

載荷試験を実施した埋込み杭の掘出し調査 (その1: 調査概要)

杭、載荷試験、現地調査

ジャパンパイル 正会員 ○今 広人
 同 正会員 小松 吾郎
 同 正会員 吉田 映
 同 正会員 樺澤 和宏

1. はじめに

根固め部が節杭などの既製杭と現場造成されたソイルセメントで構成される埋込み杭では、根固め部の品質（出来形や強度など）は支持力発現に大きく影響する要因と考えられる。根固め部の掘出し調査により出来形や強度の確認を行い、品質を検証した事例は幾つかある。しかし、載荷試験を実施し地盤から決まる極限支持力に至るまでの荷重履歴を受けた杭の根固め部品質を直接的に検証した例は少なく、極限支持力発現時あるいは発現以後の根固め部の状況などは解明されていない点も多い。そのような疑問点を解決するために載荷試験を実施し、地盤から決まる極限支持力まで載荷した杭の掘出し調査を行った。本報では、(その1)として載荷試験結果概要及び掘出し調査概要を述べる。

2. 地盤と掘出し杭の概要

地盤と掘出し杭の概要を図1に示す。地盤は粘土混じり砂礫及び粘土質砂礫で構成され、GL-11mからN値50以上の粘土混じり砂礫となっている。また、ボーリング調査時の土質名表記は粘土混じり砂礫であったが、別途採取したGL-11~13mの地盤の細粒分含有率は43.6%と、細粒分を非常に多く含んだ地盤であった。杭先端深さはGL-13mで、根固め部はGL-11~13mの長さ2mである。根固め部上端位置に、先端載荷試験のためのジャッキ(長さ0.65m)を取り付けた杭を施工した。28日間養生した後に、載荷試験を実施し支持力を確認した。

3. 載荷試験結果の概要

載荷試験の結果を、図2と表1に示す。本試験では根固め部上端に設置したジャッキの荷重を杭先端荷重 P_p とし、ジャッキ下面の変位を杭先端変位 S_p としている。No. 1 杭では、 $S_p=50\text{mm}$ (節部径の10%) 時の P_p は4448kNであった。また、 P_p は最大で5210kNまで載荷し保持した(その時の S_p は220mm)。No. 2 杭では、設置したジャッキの能力限度の $P_p=3290\text{kN}$ まで載荷し保持した(その時の S_p は19mm)。Weibull 分布曲線から推定した節部径10%変位(44mm)時での P_p は3911kNであった。No. 1 杭は、杭径の10%以上変位しているので、地盤工学会基準¹⁾に従って判定される第2限界先端抵抗力(杭先端変位が杭先端径の10%に達した時の抵抗力)の荷重履歴を受けている。No. 2 杭は最大荷重時の杭先端変位量が節部径の4.3%、根固め部径の3.1%と小さく第2限界先端抵抗力には達していないが、Weibull 曲線から推定した杭先端極限支持力の81%(根固め部径評価)~84%(節部径評価)の大きさの荷重履歴を受けていることになる。

本試験から得られた第2限界先端抵抗力(杭先端極限支持力)の大きさは、以下の理由により、地盤から決まる極限支持力として妥当な値と判断される。本試験での杭先端部の変位・荷重はジャッキ下面(=根固め部上面)での測定値である。土木研究所を中心に行われている極限支持力推定式の見直し結果²⁾によると、本杭と同様に、根固め部が既

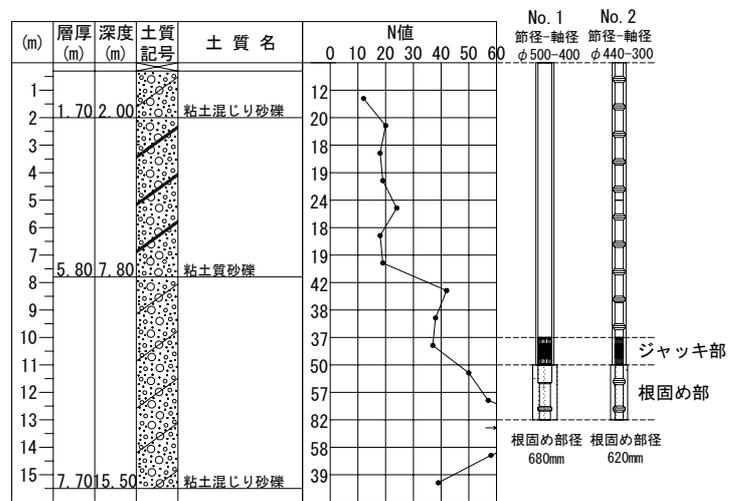


図1 地盤と掘出し杭の概要

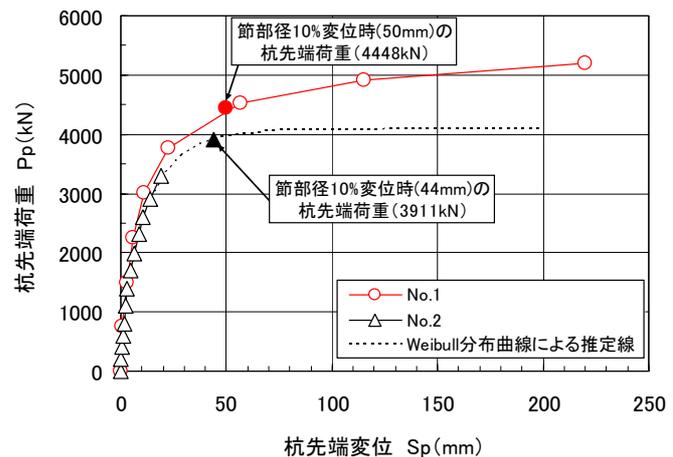


図2 載荷試験結果 (杭先端荷重-杭先端変位関係)

表1 掘出し杭の載荷試験結果

		節部径の10%変位時		根固め部径の10%変位時		実測最大荷重時	
		No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2
杭諸元	節部径: Dn(mm)	500	440	500	440	500	440
	根固め部径: De(mm)	680	620	680	620	680	620
	節部径を直径とする面積An(m ²)	0.196	0.152	0.196	0.152	0.196	0.152
	根固め部面積: Ae(m ²)	0.363	0.301	0.363	0.301	0.363	0.301
節部径評価	杭先端変位量: Sp(mm)	50	44	-	-	220(Dnの44%)	19(Dnの4.3%)
	杭先端荷重: Pp(kN)	4448	3911	-	-	5210	3290
	杭先端抵抗力: q _d =Pp/Ae (kN/m ²)	22694	25730	-	-	26534	21637
根固め部径評価	杭先端変位量: Sp(mm)	-	-	68	62	220(Deの32%)	19(Deの3.1%)
	杭先端荷重: Pp(kN)	-	-	4654	4024	5210	3290
	杭先端抵抗力: q _d =Pp/Ae (kN/m ²)	-	-	12821	13369	14353	10930
備考			Weibull推定値		Weibull推定値		

製杭とソイルセメントで構成される鋼管ソイルセメント杭の先端抵抗力 q_d について、根固め部上面を評価位置として、 $q_d=250\text{N kN/m}^2$ (先端地盤: 砂礫 ($N \leq 50$)) が提案されており、 $q_d=12500\text{kN/m}^2$ が砂礫地盤での杭先端抵抗力の設計上の上限値となる。表1に示すように根固め部径で評価した本杭の根固め部上面における杭先端抵抗力は 12821kN/m^2 (No.1 杭) であり、提案式の上限値とほぼ一致している。No.2 杭の杭先端抵抗力の実測最大値は提案上限値の約 87% ($\approx 10930/12500$) 程度であるが、杭先端変位量は根固め部径の 3.1% と小さい。Weibull 曲線から推定した杭先端抵抗力は 13369kN/m^2 であり提案上限値とほぼ一致している。提案式は多くの載荷試験結果の平均値として求めた値であるので、提案式の値とほぼ一致する本杭の杭先端極限支持力の大きさは、地盤から決まる極限支持力として妥当な値と考える。なお、提案式の杭先端抵抗力 q_d は杭頭が杭径の 10% 変位したときの値であるが、本試験は先端載荷試験で杭頭変位量が通常とは異なるため、表1に示す値は杭先端部 (根固め部上面) が杭径の 10% 変位した時の値である。したがって、提案式と同じ定義で杭先端支持力を求めると、本杭の極限支持力は表1の値より若干小さな値となる。

4. 掘出し作業の概要

掘出し作業については、杭先端深さが GL-13m であることや先端載荷試験を実施していることなどを考慮し、掘出し作業によって根固め部に損傷などをできるだけ与えないような方法を採用した。No.1 杭での作業状況を写真1に、No.2 杭での作業状況を写真2に示す。No.1 杭、No.2 杭ともに掘出し作業によって根固め部に損傷を与えずに掘り出すことができた。

掘出し後の根固め部を写真3、4に示す。これらの出来形や強度の調査結果については、(その2)³⁾で述べる。

5. おわりに

本報では、先端載荷試験の結果及び掘出し作業の概要について述べた。載荷試験によって、根固め部は地盤から決まる極限支持力に相当する荷重履歴を受けていること、掘出し杭の根固め部は掘出し作業による損傷を受けていないこと等が確認された。

謝辞 一連の調査の実施にあたりご助言頂いた日本工業大学桑原文夫教授に謝意を表します。

- 1) (社)地盤工学会: 地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験・同解説—第一回改訂版—, 2002
- 2) 横幕清・他: 杭の鉛直支持力推定式の作成方法の標準化とそれに基づく推定式の見直し, 土木技術資料 51-5, 2009
- 3) 小松吾郎・他: 載荷試験を実施した埋込み杭の掘出し調査 (その2 調査結果), 第45回地盤工学会研究発表会講演集, 投稿中



写真1 掘出し作業状況 (No.1)



写真2 掘出し作業状況 (No.2)



写真3 掘出し後の根固め部 (No.1)



写真4 掘出し後の根固め部 (No.2)