

VI-90

通水性地中連続壁の設計・施工

首都高速道路公団

正会員 原田哲伸

〃

正会員 〇宗像恵子

八千代エンジニアリング

正会員 松田義則

1. はじめに

地下水流のある区間に、連続した大規模なトンネル構造物を施工すると、地下水の遮断により、井戸枯れや地盤沈下等の問題を引き起こす可能性がある。これらの問題を解決するため、地中連続壁の中にスクリーンを取り付けた通水用の井戸を設け、連結管で接続することにより通水性を確保する通水性地中連続壁の実験を行っている。¹⁾ここでは、通水機能を確保するための設計と構造設計、及び集水、復水側の泥膜の除去に関する実験を行い、それをうけて試験施工を行ったので報告する。

2. 通水機能を確保するための設計

検討対象区間について準3次元モデルの浸透流解析を行う。解析モデルを図-1に示す。延長約2km、上流・下流とも約1.5kmにわたる範囲を解析範囲とした。約900mが開削区間であり、通水性連壁の設置区間を0~600mと替え、5ケースについて解析を行った。境界条件は、上流・下流水位固定、北側、南側の境界は、河川及び旧河川であり、水位一定の条件としている。地盤条件は、既往の土質調査結果の値を用いる。透水係数は、現況の水頭コンターと一致するように同定解析を行って求める。

解析の結果、通水性連壁がない場合に対し、通水連壁がある場合は、上下流での水頭差が50%~70%も軽減され、通水性連壁の適用は効果的であると考えられる。

次に室内実験²⁾では限界流速が把握困難であった砂層に対して、実大規模の段階現場復水実験を行った。実験方法は、流向方向へ上流から6本の井戸を設置し、中央の井戸を復水井とし、復水井の水位を5段階に変化させ、その時の復水井と観測井の復水量及び水位変化状況を計測した。結果は、初期の段階から目詰まりを生じ、その目詰まりはスクリーンのごく近傍で発生していることが分かった。最後に目詰まり発生後の復水状況の把握も行ったところ、目詰まりと地下水位の上昇にともない動水勾配が大きくなり、再度流れだす等の繰り返しにより、最終的には復水量が一定になった。

設計は、以上の結果より次の3点とする。①砂層に対しては目詰まりを生じつつも、ある程度の復水効果を期待するものとし、復水は主として礫層からなされ、その時の礫層の流速は限界流速を超えないものとする。②砂層、礫層の動水勾配は同一とする。③砂層に対してスクリーン近傍で目詰まりを生じたとしても、砂層と礫層は互いに連続しており、水収支があるものとする。水の流れと設計フローを模式的に描くと図-2のようになる。砂層・礫層は互いに連続しているとする。礫層の限界流速は $70 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 、スクリーンの開口率は27%、通水部の有効幅は90cmとする。解析と実験での水頭差が実験結果と比例関係にあると考え、砂層への復水の流速は約 $2.22 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ とした。

上記フローから通水施設の設置間隔を求めると、40m程度のピッチとなる。設置に際しては、地盤条件や近接構造物の重要度等を加味し、重要区間30m、通常の対策必要区間を50mとした。

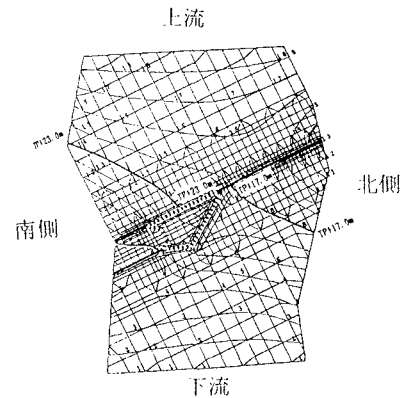


図-1 解析モデル図

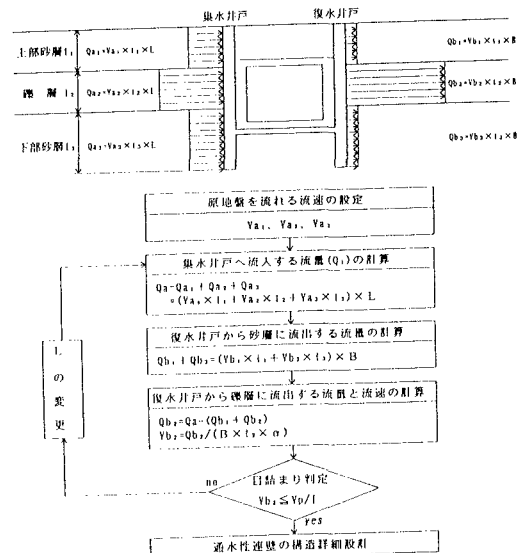


図-2 水の流れと設計フロー

3. 構造設計

通水性地中連続壁の構造は図-3に示すような鋼製の通水ボックス（地山側）とスクリーン及びそれを支持するH鋼、鉄筋籠（掘削側）及び一体性をもたせるためのジベルからなる。これは変断面として設計する。連壁に発生する断面力は、一般連壁部と同じ値を用い、応力計算はボックス鋼板を鉄筋換算して行う。鉄筋換算は許容応力度の比を用いる。掘削側の引張りについては鉄筋で（一般部と同じ配筋とする）、地山側の引張りについてはボックス鋼板のみで受け持つ。せん断力はコンクリートやスターラップの他、ボックス鋼板のウェブも考慮できることとした。通水ボックスと連壁コンクリートとの一体化は、ジベル筋を用いる。スクリーンの選定は山崎ら¹⁾の結果による。またスターラップは地山側はボックス鋼板にスタッド溶接し、掘削側は一般部に準じ、鉛直フック付きスターラップとする。本体スラブ筋および本体用スターラップもボックス鋼板に溶接する。

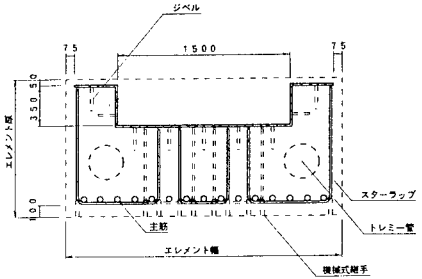


図-3 通水性地中連続壁概要図

4. 壁面洗浄実験

連壁施工の場合、溝壁面に付着形成したマッドケーキが地下水の流況阻害を引き起こす。通常の井戸洗浄方法としては、ジェッティングによる方法が最も効果的とされている。しかし、安定液が浸透した地盤に対する洗浄効果については未解明な部分が多い。そのため、安定液の洗浄方法に関して室内実験を行った。実験装置を図-4に示す。φ 30cm、L=100cmのモールドを使用する。供試体を飽和させた後、透水係数を求め、次に、安定液を加圧浸透させ透水係数を測定する。選定した洗浄条件（表-1）で壁面洗浄を行い、透水性の回復状況を把握する。洗浄は透水性に回復が見られなくなるまで繰り返し行う。地盤作成時の透水係数は 1.70×10^{-3} cm/sec であり、安定液を浸透させた状態では、 1.10×10^{-6} cm/sec と大幅に下がる。地盤の透水性は1回目の洗浄で 10^{-6} cm/sec から 10^{-3} cm/sec まで大きく回復し、3回目以降の洗浄においては変化は見られない。

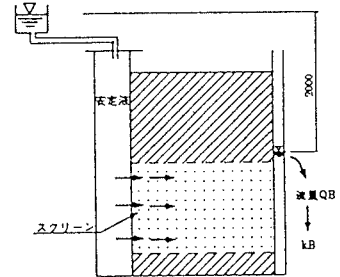


図-4 洗浄実験装置

表-1 ジェッティングによる洗浄条件

ノズル	直径(φ 1.0mm)
スタンドオフ(cm)	5.0
洗浄速度(cm/sec)	0.5
吐出条件(kgf/cm ²)	20.0

5. 通水性地中連続壁の施工

通水ボックスを有するエレメントは、全一般エレメント施工後に行った。通水ボックスの機能が阻害される最大の要因は、連壁の打設コンクリートがボックス側に流入することであり、施工にあたり最も注意した。流入防止として EVA シート並びに軟質ウレタンをボックスの地山側に貼り付ける構造とした（図-5）。またボックスは、架設のために 100mm の余裕代を考慮しているため、コンクリート打設前にジャッキにより押しつける。打設後 pH 測定を行ったが、ボックス内への回り込みは見られなかった。洗浄機は実験で用いたものを 33 本千鳥多段配置したノズルを用いる。ボックス内の隔室に合わせた大きさとし、添接部にも支障をきたさず降下可能で、かつ規定のスタンドオフを保てるようガイドローラーを前・後・左右に設けている。洗浄後の透水係数を算定すると、 $k=1.06 \times 10^{-3}$ cm/sec となる。連壁を施工する前 ($k=1.9 \times 10^{-3}$ cm/sec) と比較するとほぼ同じである。逆洗浄の効果が大きいものと考えられる。洗浄前と洗浄後の通水ボックス内の状況を水中カメラ視察をした結果からも洗浄効果が明らかであった。

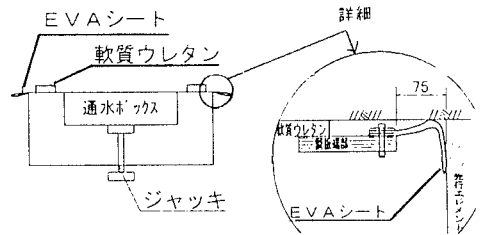


図-5 コンクリート流入防止

6. さいごに

通水性地中連続壁の設計及び試験施工を行った。施工および洗浄については、期待していた結果が得られたので、通水機能の効果についてはトンネル構築後に確認することとし、今後は躯体完成後の機能を維持するための管理方法についても引き続き検討を行っていく予定である。