

# III-336

## 載荷試験における極限支持力の図式推定法

基礎地盤コンサルタンツ（株） 正会員 ○ 森 田 悠 紀 雄

基礎地盤コンサルタンツ（株） 笹 尾 昌 靖

### 【1】 はじめに

現場にて平板あるいは杭の載荷試験を実施する場合、測定沈下量  $S$  が発散する荷重である極限支持力荷重まで載荷することはむしろ少ない。多くの事例では降伏荷重付近で載荷は終了しており、極限支持力  $P_u$  は外挿法にて推定している。杭の極限支持力に関しては、その実用上の定義は明確ではなく、諸外国でも、沈下量にて規定しているところが多い。従来から使用されてきた極限支持力推定法には、<sup>1)</sup> ① 双曲線法、<sup>2)</sup> ②  $S \sim \log P$  曲線の漸近線法、<sup>3)</sup> ③  $P/S \rightarrow 0$  法などがあり、さらに杭に関しては、<sup>4)</sup> ④ Van der Veen の方法、⑤ 宇都の方法などが提案されている。しかしこれらの推定法は、いずれも降伏荷重を大きく上回る荷重まで載荷した場合に外挿可能な推定法であり、多くの試験例では適用できない。そこで筆者らは本小文にて、浅岡の最終沈下量図式解析法を利用して極限支持力を推定することを試み、ほかの推定法との比較結果から、それが実用性の高いことを報告する。

### 【2】 載荷試験の荷重～沈下量関係

浅岡は、Fig.1(a)の時間～沈下量関係図から等間隔の  $\Delta t$  にて読み取れる  $t = t_{n-1}$  および  $t = t_n$  の、沈下量  $S_{n-1}$  および  $S_n$  を、同図(b)にプロットしていくと、それが一直線を移行して、 $S_n = S_{n-1}$  となる  $45^\circ$  線との交点を外挿することによって、最終沈下量  $S_f$  の予測ができることを提案しており、理論的な裏付けも行なっている。

載荷試験の荷重～沈下量関係においても、Fig.1(c)のように等間隔の  $\Delta S$  にて荷重  $P$  を読み取れば、同図(d)が得られ、 $\Delta P / \Delta S \rightarrow 0$  となる極限支持力  $P_u$  の求められる可能性がある。ところで載荷試験結果を分析する時、Fig.2(a)の相関図を整理して、その折点から降伏支持力  $P_y$  を読み取ることがある。同図(a)から  $P_n \sim P_{n-1}$  を読み取ってプロットすると同図(b)となり、図(a)にてLine A のように直線上を移行すると図(b)でも一直線が得られ、それを外挿することによって  $P_{uA}$  が得られる。また図(a)にて折点が現れて  $P_y$  以上の荷重では Line B を移行すると、図(b)でも  $P_n = P_y$  にて折点が現れ、それ以上の荷重に対しては、新たな直線上を移行して、 $P_{uB}$  が得られる。

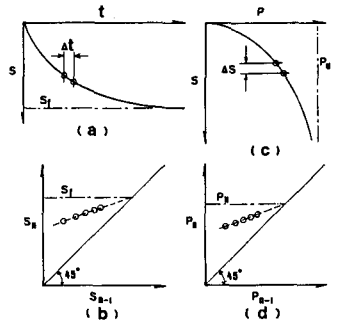


Fig.-1 最終沈下量と極限支持力の図式推定法

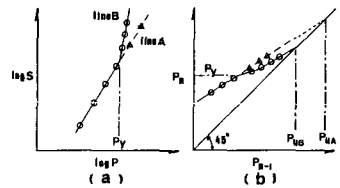


Fig.-2 載荷試験の荷重～沈下関係

### 【3】 実測載荷試験データへの適用

Fig.3 は多サイクル平板載荷試験で実測して得たデータから、処女荷重を結ぶ荷重～沈下量曲線をプロットしており、Case1-1～1-3 は砂レキ層での実測値であり、Case2-1～2-3 は軟岩での実測値である。また Fig.4 に示す Case3-1～3-2 は先端支持形式ベント杭での処女荷重を結ぶ実測値であり、これらの  $\log P \sim \log S$  関係図は Fig.5 である。これらの実測値から Fig.1 に準じて  $P_n \sim P_{n-1}$  関係を図示すると Fig.6～Fig.8 となり、そこで得られる直線を外挿すると  $P_n = P_{n-1}$  となる極限支持力  $P_u$  が得られる。（同図にて  $45^\circ$  ラインから下側にプロットするデータは縦横軸を変換してプロットしている。）指摘できることは次の事項である。① 載荷試験のデータでも、小さい荷重段階から  $P_n \sim P_{n-1}$  関係は直線関係が得られる。②  $P_n \sim P_{n-1}$  関係に折点の現れる場合と、現れない場合がある。③ 第1交点の  $P_u'$  と第2交点の  $P_u$  の比は Table 1 にあるように 1.13～1.38 と 1.0 に近い値であり、 $P_n \sim P_{n-1}$  折点が現れる ( $P_y$  荷重) 以下の荷重にて試験を終了して  $P_u'$  をもって極限支持力と判断しても、 $P_u$  値に比べて 20% 程度過小評価するだけであり、実用的な判定法と言える。

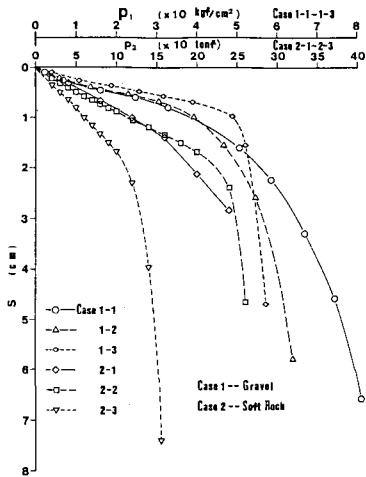


Fig. 3 平板載荷試験の荷重～沈下関係

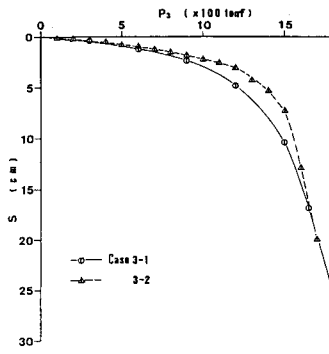
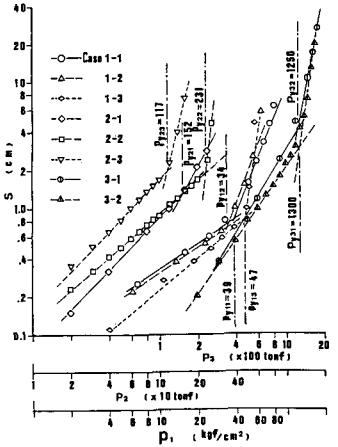
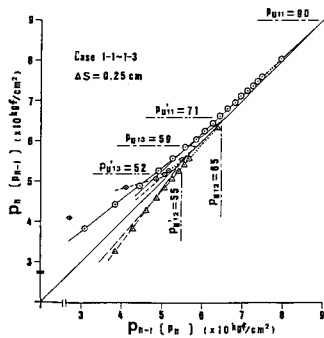
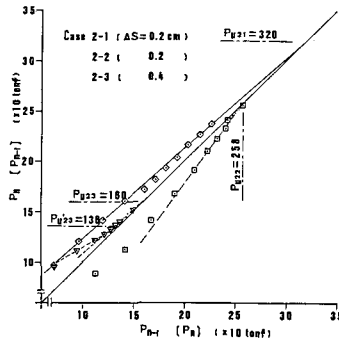
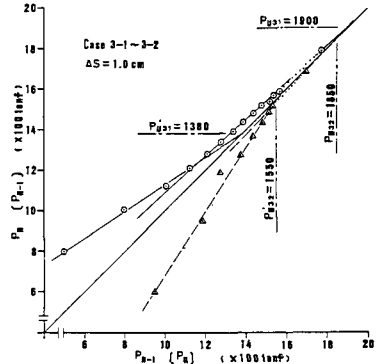


Fig. 4 杭載荷試験の荷重～沈下関係


Fig. 5 載荷試験の  $\log P \sim \log S$  関係

Fig. 6 砂れき層平板載荷試験の  $P_n \sim P_{n-1}$  関係

Fig. 7 軟岩平板載荷試験の  $P_n \sim P_{n-1}$  関係

Fig. 8 杭載荷試験の  $P_n \sim P_{n-1}$  関係

#### 【4】 ほかの極限支持力推定法との比較

① および ② ④ 法にて得られた極限支持力  $P_u$  は Table 1 であり、Table 1 各算定法による極限支持力  $P_u$  の比較筆者らの提案法推定値との比率も同表に示している。指摘できることは、① 筆者らの提案法は ④ 法 (Van der Veen) に近似する値を得ること、② ① 法 (双曲線) と ③ 法 ( $P/S \rightarrow 0$ ) は類似値を与えるが、提案法に比べて大きい値を与える、などである。

#### 【5】 あとがき

① および ② ④ 法は、降伏支持力を十分越えた荷重まで載荷したデータを得ないと極限支持力の推定ができず、また ④ 法は同じ理由のほかに、判定個人差の生じやすい難点がある。筆者らの提案する推定方法は、①  $\Delta S$  の間隔選定によって、 $P_u$  値に若干の相違が生じる、②  $P_y$  値以内の載荷重から  $P_u$  値を推定すると、10～30%程度過小に評価することがある、③ 提案法を使用する場合には、多サイクル試験よりも、単サイクル試験のほうが望ましい、等々の問題点を有するが、実用的な極限支持力推定法の一つである。今後はその理論的検証が必要である。

《参考文献》 1) 土質工学会；杭基礎の設計法とその解説，pp179-182, 1985. 2) 例えば、浅岡顕ほか；粘性土地盤の破壊を扱う2つの方法とその比較，第20回土質工学研究発表会，1985. 3) 宇都一馬ほか；クイの載荷試験結果の一整理法，第13回土質工学研究発表会，1978. 4) Asaoka, A.; Observational Procedure of Settlement Prediction, Soils and Foundations, Vol 18, No. 4, 1978.

| Case No.             | 砂れき<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |          |      | 軟岩<br>(tonf) |      |      | クイ<br>(tonf) |       | 平均値   |
|----------------------|-------------------------------|----------|------|--------------|------|------|--------------|-------|-------|
|                      | 1-1                           | 1-2      | 1-3  | 2-1          | 2-2  | 2-3  | 3-1          | 3-2   |       |
| $\log P \sim \log S$ | 39                            | 34       | 47   | 152          | 231  | 117  | 1250         | 1360  |       |
| 提案法                  | $P_{u1}$                      | 71       | 55   | 52           | —    | 136  | 1380         | 1550  |       |
|                      | $P_{u2}$                      | 90       | 65   | 58           | 320  | 258  | 1600         | 1850  |       |
| 双曲線                  | $P_{u2}$                      | 103      | 74   | 60           | 513  | 478  | 1850         | 1840  |       |
|                      | Van der Veen                  | $P_{u2}$ | 76   | 48           | 51   | 300  | 260          | 170   | 1800  |
| $P/S \rightarrow 0$  | $P_{u4}$                      | 103      | 72   | 60           | 450  | 310  | 1800         | 2100  | 1820  |
|                      | $P_{u2}/P_{y1}$               | 1.82     | 1.82 | 1.11         | —    | —    | 1.16         | 1.10  | 1.18  |
| $P_{u2}/P_{y1}$      | $P_{u2}/P_{y1}$               | 2.31     | 1.91 | 1.26         | 2.11 | 1.16 | 1.37         | 1.52  | 1.42  |
|                      | $P_{u2}/P_{u1}$               | 1.27     | 1.19 | 1.13         | —    | —    | 1.18         | 1.38  | 1.19  |
| $P_{u2}/P_{u1}$      | $P_{u2}/P_{u1}$               | 0.87     | 0.88 | 0.98         | 0.62 | 0.54 | 0.58         | 1.03  | 0.91  |
|                      | $P_{u1}/P_{u2}$               | 1.18     | 1.35 | 1.16         | 1.07 | 0.99 | 0.94         | -0.90 | -0.93 |
| $P_{u1}/P_{u4}$      | 0.87                          | 0.90     | 0.98 | 0.71         | 0.83 | 0.84 | 0.90         | 1.02  | 0.88  |