

幌延深地層研究所におけるマルチ光計測プローブを用いた 立坑掘削影響領域の長期モニタリング計画

(株)大林組 正会員 ○畑 浩 二

(株)大林組 正会員 丹生屋純夫

(独)日本原子力研究開発機構 正会員 津坂 仁 和

(独)日本原子力研究開発機構 正会員 青柳 和 平

1. はじめに

(独)日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構という)が実施している幌延深地層研究計画では、ニアフィールドの長期挙動モデルの開発を目的に、掘削前から掘削直後だけでなく、その後の地震時や坑道の埋め戻しに伴う再冠水時における掘削影響領域の長期挙動の検討を実施してきている。掘削影響領域を詳細に計測する場合、調査用ボーリング孔の数が増えることによる計測結果への影響や、電気式計測法の絶縁抵抗低下による長期計測不可等の課題があった。

この課題に対して、著者らは1本のボーリング孔内でAE(アコースティック・エミッション)、間隙水圧および温度を同時に連続計測できるマルチ光計測プローブを開発¹⁾し、解決を図った。本報告では、原位置での予備計測に基づいたプローブ設置位置の検討と計測計画の概要を述べる。

2. 長期モニタリング計画

原子力機構が建設している幌延深地層研究所の深度350m以深の立坑掘削を対象として、開発中のマルチ光計測プローブ¹⁾を用いて掘削影響領域の計測を実施し、立坑掘削前から掘削完了後の長期間にわたって、岩盤中の破壊の発生(割れ目の発生)や既存の割れ目の再動の位置やその変形モード(せん断型または引張型)をAE計測により調査するとともに、それらに伴う間隙水圧の変化を調査する。その結果と幌延深地層研究計画地下研究施設整備(第II期)等事業で別途実施する透水試験やひずみ計測等の結果に基づいて、立坑周辺に形成される掘削影響領域の長期挙動を評価し、立坑周辺の掘削影響領域の長期挙動概念モデルを構築することを主たる目的としている。

地層処分場の閉鎖前までのモニタリングを考えると、地下水流動への影響などの観点から、地質環境の擾乱をできるだけ小さくすることや経済性を勘案することが望ましい。そこで、1本のボーリング孔内に複数の光式センサを配置する計測プローブを開発した。なお、各種センサを近接配置することで、挙動の関連性が明確になることも期待できる。計測プローブの外観を図1に示す。

このプローブには光式AEセンサ²⁾、光式間隙水圧センサおよび光式温度センサが内蔵されている。光式AEセンサは、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構が建設を進めた波方国家石油ガス備蓄基地(ブタン/プロパン兼用貯槽)のプラグコンクリート長期健全性モニタリング³⁾に適用したもので、国内では2例目となる。

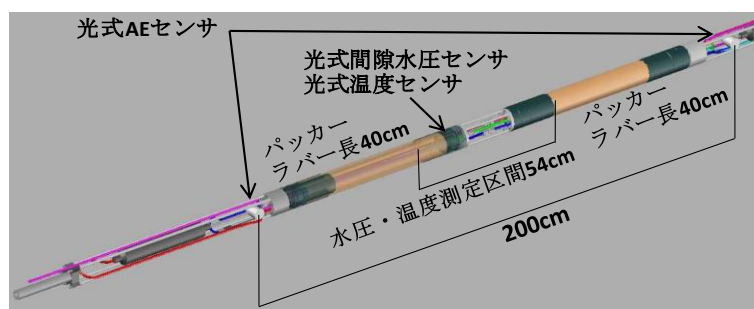


図1 マルチ光計測プローブの外観

3. マルチ光計測プローブ設置に関する検討

計測プローブ設置位置付近の岩盤は稚内層の珪質硬質頁岩であり、岩盤の力学物性はおおよそ表1に示すとおりである。また、ボーリング孔の検層から、割れ目は少ないながら最密点はN50W36Sであり、概ね層理面と同方向であることがわかった。さらに、ノジュールもしくは生痕が認められるものの孔壁の自立性は良好であった。

キーワード：光ファイバ、光式AE、光式間隙水圧、光式温度、長期モニタリング、防爆

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL042-495-0918

表 1 深度 350m 付近の岩盤物性

一軸圧縮強さ (MPa)	単位体積重量 (kN/m ³)	弾性波速度		初期地圧		
		Vp (km/s)	Vs (km/s)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	θ (°)*
18	18	1.9	0.9	9.6	6.3	30

* σ_1 と EW との角度

当該地点で AE、間隙水圧、温度の各諸量を計測する上で、特に AE 信号波の伝播性を考慮してセンサレイアウトを策定することが重要になる。そこで、幌延深地層研究所の深度 350m 調査坑道側壁において、疑似 AE 波（打撃振動）による距離減衰を把握した。使用した AE センサは、光式 AE センサと同程度の周波数特性を有するピエゾ式 AE センサである。疑似 AE 発振位置から離間 1m で順次 AE センサを配置し、同一震源の疑似 AE 波を受振した。試験結果の一例を図 2 に示す。例えば、打撃点から 2m の地点で観測される振幅は 0.166V であったが、3m となると 0.058V となり、離間が長くなるほど振幅値は小さくなった。得られた伝播波動を振幅と距離の関係でまとめたものが図 3 である。疑似 AE 波の最大振幅値は 1m 毎に約 0.2 倍で減衰することが判明した。周辺環境ノイズは 1.5mV であったことから、AE を捕捉できる距離は 5m が限界となる。

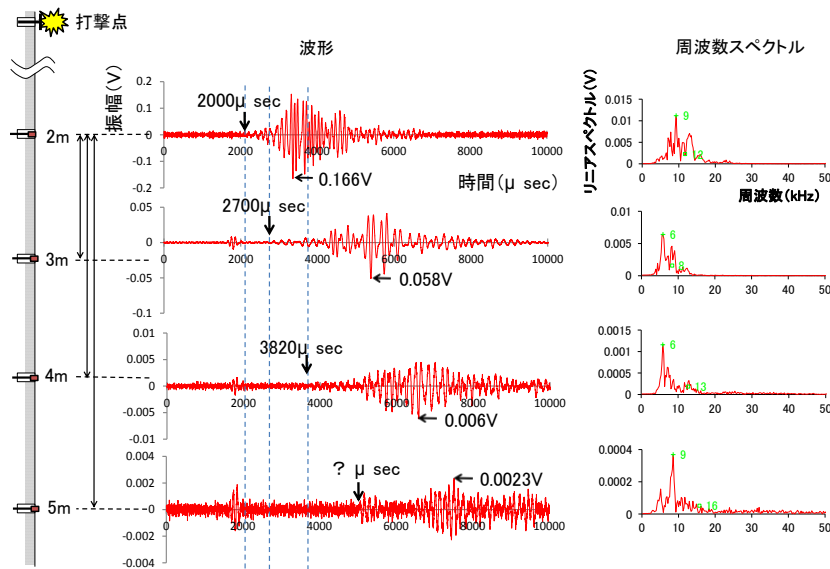


図 2 AE 信号波減衰試験結果の一例

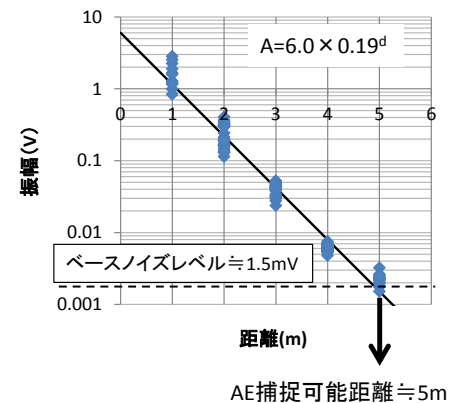


図 3 減衰特性結果

上記予備試験、坑内の空間制約条件および掘削方式を勘案し、マルチ光計測プローブを図 4 のように設置した。なお、光式間隙水圧センサと光式温度センサは、立坑からの距離による変化を評価するために 2 つのボーリング孔内に各 1 個、また光式 AE センサは、発生する AE の 3 次元位置標定と割れ目のメカニズムを解明するために 3 つのボーリング孔に計 9 個設置した。

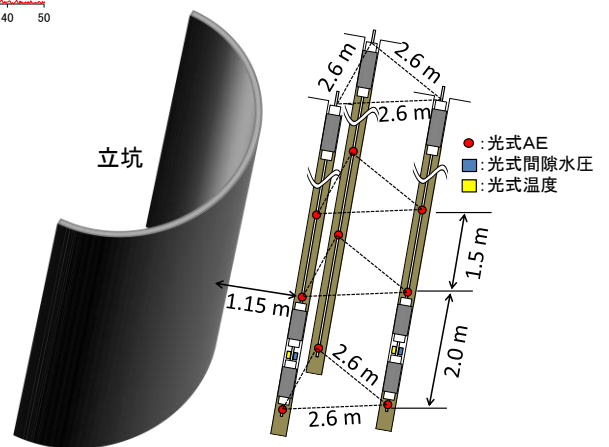


図 4 マルチ光計測プローブの設置位置

4. まとめ

今後、立坑掘削が行われ、掘削時および掘削完了後の長期にわたりモニタリングを実施する。本計測プローブ設置に関して、(株)レーザックに協力いただいた。ここに記して感謝の意を称す。

参考文献

- 1) 畑浩二, 藤井宏和: マルチ光計測プローブの開発, 第 69 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2014.
- 2) 畑浩二, 宮崎裕光, 田仲正弘, 布谷勝彦, 齊藤義弘, 藤井宏和: 光ファイバーを利用した原位置 AE センサの開発, 第 40 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.109~114, 2011.
- 3) 畑浩二, 二島 建, 大久保秀一: 光式 AE センサによる波方国家石油ガス備蓄基地での岩盤健全性評価, 第 68 回土木学会年次学術講演会講演概要集 第 VI 部門, pp.381~382, 2013.