

先端プレロード場所打ち杭における杭先端部での注入圧力の計測結果と考察

JR 東日本 正会員 ○池本 宏文  
 ジェイテック 正会員 永岡 高

1. はじめに

先端プレロード場所打ち杭<sup>1)</sup>は、鉄筋かごの杭先端に注入バックを設置し、コンクリート打込み後に、地上からセメントミルクを注入バックに加圧注入することにより、掘削時に緩められた杭先端地盤にプレロードを与える場所打ち杭工法である(図-1)。先端プレロード場所打ち杭を採用することにより、先端支持力が向上し、構造物の不同沈下等を抑制することが可能となる。

セメントミルクの注入においては、プレロードホースの杭頭部の注入側と排出側に取り付けた圧力計の数値の平均値が杭先端(注入バック内)に発生している圧力と考え、その圧力が所定の数値を満足するように管理している。杭長が10~20m程度の杭であれば、注入側と排出側の圧力差は大きくないが、杭長が40m程度の長い杭においては、その圧力差が0.5MPa程度大きくなる傾向にある。本稿では、長い杭において、圧力差が大きくなる原因を解明するために、注入時における杭頭部および杭先端部の注入側および排出側のホース内の圧力を計測した結果について報告する。

2. 注入作業と圧力管理

セメントミルクの注入作業は、グラウトポンプを用いて以下の手順で行う。はじめに注入側のプレロードホースから注入し、排出側のプレロードホースから排出されたセメントミルクの比重が注入側のものと同様であることを確認する。次に排出側のバルブを閉じ、セメントミルクの加圧注入を行う。そして、注入側と排出側に取り付けた圧力計の数値の平均値が所定の注入圧力に達した段階で、その圧力を10分間保持して、プレロードの終了となる。所定の注入圧力は、先端支持力の向上を目的として1.5MPaと定めている。この注入圧力および圧力を保持する時間は、プレロードを行った場所打ち杭において、杭の鉛直載荷試験を実施し、鉛直支持力を確認して定めている。

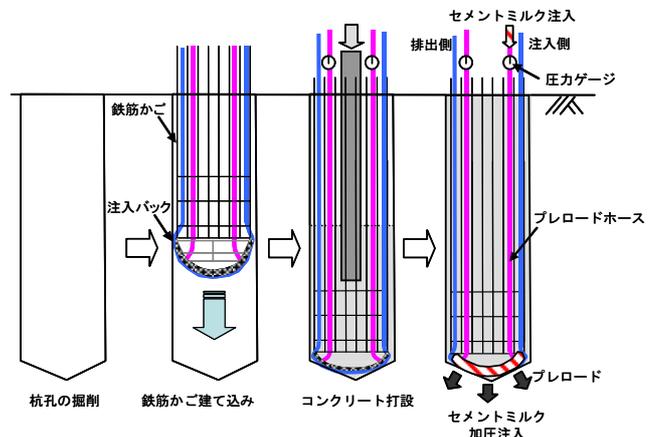


図-1 先端プレロード場所打ち杭の施工順序

3. 杭長の長い杭における圧力測定

リバース工法で施工した杭長40m、杭径φ1.3m、所定の注入圧力が1.5MPaの杭において、注入時の圧力変化を計測した。圧力計は、図-2に示すようにひずみゲージ式の圧力計をプレロードホースの杭頭部(圧量計A・D)および杭先端部(圧量計B・C)に設置し、圧力ゲージ(注入・排出)を杭頭部に設置した。図-3は、注入開始から終了までの圧力計A~Dの値の経時変化を示したものであり、図-4は圧力保持10分間の圧力計A~D及び圧力ゲージの値を示したものである。なお、図上の圧力は1分間隔で計測した値を示している。また、セメントミルク注入は、注入開始時に約5%<sup>2)</sup>/分で行い、16分経過した時点で排水側のバルブを閉じた。その後、約1.0~1.5%<sup>2)</sup>/分で注入を行い、16~26分の間で注入圧力を保持した。

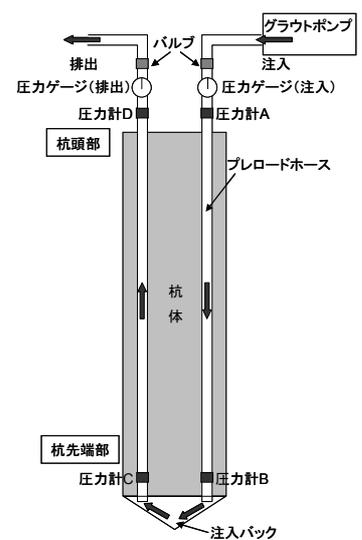


図-2 圧力計の設置位置

キーワード 先端強化型、場所打ち杭、セメントミルク、注入、プレロード

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目2番2号 JR東日本 建設工事部 構造技術センター TEL03-5334-1288

注入側の杭頭部に設置した圧力計の値は、グラウトポンプの脈動の影響を受けて、圧力にばらつきが生じている。図-4 から、杭頭部の注入側（圧力計 A）と排出側（圧力計 D）の圧力を比較すると、注入側が排出側よりも平均して圧力計で 0.3MPa、圧力ゲージで 0.7MPa 程度高くなっている。また、杭先端部の注入側（圧力計 B）と排出側（圧力計 C）の圧力には、大きな差はなく、注入バック内には平均して 2.2MPa 程度（所定の注入圧力 1.5MPa 以上）の圧力がかかっていたことが分かる。注入側の杭頭部（圧力計 A）と杭先端部（圧力計 B）の圧力は、杭先端部のほうが 0.5MPa 程度大きく、また、排出側では杭先端部（圧力計 C）のほうが杭頭部（圧力計 D）よりも 0.8MPa 程度大きくなっている。これは、プレロードホース内で摩擦損失などの圧力低下が生じたとともに、セメントミルクの自重による圧力（位置水頭）の影響により杭先端部では圧力が高くなったためであると考えられる。

4. 計算値との比較

プレロードホース内を流れるセメントミルクの挙動を管路の粘性流体の流れと仮定して、摩擦損失を考慮した式 (1) により、圧力保持時における圧力を求めた。なお、ホース内の流れは、流速  $V$  およびホース内径  $d$  が小さく、かつ動粘性係数  $\nu$  が大きいことから、レイノルズ数が十分小さくなるため、層流とみなして摩擦損失を計算した。

$$\frac{p_A}{\rho g} + z_A + \frac{V_A^2}{2g} = \frac{p_B}{\rho g} + z_B + \frac{V_B^2}{2g} + f \frac{L}{d} \frac{V_B^2}{2g} \dots (1)$$

ここに、 $p$  : 管内の圧力、 $\rho$  : 流体の密度  $z$  : 位置水頭、 $L$  : 管の長さ

計算に用いた数値パラメーターを表-1 に、解析結果を表-2 に示す。今回は、セメントミルクの粘性係数、動粘性係数を仮定して計算した。また、圧力計 A の位置での圧力  $p_A$  を基準にして、圧力計 B、C、D の位置での圧力  $p_B$ 、 $p_C$ 、 $p_D$  を求めた。計算結果から、実測値と計算値は近い値となり、圧力差は摩擦損失による圧力低下やセメントミルクの自重による圧力増加の影響を受けていることが確認できた。しかし、実際は、注入時に摩擦損失以外の圧力損失が生じていると推定されるとともに、今回、仮定した粘性係数・動粘性係数は温度等の影響により、数値が変化するため、今後、更なる検証が必要である。

5. まとめ

長い杭において、プレロードホースの杭頭部の注入側と排出側の圧力差が大きくなる原因を計測および計算により確認した。その結果、圧力差はプレロードホース内の摩擦損失による圧力低下やセメントミルクの自重による圧力増加の影響を受けていることが確認できた。今後は、杭の長さ等が異なる場合において圧力計測を行い、その影響を検証していく。

参考文献 1) 先端プレロード場所打ち杭工法 設計施工マニュアル：東日本旅客鉄道、2004 年 12 月

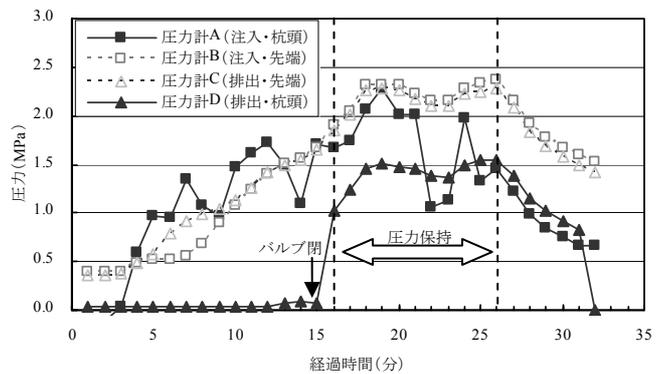


図-3 圧力計測結果

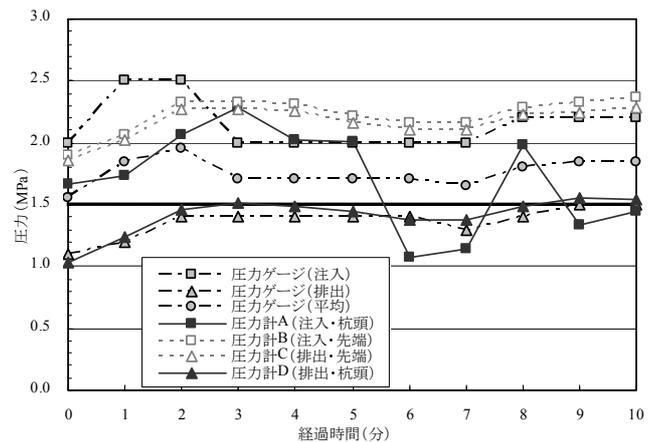


図-4 圧力保持時の経時変化

表-1 各パラメーターの数値

パラメーター	数値
セメントミルクの密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	1.7
セメントミルクの粘性係数 $\mu$ (mPa · s)	1000
セメントミルクの動粘性係数 $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	0.00059
圧力計 A～B 間の流速 $V$ (m/s)	0.07
圧力計 C～D 間の流速 $V$ (m/s)	0
プレロードホースの長さ $L$ (m)	40
プレロードホースの内径 $d$ (m)	0.019

※セメントミルクの粘性係数・動粘性係数は仮定した値である

表-2 実測値と計算値の比較 [単位:MPa]

	実測値 (平均)	計算値
圧力計 A ( $p_A$ )	1.7	1.7
圧力計 B・C ( $p_B$ ・ $p_C$ )	2.2	2.1
圧力計 D ( $p_D$ )	1.4	1.5