九州初の「道路シールドトンネル」について
〈鹿児島東西道路シールドトンネル〉

国土交通省　九州地方整備局　鹿児島国道事務所　工務課

1　はじめに

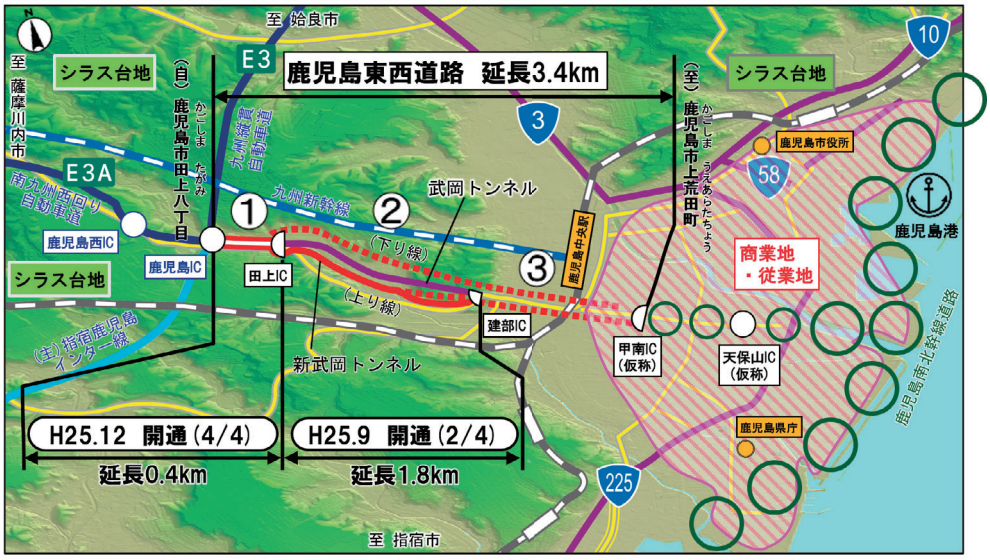
鹿児島東西道路は、鹿児島市中心市街地部に位置する延長 3.4km の自動車専用道路であり、このうち、延長 2.3km はシールドトンネルで計画されている。

本トンネルは、九州で初めてとなるシールド工法を用いた道路トンネルであり、これまでに、立坑工事やシールドマシン組立等の準備を進め、令和 5 年 11 月に掘削を開始した。

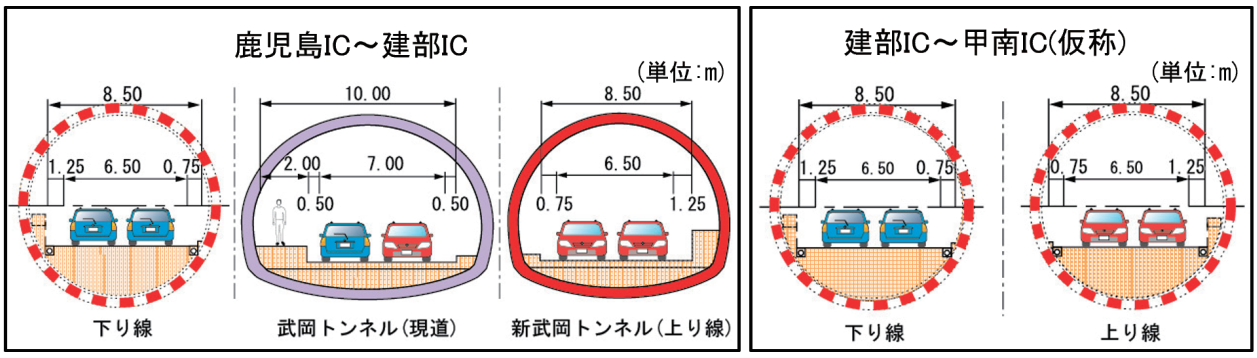
今回、当該事業の整備効果やシールドトンネル工事について紹介する。

2　事業の概要

鹿児島東西幹線道路は、九州縦貫自動車道や南九州西回り自動車道及び指宿スカイライン等との結節点である鹿児島 IC と鹿児島市中心市街地および重要港湾である鹿児島港を結ぶ延長約 6.0km の高規格道路であり、鹿児島 IC から鹿児島市街地へのアクセス機能を強化するとともに、都市交通の円滑化と交通混雑の緩和を目的とした道路である。（図－ 1）



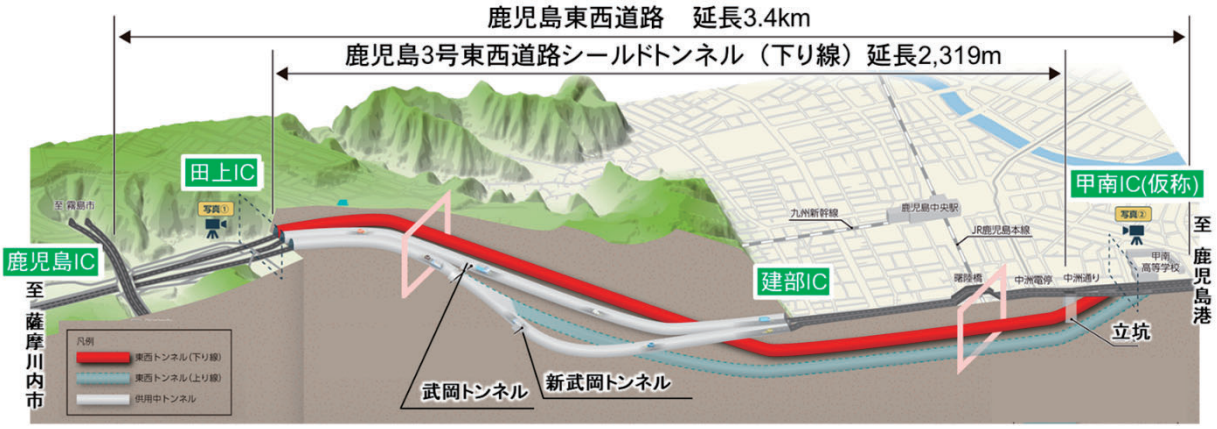
図－ 1　鹿児島東西幹線道路概要図



図－ 2　標準横断図

鹿児島東西道路は、鹿児島東西幹線道路の一部であり、鹿児島ICから（仮称）甲南ICに至る延長約3.4kmの区間であり、平成13年度に事業化されている。これまでに鹿児島ICから田上IC間の上下線延長約0.4kmが完成供用、田上ICから建部ICまでの上り線延長約1.8kmが暫定供用されている。

赤色で着色している部分が（仮称）東西トンネル（下り線）であり、供用中の武岡トンネル、新武岡トンネルに続く当該区間3本目のトンネルとなる。そのうち、延長2,319mのトンネル区間はシールド工法を採用した。（図－3）



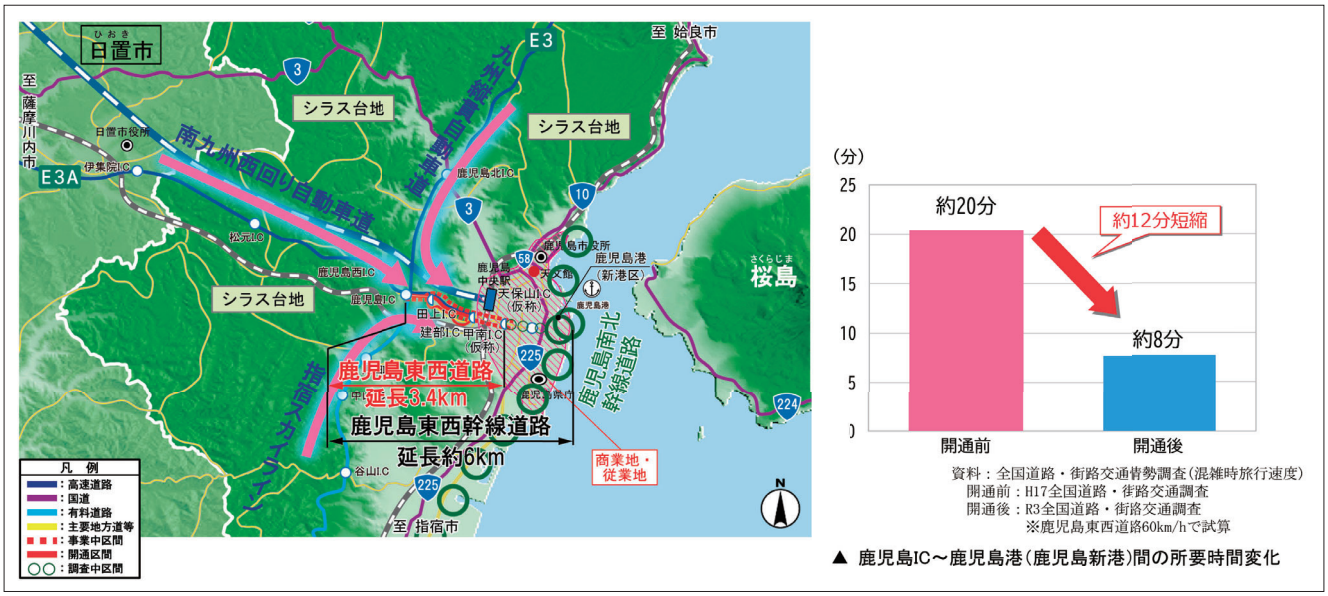
図－3　鹿児島東西道路の概要図

3　整備効果

3.1　広域交通ネットワークの形成

鹿児島東西道路を含む鹿児島東西幹線道路は、九州縦貫自動車道等の他の高規格道路・主要幹線と一体となって広域ネットワークを形成している。

鹿児島東西道路の整備で、鹿児島ICから鹿児島港までが12分短縮するなど、鹿児島港や鹿児島市中心市街地と周辺地域のアクセス機能強化により、広域交流・物流効率化を支援する。（図－4）



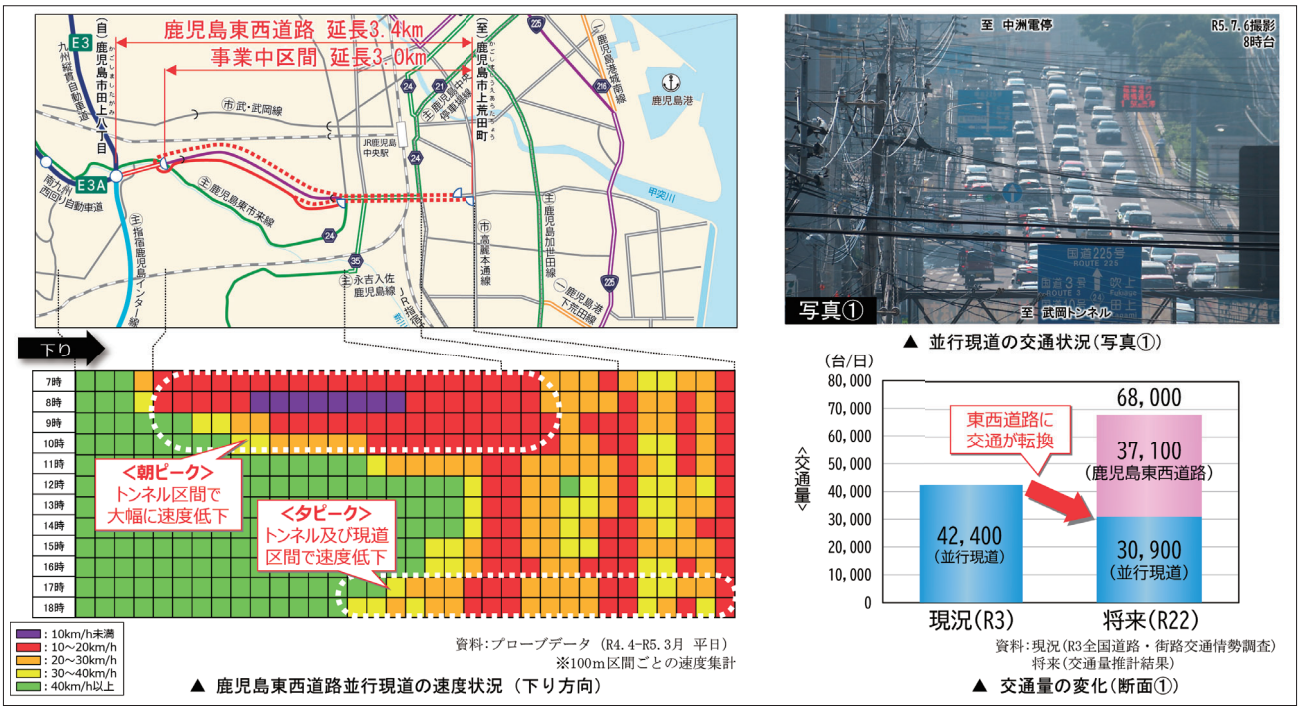
▲ 鹿児島IC～鹿児島港（鹿児島新港）間の所要時間変化

図－4　鹿児島都市圏の広域道路網図

3.2　交通混雑の緩和

事業中区間の並行現道では慢性的な速度低下が発生し、特に朝の武岡トンネル区間での速度低下が顕著で 10km/h に満たない区間も存在している。

鹿児島東西道路の整備により交通が分散され、交通混雑の緩和が期待される。（図－ 5）

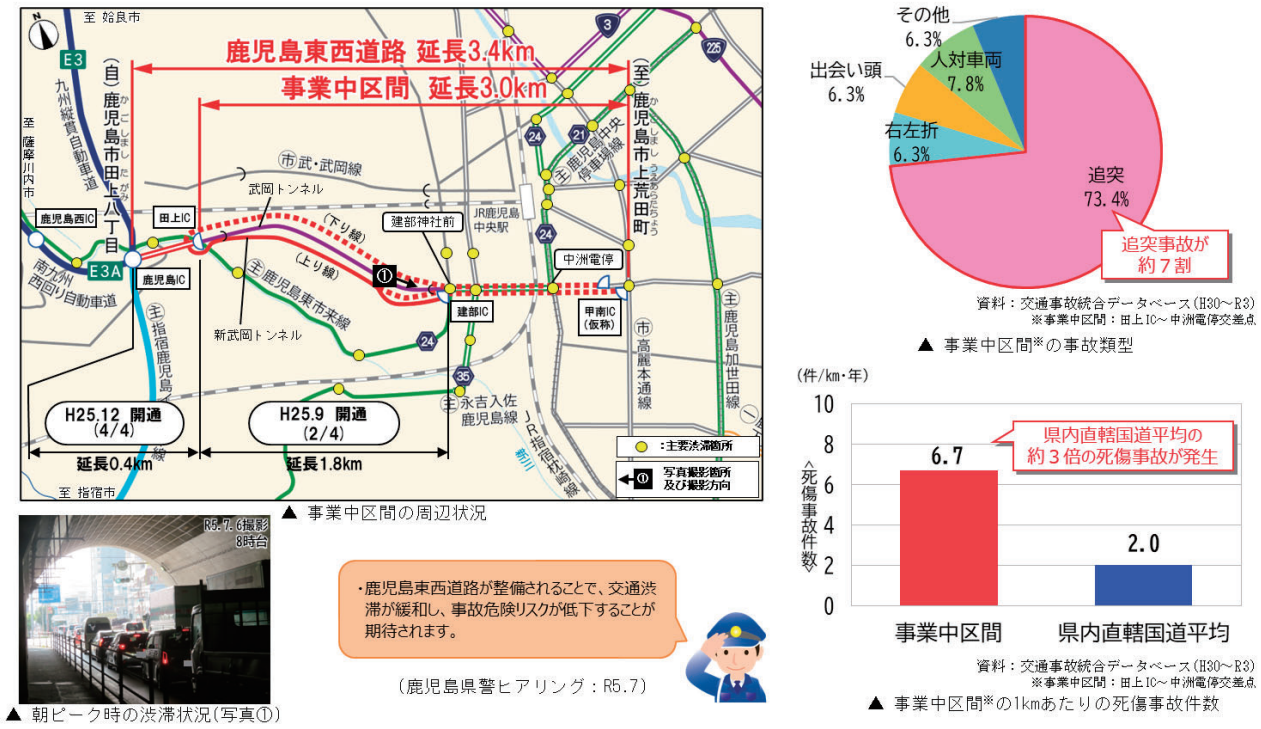


図－ 5　交通混雑の緩和

3.3　交通安全の向上

事業中区間の並行現道では、交通渋滞が原因と想定される追突事故が全体の約 7 割を占めており、死傷事故件数は県内直轄国道平均と比べ約 3 倍と多く発生している。（図－ 6）

鹿児島東西道路の整備により交通が分散され、交通混雑が緩和し、交通安全性の向上が期待される。

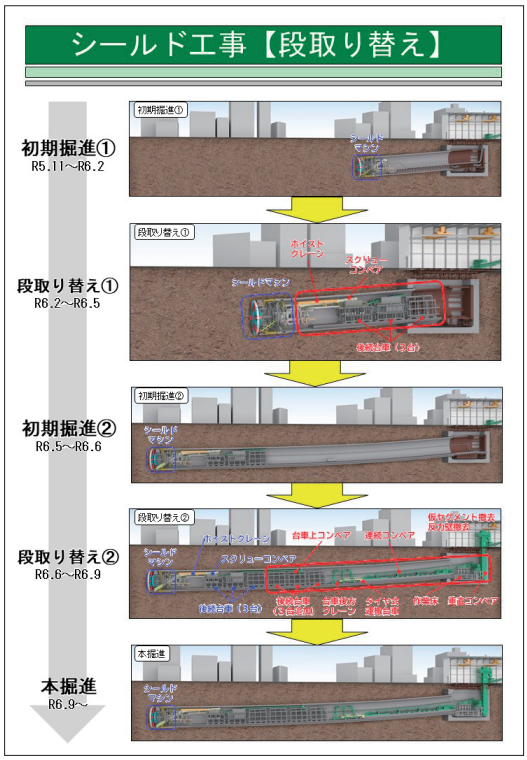


図－ 6　交通安全の向上

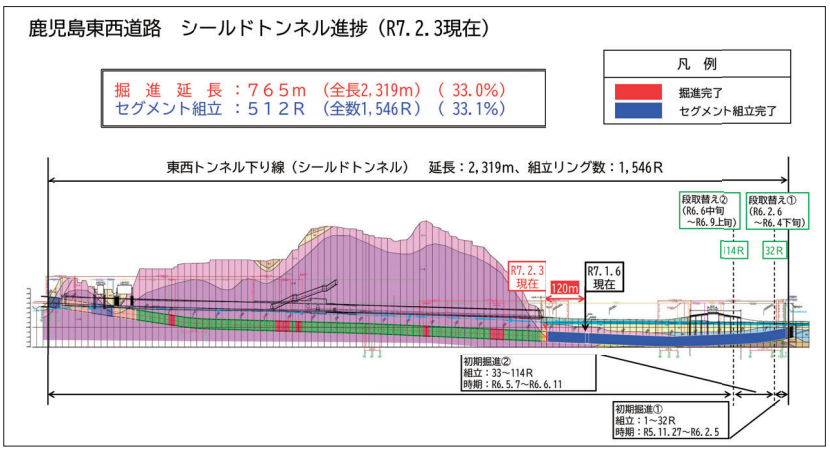
4 工事の進捗状況

令和５年 11 月のシールド機発進以降、初期掘進（初期掘進①、②）やシールド機の後続の設備関係の準備（段取り替え①、②）を進め、設備関係の準備が完了した令和６年９月から本掘進を開始した。（図－７）

令和７年２月現在で 765m（全体 2,319m）を掘進しており、市街地部における鹿児島市電の直下や、JR 九州の軌道直下を掘進し、問題なく通過した。（図－８）



図－７　シールド工事の段取り替え図



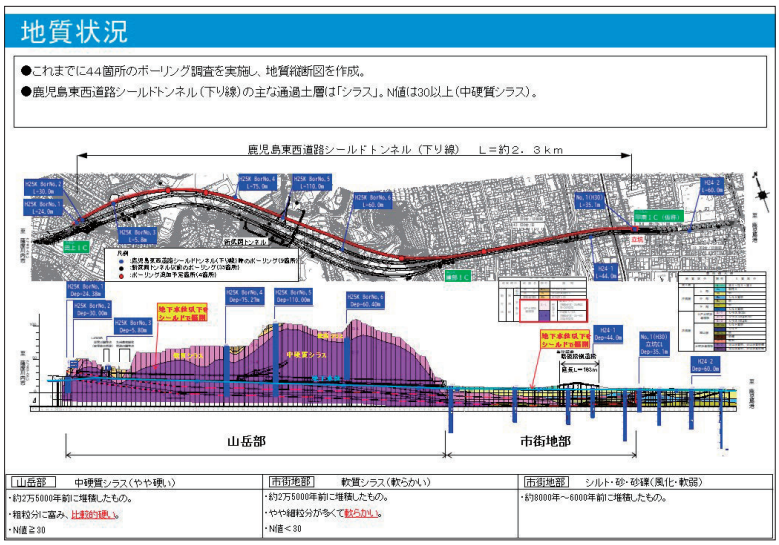
図－８　シールド工事の進捗状況図

5 工事の特徴

5.1　地質状況

シールドトンネル通過土層は南九州地方の特殊土である「シラス」土層であり、ガラス質土粒子のインターロッキング（かみ合わせ）効果による空隙の大きさや崩れやすさなどの強度・変形特性の不確実性、さらに火山活動による酸性土壌での地盤改良効果の低減など多様な顔を持つ地盤である。

山岳部はＮ値 30 以上の中硬質シラスであり、また、市街地部はＮ値 30 未満の軟質シラスで構成されており、石英を多く含む土質に対応したカッタービット等を装備することで、ビット交換を必要とすることなくシールド工法で施工可能と判断した。（図－９）

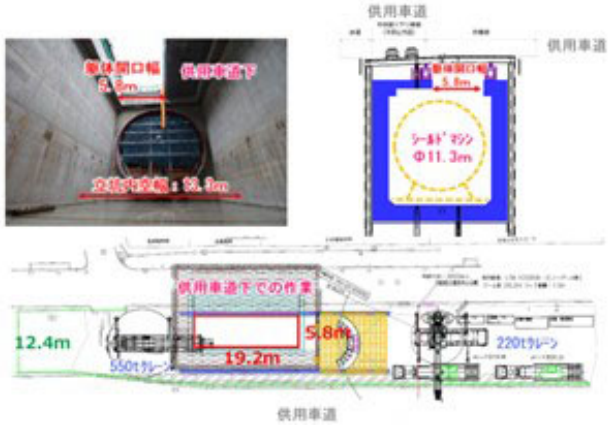


図－９　地質状況

5.2　狭小空間でのシール機組立

当該現場は、日交通約 43,000 台が通行する主要幹線道路である市道中洲通線に発信基地（立坑）を配置したことから、立坑の大きさの制限や、車道を確保するために立坑頂部に覆工板を設置したため、開口部（5.8m）が狭隘であり、シールド機の組立に時間や労力を要したが、約 10 ヶ月を費やし、令和 5 年 4 月に組み立てが完了した。（図－ 10、11、写真－ 1、2、3、4）

写真－ 1　上空写真

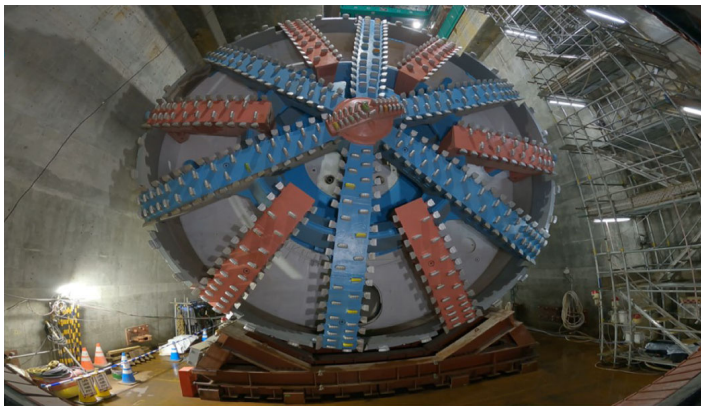


図－ 10　立坑図

図－ 11　シールド機組立要領図

写真－ 2　シールド機の組立状況

写真－ 3　シールド機組立完了①



写真－ 4　シールド機組立完了②

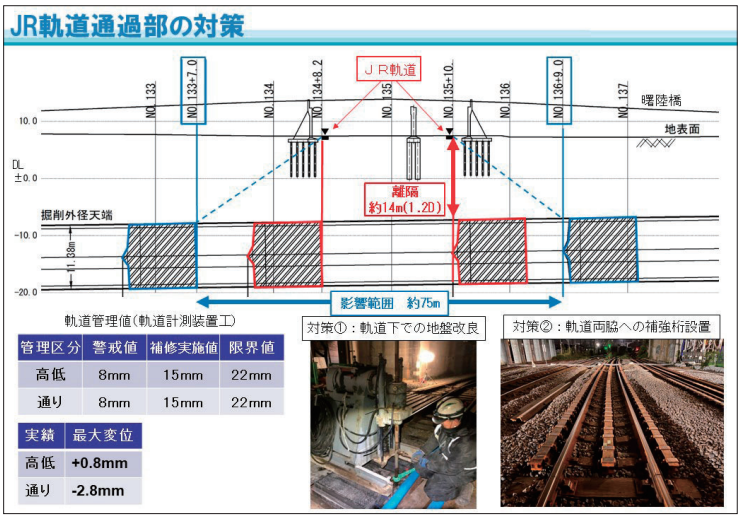
5.3　シラス地質における施工工法

シラス地山は水の浸食に対して極めて弱い性質があるが、浸食されない限り、強度は比較的大きい。また、山岳（NATM）工法のように掘削により切羽を一時的に完全に開放すると、切羽面の崩落が生じる可能性がある。よって、地下水の大きな移動が生じず、切羽も掘削土砂と添加剤（気泡材、ベントナイト等）により圧力が保持され、かつ、シールド機前面に泥土を充満させて切羽に圧力を掛けながら施工を行う、泥土式シールド工法を採用した。

5.4　JR 軌道直下の交差・近接施工

甲南 IC 側から発進して約 200m 進んだ位置に、重要施設である JR 九州の軌道と交差及び近接する。軌道とトンネル天端の離隔は約 14m、影響範囲の延長は約 75m である。（図－ 12）

安全にシールドを通過させるため、JR 軌道敷地内で 2 つの対策工事を実施した。1 つ目は、軌道下の地盤改良工事を実施。2 つ目は、軌道の両脇に補強桁の設置を行った。併せて、シールド通過前～通過後において、軌道変位の自動計測を行った。



図－ 12　JR 軌道通過部の対策

軌道計測の結果は、管理値に対して、実測値は「高低差」は＋ 0.8mm、「通り」は－ 2.8mm であり、一次管理値に相当する警戒値よりも小さい値で収束しており、軌道直下を無事に通過した。

6　安全管理

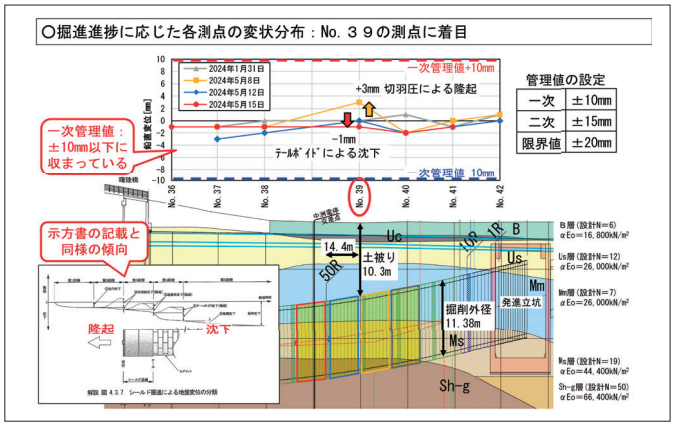
6.1　地上部における地盤変状測量

図－ 13 に図示のように、シールド機前後の全長約 75m の範囲を影響範囲とし、水準測量を実施して地表面の変状を把握している。計測頻度は、シールド機の影響範囲を 1 回 / 日で計測し、シールド機が通過して影響範囲から外れた後は、1 年間、1 回 / 四半期（合計 4 回）の頻度で計測を行っている。（図－ 13）

事後の測量結果を含めて、現在のところ異常はない。

図－ 14 の資料は地盤変状測量結果の一例である。グラフは、シールド機の掘削進捗に応じた各測点の変状分布を示しており、グラフの色と、下の縦断図のシールド機の位置の色を対応させている。特に、No.39 の測点に関して着目すると、シールド機が近づくことによる隆起傾向や、シールド機が通過した後に沈下傾向にあることが分かる。変位量は一次管理値の± 10mm に対して、＋ 3mm から－ 1mm と十分小さな範囲であり、地盤変状を確実にコントロールした掘進管理が出来ているものと考えられる。なお、これらの隆起や沈下の傾向は、「トンネル標準示方書」に記載されている内容と同様の傾向である。（図－ 14）

図－ 13　地上部における地盤変状測量



図－ 14　地盤変状の測量の例

6.2　切羽の管理

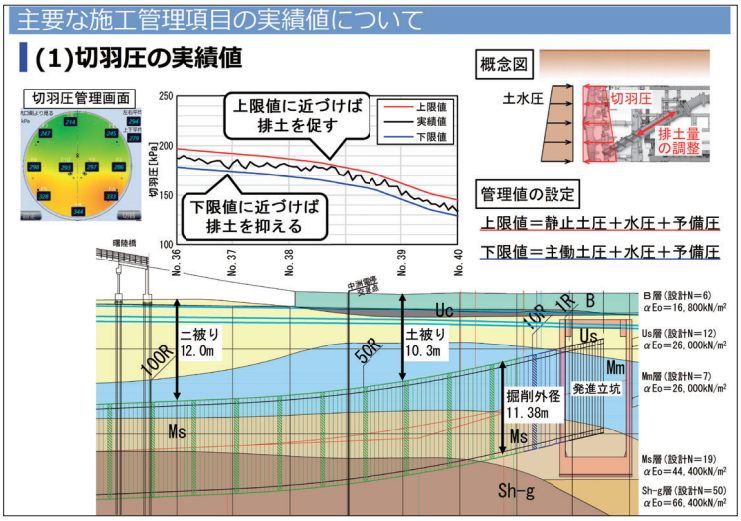
以降について、主要な施工管理項目である、切羽圧、排土率、裏込め注入について、説明する。

切羽圧は、図－15の概念図に示すように掘削時に作用する土圧と水圧に対抗させて、掘削面の圧力バランスを保つことで、周辺への影響を小さくさせるための圧力であり、左上の切羽圧管理画面に示すように、左右上下に設置した10個の圧力計により、切羽圧をリアルタイムに計測している。管理値の設定は、上限値を静止土圧より、下限値を主働土圧より設定している。

また、本工事では、縦断勾配が大きい区間があるため、土被りに応じてセグメント1リング毎（1.5m）に管理値を設定している。

切羽圧の実績値をグラフ上に黒線で示しているが、赤線で示す上限値と、青線で示す下限値の範囲に収まっており、良好に管理できていることが確認できる。

これは、右上の概要図で示すように、切羽圧と排土量には連動があることから、切羽圧が上限値に近づけば排土を促して切羽圧を下げる、逆に切羽圧が下限値に近づけば排土を抑えることで切羽圧を上げる、という手法で施工管理をすることで、管理値の中で施工管理を行うことに努めている。（図－15）



図－15　切羽圧の管理

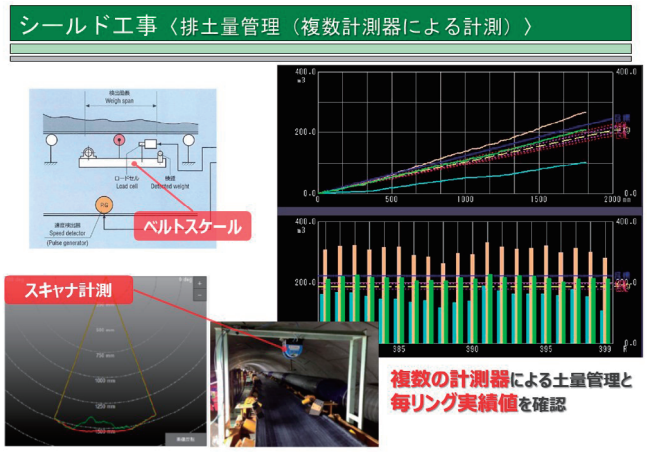
6.3　排土量、排土率の管理

排土量はレーザースキャナー（体積）とベルトスケール（重量）の2種類で管理し、計測結果をリアルタイムで反映させることとした。（図－16）

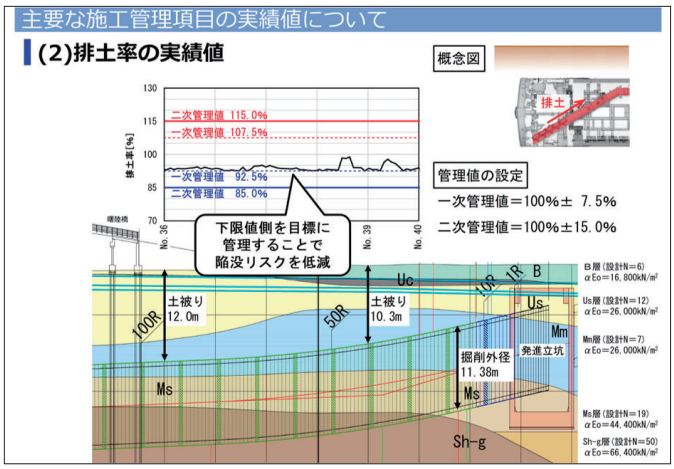
また、排土率は、掘削断面積と掘進距離から求まる理論上の排土量を、排土率100％として、1次管理値±7.5％、2次管理値±15％として設定した。これは東京外かく環状道路での、陥没事故の再発防止対策資料を参考に設定した。

実績値は、一次管理値の範囲内で排土できていることが確認できる。

本工事においては、管理幅の中でも下限値側を目標に管理をしており、排土量を抑える、つまり過剰な排土を抑えることで、陥没リスクの低減を図っている。（図－17）



図－16　排土量の管理



図－17　排土率の管理

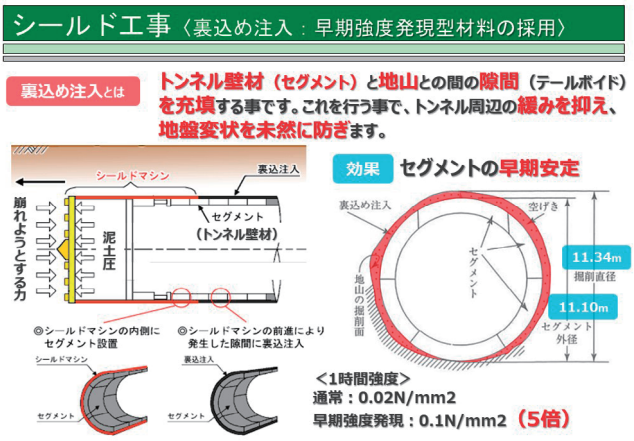
6.4　裏込め注入の管理

裏込め注入は、セグメントと地山との隙間であるテールボイドを、掘進が進むのと同時に充填し、地盤変状を防ぐためのもので、注入圧力と注入量で管理している。管理値の設定は、切羽圧の値を下回らないよう、切羽圧の上限値に対して、＋ 20kPa から＋ 200kPa の範囲で設定している。（図－ 18）

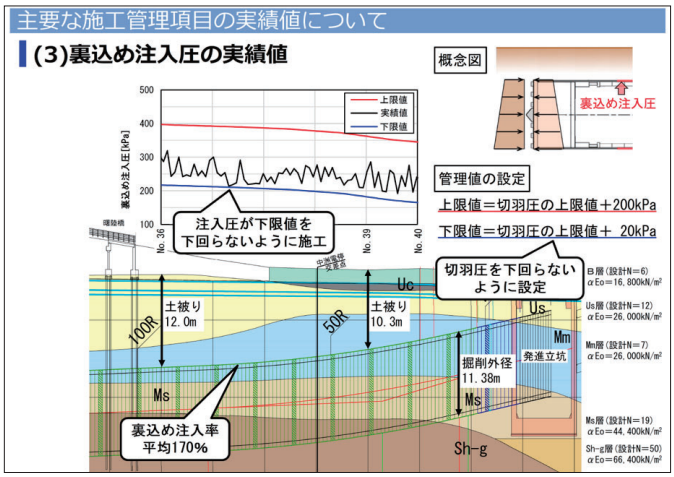
実績値は、上限値と下限値の範囲の中で管理できていることが確認できる。

なお、この区間の裏込め注入率は平均 170％となっており、テールボイドに、確実に裏込め材が注入できていることを確認している。（図－ 19）

この値は「トンネル標準示方書」に示されている一般的な裏込め注入率の数値 130％～ 170％の中で、相対的に高めの数値となっている。この原因として、当該地盤が火砕流由来のシラス地盤であり、多孔質な土粒子構造を有することから、地盤の中の空隙が相対的に大きいことが挙げられる。現場では、シラス地盤という特殊な地盤に対応しながら、周辺地盤への影響を抑制できるように、施工管理を行っている。



図－ 18　裏込め注入



図－ 19　裏込め注入圧の管理

7　シールド発進式典

写真－ 5　中洲小学校での出前講座の様子

7.1　出前口座

シールド機の発進式を行うにあたり、地元の中洲小学校の 2 年生～ 6 年生（計 315 人）に出前口座を行い、シールド機の名前を募集した。（写真－ 5）

写真－ 6　鹿児島 YMCA のダンス

7.2　オープニングアクト

令和 5 年 11 月 4 日（大安）の 15 時より、現場の防音ハウス内で、発進式典を実施した。

オープニングアクトとして、世界最大のチアダン

ス大会で 2023 年に第 2 位に輝いた「鹿児島 YMCA」によるパフォーマンスで会場は大いに盛り上がった。（写真－ 6）

7.3 『シールどん』命名式

次にシールド機の命名式を実施した。応募数が最も多かった名前は、鹿児島の偉人である「西郷隆盛（西郷どん）」と「シールド機」を掛け合わせた『シールどん』であった。（図－ 20、写真－ 7）

図－ 20　シールどん

7.4　発進式

式典には、関係者約 100 名が出席し、盛大に発進式が行われた。（写真－ 8）

写真－ 7 『シールどん』命名式

写真－ 8 『シールどん』発進

8 終わりに

九州の道路トンネルでは初めてとなるシールド工事が令和 5 年 11 月に発進し、令和 7 年 2 月現在で約 3 割の掘進が完了した。現在、土被り 10m 程度の市街地部を掘進しており、その間、重要施設である鹿児島市電の直下や、JR 九州の軌道直下を問題なく通過した。

今後は最大土被りが 100m 程度の山岳部に入り、到達は令和 7 年の冬頃を予定している。到達後は、トンネル内の非常駐車帯や非常口のための地中拡幅工事や、明かり部の工事を予定しているが、まずはシールドトンネルが無事に到達するよう安全第一で工事を進めたい。