

B-16 岩石の劣化に応じた重金属等の含有量・溶出量の変化に関する検討例

○岡崎 健治^{1*}・伊東 佳彦¹

¹ (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602札幌市豊平区平岸1-3-1-34)

* E-mail: 90185@ceri.go.jp

1. はじめに

トンネル掘削や切土などの土木事業で発生する岩石や土壌に基準値以上に重金属等が含まれる場合、健康被害の防止、周辺環境の保護、事業コストの抑制の観点から、その対策には、適切な試験と評価が求められる。

建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル¹⁾には、対策方法のひとつとして浸出水処理が示されている。この方法は、掘削した岩石や土壌を風雨にさらした状態で仮置きし、浸出水に溶出する重金属等を適切に処理する方法である。

本調査では、トンネル事業において仮置き場に放置された岩石を試料として、その経時的な形状、化学組成および重金属含有量の変化を調べるとともに、重金属等の溶出量に関して、短期的ならびに長期的な低減効果を検討したので、その事例について報告する。

2. 調査概要

本調査は、北海道北部で建設中のトンネル事業現場で実施した。本トンネル箇所の主な地質は、白亜紀の砂岩、泥岩および蛇紋岩である。

事前の地質調査による泥岩の溶出試験では、土壌汚染対策法に基づく溶出量基準0.01mg/L (以下、基準値) を超過するヒ素の溶出量が確認された。泥岩からのヒ素の溶出量は、最大0.12mg/Lである。また、本事業では、土配計画や運搬調整のため、仮置き場が設置され、掘削岩石は一時的に保管された。

本調査では、掘削直後の岩石 (以下、掘削直後) と仮置き場で3ヶ月経過後 (以下、劣化後) の岩石を試料として、①粒度試験 (劣化状態の定量的な把握)、②短期溶出試験 (劣化や乾湿繰り返し作用に応じた溶出量の把握)、③化学成分の測定 (蛍光X線分析による化学成分の把握) および④長期溶出試験 (試薬による劣化後の岩石の溶出試験) を実施した。

ここで、溶出試験は、環境省告示第18号 (2mm以下の

試料による試験) による方法で実施した。本試験方法は、本来、自然由来の岩石を対象としていないが、自然由来の重金属等の溶出現象を短時間で適切に評価できる試験方法などが無いことから、この方法に準じた。

なお、マニュアル¹⁾に示されている浸出水処理方法は、地盤内の比較的新鮮な岩石を、その粒度や比表面積に応じて評価するだけではなく、屋外での雨水の供給、化学特性の変化、気候 (乾湿繰り返しや温度) など、溶出の特性に影響を及ぼす要因や状態を加味した対策方法である。また、この対策方法は、掘削岩石を対象とするほか、浸出水自体の処理についても検討が必要である。

3. 調査結果

(1) 粒度分布の変化

図-1に掘削直後と劣化後の試料の粒度試験結果を示す。粒径は、礫サイズに応じて2~75mmのふるいを使用した。

通過質量百分率は、全粒径で掘削直後より劣化後の割合が大きく、細粒化していることを確認できる。とくに粒径10mm以上で細粒化する割合が大きい。また、劣化後では、2mm以下の割合が10%から20%程度と約2倍となり、より溶出しやすい状態に変化していることがわかった。

(2) 短期的溶出量の変化

表-1に短期溶出試験の結果を示す。本試験では、掘削

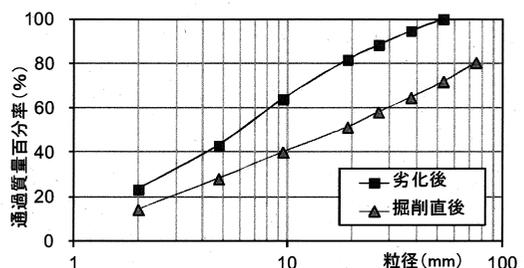


図-1 劣化による岩石の粒度分布の変化

表-1 短期溶出試験の結果

試料	ヒ素溶出量 (mg/L)	pH	EC (mS/m)
0サイクル(掘削直後)	0.033	10.1	20.8
4サイクル	0.027	9.8	16.8
7サイクル	0.021	9.7	13.4
10サイクル	0.018	9.4	11.1
劣化後	<0.001	7.5	4.6

表-2 化学成分の測定結果

試料の状態	イオウ	カルシウム	鉄
掘削直後	3,018	61,965	38,554
劣化後(細粒化)	3,375	9,081	35,444
劣化後(褐色化)	1,856	6,857	54,947

単位: ppm(1ppm=1mg/kg, 10,000ppm=1%)

表-3 長期溶出試験の結果

試料	ヒ素溶出量 (mg/L)	pH	EC (mS/m)
劣化後	<0.001	7.5	4.6
劣化後 (アルカリ溶液で溶出)	0.008	9.6	10.2

直後、劣化後および乾湿繰り返し(24時間吸水~24時間110℃の炉乾燥を1サイクル)を与えた岩石を試料とした。

試験の結果、乾湿繰り返しの回数に応じて、ヒ素の溶出量は低下している。劣化後の溶出量は、検出限界値以下であることから、特定のサイクルを経験することで、ヒ素の溶出量は低減することがわかる。

図-2に乾湿繰り返し回数とヒ素溶出量の関係を示す。ヒ素溶出量は、15サイクル後に基準値以下となり、22サイクル後には検出限界以下(劣化後に相当)になることを予測できるが、あくまでも目安であり、実際の降雨や温度などの条件と比較検討が必要である。また、pHとECも乾湿繰り返し回数に応じて低下しており、岩石の化学成分の変化や溶脱が生じていることを予測できる。

(3) 化学成分の変化

表-2に掘削直後、劣化後および劣化後で表面が褐色化した岩石試料(以下、褐色化試料)のイオウ、カルシウムおよび鉄の含有量を示す。測定は、携帯型の蛍光X線分析装置(米国Innov-XSystem社製)を使用した。

測定の結果、掘削直後と比べて、イオウは、褐色化試料で2/3程度に低下、カルシウムは、劣化後と褐色化試料で1/6~1/10に低下した。一方、鉄は、褐色化試料で初期値の1.5倍程度に増加している。

以上のことは、仮置き場において、岩石の化学組成に変化が生じた結果であり、前章の劣化や乾湿繰り返しによる溶出量の変化とも関連している。

例えば、泥岩が黄鉄鉱を含有する場合、酸化や雨水と

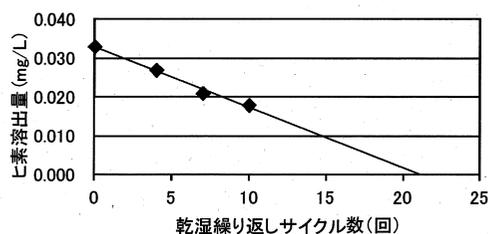


図-2 乾湿繰り返し作用とヒ素溶出量

の接触によって鉄とイオウに分解が進む。鉄は酸化により水酸化鉄となり褐色化する。また、イオウは、カルシウムを主体とする方解石などの炭酸塩鉱物と反応し、硫酸塩鉱物を生成することで、岩石自体の劣化、pHの低下、化学成分の溶脱が、より促進され、溶出しやすい状態に変化することが予測できる。

(4) 長期的溶出量の変化

表-3に長期溶出試験の結果を示す。本試験では、水酸化ナトリウム溶液でアルカリ性に調整した溶媒を用いて、劣化後に溶出試験でヒ素が検出されない岩石を試料として、溶出試験を実施した。

試験の結果、ヒ素がさらに溶出して0.008mg/Lを示したが、基準値以下であった。このことから、本地区の劣化後の泥岩は、還元的環境下でアルカリ性に变化した場合、再溶出するが、基準値以下であることが予測できる。

(5) 排水のヒ素濃度

仮置き場からの排水のヒ素濃度は、定期的に測定し、排水基準(0.1mg/L)以下であることを確認後、適切に処理している。降雨と濃度の関係では、降雨が多い場合、その後に浸出する排水中の濃度は低く、少ない場合、濃度は高い傾向にあり、雨水の供給によってヒ素の溶出が進むことを確認している。

4. おわりに

本調査では、トンネルの掘削岩石に含まれる重金属等のうち、ヒ素を対象に、その短期的ならびに長期的な溶出量の低減傾向を、暴露による劣化後の試料を用いた試験結果から確認した。

重金属等を含有する岩石のひとつの対策方法である浸出水処理方法は、重金属等を溶出する岩石を対策不要な土木材料に処理できる方法であり、仮置き場とその保管が比較的長期に確保できる条件を有する現場であれば、有効かつ経済的な対策方法として適用が可能といえる。

参考文献

- 1) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル, 同検討委員会, 2010.