

地下水流動保全における横断方向流下模型実験とその解析

地下構造物，模型実験，地下水

中部土質試験協同組合

学生会員 坪田 邦治

岡山大学大学院環境学研究科

国際会員 西垣 誠

1. はじめに

未固結地盤が分布している臨海都市近郊域において，地下に人工構造物を構築する場合には，近隣での地下水利用に関する影響を極力低減し，地下水流動を保全することが環境保全の観点からも重要な課題といえる。このためには，調査・計画段階において，帯水層の分布，地下水の動態を把握し，計画構造物に対して施工時および施工完了後の地下水影響解析を実施することによって，構造物構築に伴う影響を低減することとなる。このような事例に対して，現在では各種の対策工法が提案され実施されている¹⁾。

本論文では，下水道工事に伴い敷設する函渠による地下水への影響を，函渠周辺に通水層（人工透水層）を敷設することで流量を確保する対策について報告する。手法として室内モデル実験と準三次元広域浸透流解析（GWAP）²⁾を用いて，地下水の流動方向を確保し，従来の方向に流下させる「縦断方向流動防止板」の効果について報告する。

2. 対象とした地盤環境と実験・解析の背景

兵庫県西宮市の国道 43 号線より南側は宮水地帯といわれ，表層地下水が醸造用水に最適であり，歴史的にも多くの酒造メーカー（1840 年以降）がこれを使用し，その保護に細心の注意を払ってきた地域³⁾である。ここで対象としている宮水帯水層は，表層の GL-2.0 ~ -5.0m に分布する砂質土層である。このような地盤環境を有する地域において，その表層地下水を遮断する地下構造物である

下水道函渠の埋設が計画されたが，連続した地下構造物を施工すると，酒造用水として採水されている表層地下水を遮断する危険性があった。このことから，通水層により地下水の流動保全に寄与する為に実施した。

3. 室内モデル実験

(1) 実験に適用した試料

実験に用いた試料は，現場のものをを用いることが望ましいが，多くの材料が必要なために，現場から採取することは困難であり，密度・粒度を調整して，現場とほぼ同等の透水係数を再現させた標準砂等（表-1）を用いた。

(2) 室内実験

室内モデル実験では，地下水流動保全対策工の設置時に生じる函渠下流方向への流下を防止し，函渠を横断する流下を促進させる目的で施工した対策工（流動防止板）の効果判定を行った。モデルの作成にあたり，モデルスケールの検討を行って，実験槽の大きさを 1/10 モデルとし，横 2.0m, 幅 0.745m, 高さ 0.245m（図-1）として実施し，被圧状態での透水実験を行った。実験は，流動防止板を設置しないケース（流動防止板 0cm），および流動防止板 3cm, 6cm, 10cm（図-1）の合計 4 ケースで実施した。函渠上流側からの全流量（ Q_a ）を，函渠に沿って流下する流量（ Q_1 ）と，函渠を横断して流下する流量（ Q_2 ）に区分して測定した結果（図-2），流動防止板が無い場合には，函渠縦断方向への流量 Q_1 は，88%が流下し，横断方向へは，12%が浸透するだけであり，函渠施工に伴って流路が変わることが判る。次に，実施モデルである流動防止板長 3cm の場合では， Q_1 が 72% になり，無処理に比較して，流量全体の 16%を横断方向に流下する効果が期待できることが判明した。ただし，流動防止板長をその 2 倍，3 倍強としても，その効果はほとんど期待できないことも判明した（流動防止板長 6cm では，（流動

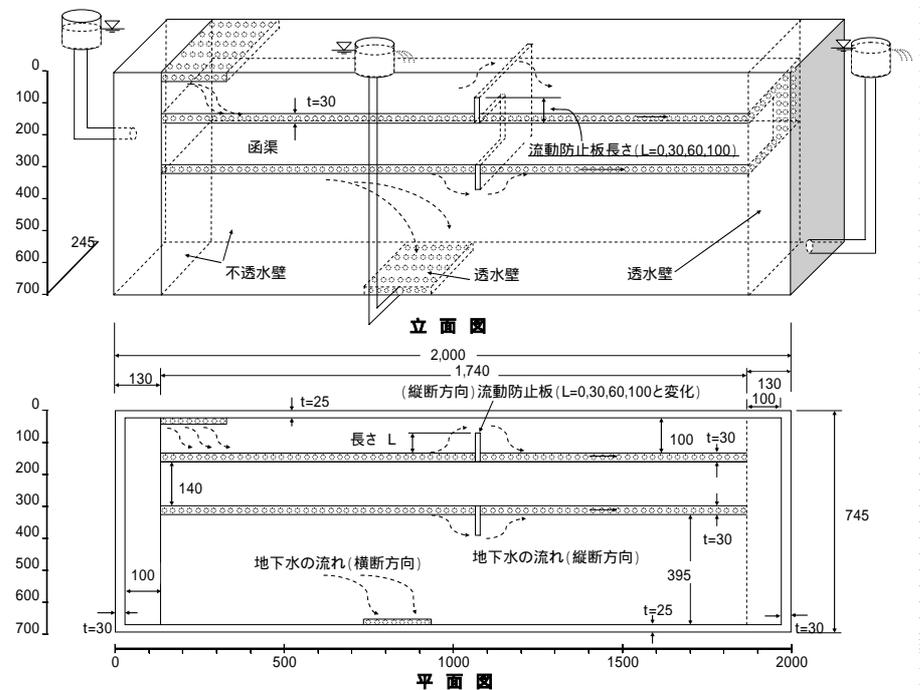


図-1 縦断方向モデル実験装置

表-1 室内モデル実験試料透水係数一覧表

土質区分	対象土層	透水係数 k (m/s)
標準砂	宮水帯水層	1.60×10^{-4}
マサ土	一般土層	2.79×10^{-5}
渋川砂 (岡山県)	対策工 (フィルター層)	1.82×10^{-3}

Model experiment and consideration about ground water flow preservation accompanying artificial structure construction, Kuniharu.TSUBOTA (Chubu Soil Research Co-operation), Makoto.NISHIGAKI (Okayama University)

防止板長3cm) +1.7%, 10cmでは, (流動防止板長3cm) +3.6%)

以上, 函渠に沿って縦断方向への地下水の流れは, 限定的であるが, 流動防止板によって防止することができることが判明した。

4. 室内試験モデル実験の解析

実験結果の評価のために, 準三次元広域浸透流解析を実施し, 室内実験を検証した。流動防止板の長さについては, 実施工に適用可能な4ケース(流動防止板 無し, 長さ=50cm, 85cm, 120cm)とした定常解析とした。なお, 流動防止板は20m ピッチに施工するモデル(図-3, 表-2)とした。解析の結果, 函渠と平行な面より流出する縦断方向流量を $Q_1(m^3/s)$ とし, 函渠横断方向の流量を $Q_2(m^3/s)$ として整理を行った。ここでは, Q_1+Q_2 を全流量 Q_a として, 流量比 Q_1/Q_a , Q_2/Q_a と流動防止板長さ L との相関を図-4 に示した。結果として, 横断方向に流下する流量比と, 函渠縦断方向に流下する流量比の相関は, 1/10 モデル実験で得られた結果(図-2)によく近似した関係が得られた。また, 実験結果と同様に, 解析結果においても, 流動防止板長が側方の通水層幅 ($L=50cm$) よりも長くなっても, 流量比 (Q_1, Q_2) は, 大きく変化せずその効果はあがらないことが判明した。

表-2 入力地盤定数

番号	透水係数 k (m/s)	層厚(m)
1	1.07×10^{-6}	1.50
2	2.93×10^{-5}	0.50
3	7.94×10^{-4}	1.20
4	3.52×10^{-4}	1.30
5	1.40×10^{-4}	0.20
6	1.00×10^{-2}	0.50

5. まとめ

横断方向への地下水の流れについては, 2次元モデルを用いて, 適切な通水層(透水係数, 層厚)を施工することにより, 原地盤と等価な流量を有する断面を確保できることが判明している⁴⁾。しかし, この場合, 通水層を介する地下水が函渠を横断せずに, 縦断方向に流下する可能性がある⁵⁾。このことから, 地下水の函渠縦断方向への流下を防ぐ目的で, 流動防止板を設置し, 従来の地下水の流れである横断方向に流下させることとした。室内実験および解析結果により, 流動防止板によって, 限定的であるが, 従来の地下水の流向を保持できることが判明した。

今後の課題点として, 地下水の流向と地下構造物の延長方向との交角の影響, 解析モデルサイズの最適化などについての検討が必要と考える。

また, 今回の解析では, 設置間隔20mでの検討としたが, まだその効果は+10%程度であり, 実施設計上では, 函渠施工前の地下水流向への流下率の向上を目指して, 流動防止板の設置間隔・貫入深さの最適化が必要と考える。

(参考文献)

- 1) 杉村孝雄: 4.3 地下水流動保全工法の選定, 地下水流動保全工法の設計・施工, 地盤工学会, 地盤工学・実務シリーズ19, 地下水流動保全のための環境影響評価と対策, pp.123~133, 2004.
- 2) 河野伊一郎・西垣誠: 有限要素法による広域地下水の準三次元浸透解析-その手法とプログラム解説-, 岡山大学工学部土木工学教室レポート, No.'82-1, 1982.
- 3) 済川要: 都市開発に伴う浅層地下水の保全について-阪神間の70年間の事例-, 地下水技術第38巻第6号, p.17, 1996.
- 4) 西垣誠・坪田邦治・小松満・森田悠紀雄: 人工構造物構築に伴う地下水流動保全工法の一例, 日本地下水学会2005年秋季講演会講演要旨, pp.266-271, 2005.
- 5) 西垣誠: 地下水に関する環境評価法, 基礎工vol.20, No.11, pp.25~31, 1992.

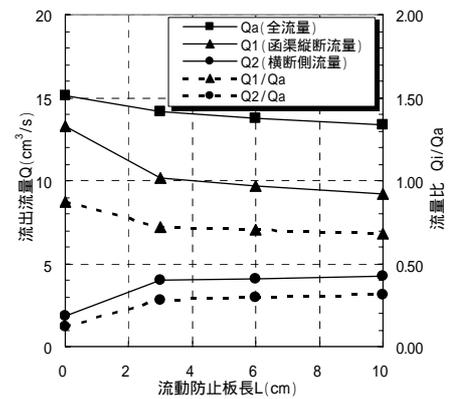


図-2 流動防止板長～流出流量, 流量比

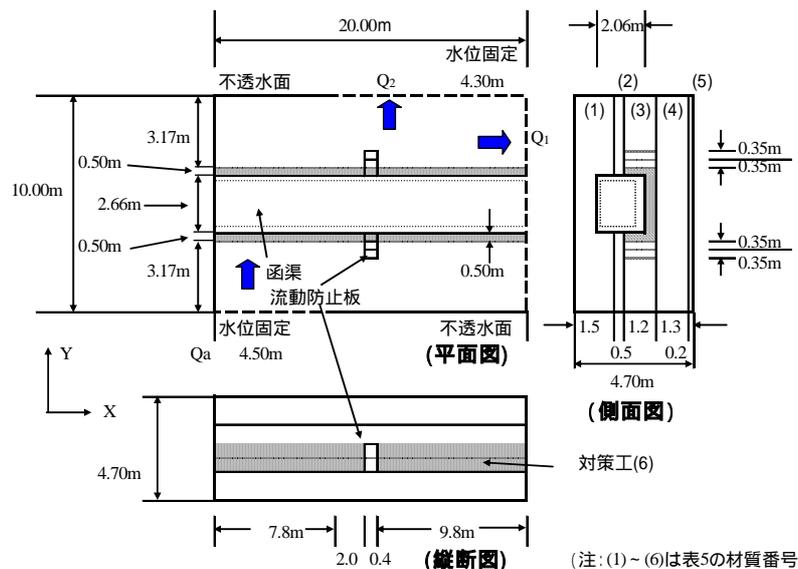


図-3 解析モデル

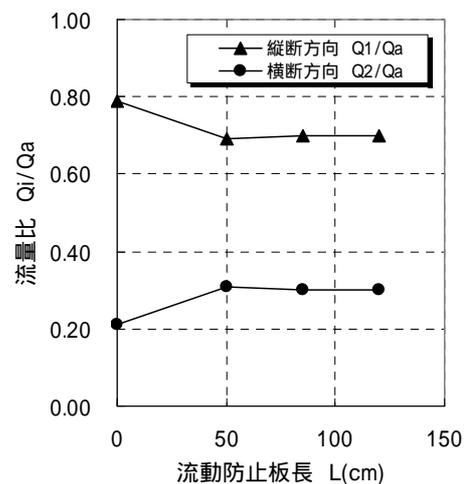


図-4 流動防止板長～流量比(解析結果)