

# 常願寺川横江頭首工の改修における基礎地盤の浸透流特性と浸透破壊安定性(その1) —仮設グラウト止水壁の効果—

## Seepage flow and seepage failure of subsoil under the Yokoe Barrage in Joganji River (No.1) —Effects of temporary grouting cutoff wall—

田中 勉・横山豊彰・井上一哉

Tsutomu Tanaka, Toyoaki Yokoyama and Kazuya Inoue

### 1. 序論

横江頭首工は、富山県常願寺川に建設された重力式フローティング・タイプの頭首工である。建設から半世紀が経過し損傷が激しい。また、常願寺川の計画洪水量が約 1.5 倍に見直されたこともあり、大規模な改修工事が行われている。ここでは、改修計画の一つであるグラウト止水壁設置による基礎地盤の浸透流特性と浸透破壊安定性に対する効果について考察を行う。

### 2. グラウト止水壁の概要

構造上の安定性確保のため、基礎地盤に止水グラウト工が施工された。改修計画における横江頭首工縦断面図をFig.1に示す。基礎地盤は均質であるとし、透水係数 $k$ は現位置透水試験から $k=4.0\times 10^{-3}$ cm/sとした。グラウトの透水係数 $k_g$ は、改良後の目標値である $k_g=1.0\times 10^{-4}$ cm/sとした( $k_g=k/40$ )。まず仮止水壁を造成し、次に本止水壁を造成する。エプロン底面と基礎地盤の境

側では、Fig.1に示すように、まず本止水壁直下流に仮止水壁を構築し、次に本止水壁を構築することになった。

ここでは、仮設グラウト止水壁を基礎岩盤から上方に1mずつ打込んでいった場合について、FEM 浸透流解析および浸透水の出口部分の浸透破壊に対する安定解析を行った。また、堤体底面から5mの先行打込みが有る場合と無い場合について考察した。

### 4. 仮止水壁施工における浸透流

基礎岩盤の位置をEL.198.0mとし、不透水性境界として取り扱った。地盤の領域分割図をFig.2に示す。上下流側境界は、頭首工から上流側へ51.0m、下流側へ50.26mの位置にとった。要素の大きさは、基本的に0.5m×0.5mとした。

基礎岩盤から上方へのグラウトの打込み長さを $D_g$ と表す。Fig.3(a)にグラウトの打込みがない場合、Figs.3(b), (c), (d)に堤体底面から5mのグラウト先行打ち込みがあり $D_g=0.0$ m, 10.0m, 20.0mの場合のフローネットを示す。Fig.3において、等ポテンシャル線は上下流における水頭差を30分割するように描いている。仮止水壁の内部で等ポテンシャル線間の間隔が小さくなり、集中的な水頭の低下が起こっていることがわかる。また、グラウトを打込むことにより流出地点付近では等ポテンシャル線間の間隔が大きくなり、上向きの動水勾配が小さくなることがわかる。下流側の3つの流出地点(上流側からA, B, C)(Fig.1参照)についてみると、地点Aで等ポテンシャル線間の間隔が狭くなっており、この部分に浸透流が集中していることがわかる。地点Aにおける鉛直上向きの出口動水勾配 $i_e$ は、仮設グラウト打込み前約0.456、仮止水壁完成後約0.265となる。また、基礎地盤を流れる浸透流量は、単位奥行き当たり、仮設グ

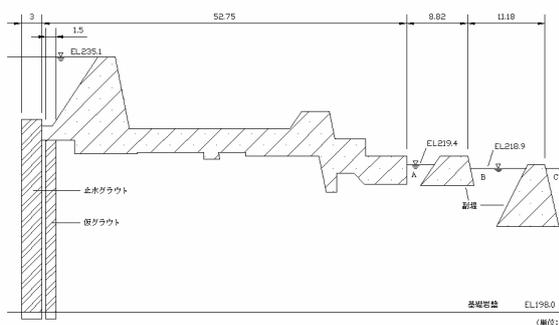


Fig.1 横江頭首工縦断面図 (固定堰部)

界部分の浸透破壊(ルーフィング)に対する安全性を確保するため、仮設グラウトはまず堤体底面から5mの深度までを先に打込み、その後、基礎岩盤から上方へ打つ方法が採用された。

### 3. 止水壁設置

平成13年度にまず左岸側の工事が行われ、続いて平成15年度に右岸側の工事が行われた。ここでは、右岸側の工事について考える。右岸

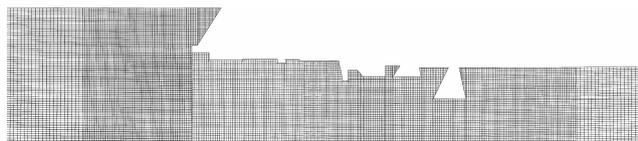
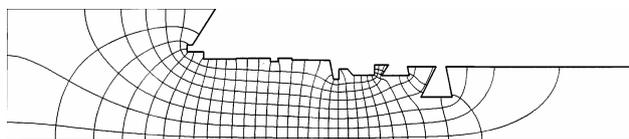
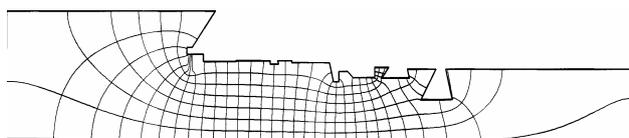


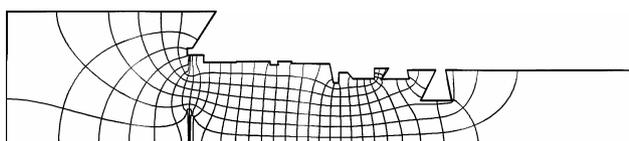
Fig.2 領域分割図



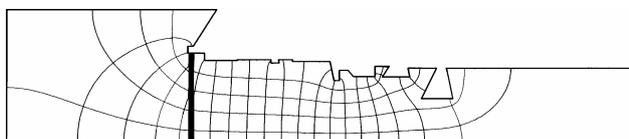
(a) グラウト打込み無し



(b)  $D_g=0.0\text{m}$  (堤体底面から 5mのグラウト先行打込み有り)



(c)  $D_g=10.0\text{m}$  (堤体底面から 5mのグラウト先行打込み有り)



(d)  $D_g=20.0\text{m}$  (堤体底面から 5mのグラウト先行打込み有り)

Fig.3 仮止水壁施工におけるフローネット

ラウト打込み前  $15.902 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ , 仮止水壁完成後  $10.021 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ となる。

## 5. 浸透破壊に対する安定性

Prismatic failureの考え方<sup>2)</sup>を用いて解析を行った。地盤の浸透破壊に対する安全率は流出地点Aにおいて決まる。グラウトの打込み長さ $D_g$ と限界水頭差 $H_c$ の関係をFig.4に示す。Fig.4から、 $D_g$ が大きくなるにつれて $H_c$ が大きくなることがわかる。仮止水壁は浸透破壊に対する安定性に関して高い効果を発揮する。その効果は特に $D_g$ が大きいときに大きい。地盤の浸透破壊安全率はグラウト打込み無し<sup>1)</sup>のとき 2.048, 仮止水壁完成後 3.518 (約 1.7 倍)になる。

Fig.4に堤体底面下5mに仮設グラウトの先行打込みを行った場合と行わなかった場合につ

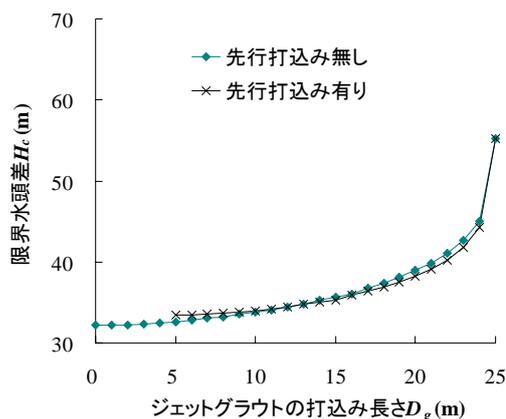


Fig.4  $D_g$ と限界水頭差 $H_c$ の関係 (仮止水壁)

いて、 $D_g$ と $H_c$ の関係を示す。Fig.4では、打設した仮設グラウトの総延長が等しくなるように作図している。Fig.4から、グラウト先行打込みの浸透破壊に対する安定性向上に対する効果はほとんどないことがわかる。

堤体底面と基礎地盤の境界面は、工事中の地盤の乱れなどから弱点となる可能性が高く、施工中や完成後において注意が必要である。グラウトの上部先行打込みがない場合、堤体底面直下の要素において最大動水勾配及び最大流速が生じており、堤体の接地面において基礎地盤の土粒子の移動(ルーフィング)の可能性が高くなる。

## 6. 結論

横江頭首工基礎地盤に関して、FEM 浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析を行った。そして、グラウト工法による仮止水壁の効果について考察を行い次の結論を得た。

- (1) グラウトの打込み深さが増加するに伴い、浸透破壊安全率が向上し、仮止水壁の完成によって、構築前に対して約 1.7 倍になる。
- (2) 堤体底面から下方に 5m の深さまで仮設グラウトを先に打つことの効果はほとんどない。しかしながら、堤体底面直下 5m のグラウト先行打込みがない場合、堤体底面直下の地盤において大きな流速が生じるので、接触面付近でルーフィングの危険性が高くなる。

### 参考文献

- 1) 横江頭首工平成 15 年度止水壁工事施工報告, 2005.
- 2) 田中 勉: 上昇浸透流を受ける矢板背後地盤の浸透破壊—Prismatic failure の概念と解析結果—, 農土論集, 第 186 号, pp.969~979, 1996.

