

京都大学防災研究所 正会員 土岐 豊三
 京都大学防災研究所 正会員 三浦 廣紀
 中国電力 正会員 野口 雅之

1. まえがき

著者らは既に構造物と地盤との接触面にジョイント要素を導入することにより、接触面上における動的な剥離や滑動現象を表現し得るとともに、この面上での応力算定を可能とする動的解析手法を提案し、前回ではこの手法を適用して地震時における杭の周面摩擦力に対する検討を試みている¹⁾。ここでは単杭および群杭モデルの地震応答解析を行い、その結果を比較検討することによって群杭の動特性と群杭効率の面から明らかにすることと試みたるのである。

2. 解析モデル

解析に用いる杭が5本からなる群杭モデルの概要を図-1に、その諸元を表-1に示す。また有限要素網を図-2に示す。図中、NO.1～NO.5は杭の番号であり、以下においてはこれら各々の杭の呼称とする。フーチング底面と地盤および杭との接触面にジョイント要素を配列し、これによって地盤との接触面では剥離、滑動現象を考慮に入れ、一方、杭との接触面を表わすジョイント要素には極めて大きな付着力を与えてここの滑動や剥離現象は生じないようなモデル化を行っている。単杭および杭が2本からなるモデルにおいてもこれと同じ有限要素網を用いるが、単杭の場合にはNO.3にだけ、2本杭の場合にはNO.1とNO.5にだけ杭の材料定数を与え、他については地盤と同じ材料定数を与え解析に供している。以下においては単杭モデルを「モデルG1」、2本杭のモデルを「モデルG2」、5本杭のモデルを「モデルG5」と呼ぶことにする。地盤は二層からなる場合を考えている。入力として最大加速度をNS成分を200gal、UD成分を117galに修正したE1 Centro(1940)の加速度記録を用い、両成分を同時に入力している。

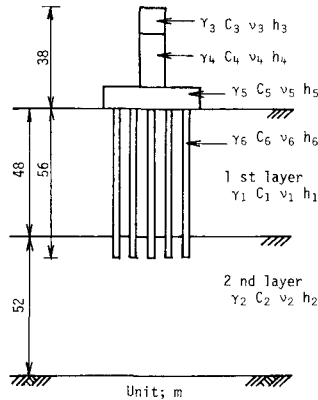


図-1 解析に用いる群杭モデル

3. 解析結果とその検討

3.1 群杭の応答量に関する検討 「モデルG1」、「モデルG2」「モデルG5」の応答結果を図-3に示す。図は(a)から順に水平

表-1 モデルの諸元

	単位体積重量 γ (tf/m ³)	横波速度 C (m/s)	ポアソン比 ν	減衰定数 h
地盤	$\gamma_1 = 1.7$	$C_1 = 100$	$\nu_1 = 0.333$	$h_1 = 0.20$
	$\gamma_2 = 1.8$	$C_2 = 300$	$\nu_2 = 0.333$	$h_2 = 0.20$
下部工	$\gamma_3 = 3.0$	$C_3 = 1600$	$\nu_3 = 0.167$	$h_3 = 0.05$
	$\gamma_4 = 2.4$	$C_4 = 1600$	$\nu_4 = 0.167$	$h_4 = 0.05$
フーチング杭	$\gamma_5 = 2.4$	$C_5 = 1600$	$\nu_5 = 0.167$	$h_5 = 0.05$
	$\gamma_6 = 2.4$	$C_6 = 1600$	$\nu_6 = 0.167$	$h_6 = 0.05$
ジョイント	粘着力 $C_j = 10 \text{ tf/m}^2$, 摩擦角 $\phi_j = 30^\circ$			

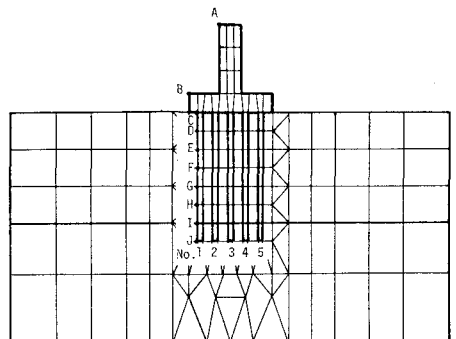


図-2 解析モデルの有限要素網

方向の最大加速度、速度、変位応答であり、記号A〜J(図-2)に示してある杭上の点を意味する。これらの3つのモデルの挙動を鉛直方向の運動も考慮に入れて検討した結果、「モデルG1」は重畳運動が卓越し、「モデルG2」は並進運動が卓越し、「モデルG5」は重畳運動の傾向はみられるがほぼ「モデルG2」と同様の並進運動の卓越した運動をしていることが明らかとなった。図(c)の変位応答の分布図からもこの傾向がうかがえる。図-3で特に注目すべき点は、杭が5本ある「モデルG5」は必ずしも杭が2本である「モデルG2」に比べ応答量は小さくないという点である。加速度と変位に関していえば、杭の本数の多い「モデルG5」の方が「モデルG2」より構造物天端(点A)で約30%、杭頭(点C)で約45%大きな応答量となっている。また「モデルG1」の応答量は加速度、速度では「モデルG2」および「モデルG5」よりも小さく、変位においても「モデルG5」より小さい値となっている。すなわち、杭の本数が多いことは応答量の低減をもたらさず、むしろ逆に増加をもたらす傾向にあることがわかる。

図(d)は、震度が0.2に相当する水平荷重をフーテングと基礎構造物の重心に静的に作用させた際の水平変位を示したものであるが、この図から明らかなように杭の本数の少ない方が応答量は大きく、地震時における応答量とは逆の傾向となっている。

3.2 群杭効率に関する検討
そこで、杭頭における最大応答変位量を用いて群杭効率を算定し、これにより、地震時における群杭特性を静的な場合と比較検討する。群杭効率の定義式はいくつかあるが²⁾、ここでは次式を用いて群杭効率cに対する検討を行う。

$$c = \frac{y_0}{ny_g} \tag{1}$$

ここに、 y_0 は一定外力に対する単杭の変位、 n は杭の本数、 y_g は一定外力に対する群杭の変位である。この定義によれば、群杭の各々の杭が完全に独立に荷重に対して抵抗している場合は $c = 1$ であり、その逆に群杭としての機能を全く発揮することなく全体で単杭と同じだけの抵抗能しか有しない場合には $c = 1/n$ となる。

表-2に正弦波(1Hz, 200gal)をフーテングと基礎構造物に入力させた場合、も併せて群杭効率cの値を示す。これにより静的な荷重下においてはcの値はそれぞれ0.537、0.237であり、0.5および0.2に近い値ではあるが、いずれも0.5、0.2以上あり、群杭としての効果、すなわち、一定外力下において単杭よりも変形量が小さくなる効果は認められる。しかしながら動的な外力下においてはcの値はそれぞれ0.5、0.2よりも小さい値となっている。すなわち静的な外力下においては地盤は静止しており、このため各々の杭に対して地盤を抵抗するので、群杭としての制振効果は期待し得るのに対して動的な外力下においては地盤も杭と一緒に運動しており、このため単杭、群杭にかかわらず地盤からの抵抗は大きな差がなくなり群杭としての制振効果が期待できなくなるものと考えられる。しかしながら一般的な結論を得るにはまだ多くの場合についての解析が必要である。

②参考文献
1) 野口 政三郎: 地震時における杭基礎の鉛直支持と側面摩擦、第35回土木学会年次講演会
2) 脚注: 水平力を受ける群杭基礎の二次元有限要素法による解析、土と基礎、Sep. 1979.

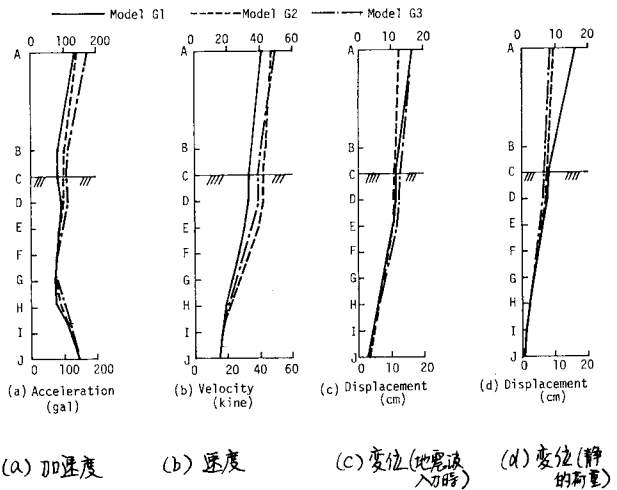


図-3. 応答量のモデルによる比較

表-2 群杭効率

	地震入力 (El Centro)	正弦波入力 (1Hz)	静荷重	1/n
2本杭	0.447	0.432	0.537	0.500
5本杭	0.159	0.190	0.237	0.200