

VI-176

シールド掘進メタン予知方法に関する一考察

一 江東区辰巳三～東雲二丁目配水本管新設その2工事 一

(株)銭高組 技術本部 正員 斎藤 優
東京都 水道局設計第二課 正員 原田行夫
(株)物理計測コンサルタント 正員 山下武男

1. はじめに

本工事は、東京都配水施設整備事業の一環として辰巳三丁目～東雲二丁目までの726 mの区間を、道路下面約25mの位置にφ800 mmの配水本管を築造するものである。

工事は、辰巳側「その1」工事において築造した立坑より泥水シールド工法（掘進機外径φ2,530 mm）によって掘進を行うもので、メタンを含有する軟弱な粘性土および砂泥互層を対象とするものであった。

本報告は、東京都水道局と(株)物理計測コンサルによって開発したメタン予知装置を用いて、泥水シールド工法の排泥中に含有する可燃性ガスを連続的に測定し、地層に含有するメタンの『事前予知』を可能とした実験施工について報告するものである。

2. 地質概要と事前調査

2.1 地質概要

土質調査によると、この付近は東京低地と呼ばれ、上部にはN値0～3程度の軟弱な有楽町層が20m程度分布し、下部にはやや硬い7号地層が分布する。7号地層は粘性土を主体とする上部（Nac）と砂泥互層からなる下部（Nasc）に分けられ、N値は上部で4以上を示し下部で20以上となっている。

また、有楽町層（YLC）とは不整合の関係にある。

2.2 事前調査とガスの溶存状態

調査A・B地点（発進から150m付近・350m付近）で実施した事前ガス調査結果によると、全般に下方ほどメタンガス含有量は大きく、シールド通過部の有楽町層下部粘性土層では20.8～51.2ml/ℓであり、7号地層で27.8～99.8ml/ℓ（地下水）となった。

No.A地点での7号地層（深度30～32m）では、水位回復時点で圧力が1.26kgf/cm²のガス湧出があり、メタン濃度は90～95%の値を示した。

このため、地下水位低下時や大気にさらした場合はフリーガス発生の可能性が極めて高いといえる。

ガス調査位置を図-1に示し、坑内水ガス分析結果を表-1に示す。

2.3 ガスの溶存状態

メタン等の気体は、気体の分圧に比例して溶解するため、各ガスの分圧の合計が、地下水深度の圧力「大気圧+Pw」（Pw；間隙水圧）に対して小さい場合はガスは溶存状態で、大きい場合は溶存状態かつ遊離状態といえる。

表-1では、No.A地点のGL-30 m付近が『ΣPi - (大気圧+Pw)=0.14kgf/cm²』と最も低く、大気にさらした場合はフリーガス発生の可能性は極めて高い。

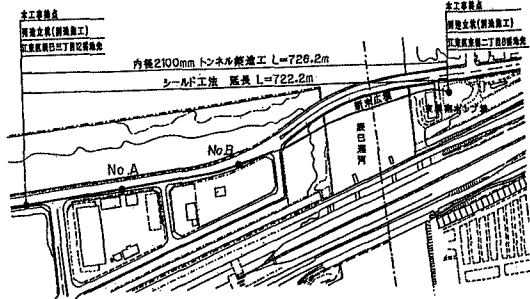


図-1 ガス調査位置

表-1 坑内水のガス分析結果

調査位置	No.A			No.B		
調査深度 GL-m	12.0 ～13.0	23.0 ～25.0	30.0 ～32.0	12.0 ～13.0	23.0 ～25.0	30.0 ～32.0
ガス分圧計 Pi kgf/cm ²	1.596	1.686	3.104	1.001	1.894	2.017
間隙水圧 Pw kgf/cm ²	0.98	1.87	2.25	0.89	1.73	2.21
Pi-大気圧 +Pwkgf/cm ²	0.38	1.18	0.14	0.89	0.84	1.19
ガス状態	溶存状態	溶存状態	溶存状態	溶存状態	溶存状態	溶存状態

3. 測定結果と考察

3.1 測定結果

図-2に土質状態と50～350 mまでの地層ガス測定結果を示す。

測定は、セグメントリングNo.53～No.420までの掘進長367 mの区間で実施した。

測定ガス濃度は、R No.141 付近で顕著なピークがみられ、同一傾向がR No.270～No.420で確認され、この時の最大値は測定ガス濃度で15%に達している。

また、算定式により地層ガス濃度を算定すると、全区間の平均値は約0.2%を示し最大値で1%程度であった。

また、地層ガス濃度が顕著なピークを示すことは、事前調査でフリーガスの存在を予測した箇所とほぼ一致している。

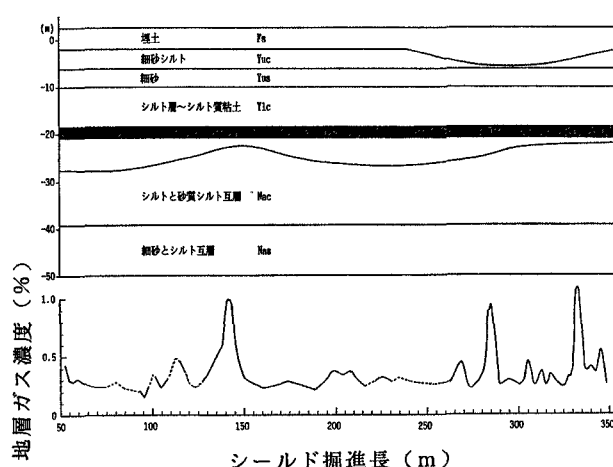


図-2 推定土質状態と地層ガス濃度

3.2 考察

(1) 地質構造と地層ガス濃度

- ①図-2に示す地層ガスの点線部分は、管内閉塞や排泥管内圧力のサージングのため測定不能となった箇所、検知装置のガスキャップ内圧力が制御可能範囲を越えたためと推察される。
- ②図-2に示す測定結果から判断して、本ガス検知装置は地層ガス濃度がピークに達する5～20m先から、その傾向を捉えていることがうかがえる。
- ③当該深度の地層圧を3気圧、温度15℃程度と考えると、Dean et al が1992年に提唱した『メタンガスの純水に対する溶解度』は0.1(10%)で、地層間隙率を40%とした時、地層ガス濃度が4%を越えた場合はフリーガス存在の可能性があると言える。
- ④今回の地層ガス測定結果の最大『1%』は決して高濃度とは言えないが、フリーガス層から数メートル離れた上部粘性土層中にもこれだけのガス量が浸透している点が着目できる。
- ⑤図-2でガス濃度の上昇が数箇所のピークを示すのは、土質がシルト質粘土であってもメタンの賦存状態は必ずしも一様でなく、砂質土が粘性土と比較してガス成分が蓄積され易く、循環泥水に対して溶存ガスが分離し易いことが推察される。

(2) 今後の課題

当該装置は、地盤の粒度構成に制約をうけることなく連続的に地層ガスの『予知』『賦存状態の把握』が可能で、ボーリング調査では時間がかかり判断が難しい『高濃度フリーガスの測定』も可能である。

しかし、今後は測定・解析方法を再検討し、測定ガス濃度、泥水ガス濃度、地層ガス濃度の手順とするのではなく、直接的に地層ガス濃度を測定する装置・システムの開発が必要と考える。

4. あとがき

シールド工事におけるメタンガス爆発の防止は、ガスを流入・滞留させないこと・着火源をつくらないこと、さらに“問題意識をもつ”ことが重要で、現状の把握と危険予知は欠かせない課題となる。

この意味で、シールド掘進中の地層ガス濃度を測定し、ガスの賦存状態を把握することは『事前予知』を可能とするもので、本装置開発の目的は達せられたものとする。

今後は、当実験結果を踏まえて課題の解決、装置の小型化をすすめるとともに、泥土圧シールドでの実用化を目的として共同開発を進めていく考えである。