

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2) —本設グラウト止水壁及び副堤一体化の効果—

Seepage flow and seepage failure of subsoil under the Yokoe Barrage in Joganji River (No.2) —Effects of grouting cutoff wall and unification of secondary barrage—

田中 勉・横山豊彰・井上一哉

Tanaka Tsutomu, Toyoaki Yokoyama and Kazuya Inoue

1. 序論

富山県常願寺川に建設されたフローティング・タイプの横江頭首工の改修においてグラウト止水壁が施工された。ここでは、平成15年度に行われた右岸側の工事について考察する。右岸側のグラウト止水壁については、Fig.1に示すように、まず本設止水壁直下流に仮設止水壁を構築し、次に本設止水壁を構築する。前報¹⁾では、仮設グラウト止水壁の施工について考察した。ここでは、本設グラウト止水壁及び副堤一体化の効果について、FEM浸透流解析及びPrismatic failureの考え方²⁾を用いた浸透破壊安定解析から考察を行った。

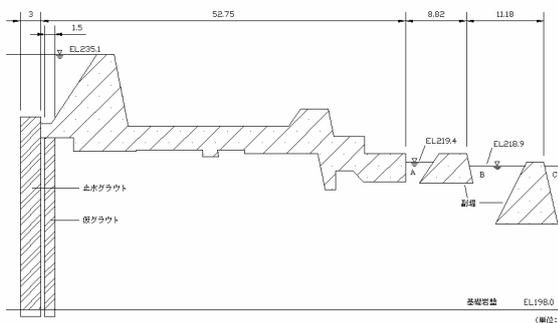


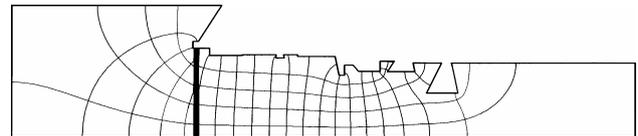
Fig.1 横江頭首工縦断面図 (固定堰部)

2. グラウト止水壁の概要

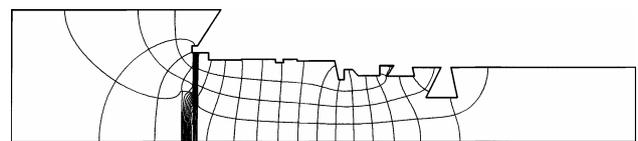
構造上の安定性確保のため基礎地盤にグラウト止水壁が施工された。横江頭首工改修断面図をFig.1に示す。基礎地盤は均質で透水係数 k は $k=4.0 \times 10^{-3}$ cm/s, グラウト止水壁の透水係数 k_j は $k_j=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sである($k/k_j=40$)。

3. 本設グラウト止水壁を構築した場合

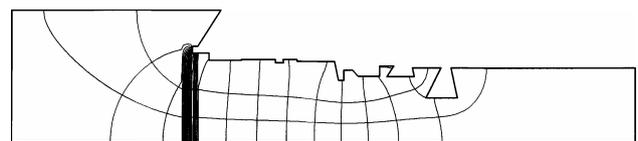
(1) FEM 浸透流解析 基礎岩盤の位置を EL.198.0m とし、不透水性境界として取り扱った。上下流側境界は、頭首工から上流側へ 51.0m, 下流側へ 50.26m である。要素の大きさは、基本的に $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ とした。



(a) $D_g=0.0\text{m}$



(b) $D_g=14.0\text{m}$



(c) $D_g=28.0\text{m}$

Fig.2 フローネット(本止水壁施工段階, 仮止水壁あり)



Fig.3 フローネット(本止水壁のみ考慮)



Fig.4 フローネット(副堤一体化, 本止水壁のみ考慮)

基礎岩盤から上方への本設グラウトの打込み長さを D_g とする。 $D_g=0.0\text{m}$, 14.0m , 28.0m におけるフローネットをFigs.2(a), (b), (c)に示す。等ポテンシャル線分布(Fig.2)は上下流の水頭差を30分割するように描いている。本設グラウト止水壁の内部において集中的な水頭低下があることがわかる。また、流出地点付近では、グラウトを打込むことにより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

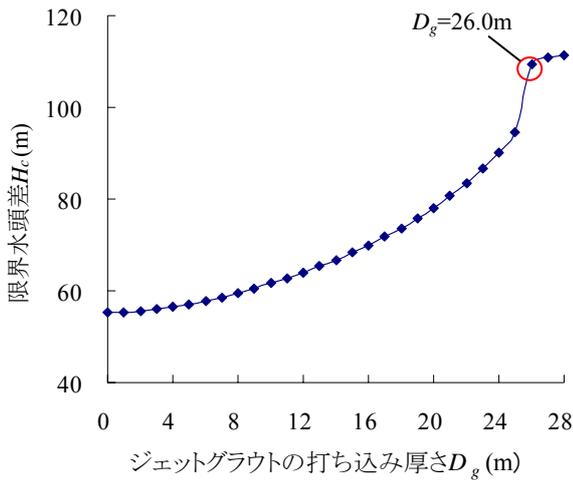


Fig.5 D_g と限界水頭差 H_c の関係 (本止水壁)

なることがわかる。流出地点Aにおける鉛直上向きの出口動水勾配 i_e は、仮設及び本設止水壁完成時約 0.131、本設止水壁のみを考慮した場合(すなわち、仮設止水壁の効果がなくなりもとの地盤の透水係数に戻ったと仮定した場合)約 0.185 となる。また、基礎地盤内を流れる浸透流量は、仮設及び本設止水壁完成時 $5.893 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、本設止水壁のみ考慮した場合 $7.538 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ となる。Fig.3 に、本設止水壁のみを考慮した場合のフローネットを示す。

(2) 浸透破壊に対する安定解析 グラウト打込み長さ D_g と限界水頭差 H_c の関係をFig.5に示す。流出地点Aにおける地盤の浸透破壊安全率 F_s は、仮設及び本設止水壁完成時 7.092、本設止水壁のみ考慮した場合 5.049 (グラウト打込み無しの場合の約 2.5 倍)となる。

4. 副堤が本堤(エプロン)と一体化した場合

エプロン部改修により副堤が本堤と一体化した場合の頭首工縦断面図を Fig.6 に示す。

Table 2 基礎地盤の浸透破壊に対する安定性と単位奥行き当たりの浸透流量

| 本堤と副堤の関係 | 止水壁の打設状況 | F_s | Q ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$) |
|----------|----------|--------|---|
| 分離している場合 | 止水壁なし | 2.048 | 15.902 |
| | 仮設のみ | 3.518 | 10.021 |
| | 仮設及び本設 | 7.092 | 5.893 |
| | 本設のみ | 5.049 | 7.538 |
| 一体化した場合 | 止水壁なし | 6.162 | 11.393 |
| | 仮設のみ | 8.723 | 8.049 |
| | 仮設及び本設 | 13.575 | 5.171 |
| | 本設のみ | 11.005 | 6.379 |

本堤と副堤が分離している場合地盤は流出地点 A で限界となり、本堤と副堤が一体化している場合流出地点 C で限界となる。

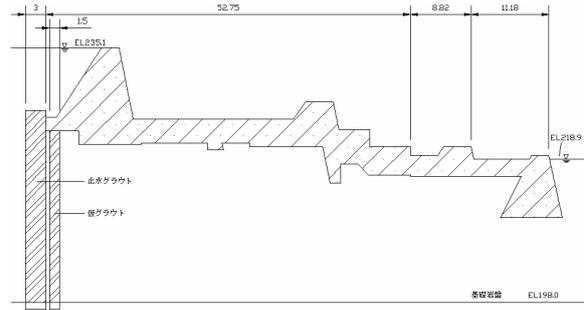


Fig.6 横江頭首工縦断面図 (副堤が一体化した場合)

(1) FEM 浸透流解析 副堤が本堤と一体化したときのフローネット(本設止水壁のみを考慮)を Fig.4 に示す。副堤が本堤と一体化すると、一体化しない場合に比べて浸透路長が増加する。等ポテンシャル線間の間隔が大きくなり、地盤は浸透破壊に対してより安定化する。

(2) 浸透破壊に対する安定解析 Table 2 に基礎地盤の浸透破壊安全率 F_s と単位奥行き当たりの浸透流量 Q を、副堤が本堤と分離している場合と一体化した場合について、止水壁なし、仮設のみ、仮設及び本設、本設のみのときに関してまとめて示す。基礎地盤の浸透破壊に対する安全率 F_s は、最初、副堤が本堤と分離し止水壁なしのときには 2.048 であるが、最終的な状態(本設止水壁のみ考慮)に対して、本堤と副堤が分離している場合 5.049、副堤が本堤と一体化した場合 11.005 となる。副堤の一体化により、浸透破壊に対する安定性は飛躍的に向上する。

5. 結論

横江頭首工改修工事における基礎地盤における、本設グラウト止水壁及び副堤一体化の効果について考察を行い次のような結論を得た。

(1) 基礎地盤の浸透破壊に対する安全率は、最初、本堤と副堤が分離し止水壁なしのときには 2.048 とやや小さいが、最終的な状態(本設止水壁のみ考慮)に対して、本堤と副堤が分離している場合 5.049、副堤が本堤と一体化した場合 11.005(一体化しない場合の 2.180 倍)となる。

(2) グラウト止水壁は基礎地盤の浸透破壊安定性に大きな効果がある。

参考文献

- 1) 田中 勉, 横山豊彰, 井上一哉: 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—, 農士学会大会, 2006.
- 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.