

1. はじめに

都市部の過密化や都市再生の進展にともない、道路トンネルを地下に整備する必要性が高まっている。また大深度地下使用法の施行により、計画路線は従来に比べて深化する傾向にある。このような中で、本線とランプトンネルの2つの大断面道路トンネルを高水圧下で安全かつ合理的に接続し、地下ランプ部を迅速に構築する工法の開発が急務となっている。

当社では、このようなニーズに応えるべく、道路トンネル分岐・合流部（地下ランプ部）の合理的な施工技術として「D-Shape シールド工法」を鋭意開発中である。以下、本工法の施工概要と適用のメリットについて述べる。

2. D-Shape シールド工法の概要

D-Shape シールド工法とは、D形の本線シールドトンネルを構築した後に円形ランプシールドを本線に近接して施工し、接合部地盤を凍結工法などで改良した後にトンネル間を掘削して切詰め、トンネル覆工を組立てて閉合し、最終的に大断面トンネルを構築するものである。D-Shape シールド工法施工概念図、地下ランプ部構造概要図を図-1.1、図-1.2 にそれぞれ示す。

D-Shape シールド工法では、合流部以外の本線トンネル断面は円形であり、接合部の前後で覆工断面形状を円形からD形へ、D形から円形へ断面変化することで合理的な地中接合部の構築を行うものである。

本線トンネルをD形とすることにより、トンネル同士を近接させることができるため、地中切詰め範囲（補助工法）を低減し、ランプ部の用地占用幅も縮小することが可能となる。

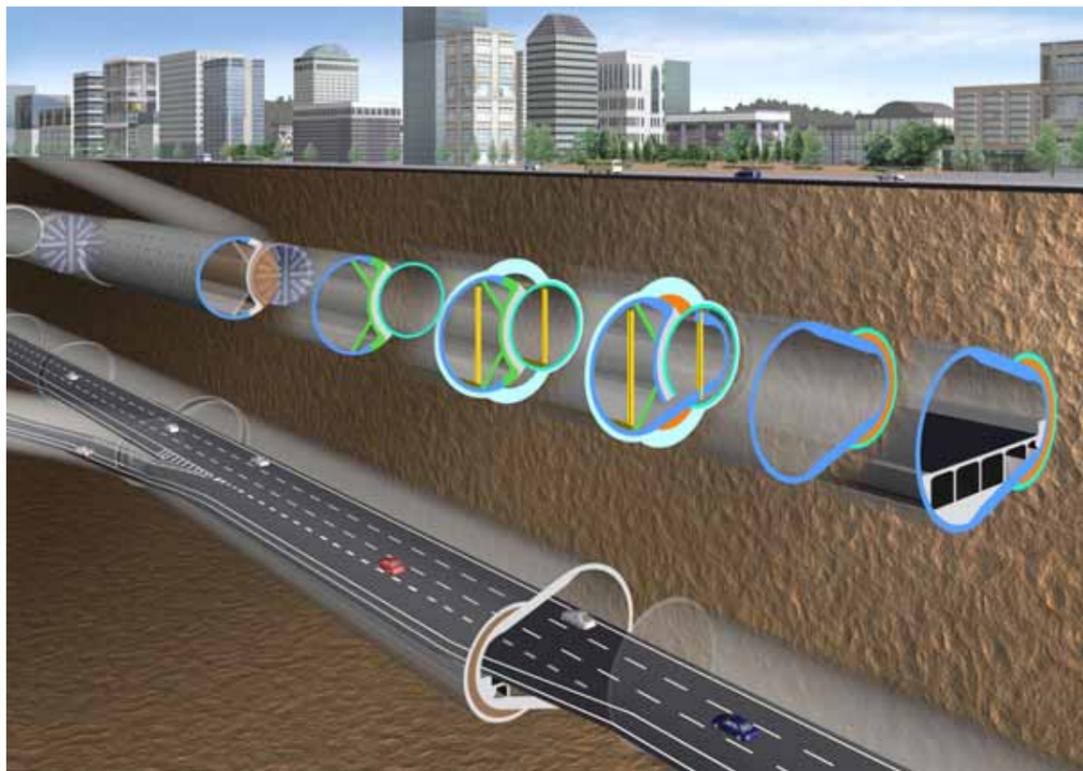
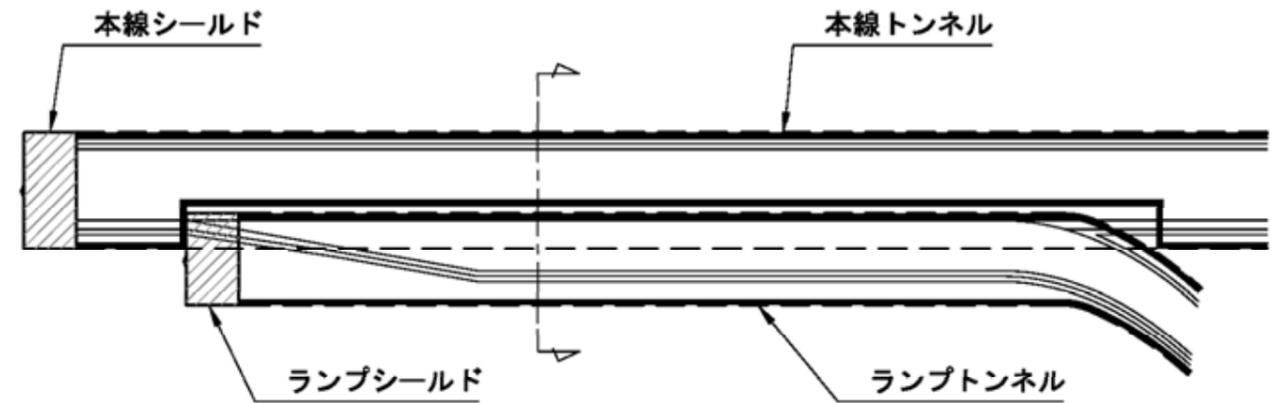


図 - 2.1 D-Shape シールド工法施工イメージ図

【平面図（施工時）】



【断面図】

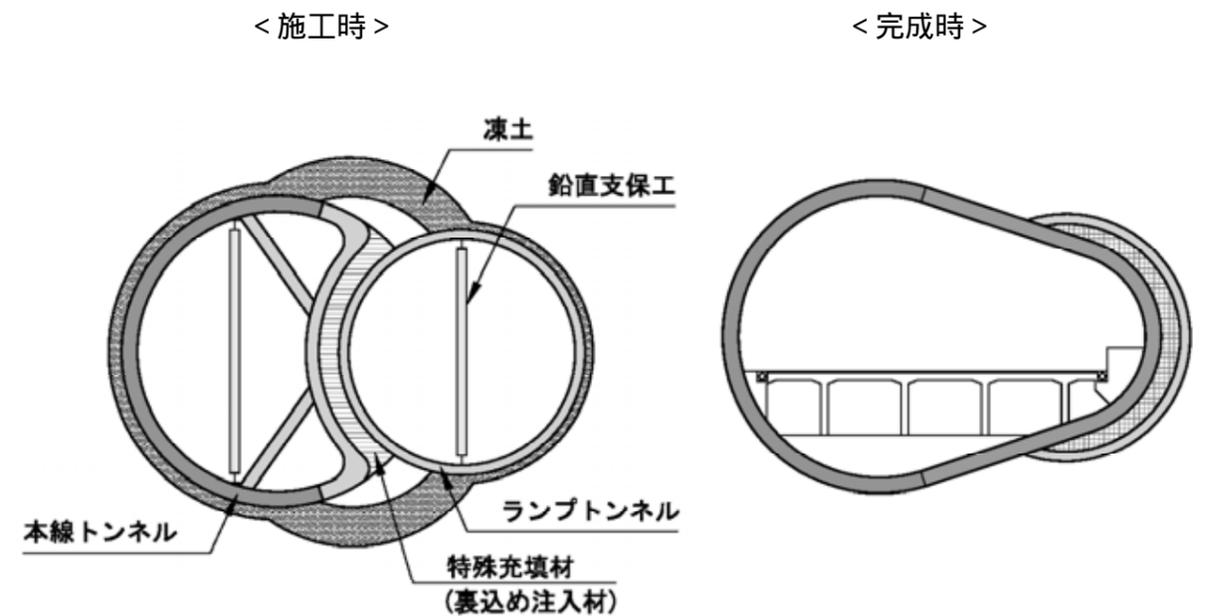


図 - 2.2 地下ランプ部構造概要図

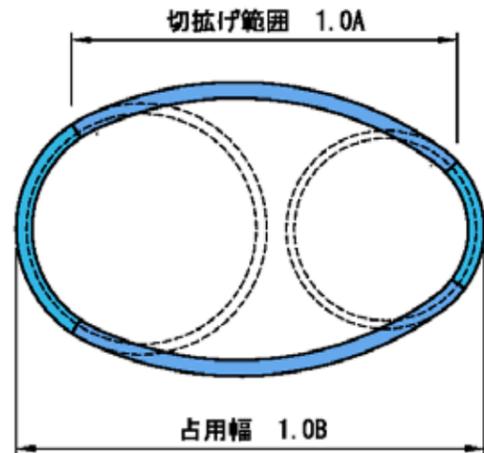
2 . D - Shape シールド工法の適用メリット

D - Shape シールド工法は、断面形状の変化に伴うシールド機の入替えが不要となるため、中間立坑や地上部の占有を必要とせず、完全な非開削施工を可能とした。

また、図-2.1 に示すような円形トンネル同士を大規模な補助工法を併用して接続する従来工法と比較した場合、D - Shape シールド工法を適用した場合には占有幅を約 20%小さくすることができる。

さらに、接合部の切掘り範囲についても、円形トンネル同士を接続する従来工法と比較して約 80%低減することができるため、補助工法の規模を大幅に縮小でき、施工時の安全性を大幅に高めるとともに、接続工の大幅な工期短縮を可能とするものである。

【円形トンネル同士の接続（従来工法）】



【D - Shape シールド工法の場合】

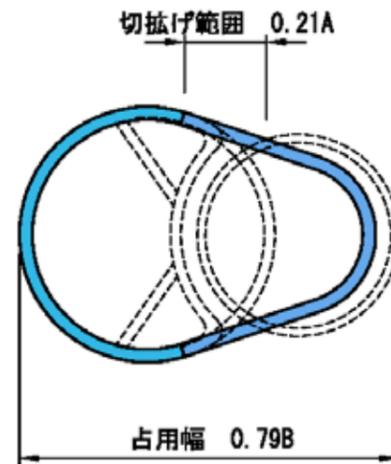


図 - 2 . 3 従来工法と D-Shape シールド工法の合流部断面比較

3 . D-Shape シールド工法の施工手順

D - Shape シールド工法の施工手順図(補助工法として凍結工法を採用した場合)を、図-3.1 に示す。

STEP 1 ; 本線シールド施工

円形マシン内で D 形のテールを設置し、D 形覆工を構築する。なお、拡大テールポイドには特殊充填材（裏込め注入材相当）を充填する。

STEP 2 ; ランプシールド施工

本線トンネルに徐々に近接し、円形ランプシールドトンネルを施工する（拡大テールポイド部を切削しながら所定の位置まで近接）。

STEP 3 ~ 4 ; 接続部山留め工

凍結膨張圧やセグメント撤去に伴うトンネル変形防止のための支保工を設置

した後、接合部掘削時の止水と山留めのために凍土を造成する。

STEP 5 ~ 8 ; 接合部セグメント撤去 & 接合部覆工組み立て

接合部のセグメントを撤去した後、接合部トンネル覆工を組立て、その背面の充填を行う（下半 上半の順に施工）。

STEP 9 ; 接合部覆工完成

鉛直支保工および内部セグメントを撤去した後、凍土の解凍を行って内部躯体が構築する。

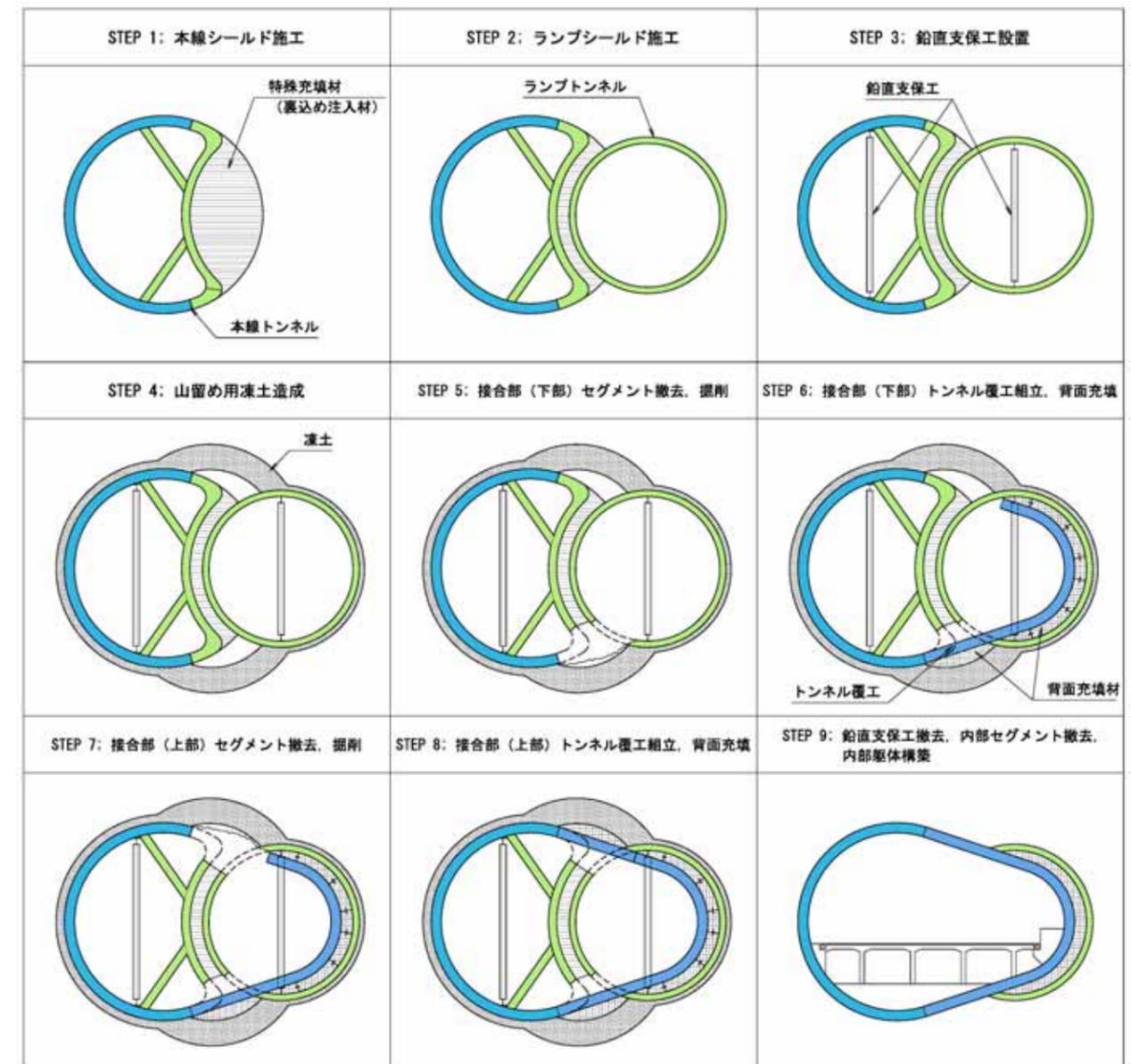


図 - 2 . 4 施工手順図（補助工法として凍結工法を採用した場合）

4 . D-Shape シールド工法の要素技術

4.1 D-Shape シールド工法対応マシン

D形トンネルの施工を行う場合には、シールド掘進を一時停止し、シールドマシンを土中で改造する必要がある。

マシン改造の手順は、まずD形の覆工形状に合致するテールシールドをテール内に増設し、シールドジャッキを盛り替えるとともに、円形からD形移行に伴って発生する拡大テールボイドの妻部に遮水ユニットを設ける。なお、遮水ユニットには同時裏込め注入装置を配備する。本線トンネルを円形～D形に変化させる部分のトンネル施工概念図およびマシン概念図を、図-4.1～図-4.2 にそれぞれ示す。

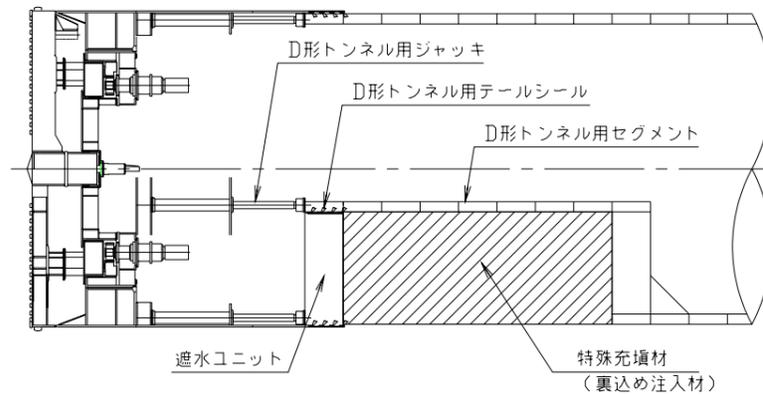


図 - 2 . 4 D形トンネル施工概念図

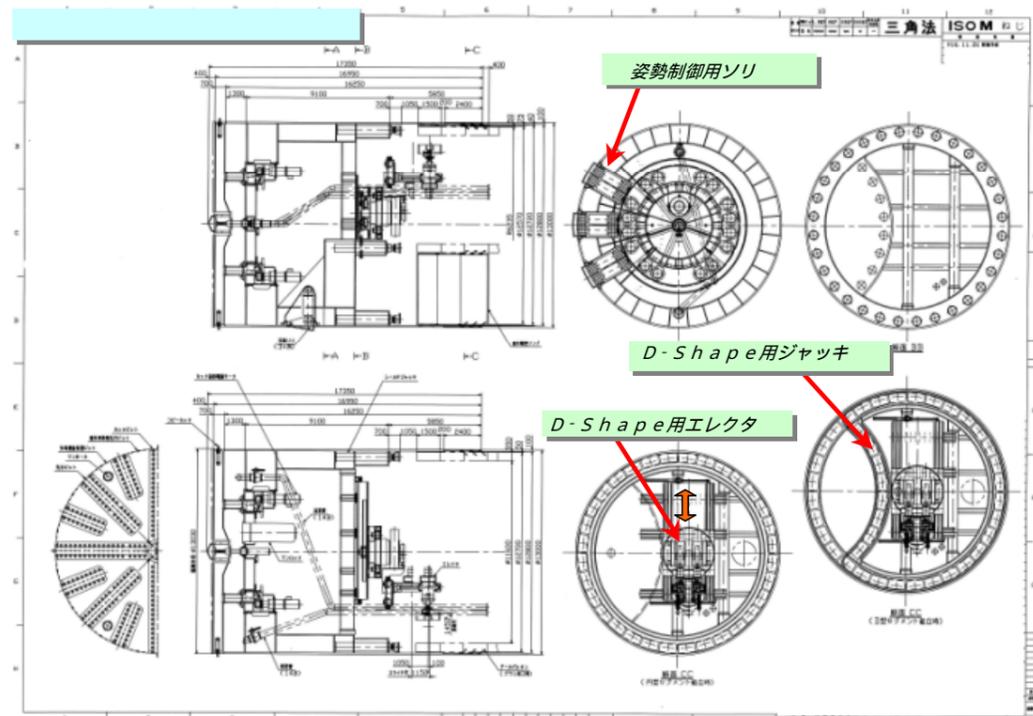


図 - 2 . 5 D-Shape シールド機概念図

4.2 拡大テールボイド部特殊充填材のラップ切削

既設トンネルの拡大テールボイド部の特殊充填材をラップ切削する技術については、実証実験を経た上で、MMST工事にて実証施工済みです。

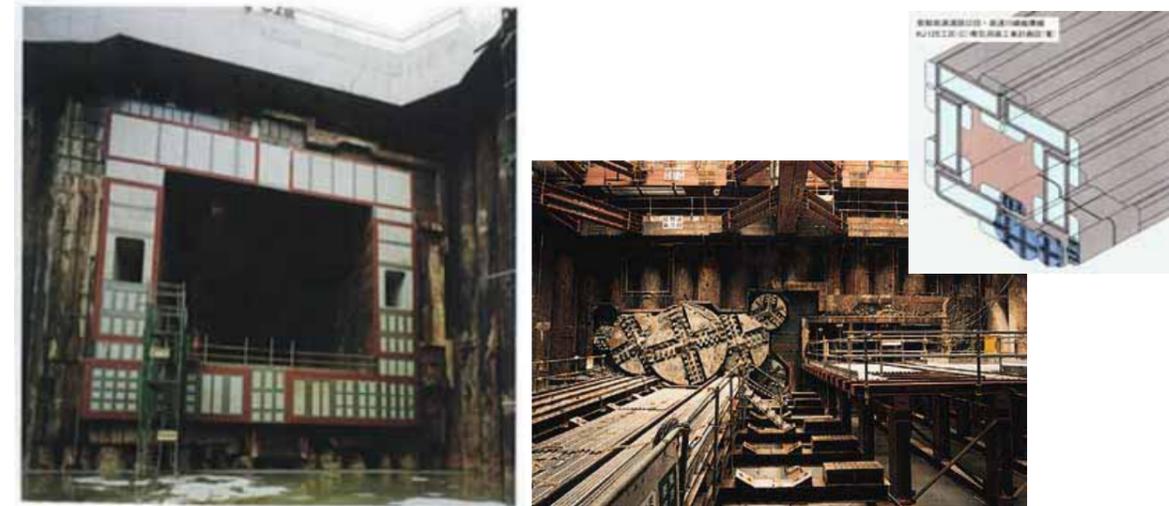
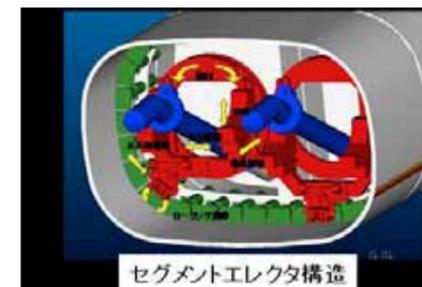


図 - 2 . 6 首都高MMST工法の実証施工事例

4.3 異型セグメントの組立およびテール部止水性

シールド内で異型セグメントを組立てる技術、異型テールシールドでの止水技術については、実証実験を経た上で、複円形シールドおよび矩形シールドにて実証施工済みです。



セグメントエレクタ構造



京都市交通局
での施工事例
(B=10.3m、
H=6.9m)



大阪市交通局
での施工事例
(B=17.5m、
H=7.5m)

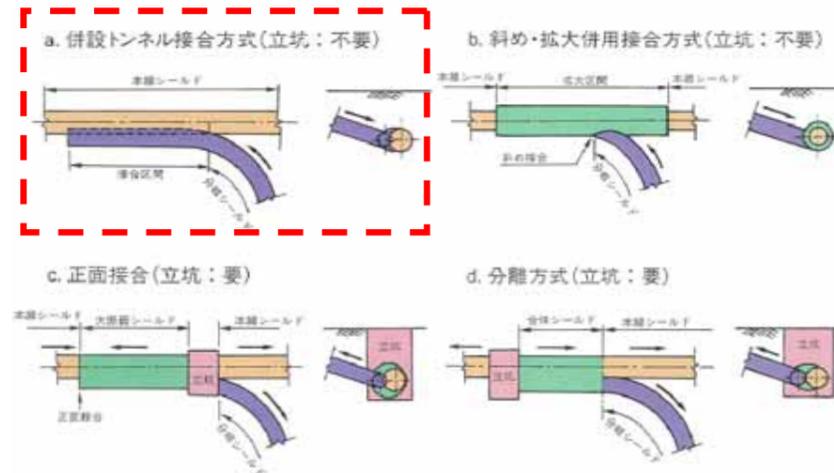
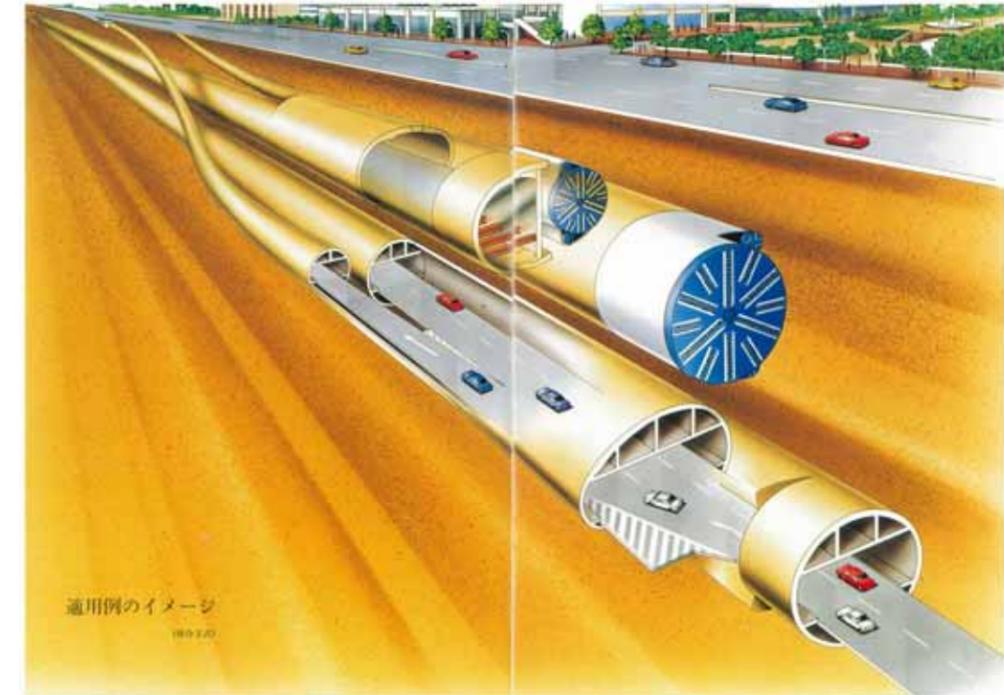
図 - 2 . 7 異型シールドによる実証施工事例

5 . おわりに

D-Shape シールド工法は、これまでに述べてきたように、工法の成立に必要となる各要素技術は既に実用化されているため、実用化に向けて残された技術課題としては、大断面シールドトンネルにおける施工の確実性検証のみであると判断している。

当社は、大深度道路トンネルの地下ランプ部への適用（実用化）を目指して、今後も技術鋭意開発に取り組む所存である。

なお、D-Shape シールド工法は、1988 年度から 4 年間に亘って研究された建設省総合技術開発プロジェクト“地下空間の利用技術の開発”のうち、特殊断面シールドの設計・施工技術に関する研究「シールドの拡大・分岐・接合技術」として検討された地下ランプ部非開削施工法の成果のうち、【接合方式】として取り上げられた施工法をさらに現実的な施工法としてブラッシュアップして取り組んでいるものである。^{*}



注) 本頁に記載の図およびパースは、全て「総プロ報告書」からの転載です。

