係数

杭頭のy方向の変位を拘束した状態($\delta_y=0$)で、x軸回りに回転させ、 $M_x-\theta_x$ 曲線を求める。

ここで、(1)と(4)、(2)と(5)は同じ解析パターンであり、全てのばね係数を求めるのに5回の解析が必要であった。

4. 結果

Fig.3は各等価非線形ばね係数を変位レベルに応じて図示したものである。

すべての等価非線形ばね係数において、値が変位レベルに応じて大きく変化し、小変位時に比べて大变位時はかなり小さな値となった。

5. まとめ

各拘束条件のもとで行った、GPIL-3D解析より得られる曲線の接線勾配を計算することで、等価な非線形ばね係数を求めることができた。また、全ての等価非線形ばね係数の値が、変位レベルに応じて大きく変化し、等価ばね係数を変位に応じて算出する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 木村 亮ほか：動的解析における地盤と基礎の相互作用の非線形等価バネの評価、第31回地盤工学研究発表講演概要集, pp.1145-1146, 1996.
- 2) 足立紀尚ほか：水平力を受ける2本群杭の相互作用に関する研究、京大防災研究所年報 第36号 B-2, pp.79-101, 1993.

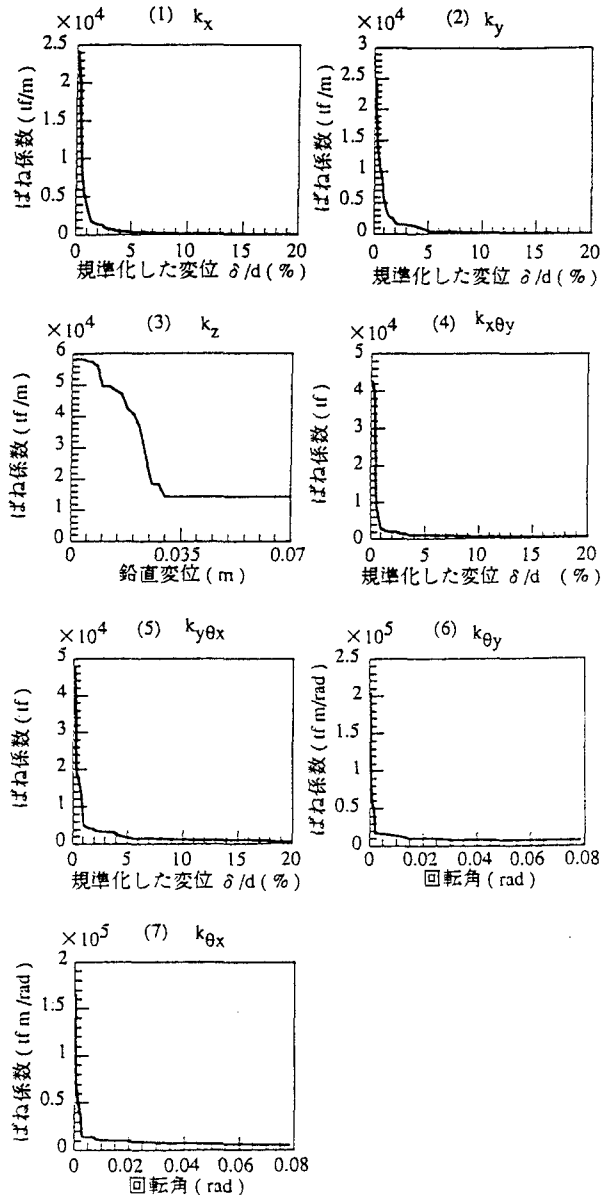


Fig.3 2本群杭の等価非線形ばね係数