

1. まえがき

最近、規模の大きいかつ重要な構造物、例えば 長大橋梁、原子炉、LNG、LPG、および原子貯蔵タンク等は、荷重条件や地質条件など安全性の点から、深い基礎を有する構造物あるいは、地中構造物として建設されることが多い。深い基礎を有することは、耐震的には良質な地盤に基礎を設置せよという意味で好ましいことであるが、同時に周囲の土の影響、地盤との相互作用問題を考慮することから、より肝要となり、てくる。さうに強震時においては、地盤と構造物の間に剝離の生じる可能性が考えられ、地盤を構成する土の非線形性との相乗効果により、強い非線形挙動を呈することが予想される。そこで本研究においては、不連続面を表現するために提案されたジョイント要素を用い、さうに地盤を弾塑性体として、有限要素法により、埋め込みを有する構造物-地盤系の地震応答特性について、解析を試みた。

2. 解析手法

ジョイント要素を構造物と地盤の接触面に配置した2次元有限要素解析を行ったが、ここでは剝離現象のみを考慮することとする。ジョイント要素に与えた復原力特性は、図-1に示すように、要素に引張りが生じた場合には、力の伝達が行われず、圧縮力下では、ばね係数 $k_n$ を介して線形関係にあるとする。また、地盤非線形性の表現としては、Roscoe氏による修正Cam-clayモデルを用いて地盤を弾塑性体と仮定し、構造物部分は、線形弾性体と仮定した。構造物-地盤系のモデルは、図-1に示す。図中の黒丸が、構造物の底部の隅角部である。モデルの物性は、表-1に示す。地盤は均一な単層地盤と仮定し、ジョイントのばね係数は隣接する構造物の要素剛性と、ジョイントの要素剛性が、同程度となるように選定した。修正Cam-clayモデルを用いる際の物性は、破棄線の傾き $M=1.2$ 、 $e$ - $\ln p$ 曲線の処女載荷時の傾き $\lambda=0.015$ 、降荷曲線の傾き $k=0.0025$ であり、先行圧縮荷重 $P_0$ については、動的解析に入る前に自重を荷重として、静的問題を解くことにより求めた初期応力から計算した。破損間隙比 $e$ 。

表-1 モデルの物性

	単位体積重量 ( $\text{tf}/\text{m}^3$ )	せん断波速度 $C$ (m/sec)	ポアソン比 $\nu$	減衰定数 $h$
地 盤	$\delta_1 = 1.8$	$C_1 = 500$	$\nu_1 = 0.4$	$h = 0.2$
構造物	$\delta_2 = 2.4$	$C_2 = 1600$	$\nu_2 = 0.167$	$h = 0.05$
ジョイント	せん断ばね係数 $k_s = 1.0 \times 10^9 \text{ tf}/\text{m}^2$ 垂直ばね係数 $k_n = 1.0 \times 10^9 \text{ tf}/\text{m}^2$			

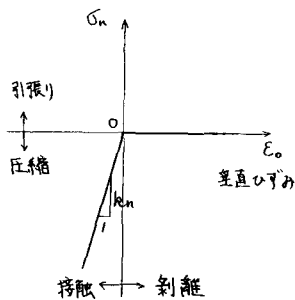


図-1 ジョイント要素の復原力特性

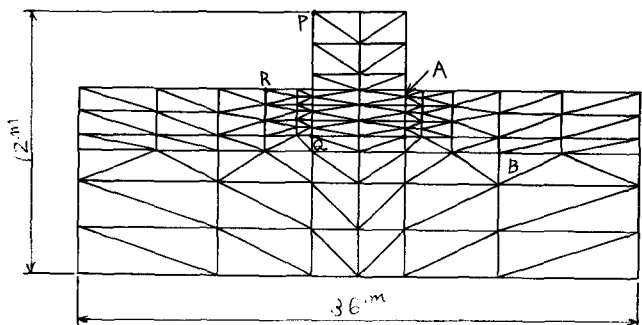


図-2 解析モデル

については、メッシュの最下層の要素から表層の要素までその値が 0.75~0.8 となるように、地表面からの深さについて対数関数的に補間を行った。運動方程式の積分方法としては、Newmarkの $\beta$ 法を採用し、 $\beta = 1/3$ 、時間間隔  $\Delta t = 0.005$  秒で行った。境界処理については、側方は相対境界、下方は固定境界を仮定して解析を行った。

### 3. 解析結果及び考察

外力は、加速度入力とし、周期0.9秒、振幅200gal、および100galの正弦波を1サイクル入力した。解析に際しては、先代図-2で示したモデル(モデル①)の他に、構造物部、および地盤の形状は同一で、埋め込みを浅くしたもの(モデル②)と全く埋め込みがないもの(モデル③)を用いた。モデル②は、地盤のメッシュの表層、第一層分を埋め込んだモデルである。図-3、図-4には、それぞれジョイント要素(図-2中の要素A)、主要素(同、要素B)のヒステリシスを示した。図-5、図-6は、モデル①の点Pにおける応答波形である。応答の変位波形を見ると、基礎の地盤の変位による残留変位が認められる。また、表-2は、構造物の頂部点P、底部の隅角部の点Q、および、地表面上の点Rにおける応答最大加速度である。これを見ると、基礎の埋め込み深度によって、応答が軽減されているのがわかる。特に点Pにおいて著しい。また、入力200galの場合には、構造物と地盤との接触側面において剝離が生じたが、剝離の生じたか、入力100galの場合とにおいてモデル③に対するモデル①の応答加速度の減少率を見比べると、剝離の生じたか、入力100galの場合が、13%の減少、生じた場合は、9.7%と減少率が低い。言い換えれば、剝離を考慮しない場合、応答を安全側にとることになると思われる。

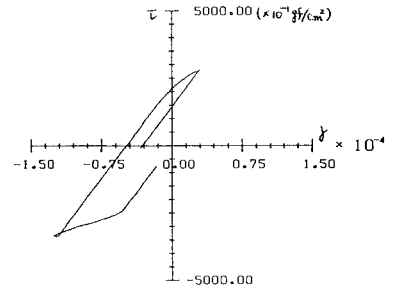


図-4 主要素のヒステリシス (入力: 200gal)

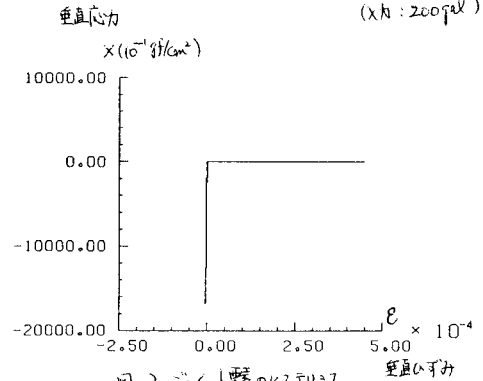


図-5 ジョイント要素のヒステリシス (入力: 200gal)

表-2 最大応答加速度

入力	モデル	点P	点Q	点R
200 (gal)	①	214	206	206
	②	216	208	211
	③	237	218	212
100 (gal)	①	105	103	103
	②	110	104	104
	③	121	107	106

(単位: gal)

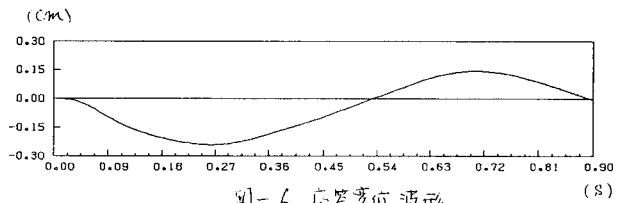


図-6 応答変位波形

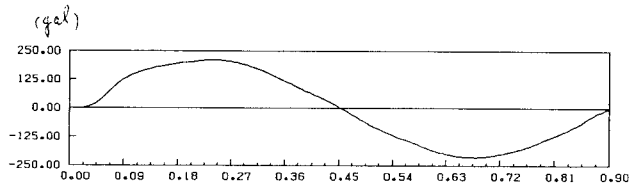


図-7 応答加速度波形

#### 参考文献:

土岐 佐藤、三浦; 強震時における地盤と構造物との剝離と滑動、土木学会論文報告集、第302号 1980 pp.31~41