

地下水流動保全に用いる土留め壁切削通水工法の開発

清水建設(株)技術開発部 西村 晋一

1. はじめに

都市部においては、道路・鉄道などの土木構造物が地下に建設されるケースが増加しており、これに伴い構造物ならびにSMWなどの土留め壁により地下水の流れが遮断される場合がある。この結果、上流側では地下水位の上昇が起こり、下流側では水位の低下が起こる、いわゆる地下水流動阻害現象が生じて周辺地下水の流動系を乱すため、様々な地下水・地盤環境影響が発生する事例が報告されてきている。地下水流動阻害により発生する環境影響の例を図-1に示す。このような背景により、構造物建設後においても地下水の流れを維持するための地下水流動保全対策が求められている。

そこで、地下水流動保全技術として、研磨材スラージェットを応用し、土留め壁の必要な箇所だけにスリット形状の通水孔を設置できる土留め壁切削通水工法を開発した。ここでは、工法の特徴や施工方法を紹介するとともに各種の基本性能の確認試験結果および実際の土留め壁を切削・通水した工事実績について報告するものである。



図-1 地下水流動阻害による環境影響の例

2. 工法の概要

(1) 施工機械と設備

本工法は、土留め壁で通水が必要な所定の箇所・深度において、研磨材スラージェットによりスリット状の通水孔を切削する技術である。主に床付けより下の深層部帯水層における通水を対象として開発したものである。本工法の概要を図-2に示す。従来のオールケーシング工法などの土留め壁破碎・撤去工法では、地上から壁全体を撤去するため、また躯体の構築中は施工できないために工期・工費の増大につながることがあった。これに対し、本工法では土留め壁の通水箇所だけを施工でき、躯体の構築と同時施工が可能となるため工期に影響を及ぼすことがない。その結果、工期が短縮できるとともに工費が10%~20%程度削減できる。また、すでに工事が完了し、残置された既存の地中壁に対しても施工できることを特徴としている。

施工設備を写真-1、写真-2に示す。ボーリングマシン、本工法用特殊高圧ポンプ、研磨材スラリー調整プラントで構成され、狭い敷地でも施工が容易である。

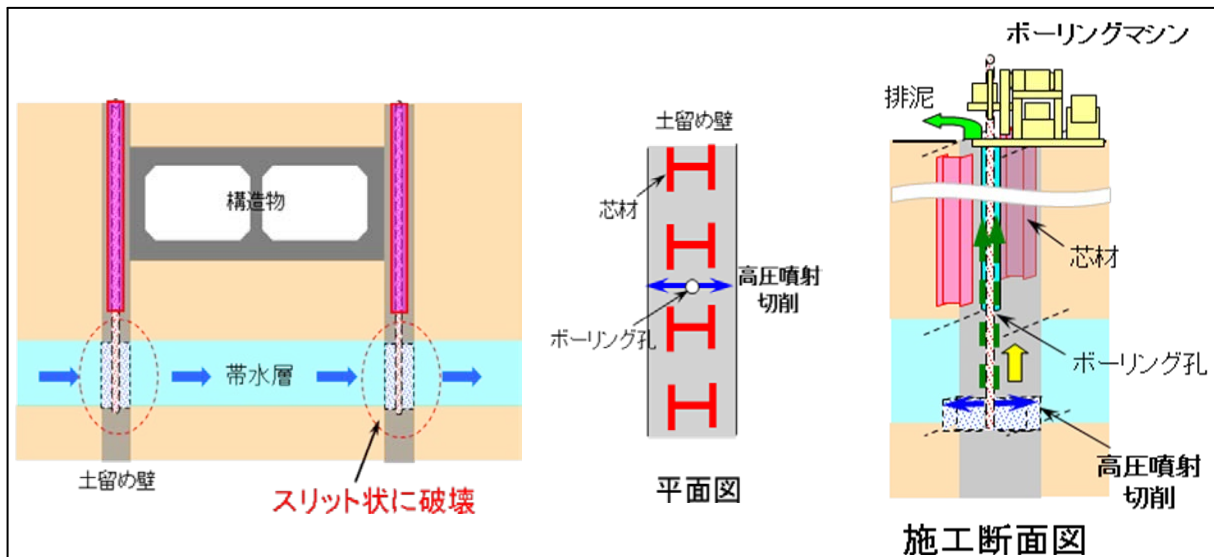


図-2 工法の概要



写真-1 ボーリングマシン



写真-2 高圧ポンプおよび研磨材スラリープラント

(2) 施工手順

図-3 に本工法の施工手順を示す。

①ガイド管設置

通水スリットの設置箇所が事前に決定している場合には、対象となる土留め壁の施工時に、あらかじめガイド管を通水箇所の直上までセットしておく。ガイド管は径 100mm 程度の塩ビ管を使用し、芯材のH鋼などに取り付けて挿入する。ガイド管の先端は蓋で閉じて管内に空間を保つ。

②鉛直削孔

ボーリングマシンによりガイド管（塩ビ管）の中に鉛直削孔用のロッドを挿入したのち、ガイド管下方の所定深さをボーリングマシンにより鉛直削孔する。また、残置された既存の壁など、ガイド管をセットしていない場合には、地上からボーリングマシンで所定の深さまで鉛直削孔する。

③スリット切削

ロッドを引き上げながら、噴射ノズルから研磨材スラリー（アブレシブ）を高圧噴射することによりスリットを切削する。切削したズリは、ガイド管内又はボーリング孔内を上昇して地上に排出される。

④フィルター材の充填

地上からガイド管内にフィルター材（ケイ砂）を水と共に投入し、切削したスリットおよびガイド管内に充填する。

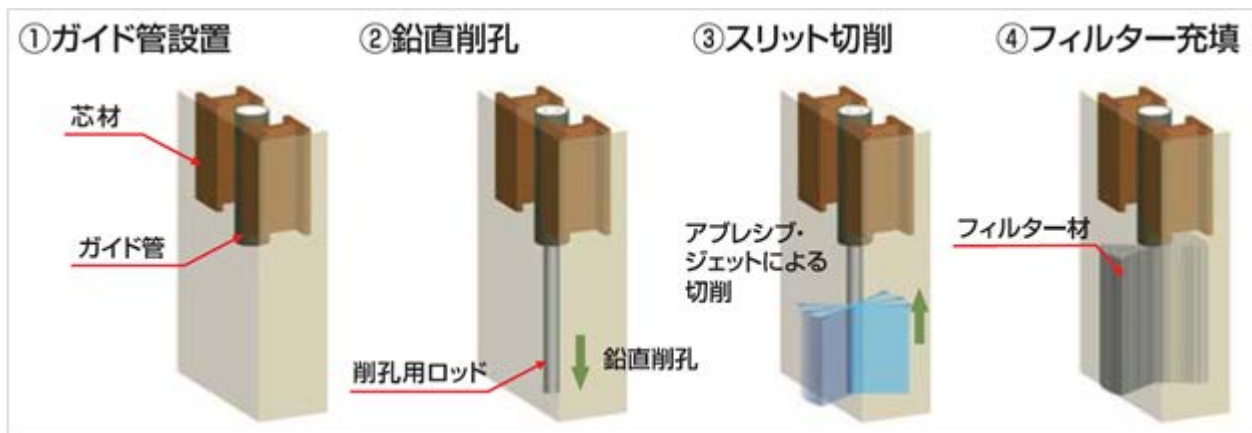


図-3 本工法の施工手順

(3) 工法の特長

本工法の特長は以下のとおりである。

- ①地上から施工するオールケーシング工法などの土留め壁破碎・撤去工法に比べて安価である。
(10%～20%減)
- ②残置された既存の地中壁に対しても施工できる。(この場合、地上から通水孔設置の深さまで鉛直のボーリング削孔を行う)
- ③スラリージェットの研磨材の量を 5 kg/min に増すことでモルタル壁 (圧縮強度 30N/mm²) の削孔も可能である。(ソイルセメント切削の場合の研磨材量は 1 kg/min)
- ④施工機械は小型のため、低騒音・低振動で施工できる。(都市部でメリット大)
- ⑤揚水やエアリフトを用いた通水部の洗浄により、施工後の通水性能維持を確認している。

3. 確認試験

(1) 切削性能確認試験

① 試験方法

本工法の基本的な切削性能を把握するために、ソイルセメント壁を模擬した試験体を用いて切削試験を行った。試験体は地面を深さ 1 m、長さ 4 m、幅 1 m に掘削し、流動化処理土を打設して地中に造成した (写真-3)。試験体の一軸圧縮強度はソイルセメント壁を想定して 2～5N/mm² とした。切削の仕様については、ポンプの吐出圧力は 40MPa で一定、噴射流量は 50, 100L/min の 2 ケースとし、ノズルの引き上げステップの間隔は 25mm、1 ステップ毎の噴射時間は 30 秒を基本とした。またスリットの幅を広げるために噴射の向きを 10 度ずつ片側 3 方向に回転させた仕様 (放射切削) も実施し、スリット幅の確認を行った。



写真-3 切削試験状況

② 試験結果

図-4 は試験体強度と切削距離の関係を示したものである。噴射流量が 50L/min では切削距離は強度に関わらず約 20cm 程度となる。100 L/min では切削距離は 42～35cm と強度増加にともない減少するものの 50L/min の場合の約 2 倍となる。この結果から実施工における切削距離 35cm 以上を確保するためには、噴射流量は 100 L/min を要することがわかった。写真-4 は幅 1 m の試験体の貫通状況であるが、ガイド孔を 2 箇所 に設けて計 4 回の噴射により貫通できることを確認した。

なお、1ステップ毎の噴射時間は30秒以上でも切削距離に有意な差がないため、実施工での噴射時間は30秒とする。

図-5に試験体強度と切削スリット幅の関係を示す。強度が2～5N/mm²の範囲でのスリット幅は、一方向直線切削で約30mm、放射切削で約250mmとほぼ一定になっている(写真-4, 写真-5)。また、別に行った切削試験の結果によると、0.6N/mm²の低強度の場合は放射切削により約500mmのスリット幅に開口できることを確認した(写真-6)。

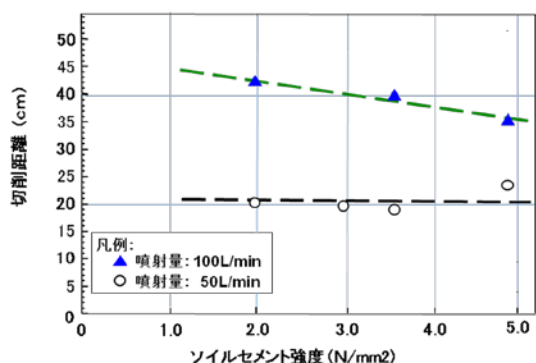


図-4 ソイルセメント強度と切削距離の関係

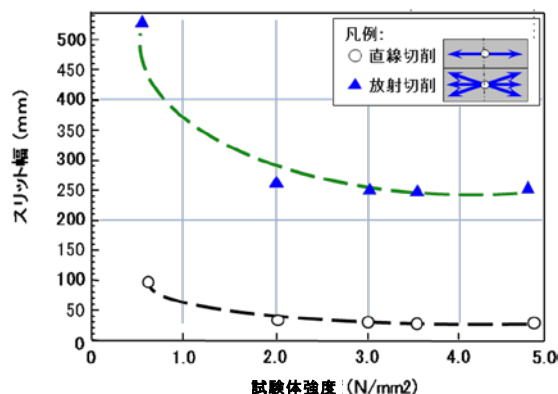


図-5 ソイルセメント強度とスリット幅の関係

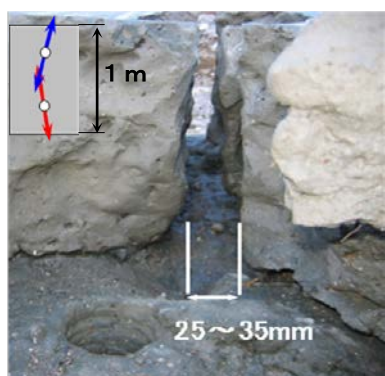


写真-4 切削スリット(1方向)



写真-5 切削スリット(放射)



写真-6 切削スリット
(放射, 0.6N/mm²)

(2) 施工確認試験

① 試験方法

実際のソイルセメント土留め壁の一部を切削する施工試験を行った(写真-7, 図-6)。壁の厚さは1.3m、強度は約1N/mm²、施工箇所の深度は18mであり、スリットの鉛直方向長さは50cm、噴射流量は100 L/minの仕様で切削した。ガイド孔となる塩ビ管(VP125)2本は壁の施工時に設置した。本試験では①一方向切削によるスリット幅の目視確認、②放射切削により貫通したスリット内の流水の確認を目的とした。また、孔内カメラをガイド管に挿入して、スリットの状況および地下水流動の目視確認を行った。



写真-7 施工確認試験状況

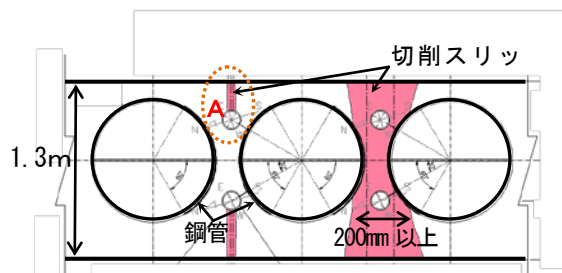


図-6 施工確認試験 土留め壁平面図

② 試験結果

写真-8 は一方向切削スリットを孔内カメラで撮影したものである。幅は 31～67mm(平均 44mm)で切削できることを確認した。また、放射切削によるスリット幅は 200 mm 以上であること、2本のガイド孔からの両側切削で壁を貫通できること、さらに地下水が流動することを孔内カメラにより確認した。

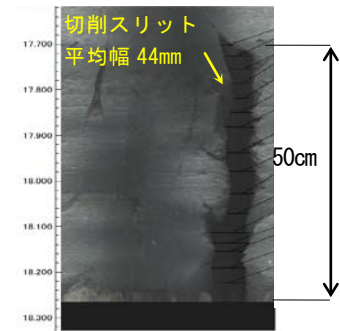


写真-8 切削スリット
(孔内カメラによる)

4. 工事実績

「小田急世田谷代田地下化工事」の土留め壁において本工法による工事を行った。本工事の計画では、開削の土留め壁による地下水の流動阻害の対策が求められているため、両側の土留め壁に本工法で通水スリットを設けたのち、径 100mm の通水管で連結して地下水を流動させるものである。

今回の工事においては、対象となる帯水層が躯体に阻害される深度にあることから、地下水を通すためには、上流側と下流側の土留め壁に施工した通水スリット間を管で連結する必要がある。そこで箱型の集水装置と通水管を用いた通水対策を立案した。図-7 に通水対策設備概要、図-8 に集水装置詳細を示す。通水管は、構造物の上部を通すルートと下部を通すルートのどちらかを選択することになる。本工事では初めに上部ルートで、次に下部ルートでそれぞれ実施した。

施工手順は、まず帯水層がある深度の土留壁内側に鉄製の箱を取り付け、その位置の土留め壁をスリット状に切削し、貫通させる。帯水層の水が箱内部に流入し、その水は通水管を介して上流側から下流側へと流水する。スリットの切削は、深度方向には帯水層厚に相当する 1 m 長さとし、噴射の向きを 10 度ずつ片側 3 方向に回転させた放射切削仕様で行った。図-9 に切削平面図、写真-9 に集水装置を示す。通水管は 30m に 1 箇所全 6 箇所であるが、今回はそのうちの 1 箇所を先行して施工した。

以上の工事実績の結果、厚さ 0.8m のソイルセメント壁を貫通して通水孔を施工できること、また通水設備により上流側から下流側に流水できることを確認した。現場周辺は降雨または工事に伴う種々の要因により地下水位変動しているため、水位差がなく流水しない期間もあるが、上下流の水位差は 40cm 減少し、通水量は最大で 2.5 L/min を確認している。今後、集水装置部の目詰まり

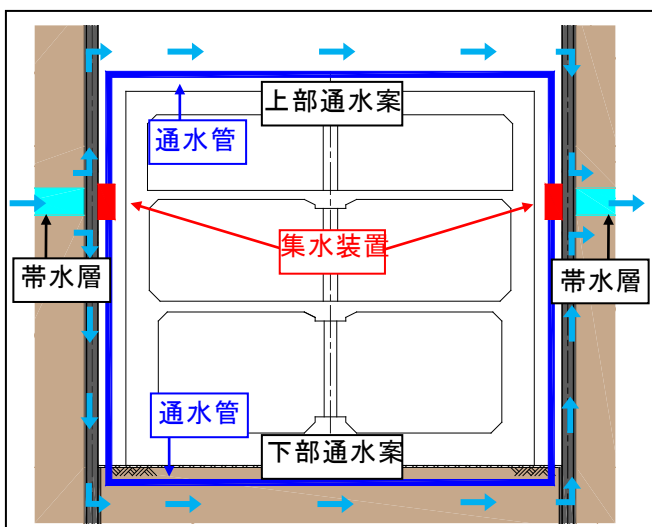


図-7 通水対策設備概要

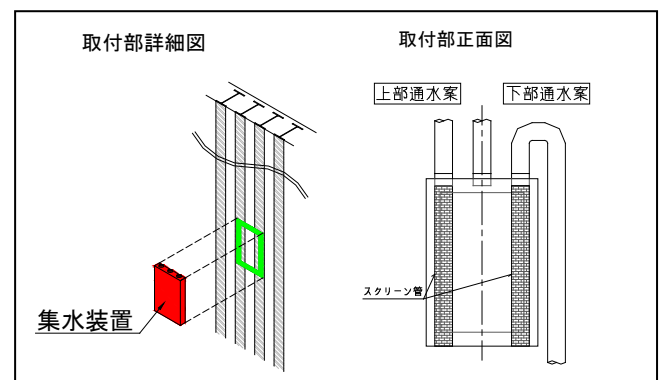


図-8 集水装置詳細

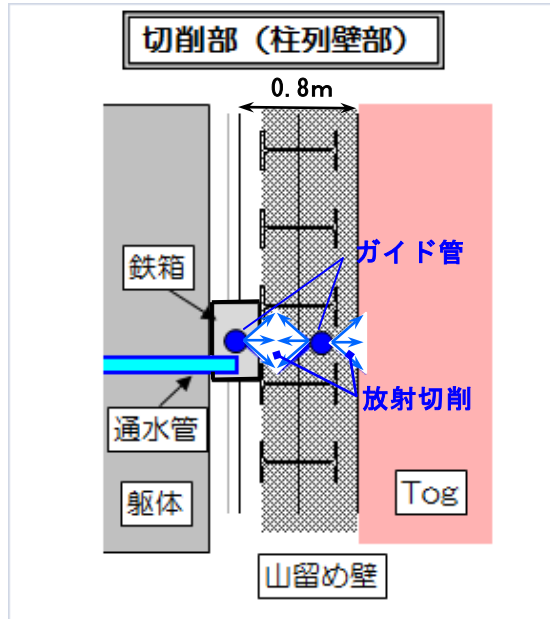


図-9 切削平面図



写真-9 集水装置

により通水不全が発生することもあると考えられる。この場合は、ガイド管を利用して地上から逆水流などで洗浄を行って対処することになっている。

5. おわりに

今回行った切削性能確認試験の結果、本工法の基礎的な切削性能を把握した。また、施工確認試験の結果、ソイルセメント土留め壁の深部において切削スリットの施工及び地下水が流動することを確認した。さらに、工事实績により浅層部の帯水層にも対応できることが確認できた。

これらの試験の成果及び工事实績を踏まえ、今後は浅層部、深層部双方の地下水保全に提案できる技術として本工法を広く展開していく所存である。