

既往の文献データによる杭の引抜き抵抗についての考察  
(その2 降伏時変位量)

正会員 尾古健太郎\* 同 井上 波彦\*\*  
同 小椋 仁志\*

引抜き抵抗 降伏引抜き力 降伏時変位量  
場所打ち杭 埋込み杭 回転貫入杭

1. はじめに

同名論文(その1)<sup>1)</sup>(以下、前報)では杭の引抜き試験結果が記載された文献から得られたデータより、最大周面摩擦応力度に着目し、既存の設計式等と比較検討した。本報では、杭のばね定数を設定する際に重要となるのは降伏時と考え、その時の変位量に着目した検討の結果を報告する。

2. 引抜き方向のばね定数

文献より得られた杭頭荷重  $P_o$  - 杭頭変位量  $S_o$  関係の一例を図-1に示す。得られたデータの大半は、この図のようにピークが表れない形状になっている。 $S_o = 0.1D$  ( $D$ : 杭の最大部の径)の時の  $P_o$  が、最大引抜き抵抗力(第2限界抵抗力)  $P_u$  となる。

降伏引抜き時の杭のばね定数  $K$  は、 $P_y / S_y$  として求められる。ここに、 $P_y$  は降伏引抜き抵抗力、 $S_y$  は降伏時変位量である。 $P_y$  は、前報の回帰式等から推定される  $P_u$  の値の  $2/3$  として求められる<sup>2)</sup>。しかし、 $S_y$  については現状では推定する方法は提案されていない。

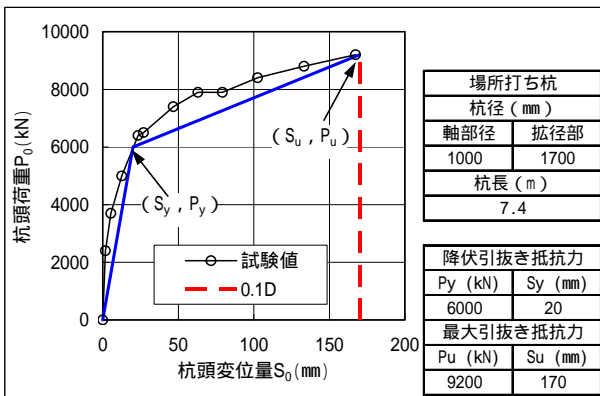


図-1  $P_o - S_o$  曲線の例

3. 降伏時変位量

本節では  $S_y$  を推定する方法について検討する。文献による  $P_o$  と  $S_o$  のデータから  $\log P_o - \log S_o$  曲線を描き、その折れ点が降伏引抜き抵抗力(第1限界抵抗力)  $P_y$ 、 $P_o = P_y$  時の  $S_o$  が降伏時変位量  $S_y$  として得られる。明確な折れ点が見られない場合は、 $P_y$  は最大引抜き抵抗力  $P_u$  の  $2/3$  とした。得られた  $P_o - S_o$  曲線の数と杭径  $D$ 、杭長  $L$  の範囲を表-1に示す。 $D$  は各試験杭の最大部の径とした。表中の( )内の値は降伏以前に試験を終了し

表-1  $P_o - S_o$  曲線数と杭径・杭長の範囲

	$P_o - S_o$ 曲線数	杭径(mm)	杭長(m)
		最大部	
場所打ち杭	15(4)	700 ~ 1700	4.8 ~ 28.4
埋込み杭	9(1)	440 ~ 1200	4.0 ~ 54.6
回転貫入杭	18(3)	350 ~ 1600	6.0 ~ 55.3

ている場合であり、今回は検討対象から除外した。

$S_o$  が  $0.1D$  に達し、明確な折れ点が見られたデータによって求めた  $P_u$  と  $P_y$  の関係を描くと図-2のようになる。 $P_y / P_u$  の平均値は  $2/3$  に近い  $0.69$  となり、 $P_y$  を  $P_u$  の  $2/3$  として求めるのは妥当なことであるといえる。

各工法の  $S_y$  の範囲およびその平均値を表-2に示す。3工法とも  $S_y$  の平均値は  $10$  mm前後、最小値は  $3$  mm程度と同じような値になった。これに対して、最大値は  $20 \sim 45$  mmと、施工法によって差が見られた。場所打ち杭が小さいが、これは引抜き荷重に対し杭体にひびわれが生じやすいためではないかと推測される。

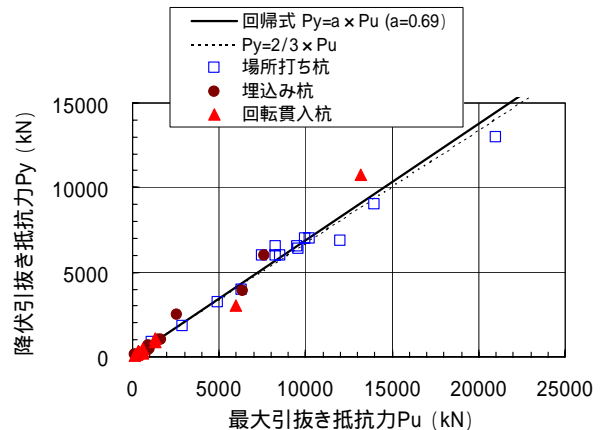


図-2  $P_u$  と  $P_y$  の関係

表-2  $S_y$  の範囲と平均値

	$S_y$ の範囲(mm)		平均値
	最小値	~ 最大値	
場所打ち杭	3.0	~ 20.0	8.5
埋込み杭	2.5	~ 30.0	9.6
回転貫入杭	3.2	~ 45.0	13.0

4. 降伏時変位量と杭径・杭長の関係

図-3~図-5は  $S_y$  と  $D$  の関係である。各工法とも拡径部や羽根部を有する杭のデータが含まれるため、 $D$

には各杭の最大部の径を採用した。また、各図には最小二乗法による回帰式を併記した。図 - 3 は場所打ち杭であるが、Dが大きくなると $S_y$ も大きくなる傾向が見られる。図 - 4 は埋込み杭を示す。回帰係数 a は負値であり、Dが増大すると $S_y$ が小さくなる結果となっている。しかし、これはD=1200のLは7.5mと短いため $S_y$ も小さくなったもので、相関性は無いとみてよからう。図 - 5 は回転貫入杭であるが、正の相関が見られる。

図 - 6 ~ 図 - 8 に $S_y$ とLの関係を示す。図 - 6 は場所打ち杭であるが、a はほぼ0であり相関はみられない。図 - 7 は埋込み杭を示す。図 - 6 と同様にばらつきが大きく、相関はほとんどみられない。図 - 8 は回転貫入杭であるが、正の相関が見られる。

以上、場所打ち杭はDと、回転貫入杭はD、Lと弱い相関があり、埋込み杭は相関がない結果となった。これらの回帰式や平均値によって $S_y$ を求めると、Kを推定することはできそうである。ただし、データのばらつきが大きいため、Kの推定精度は良いとはいえない。

### 5. おわりに

本報では、引抜き方向のばね定数Kの設定に関して、特に降伏時変位量に着目して検討した結果を述べた。今回後も引き抜き試験のデータを蓄積し、精度の良いKを求める方法を検討する必要がある。

- 参考文献 1) 小椋仁志・井上波彦・尾古健太郎：杭の引抜き抵抗についての考察（その1周面摩擦応力度），日本建築学会大会（北陸）学術講演梗概集，2010.9  
2) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，pp.35-40，2001.

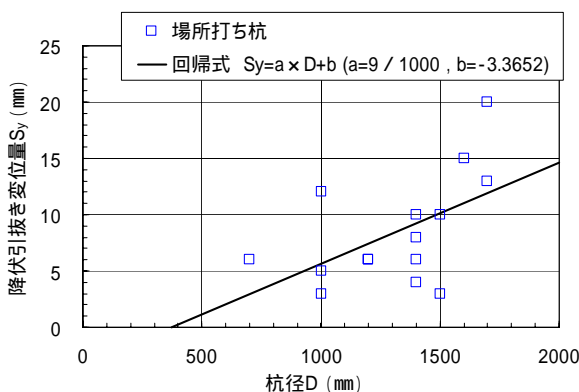


図 - 3  $S_y$  - D関係（場所打ち杭）

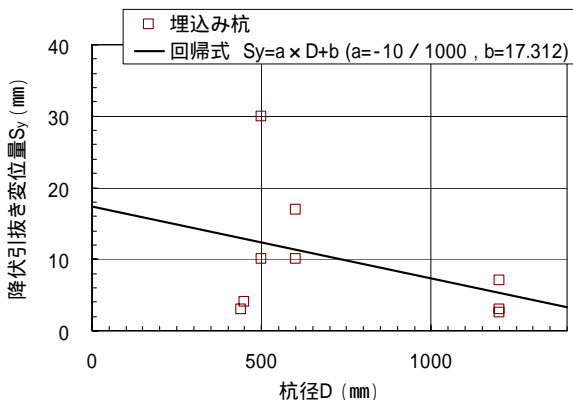


図 - 4  $S_y$  - D関係（埋込み杭）

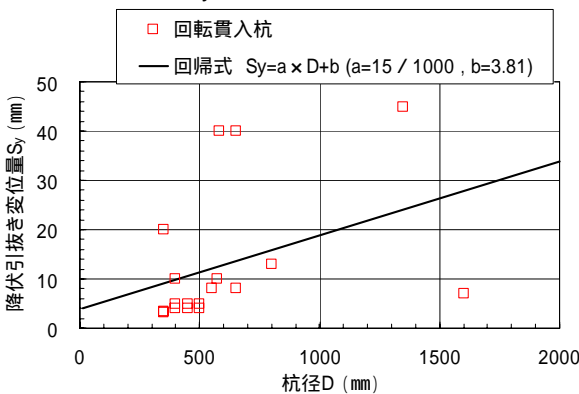


図 - 5  $S_y$  - D関係（回転貫入杭）

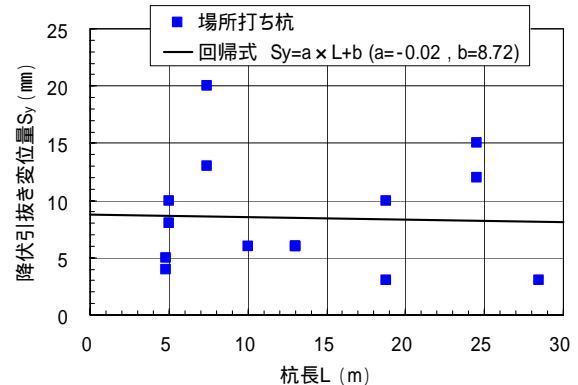


図 - 6  $S_y$  - L関係（場所打ち杭）

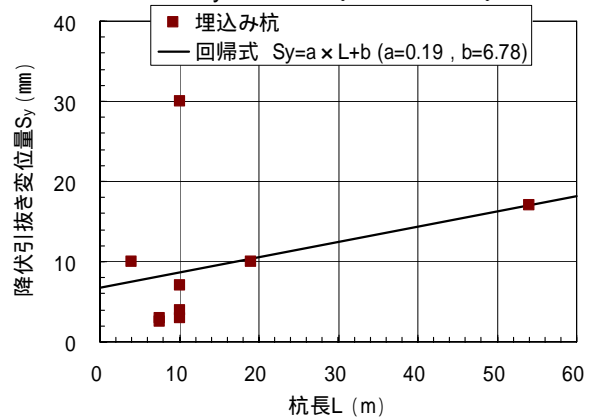


図 - 7  $S_y$  - L関係（埋込み杭）

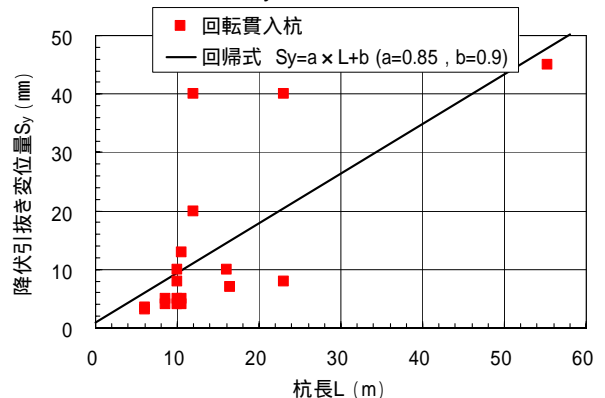


図 - 8  $S_y$  - L関係（回転貫入杭）

\* ジャパンパイル(株)  
\*\* 国土技術政策総合研究所

\* JAPAN PILE Corporation  
\*\* National Institute for Land and Infrastructure Management