

解説 推進技術・最前線

注入材(添加材・高濃度泥水、滑材、裏込め材)に求める課題

もちづき たかし
望月 崇

(公社)日本推進技術協会
技術部長
(本誌編集委員)



1 はじめに

推進工法でトラブルなく推進工事を終わらせるためには、切羽の安定、推進力の低減、地上への影響の防止そして、工事完了後においても、地上への影響を最小限とする必要がある。このためには、注入材が重要な役割を果たしている。切羽の安定においては、添加材・高濃度泥水の注入、推進力低減、地上への影響防止には滑材注入、工事完了後の地上への影響防止には裏込め注入と各々の注入において使用する材料の機能が重要になってくる。

よって、この注入材の現状と今後の課題について延べることにする。

2 添加材・高濃度泥水

2.1 土圧式推進工法の添加材

土圧式推進工法では、切羽の安定保持のため、カッタチャンバ内の土砂(泥土)は、切羽保持のため、加圧下でも容易に移動・変形する性質である塑性流動性と、切羽の土圧および水圧に対抗するため、難透水性と圧力保持機能を持つことが不可欠になる。

掘削土砂が適度な塑性流動性を有

し、難透水性と圧力保持機能を持った泥土に変換するためには、掘削対象土に30%以上の細粒分(75 μ m未満)が含まれていることが必要である。このため、細粒分の含有率が30%未満のシルト混り砂、細砂、粗砂、砂礫等の土質では、不足分を補ってやる必要がある。また、含水比が液性限界より小さい固結シルト・粘土の場合には、細粒分が30%以上であっても、塑性流動性を得るために水等の添加が必要になる。

添加材は、当初は、不足する細粒分を補う形で、粘土+ベントナイト+水の配合で混合した添加材を使用し、その後、CMC+粘土+水の配合で対応していた。しかし、高濃度、高粘性の材料が混練りできるミキサ、圧送できるポンプ設備の対応が難しく、その後、高吸水性樹脂系や気泡等の高機能な添加材が開発されて、現在に至っている。

2.2 泥濃式推進工法の高濃度泥水

泥濃式推進工法では、掘進機前面から切羽に注入された高濃度泥水は、掘削土砂とかくはん(攪拌)混合され、切羽面の崩壊を防止する造壁性とカッタチャンバ内からの円滑な排泥と排土槽からの吸引排土を可能とする流動性

を持った泥土とする必要がある。このために、高濃度泥水は、土質性状および礫率に応じて、経験的な標準配合が定められており、数多くの礫層等にて施工されている。

特に、礫含有率の高い地盤を掘削する場合、高濃度泥水が切羽の隙間に浸透し、切羽面の目詰り効果を高められるよう、一般に泥水の比重、粘性を高くした高濃度の泥水を使用する。

高濃度泥水に用いられる主な材料は、粉末粘土、増粘材、目詰材等であるが、粘土供給、作業ヤードの確保、作業性の改善等を目的として、各種の添加材も使用されている。固結シルト層や固結粘土層を掘削する場合には、カッタやカッタチャンバ内に掘削土砂が付着しやすいため、付着防止剤を高濃度泥水に添加している。

近年、均等係数が1に近いような砂地盤での施工事例が報告されている。このような場合には礫率だけの算定ではなく、泥土圧式推進工法と同様に、細粒分(75 μ m未満)を補い、流動性を持ち、難透水性となる泥土の性状を保ち、圧力保持機能を持つ高濃度泥水の配合、注入量を考える必要があると考える。

3 滑材

滑材としての必要な品質条件がマックス・シェルレ著「推進工法の理論と実際」に記載されている。

- ①推進力を小さくするためには摩擦抵抗を小さくしなければならないので、管の表面は平滑でなくてはならない。
- ②長い距離を推進する場合には、潤滑推進で施工する。そのために、管と地山の間に滑材を注入しなければならない。
- ③滑材が有効に作用するためには、滑材層が一定の強度を持たなければならない。そのためには、管と地山の間隔は一定の間隔が必要である。
- ④滑材を注入した管と地山の間隔は、推進中正確に保たなければならない。地山に管が直接的に接触しないように、滑材は地山の土荷重を支持

なければならない。このためには、土荷重に対応して滑材の溶液圧を正しく保持しなければならない。

- ⑤地山が管に接触し全ての土荷重がかかる前に滑材を充填しなければならない。一度、管に土荷重がかかってしまうと、これを取り除くことはできない。
- ⑥推進中の管の接合部は、水密でなければならない。
- ⑦地山への滑材流出を防ぐため、地山との空隙を埋めるため高い動的粘着力が必要である。
- ⑧見かけ上の摩擦係数をできるだけ小さくするためには、滑材の動的粘着力を低くする必要がある。
- ⑨滑材は、推進管の材料や管の接合材料を侵食するものであってはならない。
- ⑩滑材は地下水を汚染するものであってはならない。

1977年に発行された本であり、ベントナイト系の滑材が主流の時代で、日本で初めて推進工法が施工されてから30年程度の後にかかれた本であるが、現在でも高く評価できる技術論である。

当初、滑材は上記記載のようにベントナイトを主材とし、そこに混和材を加え、現場で混練し使用されていた。しかし、この材料での施工は、滑材の地下水による希釈、劣化、滑材の地中への逸散、滑材と地山土との混合等により注入効果が減じる状況があり、その後、混合型、固結型、粒状型の滑材が開発され、地盤の特性、地下水の状態、工法等を考慮して選択され使用されてきた。だが、当協会の「推進工法用設計積算要領 泥水式推進工法編」に記載されている参考の配合例は、初版本からほとんど変化のない状況で、1997年に特許が公開された遅硬性滑材が2001年度改訂版より記載されたことが、材料開発における大きな変化である（表－1）。

言い換えると、滑材については、進化していないことが、現実ではないかと感じる。

もちろん、滑材の注入効果についても、計画推進力の50%以下で施工が完了した、あるいは、1,000m以上の超長距離の施工等の報告事例があり、推進力を低減する対応策が数多く行われているのが現実である。しかし、滑材の改良・改善以上に、滑材を注入するシステムが進化しているのが現状ではないかと思う。

進化していない滑材だが、今後の滑材に求める機能として考えられることは、以下の内容と考える。

- ①推進管外周に発生するテールボイド内への充填性にすぐれている。
- ②地盤への浸透を抑制し、掘進機で掘削したテールボイドの領域を変化させない。

表－1 設計積算要領に記載された年代別の滑材品名の変遷

発行年	混合型	固結型	粒状型	遅硬性
1989年	標準滑材 スベール	クリーンFD	IMG ポリグラート リューブクイック60G オスモール30	—
1994年	標準滑材 スベール	クリーンFD	IMG ポリグラート リューブクイック60G オスモール30	—
1999年	標準滑材 スベール	クリーンFD コントロールS スライデングSS	IMG ポリグラート リューブクイック60G オスモール30	—
2001年	標準滑材 スベール	クリーンFD コントロールS スライデングSS	IMG リューブクイック60G オスモール30	グラバックUL型 AH
2005年	標準滑材 スベール アルティール K	クリーンFD コントロールS	IMG リューブクイック60G オスモール30	グラバックUL型 AH
2006年	標準滑材 スベール アルティール K	クリーンFD コントロールS	IMG リューブクイック60G オスモール30	グラバックUL型 AH
2011年	標準滑材 スベール アルティール K	クリーンFD コントロールS	IMG リューブクイック60G オスモール30	グラバックUL型 AHL
2013年	標準滑材 スベール アルティール K	クリーンFD コントロールS	IMG リューブクイック60G オスモール30	グラバックUL型 AHL