

地下建設工事においてトラブルが発生しやすい 地盤の特性と対応技術

1. 講座を始めるにあたって

橋 本 正 (はしもと ただし)

(株)地域 地盤 環境 研究所 所長

1.1 はじめに

大阪などの大都市では地下利用が進んでおり、輻輳化した地下の重要構造物を避けながら近接工事を実施したり、大深度の地下工事が増えたりするなど、工事の難易度が高くなってきている。一方、例えば大阪近郊の阪神間、京都、滋賀などでは、上下水道、電力、ガス、通信など縦断延長の長いインフラ構造物の築造時において、大礫卓越地盤で陥没が発生するなど、施工時のトラブルが見られる。

このように地下建設工事において近年に見られるトラブル事例は、均等係数の小さい細砂や大礫などの限定された地盤で発生することが多い。このようなトラブルが発生しやすい地盤をトラブルサム地盤とすることにしている。この傾向は、関西だけではなく、日本でも名古屋や東京などの低平地にできた大都市や、東南アジアや中国、台湾の沿岸部又はオランダのデルタ地帯などの類似した地盤特性を有する都市においても同様に見られる。写真1は、中国上海で発生したトンネル陥没により、トンネル付近の土砂が流出して地上建築物の倒壊などが発生した事例¹⁾を示している。

日本では、近年建設投資の減少により、大規模工事や難工事の計画、設計、施工を行う機会が少なくなっているため、技術力の維持及び伝承が課題となっている。一方、東南アジアや中国などの発展途上国では社会インフラの建設が急ピッチで進められており、地下での難工事やトラブルに遭遇する可能性が大きい。そこで、日本におけるトラブルサム地盤での貴重かつ豊富な経験に基づいて、建設工事が盛んなアジアを始め世界に情報を発信し、技術的な助言や海外プロジェクトへの参画を積極的に行い、そこでまた新たな知識や経験を得て、技術伝承が引き継がれて行くことが重要と考えられる。

そこで、地盤工学会関西支部「地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性とその対応技術に関する研究委員会(トラブルサム地盤研究委員会)」を2009年に設立し、国内外における地下建設工事のトラブル事例を収集し、問題となる地盤の堆積環境や物性などの地質的及び土質的アプローチから調査・分析を行い、これらの因果関係や工事中の減災に有効な対策について3年間に亘り、調査・研究を進めてきた。

また本委員会では、技術伝承や海外への展開をにらみ、

産官学の熟年経験者から若手技術者まで、また同様のトラブルサム地盤を有する他支部や海外からも参加を頂いた総勢59名の委員により、地盤特性分科会、トラブル事例分科会、リスクマネジメント分科会、海外事例分科会4分科会と各分科会内に合計8つのワーキンググループ(WG)に分かれて活動を行い、2013年3月に報告書をまとめた。

この講座は、委員会報告書をベースにしながらも、それ以外の新しい知見や事例を追加補強し、更に読者に易しく熟読できるように各執筆者に原稿作成をお願いしている。本講座が地下建設工事の減災や今後建設が増加するとみられる大深度地下対応技術にも寄与する基礎資料の一つとなれば幸いである。さらに、本講座で扱った課題が日本と周辺国とのジョイントリサーチのテーマとして、関西支部の掲げる「関西からアジアへ—地盤工学と共に歩む未来—」の一翼になればと期待している。

1.2 トラブルサム地盤と事象

地下建設工事におけるトラブルサム地盤として、細砂層、大礫、クラッキー粘土、鋭敏粘土、木片など異物混入地盤及びMixed face地盤(切羽に硬い地盤と軟らかい地盤が混在する場合を言う)などが挙げられる。トラブルサム地盤と開削やシールド工事等の工種及びトラブルの種類との関係を表1.1に示す。

これらのトラブルサム地盤の中でも、特に均等係数の小さい細砂地盤と大礫地盤では、シールドや開削などの地下工事におけるトラブルが発生しやすい。

この種の細砂地盤は、小さい水頭差で流動化しやすい

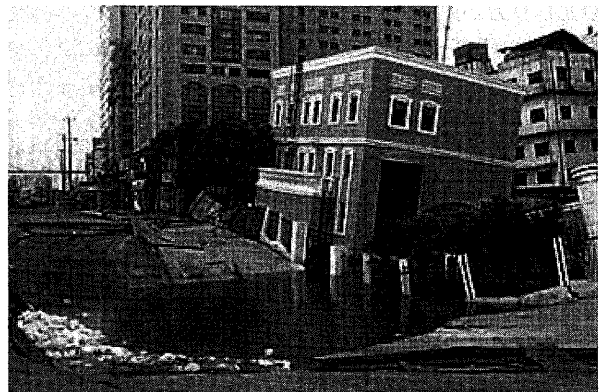


写真1 上海地下鉄4号線トンネル陥没事例¹⁾

表一.1 地下建設工事におけるトラブルサム地盤, 工種, トラブルの内容の関係

| | 細砂 | 大礫 | クラッキー粘土 | 鋭敏粘土 | 異物混入地盤 | Mixed face |
|------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|---------------|----------------|
| 開削工事 | パイピング 孔壁崩壊 | 地中壁の品質 不良 | 背面地盤の滑り 孔壁崩壊 | 大変形 | 壁の止水不良 | 根入不足 |
| シールド工事 | パイピング マシン胴締め 姿勢制御困難 | 切羽崩壊 カッターの 破損 | 切羽閉塞 | 地盤攪乱 後続沈下 姿勢制御困難 | 切羽や排土管 の閉塞 | 切羽崩壊 磨耗, 振動 |
| 山岳トンネル (NATM) 工事 | 切羽崩壊 | 湧水 | 切羽崩壊 | — | | |
| 地盤 改良 | ジェットグラウト (JGP) | 改良不良部から パイピング | — | | 改良不良 | 改良不良 |
| | 薬液注入 | 浸透注入困難 | 注入逸散 | 地盤攪乱 | | |

表一.2 本講座の内容と執筆者

| 章 | 表題 | 執筆者 | 掲載予定号 |
|-----|---------------------------------|---|---------|
| 第1章 | 講座を始めるにあたって | 橋本正 (地域 地盤 環境 研究所) | 平成26年4月 |
| 第2章 | シールド工事におけるトラブル事例とその対応 | 塩谷智弘 (大阪市交通局) 上新原公治 (大阪市交通局) | 平成26年4月 |
| 第3章 | 推進工事におけるトラブル事例とその対応 | 奥野正富 (NTTインフラネット) 井上雅人 (NTTインフラネット) 木下聖司 (大阪ガス) | 平成26年5月 |
| 第4章 | 開削工事におけるトラブル事例とその対応 | 長山喜則 (西日本旅客鉄道) 水嶋浩治 (鉄道建設・運輸施設整備支援機構) 高橋祐史 (阪神高速道路) | 平成26年6月 |
| 第5章 | 山岳トンネル (NATM) 工事におけるトラブル事例とその対応 | 水嶋浩治 (鉄道建設・運輸施設整備支援機構) 勘定茂 (西日本高速道路) | 平成26年7月 |
| 第6章 | 海外工事におけるトラブル事例とその対応 | 譽田孝宏 (地域 地盤 環境 研究所) 橋本正 (地域 地盤 環境 研究所) | 平成26年7月 |
| 第7章 | トラブルが発生しやすい地盤の特徴と特性について | 三村衛 (京都大学) 北田奈緒子 (地域 地盤 環境 研究所) | 平成26年8月 |
| 第8章 | トラブルサム地盤に対するリスクマネジメント | 杉山和久 (大林組) 木村亮 (京都大学) | 平成26年9月 |
| 第9章 | 講座を終えるにあたって | 橋本正 (地域 地盤 環境 研究所) | 平成26年9月 |

ため、開削工事の掘削底盤、遮水性土留め壁の小さい欠損部、又はシールドの排土口やテール部からパイピングを伴う出水トラブルがたまに発生する。また、泥水シールドの切羽やトレンチ壁の不安定性に伴う崩壊や、シールドや推進機又はボーリングマシンの胴締め現象、山岳トンネルでの切羽崩壊などのトラブルも生じやすい。細砂の中でも特に粒径の小さい微細砂は、透水係数が $k = 1 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ 程度と小さいため、地下水低圧工法や薬液注入工法が効果的でないこともトラブルの発生を加速させている。

大礫地盤では、①土留め壁や杭が品質良く打設できない、②高圧噴射攪拌地盤改良(ジェットグラウトパイル)の品質が悪い、③透水係数が大きいため薬液注入工法の効果が悪い、④礫径が大きいためシールドの排土が困難なことによる出水やシールドカッターなどの破損が大きい、などのトラブルが発生しやすい。

1.3 本講座の構成と内容

本講座の構成と各章の内容及び執筆者名を表一.2に示すが、執筆者にはトラブルサム地盤研究委員会の委員の方々をお願いし、内容は、本委員会の成果の一部を用いて原稿を執筆して頂いた。

構成は、第2章～第5章がシールド、推進、山岳トンネル及び開削等の地下工事の工種毎にトラブル事例を収集・整理し、そのトラブル対応をまとめたもので、読みやすくするため、各章で完結した構成となっている。第6章には、主に中国とオランダの軟弱地盤におけるトラブル事例とその対応をまとめている。第7章は、問題となる地盤の堆積環境やその特性に関するもので、これらの因果関係やトラブルサム地盤に対する対応については、トラブルサム地盤に対するリスクマネジメントというタイトルで第8章に掲載する。

ここ数年は、経験豊富なベテラン技術者が定年を迎え第一線を離れる時期にあり、トラブルサム地盤研究委員会において、ベテラン技術者と若手技術者が共に議論して学んだトラブルサム地盤とその事例及び対応をまとめた本講座が技術伝承の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) Yu, X. and Zhu W.: Overview of the restoration work of Shanghai Metro Line 4, Underground Construction and Risk Prevention, Proceedings of the 3rd International Symposium on Tunnelling, Shanghai 2007, pp. 21-30, 2007.