極軟弱地盤の極限状態におけるヒービング現象のモデルの提案

八戸工業大学大学院	学	川崎栄久
八戸工業大学構造工学研究所	フェロー	塩井幸武
八戸工業大学環境建設工学科	フェロー	熊谷浩二

1. はじめに

仮締切り、土留め工で軟弱粘性土地盤を掘削する場合、ヒービング現象の発生が懸念される。通常はこれに対して円弧滑り法や弾塑性解析に よって対処している。しかし、飽和した極軟弱地盤の掘削における地盤の挙動は塑性流動であることがわかっている¹⁾。そこでモデル実験にお ける間隙水圧と地盤の塑性変位からヒービング現象の実体を明らかにし、ヒービング現象の計算モデルを提案するものである。 2. 実験概要

極軟弱地盤のモデルとして砂混じりベントナイトを 120×120×240cm の大型土槽内に充填した(図-1参照)。モデル地盤の強度は 25kPa 以下 とした。そこへ厚さ 1.6mm の鋼板のモデル矢板(可撓壁)を頭部をヒンジ固定した状態で挿入した。背面側へ間隙水圧計と傾除計を可撓塩ビパイ プに取り付けて挿入し、地表面には変位計を設置した。掘削側地盤へは間隙水圧計と土圧計を挿入し、地表面には変位計を取り付けた。掘削数 は4 段階である。切り梁の架設位置は図-1 に示すとおりとした。

3. 実験結果と考察(メカニズムの解明)

掘削によって発生した地表面の隆起量と 沈下量を図-2に示す。ここで、1段階の掘削 深さは主働と受働のモーシントの釣り合う深さと した。図-2における2段掘削以降の隆起量と 沈下量は斬増する傾向にあった。詳しく見る と掘削直後には即時変形による直線的な伸 びで現れ、時間と共にクリープ的な塑性変位 が現れる塑性流動となる。

背面側地盤内に設置した傾斜計の回転角 を図-3 に記す。これは掘削から 24 時間経過 した時点の回転角を表している。図-3 をみる と 1.2 段掘削後では傾斜計の回転は見られず、 地盤は側方へ変位していない。3 掘削後では 矢板方向へ傾斜計が回転し、4 段掘削後では 傾斜計の回転角が矢板の下端で最も大きく なった。このことから、掘削の進行は地盤の 変形領域を深部へ増進させる事を意味して いる。矢板の撓みを図4 に示す。実験前に計 測器を掘削側の土中に埋めることが出来な



かったため、ここに示すのは3段掘削以降の図-1中の撓み,(測点)である。4段掘削までの変位形状は隆起量と沈下量に見られた塑性変位の 傾向と対応しており、背面側地盤は側方にも塑性流動していたと見られる。しかし、4段掘削後は2段目切り梁の設置によって矢板の変位が皆 無となった。すなわち、2段目切り梁設置後の地盤は側方には動かずに鉛直向きに塑性流動したものと推測される。

図-5.6 は掘削から24時間経過した時点の間隙水圧を表している。ここで、図-5.6 を図-2 との関連で見ると、図-2 では隆起量と沈下量が2 段掘 削後から漸増しているのに対して図-5.6 では2 段掘削後までの主働側と受働側の間隙水圧は変化が見られないが、3.4 段掘削後の間隙水圧は両側 とも低下していった。これは図-2 に見られる隆起量と沈下量の増加は地下水圧と密接な関係がある事を示すものである。また、コーンペ 补ルータに よる実験前の一軸圧縮強度が0.46kPaであったのに対し、実験後には0.35kPaとなり24%も低下した事実から、3.4 段掘削では地盤内の間隙水圧 を解放させるだけではなく、塑性流動によるゲ ルイタッシーの結果、膨潤現象で地盤が軟弱化したと推定される。 4. モデルの提案

ヒービング現象の検討を行う場合、クリープ量を算出することが重要である。そこで、小型実験槽²⁾における隆起量を5要素モデル(図-7参照) でモデル化した。その適用例を図-8に示す。ここでは3要素モデルによるクリープ量の算出結果も併せて掲載した。要素数が多くなれば隆起量 を繊細にトレースすることが出来るが計算が原雑になり現実的ではない。図より5要素程度でも変位の予測が可能と判断できる。

1)

$$\gamma(t) = S\left\{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}\left(1 - e^{-t\lambda_2}\right) + \frac{1}{G_3}\left(1 - e^{-t\lambda_3}\right)\right\}\dots\dots$$

ここで、(t):地盤の変位(m)、S:掘削により取り除かれた土塊の重量 (kN)、 G_1 :バネ係数(kPa)、 G_2 :バネ係数(kPa)、 $_2$:遅延時間($= _2/G_2$)、 3:遅延時間($= _3/G_3$)、t:変形に要した時間(sec)である。

5 . まとめ

地盤のヒービングによる塑性変位はクリープであるので5要素個体モデルで算出が可能である。しかし、掘削の進行に伴って間隙水圧が解放 されると、地盤には膨御現象が発生して強度が低下するために、モデルの力学定数を変化せざるを得なくなるので予測計算は困難になる。しか し、情報化施工によって地盤内の間隙水圧の変化に注意することで対応できるはずである。 参考文献

- 1) 川崎栄久、塩井幸武、熊谷浩二:ヒービングの抑止工法の一提案、軟弱地盤における地下建設技術に関するシンポジウム論文集 pp104 2002 2.5
- 2) 金子幸宣、伊藤倫裕、川崎栄久: ヒービングのメカニズムと防止策に関する研究、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 pp312-322 2002 3.9
- 3) 社団法人地盤工学会 TC28 国内委員会:軟弱地盤における地下建設技術に関するシンポジウム論文集 pp3-10

キーワード:ヒービング、極軟弱地盤、塑性流動、5要素モデル、間隙水圧、塑性変位

連絡先:〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学構造工学研究所塩井研究室 TEL/FAX: 0178(25)3111 内線(3107)/0178(25)0722







図-4 矢板の撓み



図-3 掘削後の傾斜計の回転角



図-5 受働側の間隙水圧







図-7 5要素モデル



図-8 5要素モデルによる変位の算出