

(Ⅲ-75) 杭の断面形状が水平抵抗に及ぼす影響

関東学院大学

日建設計中瀬土質研究所

日建設計中瀬土質研究所

関東学院大学

学生会員

正会員

正会員

○石田 直美

片上 典久

斎藤 邦夫

熊谷 秀樹

1. はじめに

橋梁をはじめ多くの土木構造物は杭を基礎として建設されている。杭は、構造物の自重を含む鉛直力を支えると共に、地震や風荷重等の水平力に抵抗する。特に地震が多発するわが国では、基礎設計上、杭の水平抵抗力を合理的に把握することが求められている。

通常、杭の模型実験ではその取り扱いの容易さから、断面を矩形とすることが多い。こうした中で篠原ら¹⁾は模型実験によって杭の寸法効果並びに形状効果について検討し、形状は杭挙動にさほどの影響を及ぼさないことを指摘している。しかしながら、実験は重力場において杭幅(径) ≤ 30cm の杭を用いた実験であり、導かれた結論に多少の疑問が残る。

そこで本研究では杭径 1m の場所打ち杭を想定し、断面形状は矩形と円形ではあるが共に曲げ剛性が等しい模型杭に対し水平載荷試験を実施したので、その結果を報告する。

表-1 豊浦砂の物性

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.652
最大粒径 D_{max} (mm)	0.425
平均粒径 D_{50} (mm)	0.181
均等係数 U_c	1.623
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.642
最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	1.334

2. 実験概要

実験に使用した試料は気乾状態の豊浦砂である。豊浦砂の物性を表-1に示す。本研究で対象とした杭は直径 1m、根入れ長さ 28m の場所打ちコンクリート杭である。実験システムは図-1 に示す通りである。模型縮尺は 1/50 とし、これに遠心加速度 50G を作用させて実験を行った。このため杭は曲げ剛性と投影面積を考慮し、一つは材質がアルミニウムで外径、内径並びに長さが各々 20mm、18mm、580mm のパイプ、他方は幅、厚さ及び長さが 20mm、8.4mm、580mm の鋼製プレートでモデル化した。表-2 に実杭と模型杭の特性値を比較して示す。

水平載荷に伴う模型杭の曲げ挙動を捉えるため、載荷面とその背面に 20mm ～ 30mm 間隔でひずみゲージを合計 32 枚貼付した。さらに表面の粗さを考慮して、模型杭表面に接着剤を塗布した上で豊浦砂をまぶした。

模型杭は、まず杭下端を容器内底面に固定し、ここに相対密度が 85% となるように豊浦砂を空中落下法により堆積させ、模型地盤を作成した。こうすることで杭頭自由で無限長の杭の条件を再現した。次いで、載荷点が地表面より 13mm の高さになるように水平載荷装置をセットし、50G の遠心加速度場の下で 0.6mm/min の載荷速度で実験をした。

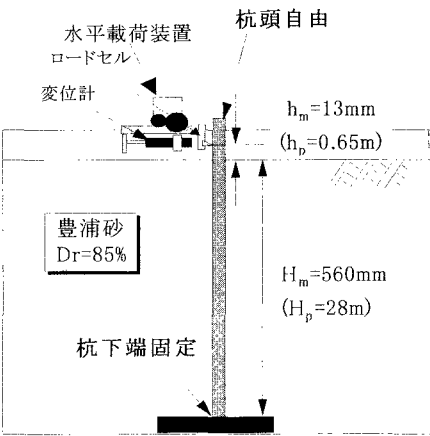


図-1 実験概要図

表-2 実杭と模型杭の特性値

	実杭	1/50の模型杭	
材質	場所打ちコンクリート	アルミニウム	鋼製プレート
弾性係数	$2.7 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$	$7.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
形状及び寸法	$\phi 1000$	外径1000mm、内径910mm (外径20mm、内径18.2mm)	幅B=1000mm 高さh=420mm (B=20mm h=8.4mm)
曲げ剛性	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf}\cdot\text{cm}^2$	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf}\cdot\text{cm}^2$	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf}\cdot\text{cm}^2$

キーワード 杭 水平地盤反力 遠心模型実験

連絡先 川崎市幸区南加瀬 4-11-1 TEL 044-599-1151 FAX 044-599-9444

中の荷重並びに杭頭水平変位の数値は相似則に基づき、実物に換算して表した。図-2によると杭頭変位 $\delta_h \leq 0.5\text{cm}$ 、水平荷重 $\leq 7.5\text{tf}$ では杭の断面形状の違いによる影響は認められず、両者は良く一致している。しかしながら、杭頭変位 $\delta_h \geq 0.5\text{cm}$ では変位の増大に伴って矩形、円形の断面の杭での荷重応答に、明らかな差異が生じている。例えば、杭頭変位 $\delta_h = 3\text{cm}$ の時、円形杭の杭頭荷重は、32tf 程度であるが矩形杭では約 38.5tf であり、約 20%の違いが現れている。これは既に作田等^{2)*}が指摘しているのと同様、矩形杭に比べ円形杭の方が水平抵抗が小さくなるようであり、篠原等^{1)*}とは異なった結果が得られた。

杭頭変位-荷重の挙動がほぼ一致している 7.5tf の場合と杭頭の水平変位が異なっている 30tf の場合に着目して、杭体における挙動を曲げモーメントにより比較、検討した。水平荷重 7.5tf の曲げモーメント分布を図-3に、水平荷重 30tf の曲げモーメント分布を図-4に表す。

図-3より、水平荷重 7.5tf では、矩形、円形杭とも最大曲げモーメントが発生するの深さは、3.5m で一致している。しかし、円形杭、矩形杭の最大曲げモーメントの値は、15.6tf・m、14tf・m程になっているので、約 1 割円形杭の方が大きくなっていること分かる。曲げモーメント第一零点の深さは、円形杭は 8m で、矩形杭は 10 m となった。同じ曲げ剛性を有するが、円形杭の方が水平荷重の影響がより深くまで達すると推測する。

一方、図-4に示す水平荷重 31tf の時の最大曲げモーメントが発生する位置は、3.5m、4.5m であり、前者が円形杭、後者が矩形杭の時を示している。 M_{max} が生じる深度に違いが表れている。また、両杭の最大曲げモーメントの値は、円形杭で-82tf・m 程度で、矩形杭では 約-67tf・m であり、円形杭は、矩形杭の場合の 1.3 倍程になった。さらに、曲げモーメント第一零点の深さは、円形杭は 10m、矩形杭は 11m であり、これは、水平荷重 7.5tf の場合と同様な結果となり、円形杭の方が荷重による影響が浅い部分に留まっているようである。

4. まとめ

この度の実験より、曲げモーメント第一零点の深さは、円形杭の方が浅くなっている。同一杭頭荷重下で円形杭の方は矩形杭に比べ、最大曲げモーメントが大きく発生している。これらの事からは、円形杭では杭体背面に形成された受働抵抗域は相対的に小さく、地盤反力が矩形杭より小さくなると予想される。

以上のような成果を踏まえ、今後は断面形状の違いがもたらすと考えられるメカニズムに関し、例えば杭の載荷背面での変形挙動に注目して、研究を継続したい。

参考文献

- 1) 篠原他：「杭の横抵抗に関する実験的研究(その 1)」, 運輸技術研究所報告, Vol.11, No6 pp46~50 1961 年
- 2) 作田他：「杭の水平抵抗に及ぼす杭形状・杭表面粗度の影響」 関東支部土木学会概要集

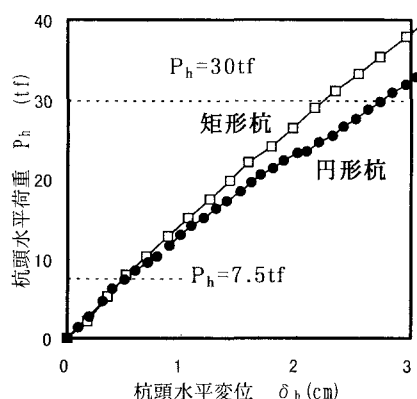


図-2 杭頭水平荷重-変位関係

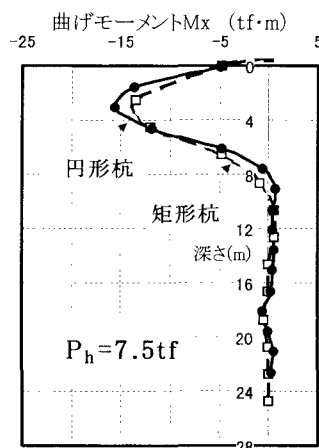


図-3 曲げモーメント分布

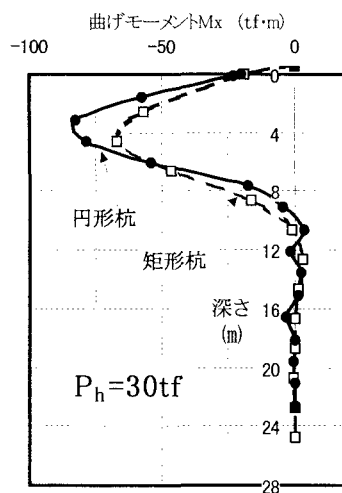


図-4 曲げモーメント分布