

VASARA シールド工法の適用による多様なシールドトンネル地中拡幅ニーズへの展開 (非開削工法による安全で迅速なシールド拡幅方法の確立)

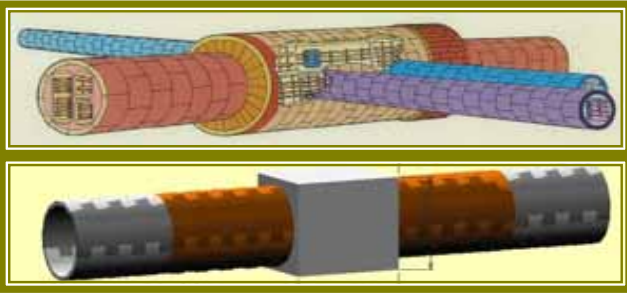
<開発の背景>

昨今の都市再生進展に伴うシールドトンネルの大深度化・長距離化・大断面化が急速に進む中で、地上環境への影響が少ない非開削工法による地下空間利用技術の開発が強く望まれています。

そこで、従来は同一断面で施工されるシールド工法において、任意の場所で補助工法(地盤凍結、地盤改良など)を伴わずにシールドの掘進と同時に部分的にトンネル内空(幅)を大きくする施工法として「VASARA(バサラ)シールド工法」(部分拡幅シールド工法)の開発を進めてまいりました。

今後は、これまでの部分拡幅に対するニーズに加えて、より一層幅広い活用を求められるものになると考えております。

既往のシールドトンネル部分拡幅ニーズ



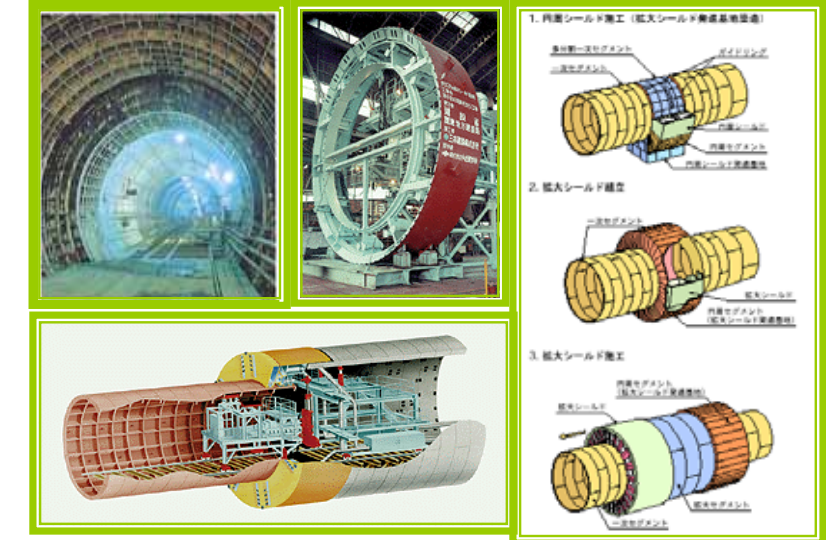
共同溝におけるケーブルジョイント部
ガスループ部および分岐シャフト部 など
企業洞道におけるケーブルジョイント部
分岐シャフト部 など
地下鉄における中間ポンプ室 など
上下水道等の流入部、分岐部 など

在来工法によるシールドトンネルの非開削切



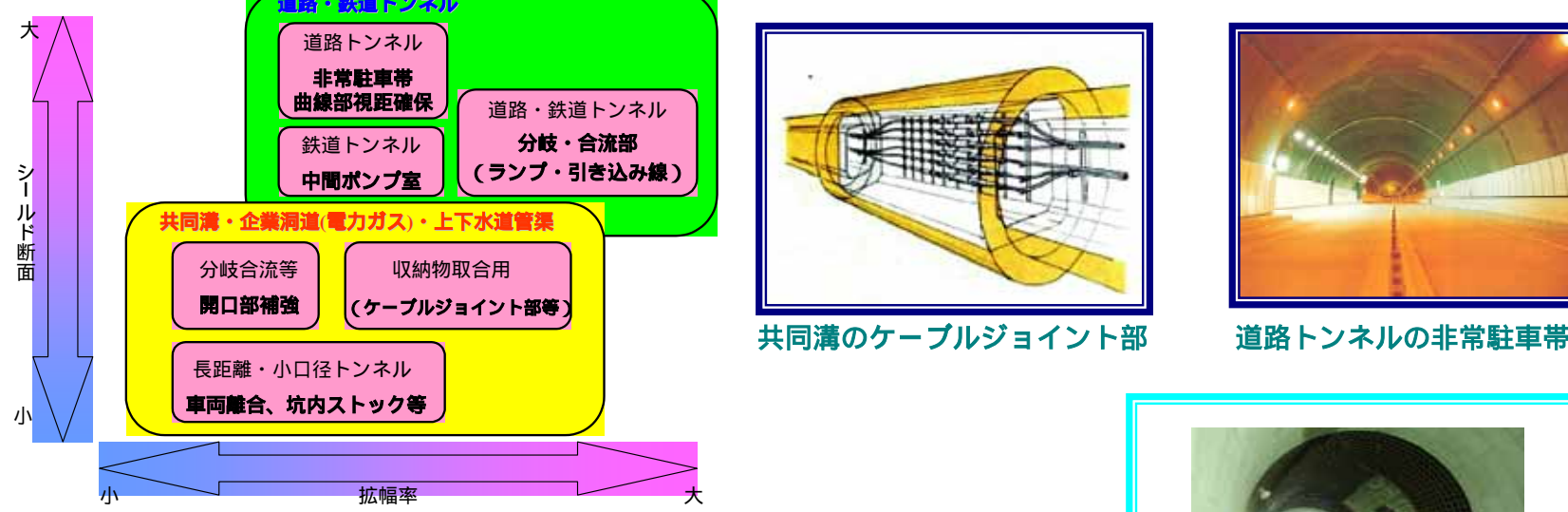
「薬液注入工法+NATM」 「地盤凍結工法」

新技术による従来のシールドトンネル非開削切広げ



「拡大シールド工法」(地盤改良+拡大シールド機)

非開削工法によるシールドトンネル部分拡幅に対するニーズの拡大



道路・鉄道トンネル
道路トンネル 非常駐車帯 曲線部視距確保
鉄道トンネル 分岐・合流部 (ランプ・引き込み線)
中間ポンプ室

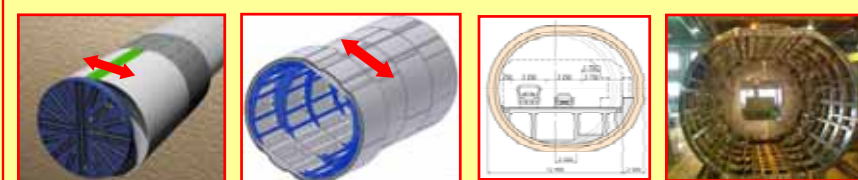
共同溝・企業洞道(電力ガス)・上下水道管渠
分岐合流等 開口部補強
収納物取合用 (ケーブルジョイント部等)
長距離・小口径トンネル 車両離合、坑内ストック等

小口径トンネルの台車離合部 (施工時の付加空間確保で本設内径縮小)

地下鉄駅舎端部・渡り線部

二次覆工省略時の開口補強部 (開口補強部材の設置スペース確保)

VASARA 工法 (補助工法不要の迅速な部分拡幅)



シールドトンネル拡幅技術

VASARAシールド工法

VASARAシールド工法の概要

VASARA 工法は、**シールドの掘進と同時に、補助工法なしで、トンネルの必要な部分のみを一気に拡幅・縮幅できる工法**です。これにより事業費削減・工期短縮を可能にします。

- 掘進同時施工：マシン掘削機構(伸縮カッタ、面版スライド等)により掘進中に拡幅空間を構築
- 補助工法不要：拡幅掘進中、空隙部に沈下抑止特殊充填材を注入して地山保持(拡幅空間の確保)
- 必要部分のみ拡幅：一般部断面を縮小可能(拡幅機構を有したマシン・セグメント)

これにより、従来の補助工法を併用したトンネル断面拡大工法と比べて工期短縮と安全確実な施工を確保できます。また、全線最大断面で掘進する工法に比べて一般部トンネル断面を縮小できることから大幅な事業費の縮減も可能となることから、長距離シールドにおける共同溝のケーブル接続部、共同溝や下水の分岐部、道路トンネルにおける非常駐車帯構築・曲線部視距空間確保など、シールドトンネルの合理化技術として幅広い展開が期待されています。

施工ステップ概念を以下に示します。

- 通常掘進：一般部は通常のとおり円形のままで掘進してセグメントを構築
- 拡幅掘削開始：伸縮カッタもしくは面版をスライドさせて余掘り掘削(拡幅空間の構築)
- チャンバー拡幅：削った土砂を取り込むためのチャンバー拡幅
- 充填材注入：土砂を余分に削った空間には地山を保持するための特殊充填材を注入(紫色部)

- マシンおよびセグメントを一括拡幅：
 - マシン機長分の余掘り掘削が完了したら、充填材を回収しながらマシンテール内で円形に組立てた拡幅セグメントとマシンを一括して拡幅
 - 拡幅部セグメント構築：拡幅したマシン内で拡幅形状(楕円形)のセグメントを組立構築(拡幅不要)
- マシンおよびセグメントを一括縮幅：
 - 拡幅終了区間に到達したらセグメントとマシンを一括して縮幅
- 通常掘進再開：一般部を通常のとおり円形のままで掘進してセグメントを構築

S工法

- 拡幅掘進継続：マシンテール内では拡幅セグメントを円形に組立てながら拡幅掘進を継続
- セグメント拡幅：
 - 拡幅セグメントがマシンテールを抜けた段階で、充填材を回収しながら円形に組立てた拡幅セグメントのみを押し広げて拡幅
- 拡幅掘進完了：拡幅終了区間に到達したらチャンバーを縮幅

L工法

完成

【VASARA-Shield】(バサラシールド)とは・・・

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Variable width (可変幅) | Anytime (いつでも) |
| Saving space (省スペース) | Anywhere (どこでも) |
| Rapid construction (迅速施工) | As many times as you want (何度でも) |

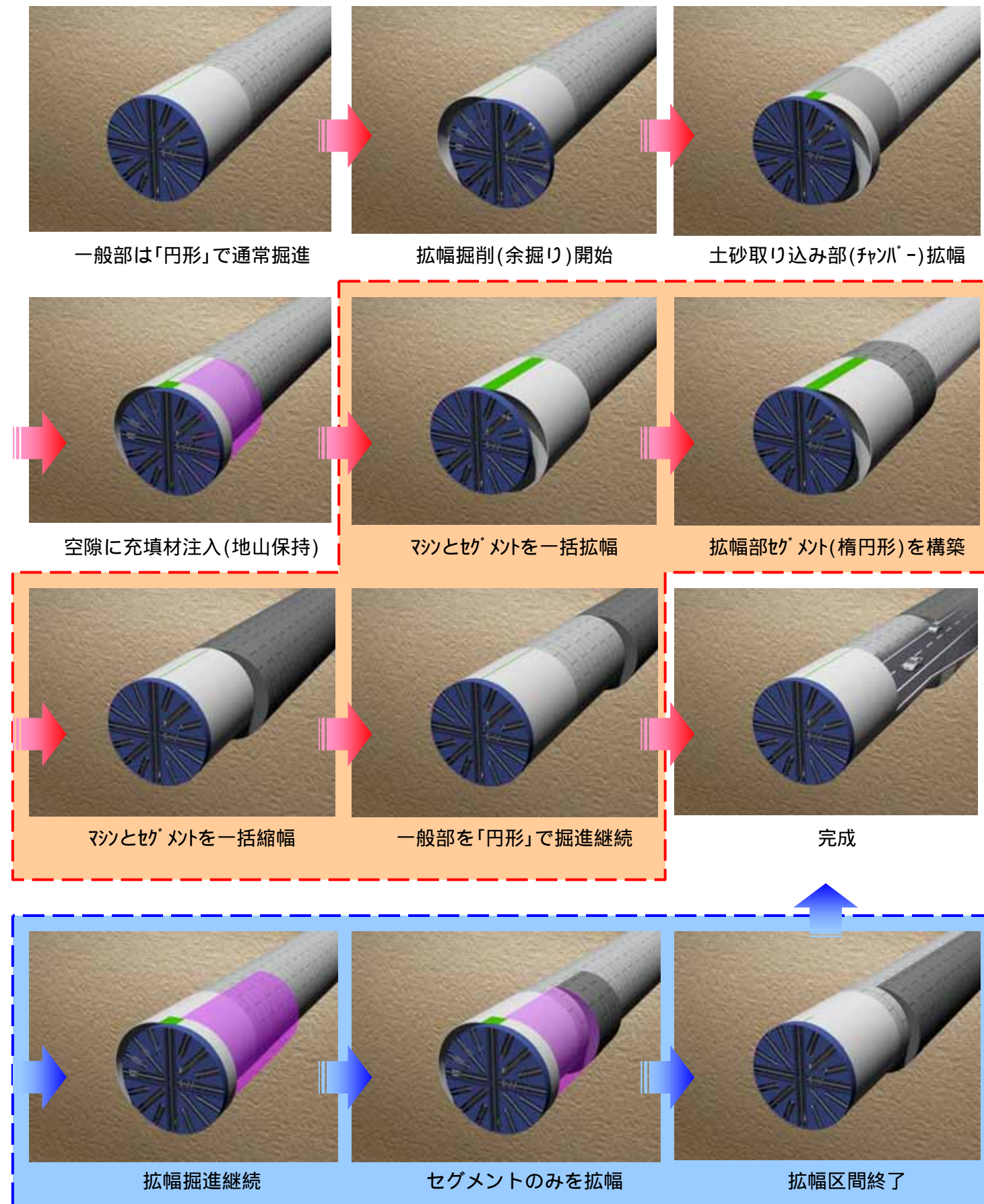


図 - 1.1 VASARA 工法施工ステップ図 (赤: S工法、青: L工法)

本工法には、VASARA-L工法とVASARA-S工法があります。

VASARA-L工法はマシンテール内では一般部と同様に拡幅セグメントを円形に組み立て、テールを抜けた後でセグメント自身が順次外側に押出され拡幅部分を形成するものです。拡幅される部分の地山は、その拡幅量にもよりますが、小さければコピーカッターで、大きい場合には面版をスライドさせることで掘削(余掘り)し、余掘り部には特殊充填材(地山を保持するせん断抵抗を有し、固結せずに流動性を有する材料)を充填することで地山の崩壊を防止します。

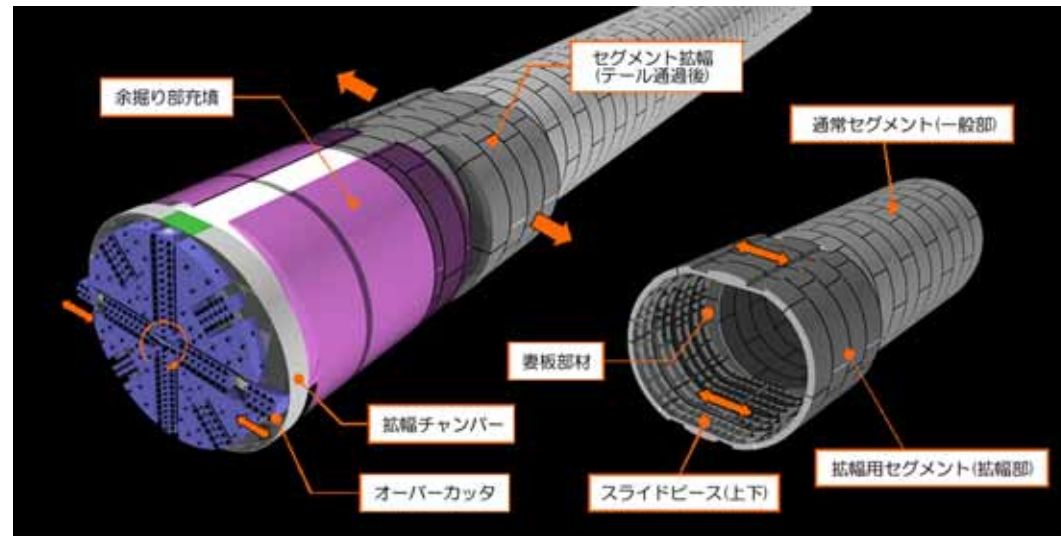


図-1.2 VASARA-L工法イメージ図

VASARA-S工法は、シールドマシンの外筒部の一部をラップさせておき、掘削中にこのラップ部を伸縮させることで掘削断面の拡大・縮小を掘進と同時に連続的に行うものです。拡幅開始時および拡幅終了(縮幅)時にのみ拡幅セグメントが必要で、拡幅掘進時にはセグメント形状が若干扁平(楕円形)になるが、通常どおりの掘進、組立てが可能です。拡幅スペースの確保(地山の掘削および保持)方法は、L工法と同様です。

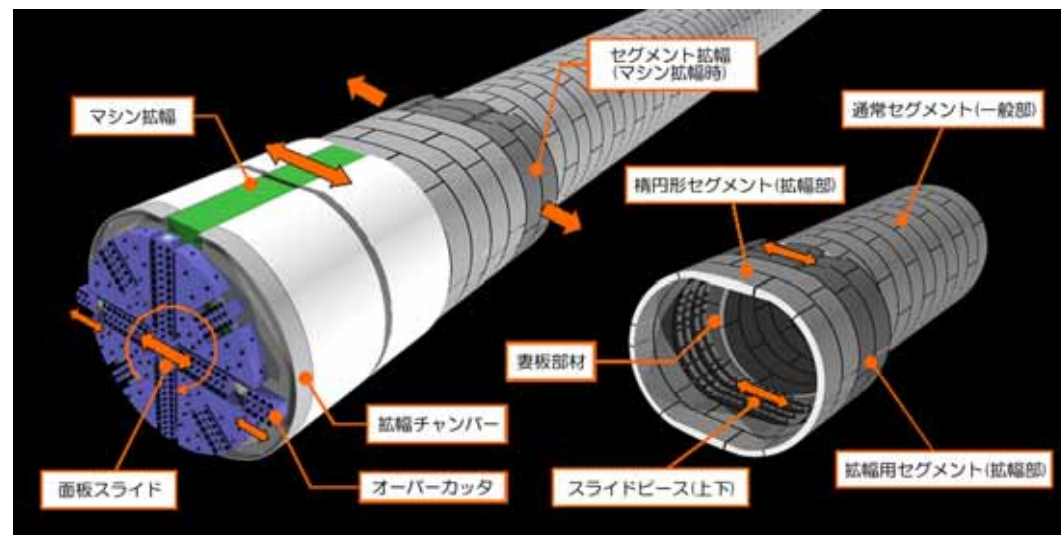


図-1.3 VASARA-S工法イメージ図

VASARAシールド工法の特長

1. 拡幅部以外の一般部は合理的な円形断面を選択可能。
2. シールド幅を段階的に拡大・縮小でき、必要に応じた無駄のない断面の掘削が可能。
3. シールド延長上何回でも拡大・縮小でき、必要に応じた無駄のない断面の掘削が可能。
4. 使用用途に応じて、片側拡幅、両側拡幅どちらでも可能。
5. 掘削方法は、土質に合わせて「泥水式」、「土圧式」の選択が可能。
6. 縮小時と拡大時の断面幅比は、1:1.2程度まで可能。
7. マシン入れ替え用の立坑が不要となり、事業費のコストダウンを図ることが可能。
8. 拡幅量にもよるが、マシンの改造がほとんど必要無し。(VASARA-L)
9. 拡幅機構セグメント使用が拡幅区間前後のみのため曲線部にも適用可能。(VASARA-S)

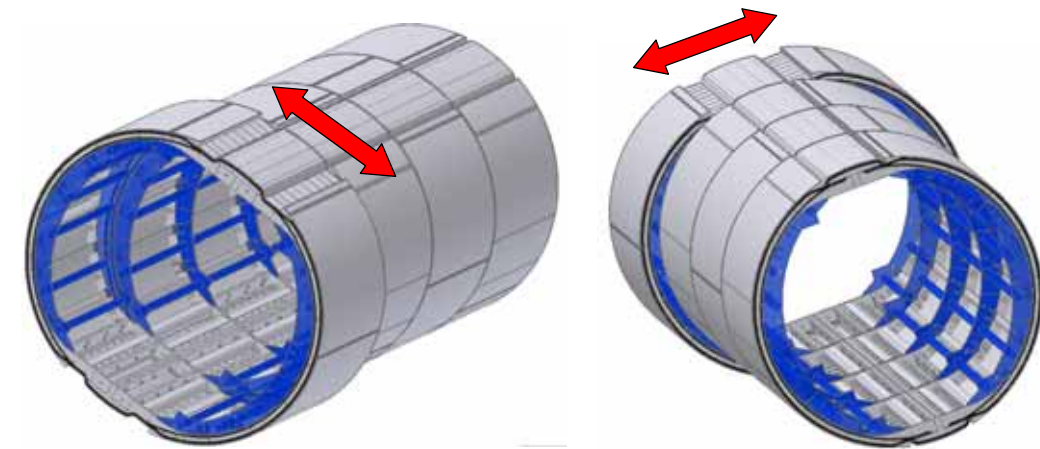


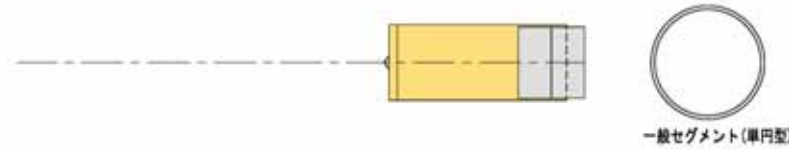
図-1.4 拡幅セグメントイメージパース図



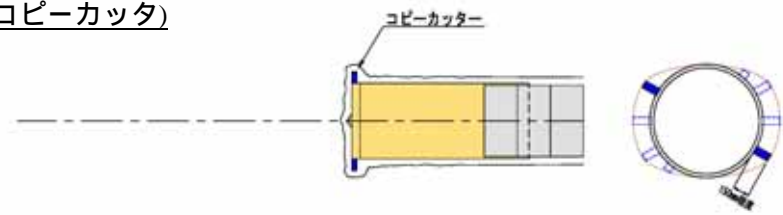
図-1.5 トンネル外観イメージパース図

VASARA工法によるシールドトンネル拡幅施工ステップ(L工法標準)

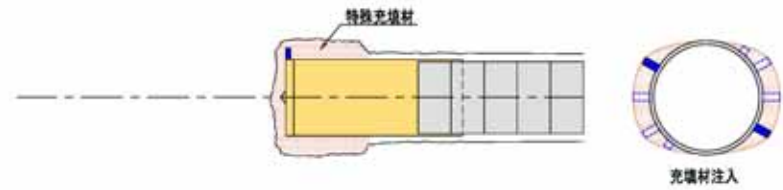
1. 通常掘進(一般部セグメント組立)



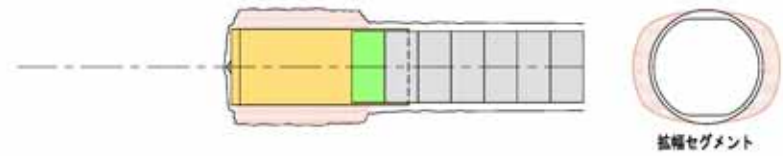
2. 余掘り部掘削開始(コピーカッタ)



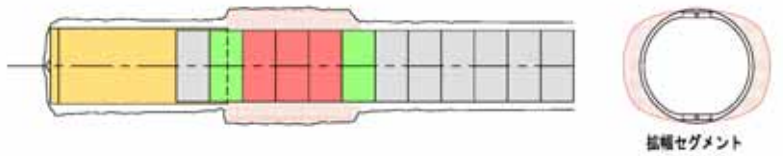
3. 余掘り部特殊充填材注入



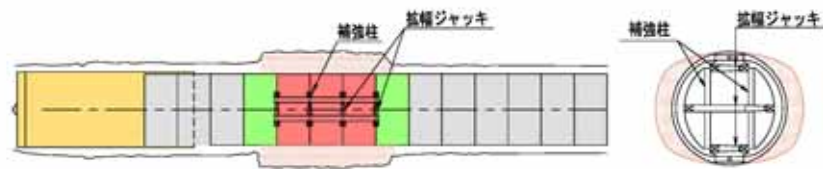
4. 拡幅用セグメント組立開始



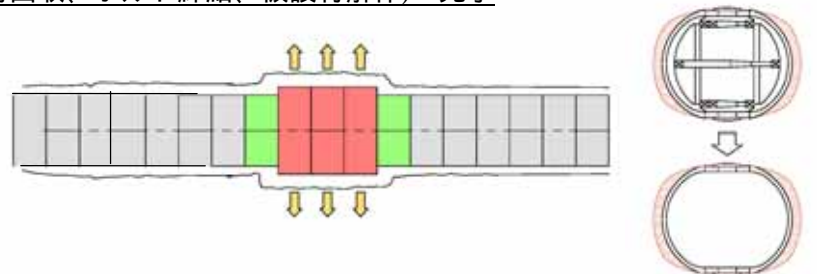
5. 拡幅用セグメント組立完了



6. 拡幅準備(妻部材、変形防止補強柱、拡幅ジャッキ設置)



7. 拡幅作業(充填材回収、ボルト締結、仮設材解体)~完了



VASARA工法の実用化に向けた既往の実証済み項目

土槽実証実験

模擬土槽による実証実験を行い、作用水圧 0.6Mpa における拡幅時の止水性、および土被り 20~30m相当の土水圧作用下におけるマシンとセグメントの拡幅時安全性と作業性を確認しました。



写真 - 1.1 実証実験装置



写真 - 1.2 セグメント拡幅状況



拡幅部覆工可動試験



写真 - 1.3 覆工のリング拡幅実証実験

マシンテールブラシ止水試験

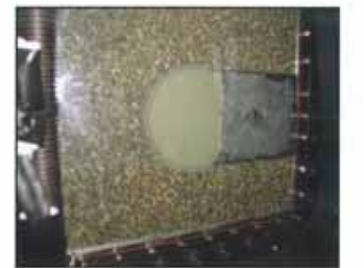


写真 - 1.4 マシンテール拡幅時止水実験

沈下抑止特殊充填材遠心模型実験



遠心模型実験装置
Centrifuge Modeling Test



遠心場充てん実験状況
Experimental Situation in Centrifuge

写真 - 1.5 特殊充填材遠心模型実験

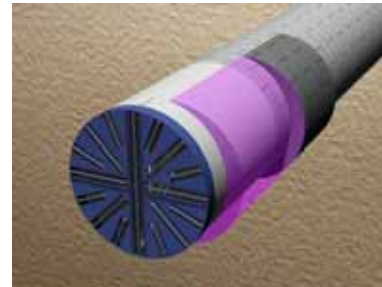
実証施工

各種実証実験に続き、2005年2月、鹿島で現在施工中の長距離シールドトンネル工事において、VASARA工法(L工法)を実現場に初適用し、トンネルの部分拡幅を無事完了しました。

トンネル延長方向3.0mに亘って、外径2,150mm(仕上がり内径2,000mm)のシールドトンネルを水平方向に両側に150mmずつ合計300mm、地盤改良することなく地中で拡幅して、計画通りかつ工程を遅延することなく施工を完了しました。

< 施工概要 >

- 施工場所：滋賀県草津市
- 施工時期：2005年1~2月(実働12日間)
- マシン：泥土圧式シールドマシン(外径2,280mm)
- コピ-カッタ：ストローク最大185mm
- 覆工(鋼製)：外径2,150mm(内径2,000mm)
- 拡幅量：片側150mmずつ(両側300mm)
- 拡幅リング数：3リング(1m/リング)



前後の接合調整用を含めた5リング分がVASARA用セグメント

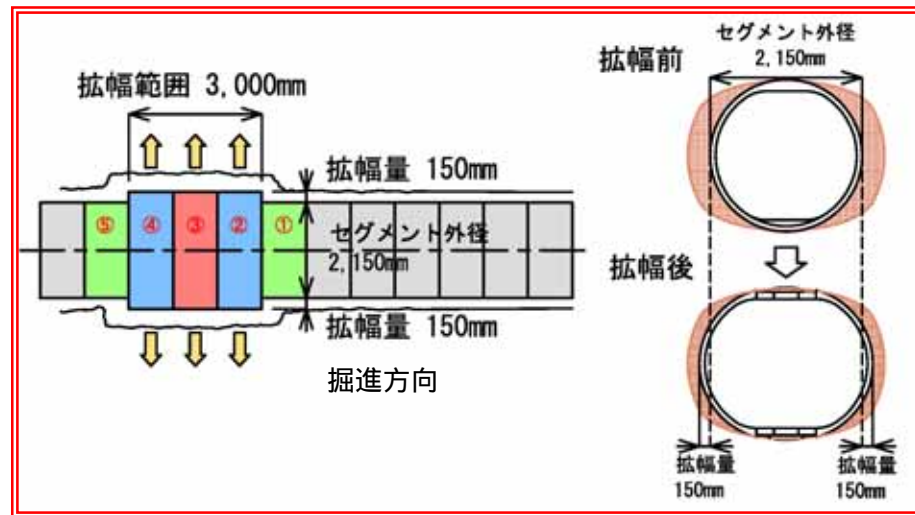


図 - 1.6 地中拡幅平面図、断面図

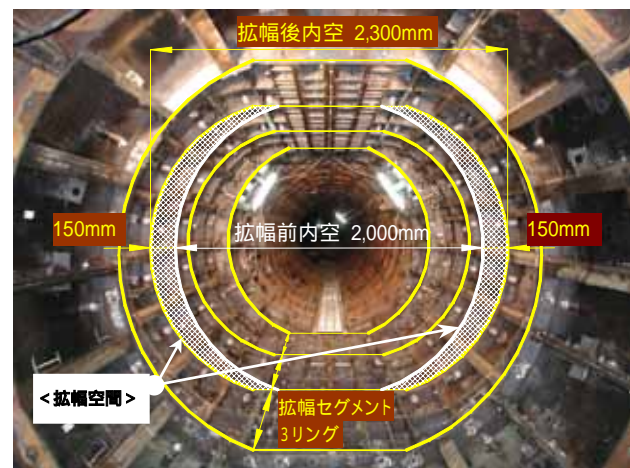


写真 - 1.6 拡幅施工後断面



写真 - 1.7 シールドマシン



写真 - 1.8 充填材回収状況

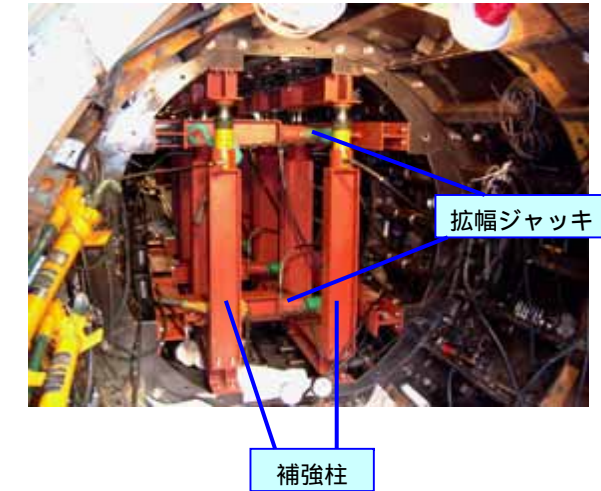


写真 - 1.9 拡幅施工状況

この実証施工を通じて、VASARA工法の基本となる「シールドの拡幅掘進機能」、「特殊充填材(空隙部の地山保持・沈下抑制)による地山保持機能」、「地盤中でのセグメント拡幅機能」、「セグメント拡幅時の特殊充填材回収機能」を確認しました。また、セグメント可動部の円滑動作性や可動部の止水性、沈下抑制性能や施工時及び施工後のセグメント安定性、掘進時の姿勢制御などについてもそれぞれ有効性を確認しました。

今後の展開

今回の実証施工により、小口径シールドにおけるVASARA工法の信頼性及び施工性の高さを実証することができたことから、今後は、シールドマシン自体を拡幅するVASARA-S工法についての適用性検証を進めるとともに、中口径~大口径シールドトンネル実工事での妥当性実証段階に入りました。

さらなる現場適用実績を積み重ねることで、シールドトンネル部分拡幅のニーズに幅広く水平展開を実施したいと考えています。

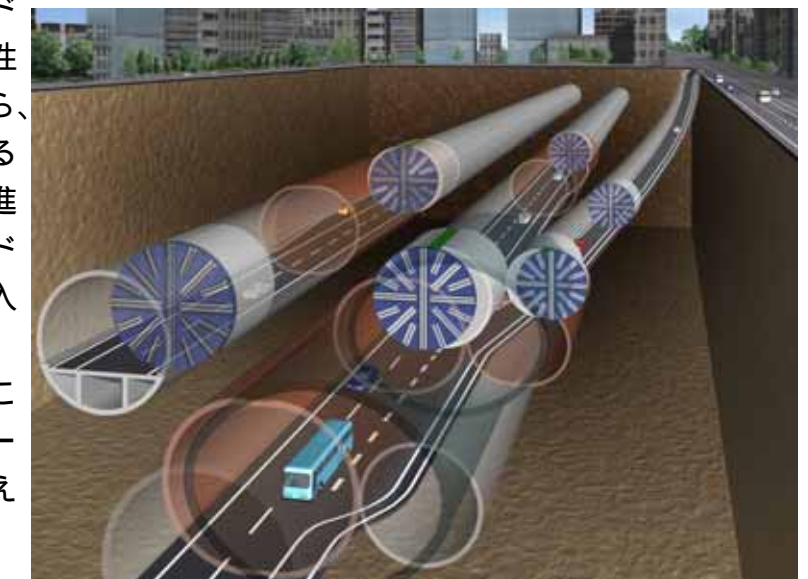


図 - 1.7 VASARA工法適用イメージ図 (道路トンネル非常駐車帯部、ランプ部)