

東京外環（関越～東名）中央JCT北側ランプシールド工事における安全施工のための取組について

佐藤 司

元 東京外かく環状国道事務所 工務課（〒158-8580 東京都世田谷区用賀4-5-16）

現 長野国道事務所 中部横断自動車道出張所（〒385-0028 長野県佐久市佐久平駅東3-3）

東京外かく環状国道事務所では、東京外かく環状道路（関越～東名）開通に向け、国土交通省、東日本高速道路（株）、中日本高速道路（株）の3事業者で事業を進めており、現在鋭意工事を施工中である。

本事業では、令和2年10月に東京都調布市東つつじヶ丘2丁目で陥没・空洞事故が発生した。その後、有識者委員会で発生メカニズム、再発防止策の提言がまとめられ、本工事でも再発防止をとりまとめ、より一層の安全施工が求められている。

本稿では、現在の東京外環中央JCT北側A・Hランプシールド工事の安全施工の取組について紹介する。

キーワード 東京外環，シールド，施工管理

1. はじめに

東京外かく環状道路は、都心から約15kmの圏域を環状に連絡する延長約85kmの道路であり（図-1）、首都圏の渋滞緩和、環境改善や円滑な交通ネットワークを実現する上で重要な道路である。現在、関越道と交差する大泉JCTから高谷JCTまでの約49kmが開通しており、大泉JCTから東名高速までの約16kmの区間の整備を国土交通省、東日本高速道路（株）、中日本高速道路（株）の3事業者で事業を進めている。

東京外環（関越～東名）の特徴は、区間の大部分が地下40m以深の大深度地下としたトンネル構造で

あり、シールドマシンと呼ばれる掘削機により地中を掘り進めるシールド工法によりトンネルを構築する点である。

本稿では、関越～東名区間のうち、国土交通省の工事担当区間である中央JCT（仮称）北側から本線トンネルへの接続するランプシールドトンネル工事における安全施工のための取組について紹介する。

(1) 工事概要

「東京外環中央JCT北側Aランプシールド工事」

「東京外環中央JCT北側Hランプシールド工事」は、中央道と外環道並びに一般道とを相互乗り入れするためのランプをシールド工法により構築する工事である。

「東京外環中央JCT北側Aランプシールド工事」では約650m、「東京外環中央JCT北側Hランプシールド工事」では約410mの区間を施工する。掘削地盤は舎人層で、砂、礫、粘性土層の互層となっている。掘削断面の細粒分が少なくと塑性流動性の確保が難しいとされる区間も確認されている（図-2）。



図-1 東京外かく環状道路

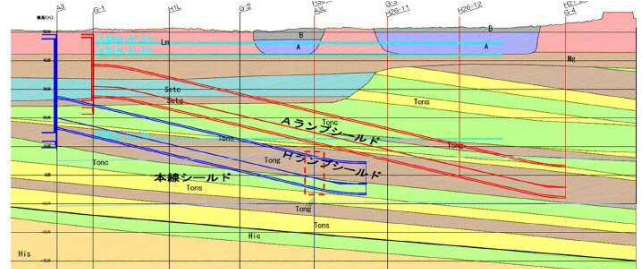


図-2 路線地質縦断図（平成26年度時点）

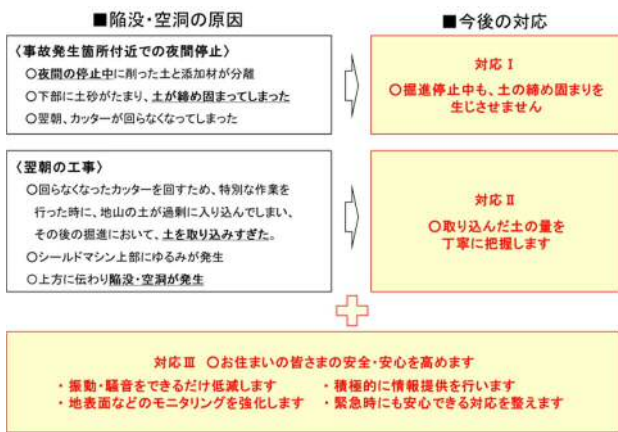


図-3 事故を踏まえた今後の対応

2. 安全施工のための取組

2-1-① 事故を踏まえた今後の対応

令和2年10月の陥没事故を受けて、令和3年12月に図-3のとおり「再発防止対策及び地域の安全・安心を高める取り組み」において今後の対応Ⅰ～Ⅲがとりまとめられた。

本稿では、対応Ⅰと対応Ⅱについて施工管理における部分を後述する。

2-1-② 対応Ⅰ

事故発生箇所付近での夜間停止により削った土と添加材が分離し、土が締め固まってしまう、翌日のカッター回転が出来なくなってしまった。本工事では、掘進停止中も土が締め固まらない添加材を実験で確認し、さらに実際には出現しがたい厳しい想定でも実験をおこなった。実験結果として7日後でも分離しない添加材を常に使用可能な状態として掘進に取り組んだ（図-4）。

また、シールドトンネル工事においては、「切羽の安定」が最重要とされており、掘進地盤にあわせた適切な添加材を使用し、チャンバー内の土砂の塑性流動性を確保し地山側の土圧・水圧とバランスがとれるような状態を保つことが求められる。そのため、本工事では・カッタートルク値・チャンバー内圧力勾配・手触り目視での排土性状・ミニスランプ試験での排土性状・粒度分布試験での排土変化の確認等をおこなっている。

施工時に掘進操作室でのリアルタイム監視をおこない、管理値以下であることの確認や、急激な変動



図-4 添加材試験（左が添加直後、右が7日後）

の有無の確認をおこなっている。

2-1-③ 対応Ⅱ

事故発生時のカッター回転不能への対応としておこなった特別な作業時に、地山の土の取り込みすぎが起きたため、シールドマシン上方にゆるみが発生し、陥没・空洞が発生したため、土の取り込み量について従来の管理方法より管理値を厳格化し、新たな項目を追加して、兆候の早期把握に取り組んだ（図-5）。

事故を踏まえた対応として管理値を±10%から±7.5%に厳格化した掘削土重量、排土体積において添加材を控除する場合と添加材を全て回収した場合の排土重量を算出し前20リング平均との比較を実施している。

また、新たに排土率を各リング毎の管理として排土量管理を実施している。

各管理値内かどうかの確認に加え、全体の傾向の把握もおこなっており、高めだと過取り込み傾向で地表面沈下の危険性、低めだと地表面隆起の危険性があるため、傾向の確認もあわせて実施している。

また、切羽の安定管理・掘削土量の管理を事前にフローを取り決め、管理を行っている。

3. 本工事での特有の取組

前章で記載した内容に加え、本工事ではより安全に掘進を行うための現場での対応として「現場内での簡易粒度分布試験」を実施している。

3-1-① 実施背景

本事業ではシールド掘進を行うために掘進地盤に適した添加材の選定（事前に模擬土を用いて添加材の配合等の確認を実施）、シールド熟練工による手触り・目視（毎リング掘進時に実施）、20リングに1回の粒度分布試験の実施（結果の報告まで約2週間程度）をすることとしている。

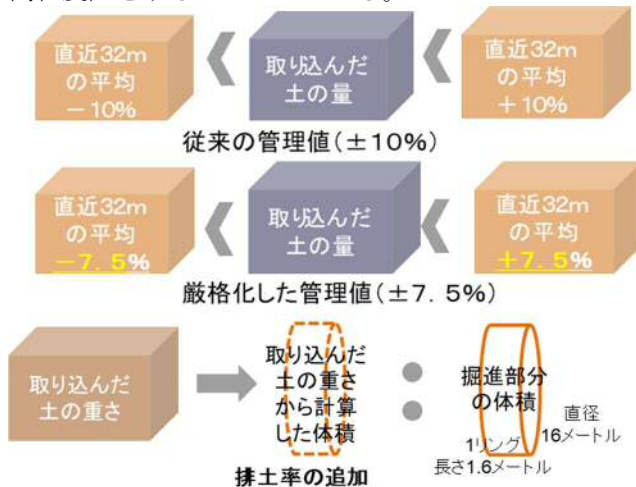


図-5 管理値の変更と項目の追加（本線の例）

本工事においては、より安全に掘進を行うためにいち早い掘進地盤状況の把握を目的とした1リング毎の簡易粒度分布試験を実施した。

シールドトンネル工事においては塑性流動性の確保が重要とされており、「細粒分含有率が10%以下で均等係数が小さい砂礫層等は、塑性流動性の確保が厳しいとされる地盤である。」とされている。該当区間は鉱物系添加材を使用することで細粒分を補い安全に掘進可能であるとしている。

そのため、添加材変更の判断を行うためにもいち早い細粒分含有率の変化の把握が必要と考え、現場での簡易粒度分布試験を実施した。

3-② 実施手順

簡易粒度分布試験の実施手順を以下に示す。(図-6)

1. 掘削土砂を採取する。
2. 採取した土砂をステンレスボールに移す。
3. 加水して土砂をほぐし、礫、砂、シルト・粘土に分離する。粘土塊を突き棒、泡立て器等でしっかりとほぐす。突き棒、泡立て器に付着した土砂分は、水でステンレスボール内に洗い落とす。
4. 明らかに礫(2mm以上)と判断されるものをステンレスボールより取り出し、ステンレスバットに取り出す。表面に付着している砂、粘土・シルト分は水で洗い流し、ステンレスボールに洗い水を戻す。
5. 2mmふるいにステンレスボールの泥水を流し込み、砂以下の土砂と礫分を分離する。落ちる泥水をバケツ等の容器に受ける。ステンレスボールおよび2mmふるいを水で洗い、砂以下の土砂分を洗い流す。
6. ふるいに残った礫分を事前にステンレスバットに採った礫と一緒にして再度水洗いをして、洗い水はバケツ等の容器に戻す。
7. 75μふるいにバケツ等の容器に受けた砂以下を含む泥水を流し込み、粘土・シルトと砂分を分離する。落ちる泥水を別のバケツ等の容器に受ける。ステンレスボールおよび75μふるいを水で洗い、粘土・シルト分を洗い流す。
8. ふるいに残った砂分を事前にステンレスバットに採った礫と一緒にして再度水洗いをして、洗い水はバケツ等の容器に戻す。
9. 礫分、砂分をそれぞれ蒸発皿に移し、電子レンジで乾燥する。
10. 上記乾燥したものの重量を測定する。
11. 粘土・シルト分を含む泥水は、泥水を攪拌した上で、測定はかりに2Lメスシリンダー載せた状態を0設定とする。定量の泥水を投入して重量と体積を記録する。泥水を投入する際は出来るだけメスシリンダー内側に飛沫、水滴が付かないようにする。体積は、後述する簡易単位体積重量算出時に用いる。

12. 繰り返し11. を行いそれぞれの計測値を記録する。最終分は容器に付着した泥水を水で洗い流して、投入計測する。
13. それぞれ12. 計測結果より、泥水重量より水の容積(重量と同値と仮定)を減ずることで泥水に含まれる粘土・シルト分を算出し、個々を合算して重量を算出する。

$$X_n + \{V_n - (X_n \div h)\} = W_n$$

X_n : 求める粘土・シルト分重量(g)

h : 直近の粘土・シルト比重(専門機関試験結果)

W_n : 測定泥水重量(g)

V_n : 測定泥水体積(cc)

14. 礫、砂、粘土・シルトの合算重量でそれぞれの測定重量を除き簡易の粒度分布導く。

$$X_{a11} = \sum (X_1 - X_n)$$

n : メスシリンダー測定個数

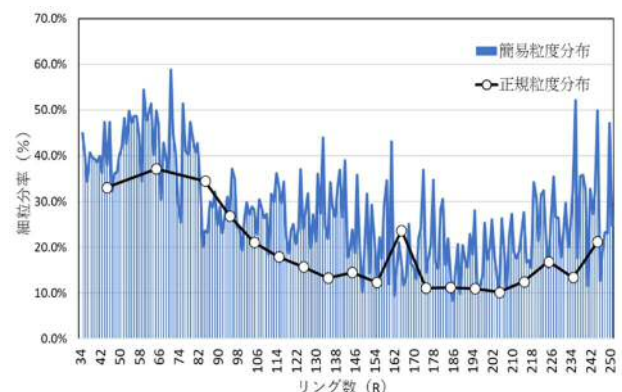
X_{a11} : 粘土・シルト分総重量(g)

3-③ 試験結果と考察

簡易粒度分布試験結果と正規粒度分布試験結果の細粒分含有率比較結果(Hランプシールド工事)を以下に示す(グラフ-1)。



図-6 簡易粒度分布試験実施状況



グラフ-1 細粒分含有率比較結果

Hランプシールド工事で細粒分含有率の変化は、
図-2 路線地質縦断図で見られるとおり、掘進が
進むにつれ礫層を掘進していき、およそ100リング
から220リングの区間で細粒分含有率10%を下回る
とされる区間、220リング以降で粘性土層を掘進す
ることが想定されていた。

簡易粒度分布試験の結果でおよそ80リング付近か
ら細粒分含有率の減少が確認され、以降も約25%付
近で横ばいの傾向となっており、220リング付近か
ら増加の傾向にあることが確認できた。

正規試験機関での粒度分布試験でも85リング付近
から細粒分含有率の減少が始まり、115リングから
205リングまで約20%を下回る横ばいの区間に入
り、以降増加が確認された。

上記の結果から、簡易粒度試験は現場での実施試
験のため正規粒度試験結果と比較すると、精度には
最大で20%程度のばらつきが見られるが、実施目的
である「細粒分含有率の変化の傾向をいち早く把握
する」という点で効果があったのではないかと考え
る。実際に現場施工において、簡易粒度分布の試験
結果等を踏まえ、減少が確認された85リング付近か
ら添加材の変更を実施しており、判断の一部となっ
た。

また、今回の実施にあたり施工者及び発注者の共
通認識となる指標となり、現場施工の状況把握が可
能となった。さらに、毎リング実施し情報共有して
いることから発注者側でも添加材変更のタイミング
の提案が可能となるものになったと考えられる。

今回は新たな取り組みであり、毎リング実施など
施工者への負担が増加してしまったことが懸念され
る。

また、今後の課題として、既往ボーリングの結果
から変化が想定される箇所でおこなう、試験時間を
延ばさずに精度が向上する手法の検討などがあげら
れる。

4. さいごに

本稿の取組においては、現場での試験実施、試行
や調査・聞き取りにおいて、施工業者の皆様より多
くのアイデアやご指摘をいただいているところであ
り、当事務所の一職員として、工事の実施に必要な
確認事項の多さに驚きながら、施工業者の前向きな
協力が不可欠であると強く感じた。また、本事業は
他の機関と合同事業でもあるため、本工事の取組な
どを共有し、さらなる安全施工に努めていきたい。



図-7 トンネル坑内