

22. スライドゲートの開発と実用化

(地盤改良を不要としたスライドゲートによるシールドの発進到達)

佐藤工業：早川 淳一、小野 崇

J F E 建材：佐藤 修一

1. はじめに

スライドゲートは、従来のシールドや推進の発進・到達防護工である地盤改良や鏡切り作業を行わない、新しい発進・到達工法である。近年のトンネルの工事は、地下埋設物の輻輳化やそれに伴うトンネルの大深度化の傾向が増えてきており、地上部においても、立坑用地の確保が困難なことから道路上に立坑を設ける結果となり、多くの制約条件が発生している。そのため、地上から行う地盤改良の施工精度や品質の確保が困難な状況となり、コストが増大するケースが増えてきた。このような背景を踏まえて、厳しい条件下でも効率的で安全に発進・到達が可能なスライドゲートを開発した。本報告は、スライドゲートの開発とシールド到達の施工事例について報告するものである。

2. 工法の概要

ケーソン工法（アーバンリング工法など）の立坑の土留め壁に、工場で作成したゲートを内包したスライドゲートユニット（以下ユニットと称する）を組み込み、所定の深さまで沈設させる。シールドの発進に使用する場合は、ユニットにエントランスを取付け、鏡きり作業を行わずにゲートを引上げ作業のみでシールドの発進ができる。また、到達の場合は高濃度泥水で満たされたエントランスに、ゲートを引上げ作業のみでシールドの到達が可能な工法である。

3. 工法の特長

スライドゲートの特長は以下の通りである。

(1) コストの縮減

発進・到達の防護工を必要としないためコストの縮減が図れる。

(2) 工期の短縮

地盤改良工及び付帯工が省略できるため工期の短縮が図れる。

(3) 環境負荷の低減

地盤改良工の省略に伴い、産業廃棄物が発生しないため環境負荷が低減する。

(4) 信頼性の向上

鏡切り作業を行わないため、開口部が開放状態にならず地山安定に高い信頼性がある。

(5) 作業の簡素化

ゲートユニットを工場で作成するため、現場の作業が簡素化される。

4. 工法の手順

シールドの発進および到達手順を従来の方法と比較した概要図を図-1~4 に示す。さらに、詳細なシールドの到達手順は以下の通りである。

- ① ユニートを内包したアーバンリングを所定の位置まで沈設する。
- ② 閉塞版付きエントランスをユニット前面に設置し、内部を高濃度泥水で充填させ、外部と同程度まで加圧する。
- ③ シールドをゲート手前まで掘進して停止する。
- ④ ゲートを引上げながら高濃度泥水を補足注入し、圧力を保持する。
- ⑤ シールドをエントランス内へ推進させ、パッキンを加圧してシールドに密着させる。
- ⑥ パッキンと閉塞版の間の高濃度泥水を排出し、閉塞版を撤去する。
- ⑦ ユニット内の高濃度泥水を裏込め材に置換して止水壁を形成する。
- ⑧ エントランスを撤去し、ユニット開口部とシールドのクリアランスを鉄板等で溶接し止水する。

⑨ ゲート及び所定の位置までマシンを撤去する。

[シールド発進]

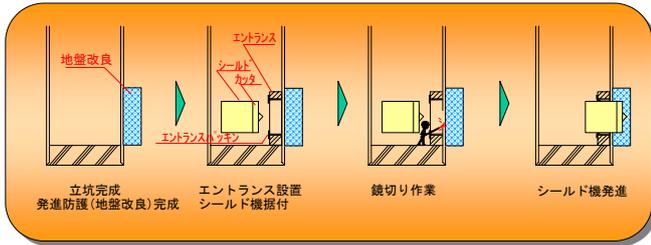


図-1. 従来工法

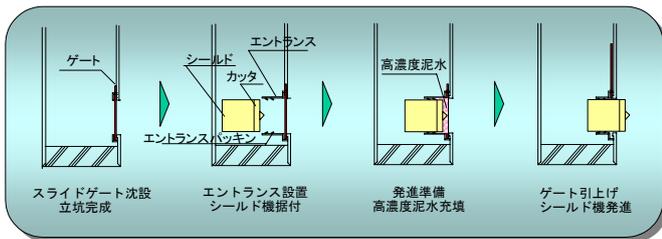


図-2. スライドゲート

[シールド到達]

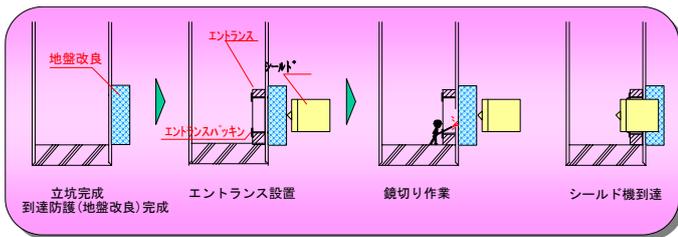


図-3. 従来工法

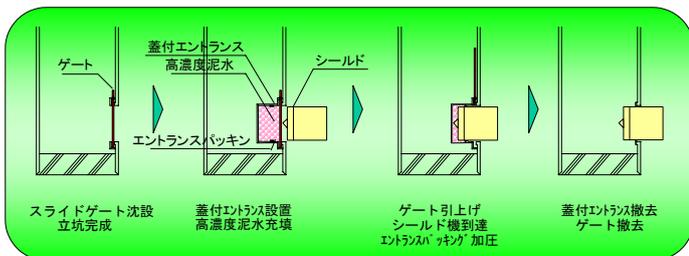


図-4. スライドゲート

5. 施工事例

5-1. 工事概要

本工法は、東京都下水道局発注の台東区池之端三、四丁目付近再構築工事の2期工事にて、VE提案によりシールド到達に採用された。その工事概要については以下の通りである。

(1) シールド工事

- ・ 工 法 泥土圧シールド
- ・ 路 線 延 長 1,110m
- ・ シールド外径 $\phi 2,490$ mm
- ・ 仕上がり内径 $\phi 1,650$ mm

(2) 到達立坑工事

- ・ 工 法 アーバンリング工法
- ・ 立 坑 外 径 $\phi 4,308$ mm
- ・ 立 坑 内 径 $\phi 4,000$ mm
- ・ 沈 設 長 22.94m

5-2. 土質条件

到達箇所土質は、東京層砂質土層 (Tos) で、粗砂を多量に混入し、所々に粘土を薄く挟み、含水はやや多い土質である。N値は30~50以上で<密な~非常に密>な相対密度を示しており、地下水位はGL-10.67m、シールド到達位置の土被りは17.26mである。

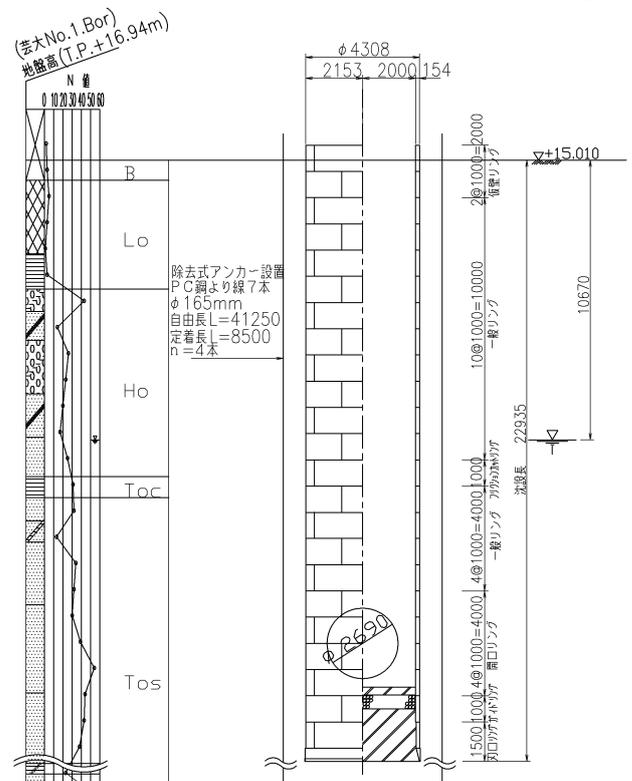


図-5. 到達立坑土質柱状図

5-3. VE提案

東京都下水道局発注工事では、契約後1回のVE提案が推奨されている。本工事では、図-6に示す高圧噴射攪拌工法と薬液注入工の併用による到達防護を、スライドゲートへ変更する事を提案し、採用された。採用の理由としては、地盤改良工の工期短縮、環境負荷の低減、コスト削減の効果が認められた結果であった。

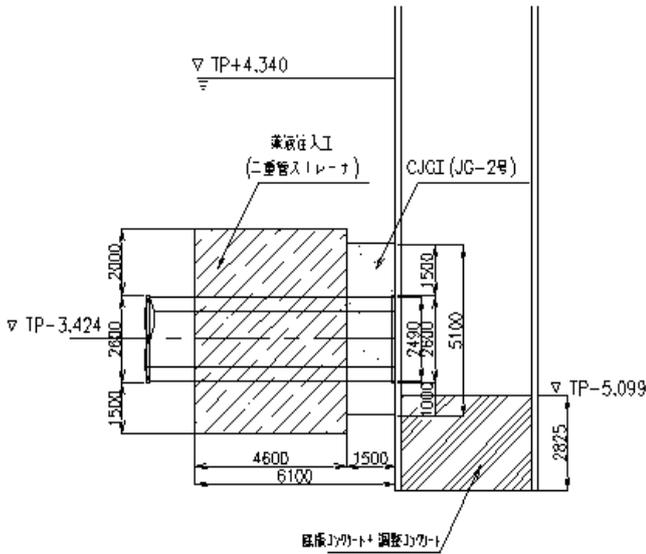


図-6. 設計到達防護図

5-4. スライドゲート構造

シールド外径φ2,490 mmに対し、周囲100 mmのクリアランスを確保して、立坑開口部をφ2,690 mmに決定した。この開口部を閉鎖できるゲートを内包し、開口部補強構造およびアーバンリング1リング当りの幅を考慮して、ユニット全体寸法をW5,016 mm×H4,000 mm×t202 mmとした。

(1) スライドゲートユニット

スライドゲートユニットは、ゲート背面から漏水を防止する背面パッキン止水構造、ゲート引上げ時、上部からの漏水を防止するゲートパッキン止水構造、ゲート背面の土圧水圧に対抗するゲート及びゲート支持構造、開口部の欠円を補強する開口補強構造から構成されている。

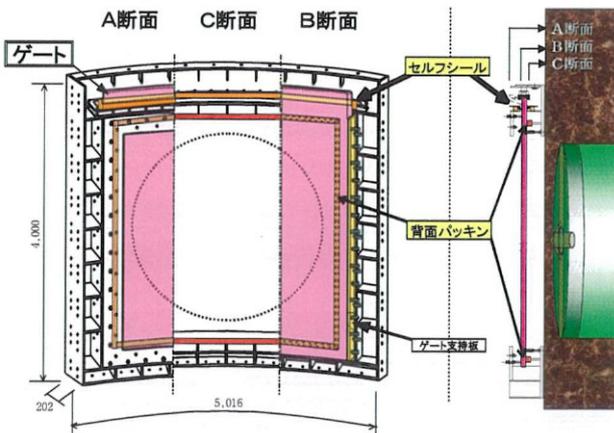


図-7. スライドゲートユニット詳細図

(2) エントランス

鋼製のエントランスの内面には、エントランスパッキンを設置した(図-8 参照)。パッキンは、鉄板入りの止水シールと補助ゴム膜の二重構造とし、補助ゴム膜に水圧をかけて膨張させ、止水シールをシールドに密着させて止水する構造である(図-9~10 参照)。



図-8. エントランス外観図

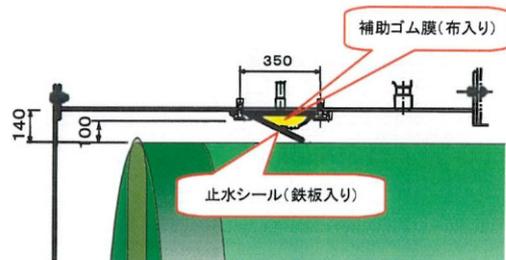


図-9. エントランス詳細図

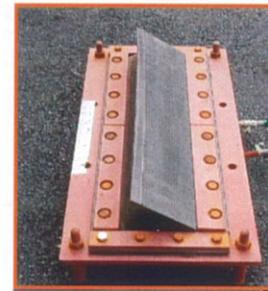


図-10. エントランスパッキン詳細図

5-5. 到達作業時の留意点

(1) 高濃度泥水注入

シールド掘進に伴う土圧がゲートに掛かり始めるまでにエントランス内(8.3m³)に注入し、さらにゲート引上げによる圧力低下を防止するため、ゲート体積分の高濃度泥水の補足注入を行い、注入時は圧力計で確認しながら切羽の土水圧に抵抗できる圧力0.2Mpaまで加圧を行った。表-1に高濃度泥水の配合表を示す。標準配合は、クリーンバック助材の添加量は170kg/m³だが、

今回は土質状況により約半分の $80\text{kg}/\text{m}^3$ とした。

表一 1. 高濃度泥水配合表

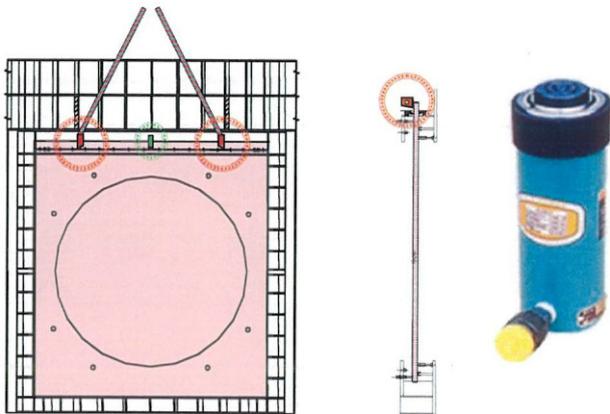
(1 m³当り)

A液		B液
クリーンバック助材	水	クリーンバック急硬剤
80 (kg)	859 (L)	110 (L)

(2)ゲート引上げ

ゲート引上げには、地上に配置したクレーンを使用した。また、ゲートの競りやフリクションによってゲート引上げ初期に大きな揚力が必要になった場合を想定し、**図-11** に示すゲートの縁切りを目的とした引抜き装置を吊り治具上部へ2基取り付けた。

引抜き装置には、揚力 230kN でストローク 100mm のジャッキを使用し、ジャッキが伸びることによって上部の鋼材を持ち上げ、この鋼材とゲートが連結されており、ゲートも同時に上がっていく構造とした。



図一 11. ゲート詳細図及び引抜き装置

(3)シールドとユニット開口部のクリアランス

本工事では人孔の構築との関係でエントランスを撤去するために、ユニット開口部とシールドとのクリアランスは地山部分となり、従来工法の地盤改良を行わないことから、土砂や地下水の流出が懸念された。このクリアランスを完全な止水壁とするため、裏込め注入を行った。シールドが所定の位置に到達後、パッキンを加圧して止水し、さらにユニット最下部に設置したバルブから裏込めを注入し、打ちあがりに併せて高

濃度泥水を排出した。注入完了後、エントランスを撤去し、裏込めに置換されたクリアランス部分に鉄板を溶接して完全に地山と仕切る構造にした (**図-12**)。



図一 12. 裏込め充填及び止水鉄板溶接

6. シールドの到達状況

シールドをゲート手前 30cm まで掘進し、エントランス内の内圧と土圧・水压の外圧が均衡するよう圧力管理を行いながらゲートを引上げた。シールドは、スライドゲートユニット開口部とのクリアランスが 100mm あったが、許容範囲内でエントランス内に到達し、漏水も無く、工事が完了した。



図一 13. シールド到達

7. おわりに

都市部では地下埋設物の輻輳化、トンネルの大深度化はますます進行し、地方部においても、多大な地盤改良を要する箇所や狭隘な作業条件などによって、地盤改良が困難化すると想定される。このような施工条件のあらゆる工事において、工期短縮・コスト削減を求められているなか、安全、施工、コスト、環境に極めて有効な工法であり、今後さらに展開していく考えである。