

## III-208 開削時の地盤変形 (No.5)

— ヒービング防止対策 —

国鉄・橋造物設計事務所 正員 垂水尚志

“ “ 福田利光

“諸橋和美”

はじめに

軟弱地盤を開削する場合に遭遇する重要な現象の一つにヒューピングがある。これまで、土留工が破壊したもののうち、破壊は至るが大変形をしたものまで含めると、かなりの現場でヒューピングが問題になってきたと推察される。ヒューピングについては論ずる場合、掘削地盤のヒューピングに対する安定性の検討法および安定が期待できるかと判断したかの場合のヒューピング防止対策が主たる関心事となる。1 点から、両者について明確な判断基準が無いのが現状であり、特に経済性を考慮した防止対策については検討の余地大であると思われる。ここでは、このような状況下において、ヒューピングの検討を行ない、ヒューピングの可能性大と判断した掘削現場で地盤改良を行ない、結果として事例として、検討法と概要、壁体の変形、掘削面の変位等について報告する。

## 理場概要

現場は、図-1に示すように、最終掘削底上部はシルトと砂が互層であり、掘削底付近は1m程度のゴースト層があり、以下は、25mまで軟弱シルト層（ $c_u=1.5$  kg/cm<sup>2</sup>）が継続している。25mを深くと進めれば程度以上の砂層がある。掘削の平面形状は、16.5×16.9mの矩形であり、比較的線路と道路12m大の土木工の形状が問題となる所である。

ヒービングに対する安定性の検討

ヒューズの検討方法には種々あるが、11号の方法は12号、すべり線の形状、掘削面以上のセリ断力の評価、土留工の投入枚数の評価等からなる、丈夫な基礎を決定を行なっている。本報告では、図-2に示すテルツァギーパックの方法により検討を行なった結果を主として述べる。すなわち、B/5 (Bは掘削巾)の半径を有する円弧と直線から成るすべり線を規定し、Qに示けるエメントのフリ合により掘削面以下の作用荷重を算定し、掘削面以下の掘削面側地盤の軸圧縮強度と差づく抗拉力と地体の耐力とを算出してヒューズに対する検討を行なうものである。表-1には、当方法、Tadokoro-Riffの方法、Bjerrum & Eideの方法、建築学会の修正式による方法、Rankin安定係数による方法によりヒューズに対する検討を行なった結果を示してある。11号の方法によってもヒューズ防止対策の必要性が明かである。右に、これらの方法の他にも、円錐すべりを仮定して検討する方法、有限要素法により検討する方法等も考えられている。

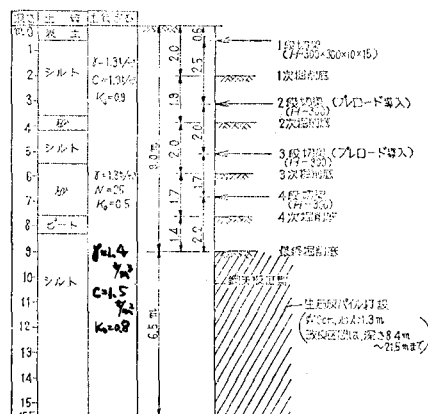


图-1 土留工断面

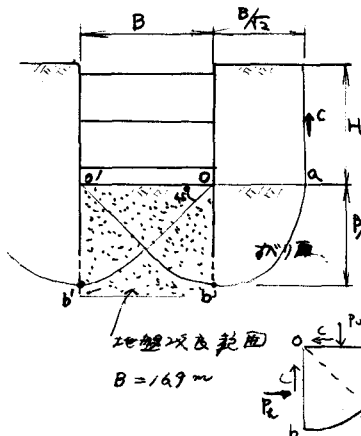


図-2 テルツアキ・ハックの方法による  
ヒートシンクの検討

## 地盤改良

前述のように、1) ずり力不足によるヒートアップの可能性が大きいと判断されたのでヒートアップ防止対策を講ずることが必要となった。対策として、①地盤改良 ②土留工の剛性増加 ③トレンチカット等の分割施工等が考えられるが、ここでは同様の条件下では数倍の費用が1) 地盤改良工法によるものとし、経済性を考慮し生石灰パイル工法を採用することとした。

**改良範囲：**地盤改良を行なう場合、常時照覆となる9カ改良範囲である。ここではテルツァーパップ工法より検討を行なっているので改良範囲も自明かとなる。B/E = 12m であるので、上下9m 程度の施工誤差を考慮し、深さ8.4 ~ 21.5m まで改良することとし、生石灰パイルの打設は掘削場内のみとした。(図-2 参照)

**改良効果：**図-2 の O-A 面における支持力に対する安全率が  $\gamma_u$  は  $3.9 \text{ t/cm}^2$  以上が必要であり、O-B 面におけるつり合いより掘削面掘削直下以下では  $\gamma_u$  は  $5 \text{ t/cm}^2$  以上が要求される。生石灰パイルの設計に112mm 種々問題はあるが、生石灰パイル打設による照露下の低下が有効応力の増加分と等し、地盤の強度増加効果と考慮することにより生石灰パイルの径と打設間隔が決定される。検討の結果  $\phi 40 \text{ cm}$  生石灰パイルを1.3m ピッチで打設すれば所期の強度が得られるものと判断され、施工1次結果図-3 に示すような改良成果を得、複合地盤として改良部と等しければ所期の強度が十分に得られたこととなる。表-1 に、改良後の地盤強度を用いて計算したヒートアップに対する安全率を示してある。最終掘削直下の  $\gamma_u$  は、掘削側は  $1.5 \text{ t/cm}^2$ 、掘削面側のパイル間中央部は  $3.3 \text{ t/cm}^2$ 、生石灰パイルの強度は  $20 \text{ t/cm}^2$ 、生石灰パイル間隙は灰土比2倍に増加するものとして2次決定した。すなわち、すべり線に沿う直り平均値は  $3.95 \text{ t/cm}^2$ 、複合地盤部分の  $\gamma_u$  は  $6.1 \text{ t/cm}^2$  である。この条件下で、必要掘入水深は  $6.5 \text{ m}$  となった。

## 地盤の変形

壁体の変形の測定結果を図-4 に、最終掘削直下の値ばかりの測定結果を図-5 に示す。壁体の変形はH型鋼支保に設置した圧入式傾斜計により測定し、値ぶく水はレベルによった。いずれも最大8cm 程度であった。近接している線路部分では数回の軌道整備を行なったが、列車運行は順調に行われた。

## おわりに

ヒートアップ防止対策として生石灰パイルより地盤改良を行なった事例についてその概要を述べたが、このような対策を講ずるに2も、入念な施工管理を行ない設計条件の確認を怠るべきことが必要である。信頼性は高くないが、経済性を十分考慮したヒートアップ防止対策を講ずるには、まず適切なヒートアップの検討法と適切な改良範囲の決定手法が必要であるが、これから112mm 径の検討がある。

## 参考文献

- 1) 横山、通水；開削時の地盤の挙動、土木学会、昭和49年、講演録、2) 通水他；生石灰パイル工法の効果(NQ2)、国鉄技研誌、昭和49年、548-9

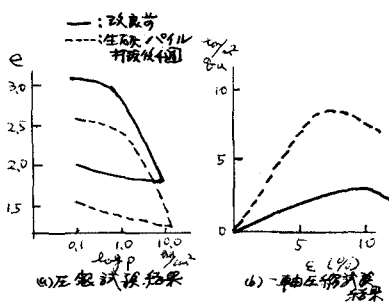


図-3 地盤改良効果

表-1 ヒートアップの検討

| 検討方法             | 改良部の安全率    | 改良後の安全率     |
|------------------|------------|-------------|
| Terzaghi-Peck 法  | 0.6        | 1.5         |
| Tabatabaieff 法   | 0.9        | 3.3         |
| Bjerrum & Eide 法 | 0.7        | 1.8         |
| 建築学会修正式          | 0.6        | 1.5         |
| Peck 法           | $N_0 = 10$ | $N_0 = 3.9$ |

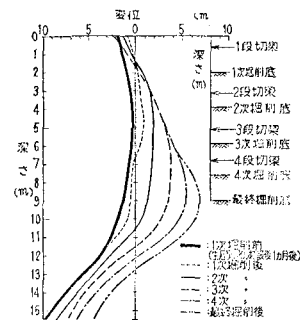


図-4 壁体の変形

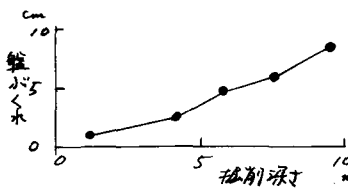


図-5 掘削底の値ぶく水