

推進工事に伴う立坑掘削における土留変位抑制・変位観測対策について

工事名：令和元年度下建工第 2201 号城北排水区唐瀬 1 号雨水幹線築造その 1 工事

会社名：木内建設株式会社 地区名：静岡地区

(主)主任技術者：大村 和也 (技術者番号：00216677)

(副)工事担当者：疋田 龍之介 (技術者番号：00272582)

1.はじめに

静岡市葵区北安東、城北地区は静岡市の中心地に位置し付近に安東川が流れる地域である。

当該地区は安東川へ直結する既設水路の流下能力不足及び低地が原因で大雨時に浸水が発生しているため「静岡市浸水対策推進プラン」に基づき、新たに水路を設置することで地域の排水能力を向上させることを目的とした工事である。今回は全体で 2 期ある工事の内の 1 期目の工事となる。

本工事では直径 2800mm の合成鋼管を深さ約 7m の深さに延長 417m の距離にわたって築造するものである。また騒音・振動が少なく交通規制の影響を低減でき、地下トンネル築造できる工法として泥水式推進工法を採用している。

○工事概要

工事名：令和元年度 下建工第 2201 号 城北排水区 唐瀬 1 号雨水幹線築造その 1 工事

発注者：静岡市 上下水道局 下水道部 下水道建設課 葵工事係

施工箇所：静岡県静岡市葵区北安東 4 丁目、城北 2 丁目 地内

工期：令和 2 年 3 月 6 日 ～ 令和 3 年 10 月 26 日

工事内容：泥水式推進工 $\phi 2800$ 417m

立坑工 2 箇所

地盤改良工 高圧噴射攪拌

両発進立坑底版部 $\phi 3500$ L=4.0m 14 本

薬液注入工 二重管複相式 310kL

既設水路移設工 1 式

污水管布設替 $\phi 250$ 1 式

水道移設工 1 式

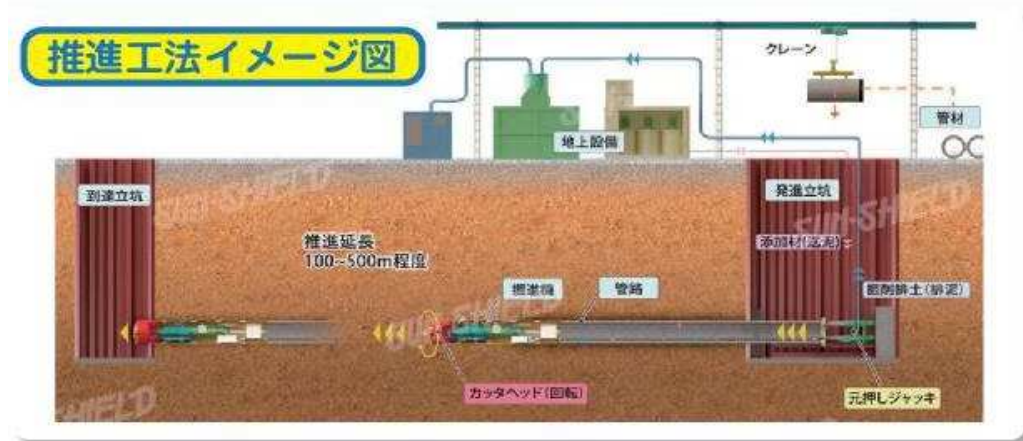


図 1：推進工法イメージ図

2.現場における問題点

本工事は施工延長 417mの推進工事となっており、立坑設置にあたり両発進立坑(GL-10.9m)及び到達立坑(GL-11.3m)を築造する必要がある。立坑 2 箇所付近には建物および上水道・下水道といった多くの埋設物が布設されており、立坑掘削時における鋼矢板の変位による周辺地盤の変動に留意する必要がある。このため立坑掘削時に鋼矢板の変動・変位を抑制する対策および常時観測をできる管理体制を整えることが課題であった。

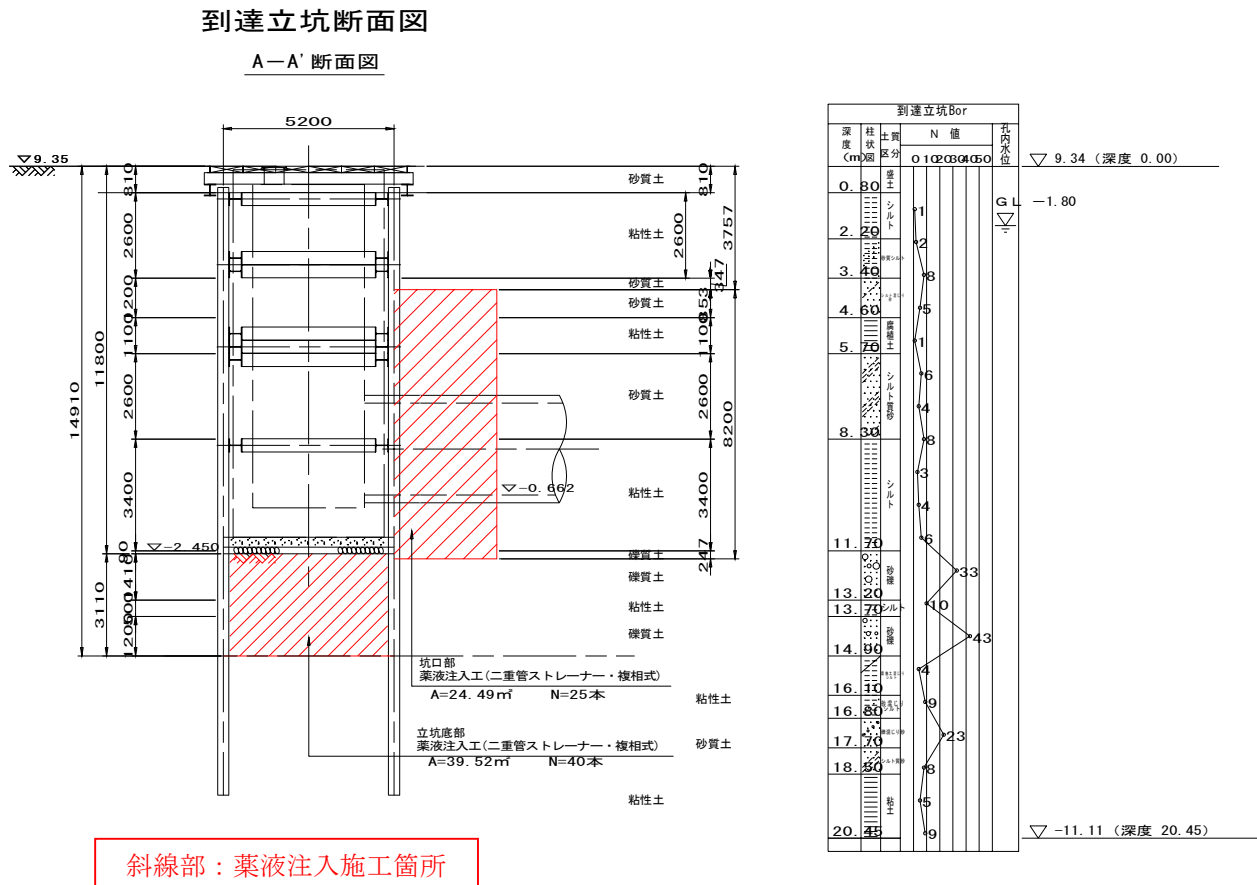


図 2：立坑標準図



写真 1：両発進立坑着手前



写真 2：到達立坑着手前

3.対応策・改善点とその結果

①立坑内掘削部の地盤強化による鋼矢板の変位抑制について

両発進立坑の坑口部及び到達立坑の坑口部・底版部の薬液注入工(二重管ストレーナ工法複相式)に加え立坑内掘削部薬液注入を施工した。注入材料は現設計として採用されている水ガラス系溶液(特殊珪酸ソーダ)を選定した。

鋼矢板掘削側の地盤を強化することで鋼矢板の変位量が減少し、これにより土留背面の地盤変動を抑制することができる。土留弾塑性解析の結果、鋼矢板の最大変位量が両立坑とも 22mm 減少する結果が得られた。また二重管ストレーナ工法の地盤改良により掘削土の粘着力(C)は砂質土で $C=60\sim 80\text{kN/m}^2$ 、粘性土では $C=+10\text{kN}(\leq 40\text{kN/m}^2)$ となり、鋼矢板の締め切り内での注入であることから薬液の逸走がなく確実に改良強度が得られることができた。



写真 3 : 薬液注入施工



写真 4:立坑内改良確認

②鋼矢板の変位量観測について

立坑掘削時に伴う鋼矢板の変位観測として多段式傾斜計装置を設置し、変位量の自動計測を行い常時観測する方法を採用した。多段式傾斜計は各立坑の鋼矢板深度 1m 毎に設置し、計測を 1 次掘削の開始から最下段の土留支保工の設置までの期間行った。各掘削段階の計測結果に基づき土留弾塑性解析法により逆解析を実施し、鋼矢板の変位量を予測した。

鋼矢板の変位量は傾斜計からインターネット回線を経由し、現場事務所のパソコンにて常時観測が可能であり 10 分毎の観測データを把握することができる。変位量を予測することで次に施工する支保工位置・鋼材の大きさの変更等の事前の対策が可能となる。この為、鋼矢板の変位量を抑制でき土留背面の地盤変動を抑制することができた。また多段式傾斜計により鋼矢板根入部も含めた変形状態が明確となり、土留弾塑性解析による変形形態との比較が可能となった。



写真 5：多段式傾斜計



写真 6：多段式傾斜計の設置

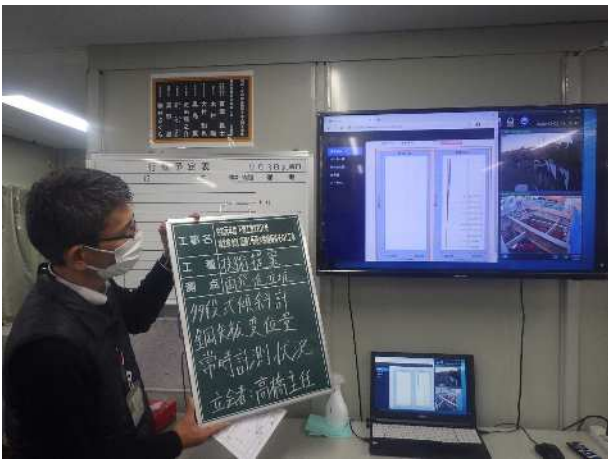


写真 6：多段式傾斜計計測状況

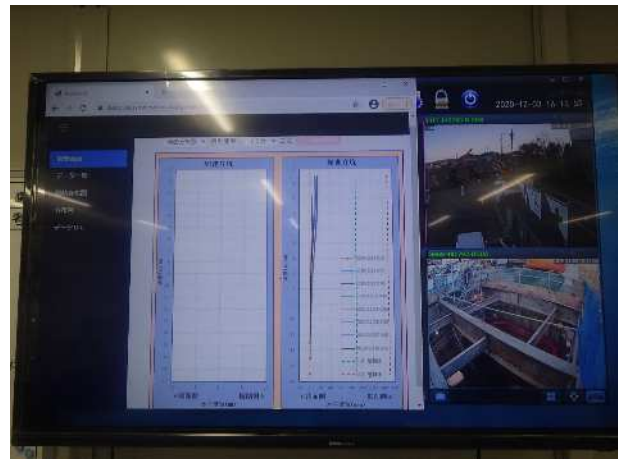


写真 7：リアルタイムによる変位量管理

土留変位計測結果の逆解析による土留安定の確認
(発進立坑)

当初計算				3段目支保工設置前 (掘削 GL-6.0)									
地盤条件	ϕ	C	自立時 計算値 変位 mm	計測変位量		計測値より 逆算した地盤条件		4段目支保工設置前					
				深度 m	変位 mm	ϕ	C	予測変位量	当初計算値	差			
	°	kN/m ²		m	mm	°	kN/m ²	m	mm	mm	mm		
1層目	35	0	65.6	0.5	12.9	1層目	35.0	0	0.5	54.5	89.5	-35.0	OK
2層目	0	16	54.1	1.5	14.7	2層目	0.0	16	1.5	51.4	78.7	-27.3	OK
3層目	0	35	42.8	2.5	18.1	3層目	0.0	35	2.5	45.7	68.2	-22.5	OK
4層目	0	16	32.2	3.5	22.1	4層目	0.0	16	3.5	42.0	58.8	-16.8	OK
5層目	0	35	23.0	4.5	26.1	5層目	0.0	50	4.5	39.2	52.0	-12.8	OK
6層目	0	30	15.7	5.5	28.3	6層目	0.0	50	5.5	38.0	50.2	-12.2	OK
7層目	30	0	10.5	6.5	26.5	7層目	30.0	0	6.5	36.9	52.5	-15.6	OK
8層目	0	30	7.1	7.5	20.8	8層目	0	50	7.5	34.4	54.5	-20.1	OK
9層目	30	0	5.0	8.5	15.2	9層目	30	0	8.5	29.4	53.5	-24.1	OK
10層目	0	42	3.8	9.5	9.1	10層目	0	50	9.5	22.2	48.6	-26.4	OK
11層目	0	42	3.2	10.5	4.5	11層目	0	50	10.5	14.2	41.1	-26.9	OK
12層目	30	0	2.9	11.5	1.5	12層目	30	0	11.5	7.4	33.0	-25.6	OK
13層目	0	42	2.7	12.5	0.3	13層目	0	50	12.5	3.7	25.8	-22.1	OK
14層目	0	42	2.5	13.5	0.1	14層目	0	50	13.5	2.7	20.4	-17.7	OK
15層目	30	0				15層目	30	0					

- ・自立時の計算変位量を初期値 (=0mm) として、計測変位量とほぼ一致するよう、地盤条件 (C、 ϕ) を決定する。
 - ・地盤条件決定時の計算は、変位量 = 自立時計算値 + 計測変位量となるように決定する。
 - ・(逆解析による地盤上面での予測変位量) < (当初計算値) であれば、次ステップの施工時は現設計での支保工設置位置で安全であると判定する。
- 上表の逆解析の結果、次ステップの施工は現設計での支保工設置位置で安全である。

図 3：鋼矢板変位の予測解析による土留の安定計算

4.おわりに

推進工事に伴い施工した立坑の施工は周辺地盤への影響はもちろん、立坑そのものの安全性が問われ、慎重に施工しなければならない工事の一つである。従来であれば、土留の状態を目視および下げ振りやトランシットで矢板の変位を観測管理することが一般的であるが、今回のように立坑内部の薬液注入による改良及び、多段式傾斜計を用いて矢板の変位をリアルタイムに観測できる体制を整えたことについては、安全に施工を進める上で非常に効果を発揮した。今回の工事においては立坑掘削時に土留の変位は観測されたものの周辺地盤・立坑内部の安全性に左右される挙動は確認されなかった。今後は万が一に備えて、矢板の変位が大きくなった場合への対処案を検討しておくべきだと感じた。



写真 8 : 立坑完了全景



写真 9 : 推進工管内