

1-1-1 浸水対策における長大伏越し管きよの水利挙動と 対策について

第二基幹施設再構築事務所 設計課 水野 雄介
(現 中部下水道事務所建設課)

1. はじめに

下水道局では、浸水被害を軽減するため、浸水の危険性が高い地区などに重点化し、新たな下水道幹線や貯留施設等の整備を進めている。下水道幹線の設計に際して、地下鉄や河川等が支障となる場合は、やむを得ず下水道管の一部区間を深くし、支障物の下を横断させるため、長大伏越し構造となる。

長大伏越し管きよでは、高流速の流れや高落差での空気連行、段波の遡上など水と空気が関連した複雑な水利挙動が発生する可能性が高く、シミュレーション等の検討のみでは、その特質を十分に把握することが難しい。このような課題に対しては、水利模型実験を行うことにより、水と空気の挙動を把握するとともに、安全に運用するために必要な対策施設の検討を行うことが重要である。

本稿は、長大伏せ越し管きよである第二桃園川幹線の水利模型実験を実施し、課題の抽出および対策施設の検討を行った事例について報告するものである。

2. 第二桃園川幹線事業の概要

神田川中流部に位置する桃園川幹線流域は浸水被害が多発してきた地域であり、激甚化する豪雨への対応として、既設桃園川幹線の増強施設となる第二桃園川幹線の整備を進めている。

第二桃園川幹線事業は、杉並区及び中野区の一部の雨水を收容する、上流区間内径 2.6 km、延長約 4 km、下流区間内径 4.25 km、延長約 3 km、全長約 7 km の下水道幹線を整備するものである。また、上下流を接続する中間人孔 G を介して、既設桃園川幹線へと返水する施設であり、地下 40m～50m の大深度の長大伏せ越し構造となっている (図 1、2)。



図 1 第二桃園川幹線概略図

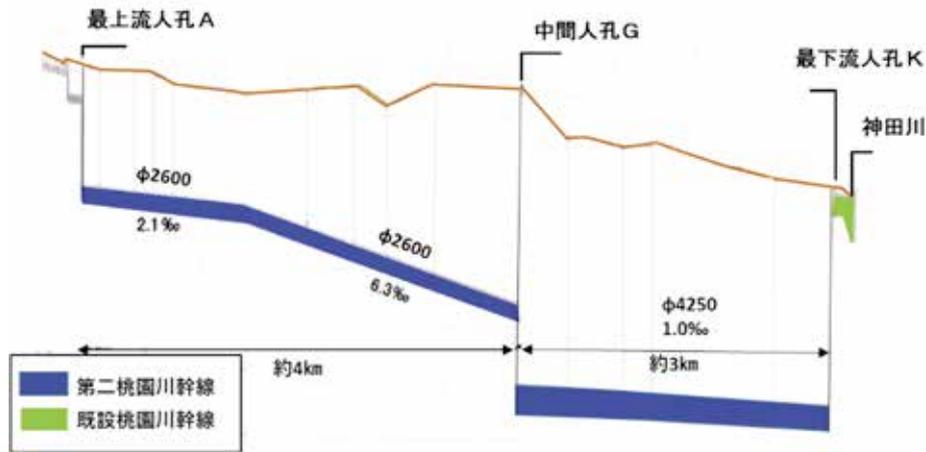


図 2 第二桃園川幹線縦断位置図

本事業は、浸水被害軽減の早期実現に向けて、上流区間を暫定的に活用していく計画である。

3. 実験検証方法

第二桃園川幹線の模型再現範囲は、最上流入孔Aから吐口までの約7 kmを対象とした。第二桃園川幹線に接続する主要枝線については、水理的に重要度の高い人孔及び主要枝線を抽出し、計8箇所の流入人孔を再現した。第二桃園川幹線の流末となる最下流入孔Kについては、既設桃園川幹線と接続し、神田川まで放流する区間を再現した（図3）。

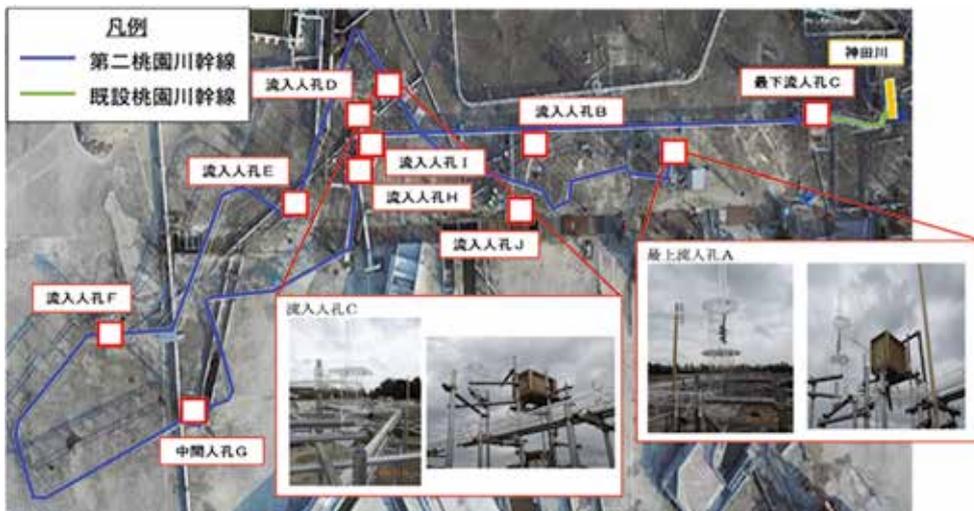


図 3 水理模型全体写真

流量条件は、①中央集中型の計画降雨（50 mm/hr-80%相当）より算出した流量波形②計画降雨（50 mm/hr-80%相当）のピーク一定③中央集中型の超過降雨（75 mm/hr-80%相当）より算出した流量波形の3条件を与えて検討を行った。

原設計において、3条件の流量を流下させ、幹線各所の流況、水位変動、圧力変動、人孔部の排出空気量変動の経時変化を計測し、流入過程における第二桃園川幹線の水と流下と空気の挙動を評価して、噴出現象などの問題点を抽出した。

次に、水と空気の挙動を踏まえ、必要に応じて有効な空気抜き施設等の対策施設を検討し、効果を検証した。

4. 施設の水利的課題と対策検討

原設計による実験では、6箇所の人孔において空気と水の噴出現象を確認した。その内、特に激しい現象が確認された最上流人孔Aおよび斜坑管接続の流入人孔Cについて、各施設の課題および対策施設の検討内容を示す。

4.1 最上流人孔Aの水利的課題と対策検討

第二桃園川幹線に、前述で述べた流量条件③を流下させた場合、幹線下流から大量の残留空気が断続的に移動し、最上流人孔Aにおいて被圧空気が解放され、噴出現象が生じた(図4)。

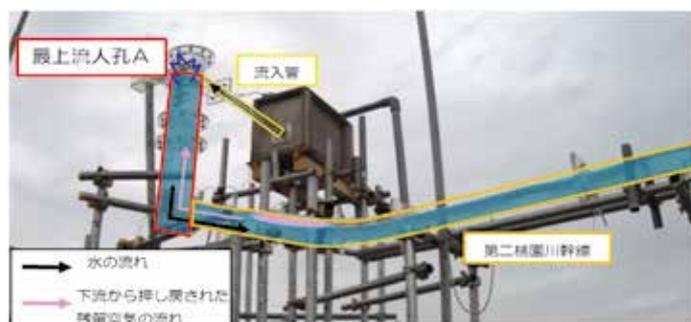


図4 RSN01人孔における噴出現象

また、原設計の地上開口部および排気経路の最大風速は、流量条件①および流量条件③を与えた場合、最上流人孔Aにおいて、地上開口部の設計風速12m/sおよび排気管内の設計風速48m/sをそれぞれ上回ったことから、排気経路の断面積が不十分であり、人孔内に一定の水位がある際に、下流から移動してきた水と空気が噴出したと考えられる(図5、6)。



図5 RSN01人孔地上出口の排気風速



図6 RSN01人孔排気経路の最大風速

噴出現象の対策施設として、幹線から人孔への排気を円滑にするために、排気管を設置する。また、排気風速が許容値以下となるように、地上開口面積及び排気管の必要断面積を算出した結果、排気管断面積を0.13 m²から0.407 m²に、地上開口面積を0.18 m²から1.629 m²に拡大した(図7、8)。

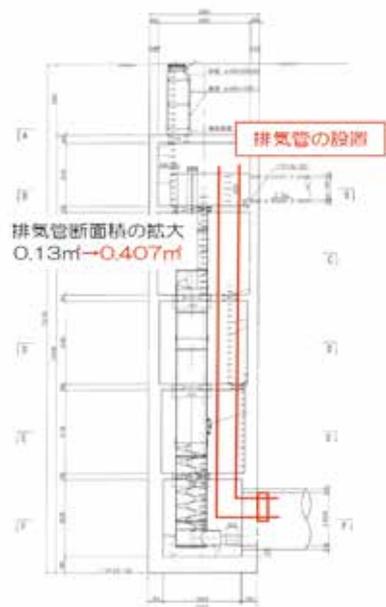


図7 最上流人孔A 排気管設置



図8 最上流人孔A 地上開口面積の拡大

4.2 流入人孔Cの水理的課題と対策検討

第二桃園川幹線に流量条件①を流下させた場合、幹線下流側から大量の残留空気が断続的に移動し、斜坑管に被圧空気が浮上し、噴出現象が確認された（図9）。

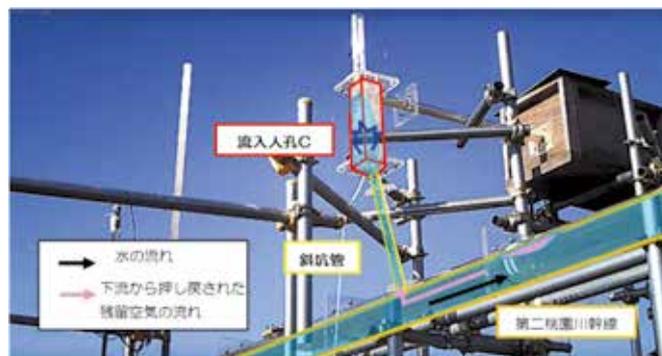


図9 流入人孔Cにおける噴出現象

斜坑管が接続された流入人孔においては、下流からの残留空気や段波遡上等の要因で噴出現象が発生しやすい傾向にあることが明らかになったため、噴出現象を抑制する必要がある。対策として、流入人孔Cの改造を検討したが、施工用地の幅員が狭く、施設の拡大は不可能であった。そのため、下流側に排気施設を設置する方針とし、算出された必要排気経路面積 0.138 m^2 および地上開口面積 0.551 m^2 を確保するため、人孔Cの下流側に $\phi 400 \text{ mm}$ の排気管を設置した（図10）。

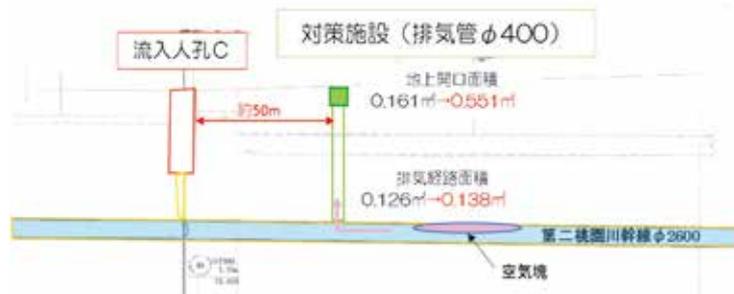


図 10 流入人孔 C 下流側に排気管施設の設置

5. まとめ

水理模型実験により、水と空気の噴出現象等の課題に対して、必要な排気面積を確保することや、排気管設置等の対策により安全に施設を運用するための検討を行うことができた。このように、浸水対策として大きな流量が流れる長大伏せ越し管きよでは、水理模型実験を用いて水理挙動を把握することが重要であり、安全な対策施設の立案にあたって非常に有効である。

今後は、本実験で明らかとなった空気抜き施設等の対策について、周辺施工環境を踏まえた詳細な検討を行っていく予定である。また、模型実験の成果や様々なケースによるノウハウを積み重ねていくことで、より精度の高い下水道幹線の設計に活用していく。