

新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策

山 脇 慎

新東名高速道路の愛知県区間の建設中に重金属等の含有土が発生した。発生した重金属含有土は対策を施した上で高速道路本線の盛土材として使用した。その対策工として、「遮水工封じ込め工法」等を採用した。遮水工封じ込め工法では遮水材料として遮水シートとベントナイト改良土を用いた。施工完了後に工事区域近傍の地下水並びに表面水の水質調査を実施し対策工の有効性を検証した。

キーワード：土工、重金属、ヒ素、遮水工封じ込め、ベントナイト、水質調査

1. はじめに

重金属類は人体への健康被害を及ぼす恐れのあるものである。平成22年4月に改正土壤汚染対策法が施行され、自然由来の重金属であっても同法による規制の対象となった。

H28年2月に開通した新東名高速道路の愛知県区間においても建設時に自然由来の重金属含有土が発生し、法に則した対応を行った。建設区域の周辺地盤は砂質片麻岩および泥質片麻岩が卓越しており、事前調査においてトンネル及びその付近の片麻岩の一部に土壤汚染対策法で定める基準（以下、環境基準という）を超える重金属（鉛、カドミウム、ヒ素^{a)}、セレン）が確認された。このため工事施工は重金属の分析試験を実施しつつ行い、重金属を含む掘削土が発生した場合は必要な対策を講じた上で高速道路本線の盛土材として使用した。本文では工事時の重金属含有土に対する試験方法、対策工法の概要、施工状況および水質監視状況について述べる。

a) ヒ素は重金属に分類されていないが、ここでは有害性物質の一種として「重金属」と記述する。

2. 重金属含有土の判定手法

当該地域の重金属含有土は、水への溶けだし易さを示す「溶出量」において環境基準の超過が懸念された。このため、明かり部の掘削箇所においては岩質毎に1日1回、トンネル掘削箇所では掘削土の分別が難しいため、岩質によらず全断面の掘削量に対して1日1回、重金属の溶出量試験を実施しつつ事業を進めた。

溶出量試験の実施にあたり、公定法（土壤汚染対策法施行規則の規定に基づく測定方法）では検査結果が出るまで約2週間を要するため、施行中の重金属含有の有無の判定はボルタンメトリー法により実施した。ボルタンメトリー法¹⁾は溶液に浸した電極の電位と電流から溶存物質の定性・定量分析を行う手法であり、約10時間で結果が判明する。これにより、工事の進捗に併せた重金属の判定が可能となった。環境基準に対する判断は、事前に公定法とボルタンメトリー法の計測結果に対する相関を取り、新たな基準値を設定している。また、高速道路本線内に埋戻しを実施した場合は、埋戻し後の重金属含有土に対して公定法を用いて溶出量を確認した。

トンネル施工中は掘削ズリに重金属が含有している可能性があることから、溶出量試験の結果が判明するまでの間、屋根付きのズリ置き場を設け仮置きした(写真—1)。試験結果において重金属の溶出量が基準値を超えていなければ通常の盛土に使用し、基準値を超



写真—1 掘削ズリ仮置き場

過した場合は後述する対策を取った上で盛土材として使用した。仮置き場は施工サイクルに合わせ、切羽からのズリ搬入作業、溶出量試験中の仮置き、盛土場へのズリ搬出作業を同時に行える様、3分割で使用した。

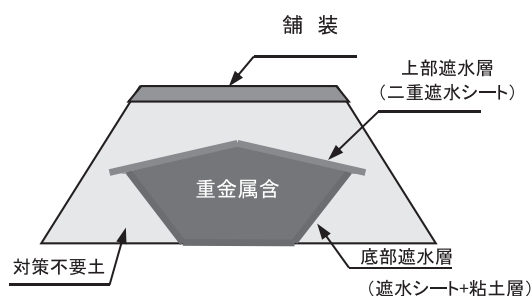
また、当該地域は重金属に加え黄鉄鉱の発生が予測された。黄鉄鉱は雨水に当たると酸性化する性質があるため、重金属の判定を実施すると同時に酸性化岩の判定を実施する必要があった。酸性岩の判定は、過酸化水素水を使用した pH 試験により実施した。重金属を含まない酸性化岩と判定された場合は重金属含有土とは別途に対策を行った。酸性水について法的な規制は無いが、一般に酸性水により重金属等の溶出が促進される²⁾と言われており、注意が必要である。

3. 対策工法の概要

重金属含有土は基本的に高速道路本線の盛土内部に対策を取った上で封じ込めた。主たる対策工法には遮水工封じ込めを採用した。また、封じ込めの受け入れ準備が整うまでの工事初期に発生した重金属含有土及び溶出量の濃度が環境基準に示す第二溶出量基準を超過したものについては、有料のセメント再資源化施設に搬出し処理を行った。

遮水工封じ込めは重金属含有土を遮水材で包み込み、雨水から重金属を遮断して重金属の溶出を抑える工法である。当現場では地下水位より高い位置に遮水工封じ込めによる盛土（以下、重金属対策盛土という）を構築し、地下水の影響を避けるよう配慮した。

盛土構造の概要を図一1に示す。上部遮水層は中弾性タイプであるポリエチレンシート（ $t = 1.5 \text{ mm}$ ）を2重に敷設した。併せて重機等の荷重により遮水シートが破損する事を避けるため、シート下部に30 cm の保護砂層、シート上部に不織布と50 cm の保護砂層を設けた。保護層の決定に当たっては事前に試験施工を行い、盛土工事並びにその後の土圧により遮水シートの破断が起きない厚さを確認している（写真一2）。底部遮水層はベントナイト混合土と1重の遮



図一1 遮水工封じ込め概念図



写真一2 遮水層破断確認試験

水シートを併用する構造とした。ベントナイト混合土は国のマニュアル等に準拠し、目標透水係数 $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 以下、層厚 50 cm を確保する事とした。また、シート上部には上部遮水層と同様の保護砂層を設けた。

遮水工封じ込めは、底部遮水層の構築後に通常の盛土工事と遜色ない速さで工事進捗を図れること、また、雨水の浸入が無いため、工事完了後の維持管理が比較的容易となることを利点としている。

重金属対策盛土の施工に先立ち、有害物質に対する懸念を抱く近隣住民に対しては対策盛土の場所、盛土をする重金属の含有等の程度、周辺水質の確認手法などを説明し議論を行った。最終的には、工事完了後も継続的に周辺地域の水質調査を実施する事で同意を得る事が出来た。

4. 施工状況

(1) 底部遮水層の施工

底部遮水層に用いるベントナイト混合土は、通常の粘土と同様、透水係数と密度に相関性があることから、配合設計においてこれらの関係を求め、遮水層として必要な施工時の管理基準値（密度）を求めた。

材料試験結果から本施工においてはベントナイト添加率 10.5%，乾燥密度 1.737 g/m^3 での管理を決定した。これに基づきモデル施工を行い、品質管理基準密度を満たす転圧回数を求め、現場透水試験によりこの時の透水係数を確認した。表一1に現地発生土の材料試験結果を示す。

ベントナイト混合土の斜面部は設計厚 50 cm であるが、小型振動ローラーによる締固めでは十分な密度が得られないため、施工幅 3 m で大型機械による締固めを行った後、不要部分を削り取った。底部遮水層の施工状況を写真一3に示す。写真奥はベントナイト混合土の施工中、写真手前は遮水シートの施工状況である。

表―1 材料試験結果

項 目	単位	試験結果
自然含水比 w_n	%	14.4
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	g/m^3	1.911
最適含水比 w_{opt}	%	10.4
品質管理基準乾燥密度	g/m^3	1.737
ベントナイト添加量	%	10.5



写真―3 遮水層施工状況

(2) 雨水排水の管理

重金属対策盛土の施工中は、施工中の降雨等により重金属が溶出する恐れがあるため、対策盛土の構造の中に排水施設を整え、水質管理を行った。今回は、封じ込め盛土の内部に集水用の堅坑並びに雨水排水管を設置した。

雨水排水管は沈下等による破断を防ぐため、360度コンクリートで巻き立てを行った(写真―4)。また、雨水排水管と遮水シートの取合は弱部となるため特殊冶具を用いるなど工夫を凝らした。

工事中の雨水排水は沈砂池に導き濁度を落とした後、河川に放流する。重金属対策盛土上の降雨については重金属(当現場ではヒ素)が溶出している可能性があるため、沈砂池への流入口にて1日1回ヒ素の濃度を確認した。また、ヒ素の濃度が環境基準(0.01 mg/l)を超えた場合に備え、ヒ素の吸着設備を沈砂池脇に配



写真―4 雨水排水管

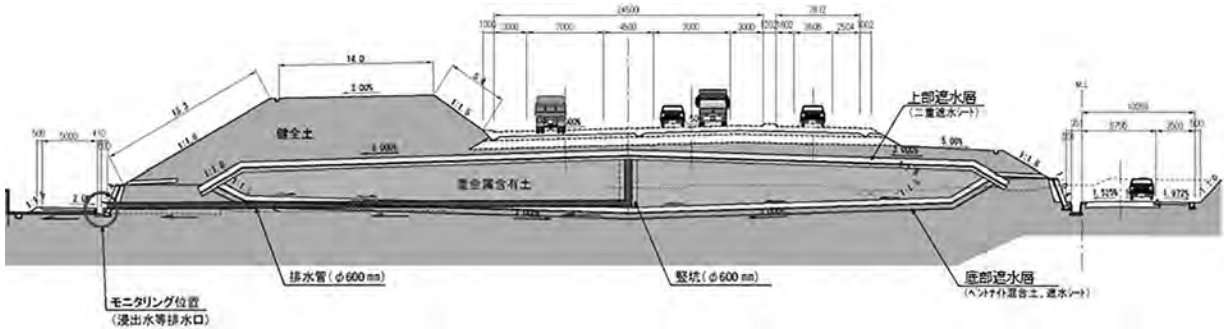


写真―5 ヒ素吸着設備

置した(写真―5)。

(3) 遮水工封じ込めの施工

図―2に遮水工封じ込め工法の断面図を示す。施工は底部遮水層、雨水排水管、重金属盛土、上部遮水層の順で実施した。当現場での重金属含有土はトンネルずりが主であるため、施工は岩塊盛土の工法規定方式とした。モデル施工により一層の仕上がり厚さ50 cm、転圧回数8回を定めた。重金属対策盛土はその施工に伴って900 m³に1回の公定分析を行い、重金属含有土の性状把握を行った。施工中に発生したリスクを下記に示す。



図―2 遮水工封じ込め断面図

(a) 工事初期段階で予定より多量の重金属類含有土が発生した

対策盛土の準備が整っていないトンネル掘削の初期から大量の重金属含有土が発生したため、有料処分をせざるを得ず工費が増大した。

(b) 大量の重金属含有土の発生

トンネル延長の3%と想定した重金属含有土の出現率が実際には70%に達し、対策盛土箇所が大幅に不足した。また、重金属類含有土は地元の一般道を使用して運搬する計画であったが、大量の重金属類含有土の発生により、住民の生活環境確保の点から一般道を使用出来なくなった。加えて重金属類含有土が増えたため無対策の土量が減り、土量配分計画の変更が生じた。

(c) 第二溶出量基準を超えた重金属含有土の発生

重金属類の溶出量が環境基準の0.3 mg/lを超える場合、第二溶出量基準に分類され、より厳しい対策が求められる。この基準を超える掘削土の現実的な処分方法として、有料の処分場への搬出をしたため、工費の増大をもたらした。また、有料処分場までは片道1.5時間を要し、運搬に要する多数のダンプの確保、交通量の増加に伴う運搬路沿線の住民からの苦情等の問題が生じた。

これらの問題解決のため、重金属含有土の仮置き場を整備した他、固化剤にセメントを用いた固化不溶化盛土を採用し、重金属発生箇所の直近にある山間の狭小部に対策盛土を構築する等により、対策盛土の準備が整うまでの工程調整を図った。また、新たな工事用道路を構築し土運搬路を確保した他、道路構造を変更してより多くの対策盛土場を本線内に増設し、多量の重金属含有土を事業地内に封じ込め、コスト縮減に努めた。

5. 水質監視状況

重金属含有土の有無に限らず周辺河川の水質保全のため、全ての土工事の現場では仮設沈砂池を設け工事区域内の排水を河川に放流している。工事中の水質監視として、沈砂池への流入部及び河川への放流口において1日2回、濁度、pH、電気伝導度の測定を実施した。さらに月1回、工事区域を横断する河川の上下流部において重金属類を含む水質検査を実施している。また、重金属対策盛土内からの排水と沈砂池からの排水について1日1回ヒ素濃度の検査を実施した。地下水については重金属対策盛土横に設置した観測井戸に加え、既存地下水の状況把握のため地下水流の上流側に観測井を設置し水質監視を実施した(図-3)。開通後2年間は観測井と周辺井戸について年4回、河川の上流部について月1回の水質調査を実施し、重

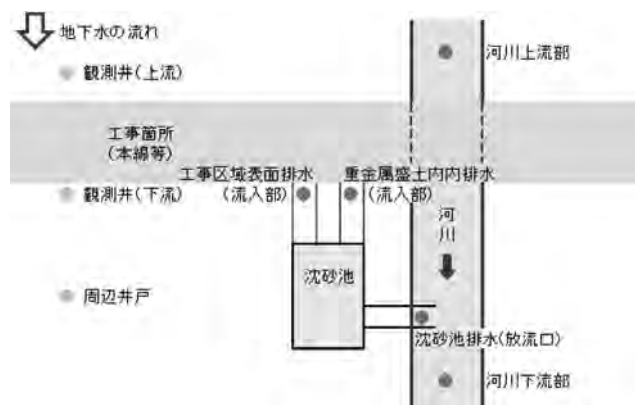


図-3 水質監視位置図

金属の流出を監視した。工事完了から2017年現在に至るまで異常値は観測されていない。

6. おわりに

改正土対法の施行以来、自然由来の重金属含有土についても対策が必要となる事例が増えている。大抵の場合、自然由来の重金属はその発生量が多く、多額の対策費用が必要となる。このため、自然由来の重金属含有土を安全かつ安価に対策する事は事業者共通の課題である。今回の事例では、セメント再資源化施設への場外搬出に比べ、約1/5の費用で対策を実施する事が出来た。しかしながら、重金属対策はまだまだ高価であり、今後の対策にあたっては周辺状況や現場毎の特性を考慮したサイト概念モデルを構築し、安全を確認しつつより安価な対策を実施する事が重要である。本報文が重金属対策を実施する技術者の方々の一助になれば幸いである。

謝 辞

重金属対策は近隣住民の方々の理解が不可欠であり、本現場においても約半年間の説明を行い事業に協力して頂く事が出来た。ここに御礼申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- 1) 東京都環境局：土壤汚染調査における簡易分析法採用マニュアル（重金属編）平成18年7月 pp.3 等
- 2) 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（暫定版）平成22年3月 pp.54 等

【筆者紹介】

山脇 慎（やまわき まこと）
中日本高速道路㈱
金沢支社 環境・技術管理部 環境・技術チーム
チームリーダー

