

## トンネル工事で発生したホウ素含有蛇紋岩における不溶化・固化後の曝露評価

鹿島建設(株) 正会員 ○石神大輔 反り目好男 篠原智志 伊藤圭二郎

フェロー会員 川端淳一

東海旅客鉄道株式会社 小舘 貴 木村寿孝 黒澤太一

### 1. はじめに

トンネル工事で発生した掘削岩については、重金属等を含む場合があるが、これらの自然由来重金属等含有土を場外に搬出処分せず、事業内で再利用する方法の一つとして不溶化がある。不溶化は重金属等を水に溶けない状態に固定する技術であり、主に粉体状である不溶化材を対象土に混合する。一般的に、粒径が細かい土壌に対しては、不溶化材は十分均一に混合されると思われるが、岩石のような粒径の比較的大きなもの（小割りしても数十 mm 程度）に対しては、不溶化材の粉体は主に表面に付着すると予想される（図-1）。この状態でも不溶化効果が発揮されるかどうかや、表面を不溶化材で覆われた岩石が転圧や荷重を受けて割れ、新面が露出した場合に不溶化効果が継続するかどうかといった検討は事例が少ない。そこで、本検討では、工事で発生した蛇紋岩試料に不溶化材と固化材を混合し、屋外曝露試験を行うことで不溶化効果を検証した。その過程で、粗粒分を粉砕することで、岩石が割れて新面が露出した場合の再溶出の有無を確認した。

### 2. 対象試料

#### (1) 対象範囲のボーリングコア

本工事において実施したボーリングから採取した蛇紋岩区間のコアを写真-1に示す。蛇紋岩は一般的に脆弱であるが、本工事でもボーリングの衝撃でコアが細かく破砕された状況が確認された。

#### (2) ボーリングコアの分析結果

ボーリングコアに対して、特定有害物質の分析を行った結果、懸念される項目として、ホウ素が 3.6mg/L（最大）で確認された（表-1）。また、蛇紋岩は風化して含水した場合に粘土化して強度低下する恐れがあることが知られており、不溶化材だけでなく、固化材の添加を必須と判断した。

#### (3) 対象試料

本工事において実際に蛇紋岩区間を NATM 工法で掘削した岩石を採取し、これを 37.5mm の篩いに通過させたものを対象試料とした（写真-2）。

キーワード：重金属，ホウ素，蛇紋岩，アスベスト，不溶化

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

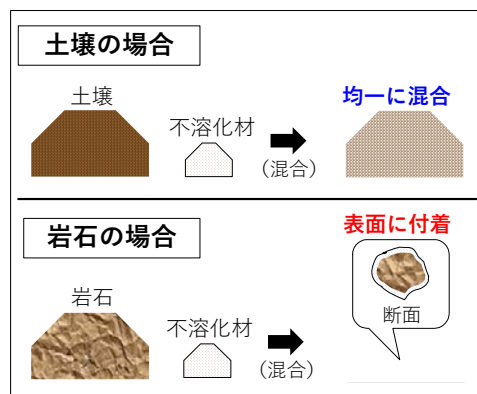


図-1 不溶化材の混合イメージ



写真-1 蛇紋岩区間のコア写真

表-1 懸念される項目の分析結果

項目	ホウ素
濃度	3.6mg/L (最大)
基準値	1.0 mg/L



写真-2 対象試料（蛇紋岩）

### 3. 試験方法

#### (1) 不溶化材・固化材の混合

事前に室内試験を実施した結果から、不溶化材（主成分：マグネシウム系）を  $50\text{kg/m}^3$  の添加で統一し、セメント系固化材の添加量を  $100, 150, 200\text{kg/m}^3$  と変化させた配合（表-2）にて、混合を行った。混合には傾胴式ミキサーを用い、対象試料と各材料を 30 秒混合した後に、10%の加水を行い、再度 90 秒混合して調整試料とした。

#### (2) 曝露試験の方法

土研式曝露試験<sup>2)</sup>を参考に、ポット（ $\phi$ 約 25cm）にガラスビーズを敷いてから調整試料を充填し、底部をチューブでポリタンクと連結し、屋外に設置した（写真-3）。なお、試験のばらつきを想定して、各ケースで 3 ポットずつ準備した。その後、試験器から得られる浸出水を適宜採水し、ホウ素や六価クロム濃度等について分析し、経過をモニタリングした。

#### (3) 粗粒分の粉砕

試験開始から約 3 ヶ月後の時点で、モニタリング状況から同じケースの 3 ポットに大差は無いと判断した。その後、写真-4 のように各ケースの 1 ポットに対して、20mm 以上の粗粒分を回収し、ステンレス乳鉢を用いて 20mm の篩いを全て通過するように粉砕した。岩石の新面を露出させた状態で、再度ポットに充填して引き続きモニタリングを継続した。

### 4. 試験結果

ホウ素のモニタリング結果を図-2 に示す。なお、粗粒分を粉砕するまでは各ケース 3 ポットからの平均値で示しているが、それぞれ 1 ポットを粉砕以降は、粉砕ポットは個別に結果を示し、各ケースの経過は残りの 2 ポットの平均値で示した。モニタリングの結果、原土はホウ素の基準値超過を継続する一方で、不溶化・固化したケースはいずれも基準値未満を継続した。また、粉砕による岩石の新面の露出の影響についても、モニタリング期間内では再溶出などの兆候はみられなかった。岩石の新面からの溶出が微視的な視点で起こっていたとしても、ポット全体に対して一定の薬剤量が確保できていれば、浸出水の溶出量に影響しない可能性がある。なお、六価クロムは、全てのケースで常に検出下限以下であった。

### 5. おわりに

今後とも不溶化の安定性評価や蛇紋岩の風化による変質有無の確認を継続して進めながら、自然由来重金属等含有土の再利用の計画を具体化したい考えである。

#### 参考文献

- 1) 横田ら：蛇紋岩の風化粘性土の強度特性，土木学会論文集 No529, III-33, p.155-163, 1995.
- 2) 品川ら：岩石に含まれる自然由来重金属等の溶出特性評価方法，土木技術資料，Vol.52, p.11-13.

表-2 不溶化材・固化材の配合

ケース名	不溶化材	固化材
原土（ケース1）	—	—
ケース2	$50\text{kg/m}^3$	$100\text{kg/m}^3$
ケース3	$50\text{kg/m}^3$	$150\text{kg/m}^3$
ケース4	$50\text{kg/m}^3$	$200\text{kg/m}^3$

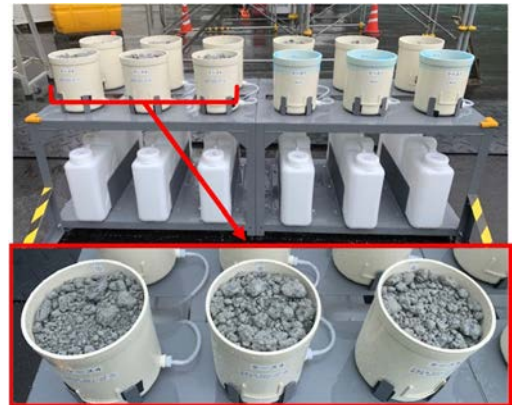


写真-3 曝露試験の状況（屋外）

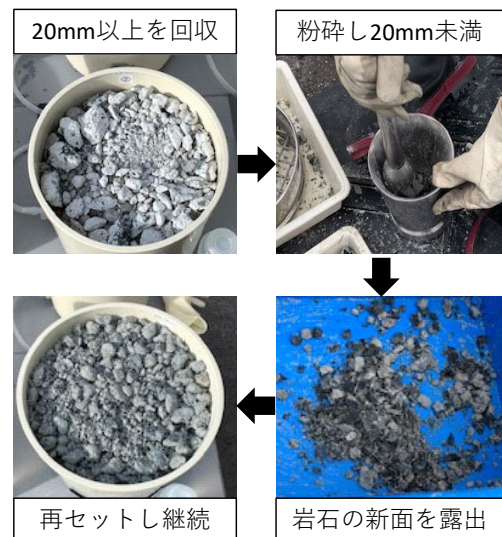


写真-4 粗粒分の粉砕

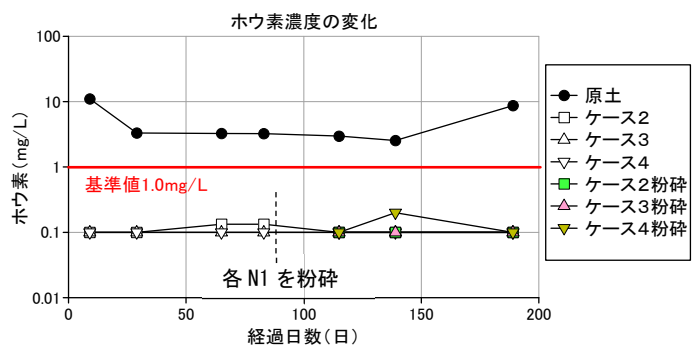


図-2 モニタリング結果