シールドトンネル工事における遊離可燃性ガスの対策工

東京ガス株式会社　　酢谷　郁雄　　重田　隆弘
鹿島建設株式会社　関東支店　○正会員　堤　和大
鹿島建設株式会社　関東支店　　柴田　学　　綱川　浩文
鹿島建設株式会社　技術研究所　正会員　吉迫　和生

１．はじめに

2012年5月に発生した八箇峠トンネルでの可燃性ガス爆発事故も記憶に新しく、トンネル工事ではしばしば地中に存在する可燃性ガスに遭遇することがある。泥水式シールド工法は密閉性が高く、地中の可燃性ガスに対しては比較的安全性が高い工法であるが、テール部（シールド機とセグメントの間）からの可燃性ガスの侵入を完全に遮断することは難しい。可燃性ガスが噴出する場合、その量、圧力を想定してシールド機内から対策を講ずることはほぼ不可能で、事前に地上からガス抜きなどの対策工を実施することが最善である。

本文では、ガスパイプラインを敷設するためのシールドトンネル工事において遭遇した地中の可燃性ガスに対して実施した対策工について報告する。

２．可燃性ガスの発生状況

(1) 工事概要

本工事は、延長3,850m、外径2,250mm(内径2,000mm、鋼製セグメント）のトンネルを泥水式シールド工法で施工するものである。土被りは12～40mで、発進立坑側は沖積粘性土、洪積粘性土、および砂質土地盤を、到達立坑側は泥岩層を掘進する（図-1)。事前の可燃性ガス調査で地下水溶存ガスの存在が確認された（図-1の○部）が、溶存ガスの分圧の合計は最大で1.02気圧、飽和度は0.25であり、「地中にガス溜り（遊離可燃性ガス）は存在せず、地下水が大気圧に解放されると溶存可燃性ガスが分離する状態」であると判断した。なお、シールド機設備については安全性を重視し、切羽機械の防爆化、排気方式の換気として坑内風速0.5m/secを確保する設備とした。

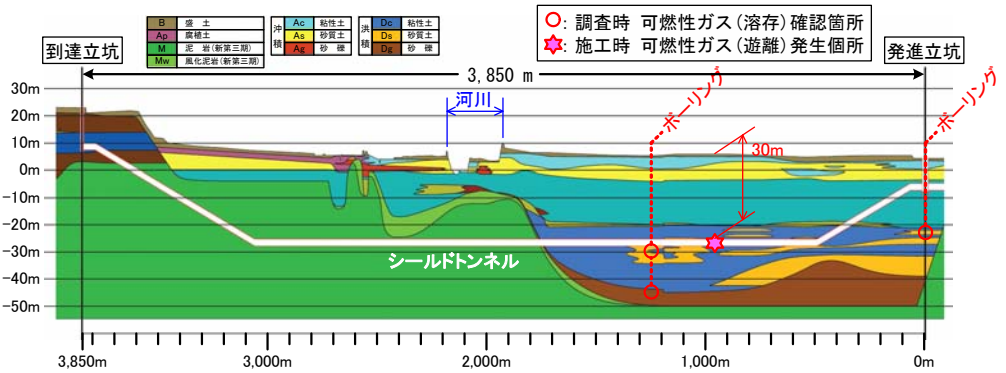

図-1　土質縦断、および可燃性ガス確認、発生場所

(2) 可燃性ガスの発生

発進立坑から960m（図-1の☆部）を掘進中に切羽に設置した可燃性ガス検知器の警報が作動した（瞬時値60%LEL)。直ちに作業員を地上に退避させ、換気ブロワの風量を最大まで上げて運転した。その結果、約12時間後に可燃性ガス濃度は10%LEL未満に低下した。その段階でシールド機内を点検したところ、テール部などからの地下水の流入は確認されなかった。このことから、地下水に含まれる溶存可燃性ガスが地下水の流入にともなって分離して発生したものではなく、地盤中の遊離可燃性ガスがテール部から噴出したものと考えられた。

３．遊離可燃性ガス対策工

(1) 対策工の検討

トンネル工事における地中の遊離可燃性ガスを排除する代表的な対策工には、①薬液注入により地盤改良

キーワード：可燃性ガス、泥水式シールド工法、ガス抜き
連絡先：〒330-0844 埼玉県さいたま市大宮区下町 2-1-1 鹿島建設株式会社関東支店　ＴＥＬ048-658-7800（代）

を実施して排除する方法、②ガス抜き孔により排除する方法がある。①の方法では、1本の薬液注入孔から改良できる範囲が限定的（通常直径１m程度）となる。②の方法も基本的には、ガス溜りの深度にストレーナを配したボーリング孔を地上から2～3m程度立ち上げ、出てきた遊離可燃性ガスをそのまま大気中に放出するだけの簡単な構造であり、その効果は限定的と考えられる。したがって、ガスの賦存が広範囲におよぶ場合、①、②の方法とも多数のボーリングを実施する必要がある。そこで今回、②の方法を基本にして1本のガス抜き孔により、ある程度の範囲から効果的に遊離可燃性ガスを排除する方法を考案した。

(2) ガス抜き孔の配置設計に関する考え方

通常のガス抜き孔では、遊離可燃性ガスが存在する場所に直接ガス抜き孔を設置できれば、その孔を通して遊離可燃性ガスが大気中に放出され、対策効果が大きくなる。しかしながら、ボーリング孔内に地下水が流入し、孔内の水頭と遊離可燃性ガスが存在する層（多くの場合、砂礫層）の地下水頭（被圧地下水位）が平衡すると、ボーリング孔に向かう圧力勾配が減少し、周囲に遊離可燃性ガスが残存してもそれを集めることができなくなる。

そこで、ボーリング孔内水位を低下させることにより、ボーリング孔周辺の遊離可燃性ガスを集めて放出させる方法を考案した。この方法では、孔内水位の低下量を調整することにより任意の範囲（図-2に示す「ガス抜き影響範囲」）の遊離可燃性ガスを集めることが可能となり、1本のガス抜き孔で一定範囲の遊離可燃性ガスの排除を効率的に行うことができる。

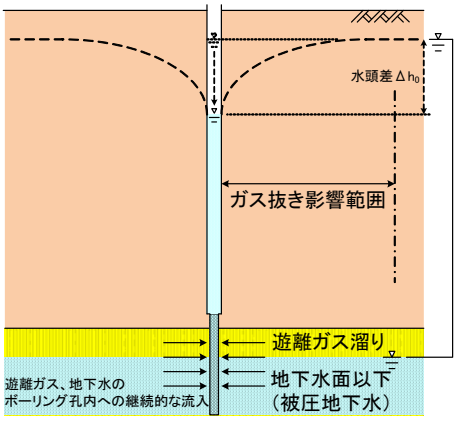

図-2　ガス抜き影響範囲のイメージ

(3) ガス抜き装置

図-3にガス抜き装置の概要を示す。ガス抜き装置はボーリング孔の口元ケーシング管に設置され、圧力調整バルブ、閉止バルブ、防噴装置（Blow-Out-Preventer：BOP）などから構成されるバルブセット、ボーリング孔内の地下水位を低下させる手押しポンプ、地中から抜いた遊離可燃性ガスおよび地下水から分離した可燃性ガス（遊離可燃性ガスと区別する意味で分離可燃性ガスと称する）を大気中に放散する気密槽ならびに放散塔からなる。

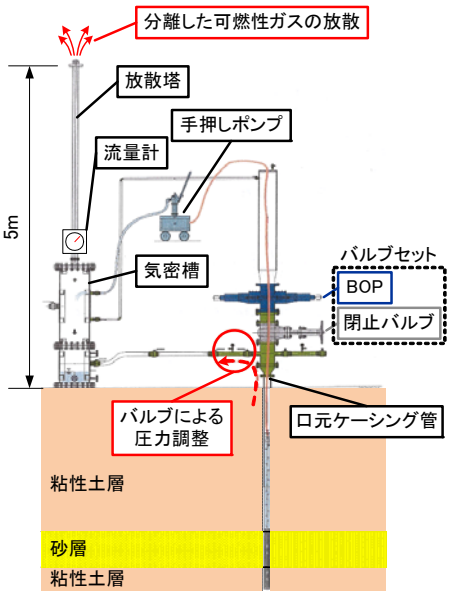

図-3　ガス抜き装置概要

(4) ガス抜き方法

砂層の被圧水位を調整（ガス抜きボーリング孔内の水を手押しポンプにより汲み上げ）することでガス抜きを実施する。この場合、被圧地下水に含まれる溶存ガスも分離可燃性ガスとして湧出することになる。そこで、放散塔から放出されるガス流量と、既実施の溶存ガス調査の結果から算定される分離可燃性ガスの量が同程度となれば、遊離可燃性ガスのガス抜きは終了したと判断することにした。

写真-1にガス抜き実施状況を示す。今回は全8カ所でガス抜きのためのボーリングを実施し、そのうち1カ所において遊離可燃性ガスが噴出し、ガス抜き工の効果を発揮した。

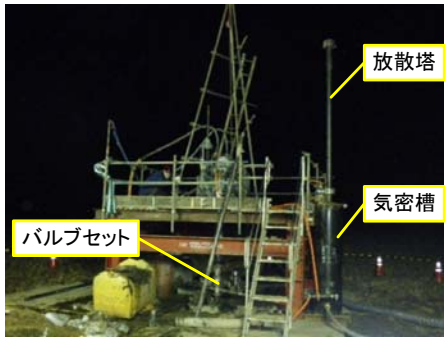

写真-1　ガス抜き実施状況

４．おわりに

シールドトンネル工事において、地盤中の遊離可燃性ガスが噴出した事象に対し、ボーリング孔内水位を低下させて効率的にガス抜きを行う対策を実施した。事前にガス抜きを実施した事例はほとんどないため、貴重な事例として今後、同種の対策工の参考になれば幸いである。