

令和2年8月2日

鉄道・運輸機構 東京支社

神奈川県東部方面線新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会

<令和2年6月12日及び6月30日に発生した横浜市道環状2号線の陥没について>

第4回の議事内容

第4回委員会では、陥没の原因、メカニズムおよび再発防止策を議論し、委員に提言いただきました。

今回をもって委員会の終了をご確認いただきました。

配布資料

神奈川東部方面線新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会

<令和2年6月12日及び6月30日に発生した横浜市道環状2号線の陥没について>

(第4回)

日時：令和2年8月2日（日） 13：00～15：00

場所：鉄道・運輸機構 東京支社

（東京都港区芝公園2-4-1）

1. 概要

地表面（市道環状2号線）の陥没は、令和2年6月12日（金）及び、令和2年6月30日（火）の2度発生しました。

○発生日時 （1回目）令和2年6月12日（金）14時30分頃

（2回目）令和2年6月30日（火）5時30分頃

○場 所 神奈川県横浜市港北区大豆戸町（環状2号線：外回り車線）

（1回目）11m×8m×深さ4m程度の陥没

（2回目）7m×6m×深さ2m程度の陥没



【位置図】

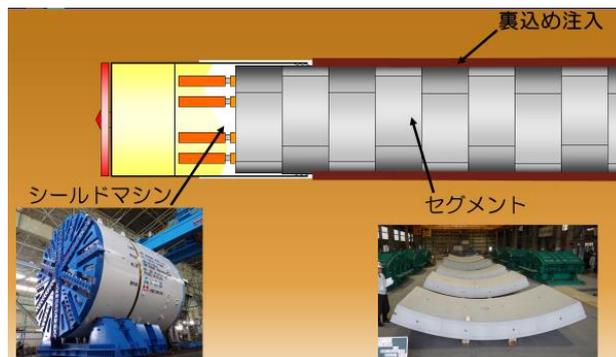


【1回目：令和2年6月12日発生】



【2回目：令和2年6月30日発生】

新横浜トンネルの工事は、シールドマシンによる掘削工事を環状2号線の直下で行ってまいりました。新網島駅（仮称）より掘削を開始し、横浜アリーナの手前付近まで掘削を完了していたところです。なお、6月12日以降、トンネル掘削工事は停止しています。



【シールドトンネル工法（イメージ）】

2. 陥没発生の原因究明

有識者からなる第三者委員会「神奈川東部方面線 新横浜トンネルに係る地盤変状検討委員会」を立ち上げ、地質、施工、環境など多角的な視点より陥没の原因、具体的メカニズム及び再発防止策について検討しました。

第1回委員会	6月24日（水）
第2回委員会	7月7日（火）
第3回委員会	7月24日（金）
第4回委員会（最終回）	8月2日（日）

3. 陥没の原因

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。

相対的に規模が大きかった一回目の陥没が発生した箇所では、掘進時に固結した砂の取込み等により排泥管が閉塞傾向となり、掘進停止や低速掘進が発生したことが判明した。この箇所の地質は、第四紀更新統の非常に安定している地盤であるが、拘束力が解放されると容易に流動化しやすい性質を有している砂質土が優勢であった。加圧泥水シールド工法は泥水による圧力で切羽の安定を保ち掘進していくが、泥水密度が不十分な状態であったこともあり、切羽地山の砂質土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砂質土が不安定化し、その結果、天端部より砂層が流動的に切羽内に流入して空隙が形成され、これが複数のリングに亘って生じたと推定される。

掘進停止中や低速掘進中に土砂の取込みがあったと推定されるが、停止中等の掘削土量の管理をリアルタイムで連続的に監視していなかったため、結果として土砂の過剰な取り込みを確認できず裏込め注入も不十分となり、陥没を誘発したと推定される。

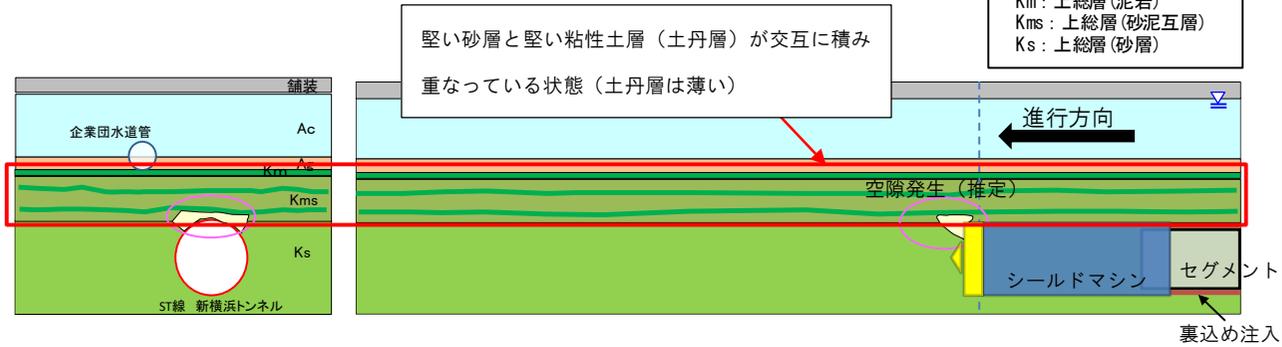
相対的に規模が小さかった二回目の陥没が発生した箇所でも、排泥管の閉塞はなかったものの、停止中の切羽内への流入が複数のリングに亘って推定されており、諸要因（地層の特徴、送泥水密度の管理、裏込め注入（グラウト）管理）が複合して陥没を誘発したと推定される。第1回目に比べると、取り込み過ぎ土量が相対的に少なかったために、空隙形成から陥没までにより時間がかかったと推定される。

また、地表面の変位は計測していたが、土砂の取込みによってシールドマシン上部に空隙が生じ、しばらくの間、空隙上部の堅い粘性土（土丹層）によって一時的に保持されたと推定される。その結果、地表面変位計測による地盤変位の予兆の把握と、それによる裏込め注入量の見直し、補足注入などの早期対応が出来なかったと推定される。

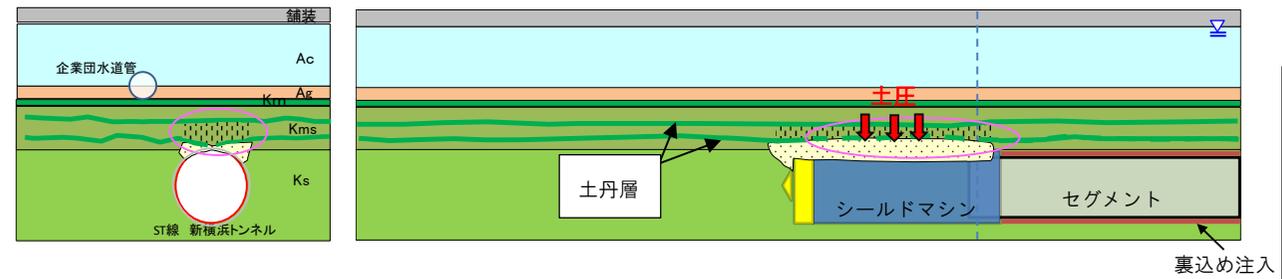
4. 陥没発生メカニズム（推定）

○ 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。

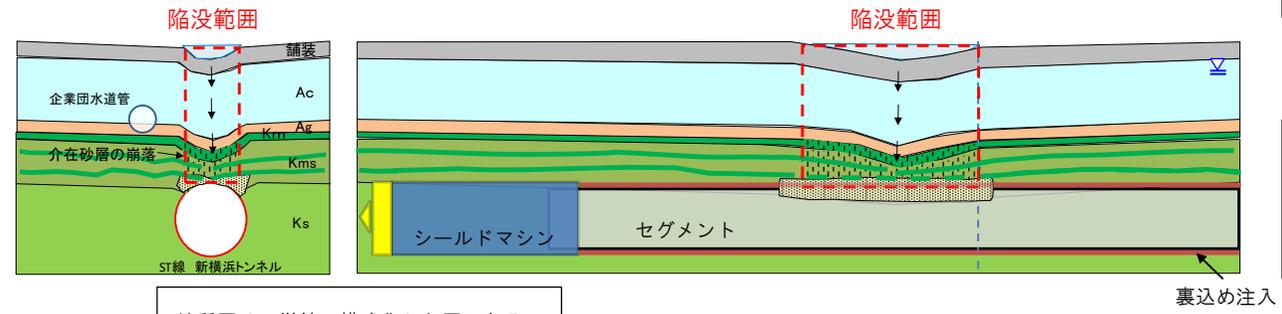
【凡例】
 Ac: 沖積層(粘性土)
 Ag: 沖積層(礫質土)
 Km: 上総層(泥岩)
 Kms: 上総層(砂泥互層)
 Ks: 上総層(砂層)



- ・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、拘束圧を失い地下水の浸透力を受けると流動性が高くなる上総層砂層であった。
- ・流動化しやすい砂層に対して、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り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、砂層上部の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に道路陥没が発生した。

地質図は、単純に模式化した図である。

5. 再発防止策について

今後対応する再発防止策を、掘削完了済み区間及び今後掘削する区間に分けて記述します。

①掘削完了済み区間の対応について

- ・掘削済みの箇所のうち、環状2号線直下については、すでに探査ボーリング及び充填注入を実施している。
- ・その他の箇所においては、今回陥没が起きたような地層ではなく、さらには土被りが大きくなっていることから、現段階では地盤変動監視委員会のより詳細な計測でも地表面と地中の変位は出ておらず、陥没の危険性は無いと考えられるが、掘削が終了したすべての区間において、委員会で審議された手法を用いて、改めて過去の掘削データを再度確認中である。

掘削データの見直しにあたっては、取り込み過ぎが推定される場合には、調査・確認の上、必要に応じてトンネル坑内より再充填を実施する。

②今後掘削する区間の対応について

- ・空隙を生じさせないための再発防止策を徹底する。
 - ・先行して追加ボーリング調査の実施による詳細な地盤条件の把握
 - ・切羽土圧・泥水性状の適切な管理
 - ・土砂の過剰な取り込みの有無のリアルタイムで連続的な監視
 - ・裏込注入の量・圧の適切な管理
- ・土砂の取込み過ぎが疑われる箇所が認められれば、トンネル内から速やかに再充填を実施する。