

(III-71)円筒押し抜け理論に基づく地盤反力バネを用いた杭-地盤系の非線形応答特性

武蔵工業大学 学○伊藤 和也

同上 正 片田 敏行 正 末政 直晃

東急建設(株) 正 渋谷 重彦

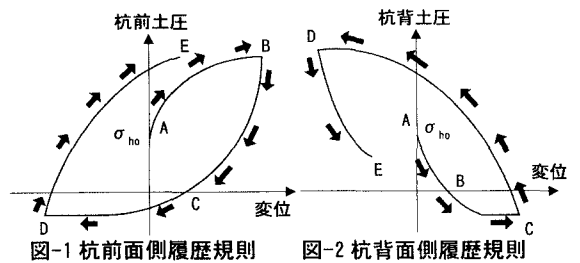
1. はじめに

近年のウォーターフロント開発により、埋め立て地を利用した各種土木・建築構造物を建設する機会が増えている。このような河口付近や臨海の地盤は軟弱な沖積粘土地盤が厚く堆積しており、また埋め立て地では圧密が完全に終了していない未圧密地盤が多々ある。このような軟弱地盤における構造物の耐震性の評価は、重要な課題として挙げることができる。特に地震時の軟弱地盤は大きな地盤ひずみが生じ、杭基礎を有する構造物はその地盤反力-変位関係(相互作用バネ)が複雑な挙動を示すことが知られている¹⁾。

本研究では地盤反力-変位関係に理論解が知られている円筒押し抜け理論(以下CEM)²⁾を適用し、軟弱な粘土地盤における杭-地盤系の地震応答解析を行った。

2. CEMによる地盤反力-変位関係の定式化

金丸ら³⁾はCEMを用いて地盤反力-変位関係を以下のように定式化した。図-1に杭前面側、図-2に杭背面側の履歴をそれぞれ示す。地盤反力は杭前面側と背面側の合土圧であるため、それぞれの差をとったものとして表される。



1) 円筒押し抜け(図-1のA→B)及び円筒収縮過程(図-2のA→B)

弾性域(符号の上段は円筒押し抜け、下段は円筒収縮) 塑性域(符号の上段は円筒押し抜け、下段は円筒収縮)

$$\psi = \sigma_{h0} \pm 2G \frac{\xi}{R_0 \pm \xi} \quad (1)$$

$$\psi = \sigma_{h0} \pm cu \left[1 + \ln \left[\frac{\{R_0/(R_0 \pm \xi)\}^2 - 1}{\exp(\mp 1/lr) - 1} \right] \right] \quad (2)$$

2) 円筒押し抜け-収縮過程(図-1のB→D、図-2のD→E)

弾性域(符号の上段は前面側、下段は背面側)

塑性域(符号の上段は前面側、下段は背面側)

$$\psi = \psi_1 + 2G \frac{\mp (R_1 - \xi)}{R_0 \pm \xi} \quad (3)$$

$$\psi = \psi_1 + 2cu \left[1 - \frac{1}{lr} + \ln \left[\frac{R_1/(R_0 \pm \xi) - (R_0 \pm \xi)/R_1}{\exp(\mp 2/lr) - 1} \right] \right] \quad (4)$$

3) 円筒収縮-押し抜け過程(図-1のD→E、図-2のC→D)

弾性域(符号の上段は前面側、下段は背面側)

塑性域(符号の上段は前面側、下段は背面側)

$$\psi = \psi_1 \pm 2G \frac{R_1 - \xi}{R_0 \pm \xi} \quad (5)$$

$$\psi = \psi_1 - 2cu \left[1 + \frac{1}{lr} + \ln \left[\frac{R_1/(R_0 \pm \xi) - (R_0 \pm \xi)/R_1}{\exp(2/lr) - 1} \right] \right] \quad (6)$$

ここで、 C_u :非排水剪断強度 σ_{h0} :初期拘束圧 G :剪断弾性係数 ξ :杭の変位

$lr:G/C_u$ R_0 :杭径 Ψ_1 :繰返し前の杭土圧 R_1 :繰返し前の円筒半径

3. 杭-地盤系の非線形応答解析

解析モデルは図-3に示すような連成質点系モデル(Penzienモデル)とした。ここで解析を簡単にするため杭頭の回転は拘束してある。検討に用いた地盤及び構造物条件を表-1に、入力加速度波形を図-4にそれぞれ示す。なお入力加速度波は、Elcentro波(EW)を最大振幅が100Galとなるように調整したものをを用いた。

キーワード: 杭基礎、地盤反力バネ、円筒押し抜け理論、非線形動的相互作用

連絡先: 武蔵工業大学 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

4. 解析結果

解析の結果得られた地盤系（地表面）及び上部構造物の応答加速度波形を図-5、6に、そのフーリエスペクトルを図-7(a)、(b)にそれぞれ示す。今回の解析では、地盤系応答加速度の最大加速度が約400Galとなり、上部構造物の最大加速度約150Galと比べると非常に大きな加速度となった。これは地盤系が線形モデルで解析されていることが原因だと考えられる。したがって、応答変位も地盤系の方が構造物系より1.5倍ほど大きな値となった。また、地盤系の卓越振動数は1.85Hz、構造物系は2.15Hzであった。

図-8にCEMを用いた地盤反力－変位関係を示す。地盤系と構造物系の応答変位に大差があるため、比較的強い非線形性を示す結果となった。ここで基盤部の地盤反力－変位関係は、杭頭部のそれに比べて小さな値となっていることが分かる。

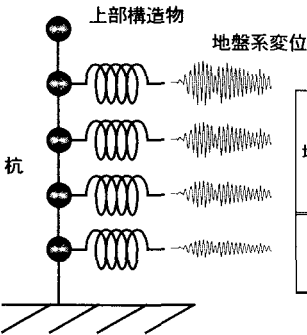


図-3 解析モデル

表-1 地盤及び構造物条件

地盤	単位体積重量	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	1.6
	層厚	H(m)	16
	N値		2
	非排水せん断強度	Cu(kPa)	24.5
杭	せん断波速度	Vs(m/s)	120.6
	杭径	R0(m)	1.0
	弾性係数	E(MPa)	2.06×10^3
	単位体積重量	$\rho_{\text{pile}}(\text{g/cm}^3)$	2.4

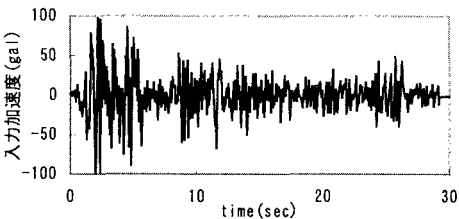
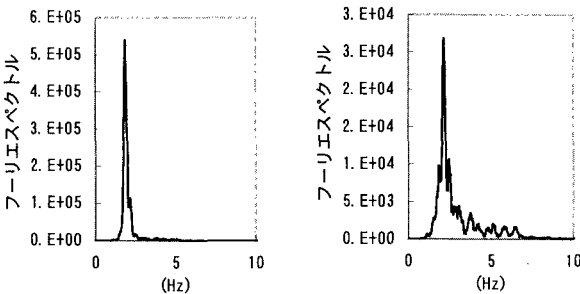


図-4 入力加速度波（Elcentro 波）



(a) 地盤系 (b) 構造物系
図-7 応答フーリエスペクトル

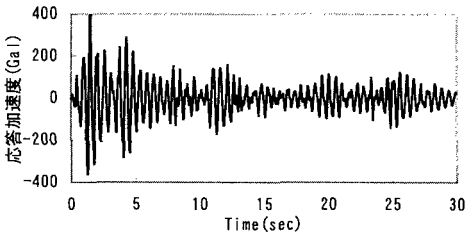


図-5 地盤系応答加速度（地表面）

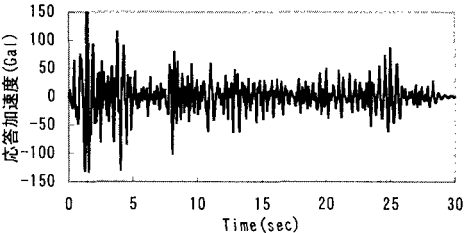


図-6 構造物系応答加速度（上部構造物）

5. 今後の課題

本報告では、CEM を地盤反力－変位関係に用いて地震時応答解析をおこなった。しかし実際の地震時には、構造物と地盤との間に隙間が発生するケースや繰り返しに伴い地盤強度が低下していくような事も考えられる。今後はそれらについても考慮し、解析を行う予定である。

参考文献

1)長瀧慶明ら:水平力を受けるスラブ付き杭支持建物の破壊性状、第 23 回土質工学研究発表会講演集、pp. 1499-1502、1988
2)G. T. Houlsby et al: Analysis of the cone Pressuremeter test in clay, Geotechnique, Vol138, No. 4, pp. 575-585、1988
3)金丸裕秀ら:軟弱な粘土地盤中の杭の地盤反力特性(その 2－定式化－)、第 33 回地盤工学研究発表会講演集、pp. 1509-1510、1998

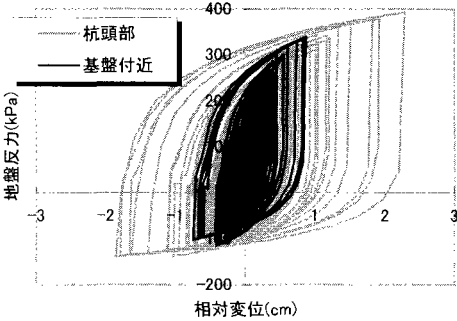


図-8 地盤反力－変位関係