

東京大学大学院 学生員 羅 休
東京大学生産技術研究所 正会員 小長井一男

1. はじめに

杭基礎の動的時刻歴応答解析を応答変位法に則して行う場合、地盤の相互作用ばねの評価が必要である。本来連続している地盤の剛性は他節点での影響を受け、周波数にも依存する。このため、応答解析が複雑なものとなる。野上、小長井は構造から逸散する波頭が簡単な幾何学形状を示す場合には地盤の剛性を当該節点のみの応答で評価でき、その応答が周波数に依存しないばね、ダッシュポットと附加質量からなる Winkler soil model の応答で、精度よく近似できることを示して、簡便な時間領域の応答解析手法を確立した。(1)(2) この手法では地盤が水平振動を受ける時、上下動は水平動と比べ小さいものとして無視している。しだかつて、分割された地盤の水平層は平面ひずみ状態と仮定されている。しかし実際には、地表面近くでは力開放の影響があるので、上下動をすべての位置で無視する仮定は必ずしも適切ではないと考えられる。この影響を調べ、簡便化モデルにそれをどのように反映させるか検討するため、杭から地盤に逸散される波動の空間的分布を可視化する実験を行なった。また差分法によって平面波動のシミュレーションを行なって、地盤の等価なポアソン比の深さ方向分布を調べた。

2. 可視化実験

透明なポリアクリルアミドゲルで作製された地盤模型とポリカーボネート製の杭模型をアクリル製型枠に打設して、杭頭にインパルスを入力することによって杭から放射された波動の伝播をモアレ法で観測することができる(図-1)。(3)

地盤模型の水平表面と鉛直断面での等変位線の写真を写真-1の上段と下段に示す。縞の間隔を0.5mmとしたので、0.25mm、0.75mm、1.25mmと0.5mm間隔の等変位線がフリッジとして現れている。ポアソン比がほぼ0.5のゲルを伝播する縦波速度は本来著し

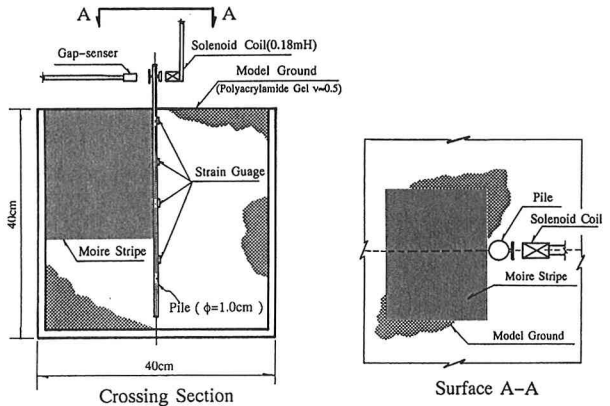


図-1 地盤構造物模型

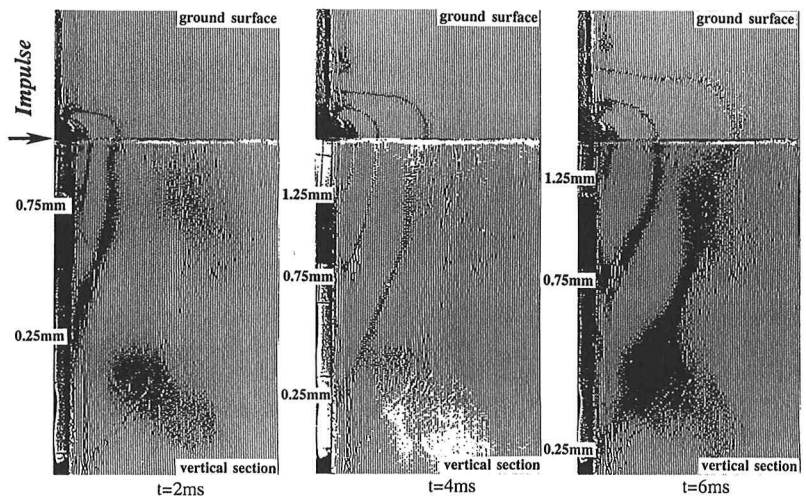


写真-1 杭模型から逸散する波動によるモアレ(打撃方向水平変位)

く大きいものであるが、地表面に現われた打撃方向の波頭はせん断波頭の2倍強の位置に現れている。縦断面に現れたフリンジも、地表面の応力解放の影響を受けてあまり遠方に達していない。

3. 数値解析における評価

平面波動のシミュレーションで地盤の等価なポアソン比の深さ方向分布の逆解析を行った。水平層に分けられたWinkler地盤に、実験で得られた杭に沿った各点の水平変位の時刻歴を強制変位として与え（図-2）、実験で観

測されたフリンジと、解析値を一致させることで、各層の等価なポアソン比を決定した（図-4のケース2）。図中で地表面附近のポアソン比が0.33と算定されているが、これはポアソン比が0.5の無限平面を平面応力状態とした時の等価なポアソン比となっている。そこで、地表のみならず杭先端にいたるまでの地盤の薄層要素を平面応力状態としたときの

一つの極端な状態をケース3、反対に従来のようにすべての層で平面ひずみ状態と仮定した状態をケース1として、以上の3ケースについて杭頭の変位応答を算定したものを図-3に示す。全層で平面ひずみ状態と仮定されたケース1では実験結果に比べて振幅が小さく周期も短くなり、地盤剛性を幾分過大評価している。これに対し等価なポアソン比分布を使ったケース2、および全層で平面応力状態としたケース3では、計算値と観測結果の符合が良い。ケース2と3の両者の間には顕著な差は認められないが、これはたわみ易い杭基礎の応答を評価するうえで、地表面付近の物性を適切に評価することが重要であることを示している。

4. まとめ

(1)地表面での応力開放がたわみ易い杭基礎を支持する地盤ばねに与える影響は無視できないことが可視化模型実験と数値解析結果により明らかになった。

(2)野上・小長井のモデルでは、杭を支える地盤の薄層（無限平面）に等価なポアソン比を導入することによってこの影響を考慮することができる。

参考文献 (1)小長井一男：基礎構造物と地盤の動的相互作用の簡便な解析法について、生産研究、第40巻、第7号、pp.1-8、1988。(2)Nogami, T. and Konagai, K.: Time Domain Flexural Response of Dynamically Loaded Single Piles, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.114, No. 9, pp.1512-1525, 1988。(3)羅 休、小長井一男、佐山順二：地中線立杭の時刻歴地震応答、第22回地震工学研究発表会、pp. 643, 1993。

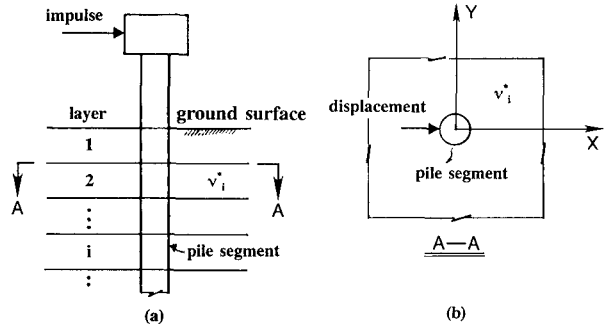


図-2 Winkler地盤モデル

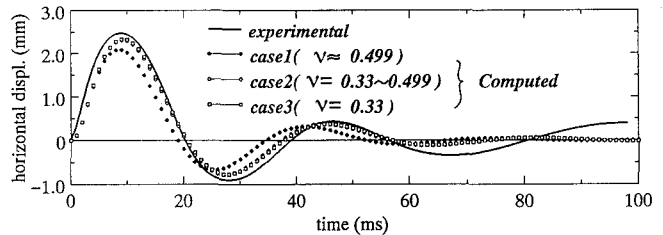


図-3 模型杭頭の変位応答

Depth (cm)	Ground Surface		Pile axis	
	Poisson's ratio	Case 1	Poisson's ratio	Case 2 Case 3
0.00	0.499	0.33	0.33	
-4.00	0.499	0.36	0.33	
-6.00	0.499	0.41	0.33	
-8.00	0.499	0.499	0.33	
-11.3	0.499	0.499	0.33	
-14.95	0.499	0.499	0.33	
-18.60	0.499	0.499	0.33	
-22.25	0.499	0.499	0.33	
-25.90	0.499	0.499	0.33	
-29.55	0.499	0.499	0.33	
-33.20	0.499	0.499	0.33	
-36.85	0.499	0.499	0.33	
-40.55	0.499	0.499	0.33	
-43.50	0.499	Rigid Base	0.499	0.33

図-4 地盤ポアソン比の分布