

建設省土木研究所 正会員 越川 裕  
同上 正会員 塩井 幸武  
同上 正会員 浅沼 秀弥

1. まえがき

沖積粘土等の軟弱地盤における山留め工事においてヒービングという現象がしばしば発生し、工事進行上の大きな問題となっている。この現象は、盤がくれともいわれ、矢板を打ち込んで掘削作業をする際、掘削の進行に伴ない矢板背面との土塊重量差によって地盤が支持力のバランスを失い塑性流動を起こして土が矢板先端を廻り込み掘削底面を押し上げる現象である。さらにこの現象が進行すると矢板転倒という事故にも発展するため、掘削に際しては十分な安全性を検討する必要がある。そこで筆者等は、今後ヒービング検討する際の一資料とするために模型実験を実施したのでここに報告するものである。

2. 実験方法

2.1 実験装置は、図-1に示すような長さ100cm、高さ80cm、幅50cmの鋼製わくで補強したガラス製の実験土槽を用い、上縁に薄形鋼を溶接し、そこへ矢板模型として鋼板をボルトで固定した。

2.2 地盤は、土槽内へ同一レベルになるように造成し、掘削進行をシミュレートする方法としては、実験土槽に高さ100cmの二重箱構造(鋼球で載荷するため単箱では、箱内にアーチング現象が発生し荷重が確実に地盤へ伝達できないため)の載荷槽を取り付けて直径1cmの鋼球により載荷を行った。

2.3 荷重サイクルは、毎0.5cmで行い、載荷により地盤変位が終了した後に隆起量および地盤内変位を測定した。なお隆起量は、10cm間かくで配置したダイヤルゲージにより測定し、地盤内変位はあらかじめ地盤造成の段階でセットした標点(5mmX5mmX50cmの角棒の両端にスポンジを貼り付けてガラス面をなめらかに滑るようにしたもの)の挙動を側面ガラスを通じてプロットした。

2.4 模型地盤作成の材料としては、練り混ぜおよび含水量の調節が容易であるカオリンクレー(粒径 $50\mu$ )を使用した。なお表-1にカオリンクレーの物理的性質を示す。

2.5 実験ケース

今回は、ヒービングに影響すると思われる、矢板の根入れ深さ、矢板先端～下部境界層までの距離、矢板厚(矢板の剛性)、粘着力をそれぞれ変化させて実験を行った。表-2に実験ケースを示す。

3. 実験結果

3.1 地盤の挙動

一般にヒービングの安定計算を行なう場合、掘削底面と矢板の交点を中心とする円弧すべり面を仮定しモーメントのつり合いによって計算する

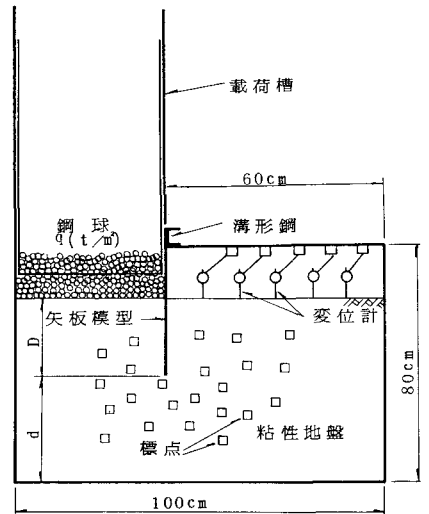


図-1 実験装置

表-1 カオリンクレーの物理的性質

| 比重<br>G | 液性限界<br>WL | 塑性限界<br>Wp | 塑性指数<br>Ip | 単位体積重量 (gf/cm <sup>3</sup> ) |       |       |
|---------|------------|------------|------------|------------------------------|-------|-------|
|         |            |            |            | W=34%                        | W=40% | W=45% |
| 2.71    | 46.6       | 27.3       | 19.3       | 1.74                         | 1.75  | 1.75  |

表-2 実験ケース

| CASE | 根入れ深さ<br>D (cm) | 矢板先端～<br>境界層 d | 矢板厚<br>t (mm) | 粘着力<br>C (t/m <sup>2</sup> ) |
|------|-----------------|----------------|---------------|------------------------------|
| 1    | 1               | 5.0            |               |                              |
|      | 2               | 10.0           |               |                              |
|      | 3               | 15.0           |               |                              |
|      | 4               | 20.0           |               |                              |
|      | 5               | 25.0           |               |                              |
|      | 6               | 30.0           |               |                              |
| 2    | 1               | 34.0           |               |                              |
|      | 2               | 24.0           |               |                              |
|      | 3               | 14.0           |               |                              |
| 3    | 1               |                |               | 0.34                         |
|      | 2               |                |               | 0.41                         |
|      | 3               |                |               | 0.43                         |
|      | 4               |                |               | 0.48                         |
|      | 5               |                |               | 0.52                         |
|      | 6               |                |               | 0.58                         |
|      | 7               |                |               | 0.72                         |
| 4    | 1               |                | 3.0           |                              |
|      | 2               |                | 6.0           |                              |
|      | 3               |                | 9.0           |                              |

場合が多いが、今回実施した実験においてはそのようなすべり面は認められず、地盤が全体的に流動することが確認された。特に図-2に示す粘着力  $C=0.34 \text{ t/m}^2$  の低い粘性土においては、この傾向が著しく変位量の差は見られなかった。また図-3の  $C=0.43 \text{ t/m}^2$  程度になると地盤内の位置によって変位量が異なってくることを確認でき、最大変位量を線で結んでいくと図のような流動線が描け、ほとんどのケースがこのような流動を示していた。

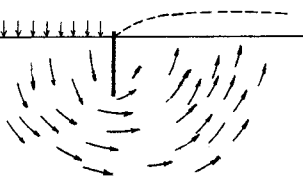


図-2 地盤内変位

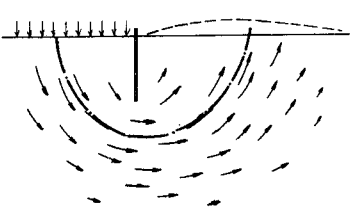


図-3 地盤内変位

3.2 ヒービングの安定性について

図-4は、矢板の深さを変化させ他の条件を一定にした実験結果を整理したもので従軸に最大隆起量  $\delta$  (mm) とし、横軸に  $q/c$  (安定係数) をとって実験値をプロットしたものである。図によると根入れが浅いうちは安定係数の小さいところで折れ曲がりが生じており、また隆起量も大きい。根入れが深くなるに従って安定係数の大きい方へと折れ曲がり点が移動しており、隆起量も抑制されていることがわかる。PecK は、安定係数を次のように定義し、これを用いて根切り工事における掘削底面の安定について表-3のように提案している。

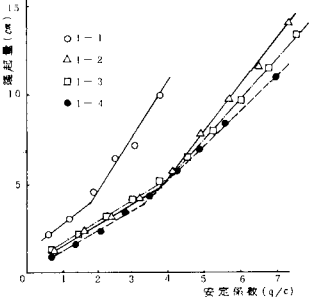


図-4

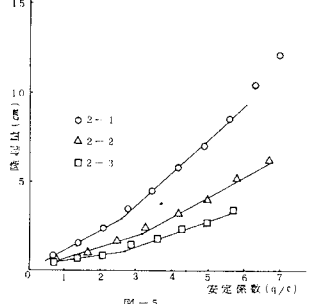


図-5

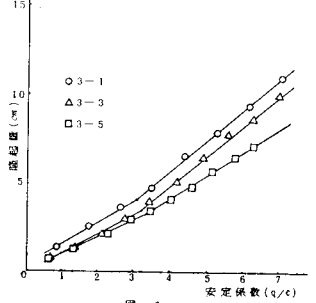


図-6

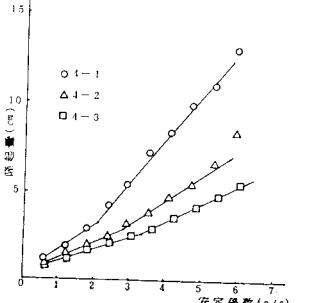


図-7

$$Nb = \frac{\gamma \cdot H}{Su}$$

表-3 安定係数と掘削底面の安定

| 安定係数 $N_b$ | 掘 削 底 面 の 状 態                          |
|------------|----------------------------------------|
| 3.14以下     | 掘さく底面の土の動きはほとんど弾性的で、その量は小さい            |
| 3.14       | 塑性域が掘さく底面より深がり始める。                     |
| 3.14~5.14  | 掘さく底面のふくれ上がりが見える。                      |
| 5.14       | 隆起状態に達し、掘さく底面は破壊もしくはヒービングにより最終的にもち上がる。 |

ここに

$N_b$ : 安定係数

$H$ : 掘削深さ (m)

$\gamma$ : 土の湿潤単位重量 ( $\text{t/m}^3$ )

$Su$ : 掘削底面下の粘土の非排水せん断強度 ( $\text{t/m}^2$ )

今回の実験結果においてもおれ曲がり点 (安定係数が3付近) までは、ほぼ弾性的に変位し、それ以上になると変位量が増大する傾向が見られたが安定係数が6~7に達しても破壊には至らなかった。図-5は、矢板先端から土槽底面までの距離  $d$  を変化させ他の条件を一定にした場合、図-6は、粘着力  $C$  を変化させ他の条件を一定にした場合、図-7は、矢板厚 (矢板の剛性) を変化させ他の条件を一定にした場合の同様の図である。いずれの図においても、安定係数3付近で折れ曲がっており、限界安定係数以下においては、直線的に変化し、ほぼ弾性的に変形すると言えそうである。

4. あとがき

今回の実験では、掘削をシミュレートするために鋼球による載荷を行ったが実験には載荷分を除荷する形となるため、鋼球を掘削高低差分の地盤に置き換えた場合この高低差分のせん断抵抗を期待できるかも知れない。今後は現場でのヒービングに関するデータを収集し、さらに検討をつけ加えていきたいと考えている。

〔参考文献〕 土と基礎: 「山留め土の計画上の問題」1973, 5