

解説

注入技術

泥濃式推進工法における 周辺地盤への影響と軽減システム

まつもと ふみひこ
松元 文彦

(株)アルファビルエンジニアリング
技術部長 (技術士補)



1 はじめに

昨今、密閉型推進工法は地下インフラ整備の管路事業の1つとして欠かすことができない施工技術となった。その背景としては、施工時の占用帯や設備基地の必要スペースが比較的少なく、周辺環境への影響も低減可能で、道路環境に応じてL = 1.0kmを超える長距離施工やR = 15m以下の急曲線施工を可能にしてきた技術開発の結果と考えられる。

現在、密閉型推進工法は泥水式、泥土圧式、泥濃式の3工法に大別されており、経済性や周辺環境、土質性状および路線状況に応じて各々の特長を加味して比較検討され、最終的に積算根拠となる施工法が選定されている。その中で日本の国土特有な複合地盤や輻輳した地下埋設物との近接工事ならびに複雑な路線設定では、幾分優位性のある泥濃式推進工法が下水管路における大中口径推進工法の内の6割近いシェア¹⁾を有している。

ただし、この泥濃式推進工法の中でも、各工法協会の施工技術に対する見解は、切羽理論を含め様々な点で異なっており、特に、掘削地山条件への

適用範囲は一元化できる領域からは逸脱しているのが実情である。また、テールボイド理論等に関しては違いが鮮明であるが、各工法を画一的に評価するために、特長の記述や実績調査に関して、土木設計技術者としては考えられない間違った評価や誤解を招く文言が時々見受けられる。その他、適正な評価を行い各工法の特長を明確にした比較検討であっても、それらの設計者の時間を掛けた調査や真摯な検討を無視して、受注者側の安易な意向での施工承諾も見受けられる。

このことは、大別される工法の領域を越えた場合も存在し、実績等の調査不足や適正な理論背景の未確認および指針の平準化や経済性評価が優先した弊害と考えられる。昨今のこのような風潮から、今日求められている厳しい施工環境への適正な工法選定や対策はなされず「安全・安心・確実な地下非開削技術」との観点からは逆行し、機械未整備によるトラブルや人為的な管理・制御ミスによる周辺地盤への影響および滑材注入の手抜きやそれに伴う過大な推進力の载荷が元での推進管の破損や、その結果生じる推進不能の不幸なケースも現に存在する。また、掘進機

能においても、経済性を優先した機内操作型と複数の管理者が確認可能な遠隔操作型が各工法協会の理念の上に存在し、現場の施工上のリスク回避のための2重3重の安全対策を施した機種から、機材管理の都合上、開発当初から同一構造の掘進機もあり、比較検討においては同じ土俵で評価しづらいのが実態と言える。

そのような現状から、本稿では改めて切羽およびテールボイドの安定を念頭に置き、九州大学大学院との小土被り実証実験結果を踏まえ、推進工法による地盤への影響結果等を検証しながら密閉型推進工法の実態を探り、周辺地盤への影響軽減対策や今後取り組むべき課題や研究テーマを考察する。

2 密閉型推進工法における切羽性状の考察

密閉型推進工法において、掘進時の切羽安定を図ることが周辺地盤への影響を軽減する上で最も重要な要素と考えられる。昨今、密閉型推進工法における大別は3工法²⁾となっているが、推進工法の発展に伴い複合的な機能を有した施工技術も見受けられる。よって、整理する意味も含め、表-1に密閉型

推進工法別の切羽の安定方法と管理手法を示す。

ここに示すとおり、泥水式は安定液理論による切羽圧力の加圧で地山の土圧や水圧に対抗させ、切羽を安定させる施工法であるが、泥土圧および泥濃式は掘削土砂との注入材の攪拌・混合体による不透水壁をカッタ前面および室内に構築し、加圧を行なうことで切羽の安定を図る施工法となっている。

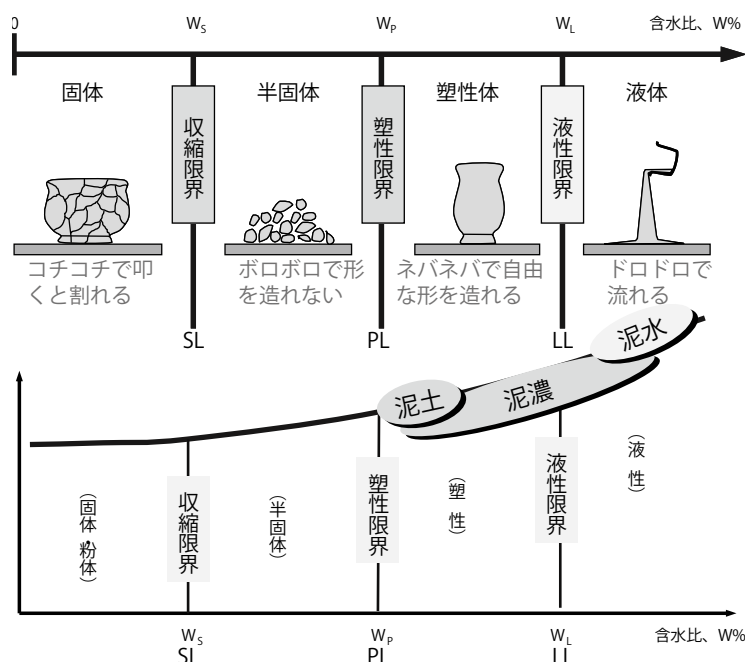
ここで、諸先輩方の泥水式シールド工法の特長を拝見すると、崩壊性や透水性が高い地盤の掘進では、切羽の安定のためには泥水圧と面板のみで圧力を保持することは難しく、送泥水の逸泥を招き排泥の分離沈降が発生しやすくなるため、補助工法との併用技術が求められるとの見解が多い³⁾。また、適正な泥水性状の確保に繊細な管理が求められる、過大に高濃度、高比重に変化した余剰泥水の搬出処理後は一変して低濃度泥水から掘進再開を余儀なくされるため、地山への最適な送泥水への迅速な対応が困難な場合も見受けられる。

逆に泥土圧（土圧）式の場合、切羽の安定の観点からは地山土粒子を積極的に活用した切羽性状は不透水性が確保されやすく、切羽に近い段階で目詰め効果が期待でき、切羽崩壊への対抗手段としては優位となるが、不適切な添加材配合や注入量の削減の場合は、掘削地山との攪拌・混合が不十分となり、カッタトルクや周辺摩擦力の上昇を招き、スクリュコンベアから地下水の噴発や流動性の悪い土砂の滞留・閉塞が生じる場合も多い。

一方、泥濃式推進工法の場合は、泥水式と泥土圧式推進工法の間間的な切羽の土砂性状で安定を図っているが、それらの領域は不明瞭であり、適用範囲も各協会によっては極端に異なっている。一般的に切羽性状のみに着目し、各工法の切羽特性を表現すると図－1

表－1 密閉型推進工法における切羽の安定方法と管理手法

工法	切羽の安定	切羽性状	切羽の管理手法
泥水式	切羽の土圧および水圧に掘進機のカッタチャンパ内に満たされた泥水の圧力を対抗させる	液性	送排泥ポンプの吐出量による制御
泥土圧式	切羽の土圧および水圧に対し、掘進機のカッタチャンパ内に圧送した添加材等と掘削土砂をカッタの回転により混合させ、掘削土砂を塑性流動化したものをジャッキ推進力により泥土圧を発生させ、切羽の安定を図る	塑性	スクリュコンベアの回転数による制御と切羽土圧との連動による管理
泥濃式	切羽の土圧および水圧に対し、掘進機のカッタチャンパ内に圧送した高濃度泥水と掘削土砂とを攪拌・混合した流動性の泥土をカッタチャンパ内に充満させ切羽の安定を図る	液性～塑性	設定切羽圧の範囲での排土バルブ開閉作動管理



図－1 コンシステンシー限界と密閉型推進工法の切羽性状領域

のようになる。この図に示すとおり、それぞれの工法の中でも共通する領域が存在するのが分かるが、その中で泥濃式の切羽性状の領域は添加材の配合濃度や注入量によって、高濃度塑性流動体領域から貧配合液性領域（高含水比）まで範囲が拡大されすぎている懸念がある。

次に管理手法については、泥水式は送排泥の流量測定や排土比重測定による管理を、土圧式ではスクリュ排土の回転数やストックタンク量計測、圧送ポンプによる管理が主流である。ただし、実態としては、様々な要素が輻輳して

存在するために、画一的に明確な結果を示し管理することは容易ではない。実際、流体輸送方式の泥水式の場合では、一次分離方式、二次脱水方式共に一般的に用いられている計算式のみだけでは正確な排土量管理を行うことが期待できないと言及している見解³⁾も存在する。

結局のところ、密閉型推進工法における切羽の安定を図る手法としては、実際の切羽圧力変化をリアルタイムで『見える化』し、常時データシートで確認できる切羽圧力管理が最重要と考えられる。ただし、この切羽圧力管理は、