

4. 地盤の特性

4.1 事前調査

東京外環では、事業区域周辺の地形・地質を把握するため、地形・地質に関する既存資料を収集・整理し、ボーリング調査等による事前調査を実施している。

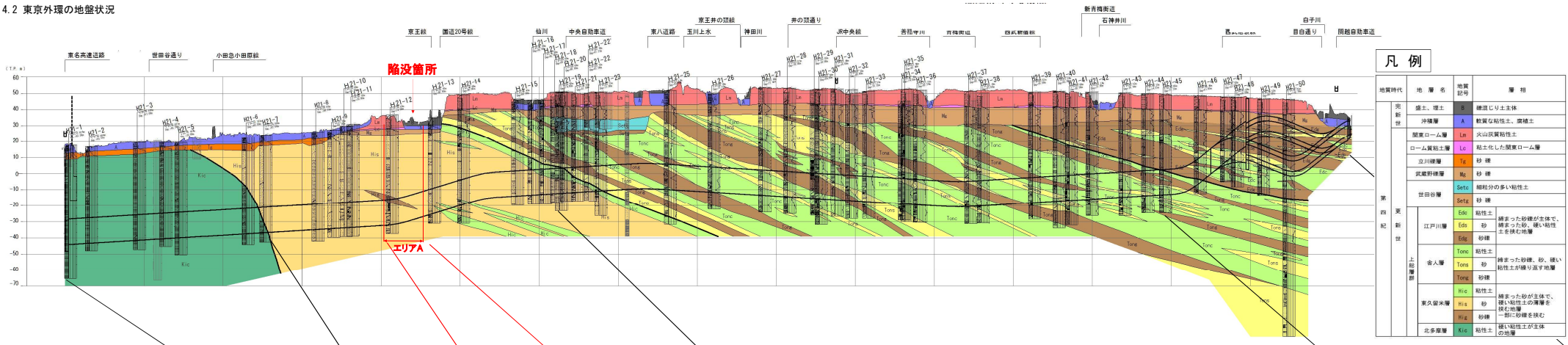
既存のシールドトンネルでは、100～200m程度の間隔でボーリング調査を実施している例が多く、また、「トンネル標準示方書〔シールド工法編〕・同解説」や「鉄道構造物等設計標準・同解説シールドトンネル」等の各種基準・指針等において、100～200m程度の間隔のボーリング調査が推奨されている。

東京外環事業においても大深度地下使用認可申請にあたり、調査間隔200m程度を目安として事業区域周辺で86本（既存資料を3本含む）のボーリング調査が実施されている（調査間隔は平均167m程度）。また、同示方書において、「ボーリングをはじめとする各種調査孔は、シールド工事中に逸泥、噴発の原因となりやすく、調査孔位置の選定や埋戻しを十分配慮して行う必要がある」とされており、ボーリング調査が可能な用地の場所も踏まえ、ボーリング調査位置を決定している。

さらに、ボーリング調査に加えて、ボーリング調査地点間に地盤急変部が存在しないことを確認することを目的とし、物理探査として微動アレイ探査を実施している。微動アレイ探査は、地盤の自然微動を地表に群設置した計測器により観測し、地下の構造を推定するものであり、人工振源を使用する必要がなく周辺環境への影響が小さいことなどを考慮して選定され、周辺環境条件によりボーリングが実施できずボーリング調査間隔が200m以上となる範囲で重点的に実施している。

これらの工事着手前に行われる事前調査により、東京外環全線に渡り、地上部からシールド掘進断面以深までの地層構成や地盤強度、粒度分布などについて確認していた。

4.2 東京外環の地盤状況



地質		北多摩層	東久留米層	舎人層	江戸川層
概 要	表層	厚さ10m程度の沖積層・立川礫層	厚さ10m程度の埋土・ローム層・沖積層・武蔵野礫層 エリアA (陥没箇所) 厚さ5～10mの埋土・ローム層・武蔵野礫層 ・表層 (5～10m)	厚さ10m程度のローム層・武蔵野礫層	厚さ15m～20m程度のローム層・武蔵野礫層
	掘削断面上部	北多摩層で単一の粘性土層になっている	東久留米層で単一の砂層になっている ・流動化しやすい層が地表面近くまで連続	舎人層の砂、礫、粘性土層が互層になっている	江戸川層の砂、礫、粘性土層が互層になっている
	掘削断面	【粘性土主体】 北多摩層(Kic)は、粘土・シルト分が70%以上のものがほとんどとなっている。	【砂層主体】 多少の粒度のばらつきがあるものの、細砂～中砂がその主体となっていることが特徴的である。 ・礫層が介在 ・細粒分が少なく、均等係数が小さい(自立性)	互層礫 砂分と礫分の合計が80～90%を占めており、細粒分に乏しい。 互層砂 細砂～中砂が主体となっているが一部、シルト・粘性土の多いものや礫分を含むものが見られ、一部粒度にばらつきがある。 互層粘性土 試料の大部分で粘土・シルト分が70%以上となっている。	互層礫 礫分が60%以上を占めるものがほとんどであり、一部、砂分が多いものも含まれる。 互層砂 礫が多く混じるものからシルト・粘土分が多く混じるものまで、粒度にばらつきがあるものの、細砂～中砂がその主体となっている。 互層粘性土 粘土・シルト分が70%以上となっている。

		ボーリングNo																																																						
		H21-1	H21-2	H21-3	H21-4	H21-5	H21-6	H21-7	H21-8	H21-9	H21-10	H21-11	H21-12				H21-13	H21-14	H21-15	H21-16	H21-17	H21-18	H21-19	H21-20	H21-21	H21-22	H21-23	H21-24	H21-25	H21-26	H21-27	H21-28	H21-29	H21-30	H21-31	H21-32	H21-33	H21-34	H21-35	H21-36	H21-37	H21-38	H21-39	H21-40	H21-41	H21-42	H21-43	H21-44	H21-45	H21-46	H21-47	H21-48	H21-49	H21-50		
STA		0+44	3+12	9+08	12+46	14+43	23+04	25+20	31+82	33+84	35+44	36+32	41+27	46+45	50+13	57+26	59+36	60+84	62+13	62+81	63+47	64+84	66+47	67+79	76+26	82+02	88+47	91+64	95+03	95+63	97+64	99+46	101+63	106+10	106+45	107+97	114+48	116+05	122+51	125+63	127+03	129+70	133+80	136+71	138+95	143+40	146+69	148+08	151+41	154+60						
掘削断面 における 地質概要	細粒分 含有率 (%)	礫層	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	3	4	2	4	5	-	-	-	-	4	5	8	3	2	-	-	10 7	9 4	4	-	5	17	15						
		砂層	-	-	-	-	-	-	16	23	18	13	30	7	6 13	9 10	9 11	16 11	18	9	8 44	9 12	7 38	36 37	6 46	8 26	9 9	17 54	-	-	11	54	12	8	-	34	10	-	-	14 93	39 95	44 92	64 97	26	37	-	-	21 16	50	30	45	-				
		粘性土層	91	95	70	81	89	60	37 50 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	70 87	55	82	85	89	-	94	96	76 79	48 47	59	-	93	98	98 98	97	53 90	81	84 46	93 92	95 97	44 96	64 80	26 85	37 -	-	99 89	85	-	-	-	91 81					
		評価①												●	●	●	●								●						●																	●	●							
	均等 係数 ※	砂層								3	3 12	4 6	3 12	3	4 15	6 7	3 5	6 8	8	4 14	5 11	5 11	6 8	10 50	3 4	9	2	7		5	-	10	3		8	3		7	29	-	-	4	12		7 42	93	69									
評価②								●		●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
地山の流動性													●	●		●																																								

※均等係数U_c=D₆₀/D₁₀(D₆₀:通過質量百分率60%粒径、D₁₀:通過質量百分率10%粒径)。土砂の粒子が揃っていると値が小さくなる。

評価① 各断面における礫層または砂層の細粒分含有率が10%以下で、かつ粘性土層がない: ●
評価② 各断面におけるいずれかの土層の均等係数が5以下: ●
地山の流動性評価 評価①かつ評価②に該当: ●
(トンネル標準示方書・同解説「山岳工法編」2016年制定の「表2.3.10 地山の流動化を示す指標の例」を基に評価設定)

4.3 地盤特性のまとめ

【掘削断面】

- ・ トンネル標準示方書・同解説〔山岳工法編〕2016によると、地山流動化の指標として、細粒分 10%以下、均等係数 5 以下であるとされているとおり、細粒分が少なく均等係数が小さい砂質層などは自立性が乏しくなる。また、細粒分が少ない場合や礫を含む場合は、シールドトンネル施工における掘削土の塑性流動性の確保にも留意する必要がある。
- ・ 掘削断面では、細粒分 10%以下、均等係数 5 以下である箇所は東久留米層で 3 箇所（ボーリング No：H21-12、H21-13、H21-15）、舎人層で 2 箇所（ボーリング No：H21-23、H21-30）である。

【掘削断面上部】

- ・ 掘削断面上部は、北多摩層は単一の粘性土層、東久留米層は単一の砂層、舎人層及び江戸川層は礫・砂・シルト・粘土が混在する互層で構成されている。
- ・ 単一の砂層は、同様の地質状況が地表面近くまで連続しており、トンネル掘削による地山への影響が地表面まで伝搬しやすい。一方、互層区間は礫層・砂層・粘性土層で構成されるため、トンネル掘削による地山への影響が地表面まで伝搬しにくい。

【表層部】

- ・ 舎人層及び江戸川層は厚さ 15～20m 程度の関東ローム層・武蔵野礫層で構成されている。北多摩層は厚さ 10m 程度の沖積層・立川礫層、東久留米層は厚さ 10m 程度の埋土・ローム層・沖積層・武蔵野礫層であり、特に陥没箇所周辺は埋土・ローム層・武蔵野礫層が 5～10m 程度と、他の区間と比較して表層が薄い箇所である。

ボーリング No	地 層	掘削断面			掘削断面上部	表層部	備考
		細粒分	均等係数	地質状況			
H21-12	東久留米層	10% 以下	5 以下	礫が介在	単一の砂層であり、 <u>流動化しやすい層が地表面近くまで連続</u> している	厚さ 5～10m 程度の埋土・沖積層・武蔵野礫層	陥没箇所近傍
H21-13				粘性土が介在	単一の砂層であり、 <u>流動化しやすい層が地表面近くまで連続</u> している	厚さ 5～10m 程度の埋土・沖積層・武蔵野礫層	
H21-15				砂層	礫・砂・シルト・粘土が混在する互層で構成されている	厚さ 10m 程度の関東ローム層・武蔵野礫層	
H21-23	舎人層			礫・砂・シルト・粘土が混在する互層	礫・砂・シルト・粘土が混在する互層で構成されている	厚さ 15～20m 程度の関東ローム層・武蔵野礫層	
H21-30				礫・砂・シルト・粘土が混在する互層	礫・砂・シルト・粘土が混在する互層で構成されている	厚さ 15～20m 程度の関東ローム層・武蔵野礫層	



事前調査の結果から、陥没・空洞箇所周辺は次の全てに該当する、東京外環全線の中で特殊な地盤条件であることをあらためて確認した。

- ・ 掘削断面は、細粒分が少なく、均等係数が小さいため、自立性が乏しく、礫が卓越して介在することから、シールドトンネル施工における掘削土の塑性流動性の確保に留意すべき地盤であること。
- ・ 掘削断面上部は、単一の砂層である流動化しやすい層が地表面近くまで連続している地盤であること。
- ・ 表層部は他の区間と比較して薄い地盤であること。

なお、原因究明のために実施したボーリング調査等の結果は、上記の事前調査の結果と概ね一致しており、工事着手前に行われる地盤状況把握のための事前調査が適切に行われていたことが確認された。