

## 巻頭言

# 都市部の地下・地中工事と地下水

龍岡文夫



わが国の都市部の表層地盤は、第四紀更新世・完新世の未・低固結の洪積層・沖積層が主体である。軟弱粘土層が現在の沿岸部だけでなく、内陸部にも点在していて、海面が100 m以上低かった最終氷期に、中小河川が安定した地盤を侵食して複雑に入り組んだ谷地形を形成して沖積粘性土が堆積し、河口が海浜に塞がれて潟・沼・池が形成されて有機質土層が極めて軟弱な表層となっている場所もある。また、一般に地下水位が非常に高い。加えて、都市部の地下・地中工事の多くは、密集戸建て住宅・集合住宅や道路・鉄道など社会基盤構造物の直下・近傍であり許容地盤変形が非常に小さい。これらのため、これらの工事は難工事となり慎重に計画・施工される。しかし、少なくない問題・事故が起きており、殆どは地下水が絡んでいると思われる。

都市部では、地下・地中構造物の建設に伴う地盤掘削やシールドトンネル工事・立坑建設やオープンでのトンネル拡幅工事等が軟弱表層地盤の内部や近傍で行われることが多い。工事現場を地下連続壁で囲い必要に応じて薬液注入を行っても、揚水によって周辺地盤で地下水位が低下することがあり、許容地盤沈下が小さい場合は慎重な対応を要する。加えて、通常都市部の表層地盤では地下水の自然供給が少ないため、山岳トンネル工事とは比較にならない少量の湧水によって、予期せぬ地盤沈下問題が生じる場合がある。工事現場は洪積地盤であり地下水位低下による地盤沈下問題は生じなかったが、堆積軟岩層内の未固結砂層と洪積層・沖積層内の砂礫層が局所的でも連続していて、300～400 mも遠方の腐植土層を含む軟弱層で地下水位が2 m程度低下しただけでも、密集戸建て住宅地で地盤沈下問題が生じた例もある。

一方で、工事に伴う揚水・湧水によって低下した地下水位がリチャージによって完全でなくとも1/3程度でも回復すれば、地盤沈下の進行は止まるようである。また、地下水位低下によって沈下が生じやすい地盤では、工事に関係なく二次圧密による長期残留沈下が継続している場合が多い。工事開始前から地盤沈下の面的・深度方向の計測を開始して、工事中・後に計測さ

れた地盤沈下が自然残留沈下であることを示した事例がある。

シールドトンネルは、難しい地盤条件でも慎重かつ適切に施工・管理すれば、安全にかつ周囲の環境を保全して建設できる。沖積層・洪積層よりも古い第三紀鮮新世～第四紀更新世古期の地層では、泥岩質堆積軟岩は安定していて地盤変状問題は生じにくい。しかし、礫層が混在する砂質土層は未・低固結であり厚さが40 mを越す場所もある。砂質土層は良く締まっており自然状態では非常に安定していて、N値は一般に50を遥かに越える。このため施工中も常に安定、と思込むと危険である。地下水位以下の地層で、施工によって有効拘束圧が低下し浸透力を受けた場合は塑性流動化する虞がある。切羽の前方・上方でそれが起こると、設計地山掘削土量を越えた土量を取り込み過大な地盤沈下・地盤陥没が生じる可能性が出てくる。過剰掘削土量はシールドトンネルの施工が地盤に与える影響の直接的な指標なので、掘削中・掘削休止中を通して連続的かつ定量的に算出し、施工管理に反映するのが望ましい。しかし、正確な算定には難しい点があるため、そのような施工管理は一般的ではないようである。具体的な算定式はシールド形式・工法と堆積軟岩・低未固結砂礫層・軟弱粘土層など土質の違いなどによって異なるであろうが、出来る限り現場毎に算定式を検定して、算出結果を反映して施工管理を行うべきであろう。そのような管理によって過剰掘削が限定された箇所が生じた段階で検知できれば、切羽安定のための応急対応と充填注入・裏込め注入などの複数の対処によって過大な地盤沈下・地盤陥没を防げられると思われる。これらは、シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン(令和3年12月、シールドトンネル施工技術検討会)で強調されている。

以上筆者の限られた経験に基づいて議論したが、コスト・工期の制約が厳しい中でも、経験則を重視した上で、地盤工学・地質学に基づいた地盤の現状と変化の正確な把握に基づいた適切な対応を迅速に行うのが基本、と言う点は正しいと思う。