

杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案
(その6 : λa と $kapp$ の算定方法の検証)

正会員 ○小椋仁志* 同 阪上浩二**
同 三町直志***

鉛直ばね定数 杭頭沈下量 長期荷重
載荷試験 先端支持力 先端地盤反力係数

1. はじめに

これまで同名論文(その1~5)で提案してきた長期荷重時の鉛直ばね定数の簡易な算定式では、長期時先端伝達率 λa と長期時先端ばね定数 $kapp$ の値が重要になる。本報では、これら2つの値の算定方法の妥当性について検証を行ったので、その結果を報告する。

2. 長期時先端伝達率 λa の算定方法の検証

2.1 現行の算定方法と問題点

λa は、各工法の支持力算定式による極限支持力 Ruo と極限先端支持力 Rup から極限時先端伝達率 $\lambda uc = Rup/Ruo$ を求め、それを載荷試験結果から予め作成した $\lambda at \sim \lambda uc$ 関係式(図1¹⁾、相関係数0.696)に代入することにより求めている。この方法は λuc から降伏時の先端伝達率を求めている文献²⁾を参考にしたものであるが、筆者らは極限時の先端伝達率から長期時の値を算定しているため、その合理性の検証が必要になる。

2.2 極限時先端伝達率の実測値による検証

プレ・リング拡大根固め工法の一つのM工法¹⁾の載荷試験データ51件のうち、杭先端沈下量 Sp が根固め部内の杭径(節部径) Do の10%以上に達している30件(うち先端が粘性土地盤12件)について、極限時($Sp=0.1Do$ 時)先端伝達率 λut を求めた。図2に λut と λat の関係を示すが、相関係数は0.805と高い。したがって、両者を関係づけることは不合理ではないことが確認できる。

次に、 λut と λuc の関係を図3に示す。相関係数は0.944非常に高いことから、構造物の設計時には未知量の λut の代わりに既知量から得られる λuc を用いるのは合理的である。 $\lambda at \sim \lambda uc$ 関係は、 $\lambda uc \sim \lambda ut$ 関係と $\lambda at \sim \lambda ut$ 関係

を合わせたものであることから、 λa を λuc から求めるのは不合理ではないものと判断できる。

2.3 降伏時先端伝達率 λyc による検討

載荷試験で得られる軸力分布は、図4のようにモデル化できる。周面摩擦力は早い荷重段階で発揮され降伏時までは増加するが、それを過ぎるとほぼ一定値になる。したがって、降伏時から極限時までの荷重増分は先端抵抗のみと考えて良い。いま、長期荷重 $Rao = Ruo/3$ 、降伏荷重 $Ryo = 2Ruo/3$ とすると、降伏時先端伝達率 λyc は式 $\lambda yc = Ryp/Ryo = (Rup - Ruo/3)/(2Ruo/3)$ で表され、(-0.5~1.0)の間の値となる。 $\lambda yc < 0$ は図4のモデルが成立しない摩擦杭の場合であって値には物理的意味はないが、ここではM工法のデータに含まれる摩擦杭も上式で得られる λyc を用いる。

図5は λyc と λat の関係であるが、相関係数は0.777と良い相関を示している。また、 λuc から $\lambda at \sim \lambda uc$ 関係

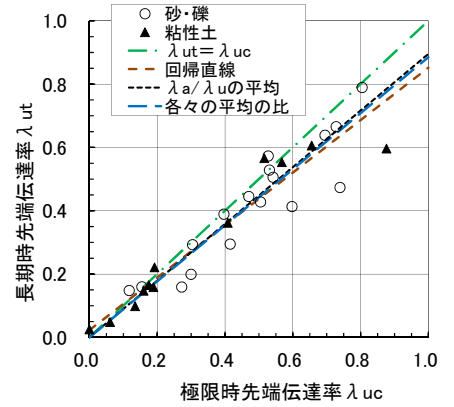


図3 $\lambda ut \sim \lambda uc$ 関係

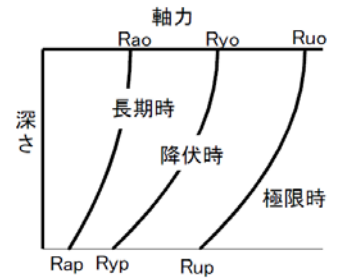


図4 軸力分布のモデル化

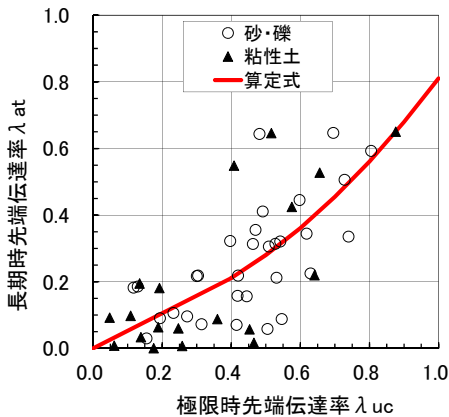


図1 $\lambda a \sim \lambda uc$ 関係

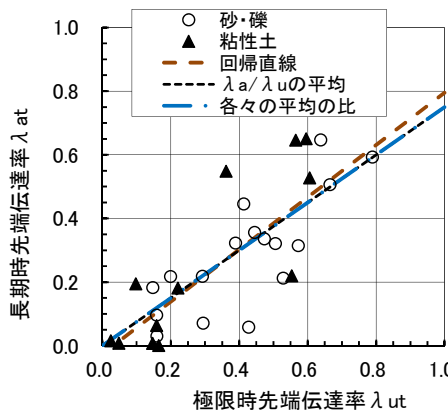


図2 $\lambda at \sim \lambda ut$ 関係

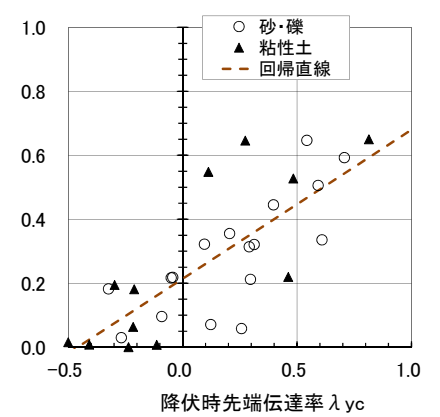


図5 $\lambda at \sim \lambda yc$ 関係

の回帰式 (図1のうち $Sp/Do \geq 0.1$ のデータによる) により求めた λ_a は、 λ_{yc} から $\lambda_{at} \sim \lambda_{yc}$ 関係の回帰式 (図5) により求めた λ_a と同じ値となる。すなわち、長期時の先端伝達率を極限時のデータから求めることは、軸力状態に近い降伏時データから求めることと等価である。

以上より、提案している鉛直ばね定数の算定式に用いる λ_a の算定方法は、妥当な方法であるといえる。

3. 先端地盤反力係数 k_{app} の算定方法の検証

3.1 現行の算定方法と問題点

k_{app} は、図6³⁾のように予め載荷試験データにより作成した $k_{app} \sim$ 杭先端平均N値 N_p (M工法の場合は根固め部下方の平均N値 N_L) 関係式に、 N_p (N_L) を代入して求めている。載荷試験データから k_{app} を求める時には、式 $k_{app} = (Rap/Ap)/(Sap/Dp)$ による。(Rap: 長期荷重時の先端支持力、Sap: 長期荷重時の先端沈下量、Ap: 根固め部の断面積、Dp: 根固め部の外径)

分母の (Sap/Dp) は $0 \sim 0.0115$ (Sp では $0 \sim 9.19\text{mm}$) の範囲で、大半は 0.005 以下 (Sp では 1.5mm 以下) と非常に小さく、Sap の少しの誤差が k_{app} の値に大きく影響する。図6の場合も、(Sap/Dp) が 0.0008 未満のデータは省いているにもかかわらず、ばらつきは大きく相関係数は 0.565 とあまり高くない。 $k_{app} \sim N_p$ 関係式を載荷試験データから求めるのは、このような問題がある。

3.2 極限時の先端地盤反力係数 k_{upp} による検討

前節と同様、Sp が $0.1Do$ 以上に達している 30 件の M 工法の載荷試験データを用いて k_{app} の算定法を検証する。図7は、 $Sp = 0.1Do$ の時の極限時先端地盤反力係数 k_{upp} と N_L の関係である。 k_{upp} 算定時の分母が大きい (Sp/Dp = 0.1) ため、 $k_{app} \sim N_L$ 関係 (図6) よりもはるかにばらつきは小さく、相関係数も 0.911 と高い。この図の原点を通る回帰式を参考にする、式 $k_{upp} = 0.0029 N_L$ (kN/mm^2) が得られる。

次に、載荷試験データによる極限時と長期時の先端地盤反力係数の関係を示したのが図8である。相関係数は

0.762 と高く、良い相関を示しているといえる。この図の原点を通る回帰式を参考にする、両者の関係は式 $k_{app} = 8.0 k_{upp}$ で表すことができる。

この $k_{app} \sim k_{upp}$ 関係と前述の $k_{upp} = 0.003 N_L$ とから、 $k_{app} = 8.0 \times 0.0029 N_p = 0.023 N_L$ が得られる。この関係式を使って、M工法の全データ 51 件の杭頭ばね定数 K_{ao} を計算した時の算定値と、載荷試験データによる実測値との相関係数は 0.696 となった。

これに対して、図6の全データの回帰直線式に基づく M 工法の算定式 $k_{app} = 0.12 + 0.011 N_L$ (kN/mm^2) 用いて計算した K_{ao} と実測値との相関係数は 0.725 、原点を通る回帰直線式 $k_{app} = 0.016 N_L$ (kN/mm^2) を用いた場合は 0.738 となる。

このように、 $k_{upp} \sim N_L$ 関係を介した算定式によって k_{app} を求めても、 K_{ao} の推定精度は向上しないという結果になった。また、載荷試験データによって k_{upp} を求めるには $Sp/Dp = 0.1$ 時の先端支持力の値が必要であるが、このデータが十分に得られていない工法もある。

以上より、長期荷重時の (Sap/Dp) が小さいという問題はあるものの、筆者らが提案した $k_{app} \sim N_L$ 関係から k_{app} の算定式を作成する方法は、精度には問題が残るものの、現状では妥当な方法と判断できよう。

4. おわりに

本報では 杭頭の鉛直ばね定数を求める時に用いる長期時先端伝達率 λ_a と長期時先端ばね定数 k_{app} の算定法を検証した。その結果、両定数ともこれまで行ってきた算定方法がおおむね妥当であることが確認できた。

参考文献

- 1) 阪上浩二・小椋仁志・三町直志: 杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案 (その1: プレホーリング(拡大)根固め工法杭)、日本建築学会大会(東海)講演梗概集 B-1、pp.463-464、2012.9
- 2) 土木研究所: 杭の軸方向の変形特性に関する研究、土木研究資料第4139号、2009.3
- 3) 小椋仁志・本間裕介: プレホーリング(拡大)根固め工法杭の鉛直ばね定数の簡易算定法の提案(その2: 算定結果の検討)、第46回地盤工学研究発表会講演集、pp.1235-1236、2011.6

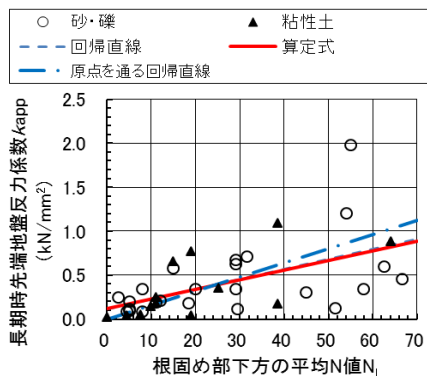


図6 $k_{app} \sim N_L$ 関係

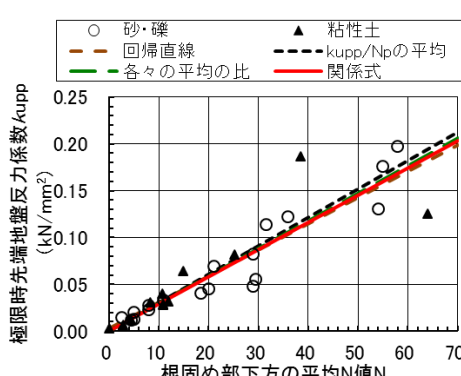


図7 $k_{upp} \sim N_L$ 関係

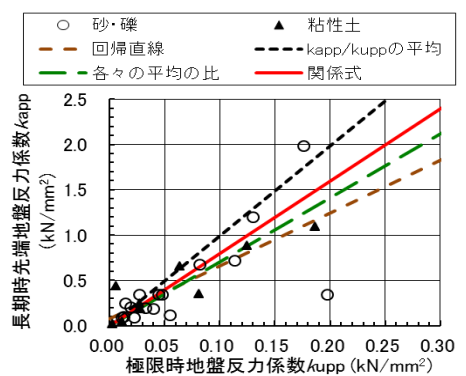


図8 $k_{app} \sim k_{upp}$ 関係

* (一社)日本建築構造技術者協会基礎地盤系部会・工博 Japan Structural Consultants Association (JSCA), Dr.Eng.
 ** (株)山下設計構造設計部 Yamashita Sekkei Inc. Structural Design Dept
 *** (株)日本設計構造設計部 NIHON SEKKEI, Inc. Structural Engineering Dept.