

地下水のない硬質粘性土における泥土圧シールド切羽添加材の検討

金子 博己*
Hiroki Kaneko

1. はじめに

本工事は、仕上り内径φ 2,600 mmのシールドトンネル（延長 952 m）を泥土圧式シールドで施工するものである。本工事では、地下水のない硬質粘性土における切羽添加材の検討を行ったので、概要と施工結果を報告する。

2. 工事概要

工事名：公共下水道境川第 25- イ雨水幹線整備工事（1 工区）

発注者：相模原市都市建設局土木部下水道施設課

工事場所：相模原市南区（図-1）

工期：平成 25 年 3 月 22 日～平成 27 年 3 月 2 日

工事内容：（シールド・推進工事のみを記載）

泥土圧式シールド

（シールド外径φ 3,130 mm）

仕上り内径 2,600 mm 延長 951.8 m

刃口推進工（呼び径 2,600 mm）L = 22.9 m



図-1 工事場所位置図

3. 土質概要

本工事の掘削断面の地盤は武蔵野ローム層、立川ローム層といった2種類の関東ローム層が厚く堆積する土層構成となっている。N値は4～27であり下層にあたる立川ローム層は高い値を示す。（図-2、図-3）

* 関東土木(支)境川シールド(出)

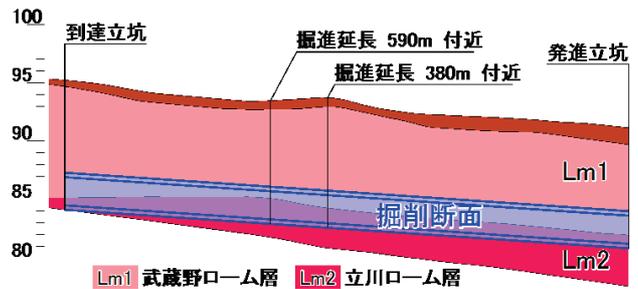


図-2 土質想定図

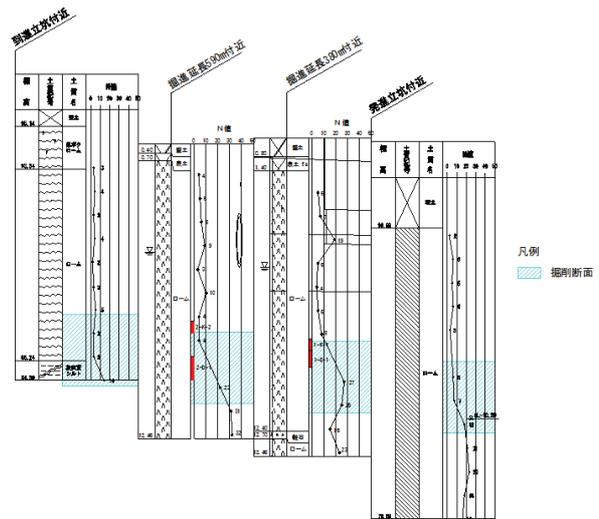


図-3 ボーリング柱状図

4. はじめに

泥土圧式シールドにおける安定した掘削は、掘削土砂をシールドカッター等により攪拌・混練し、チャンバー内に適度な塑性流動性を持った土砂を充密させることが重要となる。塑性流動化した土砂をチャンバー内に充密させることによって、切羽地山の応力解放による崩壊を抑えると同時に、スクリーコンベアからのスムーズな排土を行うことで安定したシールド掘進を可能とする。

5. 課題と対策

一般的に、礫分がほとんどなく、かつ細粒分（粘土・シルト分）が30%以上含まれるような地盤では、切削土砂を攪拌・混練することで適度な塑性流動性を得られるが、細粒分の含有率が30%以下になる地盤では、塑性流動性を得ることが困難となってくる。

本工事の掘削断面は堆積の関東ローム層となっている。掘削対象地盤が粘性土の場合、シールド機カッターあるいはチャンバーに注水を行い粘性土の塑性流動化を促すのが一般的であるが、粘性土の性状によっては水との混練性が悪く、カッタースポーク、チャンバー内およびノンタックホース内での固着による閉塞を引起こすことが予想された。このため、粘性土との混練性を向上させるのと同時に、付着防止を促す切羽添加材（フロータックエイド：分散剤）について検討を行った。

6. 切羽添加材試験および試験結果

(1) 試験方法

試料土に水、分散型フロータックエイド 4.0 kg/m³ を添加、混練した後、性状を確認する。

(2) 試験基準値および評価方法

①土砂の状態の目視観察、手触りの確認。

流動感があり、握り締めても土砂が手に残らない。周辺機器に対して抵抗・付着しにくい（写真-1）。

②添加材練り混ぜ直後のミニスランプ値の測定。ノンタックホースによる土砂の搬出方法であることを考慮し、ミニスランプ値 2～8 cm を目標値とする（写真-2）。

③ベーンせん断試験器による、土砂のせん断強度の測定*）。

ノンタックホースによる土砂の搬出方法であることを考慮し、せん断強度 1.0～2.0 kPa を目標値とする。
※）ベーンせん断試験：粘性土のせん断強度を計測する際に用いられる、ベーン（羽根）の最大回転モーメントより混練土砂のせん断強度を計測する（写真-3）。



写真-1 手触りによる評価方法

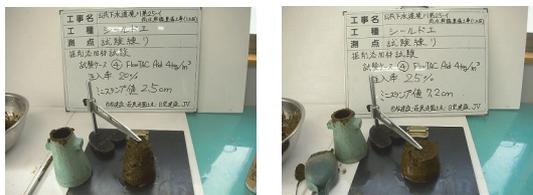


写真-2 ミニスランプによる評価方法



写真-3 ベーンせん断試験による評価方法

(3) 試験結果

試験結果を、表-1、表-2 に示す。

表-1 水を添加する場合

加泥材配合	水			
	0% (原泥の確認)	20%	30%	40%
加泥材注入率	0.0cm	—cm	—cm	4.0cm
ミニスランプ値	>6.82kPa	5.80kPa	2.90kPa	1.21kPa
ベーンせん断値	握りしめると固く、塑性流動化していない。	握りしめると固い。塑性流動化不足である。	20%に比べ、柔らかくはなっているものの、握りしめると固い。塑性流動化不足である。	握りしめると柔らかく、塑性流動化しているが、しばらく静置していると水と土砂の分離が見られる。
評価	×	×	△	○

表-2 フロータックエイドを添加する場合

加泥材配合	フロータックエイド4.0kg/m ³			
	5%	10%	20%	—
加泥材注入率	—cm	2.0cm	—cm	—
ミニスランプ値	5.63kPa	1.21kPa	—kPa	—
ベーンせん断値	握りしめると固い。塑性流動化不足である。	握りしめると柔らかく、塑性流動化している。静置しても分離は見られない。	目視でも非常に柔らかく、明らかに過剰添加である。掘削時の噴発が懸念される。	—
評価	×	◎	×	—

(4) 考察

水を添加した場合、注入率 30% で良好な結果が得られた。しかし、しばらく静置していると水と土砂の分離傾向が認められた。

試験結果より、本工事の掘削土はフロータックエイド 4.0 kg/m³ を注入率 10～15% で添加することにより、良好な排土が得られると考えた。

7. フロータックエイド使用実績

実施工では、10～15% の添加にはならなかったが、添加材注入率を下げるとカッター電流が上昇していることが確認された（図-4）。これは、カッタースポークおよびチャンバー内での固着による閉塞を、添加材が土砂を塑性流動性させることにより防止し、スムーズな排土に効果を発揮しているためであると考えられる。

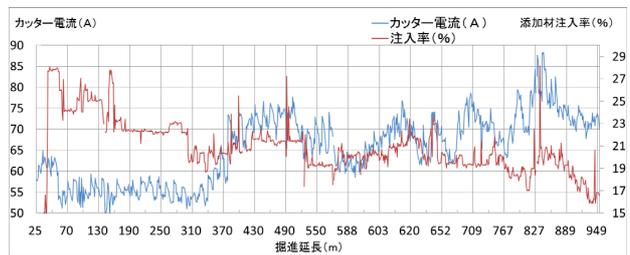


図-4 添加材注入率とカッター電流の関係性

8. おわりに

泥土圧シールドにおいて重要な、掘削土の塑性流動性を評価する手法は確立されていない。本工事では、ミニスランプ試験やベーンせん断試験による塑性流動性の評価を試み、ある程度の相関を得たが、手触りによる感覚で評価しているのが実態である。掘削断面より採取した土を用いてこれらの試験を実施することで、現場に適した添加材の種類と注入率を設定し、円滑に掘削をすることができた。今後、塑性流動性の評価方法を確立するためには、掘削断面より採取した土で掘削前に試験を行うこと。掘削途中で実際の排土を用いて試験を繰り返し行うこと、及び新しい試験を検討する必要があると考える。

9. 謝辞

本添加材の検討では、(株)タックの平原氏・稲山氏等多くの方にご指導いただいた。深く感謝し、お礼申し上げます。