

杭の押し込み試験における連続載荷方式に関する諸検討 (載荷速度や脈動の影響)

杭 載荷試験 連続載荷方式

ジャパンパイル ○正会員 宮坂 怜奈  
同 国際会員 小椋 仁志  
同 正会員 小梅 慎平  
同 同 小松 吾郎

1. はじめに

2002年に改訂された杭の鉛直載荷試験基準で、連続載荷方式が規定された<sup>1)</sup>。この載荷方式は極限抵抗を確実に測定できる、試験時間を短縮できるなど多くの長所がある。反面、載荷速度や油圧の脈動により抵抗が変化するという指摘もされている。筆者らは、長さ15mのPHC杭を用いた押し込み試験によって、これらの影響を検討した。本報では、その結果を報告する。

2. 試験地盤、試験杭

今回、以下の2種類の押し込み試験を行った。

試験A：降伏荷重過ぎまで段階載荷方式で3サイクル載荷し、それ以降は連続載荷方式により1サイクル載荷。

試験B：試験の途中で載荷速度や油圧ホースの長さを変えて、最初から連続載荷方式により5サイクル載荷。

試験場所は鹿児島県霧島市で、地盤は図1のようにGL-6mまで盛土とロームで、以深はN値が漸増するシラスとなっている。試験杭は、試験A、Bとも同じ仕様のPHC杭で、杭長は15m(節杭9m+PHC杭6m)、節部径は600mmである。プレボーリング拡大根固め工法(拡大掘削径800mm)で施工後、試験Aは36日後に、試験Bは316日後に載荷している。なお、この試験では文献2)に示す段階載荷方式との比較も行っている。

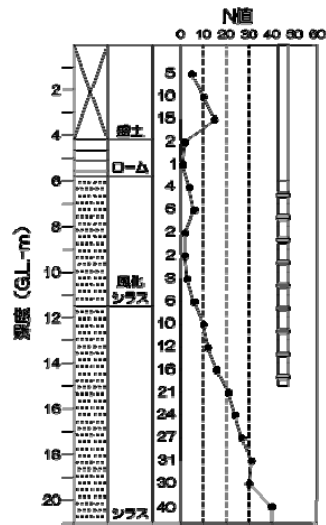


図1 試験地盤

3. 試験結果

図2に試験A、Bの杭頭荷重 $P_0$ ～時間 $t$ 関係を、図

3に $P_0$ ～杭頭変位量 $S_0$ 関係を示す。試験時間は、段階載荷方式を含む試験Aが320分に対し、試験Bは100分で終了している。第2限界抵抗力は試験Aが7160kN、試験Bが7480kNとほぼ同じ値となっており、再現性はいいものと判断される。試験Bの方が4～5%大きいのは、養生期間が試験Aよりも大幅に長いことも一因と考えられる。

4. 載荷速度の影響

連続載荷方式で大きな問題になる載荷速度を変えて、得られる荷重を比較した。試験AとBの各サイクルでの載荷速度(段階載荷方式時では増荷時の速度)と変位速度をまとめたのが表1である。この表で、荷重レベルがほぼ同じで載荷速度が大き

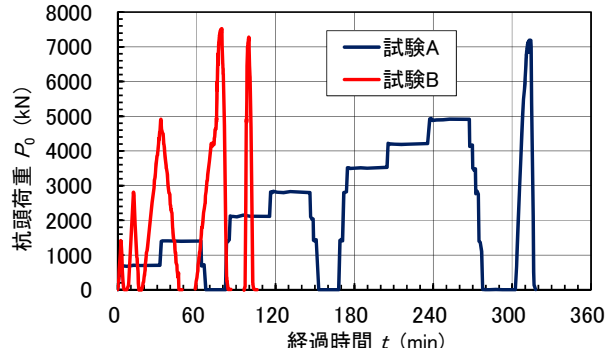


図2 杭頭荷重 $P_0$ ～経過時間 $t$ 関係

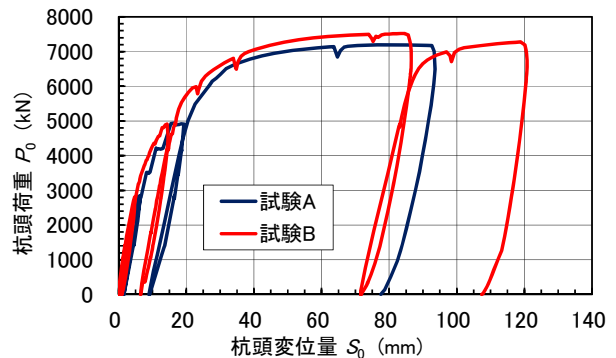


図3 杭頭荷重 $P_0$ ～杭頭変位量 $S_0$ 関係

く異なる区間の $P_0$ ～ $S_0$ 関係の比較図を図4、5に示す。図4は試験AとBの第4サイクルの区間、図5は試験Bの第1～4サイクルでの比較図で、いずれも比較のため各区間の開始時点での荷重と変位量を0としている。これらの図から、載荷速度(増荷速度、変位速度)が大きく変わっても、杭が押し込まれる時の抵抗(荷重)にはあまり差がないことがわかる。このことから、載荷速度がたとえ2倍になっても、得られる荷重には大きな差は生じないものといえよう。したがって、今回の試験で行った範囲では、連続載荷方式でも、得られる荷重に関しては載荷速度をあまり問題にする必要はないものと判断される。

表1 増荷速度と変位速度

サイクル	増荷速度 (kN/min)		変位速度 (mm/min)		
	試験A	試験B	試験A	試験B	
1	437	596	0.80	0.78	
2	1272	701	2.22	1.14	
3	906	347	1.94	0.96	
4	履歴	913	357	2.11	0.70
	新規	—	—	10.0	19.4
5	—	2254	—	13.8	

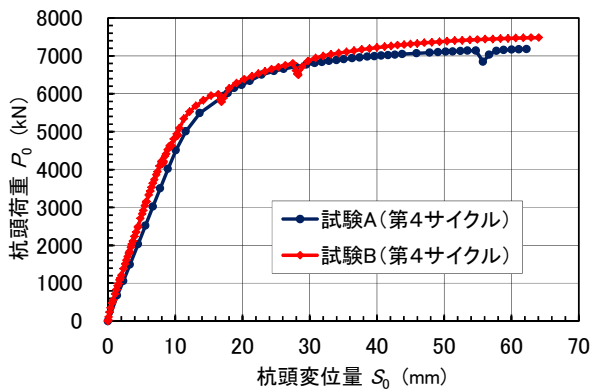


図4 連続載荷方式での  $P_0 \sim S_0$  関係の比較

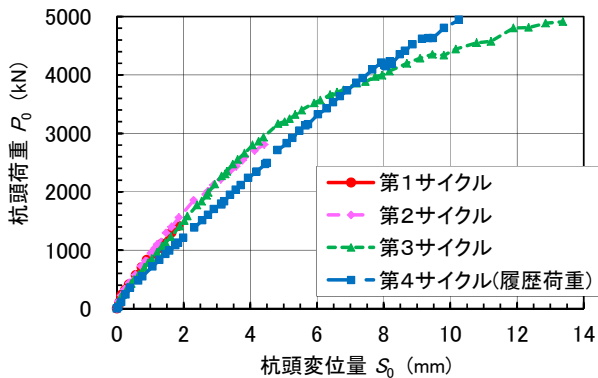


図5 試験B:各サイクルでの  $P_0 \sim S_0$  関係の比較

## 5. 油圧の脈動の影響

静的載荷試験で油圧ジャッキにポンプから送油する際には脈動が生じる。このため送油時には油圧が安定しないのが一般的であり、油圧計により測定される杭頭荷重もギザギザになる。特にポンプ付近で測定すると、脈動の影響を大きく受ける。段階載荷方式では、所定の荷重を保持した状態で荷重等を測定するため、脈動の影響を受けることは少ない（ただし、荷重が極限值に近づいて変位が大きくなると影響が大きい）。一方、ポンプから送油し続けた状態で測定する連続載荷方式の場合には、脈動の影響を大きく受けることになる。

また、ジャッキにポンプから送油する時、油圧によるホースの膨張や油とホース内面との摩擦のため、実際に杭に載荷されている荷重は、ポンプ付近で測定された荷重よりも小さくなる。これも荷重保持時には生じない現象のため、ここでは脈動の影響の一部と考える。

そこで、連続載荷方式での脈動の影響を検討するため、試験Bでは油圧計を正規のジャッキ付近の他にポンプ付近にも取り付けました。また、油圧ホースの長さを30mと50mの2種類使用して比較した。第1～第3、第5サイクルでは長さ10m(内径  $\phi 9.5\text{mm}$ )と20m( $\phi 12.7\text{mm}$ )の2本を継いだ30mの、第4サイクルではこれに20m( $\phi 6.3\text{mm}$ )を継いだ50mの油圧ホースを使用した。いずれも、高圧用(70MPa)のホースである。

ジャッキとポンプに取りつけた2つの油圧計による  $P_0$  (以下、ジャッキ  $P_0$ 、ポンプ  $P_0$ ) を  $S_0$  との関係で示したのが図6と図7である。図6は試験Bの第1～3サイクル(30mホース)と第4サイクル(50mホース)の履歴荷重の区間で、図7は第4サイクル(50mホース)と第5サイクル(30mホース)である。図7では4カ所で  $P_0$  が減少しているが、これは送油を止めて  $P_0$

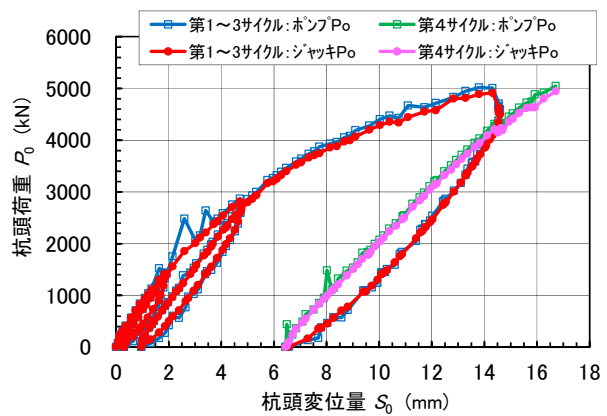


図6 試験B:第1～4サイクル(履歴):ジャッキ  $P_0$  とポンプ  $P_0$  の比較

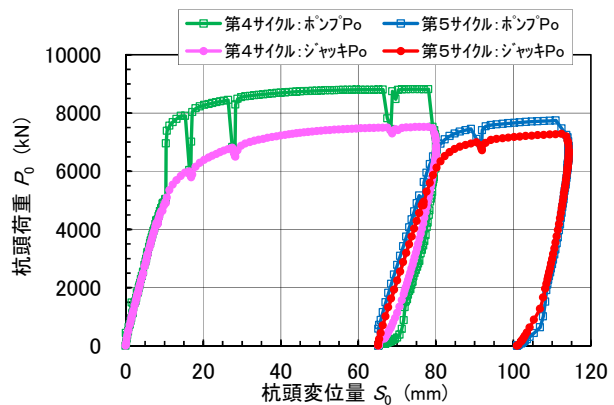


図7 試験B:第4.5サイクル:ジャッキ  $P_0$  とポンプ  $P_0$  の比較

を測定したことによる。

これらの図から、以下のことが分かる。

- ①図6でポンプ  $P_0$  にはギザギザが見られており脈動が影響しているが、ジャッキ  $P_0$  にはほとんど見られない。これは、油圧がホースを伝わる間に安定するためと考えられる。
  - ②  $P_0$  が増加や減少している区間の図6では2つの  $P_0$  には大きな差は見られないが、  $P_0$  がほぼ一定になる図7では大きく異なってくる。50mホースの第4サイクルではポンプ  $P_0$  は実際に杭に作用している  $P_0$  (ジャッキ  $P_0$ ) より1550kN程度、30mホースの第5サイクルでも490kN程度大きい値になっている。なお、別の現場で行った10mのホースを使った試験でも、230～280kN大きくなっていた。
  - ③送油を止めるとポンプ  $P_0$  はジャッキ  $P_0$  とほぼ同じ値になる。ジャッキ  $P_0$  も少し減少するが、その減少幅は小さい。
- 以上より、連続載荷方式では、  $P_0$  を測定するための油圧計はジャッキに取りつけるべきである。もし、ジャッキの近傍に付けられない場合は、送油を一時止めてから  $P_0$  を測定するなどの配慮が必要となる。

## 6. おわりに

本報では、連続載荷方式で押込み試験を行う際の載荷速度と脈動の影響について検討した。載荷速度が得られる荷重に与える影響は小さいこと、  $P_0$  を測定するための油圧計はジャッキに取りつける必要があることが確認された。

- 参考文献 1)地盤工学会基準：杭の鉛直載荷試験方法・同解説，2002.5 2)小梅慎平・小椋仁志・宮坂怜奈・小松吾郎：杭の押込み試験における連続載荷方式に関する諸検討（段階載荷方式との比較），第53回地盤工学研究発表会(高松)，2018