

解説

安全確保

可燃性ガス発生場所における安全確保の施策



よしだ けいそう
吉田 桂三

機動建設工業(株)
土木本部技術課長

1 はじめに

地中を掘削して管路を敷設するトンネル工事では、事前土質調査を行い地盤や施工条件にあった工法を選定して設計・立案します。しかし、私は十分な事前土質調査などトンネル工事に関して言えばありえないことだと思っています。事前土質調査は、設計段階において施工条件や設計数量の数値を算出するためのものであるとも言えるからです。一概には言えませんが、推進工事の場合はシールド工事と比較して路線延長が短いことから、立坑築造箇所の調査も兼ねて土質調査を行うことが一般的です。そして技術者が過去の経験や実績を踏まえて地質想定断面図を作成します。これが設計の根拠となるのです。大袈裟に言えば、事前土質調査を実施する位置が施工条件等で少し離れた箇所で行うと、施工する土質条件は異なるものになる可能性もあるということです。地質は同じであっても地下の断層は思っているよりも上下しています。場所によれば全く違う地質になることもあります。つまり推進工事は他の工種と違って無事に工事を完遂するために必要な情報が少ない作業であると言

えます。推進工事の管理者はそういった想定外の事象が発生する可能性があることを念頭に日々の安全管理や施工管理を行う必要があります。

2 推進工事における可燃性ガス対策の検討

可燃性ガス対策を検討するうえで、第一に可燃性ガスの特性をよく理解しておく必要があります。単に爆発する気体であるという認識で対策を講じても特性をよく理解していなければ十分とは言えません。そして第二に推進工事の作業環境がどういった異なる性質をもつものか再認識する必要があります。可燃性ガスの特性を推進工事の作業環境に当てはめた時に、どういった危険が存在しているか知るためにも重要です。第三に推進工事の作業特性にあった施策を講じる必要があります。そして立案した施策を各作業員に周知して作業することが最も重要です。せっかく講じた施策も現場の作業員が理解していなければ全く意味が無いからです。

3 推進工事における可燃性ガス対策の立案手順

(1) 可燃性ガスの特性を理解する

- (2) 推進工事の作業環境および特性を再認識する
- (3) (1)と(2)の特性を踏まえて有効な手段を立案する
- (4) 立案した施策を実行できるように現場で作業する全ての人員に周知徹底する

以下に立案手順に準じて解説します。

(1) 可燃性ガスの性質

可燃性ガスとは継続的に燃焼する性質のある気体のことをそう呼びます。可燃性ガスの代表的なものとしてはメタンガス(CH₄)が有名ですが、その他にエタンやブタンを含む石油系ガス、水溶性天然ガス等たくさんの種類があります。

推進工事で問題とされる可燃性ガスはやはりメタンガスになります。なぜなら地中に溶存する可燃性ガスのほとんどが、主に有機物や腐植土を含む層から発生するメタンガスであるためです。そしてメタンガスの特異性質がトンネル工事現場では非常に厄介な存在となります。

【メタンガス(CH₄)の特異性質】

- ① 無色、無味、無臭であり吸引しても無害であるために人の五感ではガスの存在に気が付きません。
- ② 比重が空気よりも軽いため高所に

停滞します。停滞した濃度の低いメタンガスは蓄積されることによりメタンレアを形成して爆発濃度まで高まる恐れがあります。そして爆発性状は9.5vol%で最大700kN/m²、爆発温度は2,000℃にも達すると言われて

③気存性物質であるが水に対しても可溶性であるために地下水圧に比例して溶解度が増します。

④爆発範囲は5vol%から15vol%ですが、その範囲外であっても引火を引き起こして気中の酸素濃度を著しく低下させます。

(2) 推進工事の作業環境および特性

都市トンネル工事は大別してシールド工法と推進工法に分けられますが、切羽の保持機構や掘削土砂の輸送方式を比較しても大きな違いはありません。大きな違いと言えば坑道築造方式にあります。シールド工法では築造した坑道を反力に推し進めていく手法を採用していますが、推進工法では発進立坑から坑道全てを推し進めていく手法で行います。

作業性の大きな違いは、第一にシールド工法では坑道内に分割式の覆工材料を運搬して坑道内面から組み立てます。それに対して推進工事では発進立坑内に一体型の覆工材（推進管）を設置する必要があります。第二にシールド工法では掘進していく過程に追従して坑道部が整形できるのに対して、推進工事の場合は常に坑道部全域に可とう部（推進管目地部）を必要とします。

【シールド工法と推進工法の作業比較】

①覆工材料

シールド工法→分割式セグメント。
掘進機後方（坑道先端位置）で組立を行う

推進工法→一体型の推進管。発進立坑（坑道最後方位置）で据え付ける。

②坑道築造方式

シールド工法→掘進作業に追従して

坑道部分を整形することができる。

推進工法→貫通する迄は坑道全域に可とう部（目地）が存在する。

(3) 推進工事における可燃性ガス対策

可燃性ガス対策は、国が定めた労働安全衛生法（労働安全衛生規則）を参考に立案された「トンネル工事における可燃性ガス対策技術基準」（大阪市建設局発行）を基準に推進工事の作業環境および特性を懸案して施策しました。

技術基準資料では、管理基準値（管理基準濃度）を定めて必要な管理対策実施要項を決定しています。

実施した現場では管理基準濃度（Ⅰ）に適用されていたために適用条項6項目において計画実施しました。

第5条「工法検討」

推進工事の場合は坑道内が閉所であり、発進立坑以外は密閉された空間での作業環境となります。換気対策を実施していても坑道内部にメタンガスが侵入することは当然好ましい環境ではありません。同様に坑道内で作業することも極力避けるべきです。ましてや危険範囲内（機内作業）で作業を行うこと

は最適仕様とは言えません。

したがって「工法検討」の安全基準として①掘進機周辺の無人化②坑道内無排土方式が最低限必要となります。

以上の条件を満たす工法として「遠隔操作式の泥水式推進工法」を選定しました。泥水式推進工法は流体輸送方式を採用しているため、機内（坑道内）で一次排土の必要が無く循環泥水の流体輸送にて直接坑外へ排土されます。また切羽圧力の変動が少なく、泥水膜形成過程のガス抜き効果もあると言われています。

また坑道内の無人化対策として「遠隔掘進管理システム」（ジャイロ方位計測・液圧レベル監視・自動測量管理システム）と「自動滑材充填システム」を推奨しています。

【実施策】

工法選定：泥水加圧式（遠隔操作システム、坑内無排土方式）

無人化対策：遠隔掘進管理システム（ジャイロ方位計測、液圧レベル監視、自動測量管理システム）自動滑材注入システム

表－1 管理基準濃度の決定

①	管理基準濃度（Ⅰ）	検出濃度 5%以上
②	管理基準濃度（Ⅱ）	検出濃度 1.5%以上5%未満
③	管理基準濃度（Ⅲ）	検出濃度 1.5%未満0.5%以上

表－2 管理基準濃度の選定

区分	適用条項	実施内容	備考
管理基準濃度（Ⅰ）	第5条「工法検討」 第6条「危険範囲」 第7条「換気計画」 第8条「検知計画」 第9条「防爆設備」 第10条「安全計画」	①最適仕様を選択 ②防爆エアーカーテン方式 ③CH ₄ 希釈換気 ④定置式・携帯式検知 ⑤防爆構造を採用 ⑥作業規制の実施	過半の区間で検出された場合に適用し、局部的検出の場合は（Ⅱ）に準じる
管理基準濃度（Ⅱ）	第5条「工法検討」 第7条「換気計画」 第8条「検知計画」 第10条「安全計画」	①最適仕様を選択 ③CH ₄ 希釈換気 ④定置式・携帯式検知 ⑥作業規制の実施	噴出が予測される場合には（Ⅰ）に準じる
管理基準濃度（Ⅲ）	第7条「換気計画」（呼気量換気）、第8条「検知計画」（定置式検知等）、第10条「安全計画」を必要により検討・実地		0.5%未満は原則的に除外