

Ⅲ-B135 シールド用地層メタン検知装置の開発と 現場測定結果について

(株)地下計測技術コンサルタント 正会員 山下 武男
東京都水道局 東部建設事務所 原 昭人

(1) はじめに

平成5年2月、東京都江東区においてシールド掘進中にメタンガスの爆発による作業員5名の死傷事故が発生した。原因は、シールド通過時に高濃度遊離メタンが賦存するドーム状地層に遭遇し、坑内に噴出したガスが引火爆発したものと推察されている。

現在のガス爆発防止対策は、坑内に浸入したガスを検知してこれを停滞させないこと、さらに万一停滞した場合でも着火源を作らないことが基本になっている。

メタンガスが坑内に漏洩してから検知する従来の方法とは異なり、今回開発した装置はシールド掘進中に切羽前方の地層メタン濃度をリアルタイムに測定・監視し、その濃度が危険レベルを超えた時作業員に報知し、坑内作業環境の安全補強を目的としたものである。

装置開発は、東京都水道局と共同で平成8年に開始された。以降、装置の試作・改良と、泥水シールドの施工現場で延べ700日余に亘る実証試験が実施された。

今般、開発過程における最終目標とされた泥水・泥土両シールド兼用型装置の試作にも成功し、本年4月以降現場に供用される運びとなった。本報文では、地層メタン検知装置の紹介に併せて現場測定結果の報告を行う。

(2) 本装置の測定原理と機能

測定原理は、石油・天然ガス探鉱法の一つである泥水検層法をシールドに応用したものである。ボーリング掘進中に、地層掘り屑や油・ガス徴候は循環泥水に取込まれ地上に還流する。泥水検層は、地上に還流した泥水を攪拌式の脱ガス装置で連続的に泥水中の溶存ガス成分の一部を分離し、これをガス分析装置により測定する方法である。この方法は、掘進と併行して測定でき、装置や手法も簡便なため広く用いられている。泥水検層の測定値は、泥水中の溶存ガス濃度の見掛け値であり、地層ガス濃度を求めるためには別途泥水試料を採取し、完全脱ガスしてえられたガス成分の分析を行う必要がある。

泥水式シールドの掘進速度は石油の場合より遥かに遅い。また石油掘削の場合、地層の堆積面に対し垂直方向に掘進するが、シールド掘削の場合は平行に掘進するので、切羽の地層が急激に変化することはない、ガス濃度レベルが突然変化することもない。

特に、泥土式シールドの場合計測のリアルタイム性は重要であり、地層メタン検知は可能な限り切羽に近い個所（隔壁部）で行うことが望ましい。

以上の観点から泥水・泥土シールド兼用型装置の仕様を以下のように定めた。

- ・泥水または泥土の一定量試料をシールド隔壁前面で採取する非連続測定とする
- ・掘進1メートルあたり4点の試料を採取し、一回の測定所要時間を7分とする
- ・真空脱ガス法により試料中のメタンを抽出し、その濃度を測定する
- ・メタン濃度(%)の表示は地層単位体積あたりのメタン含有量(大気圧換算容積)比率とし、演算結果を地上装置に表示・記録する。地層メタン濃度の演算式を次に示す。

キーワード シールド、メタン、ガス検知

連絡先 東京都品川区大崎1-2-4 Tel. 03-3492-6366 Fax. 03-3492-6384

$$[\text{地層メタン濃度}(\%)] = [\text{泥水メタン濃度}(\%)] \times \frac{\text{泥水循環量} + \text{地層掘削体積}}{\text{地層掘削体積}}$$

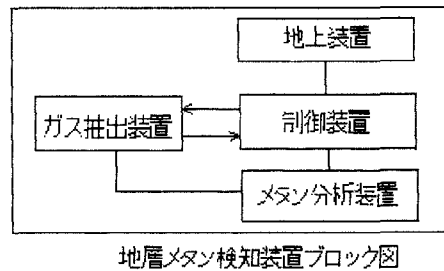
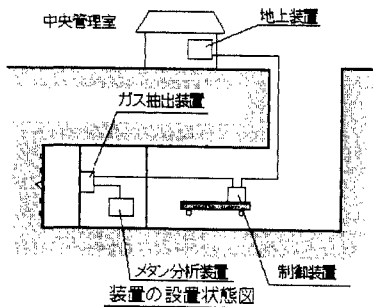
ここで、泥水循環量及び地層掘削体積の単位は（ $\text{M}^3/\text{min.}$ ）とする。泥土の場合、演算式は泥水循環量に代えて添加剤の混合量を用いる

・地上と坑内に赤・黄・青の3色警報表示灯を設置し、常時は青が点灯、地層メタン濃度が危険濃度を超えた場合、その程度に応じて黄・赤を点灯させる

（3）本装置の構成

下図に、地層メタン検知装置のブロック図、ならびに各構成要素のシールド機への設置状態を示した。測定操作は全て自動化され、掘進開始と同時に運転状態に入る。

- ①ガス抽出装置：隔壁部に装着され、機外に開口した試料吸排管から泥水・泥土試料の一定量を採取し、試料から抽出したメタンを次のガス分析装置に送る
- ②ガス分析装置：抽出装置から送られた混合ガス中のメタン濃度を測定し、分析結果を制御装置に出力する
- ③制御装置：主にガス抽出装置の試料の吸入、真空脱ガス、ガス抽出後の試料の排出・器内の洗浄など全工程のシーケンス制御を司る他、ガス濃度信号及び地下装置全体の動作状態を示す信号を地上装置に送信する
- ④地上装置：モニタ画面には、演算結果の地層メタン濃度値及び地下装置全体の動作状態が表示される。また、地下装置の動作の変更及び警報灯点灯の指令信号を制御装置に送信することができる



（4）地層メタン濃度の記録（現場測定試験結果）

下図は、昨年実施した現場測定試験記録の一部である。延べ2000メートルの掘進長の内最もメタン濃度の変化の大きい区間のものを選んだ。この地質は埋没段丘砂礫層で、事前のボーリング調査結果から、高濃度メタンの出現が予測されていた。試験の結果、メタン検知方法、ならびに本装置の監視警報器としての機能を十分に実証しえたと考える。

