

解説

円形・矩形推進における地盤への影響と施工事例

まつもと みみこ
松元 文彦(株)アルファビルエンジニアリング
施工本部長

1 はじめに

我が国のライフラインの構築技術として、推進工法が多く採用されてきた。その背景は、都市部などの稠密化した地上環境において、周辺環境への影響を最小限に抑えつつ迅速かつ安全に管路を形成できることにあり、さらに地盤条件への適用範囲の大きさや路線条件への適用性の高さなどが後押ししている。

2 近年の施工条件や掘進上の課題

昨今では、下水道管きょ整備だけでなく、電力地中線構築としての縦断曲線・急勾配を含む長距離・急曲線施工、ゲリラ豪雨対策としての大口径管路や矩形雨水函路施工、アンダーパス構築の補助工法としての先受けパイプルーフや躯体本体として利用が可能な角形鋼製エレメントの施工技術など多岐に渡る。そのような厳しく多様な施工条件に加えて、地下重要構造物や既設管きょとの近接施工から、小土被りや大深度（大土被り）での施工を求められる場合があり、標準的な土被りである5～10m程度の施工技術とは一線を画したより高度な施工管理が求められている。

小土被りの施工では、地下埋設物との離隔検討・影響範囲検討や浅層工事特有の地上への泥水噴発や地盤の緩みおよび陥没などの課題を抱えており、一方大

深度（大土被り）施工では、高水圧に対応した掘進機・推進管仕様はもとより、高水圧止水坑口の検討、パッキング防止対策、排土ラインの噴発防止対策など多くの課題を解決しなければならない。近年、「大深度（地下の公共的使用に関する特別措置法（以下、大深度法）」の改正により、シールド工法を用いた地下40m以深の大深度での施工が実施されているが、大深度といえども地上への影響においては細心の注意を払わなければならない、切羽圧力管理のみならず添加材注入技術や周辺地盤への影響の少ないカット回転機構・排土機構を踏まえた掘削技術なども重要な視点となる。

そこで本稿では、推進工法による地盤への影響要因やシールド工法とは異なる切羽・テールボイド構築システムおよび安定方法などを解説し、小土被り施工での大断面矩形推進工事事例と大深度（大土被り）での先受け大口径パイプルーフ工事事例を取り上げ、それらの工事で実施した対策工や施工結果について紹介する。

3 推進工法における地盤影響要素

推進工法における標準的な見解として、(公社)日本推進技術協会が定める各工法別の適用土質範囲が示されている¹⁾。この中で地盤への影響範囲、取り分け補助工法の併用が必須な地盤領域として透水係数 $k=1\times 10^{-4}$ m/s程度以上とし $k=1\times 10^{-6}$ m/sより大きい場合は、

表-1 地山の流動化の指標（開放型）²⁾

主体（年度）	指標	備考
矢田ほか（1969）	$G_s \leq 2.65, \gamma_d \leq 1.7, U_c \leq 4.0, D_{50} \leq 1.5, D_{10} \leq 0.15$	加木トンネル
森藤（1973）	細粒分含有率（ 74μ 以下） $\leq 10\%$	生田トンネル
日本国有鉄道構造物設計事務所（1977）	①均等粒径の砂・細粒分含有率 $\leq 10\%$, $U_c \leq 5$ ・飽和砂 ②地下水位の高い砂および砂礫層 ③不等水層中に介在する帯水砂層	—
土木学会（1977）	細粒分含有率 $\leq 10\% \cdot U_c \leq 5$	—
大島ほか（1979）	細粒分含有率 $\leq 15\%$	—
奥園ほか（1982）	細粒分含有率 $\leq 8\%$, $U_c \leq 6$, 透水係数 $\geq 10^{-3} \text{cm/s}$	—

湧水による切羽崩壊や切羽圧力保持が不能となるため、補助工法等を検討する必要があると謳っている。加えて崩壊性地盤においては、それ以外の素因についても注意を払う必要があり、「開放型で掘削するNATM工法における地山評価と流動化指標」²⁾が密閉型推進工法においても施工可否および補助工法の有無の判断基準になると考えている。表-1に示すように、地山の透水性以外に土粒子の構成（粒度分布や粒度特性）が重要となる。

密閉型推進工法の中でも泥水式と土圧式では、切羽面の保持に対し多少の相違はあるが、地山に地下水圧+土圧+変動圧、または、静止土圧+地下水圧+変動圧の切羽圧を加えることで地山の安定を図る施工法であるが、地山細粒分の含有率が少なく均等係数が5以下となるような悪い地盤の場合は、切羽添加材注入のみでは目詰効果が期待できず逸泥現象が生じることで浸透領域を増加させ、地盤への影響を誘発させる原因となる。そのため、このような土質性状においては、補助工法の併用が必要となり、一般的な推進工事で見られ

るボーリング調査結果のみの判断だけでなく、粒度分布の構成や透水性および含水比の調査結果、無水地盤における空隙比の高い地盤などにも十分に配慮する必要がある。その他、事前調査が必要な内容としては、既存の支障物件、特に既存パイプライン周辺の空洞調査や近接構造物の埋戻し記録、地形や周辺状況の観察などを綿密に調査し、施工現場に反映させることが地盤の緩みや沈下に対するリスク軽減対策となる。

4 密閉型推進工法の切羽安定理論

一般的に崩壊性地盤における切羽前方に発生する緩み領域は、村山博士の理論式³⁾を根拠としている場合が多い（図-1）。ここに示す通り、切羽前方側の緩みは上方（クラウン部）に弧状すべり面として発生する。すなわち、切羽前方の緩み範囲が広がるとクラウン部の緩み領域も大きくなるため、だらだらとした圧力差は浸透領域が広くなり切羽上方の緩み範囲も助長し、周辺地山への影響が拡大することとなることから、切羽前面に

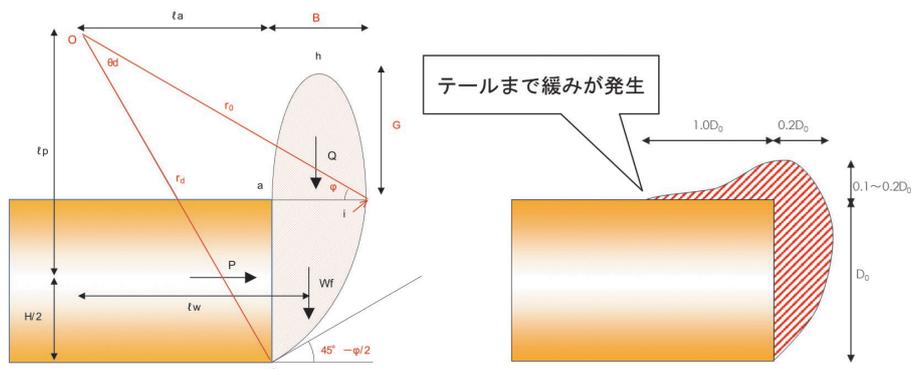


図-1 切羽前方に発生する緩み領域（左：村山博士の理論式による³⁾、右：経験による緩み領域）