

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 房紀
 中国電力 ○正会員 野口 雅之

1. まえがき

前回、著者はジョイント要素と地盤と杭基礎との接触面のモデル化に適用し、この面における動的な剥離や滑動現象を考慮に入れて杭基礎構造物の地震応答解析を行い、接触面上での動的な応力を定量的に評価することによって地震時における杭の側面摩擦力に関する検討を加えている。今回はこれと同じ解析手法を用いて、フーチングの根入れが杭基礎構造物の地震時挙動および杭の応力状態におよぼす影響について検討したものである。

2. 解析モデル

フーチングの根入れ効果を調べるために以下に説明する4通りのモデルを設定する。

- (1) モデル1はフーチングが地表面下に根入れされている場合であり、根入れ効果としてはフーチング前面での水平抵抗と摩擦抵抗および底面での摩擦抵抗、鉛直方向の抵抗が異なっている。
- (2) モデル2はフーチングが地表面上にある場合である。したがってフーチングの前面抵抗および、底面における摩擦抵抗のみが異なっているモデルである。ただし、フーチングが地表面上にあるために杭長はモデル1に比べて8m長くなっている。これ以外のモデル3も同様である。
- (3) モデル3はモデル2と同じくフーチングが地表面上にある場合であるが、フーチング底面にあるジョイント要素には摩擦抵抗を持たせていない。すなわち、地上の構造物に作用する水平力は全て杭で抵抗することになる。
- (4) モデル4はモデル1と同様にフーチングが根入れされている場合であるが、前面抵抗を生じさせないためにフーチング前面のジョイント要素を取り、ここではフーチングと地盤とは全く独立な挙動を取り得るようにしたモデルである。

以上4通りのモデルの設定条件を表-1に示す。本研究では上記4通りのモデルの各々に対して一層地盤と二層地盤の2通りを考慮し、計8通りのモデルに対して検討を加える。図-1に地盤-杭基礎構造物系の概略図を、表-2にその諸元を示す。なお、以下においては、モデル1の一層地盤

表-1 モデルの設定条件

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4
フーチングの位置	地表面下	地表面上	地表面上	地表面下
前面での抵抗	有	無	無	無
底面での摩擦抵抗	有	有	無	有
杭長 (m)	48	56	56	48

表-2 モデルの諸元

	単位体積重量 γ (t/m ³)	横波速度 C (m/s)	ポアソン比 ν	減衰定数 h
地盤	$\gamma_1 = 1.7$ $\gamma_2 = 1.8$	$C_1 = 100$ $C_2 = 300$	0.333	0.20
下部工	$\gamma_3 = 3.0$ $\gamma_4 = 2.4$	1600	0.167	0.05
フーチング	2.4	1600	0.167	0.05
ジョイント	粘着力 $C_f = 10 \text{ t/cm}^2$, 摩擦角 $\phi_f = 30^\circ$			

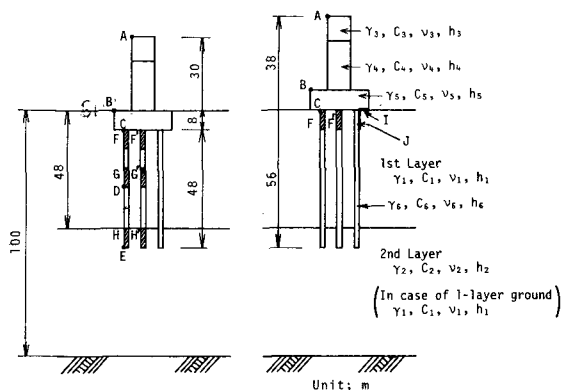


図-1 杭基礎構造物-地盤系の解析モデル

からなるモデルを「モデル1-1」、二層地盤からなるモデルを「モデル1-2」と呼び、他のモデルについても同様に呼ぶことにする。入力としては、最大加速度をNS成分を200gal、UD成分を117galに修正したEl Centro (1940)の加速度記録を用い、両成分を同時に入力している。

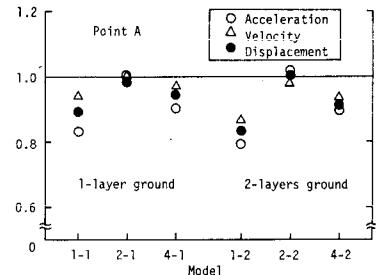
3. 解析結果とその検討

3.1 杭基礎構造物の加速度、速度、変位応答に及ぼすフーチングの根入れの影響 図-2は各モデルでの最大応答量と、一層地盤の場合には「モデル3-1」の応答量で、二層地盤の場合には「モデル3-2」の応答量で正規化して示したものである。図(a)は天端(点A)における値であり、図(b)はフーチング上の一点(点B)における値である。これより「モデル1-1」および「モデル1-2」に対しては一層地盤でのフーチングの速度応答を除いてほぼ10~30%の応答量の低下が認められる。これはフーチングの根入れ効果として制振効果が期待できることを示唆するものと考えられる。

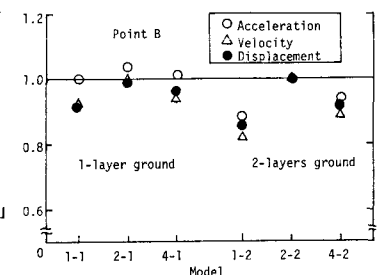
3.2 杭の動的応力に及ぼすフーチングの根入れの影響 図-3は杭頭要素(要素F)における動的応力の最大値を、図-2と同様にそれぞれ「モデル3-1」、「モデル3-2」の応力で正規化して示したものである。これよりフーチングが根入れされて、前面での抵抗を期待できる「モデル1-1」と「モデル1-2」の応力の低下が著しい。特にせん断応力 τ_{xy} に対してその傾向は顕著であり、「モデル1-1」ではほぼ半減している。「モデル4-1」、「モデル4-2」にも応力の低下はみられるが約10%程度の値であり、「モデル2-1」、「モデル2-2」ではほとんど応力低下はみられない。以上よりフーチング前面での抵抗は杭の応力低下に大きく影響を及ぼすが、フーチング底面における摩擦抵抗はこれに対してあまり影響を及ぼさないと考えられる。

3.3 杭の曲げモーメントに及ぼす影響 杭を2列の要素でモデルとし、図-4に示すように2つの要素の中心における杭軸方向の応力 σ_a と σ_b から曲げモーメントを算出し、最大値の分布を示したのが図-5である。図(a)は「モデル1-1」、「モデル1-2」、図(b)は「モデル3-1」、「モデル3-2」に対する結果である。図よりフーチングの根入れの有する「モデル1-1」の曲げモーメントは根入れのない「モデル3-1」のそれに比べて半分以下となっており、これは曲げモーメントに及ぼすフーチングの根入れ効果と考えられよう。しかしながら「モデル1-2」と「モデル3-2」とはほとんど同程度の値であり、フーチングの根入れによって大幅な曲げモーメントの低下が認められない場合もあることがわかる。以上より、フーチングの根入れ効果として制振効果、応力および曲げモーメントの低下が期待されることが明らかになったが、一般的結論を得るためにはこうに多くの場合についての検討が必要である。

◎参考文献 1) 野口、工坂、三浦：強震時における杭基礎の鉛直支持力と周面摩擦力、第35回環学会年次講演会



(a) 天端での応答値の比較



(b) フーチングでの応答値の比較

図-2 応答値の比較

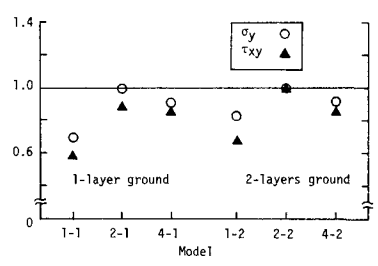


図-3 応力の比較

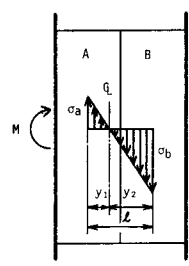


図-4 曲げモーメントの算定方法

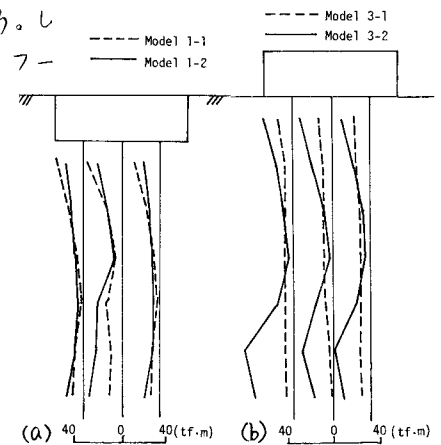


図-5 最大曲げモーメントの分布