

Ⅲ－16

ヒーピングのメカニズムの解明と防止策に関する研究

八戸工業大学 学生会員 ○金子 幸宣
八戸工業大学 伊藤 倫裕
八戸工業大学大学院 学生会員 川崎 栄久

1. はじめに

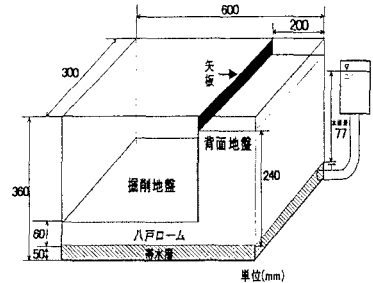
土木工事には、仮設構造物が多く利用される。仮設構造物の設計は掘削工事を進める上で重要な役割をすることから、軟弱地盤上では仮設構造物の設計やヒーピングに対する検討は、慎重に行わなければならない。基礎工事などでは矢板を用いて地盤を掘り下げるが、ヒーピングによる矢板の崩壊事故が危惧される。これまで、仮締め切り工ではヒーピング破壊に対して、掘削底面の地盤改良や矢板の根入れ深さを増すなどの対策が施されてきた。しかし、ヒーピング防止対策として十分な効果を得るためにはこれらの方法では合理的であるとは言い難く、安全性や経済性といった点で課題を残している。

そこで、本研究ではヒーピング現象を発生させ、模型実験と数値解析によりメカニズムを解明する。さらに地盤補強として真空ポンプと鉄筋杭を用いたヒーピングの防止工法を実施し、その効果を検証することとした。

2. 研究概要

2.1 モデル槽の概要

本実験では、人為的にヒーピングを発生させるために、縦 300mm×横 600mm×深さ 360mm の水槽を使用した(図・1)。モデル地盤には、八戸市蟹沢で採取した八戸ロームを含水比 90% に調整し、背面地盤側 240mm、掘削底面側 60mm の高さまで充填した。その上でヒーピングが発生しない様に掘削土に相当する荷重を掘削底面に載せた。物性値を(表・1)に示す。土留め剛体壁には、厚さ 5mm のアクリル板を用いて背面側地盤と掘削地盤側とを締め切った。また、ヒーピングを促進させるために水槽底面から 50mm を帯水層として設け、水頭差を 77mm かけることにより被圧地下水とした。実験開始と共に掘削側の荷重を取り除いてヒーピング現象を発生させ、時間ごとの背面側地盤の沈下量と、掘削地盤側の隆起量を測定した。



図・1 モデル水槽の概要

表・1 八戸ローム物性値

	平均値
液性限界 W_L (%)	78.50
塑性限界 W_P (%)	39.70
塑性指数 I_p	38.80
密度 ρ_s (g/cm^3)	2.745
湿潤密度 ρ (g/cm^3)	1.381
透水係数 k (cm/s)	3.02×10^{-3}

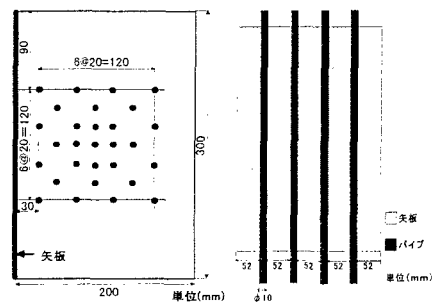
2.2 実験項目

2.2.1) 無対策実験

本実験は、ヒーピング発生時における地盤の変位量と地盤内の土の挙動を把握するために行った実験で、後に行うヒーピング対策実験の比較対象として用いるものである。また、3要素固体モデルによる数値解析を実施した。

2.2.2) ヒーピング対策実験

地盤の変位量を抑止するために、無対策実験の結果から背面側地盤が最も沈下した箇所を中心に鉄筋杭(D6)を29本打ち込んで(図・2)地盤補強した実験と、剛体壁背面にストレーナー付きのパイプを取り付け(図・3)、パイプに真空圧を掛けることにより、地盤にある地下水を吸引させた工法と上記の鉄筋工法を組み合わせた実験の2ケースを行った。



図・2 鉄筋配置図

(平面図)

図・3 パイプ配置図

(側面図)

3. 結果と考察

無対策実験の測定値と3要素固体モデル(図-4)による解析値を図-6に示す。なお、解析値は式(3.1)を使って求めた。

$$\gamma(t) = S \left\{ \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\lambda_2}} \right) \right\} \quad (3.1)$$

ここで、 λ :全隆起量(m)、 S :根切り底面より上の背面側地盤の重量(kN/m²)、 G_1 :地盤のバネ係数(kN/m²)、 G_2 :地盤のバネ係数(kN/m²)、 η_2 :粘性係数(Pa・s)、 t :ヒービングの発生時間(sec)、 λ_2 :遅延時間係数(= η_2 / G_2)

図-6において3要素固体モデルによって無対策実験を解析した結果から、10秒付近に現れた直線部は隆起量と経過時間の相関性を示す結果となったが、曲線部での計算値は測定値を下回る結果を示した。

無対策実験では、実験開始から掘削底面の隆起は時間とともに緩やかに上昇し、矢板付近で最大2.48cmとなった(図-6)。背面側地盤の沈下量は最大1.9cmとなった(図-7)。この際のモデル地盤の挙動は粘弾性体の塑性流動で、通常の安定計算に用いる円弧すべりの破壊面は見られなかった(図-5)。

ヒービング対策実験では、鉄筋杭のみの場合と無対策実験の場合を比べると地盤の変形量は共に低減した(図-6・図-7)。これは鉄筋杭自体の剛性によって塑性流動を拘束したものと考えられる。鉄筋杭とドレーンパイプに真空圧を掛けた場合には隆起量0.15cmと、無対策実験と鉄筋杭のみの場合より隆起量が小さくなった。しかし、背面地盤側の沈下は鉄筋杭のみの場合より0.32cm大きくなった(図-7)。これは真空ポンプによる地下水の低下で有効圧密荷重の増加が原因と考えられる。これは、情報化施工による真空ポンプの制御の必要性を示すものでもある。しかし、実験終了後のパイプを見ると、パイプ周りに地盤内の土が凝集付着し、径5~6cmの土の柱が形成されていた(図-8)。すなわち、パイプの周りに形成された土柱によって柱間の間隔が実質的に10数mmになったことにより、土の回り込み量を抑止し、地盤の隆起量そのものを抑える効果があったと考えられる。

4. まとめ

- 1) ヒービング現象の防止対策として地盤補強に鉄筋杭と真空ポンプを併用することは、塑性流動の抑制に有効である。
- 2) 真空ポンプにより地盤中の地下水を吸いすぎることは、背面側地盤の沈下を引き起こすので情報化施工によって沈下が起きる前に制御する必要がある。
- 3) 3要素固体モデルによる解析結果では、隆起量と経過時間の直線的関係の予測は可能であるが、2次の曲線部は5要素固体モデルでの解析が必要である。

5. 参考文献

- 1) 田鎖健宏、中野昇、屋代慎一:平成12年度卒業論文 仮締め切り工におけるヒービング防止に関する研 2001.3
- 2) 村上謙吉:産業図書 レオロジー基礎論 pp75~92 1刷 1991.5

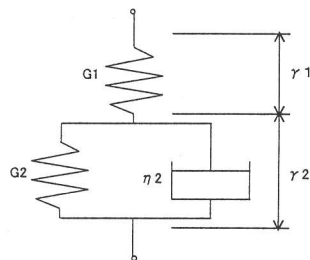


図-4 3要素固体モデル



図-5 塑性流動後

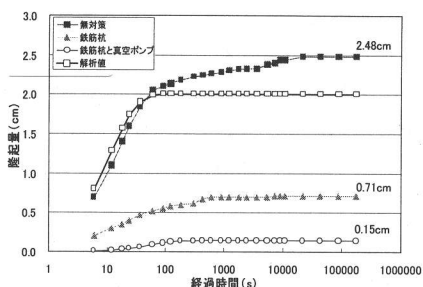


図-6 隆起量と経過時間

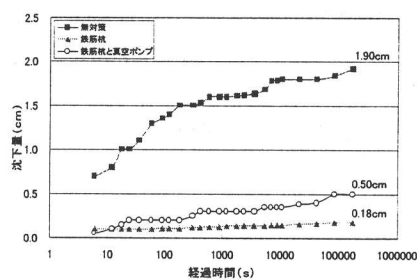


図-7 沈下量と経過時間

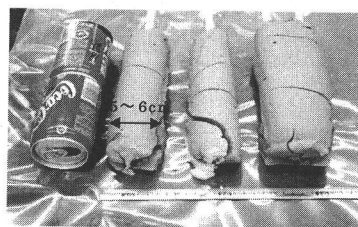


図-8 パイプに凝集した土粒子