

繰返し引抜き荷重を受ける粘性土中の杭の挙動

㈱武智工務所 ○ 稲 国芳  
東京工業大学 岸田 英明

1. はじめに

粘性土が卓越する地盤に打設された8本の鋼管杭に、各種の引抜き荷重試験を実施した。試験内容は、繰返し荷重、静的荷重およびクリープ荷重である。実験全体の概要とともに、静的試験から得られた荷重～変位～時間データの詳細な解析結果を示している。さらに、規則的な繰返し引抜き荷重を受ける杭の挙動は、静的試験の解析により得られたパラメーターを用い、推定できることを示している。

2. 実験概要

実験は埼玉県八潮市で行なった。敷地は「中川低地」と呼ばれる沖積低地上に位置する。地盤の概要を図-1に示す。8本の試験杭(図-2)は、ドロップハンマーにより打設された、長さ12m(地中部11.3m)の先端閉塞鋼管杭(φ190.7mm, t=5.3mm)である。杭打設終了から22日経過した後に実験を開始した。

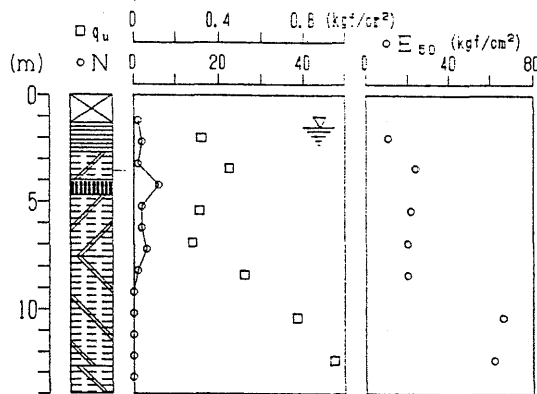


図-1 地盤概要

引抜き試験の内容(図-2)は静的荷重(2本)、繰返し荷重(4本)およびクリープ荷重(2本)である。静的荷重はA法1サイクル(荷重保持時間15分)で行ない、クリープ荷重は所定の荷重レベルまで速やかに荷重した後、一定荷重を保持した。繰返し荷重は、クリープ荷重同様所定の荷重レベルまで速やかに荷重した後、現場実験として可能な範囲の荷重・除荷サイクルの速度(T=120sec)で、規則的な繰返し荷重(台形波)を加えた。

荷重には通常の油圧ジャッキを使用し、荷重反力は反力盤により地耐力負担とした。測定項目は荷重、杭頭部4ヵ所での変位および時間であり、10秒間隔で計測した。

3. 静的荷重試験結果とその解析

静的荷重試験(No.2)の荷重～変位関係、荷重～クリープ変位関係<sup>1)</sup>を図-3に示す。図-3より、極限荷重(Q<sub>u</sub>)および降伏荷重(Q<sub>v</sub>)(or クリープ荷重(Q<sub>c</sub>))<sup>1)</sup>を求めることができる。

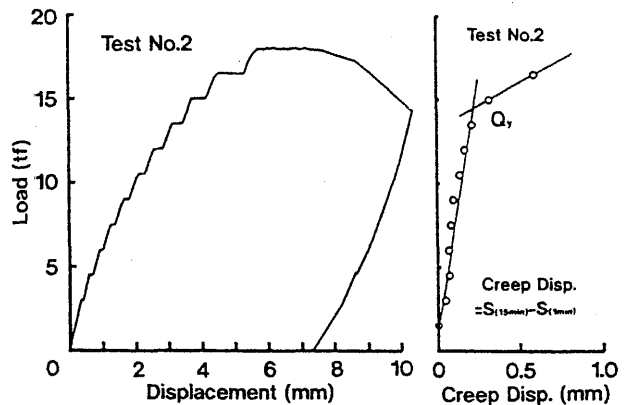


図-3 静的荷重試験(No.2)の結果

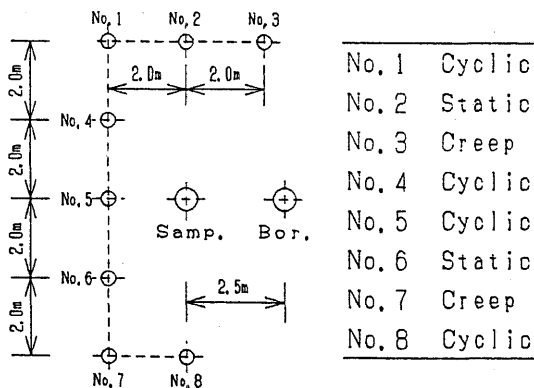


図-2 試験杭の配置および試験内容

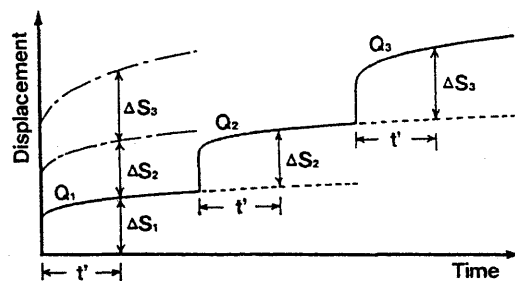


図-4 変位～時間曲線の重ね合わせの方法

図-4は静的荷重試験を行なった際の、変位～時間関係を表した模式図である。同図の点線は、任意のQ<sub>i</sub>なる荷重段階において所定の荷重時間が過ぎても荷重を増減せ

ずに荷重を継続したと仮定した場合の推定曲線を表している。ここで、各荷重段階で共通の荷重時間 $t'$ を任意に選び、それぞれの $t'$ における変位量( $\Delta S_i$ )を求めて累加すると、鎖線で示されるような曲線群を描くことができる。この鎖線の意味は、もしも杭頭部に荷重ゼロの状態から瞬間的に任意荷重 $Q_i$ を加えて変位の経時変化を観察したと仮定すれば、その時に得られるであろう変位～時間曲線(すなわち履歴の影響を除いた変位～時間曲線)に相当する<sup>2)3)</sup>。多くの研究者<sup>4)5)6)</sup>により、この重ね合わせの仮定は採用されている。以下ではこの方法により履歴の影響を除いた荷重～変位～時間曲線を求め、さらに杭～地盤系のクリープパラメータ<sup>7)8)</sup>を求める。

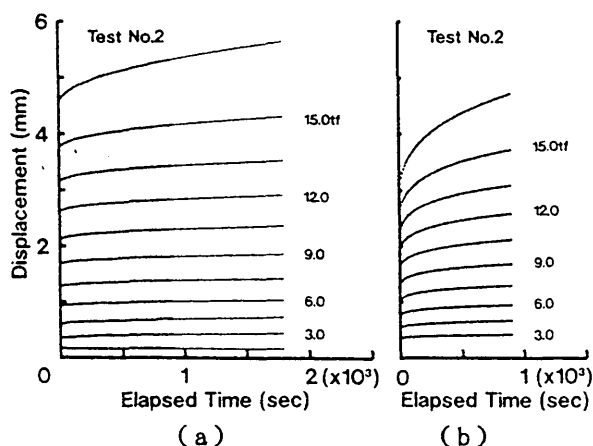


図-5 静的荷重試験(No.2)の変位～時間曲線

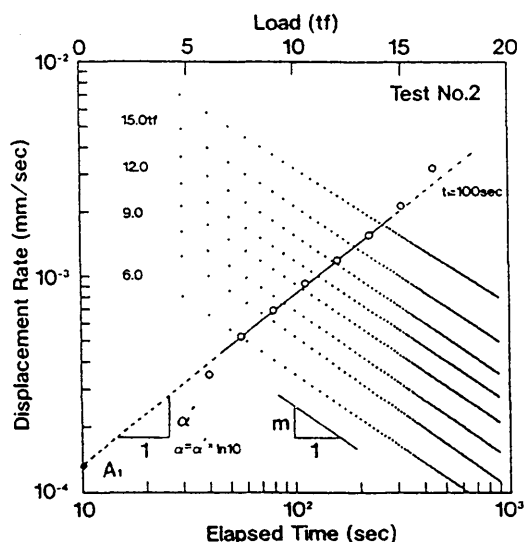


図-6 クリープパラメータ( $A_1, \alpha, \nu$ )

図-5(a)はNO.2杭の静的荷重試験の各荷重段階における変位～時間の関係である。同図の細実線は、各々の荷重段階において実測された変位～時間関係(0～900sec間)を指数クリープ曲線<sup>9)</sup>と仮定し、非線形最小二乗カーブフィッティング<sup>10)</sup>を行なうことにより得られた推定曲線である。これらの推定曲線を用い、上述の重ね合わせの方法を適用した結果が図-5(b)である。図-5(b)の結果から杭～地盤系の3つのクリープパラメータ( $A_1, \alpha, \nu$ )を求

めた結果を図-6に示す。図-6より、中間の荷重レベルでは変位速度の対数と荷重の間に直線関係(傾き $\alpha'$ )が成立していることがわかる。Singh & Mitchell<sup>9)</sup>によれば、三軸供試体のクリープ試験においてこの直線関係が成立するのは、通常の試験から求められるせん断強度(ただし、この値は用いた荷重速度により変化する)の30%～80%までの範囲のようである。現場実験の精度、試験の荷重保持時間(15分)および図-3に示された荷重～クリープ変位関係から得られた降伏荷重( $Q_v$ )の意味を考慮すれば、本実験(NO.2杭)におけるこの直線関係の成立範囲は、降伏荷重( $Q_v$ )の45%～100%までの間であろう。

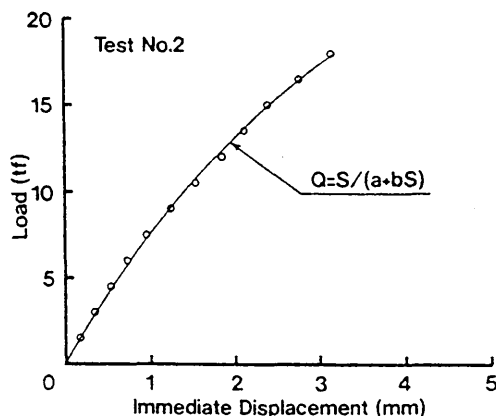


図-7 荷重～即時変位の関係

図-7は荷重～即時変位(図-5(b)の経過時間ゼロにおける変位)の関係を示したものである。荷重と同時に生ずる即時変位は、ここでは時間に依存しない変位とみなしている。同図にみられるように、荷重と時間に依存しない変位の関係は、2つのパラメータ( $a, b$ )で表される簡単な双曲線型モデル<sup>11)</sup>で充分近似可能である<sup>12)</sup>。

以上、静的荷重試験の荷重～変位～時間データの解析により、強度( $Q_u, Q_v$ )と変形( $A_1, \alpha, \nu, a, b$ )の7つのパラメータを求めた。したがって、図-5(b)の中間の荷重レベル( $0.45 \cdot Q_v \leq Q \leq Q_v$ )における荷重( $Q$ )～変位( $S$ )～時間( $t$ )関係は、2つ( $a, b$ )のパラメータで表される双曲線型モデル<sup>11)</sup>(荷重～時間に依存しない変位関係)と、3つ( $A_1, \alpha, \nu$ )のパラメータで表されるSingh & Mitchell<sup>9)</sup>のクリープモデル(荷重～時間に依存する変位関係)を組み合わせた、次式で表すことができる。ただし、 $t_1$ は基準時間(図-6, 今回の場合 $t_1=100$ sec)である。

$$S = \frac{a \cdot Q}{1 - b \cdot Q} + \frac{A_1 \cdot t_1 \cdot \exp(\alpha \cdot Q)}{1 - \nu} \cdot \left(\frac{t}{t_1}\right)^{1-m} \quad (1)$$

#### 4. 繰返し荷重試験結果と解析結果との比較

4.1 解析方法の概要 規則的な繰返し荷重を受ける杭の変位( $S_{cvc}$ )は(1)式同様、時間に依存しない変位( $S_i$ )と時間に依存する変位( $S_d$ )の2つの成分からなり、それらの和で表されるものと仮定する。すなわち、

$$S_{cvc} = S_i + S_d \quad (2)$$

時間に依存しない変位( $S_i$ )は、(1)式の右辺第一項(骨格