

オープンシールド工法



オープンシールド機

オープンシールド協会

オープンシールド工法

オープンシールド工法（NOS）は、従来の開削工法やシールド工法に代わる施工方法で、函渠・開渠を地中に埋設する特許工法です。

主に市街地・近接施工・硬軟地盤・地下水のある地盤等を中心に、安全性はもとより経済性と環境に配慮した工法です。

平成30年度末現在で1,041件の施工実績を重ねています。

施工方法により次の4つのタイプがあります。

函体反力型	裏込注入タイプ	（NOSⅠ型）
	裏込注入なしタイプ	（NOSⅡ型）
元押し推進型	推進タイプ	（NOSⅢ型）
函体非反力型	自走タイプ	（NOSⅣ型）

旧NETIS登録番号
KT-990261-A

オープンシールド工法の特長

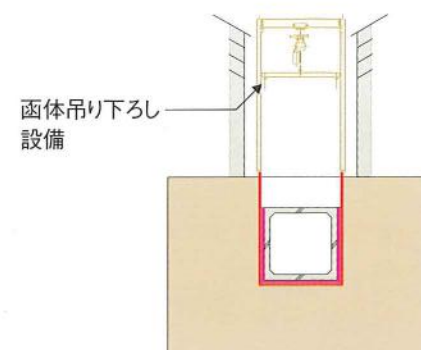
- 1 急曲線施工が可能
- 2 家屋などに近接施工が可能
- 3 軟弱地盤、帯水層でも施工可能
- 4 シールド機上部は開放可能
- 5 騒音、震動が少ない
- 6 施工幅が小さいため、建設残土が少なく環境に優しい
- 7 地下埋設物の下を通過可能
- 8 既設水路の改築施工が可能
- 9 施工帯が移動し、周辺住民への迷惑度が少ない
- 10 シールド機は地中残置可能
- 11 安全で経済的
- 12 根入れが不要

※補助工法併用の場合もあります。

厳しい施工条件でも施工を可能にします

狭隘（狭い）箇所

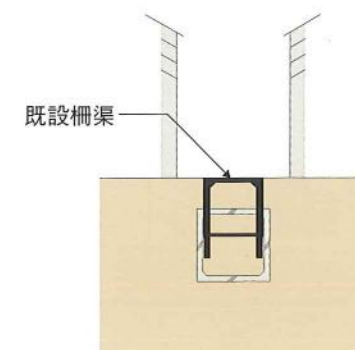
施工幅が小さいため、両側が民家などにより挟まれた狭隘な箇所の施工が可能になります。



- 家屋への影響が予想される時、敷設する函体の両側部及び底部に裏込注入材を注入充填するため、周辺への影響を最小限に抑えることができます。
- 施工場所が狭隘で函体吊下し重機（クレーン）の進入、旋回やアウトリガーの張り出しが困難な場所ではシールド機上に函体吊り下ろし設備を載置して施工することが可能になります。

既設水路改築

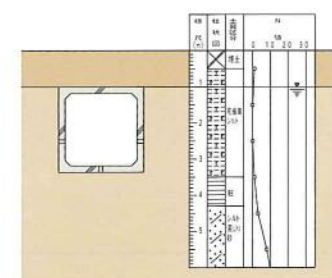
既設水路改築施工において、降雨による増水時対応や重機配置が困難な箇所にも対応可能になります。



- 開水路の改築においてはシールド機上に重機載置が可能のため、重機配置のために水路を埋め戻したり、仮設の作業構台を設ける必要がありません。
- 降雨による増水時に堰を越えてきた水をシールド機内に通水させて、敷設済みの函体内に放流することが可能になります。（施工時はシールド機前方で水を堰き止めた状態で施工します。）

軟弱地盤・帯水層

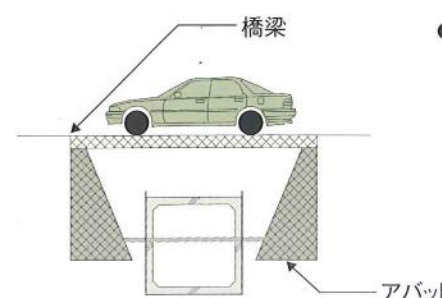
施工現場における地盤が軟弱であったり、地下水位の高い帯水層であっても施工可能になります。



- シールド機は全面底板を有しているため、土留めとなるシールド機が沈下しにくい構造であるとともに、この底板によってボイリング、ヒーピングなどを防止します。
- 敷設する函体の両側部及び底部に充填される裏込注入材によって、シールド機後方からの地下水の流入を防止し、切羽部には機内と仕切るための隔壁があり、機外と機内を分離できるので、ドライな状態で函体敷設作業が可能になります。

構造物下越し

敷設函体上部に、橋梁などの障害物がある箇所の横断・下越し施工が可能になります。

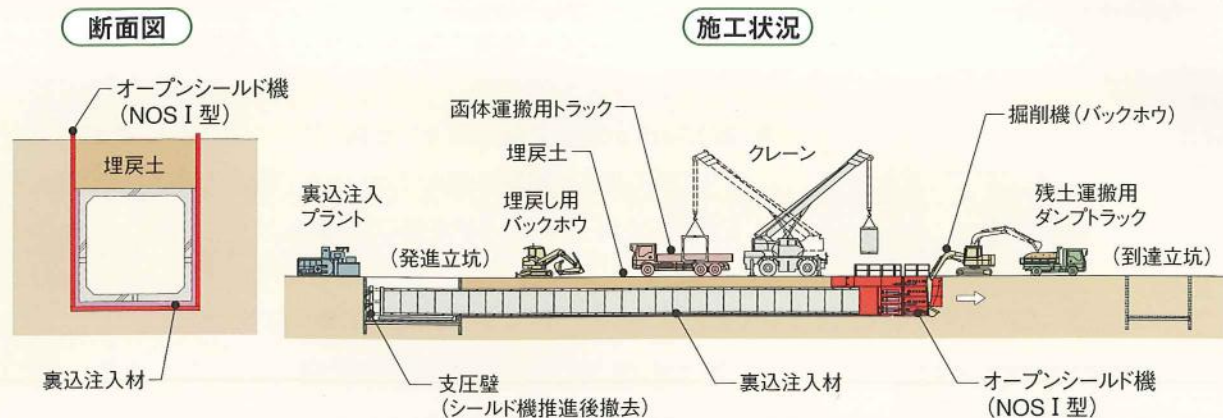


- 敷設函体の上部に障害物がある場合、推進タイプ（NOSⅢ型）によって構造物の下を通過する下越し・通過施工が可能になり、橋梁などの下部に函体を敷設する場合、橋梁などの架け替え工事が不要で道路交通に対して影響が発生しません。

基本タイプの分類と概要

裏込注入タイプ (NOSⅠ型)

据付函体と地山の空隙部に、裏込注入材を充填しながら掘進します。

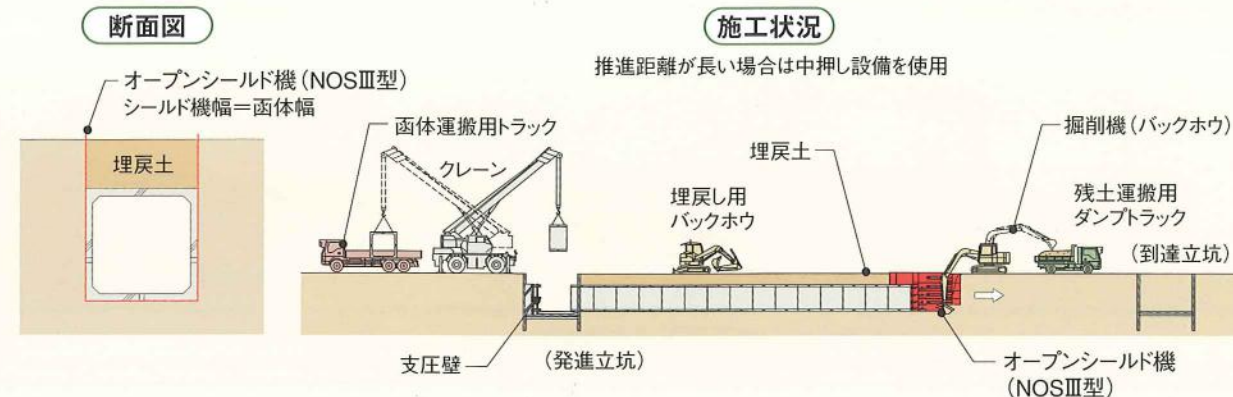


概要

上部開放型のオープンシールド機を使用し、地上のバックホウで掘削、函体は地上からクレーンで据付け、函体上部を直ちに埋戻し、シールド機の推進は敷設した函体を反力にしてシールドジャッキにより推進します。
以上の工程を繰り返して函体を敷設します。
函体の両側部及び底部の3方向のテールボイドに裏込注入材を充填します。

推進タイプ (NOSⅢ型)

発進部に函体を据付け、元押し設備にて推進します。

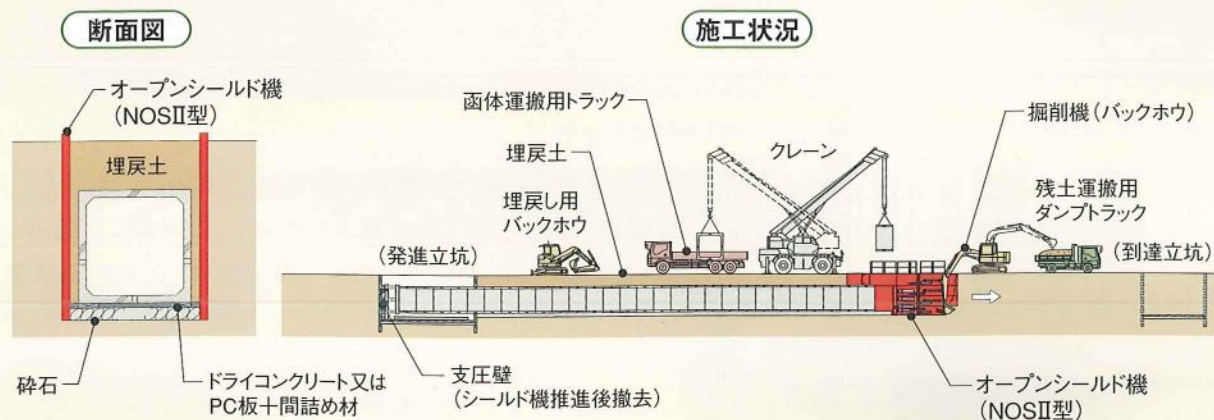


概要

上部開放型のオープンシールド機（推進タイプ）を使用し、地上のバックホウで掘削、函体は発進部に地上からクレーンで据付け、函体上部を直ちに埋戻し、シールド機の推進はシールドジャッキにより掘進し、函体は発進部に設置された元押しジャッキにより推進します。以上の工程を繰り返して函体を敷設します。推進延長が長い場合は中押し設備を設けます。
シールド機幅と函体の外幅は同じとなるためテールボイドは発生しません。
推進時は函周部に滑材を注入し、推進完了時には裏込注入材を函周部に注入します。

裏込注入なしタイプ (NOSⅡ型)

据付函体と側面地山の空隙部は土砂等で埋戻しを行いながら掘進します。

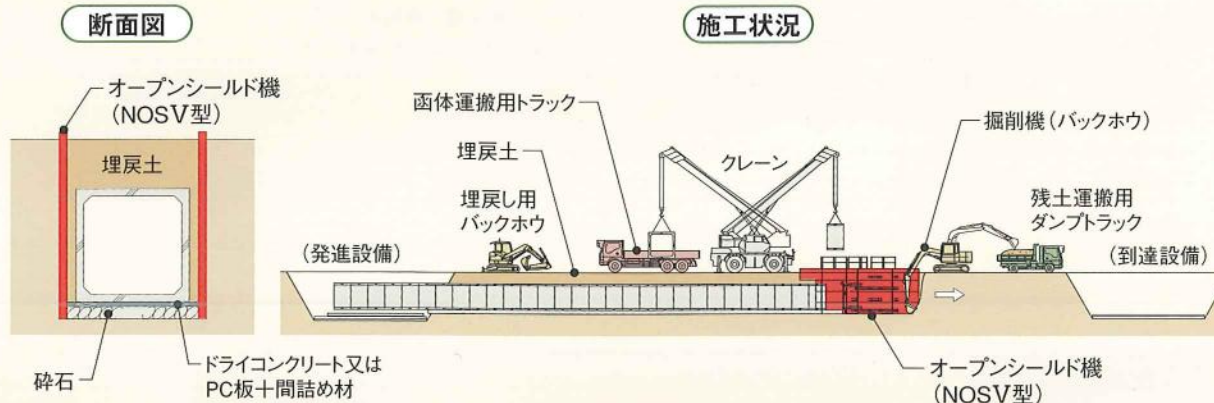


概要

上部開放型のオープンシールド機を使用し、地上のバックホウで掘削、函体は地上からクレーンで据付け、函体上部及び側部は直ちに埋戻し、シールド機は敷設した函体を反力にしてシールドジャッキにより推進します。
以上の工程を繰り返して函体を敷設します。
函体基礎部は砕石及び、ドライコンクリート又はPC板+間詰め材で構成されます。

自走タイプ (NOSⅤ型)

シールド機は地山との周面摩擦を反力として掘進します。

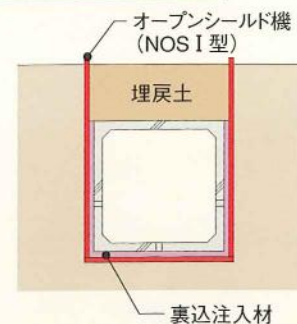


概要

上部開放型のオープンシールド機を使用し、地上のバックホウで掘削、函体は地上からクレーンで据付け、函体上部及び側部は直ちに埋戻し、シールド機は地山との周面摩擦抵抗を反力とした自走システムにより推進します。
シールド機は前後3ブロック分割構造を標準とし、1つのブロックが前進する際には残りの2ブロックの自重及び周面摩擦抵抗を反力とする事により、敷設構造物に反力を取らずに施工可能となります。
函体基礎部は砕石及び、ドライコンクリート又はPC板+間詰め材で構成されます。

基本タイプの適用範囲

裏込注入タイプ (NOS I 型)

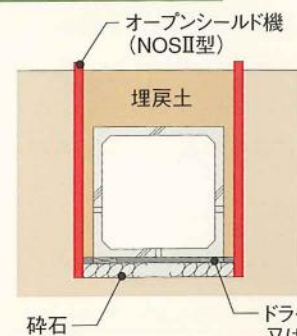


- 適用可能な施工条件
 - ①必要なシールド機の施工の幅が確保できる場所。
 - ②家屋や道路施設構造物等の重要構造物に近接している箇所での函体敷設。
 - ③柵渠や、既設水路を改築しながらの函体敷設。
 - ④開削による土留めの打込みや、引抜きが周辺条件により物理的に施工上困難な場合。また周辺への影響が大きいと想定される場合。
- 適用可能な土質条件
 - ①粘性土・シルト・砂質土・硬質土等。

曲線	周辺・地盤への影響	水路改築への対応	土質・地下水			
			粘性土	砂質土	礫質土	地下水
○	○	○	○	○	○	○

※補助工法が必要な場合もあります。

裏込注入なしタイプ (NOS II 型)



- 適用可能な施工条件
 - ①必要なシールド機の施工の幅が取れる場所。
 - ②近接構造物や埋設物の無い箇所。
- 適用可能な土質条件
 - ①地盤が自立性を持つ。
 - ②地下水の影響が少ない箇所。

曲線	周辺・地盤への影響	水路改築への対応	土質・地下水			
			粘性土	砂質土	礫質土	地下水
※○	△	○	○	△	○	※△

※補助工法が必要な場合もあります。

推進タイプ (NOS III 型)

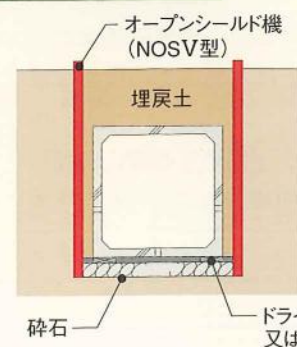


- 適用可能な施工条件
 - ①必要なシールド機の施工の幅が取れる場所。(シールド機性能はI型と同等。)
 - ②施工幅が、敷設函体と同じことから狭隘地(家屋近接箇所、狭隘水路等)。
 - ③上空制限のある施工箇所(高圧線、橋梁等)。
 - ④施工線形は直線で、延長は150m以下が望ましい。
- 適用可能な土質条件
 - ①粘性土・シルト・砂質土・硬質土等。

曲線	周辺・地盤への影響	水路改築への対応	土質・地下水			
			粘性土	砂質土	礫質土	地下水
×	○	○	○	○	○	※○

※補助工法が必要な場合もあります。

自走タイプ (NOS V 型)



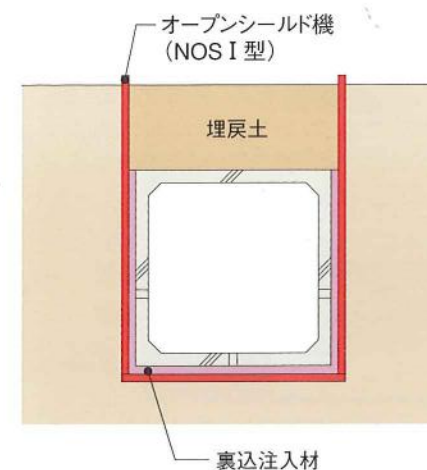
- 適用可能な施工条件
 - ①必要なシールド機の施工の幅が取れる場所。
 - ②近接構造物や埋設物の無い箇所。
- 適用可能な土質条件
 - ①原則として地盤の良い箇所。
 - ②地下水の影響が少ない箇所、又は補助工法併用可能な箇所。

曲線	周辺・地盤への影響	水路改築への対応	土質・地下水			
			粘性土	砂質土	礫質土	地下水
△	△	△	○	△	△	※△

※補助工法が必要な場合もあります。

裏込注入タイプ (NOS I 型)

断面図



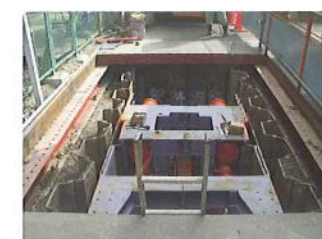
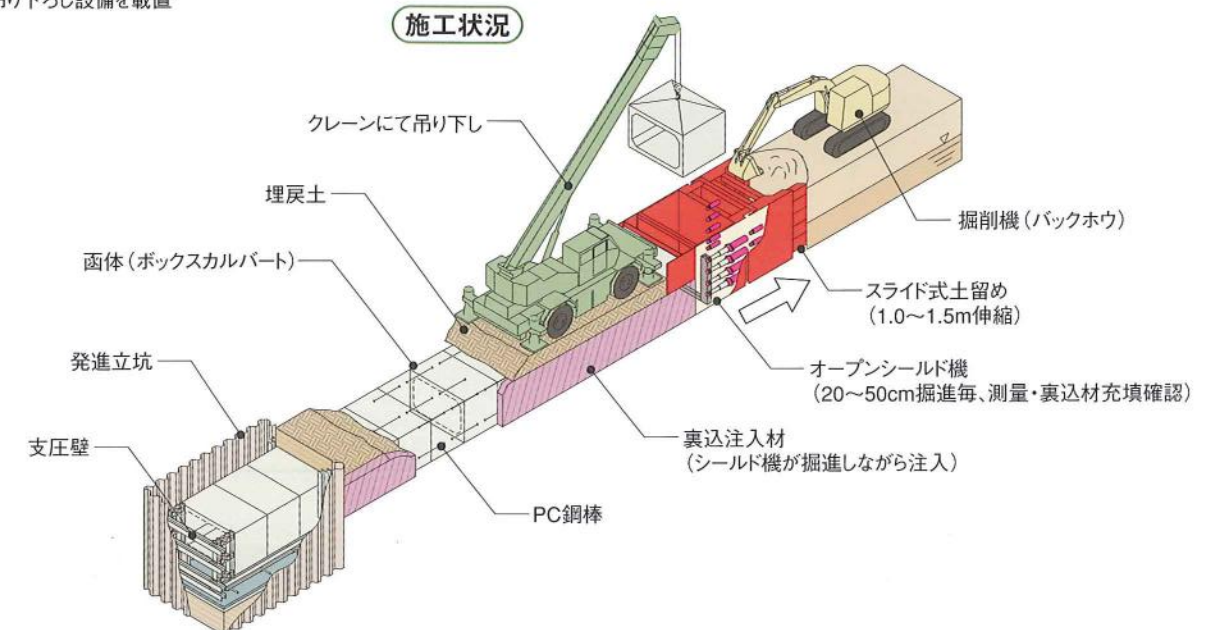
▲クレーンの進入ができない場所では、シールド機に函体吊り下ろし設備を載置

特長

- ①シールド機幅が施工幅となり、開削工法(鋼矢板工法)と比較し小さく、狭隘箇所での施工が可能になります。(函体外幅+約36cmから)
- ②函体側部及び底部の空隙への裏込注入材の充填は、即時行われる為**周辺への影響が少なくなります。**
- ③仮設鋼矢板打込みのような床付け面下の**根入れが無く**、現地盤を乱さず施工が可能のため敷設函体の沈下などに対して有効となります。
- ④シールド機に**底板・隔壁**を有していることから、軟弱地盤・帯水層等の施工が可能になります。
- ⑤油圧ジャッキによる掘進の為、**騒音及び震動が少なくなります。**
- ⑥シールド機上に**函体吊り下ろし設備**を載置することにより、クレーンの旋回が必要ありません。
- ⑦シールド機の切羽隔壁は、排水ゲートを有しており**降雨・増水時にはシールド機内の通水(排水)が可能になります。**
- ⑧シールド機は**中折れ構造**であることから、**曲線施工が可能**になります。
- ⑨シールド機上を覆工し、作業時間外は**路面開放が可能**になります。

※補助工法が必要な場合もあります。

施工状況



▲発進立坑内に組立てたオープンシールド機 (NOS I 型)



▲敷設済み函体上部は直ちに埋戻し、交通開放



▲函体縦締用PC鋼棒緊結状況



▲裏込注入状況

裏込注入タイプ用オープンシールド機

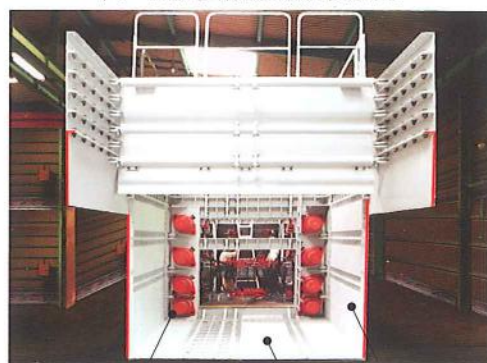
オープンシールド機が多機能構造が、様々な施工条件をクリア。

▼オープンシールド機(NOSI型)(切羽掘削部):前方から

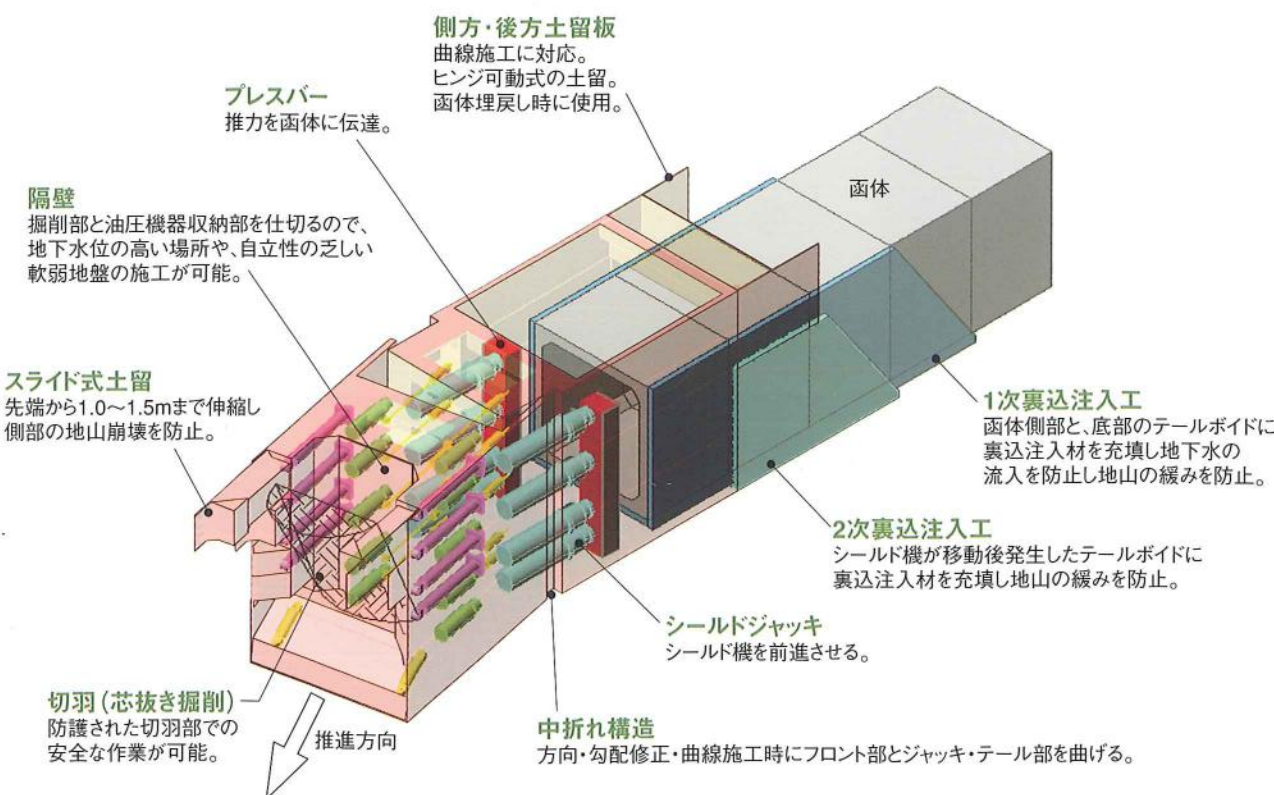


スライド式土留 隔壁

▼テール部(函体据付部):後方から



シールドジャッキ 底板 側板



排水ゲート

既設水路改築時や多量降雨時などに直接函体内へ放流。
施工条件によって上下スライド式や開口部を設ける場合もある。

▼隔壁



▼施工中のオープンシールド機(NOSI型)



※本図のオープンシールド機は標準的な装備です。
施工状況に合わせて、装備は変化します。

NOSI型による裏込注入システム

概要

オープンシールド機テール部に函体を据付後、裏込注入材を用いて函体とシールド機のテールクリアランスに、1次注入を行います。

シールド機掘進に伴って生じるテールボイド(シールド機側部材・底部材厚相当分)も、掘進と同時に、2次注入を行います。

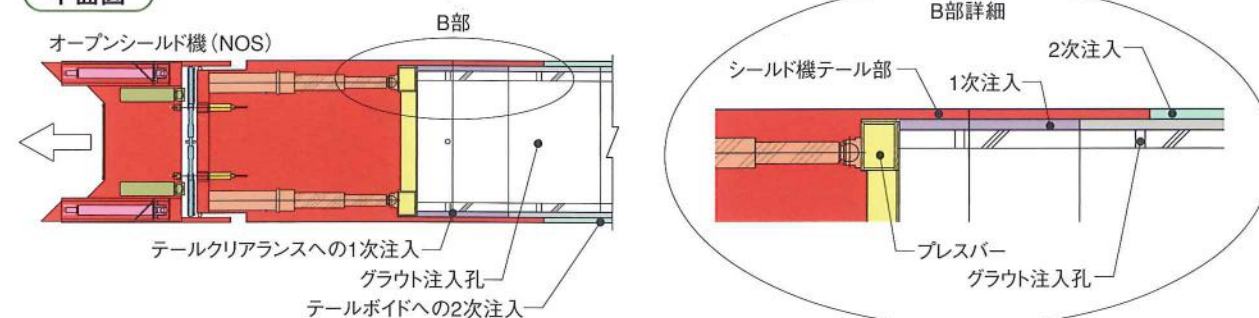
このように1次注入及び2次注入を行うこと、また下図に示すようにオープンシールド機に底板があることにより、以下の特長を有しています。

- ・テールボイドへの2次注入により、側部地山をほとんど緩めないで家屋等に近接した施工に有効です。
- ・充填された注入材は早期に強度を発現します。
- ・地下水の有る地盤でも安全に函体を敷設することが可能になります。
- ・敷設した函体上部は速やかに埋戻しを行うので、仮復旧・路面開放が可能になります。

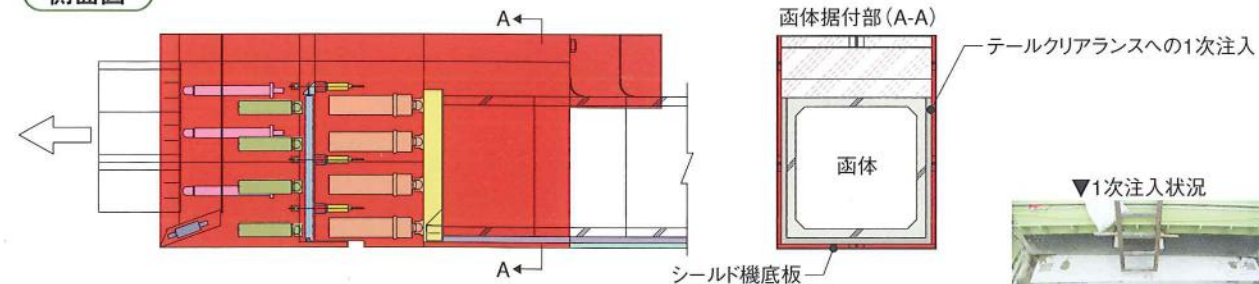
裏込注入材の特性

- ・裏込注入材は可塑状態で、注入ポンプによりテールクリアランスやテールボイドに充填されます。
- ・短時間で地山と同程度の強度を発現し、さらに養生時間の経過とともに地山強度以上の強度を発現します。
- ・ゲルタイムが短くゲル状にて充填されるため、地下水等による希釈されにくい性質を有しています。

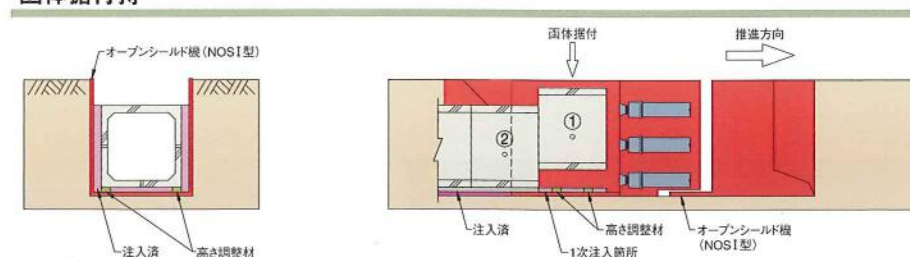
平面図



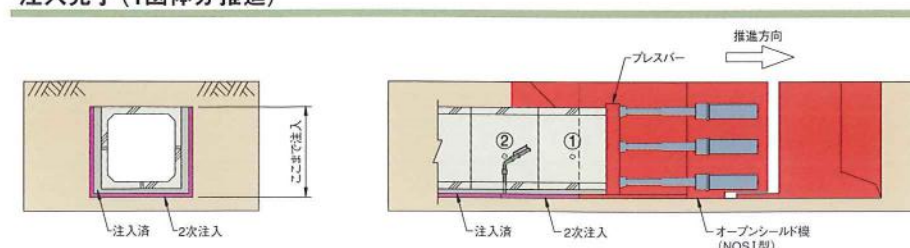
側面図



函体据付時



注入完了(1函体分推進)



▼1次注入状況



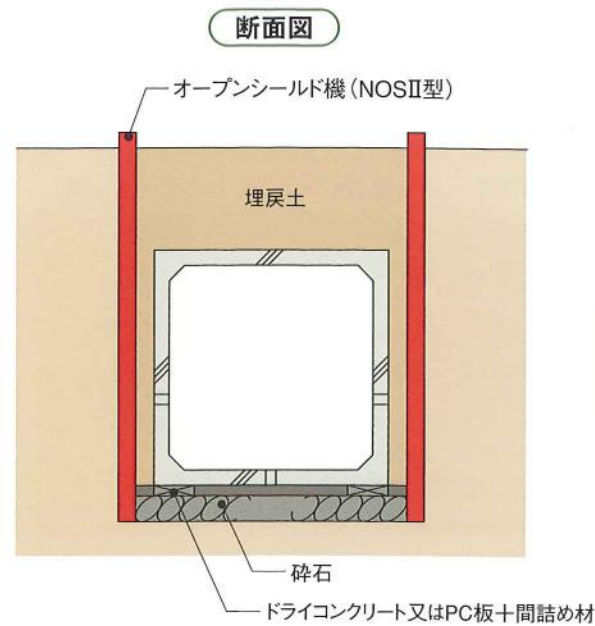
▼2次注入状況



▼2次注入完了



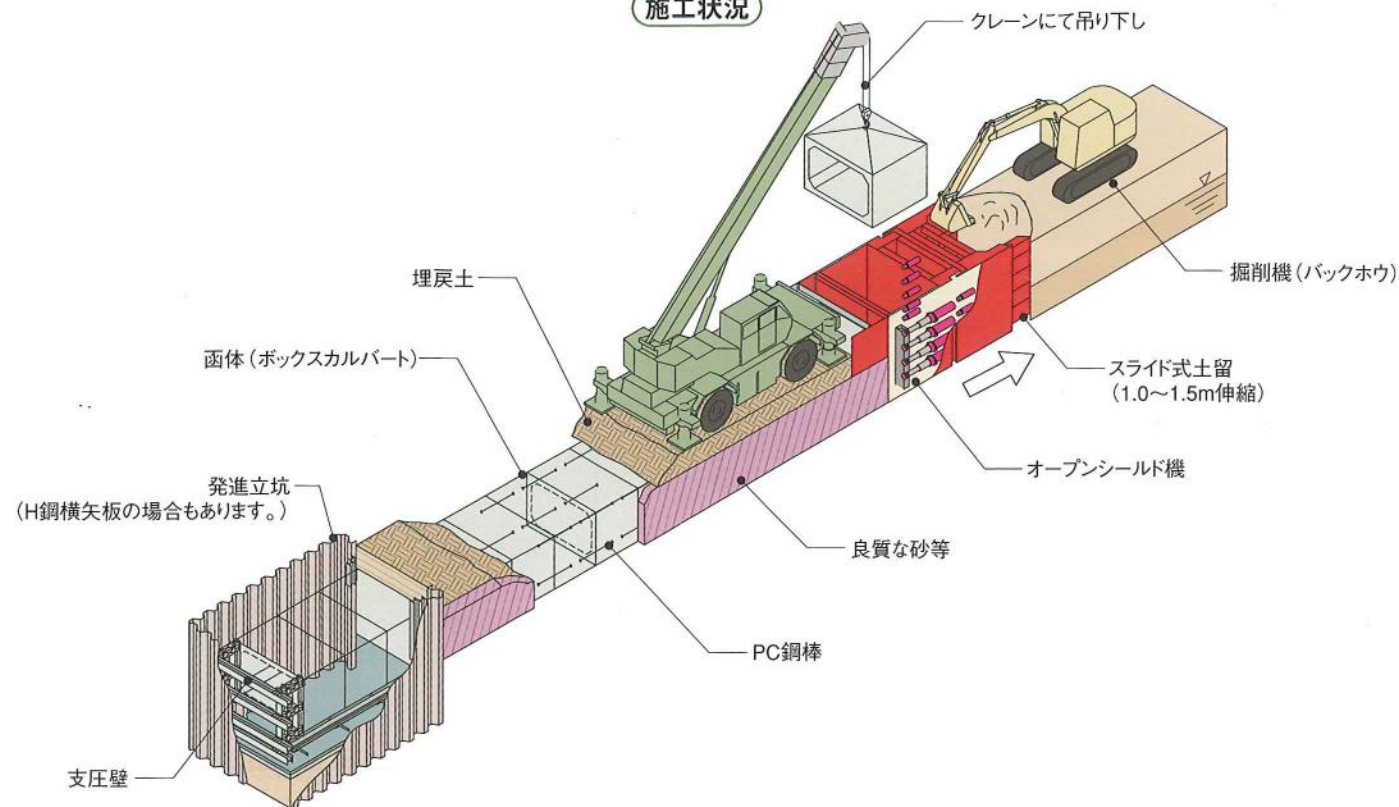
裏込注入なしタイプ (NOSⅡ型)



特長

- ① ある程度自立性のある地盤に適します。
- ② 走行・旋回が困難な箇所においては、**函体吊り下し設備**を載置して施工できます。
- ③ **曲線施工**も可能となります。
- ④ テール部での地下水の水替え量がV型と比較して少ないです。

施工状況

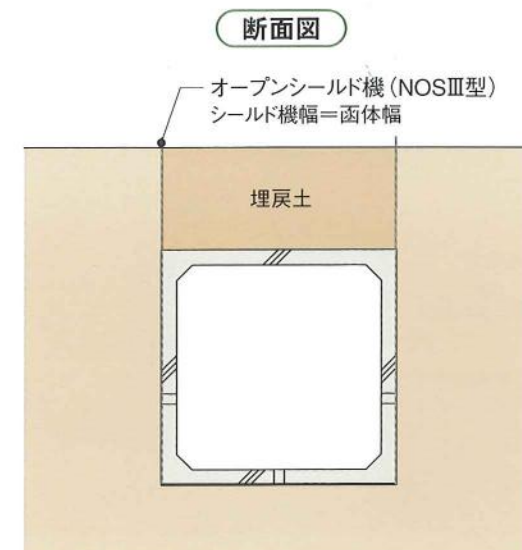


▲基礎築造



▲残置して新設函体内に放流が可能となります。

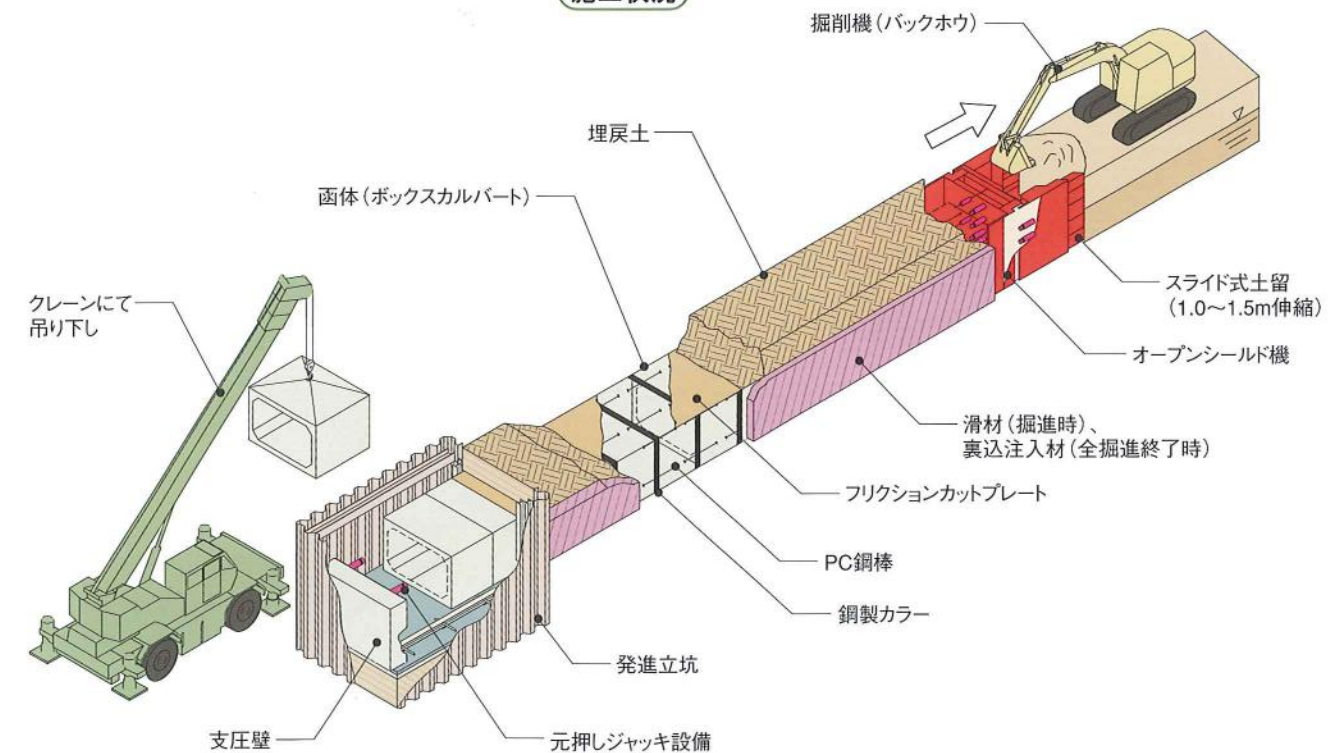
推進タイプ (NOSⅢ型) - 1



特長

- ① 掘削幅=函体の幅です。
- ② 地下水の有る地盤や、硬質から軟弱地盤まで実績があります。
- ③ 狭隘箇所及び家屋近接部や**超低空頭部**のある箇所の施工に適します。
- ④ 推進線形は、原則として直線となります。
- ⑤ 推進延長が長い場合は中押し設備が必要となります。

施工状況



オープンシールド機は多段構造、幅・高さを変更して構造物下横断。



▲函体は発進立坑内に吊り下し、元押し設備で順次送り出します。



▲道路交差点部横断中

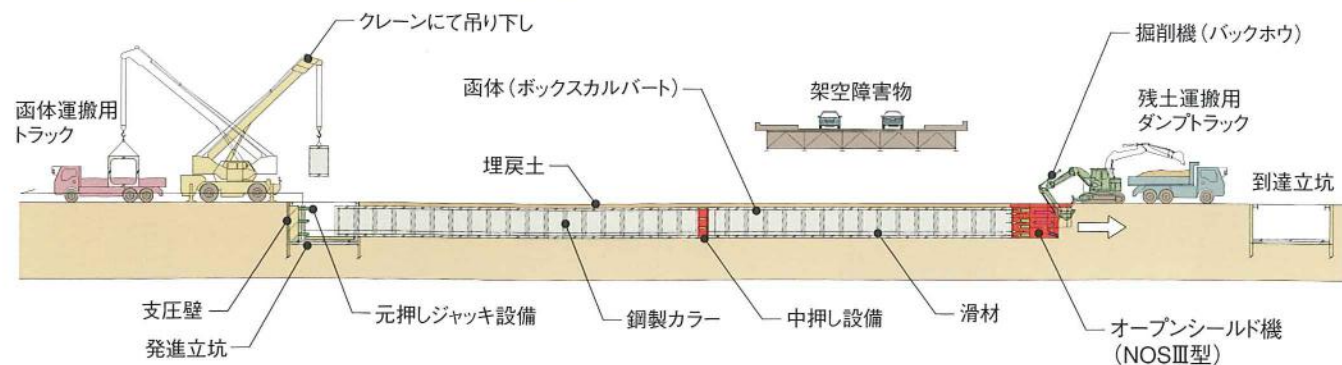


▲既設橋梁下横断

推進タイプ (NOSⅢ型) -2

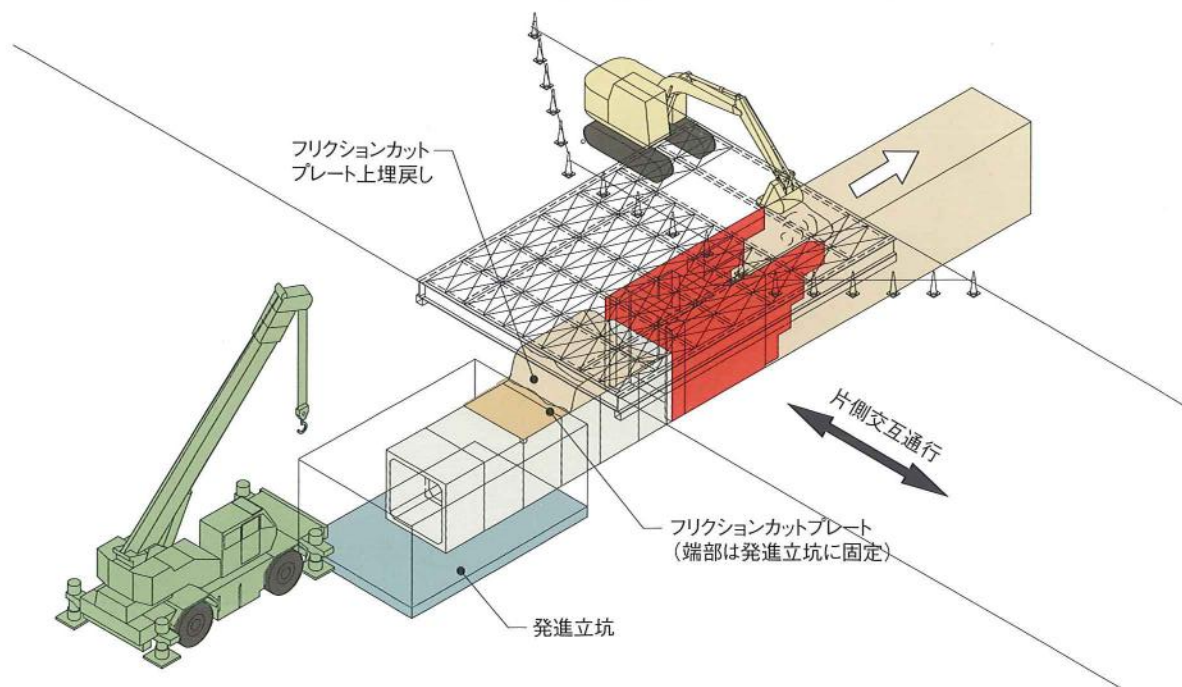
低空頭部の 施工

敷設函体の上部に障害物がある場合、構造物の下を横断し、下越し・通過施工が可能になります。このため橋梁等の下部に函体を敷設する場合、橋梁等の架け替え工事が不要で、道路交通に対して影響が発生しません。(他のタイプと併用が可能です。)



フリクションカット (FC) プレート

元押し推進される函体の上部にフリクションカットプレートを設置することにより、上部埋戻し土と函体の摩擦力を切ってフリクションカットプレート下部の函体のみを推進することが可能になります。よって上部埋戻しの移動を防止します。



▲施工状況



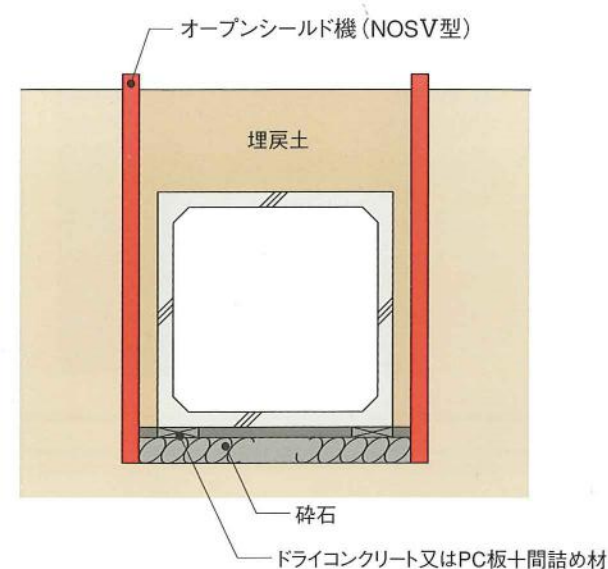
▲オープンシールド機 (NOSⅢ型)



▲FCプレート設置状況

自走タイプ (NOSV型)

断面図

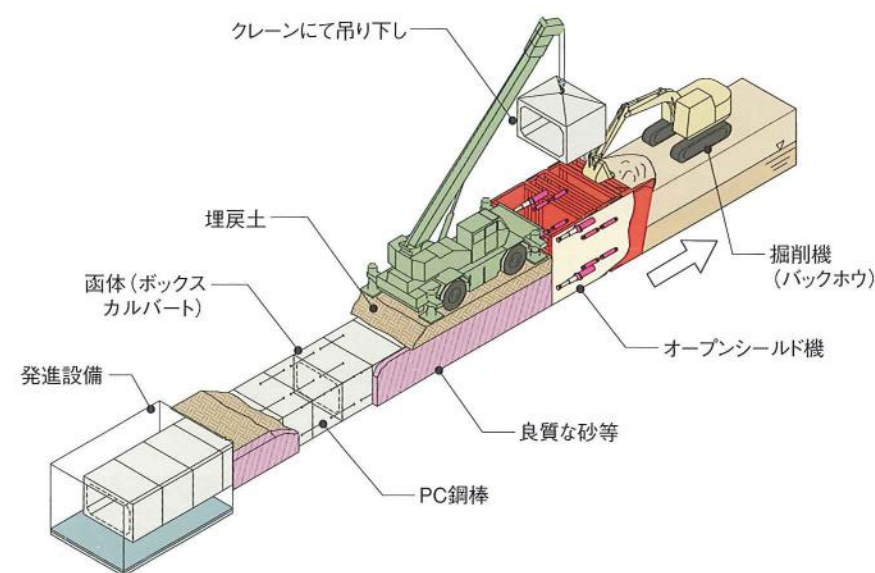


シールド機は函体に推進反力をとらず、地山との周面摩擦を反力として掘進するタイプです。

特長

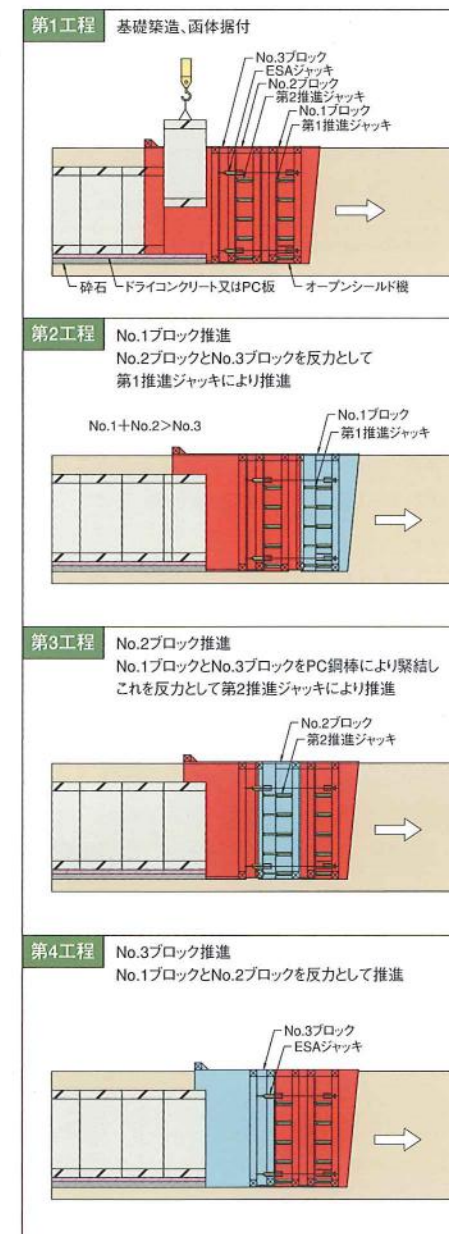
- 1 汎用開削用函体を使用できます
- 2 普通土で自立性のある地盤に適します。
- 3 ヒューム管等の敷設も可能です。
- 4 4つのタイプ中では、施工コストが最も安価となります。

施工状況



▲オープンシールド機 (NOSV型)

自走システム図

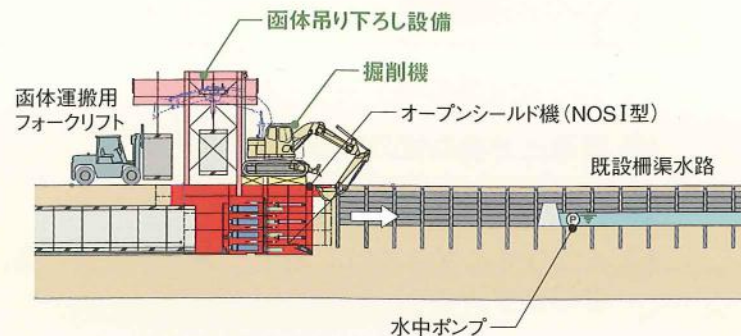


応用例

函体吊り下ろし設備 載置+掘削機載置

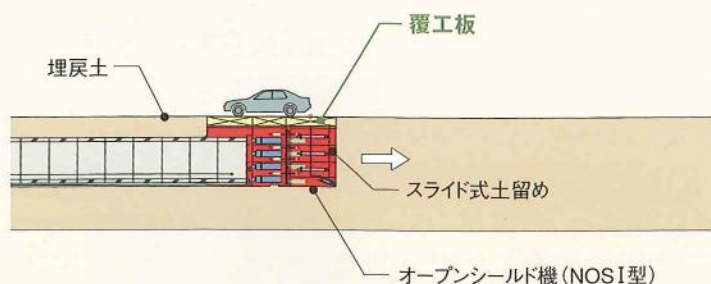
既設水路改築時など、掘削機を前方に配置できない場合やクレーンの進入・旋回ができない場合、シールド機上に函体吊り下ろし設備+掘削機を載置。

▼狭隘部での既設水路改築などが容易



覆工板載置

工事休止時、交通開放する場合シールド機上に直接覆工して開放。



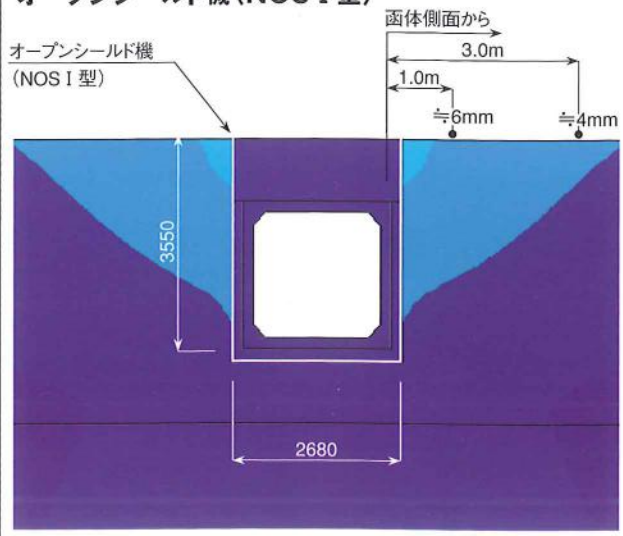
FEM解析によるNOSI型と鋼矢板工法の比較

オープンシールド機 (NOSI 型) は鋼矢板工法と比較して、変位が約1/8と小さく、周辺へ及ぼす影響が少ないことがわかります。周辺地盤を極力乱さずに施工が可能になります。

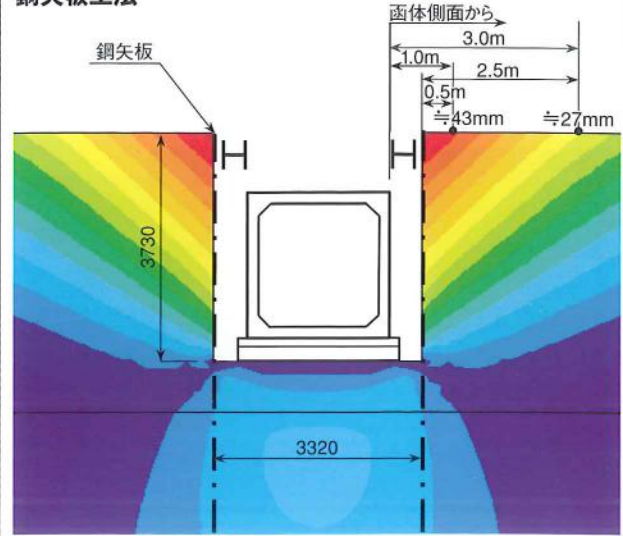
少ない理由

- ： 函体側部・底部-----裏込注入材の充填
- ： シールド機前面切羽部-----地山を取り込んだ掘削 (セミブラインド掘削)

オープンシールド機 (NOSI 型)



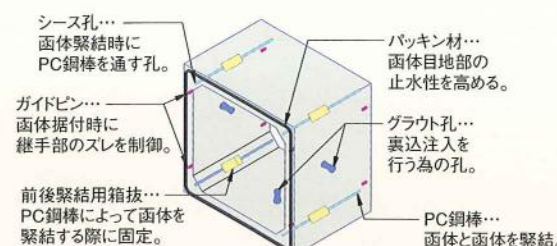
鋼矢板工法



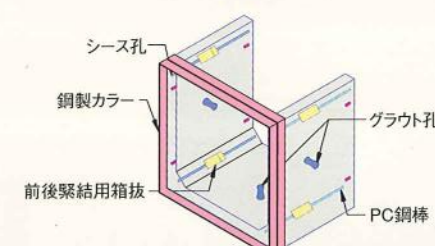
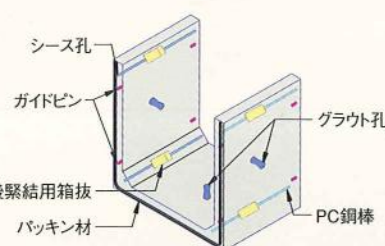
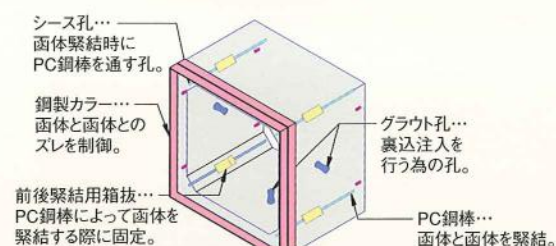
オープンシールド工法用函渠・開渠

※自走タイプ (NOSV型) は 汎用函体やヒューム管を使用できます。

標準



推進タイプ用



▼上下分割函渠



▼函渠



▼開渠



▼推進タイプ函渠



オープンシールド工法用可とう継手

オープンシールド工法で敷設するボックスカルバートに、所定の間隔でゴム製の可とう継手を設置することにより、地震時の耐震対策を行うことが可能になります。

可とうジョイント付きカルバートを使用することもできます。

可とう継手の種類と性能

構造		V型-I	V型-II	F型
性能	水圧	0.1Mpa	0.1Mpa	0.05Mpa
	変位	50mm	50mm	25mm
	開き沈下	50mm	50mm	25mm
適用壁厚		壁厚150mm以上	壁厚120~150mm未満	壁厚125mm以上
断面図	内側			
	外側			

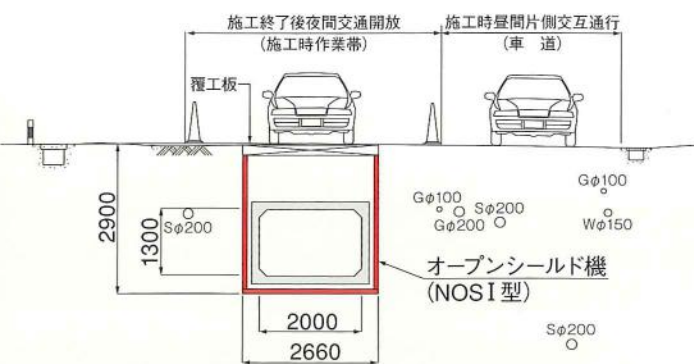


▼施工前



断面：□-2.0×1.3 延長：97m
土質：盛土、シルト混り砂、N値=5~15
土被り：0.8m 地下水位：GL-1.4m

■交通量の多い道路下の函渠敷設
シールド機上を覆工し夜間交通開放



▲施工状況



▲シールド機上を覆工し、夜間交通開放

※作業中は1車線確保し、片側交互通行。
1日の作業が終了後、シールド機上を覆工し、夜間は全面交通開放。

裏込注入タイプ
(NOSI型)

▼施工前



断面：□-1.5×1.1 延長：119m
土質：埋土、シルト N値=5
土被り：0.2m 地下水位：GL-1.45m

■交通量の多い国道脇の三面水路を撤去しながら、雨水函渠を敷設



▲施工後



▲施工状況

※国道の通行車両の走行に支障がないようにするため、シールド機にバックホウを載置して施工。

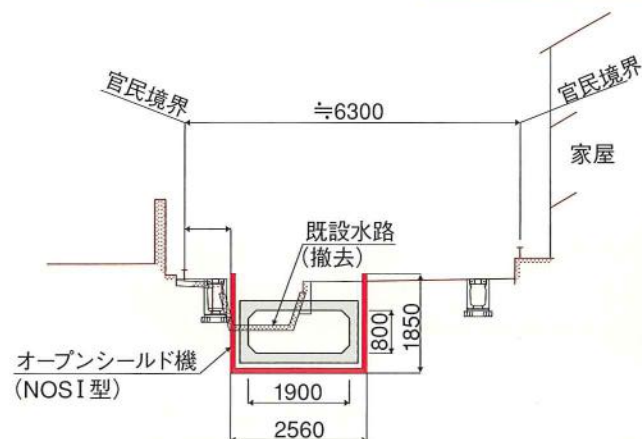
裏込注入タイプ
(NOSI型)

▼施工前



断面：□-1.9×0.8、□-1.4×1.1 延長：90m
土質：盛土、砂礫混じり砂 N値=12
土被り：0.5m 地下水位：GL-0.3m

■家屋が近接した既設水路を撤去しながら雨水函渠を敷設



▲施工後



▲施工状況

※新築の住宅前の狭い道路での施工のため、早期に雨水函渠を敷設。

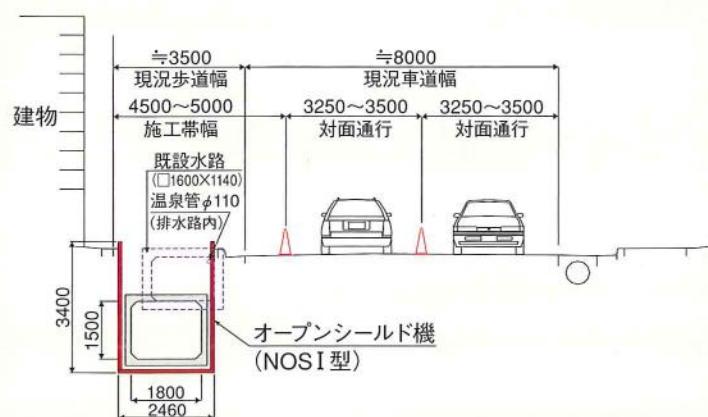
裏込注入タイプ
(NOSI型)

▼施工前



断面：□-1.8×1.8、□-1.8×1.5 延長：100m
土質：埋土、シルト質砂、砂礫 N値=3~26
土被り：1.2m 地下水位：掘削底面以下

■交通量の多い国道脇の水路改築



▲施工状況



▲施工全景

※開削工法では片側交互通行での施工となるが、オープンシールド工法では2車線を確保して作業帯幅内で施工。

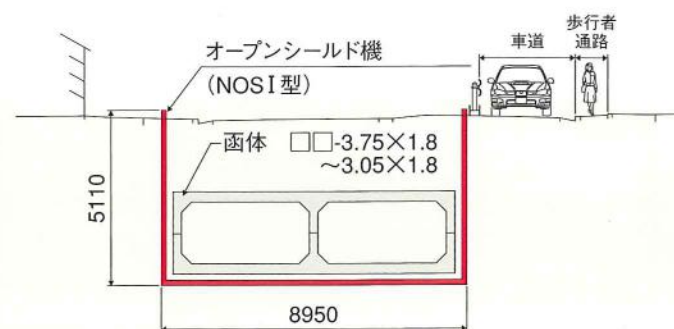
裏込注入タイプ
(NOSI型)

▼施工前



断面：□□-3.75×1.8～3.05×1.8 延長：957m
土質：盛土、シルト質細砂、粘土質シルト N値=0～38
土被り：2.3m 地下水位：GL-1.1m

■道路下に洪水対策用の大断面放水路を新設



裏込注入タイプ
(NOSI型)



▲敷設函体内



▲施工状況

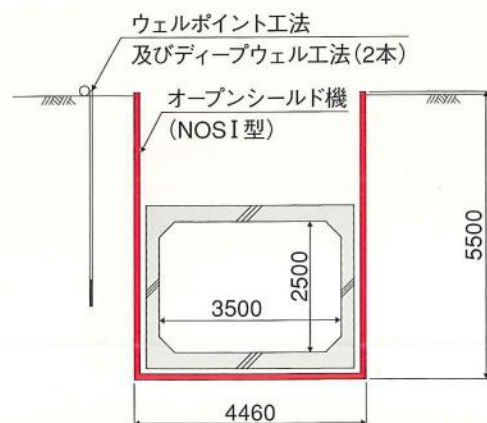
※片側交互通行により、
1車線を確保して施工。

▼施工前



断面：□-3.5×2.5 延長：117m
土質：埋土、礫混じり砂 N値=6
土被り：2.1m 地下水位：GL-1.9m

■海に近接した下水函渠新設



裏込注入タイプ
(NOSI型)



▲敷設函体内



▲施工状況

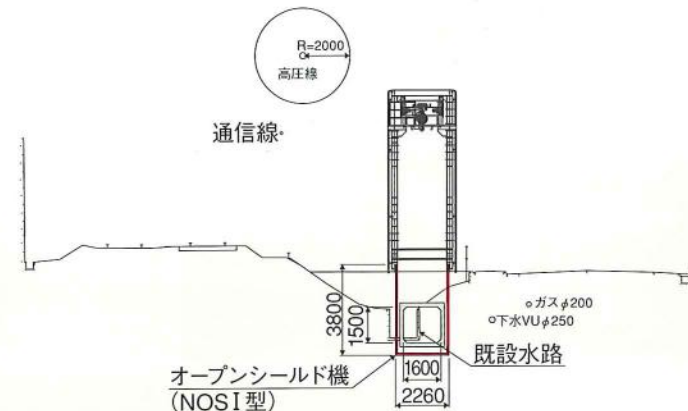
※海に近い緩い砂地盤のため、掘進方向片側にウェルポイント工法及びディープウェル工法(2本)を補助工法として併用。
岸壁から約20mで施工。

▼施工前



断面：□-1.6×1.5 延長：62m
土質：礫混じり砂質粘土、礫混じりシルト質砂、風化花崗岩
N値=4～50以上 土被り：1.05m 地下水位：GL-1.5m

■鉄道施設(私鉄線)に近接して
函渠を敷設



裏込注入タイプ
(NOSI型)



▲施工状況



▲施工状況(函体据付)

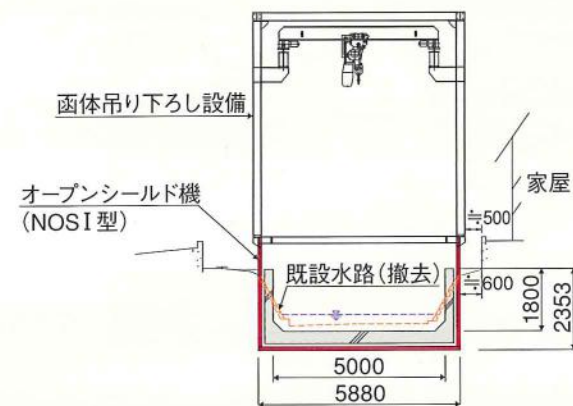
※オープンシールド機は、
根入れが無く、軌道への影響が開削工法より
少ない。高圧線からの
離隔範囲を確保して施工。

▼施工前



断面：U-5.0×1.8、□-5.0×1.8 延長：161m
土質：砂質シルト、シルト混じり砂、礫混じり砂、
N値=2～17

■家屋が近接した三面水路の改築



裏込注入タイプ
(NOSI型)



▲施工中



▲施工中(敷設済みU型開渠)

※2ヶ年での施工であり、
初年度の工事が終了後、
次年度の工事開始まで
シールド機を残置。
水路敷地内施工のため、
シールド機にバック
ホウと函体吊り下ろし
設備を載置。

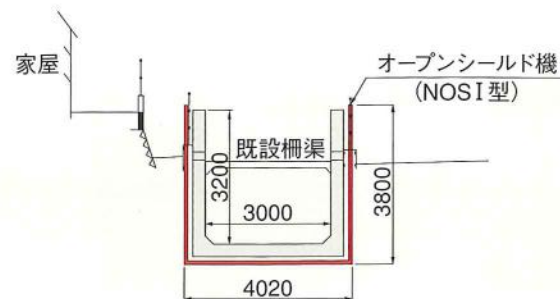
▼施工前



断面：U-3.0×3.2、U-3.0×3.3、□-3.0×2.4 延長：235m
土質：粘土質シルト、有機質シルト N値≒2~3
土被り：0m 地下水位：G.L.-3.2m

■既設柵渠を撤去しながらU型開渠を敷設

裏込注入タイプ
(NOS I 型)



▲施工後（急曲線部 R=20m、30m）



▲施工状況

※急曲線施工に対応するため、特殊油圧設備を搭載。

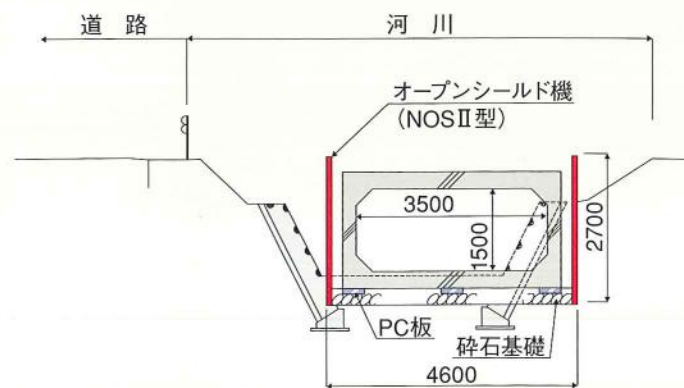
▼施工前



断面：□-7.0×5.0 延長：30.80m
土質：盛土、砂礫 N値≒14~22
土被り：1.3m 地下水位：G.L.-5.00m

■小河川を撤去しながら函渠を敷設

裏込注入なしタイプ
(NOS II 型)



▲施工全景



▲函体敷設状況

※河川敷地内施工のため、シールド機にバックホウ及び函体据付け用リフターを載置。

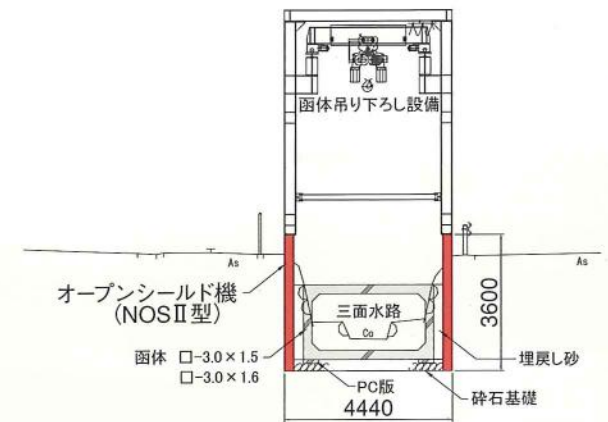
▼施工前



断面：□-3.0×1.6、□-3.0×1.5 延長：83m
土質：砂質土 N値≒7~12
土被り：0.7m 地下水位：G.L.-3.5m

■道路脇の三面水路を撤去しながら、
函渠を敷設

裏込注入なしタイプ
(NOS II 型)



▲施工後



▲施工状況

※三面水路敷地内での施工。シールド機にバックホウ、函体吊り下ろし設備を載置して施工。

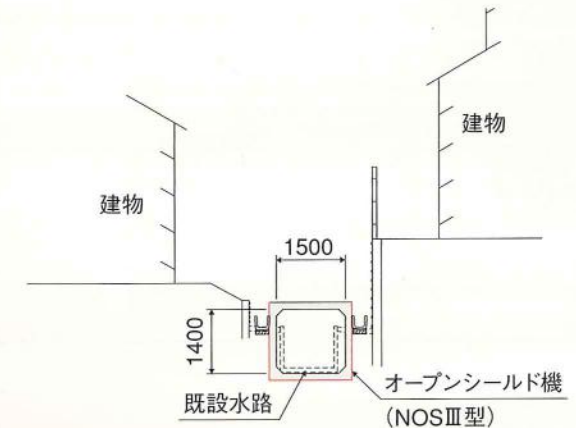
▼施工前



断面：□-1.5×1.4 延長：70m
土質：盛土、砂質シルト N値≒4
土被り：0m 地下水位：G.L.-3.5m

■家屋が両側に近接した既設水路を撤去しながら、
函渠を敷設

推進タイプ
(NOS III 型)



▲施工後（函体敷設完了）



▲施工中

※開削工法の土留め矢板が打込めない狭隙箇所のため、函渠と同じ幅である推進タイプのシールド機を使用して施工。

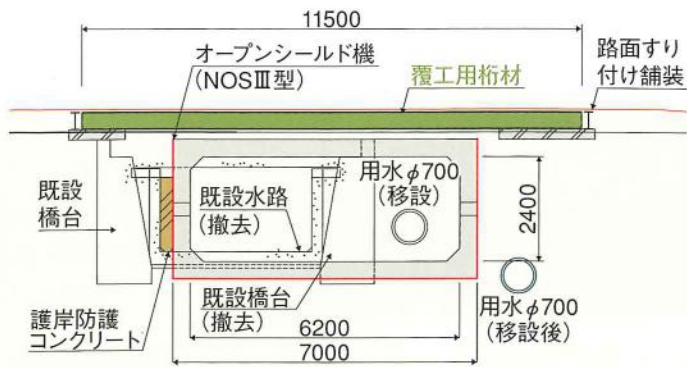


断面：□-6.2×2.4 延長：18m
土質：シルト、玉石混じり砂礫 N値≒5~50以上
土被り：1.15m 地下水位：GL-1.4m



▲施工後

交通量の多い道路での横断水路改築



▲施工状況

※オープンシールド推進タイプ(NOSⅢ型)覆工工法
覆工用桁材を覆工設備として、交通荷重を受ける。
その直下を推進タイプ(NOSⅢ型)で函渠を敷設。

覆工工法
推進タイプ
(NOSⅢ型)

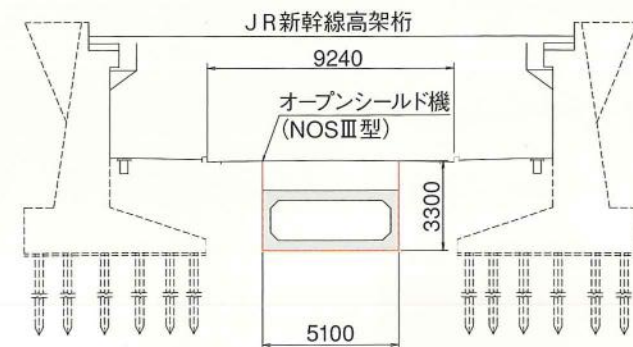


断面：□-4.5×1.5 延長：99m
土質：シルト質粘土 N値≒3
土被り：1.1m 地下水位：GL-0.95m



▲施工全景(JR高架下施工状況)

新幹線高架下に函渠を横断施工



※シールド機には根入れがなく、周辺の影響範囲が小さく、変位も小さい。



▲施工状況(発進部より函体据付・推進)



▲敷設函体内

推進タイプ
(NOSⅢ型)

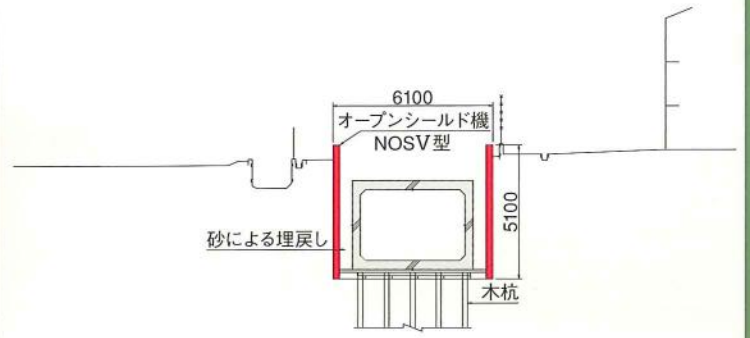


断面：□-4.35×2.5、□-4.0×2.7、□-4.0×3.0 延長：557m
土質：砂礫、粘性土、N値≒1~28
土被り：0.8m 地下水位：GL-2.2m



▲施工後

既設水路を撤去しながら農業用水路を自走して急速施工



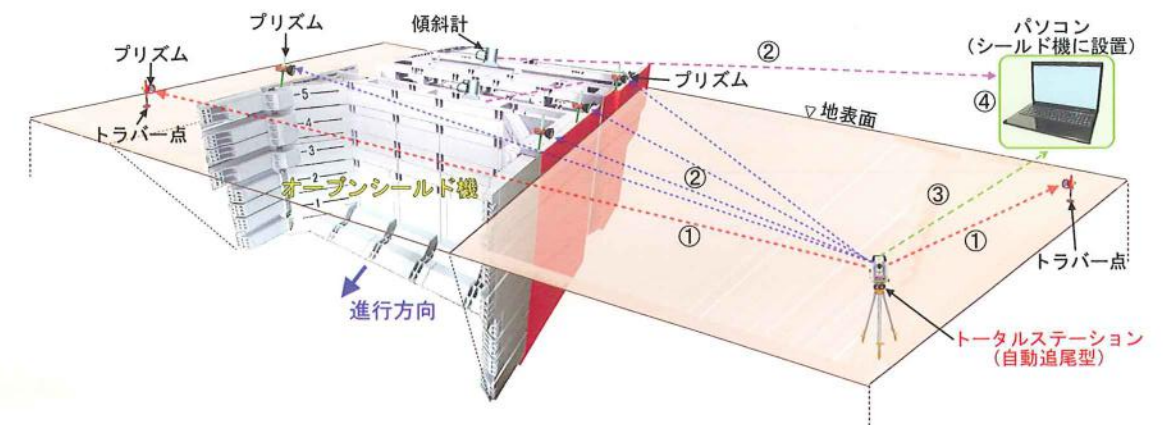
▲施工中

※軟弱地盤のため、木杭を打設しながら施工。
※NOSⅢ型の中で工事費は安価。

自走タイプ
(NOSV型)

ー オープンシールド工法におけるICT技術の取組み ー

ICT技術の活用として、トータルステーション(自動追尾型)を用いて、オープンシールド機推進時の姿勢を管理することにより、施工効率を高め工期の短縮等を図ります。



※トータルステーション：距離と角度を同時に測定し、目的物の位置や高さを自動記録する測量機器(自動追尾型)
トラバース点：測量をする際の基準となる位置(座標)や高さを付与した点。
プリズム：測定箇所にセットしてトータルステーションから射った光波を反射させるための機器。
傾斜計：垂直・水平方向の傾きを計測する機器。