掘削途中で実施したメタンガス対策工の実績

○戸田建設（株）正会員　榎波　敏昭
戸田建設（株）　原　昌広
戸田建設（株）　曽原　直樹

１．はじめに

本工事は、堺市堺区大浜西町～向陵中町三丁地内までの区間 4,025.877mにおいて、配水本管（φ1,350mm）を布設する工事を泥水式シールド工法により施工するものである（図-1 参照）。本工事において事前調査ではメタンガスは確認されなかったが、平成 20 年 12 月よりシールド掘進を開始し、平成 22 年 3 月 3 日に、シールド延長 3,457m付近を掘進中にメタンガス噴出が発生した。これを受けて、大阪府土木部下水道課「防爆対策指針（案）」と大阪市建設局「トンネル工事における可燃性ガス対策技術基準」に則り、工事を安全に施工すべく対策を立案、実施した。

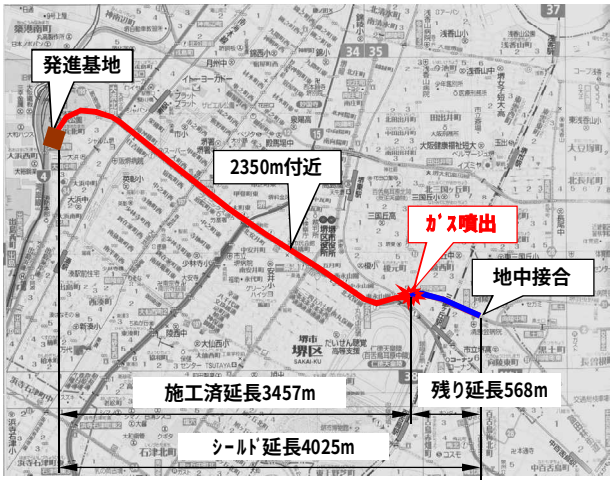

図 -1　位置図

本工事のメタンガス対策工は、「防爆対策指針（案）」において最も危険度が大きい管理基準濃度（Ⅰ）に該当し、以下に示す 6 対策の実施が決められている。①最適仕様の選択、②防爆エアーカーテン方式の採用、③CH_4 希釈換気の実施、④定置式・携帯式検知設備の設置、⑤防爆構造の採用、⑥作業規制の実施

本件のメタンガス対策工は、事前の対策実施と異なり、施工途中でのメタンガス遭遇という特殊状況にあるため、メタンガス発生環境下での換気設備や機器取替作業となり、より一層慎重かつ安全な計画と実施が必要となった。

メタンガス対策として、“①ガスの拡散・希釈、②検知・警報、③火源管理・電源遮断・防爆機器の使用”のガス爆発を防止する技術的多重安全対策を実施し、無事掘進を完了したので、その実績を報告する。

２．メタンガス対策工の課題

今回のメタンガス対策工の重要な課題は、以下の通りである。

①「長距離・狭小断面での坑内風速 1.0m/sec の確保」

防爆エアーカーテン方式では、危険場所の汚染空気を排気方式で地上まで排気し、排気量に相当する空気量を送気方式で補充するため、送排気組合せ換気方式となる。

坑内風速については、通常、メタンレアー（メタン層）の分散・消滅は、風速 0.7m/sec～1.0m/sec で顕著になるとされているので、危険場所に限り坑内風速を 1.0m/sec とするが、長距離、小断面シールドでは、風管の漏風率、管径、管の圧力損失係数により、坑内風速 1.0m/sec を確保するのが難しい。

②「メタンガス環境下での防爆仕様への機械改造」

坑内の限られたスペース、メタンガス発生環境下での改造は、当社では前例がなく、換気確保を含む安全対策・安全作業の確保に細心の配慮が求められた。

３．課題に対する工夫

①「長距離・狭小断面での坑内風速 1.0m/sec の確保」

坑内切羽での危険場所において坑内風速 1.0m/sec を確保するには、換気量として 180.2m^3/min が必要にな

キーワード　シールド，メタンガス，長距離，小口径，安全管理
連絡先　〒590-0977　大阪府堺市堺区大浜西町（大浜公園内）　TEL 072-229-1346　FAX 072-229-1347）

る。また、排気方式にするため、風管は、硬管（スパイラル鋼管）となり、ジョイント部は、漏風率の少ない特殊ジョイント（メッツフランジリング）を使用する。所定の換気量を確保するために、発進基地に排気ファンを置いて排気を行うとφ750mm の排気管が必要となり、セグメントの運搬に必要な坑内スペースが確保できない。地上に占用スペースのある 2,350m付近（以前の点検立坑部）に排気ファンを置いて排気を行った場合、φ600mm の排気管が必要となり、バッテリーロコの通過はできるが、後続台車・中継ポンプ箇所では、バッテリーロコが支障してセグメントの運搬に必要な坑内スペースが確保できない。

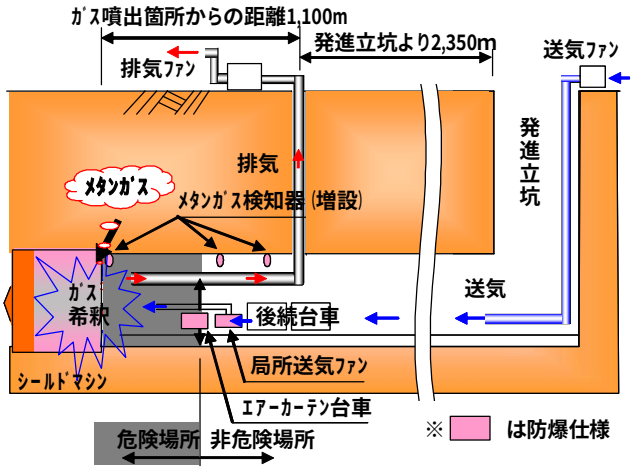

図 -2 換気設備概要図

以上の検討より、元の点検立坑部に排気ファンを設置し、φ600mm の排気管をφ300mm 2 本に分岐して並列に設置することで必要換気量を確保することができ、セグメントの運搬も可能となった（図-2 参照）。

後続台車前後の排気管は、後続台車の動きに追従できるように、ハンガーレールを使用して管を吊り移動できるようにした。

②「メタンガス環境下での防爆仕様への機械改造」

シールド機の機内防爆への改造は、シールド機内の全てを防爆仕様にすると機内に収まらないので、非危険場所の後続台車に移動・設置が可能な機器は移動させ、移動できない機器を防爆型機器に交換した。防爆型機器は、耐圧防爆構造と本質安全防爆構造の２種類を使用した。

改造工事は、メタンガス検知･警報システム､換気設備、安全設備等のメタンガス対策工が完了した後に施工を開始した。施工は、エアーカーテンより切羽側の危険場所での作業であり、施工手順、作業規制基準（表-1）を定め、ガス監視員の配置のもとで行い、作業服・工具は、防爆仕様の物を使用した。

表 -1 作業規制基準

	警報－Ⅰ	警報－Ⅱ		備考
作業規制	規制－Ⅰ	規制－Ⅱ	規制－Ⅲ	
メタン濃度	0.25%以上～0.5%未満（5%～10%LEL未満）	0.5%以上～1.5%未満（10%～30%LEL未満）	1.5%以上（30%LEL以上）	
規制要旨	火気作業の禁止。 注①関係者に周知徹底する。	全作業の中止。 注②作業員を退避させる。	非常用設備の電源を除き送電停止する。 注③工事関係者全員を退避させる。	希釈濃度 0.25%以下。 酸素濃度が18%以下の場合は規制 -Ⅲとする。 規制 -Ⅲ措置後の再入坑は換気及び検知、安全確認を行う。
措置と対策	①発生源調査 ②測定頻度を増す。 ③換気設備等の点検。	①発生源調査 ②測定頻度を増す。 ③換気設備等の点検。	① 残入坑者の点検確認 ② 入坑禁止 ③ 換気検知対策等再検討	
警報	黄色回転灯が点灯 ブザーが断続的鳴る	赤色回転灯が点灯 ブザーが連続的に鳴る		

※「%LEL」は、メタンガスの爆発下限界濃度 5%を 100 と置き換えた相対濃度

４．成果

防爆対策完了後、作業員全員にメタンガスに対する安全教育を実施し、再掘進を開始した。再開して、3,503 リング掘進中に裏込めの注入位置を移動するため、接続金具を外したところメタンガスが約 40 秒噴出したが、換気によりすぐに希釈され、検知されない状態となったことから、本工事で提案した送排気組合せ換気方法は、メタンレアーの分散・消滅、メタンガスの希釈に、非常に効果が高いことが実証された。その後到達まで、メタンガスは検知されなかった。

５．まとめ

泥水シールド施工途中でのメタンガス遭遇という特殊状況でのメタンガス対策工の実施にあたり、施主・協力会社の協力を得て、施工検討を行い、対策案を立案し、再掘進して到達することができた。

今後、シールド工事の大深度化、長距離化に伴い、事前に想定されないメタンガスに遭遇する可能性は高くなると予想される。本工事で培った経験を今後のシールド工事の計画、施工管理に反映させる予定である。