

山岳トンネルにおける吸着マットを用いた自然由来砒素の対策事例

大林組 正会員 ○中戸 敬明, 正会員 三浦 俊彦, 正会員 伊藤 哲
正会員 後藤 尚貴, 正会員 近藤 紹仁

1. はじめに

東北地方南部に位置する道路トンネル工事では、計画ルート上の地質として砂質・軽石質凝灰岩、安山岩、溶結凝灰岩の出現が想定されていた。掘削が進捗して安山岩質の地山が出現し始めて以降、事前調査では検出されなかった重金属（砒素）の溶出が、基準値未満であるが確認された。そのため、トンネルの切羽前方探査で採取したスライムを用いて環告 18 号溶出試験を行った結果、未掘削区間において砒素の溶出が確認された。

これより、トンネル掘削ずりに対し、以下に示した重金属分析試験を実施し、重金属の溶出・含有状況の把握を速やかに実施した。

- ①環告 18 号溶出試験の結果、砒素の溶出量が環境基準値 0.01mg/L を超過した。
- ②地盤工学会の過酸化水素水による土及び岩石の酸性化可能性試験方法を実施した結果、pH3.5 以下を示し、酸性化の可能性があると推定された。
- ③実現象再現試験として土研式暴露試験を実施し、軽石質凝灰岩の浸出水から環境基準 0.01mg/L を超過するヒ素が確認された。一方で pH は中性の範囲を維持し、実際には酸性化の可能性は低いと考えられた。

これらの結果をふまえ、学識経験者からの助言を受け、土壤汚染対策法に準ずる重金属含有土の対策工を選定することになった。

2. 対策工の選定

当現場における重金属含有土の地質は、軽石質凝灰岩と安山岩の混在する区間であり、土質的には盛土利用が可能であった。対策盛土箇所として、現場内での使用（構造物背面への埋戻し）や、発注者所有地への対策盛土が検討された。表-1 に今回検討した工法比較を示す。

表-1 重金属対策工比較表

工法	不溶化工法	吸着層工法 (吸着マット敷設)	盛土封じ込め (舗装+覆土)
概要	原位置又は処理プラントにて不溶化材を混合・不溶化して盛土を行い、周辺環境への重金属の溶出を抑制する。	盛土の下部へ吸着材を含有した吸着マットを敷設し、盛土内から溶出した重金属を吸着して重金属の拡散を防止する。	遮水構造(舗装+覆土)の盛土構造として盛土内部に対策土を封じ込め、重金属の拡散を防止する。
当現場への適用性	・土質改良機による施工能力は概ね 500～700m ³ /日、対応は可能。 ・処理スペースの確保が困難。	・マットの敷設作業は簡易であり、一般作業員でも施工が可能。 ・工場製作であり、品質が確保される。	・施工自体は簡易である。 ・舗装の経年劣化や地震の影響等で盛土内に降雨が流入し、汚染拡散リスクがある。
経済性	△	○	◎
評価	△	◎	△

トンネル起点坑口ヤードが狭隘であり、処理プラントの設置や品質の事前判定を行うスペースが確保困難であること、工法選定までの工期が限られていたこと、経済性や施工性を考慮した結果、「吸着マットによる吸着層工法」を選定した。

3. 対策工の仕様

(1) 概要

吸着マットは、重金属を吸着できる吸着材を含むマットであり、各メーカーから多くの種類が提供されているが、吸着材の種類（酸化鉄やマグネシウム系等）やマットの厚み、透水性等が異なっており、現場条件に適した吸着マットを選定する必要がある。

本現場で溶出する重金属が砒素であること、現場施工までの日数に制限があり、短期間での供給が必要となったことから、酸化鉄系の吸着材を含む吸着マットを選定した。吸着層の設計は、2012 年発行の一般社団法人北海道環境保全技術協会 吸着層工法設計マニュアル¹⁾を参考にした。

キーワード 山岳トンネル, 重金属, ヒ素, 吸着マット
連絡先 〒812-0027 福岡県福岡市博多区下川端町 9 番 1 2 号
株式会社大林組 九州支店 土木工事部 TEL 092-271-3815

(2) 掘削ずりの溶出量確認試験（シリアルバッチ試験）

同一試料に対して溶出液の砒素濃度が基準値の 0.01mg/L 以下になるまで溶出操作を繰返し、基準値以下になるまで溶出した砒素の合計量を、試料から発生する総砒素溶出量として設計に使用した。

試験結果を図-1 に示す。試験に用いた掘削ずりの環告 18 号試験による砒素溶出量は 0.028mg/L、pH は 9.8 であった。シリアルバッチ試験の 1 回目溶出量は 0.029mg/L で、溶出操作を繰り返すたびに溶出量は低減し、3 回目の試験で 0.008mg/L となった。これにより、試料土から溶出する可能性のある砒素溶出量は、試料土 1t あたり 0.48g と算出した。

(3) 吸着マットのヒ素吸着量確認試験

吸着マットの吸着材に対して、試料溶出液に砒素を添加した吸着試験を実施し、吸着等温線を作成した。砒素濃度が環境基準 0.01mg/L となる際の砒素吸着量を求め、これを吸着の砒素吸着量として設計に反映した。吸着等温線を図-2 に示す。砒素濃度が環境基準の場合の砒素吸着量は 1.1mg/g であり、吸着材 1kg 当り 1.1g のヒ素を吸着できることとなる。本吸着マットは 1m² 当り吸着材を 4kg 含有するため、マット 1m² 当りのヒ素吸着量は 4.4g と算出した。

(4) 対策盛土の仕様決定

上述した試験結果より、吸着マット 1 層に盛土可能な厚さを算出した。砒素 4.4g/m² を溶出するのは、本トンネルの掘削ずりの場合には試料土 9.2t 分に相当する。湿潤密度は 2t/m³ であるため、吸着マット上に盛土できる厚さは 4.6m と設定した。

4. 施工

図-3 に重金属対策盛土の施工断面図、図-4 に吸着マットの敷設状況を示す。本現場で使用した吸着マットは、幅 1m×長さ 2m、1 枚当り 20kg であり、重機を使用せずに施工が可能であった。マット端部を 10cm 程度かさね合わせてピン等で抑える簡易な敷設方法であり、一般作業員でも容易に作業ができ、平坦～緩斜面までの敷設には対応可能であった。対策盛土場の下流に設置した観測井における水質モニタリングでは、施工後から 1 年半経過時点でも、重金属の溶出は確認されていない。

【参考文献】1) 一般社団法人北海道環境保全技術協会編、吸着層工法設計マニュアル、2012。

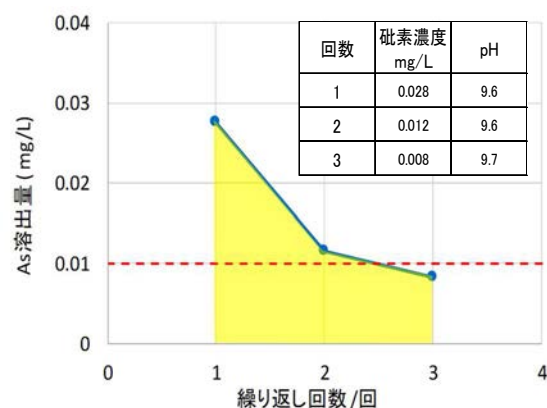


図-1 シリアルバッチ試験結果

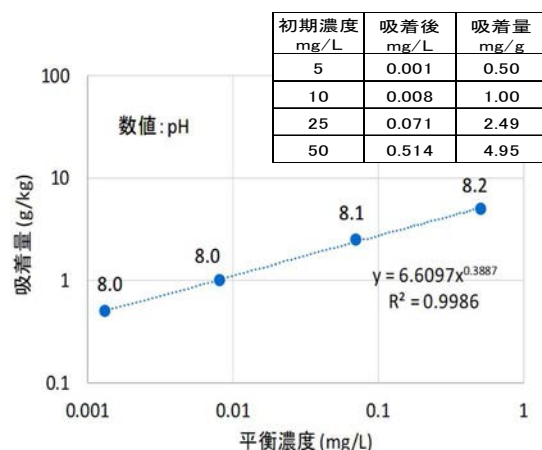


図-2 吸着材の吸着試験結果

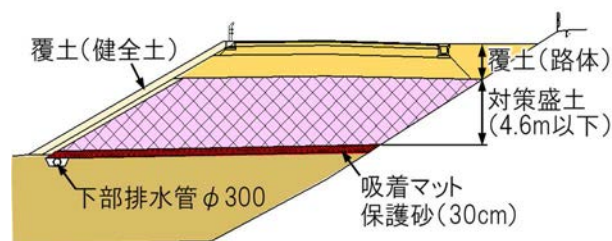


図-3 対策盛土 施工断面図



図-4 対策盛土 吸着マット敷設状況