

令和4年度 第1回 大阪府河川構造物等審議会

【資料 4】 他事業におけるトラブル事例

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

位置図



※IC、JCT名は仮称です

2021.3月 時点 幹線道路網図

※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について(東日本高速道路2021/4/2~7)」より抜粋

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

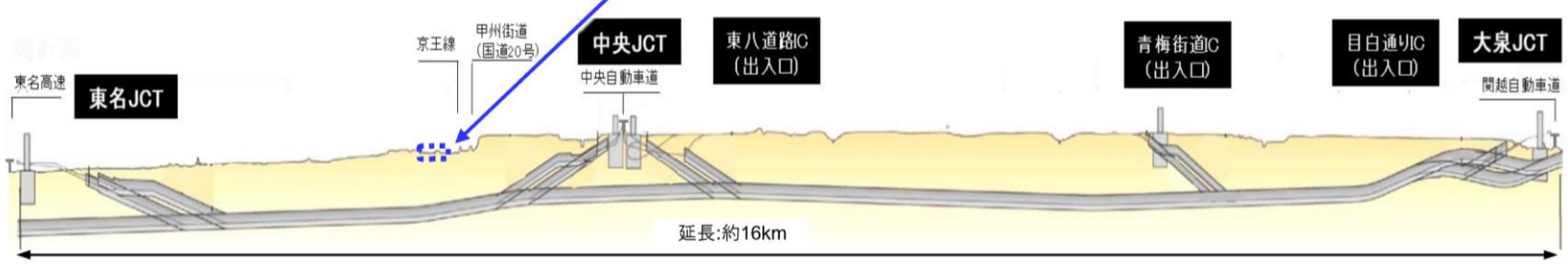
平面、縦断図

東京外かく環状道路(関越～東名) 延長16.2km



・本線トンネル掘進状況

陥没・空洞発生箇所



→ (南行)約4.4km掘進完了

← (南行)約0.5km掘進完了

→ (北行)約3.5km掘進完了

← (北行)約1.1km掘進完了

※掘進延長はR3.3.26時点

※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について(東日本高速道路2021/4/2～7)」より抜粋

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

陥没の状況

- ・令和2年10月18日に調布市東つつじヶ丘2丁目において、道路の陥没事象が発生しました。
- ・9時30分頃から沈下発生を確認し、12時30分頃陥没が発生しました。



写真1 陥没箇所の事前状況写真(2020年7月30日)



写真2 陥没箇所(2020年10月18日_9:30水たまり)



写真3 陥没箇所(2020年10月18日_11:50_舗装亀裂)



写真4 陥没箇所(2020年10月18日_12:30)



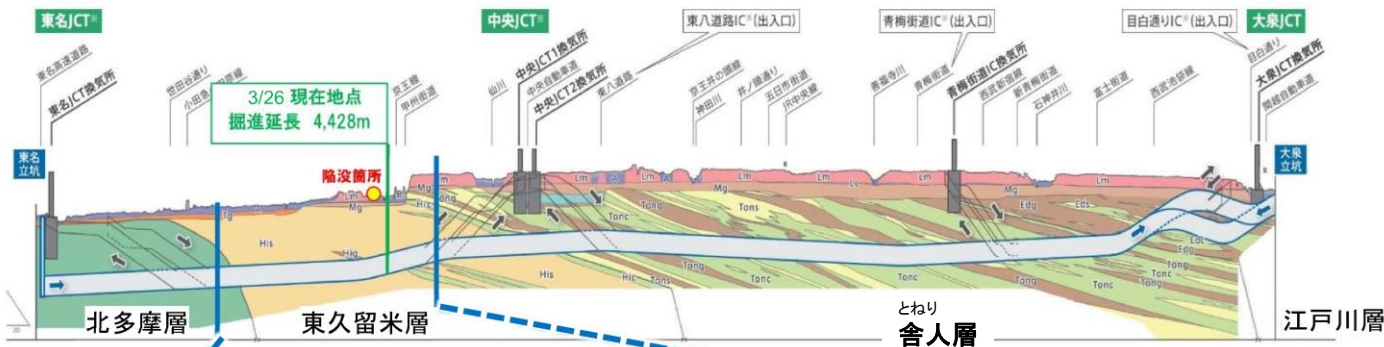
写真5 陥没箇所(2020年10月18日_13:00_東側から撮影)



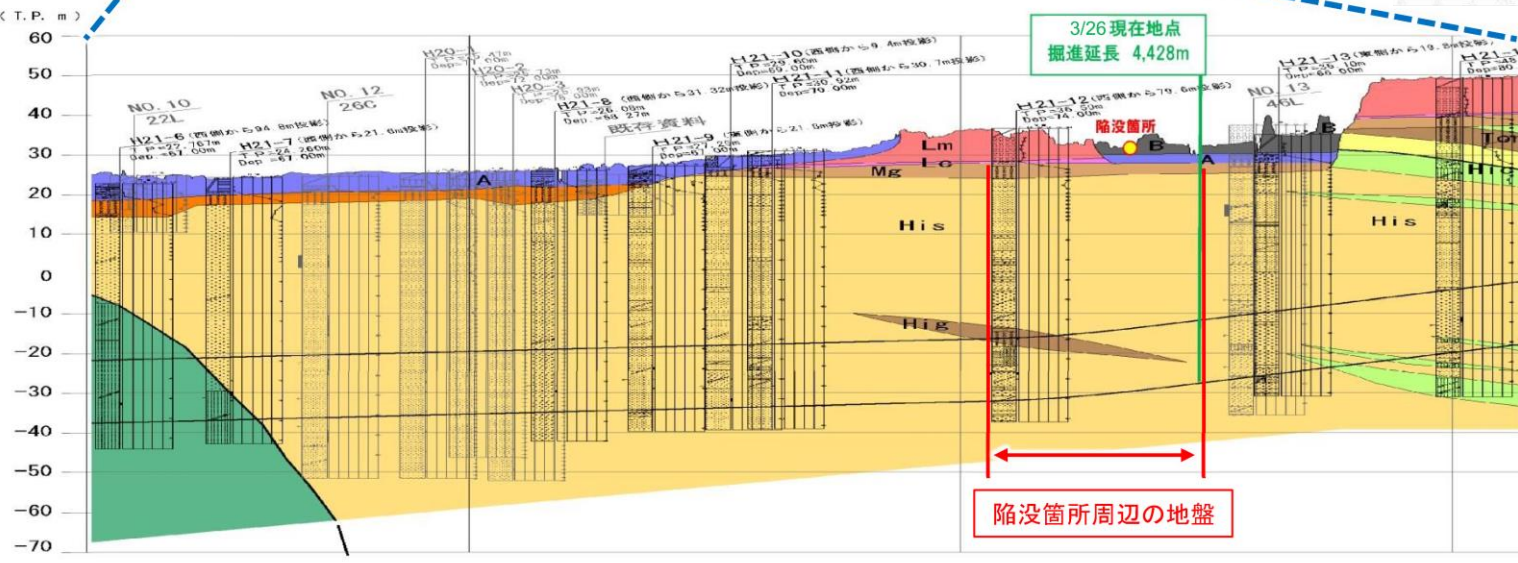
写真6 陥没箇所(2020年10月18日_13:00_西側から撮影)

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

地質状況図



地質時代	地層名	地質記号	層相	
完新世	盛土、埋土	B	雑混じり土主体	
	沖積層	A	軟質な粘性土、腐植土	
第四紀更新世	関東ローム層	Lm	火山灰質粘性土	
	ローム質粘土層	Lc	粘土化した関東ローム層	
	立川礫層	Tg	砂礫	
	武蔵野礫層	Mg	砂礫	
	世田谷層	Setc	細粒分の多い粘性土	
		Seta	砂礫	
	江戸川層	Edc	粘性土	締まった砂礫が主体で、締まった砂、硬い粘性土を挟む地層
		Eds	砂	
		Edg	砂礫	
	舎人層	Tonc	粘性土	締まった砂礫、砂、硬い粘性土が繰り返す地層
Tons		砂		
Tong		砂礫		
東久留米層	Hic	粘性土	締まった砂が主体で、硬い粘性土の薄層を挟む地層 一部に砂礫を挟む	
	His	砂		
	Hig	砂礫		
北多摩層	Kic	粘性土	硬い粘性土が主体の地層	

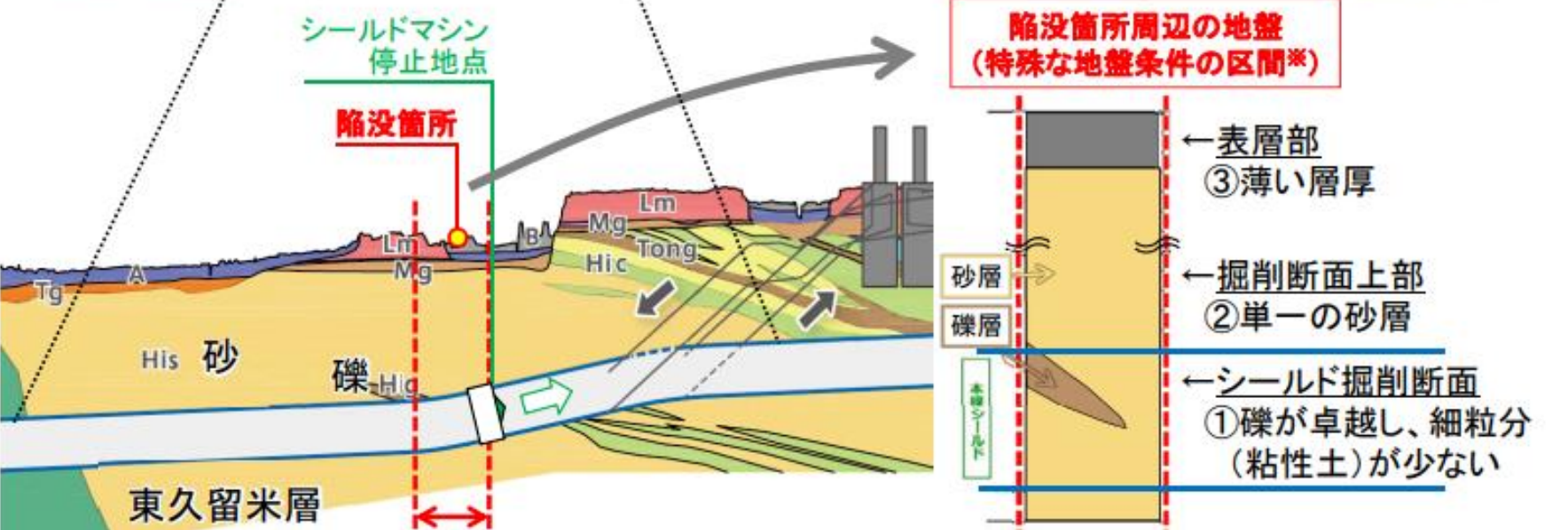
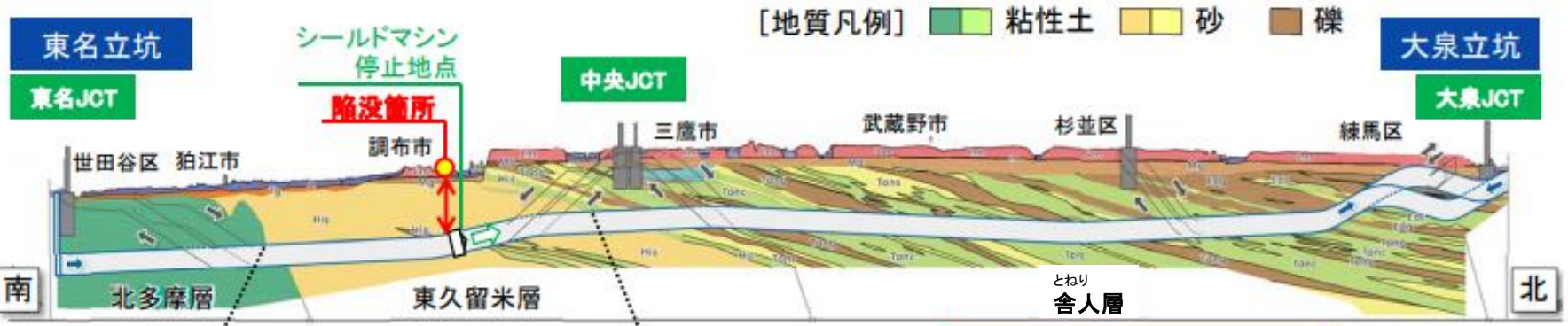


※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について(東日本高速道路2021/4/2~7)」より抜粋

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

陥没の推定要因

この陥没等は、上総層群東久留米層（締まった砂を主体とした地層）において発生



東久留米層「His層」 締まった砂礫・砂・固い粘土層の薄層を挟む地層（細粒分10%以下、均等係数5以下）

※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について（東日本高速道路2021/4/2～7）」より抜粋、一部加筆

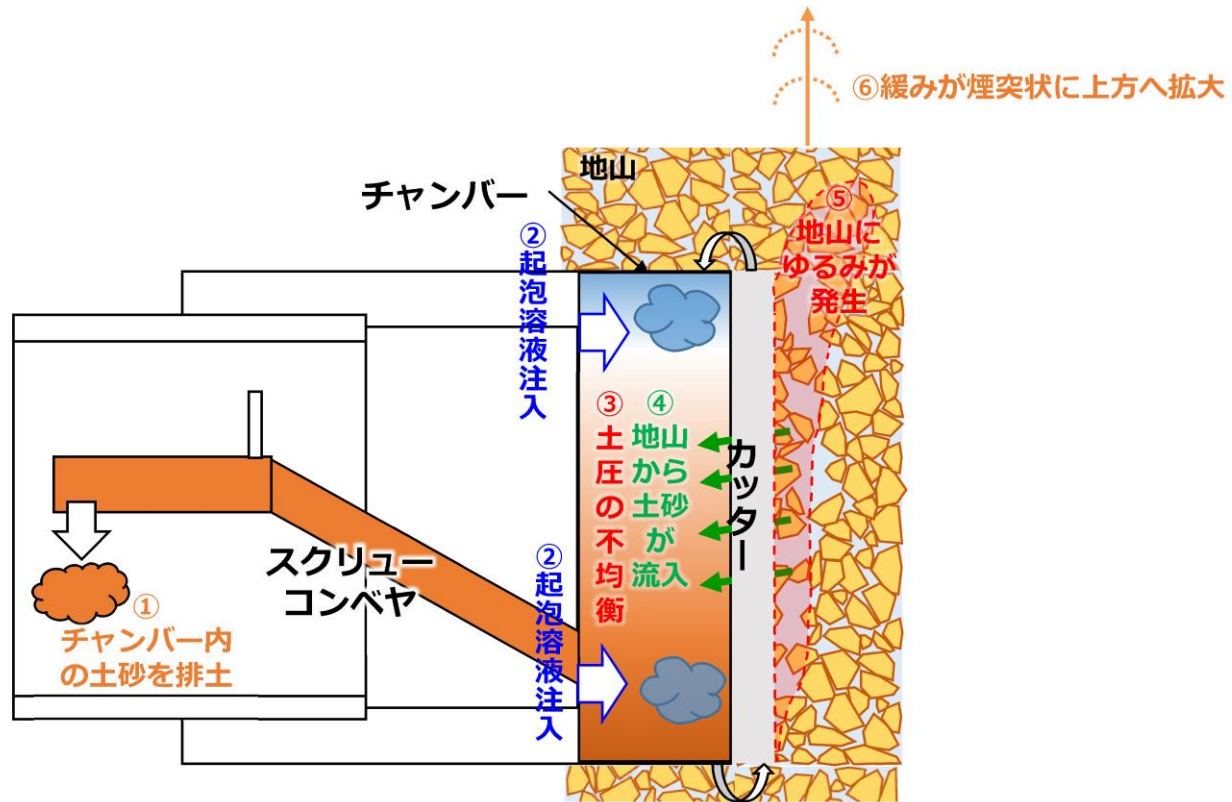
トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

陥没の推定メカニズム(1)

(4) 閉塞解除作業

- カッターを再回転するため、①チャンバー内の締め固まった土砂を一部排出
- 排出によるチャンバー内圧力の低下を防止するため、②直ちに排出土砂分の起泡溶液と置き換える必要がある

⇒ この際、③土圧の均衡がとれず、④地山から土砂がチャンバー内に流入することで、結果として、⑤地山に緩みが発生し、⑥煙突状に上方へ拡大



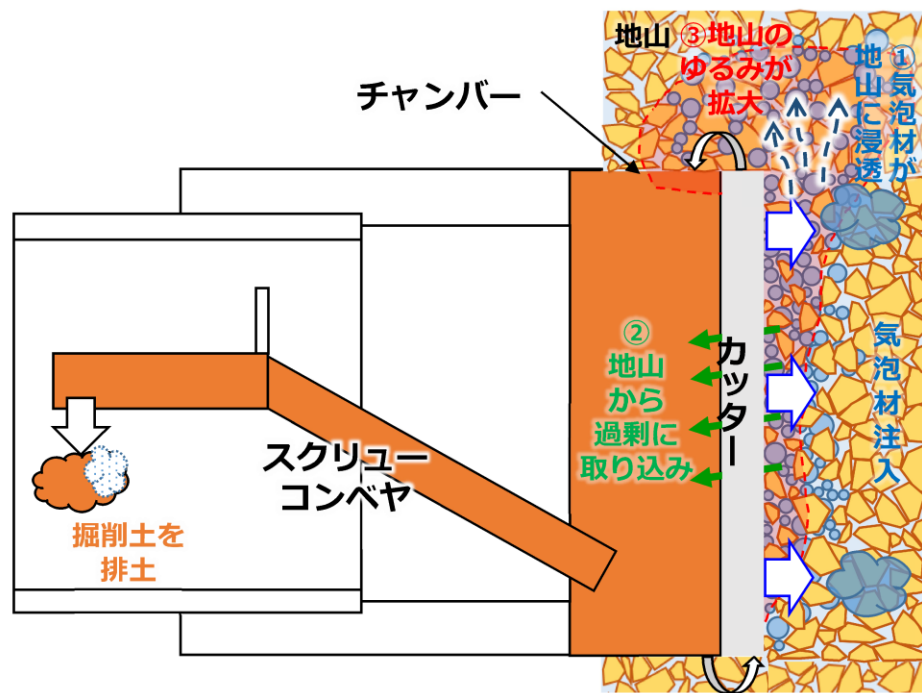
※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について(東日本高速道路2021/4/2~7)」より抜粋

トラブル事例① 道路事業で発生した陥没事故について

陥没の推定メカニズム(2)

(5) 掘進再開後

- 特殊な地盤下で塑性流動性を保つため、通常より多くの気泡材を地山に注入し、掘進を再開
- 掘進を再開後、①気泡材が(4)閉塞解除作業で緩んだ地山に過度に浸透
 - ⇒ 塑性流動性・止水性が低下し、閉塞解除作業で緩んだ地山に対する切羽土圧の不均衡
 - ⇒ 一部の気泡材は回収できず、掘削した地山重量を過少に評価し、②土砂の取り込みが想定より過剰に発生
 - ⇒ 繰り返し行われた閉塞解除作業により生じた地山の緩みを掘進時にさらに助長し、③地山の緩みが拡大し、地表面付近に硬質のロームをアーチとする空洞が地中に形成
 - ⇒ 硬質ロームが欠如している箇所陥没に至った



※説明会資料「東京外かく環状道路工事現場付近での地表面陥没事象等について(東日本高速道路2021/4/2~7)」より抜粋

トラブル事例② 鉄道事業で発生した陥没事故について

位置図、平面・縦断図



【工事概要】

- ・工事延長: 3,304m (4km365m～7km669m)
- ・工法: 泥水式シールド工法(セグメント)、マシン外径は9.7m
- ・セグメント: RCセグメントまたは合成セグメント(φ9.5m、W=1.5～2.0m、t=0.4m)
- ・受注者: 奥村・佐藤・青木あすなろ・NB特定建設工事共同企業体

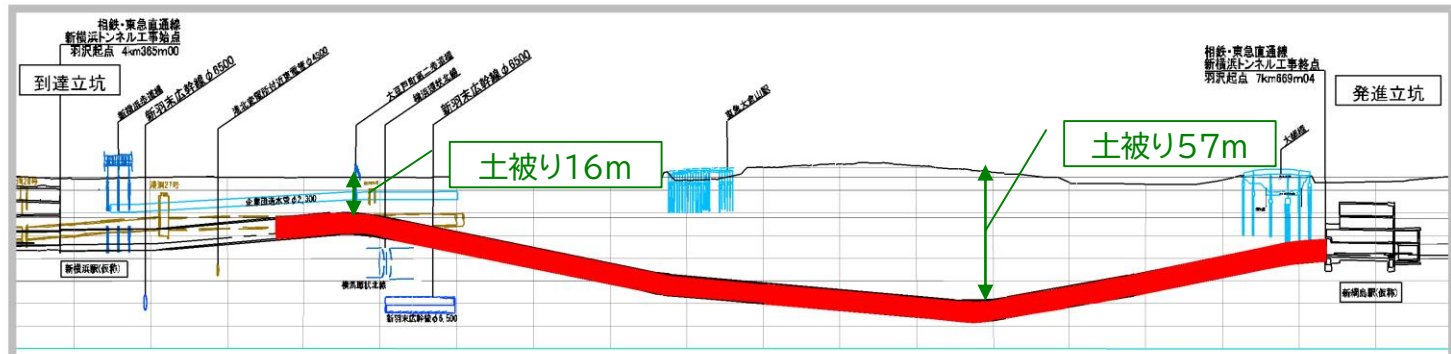
【進捗状況写真】



①本掘進 掘進状況 (坑内切羽)



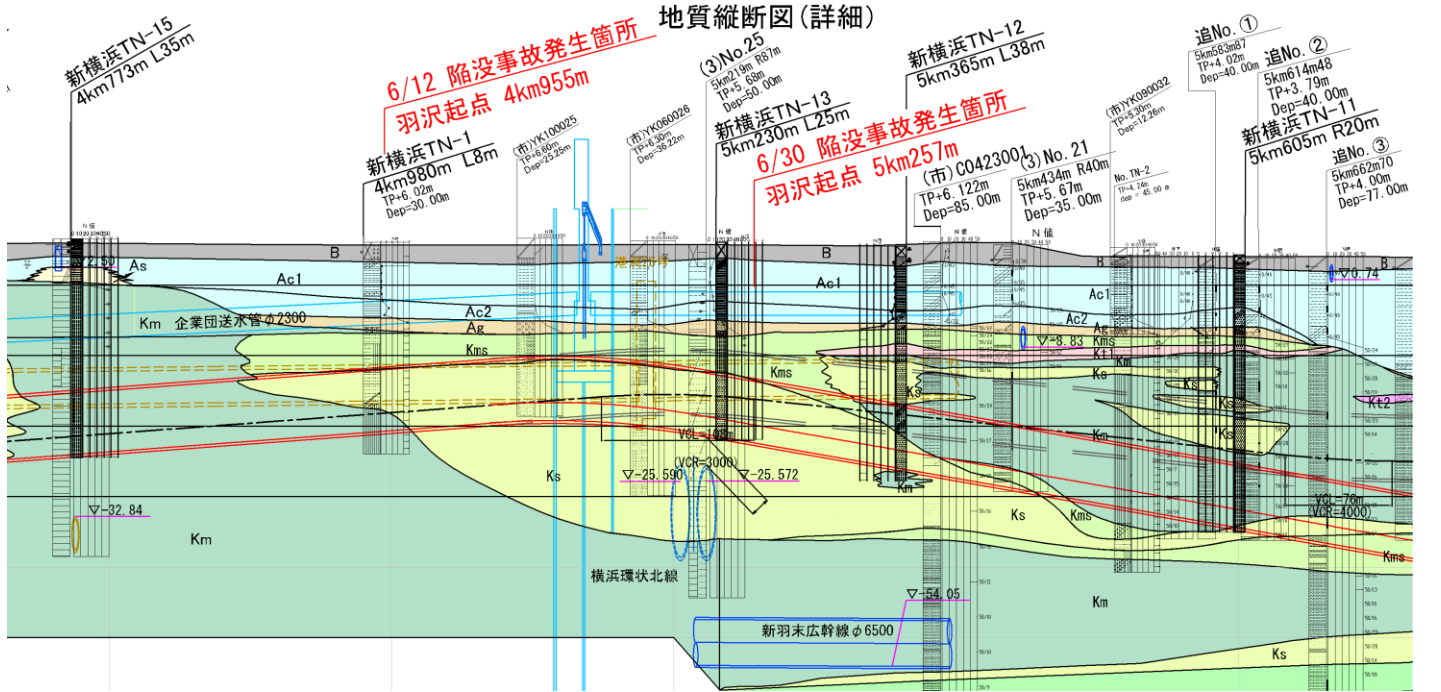
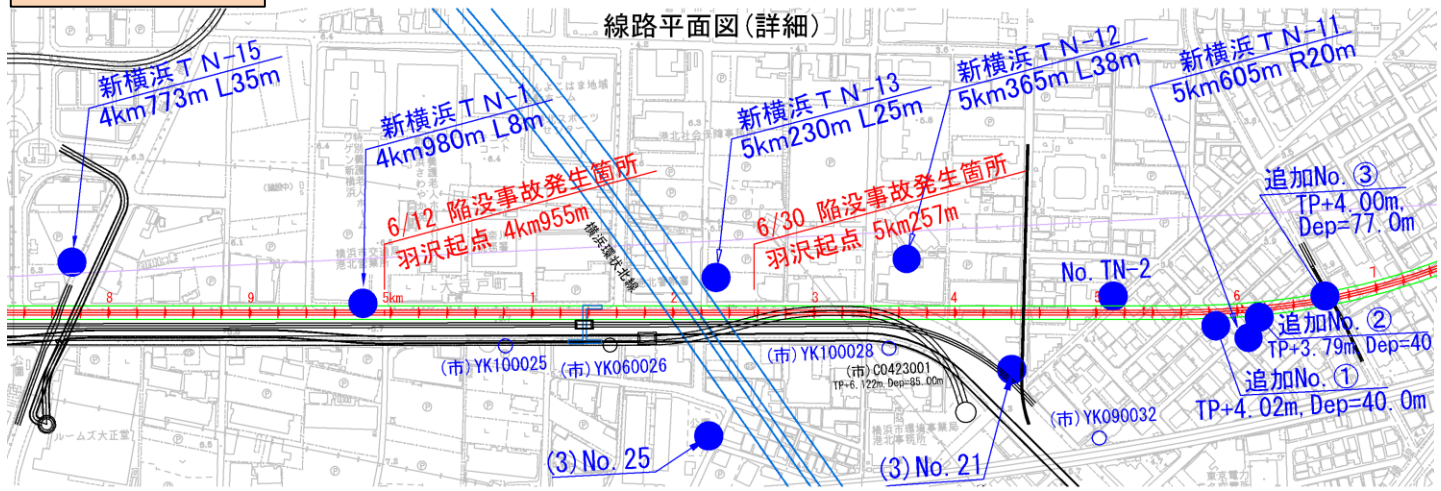
②掘削残土 土砂積込状況 (泥水ヤード)



※「新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会 報告書」より抜粋に一部加筆

トラブル事例② 鉄道事業で発生した陥没事故について

地質状況図



地層・岩体区分凡例

時代	地層名	土質名	記号
現世	盛土層	混合土	B
		粘性土(有機質土)	Ap
完新世	沖積層	砂質土	As1
		粘性土	Ac1
		礫質土	Ag1
		粘性土	Ac2
		砂質土	As2
		礫質土	Ag2
		砂質土	As
後期	関東ローム層	粘性土	Lm
	段丘堆積層	礫質土	Dg
中期	相模層群	粘性土	Dc
		砂質土	Ds
更新世	上総層群	砂層	Ks
		砂層優先の砂泥互層	Kms
		泥岩	Km
		泥岩優先の砂泥互層	Ksm
		礫質土	Kg
		火砕質凝灰岩	Kt1 Kt2

※「新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会 報告書」より抜粋

トラブル事例② 鉄道事業で発生した陥没事故について

陥没の状況

陥没発生時の状況（1回目）



写真-1 新綱島側より（15:00頃）



写真-2 新綱島側より（16:00頃）

陥没発生時の状況（2回目）



写真-1 新綱島側より（7:00頃）



写真-2 新横浜側より（8:00頃）



写真-3 新横浜側より（18:00頃）



写真-4 新横浜側より（20:00頃）



写真-3 新横浜側より（8:30頃）



写真-4 新横浜側より（12:30頃）



写真-5 6/13 規制解除



写真-6 6/13 注入作業状況



写真-5 7/1 規制解除



写真-6 7/1 注入作業状況

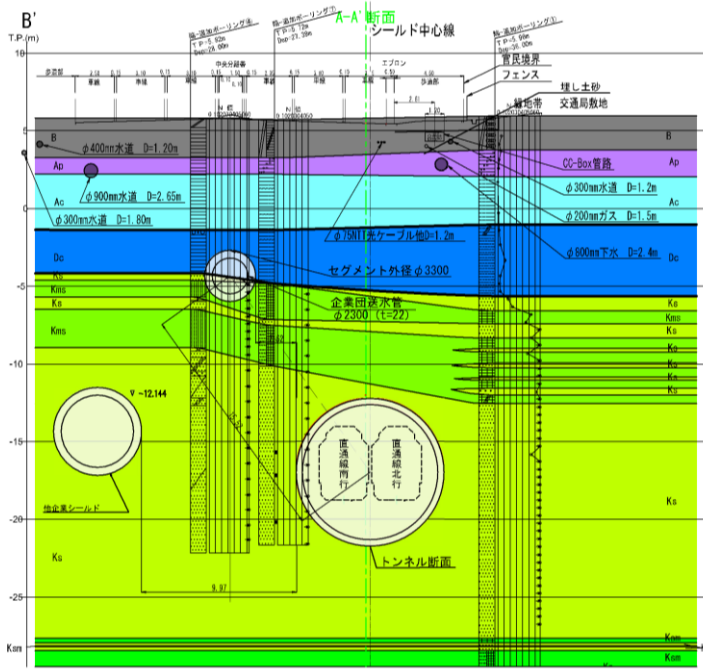
トラブル事例② 鉄道事業で発生した陥没事故について

陥没の推定要因

今回の陥没は、加圧泥水シールド工法によるトンネル掘削において、複合的な要因によりシールドマシンが土砂を過剰に取り込み空隙が形成されたことが原因と推定。

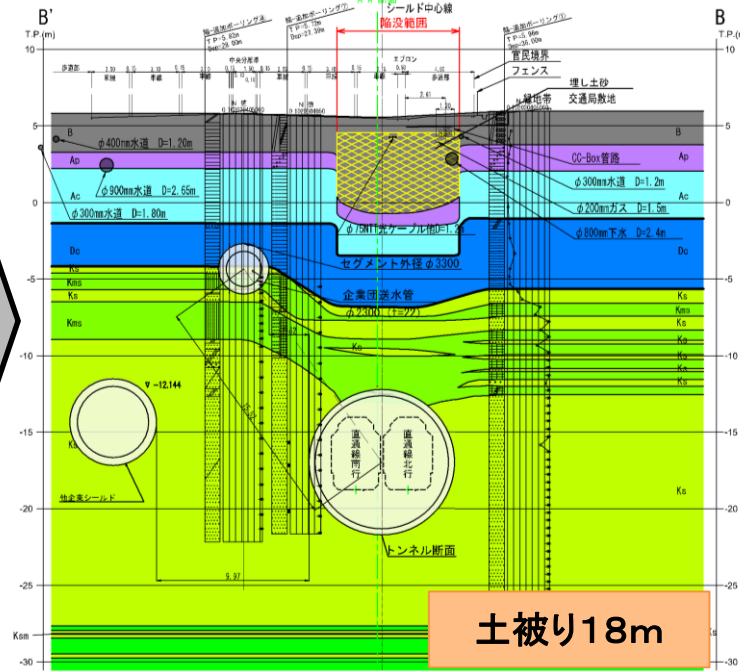
6月12日陥没箇所-陥没前

推定地質横断面図 S=1/500



6月12日陥没箇所-陥没後

推定地質横断面図 S=1/500



地層・岩体区分凡例

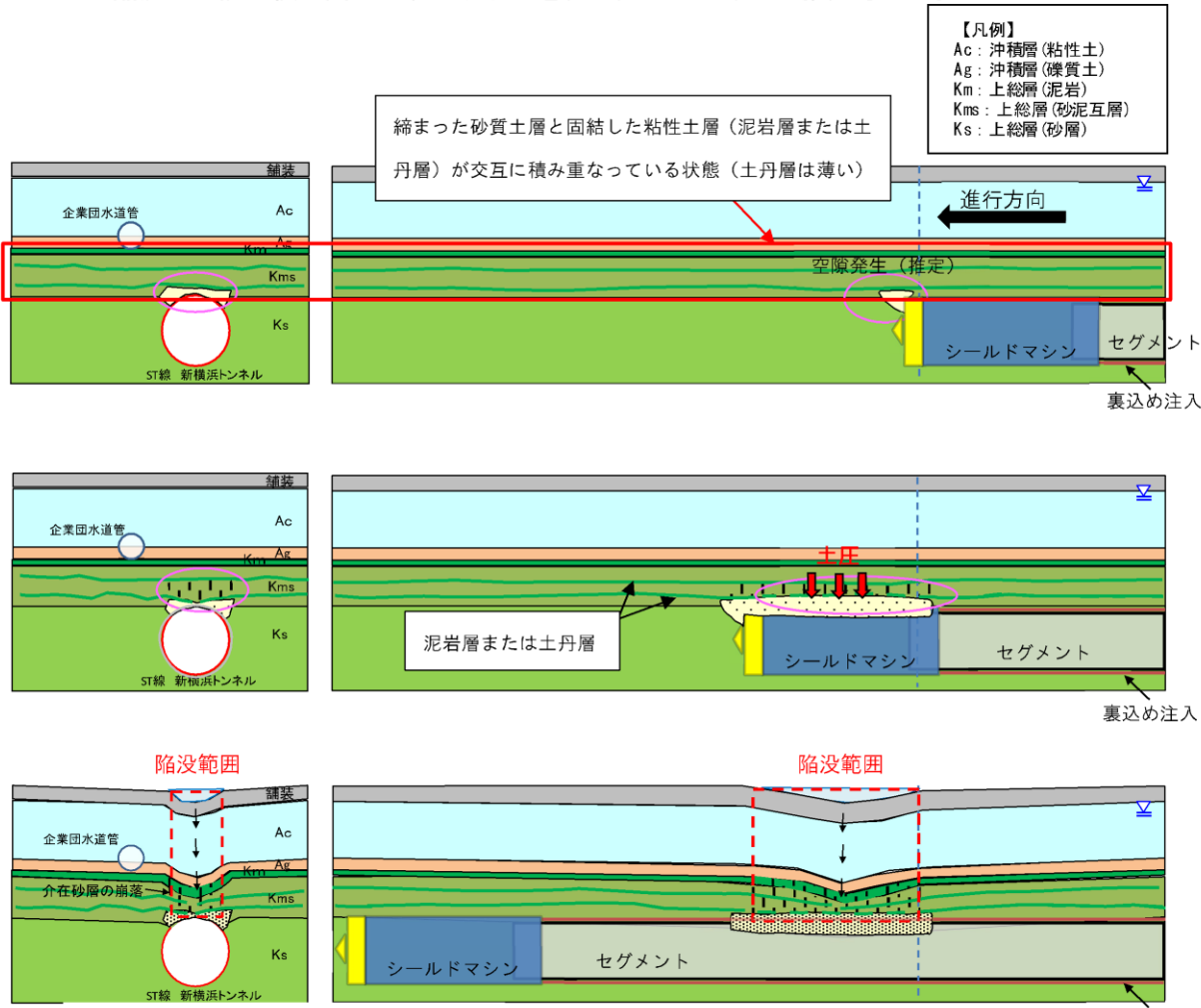
時代	地層名	土質名	記号
現世	盛土層	混合土	B
完新世	沖積層	粘性土 (有機質土)	Ap
		砂質土	As1
		粘性土	Ac1
		礫質土	Ag1
		粘性土	Ac2
		砂質土	As2
		礫質土	Ag2
後期	関東ローム層	粘性土	Lm
中期	相模層群	礫質土	Dg
		粘性土	Dc
更新世	上総層群	砂質土	Ds
		砂層	Ks
		砂層優先の砂泥互層	Kms
		泥岩	Km
		泥岩優先の砂泥互層	Ksm
		礫質土	Kg
前期		火砕黄凝灰岩	Kt1
			Kt2

※「新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会 報告書」より抜粋に一部加筆

トラブル事例② 鉄道事業で発生した陥没事故について

陥没の推定メカニズム(1)

○ 陥没は下記の模式図に示すステップを経て発生したものと推定された。



※地質図は、単純に模式化した図である。

図4 陥没のメカニズム

- ・ 上総層は通常の状態では、N 値 50 以上の極めて安定した層であるが、砂質土層の拘束圧が解放されて地下水の浸透力を受けると流動性が高くなる。
- ・ 流動化しやすい砂質土層に対して、泥水密度が不十分な状態であった。
- ・ 掘削停止中または低速掘進時に、シールドマシン上部の砂質土層が泥水に長時間さらされるとともに閉塞に伴う圧力変動を受けることにより不安定化し、天端部より砂質土層が流動的に切羽内に流入した。
- ・ これによりシールドマシン上部に空隙が発生した。
- ・ シールド工法では、セグメントと地山との間に裏込め注入が行われるが、当該区間では空隙を埋めるまでの充填は行われなかった。



- ・ シールドマシンの停止中または低速掘進に伴い一部の区間において、天端の地山が崩壊して取込みすぎが発生したことにより、空隙が連続的に形成された。これにより、砂質土層上部の粘土質層（泥岩または土丹層）は支持を失い、上からの土圧に耐えられなくなり崩落した。



- ・ さらにその上部の層も時間の経過とともに崩落し、シールドマシン通過後ある程度の時間が経過した後道路陥没が発生した。

鶴見調節池の地盤条件についての考察

【鶴見調節池における地盤条件】

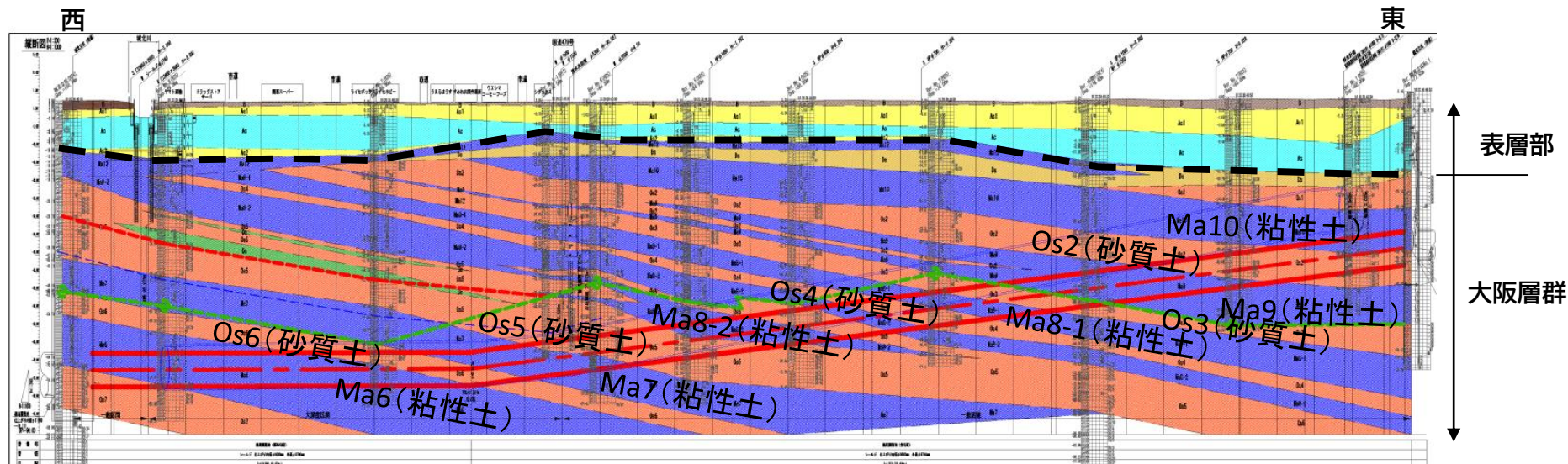
○シールド掘削断面

最大粒径30mm、細粒分33.86～95.85%、砂質土の均等係数はおおむね10以上、粘性土の粘着力は100kN/m²以上と**非常に硬い、自立性が高い地盤**である。

○掘削断面上部の地盤

互層であり、表層部には軟弱粘性地盤が分布しているが、シールド掘削層の直上には大阪層群(N値が50以上の非常に密な砂質土と、粘着力が高く、非常に硬い粘性土が東側に深く傾斜する互層地盤)が14～54m分布しており、掘削による地山の緩み等の**影響が地表面まで伝達しにくい地盤**である。

- ※ 粒度分布は、一般的に均等係数で評価。「悪い」=4～5以下、「良い」=10以上
- ※ 細粒分とは、粒形0.075mm未満の割合
- ※ 粘性土の粘着力は、道路土工-仮設構造土工指針(日本道路協会)を参考に評価。
「硬い」=50～100kN/m²、「非常に硬い」=100～200kN/m²、「固結した」=200以上kN/m²
- ※ 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。(東京外かく環状道路 有識者委員会報告書抜粋)



鶴見調節池の地盤条件についての考察

寝屋川北部地下河川 鶴見調節池における考察

- 道路事業、鉄道事業ともに陥没事故の直接の原因は、シールド掘進中に土砂を過剰に取り込み過ぎたことで、掘削断面上部に空隙が発生し、その影響が地表面まで達したことで発生したものである。
- 鶴見調節池のシールド工事においても、切羽土圧及び泥水性状の管理、掘削土砂の土量管理を適切に行うことが、陥没事故防止において最も重要な対策と考えている。
- 一方、鶴見調節池におけるシールド掘削層は、細粒分が33.86～95.85%であり、砂質土層の均等係数が高く、粘性土の粘着力についても100kN/m²以上と固く、自立性が高い地層となっている。
- また、掘削層の上面には、大阪層群(N値が50以上の非常に密な砂質土と、粘着力が高く、非常に硬い粘性土が東側に深く傾斜する互層地盤)が14～53mの厚みで分布し、地表面までの土被りも36～70mと深い。
- 以上から、鶴見調節池のシールド工事において陥没事故を防止するためには、適切な施工管理を行うことは当然として、万一、掘削による地山の空隙や緩み等が発生した場合でも、トラブル事例のように、空隙や緩みの影響が地表面まで伝達するリスクの低い、地盤条件、施工条件と言える。