

グラウト施工を行った花崗岩におけるセメント成分の影響の観察

株式会社大林組	正会員	○人見	尚
株式会社大林組	正会員	鵜山	雅夫
日本原子力研究開発機構	正会員	佐藤	稔紀

1. はじめに

地下坑道建設における湧水量抑制のためのグラウト工において、グラウト材に含有されるカルシウム成分の作用による長期的な岩盤強度の低下が懸念されている。これは、岩盤のケイ素成分へのカルシウムの作用によるセメント化に起因すると考えられている。本研究では、グラウト施工位置の岩盤コアを用い、岩盤とグラウト材との境界部分について詳細な観察を実施した。以下に観察に基づくグラウト材の岩盤への影響について述べる。

2. 観察対象および観察方法

観察対象は、瑞浪深地層研究所深度 200m のグラウト施工箇所より平成 24 年 11 月にサンプリングしたコアとした。母岩は花崗岩である。コアの径は 100mm である。図-1 に示すように、ボーリングコアは二つの立坑間の予備ステージ中央に設置された坑道から予備ステージに平行に採取された。グラウトは平成 19 年に予備ステージから施工された。すなわちおよそ 5 年経過のグラウトを対象とした。グラウトは普通ポルトランドセメントを主材とし黒色もしくは黄色顔料で着色された。外観により割れ目を有するコアを採取し、エポキシにより固定し図-2 に示すように板状にスライスしたものを試料とした。

観察は、対象領域を微細化する方法をとった。まず、①蛍光 X 線による面分析(XRF)で長さ 5cm 領域での割れ目のグラウトの有無の調査、②エネルギー分散型 X 線分析装置付き電子顕微鏡(SEM-EDS)で 500 μ m 程度の領域観察、③透過型電子顕微鏡(TEM)による 5 μ m 程度の領域の詳細観察とした。

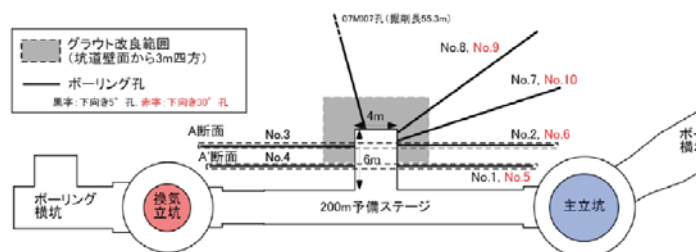


図-1 ボーリング採取位置

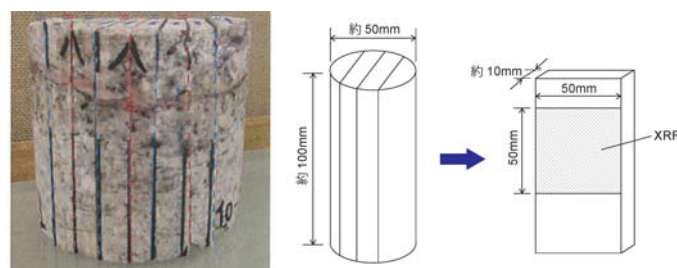


図-2 観察対象のコア

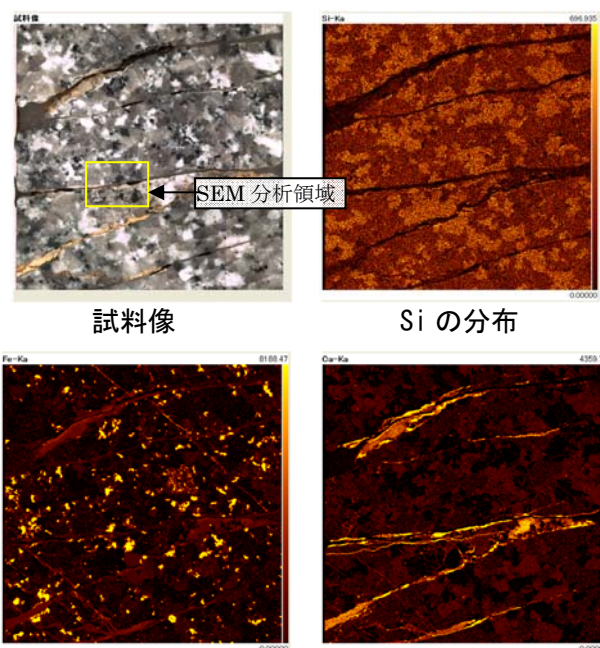


図-3 XRF による割れ目観察結果

3. 観察結果

3.1 XRF 観察

XRF 観察の結果を図-3 に示す。試料像は通常の写真に相当する像、ケイ素(Si)の濃度分布、鉄(Fe)の濃度分布およびカルシウム(Ca)の濃度分布を示す。試料像より、観察面の横方向に割れ目が存在し、左側にグラウト

キーワード グラウト、セメント化、花崗岩、SEM-EDS、TEM-EDS

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所生産技術研究部 TEL 042-495-1092

材と思われる介在物がみられた。この介在物に関しては、カルシウム分布よりグラウトに由来するカルシウム化合物と判断された。鉄の分布からは、岩盤中にも濃度の高い領域が点在する結果を得た。母岩が花崗岩であることから判断すると黒雲母である可能性が示唆される。またグラウト材部分にも鉄の存在を示す結果を得たが、これはグラウトの顔料によるものと判断された。

3.2 SEM-EDS 観察

図-4 に SEM 観察結果を示す。下部はグラウト材、上部は母岩の領域となり、その境界に白色に近い領域がみられた。この白色の領域は母岩の割れ目にも見られたため、グラウト材からの溶出物と判断し、図-4 の黄色の枠線で囲った領域に対し収束イオンビーム加工(FIB)加工を行い、TEM 試料の採取を行った。FIB 加工は対象領域に向い前後から除去加工を行い、図-4 の面に垂直な面を新たに作製し、FE-SEM でその面を観察した。図-5 に FIB 加工開始位置における FE-SEM 観察像と同位置の EDS による Ca の元素分布を示す。グラウト材からの溶出物が中央部に位置している状況が確認された。EDS による観察の結果、グラウト材と母岩との間に空隙のみならず周囲の母岩側にも Ca の分布が広がっている結果を得た。これは EDS の分解能の限界の可能性もあるが、この部分における化合物と母岩との境界が明瞭でなく、Ca の母岩側への溶出の可能性であることを示す結果を得た。

3.3 TEM-EDS 観察結果

図-5 に示す領域について TEM 観察を行いその一部について EDS 分析を行った。結果を図-6 に示す。中心がグラウト材からの溶出物で、その左右に付着物と思われる領域が確認された。溶出物の右側の空隙部のさらに右に位置する付着物質に注目し、EDS 分析を行い Ca の分布を求めた図では、母岩の輪郭が明瞭に現れ、Ca の溶出はごくわずかであるか、ほとんどないことを示唆する結果となった。

4. まとめ

グラウト施工を行った花崗岩コアを採取し、セメント化の影響を調べた。施工後 5 年経過後のコアからはグラウト材と思われる充填物が確認されたが、数マイクロメートル程度までのオーダーでは、母岩側へのカルシウム成分の溶出は認められなかった。今後さらに長期に母岩と接した場合のグラウト材の影響に関し本検査法は有効であると考えられる。本研究は資源エネルギー庁委託事業「地下坑道施工技術高度化開発」の一環として行った。

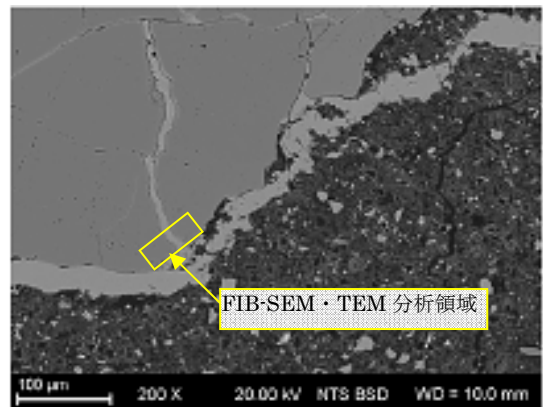


図-4 SEM 観察像

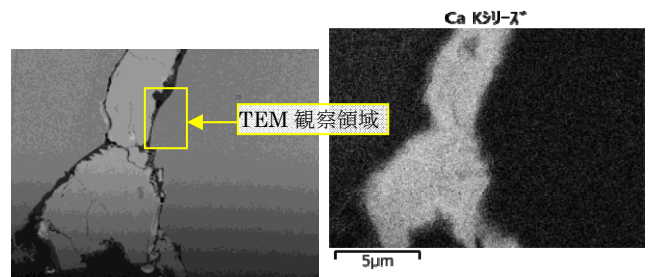


図-5 FE-SEM・EDS 分析像

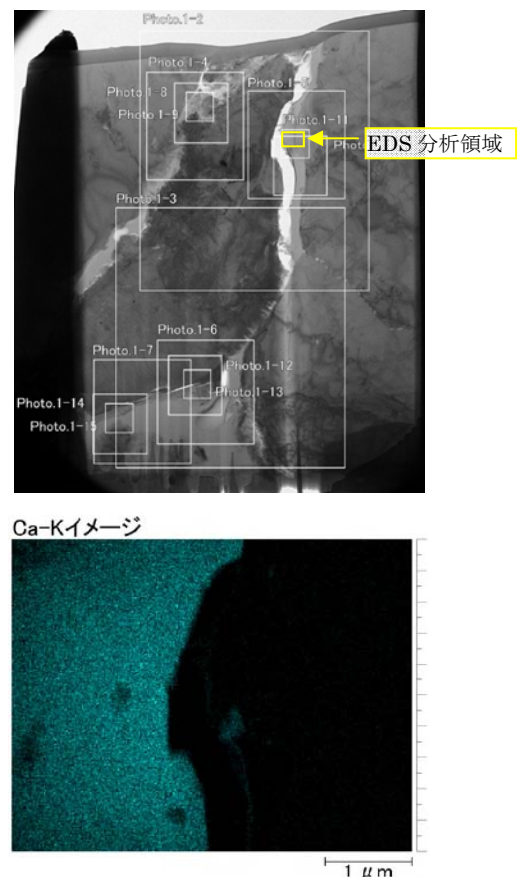


図-6 TEM-EDS 観察結果