

III-410 杭基礎の大変形シミュレーションに関する一考察

建設省土木研究所 正員 ○高木 繁
" 正員 岡原 美知夫
" 木村 嘉富

1. まえがき

現在、道路橋示方書における杭の軸直角方向力に対する設計は、杭頭変位量を基礎の挙動が弾性的とみなすことのできる許容変位量内に制限して、線形弾性解析によりおこなわれており、計算の簡便さを考慮すると実設計においては合理性の高いものと考えられる。しかしながら、様々な構造物の設計体系が限界状態設計法に移行する趨勢の中、杭基礎においても杭体の水平耐力を十分に生かした限界状態での設計法の必要性が高まってきている。そのためには弾性限界を超える変位状態の基礎の挙動把握および設計法の確立が必要となる。本稿は大変形時の杭基礎の設計法を確立するため、大型土層でおこなった模型杭の水平載荷実験について、シミュレーション解析をおこなった結果について報告する。

2. 解析によるシミュレーション

シミュレーションの対象とした模型鋼管杭の水平載荷実験は単杭、および組杭の6ケースについておこなったものである(表-1、図-1)¹⁾。

シミュレーションにおいては大変形時に問題となる地盤の $p \sim \delta$ の非線形性を、計算の容易さを考慮して図-2に示すようなバイリニア型モデルで扱うこととした。このバイリニア型の地盤定数としての極限地盤反力度(p_{us})、および水平方向地盤反力係数(k_H)は次のように定義した。

- ・計算に用いる極限地盤反力度 p_{us} : $\alpha_p \times$ (クーロンの受働土圧強度 p_p)
- ・計算に用いる水平方向地盤反力係数 k_H : $\alpha_k \times$ (道示式から求まる水平方向地盤反力係数 k_H)

すなわち、 α_p 、 α_k をパラメータとして各杭位置に対して試行錯誤的に別々の地盤抵抗特性(p_{us} 、 k_H)を設定し、①荷重～変位曲線、②杭体変位分布、③モーメント分布、④地盤反力度分布の4項目について実験値と解析値が最もよく適合するような α_p 、 α_k の値を選定した。ここで、シミュレ

表-1 水平載荷実験ケース

ケース	杭配列及び載荷方向	杭材諸元
1	1本杭(単杭)	材 質:STK55
2	載荷軸方向2本杭(2本直列杭)	外 径:101.6(mm)
3	載荷軸方向3本杭(3本直列杭)	肉 厚:11.75(mm)
4	載荷軸直角方向2本杭(2本並列杭)	断面積:33.2(cm ²)
5	載荷軸直角方向3本杭(3本並列杭)	試験長:4.4(m)
6	9本(3×3本)平方配列杭(9本組杭)	降伏点:62(kgf/mm ²)

ーションの対象とする変位のレベルは、杭体が降伏する大変形までとした。

図-3は9本組杭のフーチング部の荷重～変位曲線について実験値に適合する α_p 、 α_k を選定したもので、適切な値を設定することによりかなりの精度でシミュレーションできることがわかる。

図-4、5は、9本組杭(前杭)において、図-3で最も適合性がよかった α_p 、 α_k を用いて杭径の50%程度変位した際の、曲げモーメント分布、および地盤反力度分布をシミュレーションしたもので、これらも実験値と計算値は比較的良好に合っているといえる。このほか、杭体変位についても同程度の適合性を得ることができた。このような適合性を得ることができる α_p 、 α_k を他のケースについてもシミュレーションによって選定しその結果を示したのが表-

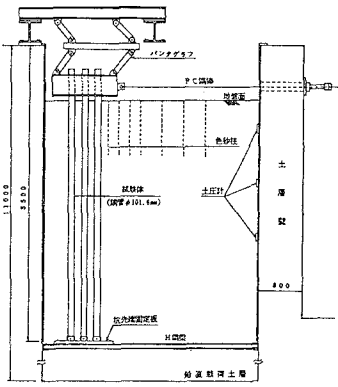


図-1 実験概要

2である。

直列杭についての前杭は単杭と同程度の α_p となり、後方の杭は徐々に低下している（図-6）。並列杭では単杭に比べて α_p 、 α_k ともに、並列方向の本数が多くなるほど低下することがわかる。9本組杭は、 α_k が3本直列杭、および3本並列杭に比べてかなり低下することがわかる。

α_p は直列方向では前杭と単杭はほぼ同じ値となるが、並列方向では前杭は単杭に比べて低下している。また、いずれのケースも杭本数が多くなると α_k の値が小さくなる傾向が認められた。

表-2 適合性が得られた α_p 、 α_k

ケース	杭位置	実験値			解析値		
		α_p		α_k	α_p		α_k
単杭		3.0	3.0	1.50			
2本直列杭	前列杭	3.0	3.0	1.50			
	後列杭	0.8	1.0				
3本直列杭	前列杭	3.0	3.0	1.00			
	中間杭	1.3	1.0				
	後列杭	0.8	0.5				
2本並列杭		2.5	2.5	1.00			
3本並列杭	中央	2.8	2.5	0.75			
	側方	3.2					
9本組杭	前列杭	中央:2.5 側方:2.4	2.5	0.35			
	中間杭	中央:1.6 側方:1.3	1.0				
	後列杭	中央:1.3 側方:1.2	1.0				

3. あとがき

土研内でおこなった模型鋼管杭の水平載荷実験について、バイリニア型の地盤抵抗特性を適切に設定することにより、各杭の荷重～変位曲線、杭体変位分布、曲げモーメント分布、地盤反力分布がかなり精度良くシミュレーションでき、本解析法の有効性が認められた。

本報告で把握することができた α_p 、 α_k の傾向は、模型鋼管杭の実験用土層での一例であることから必ずしも定量的に評価されたとはいえない。今後は本解析法による大変形時の組杭の挙動を定量的な評価を可能とするため、異なる条件下での載荷試験、および実大レベルでの載荷試験の結果を解析し、より多くのデータを蓄積する必要がある。

〔参考文献〕

1)建設省土木研究所：「群杭の水平方向載荷実験」、土木研究所資料第3079号、平成4年3月

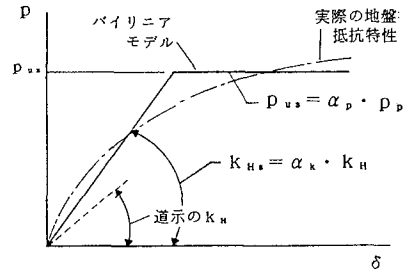


図-2 バイリニア型地盤抵抗特性

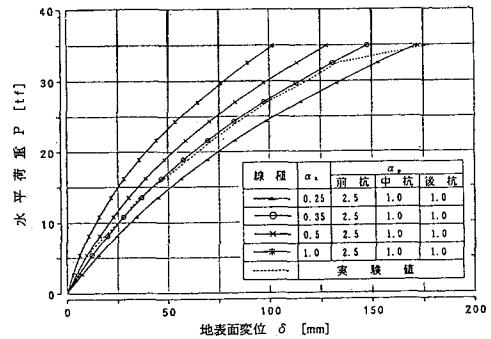


図-3 9本杭の荷重～変位曲線

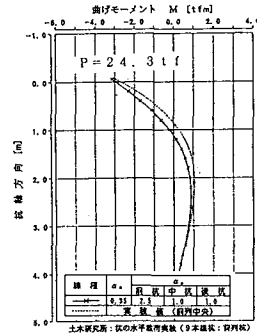


図-4 9本杭（前杭）の曲げモーメント分布

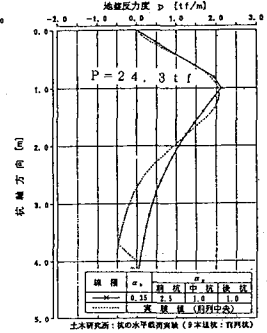


図-5 9本杭（前杭）の地盤反力度分布

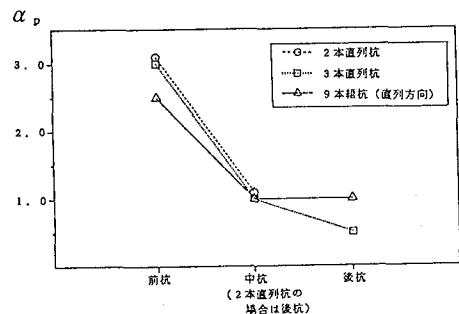


図-6 杭の載荷軸方向の α_p の低下