

# 新東名高速道路盛土建設における重金属含有土対策

## Countermeasures against embankment material with heavy metals in SHIN-TOMEI Expressway

山脇 慎<sup>1</sup>, 中野正樹<sup>2</sup>, 三嶋信雄<sup>3</sup>

1 中日本高速道路株式会社・名古屋支社・豊田工事事務所 m.yamawaki.aa@c-nexco.co.jp

2 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 教授

3 川崎地質株式会社 参与

### 概 要

愛知県にて建設中の新東名高速道路において重金属含有土が発生したため、対策を施した上で高速道路本線の盛土材として使用することとした。その対策工として、「遮水工封じ込め工法」及び「不溶化工法」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、ベントナイト改良土の品質管理と遮水シートの破損防止に配慮して施工している。一方、不溶化工法はセメントを不溶化材として用い、不溶化材混合後の重金属溶出試験、タンクリーチング試験、強酸性、強アルカリ状態における長期安定性試験などを実施して不溶化効果を確認した。施工完了後は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、対策盛土の有効性を検証している。

キーワード：重金属，遮水工封じ込め，不溶化工法

### 1. はじめに

平成 22 年 4 月の改正土壌汚染対策法施行により自然由来の重金属について同法の対象となった。特に、大規模な土地の改変、発生土砂の移動を伴うことの多い公共事業において、同法の施行の影響は大きい。ところが、自然由来の重金属対策は過去に事例はあるもののまだまだ一般的とは言い難い。

愛知県区間の新東名高速道路の建設に伴い発生した重金属含有土を盛土材として使用するにあたり、学識経験者、矢作川沿岸水質保全対策協議会等漁業関係者並びに地元行政を交えた委員会を開催し、その対策工を検討した。今回、検討結果に基づく重金属対策工について報告する。

### 2. 新東名高速道路における重金属含有土の概要

西三河地域は変成岩類（片麻岩）が広く分布しており、砂質片麻岩および泥質片麻岩が卓越した箇所において重金属含有土が発生している。事前調査により新東名高速道路の建設用地における片麻岩の一部に、我が国の環境基準を超える重金属の溶出が確認された。

#### 2.1 重金属の判定手法

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、1日1回、トンネル掘削においては1日1回、重金属の溶出量試験を実施しながら施工した。

溶出量試験は溶液に浸した電極の電位と電流から溶存

物質の定性・定量分析を行うボルタンメトリー法<sup>1)</sup>を用いて行った（写真 1-1）。ボルタンメトリー法では約 10 時間で検査結果が得られるため、約 2 週間を要する公定法に比べ工事の進捗に対し効果的な検査が可能となる。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。

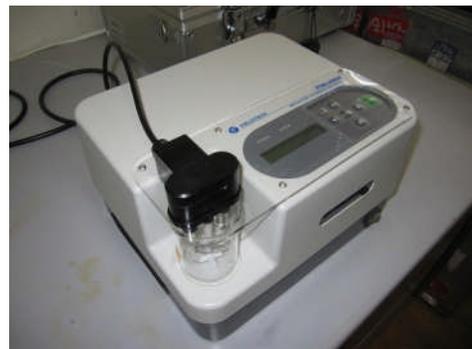


写真 1-1 ボルタンメトリー 測定器具

#### 2.2 重金属含有土発生状況

現時点では、トンネル掘削土において重金属類のうち溶出量基準（0.01mg/l）を超えるヒ素が発生している。

環境基準を超過するヒ素の溶出量は、平均 0.04mg/l 程度であるが、最大 600mg/l を超えるものも発生している。なお溶出量が、環境基準から第二溶出量基準（0.30mg/l）以下の土砂については、対策を施した上で高速道路の盛土材として使用した。また、第二溶出量基準を超えるものはセメント再資源化施設に搬出して処理を行った。

### 3. 対策工法の概要

重金属含有土を盛土材として使用するための対策工法として、遮水工封じ込めと不溶化工法が提案された。どちらの工法を採用するかは、現場の状況などを考慮して決定した。

#### 3.1 遮水工封じ込め

遮水工封じ込めは、遮水材で重金属含有土を包み込み、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。当現場においては地下水位より高い位置で対策盛土を構築することにより、地下水の影響を極力避けるようにした。

盛土構造の概要を図3-1に示す。この工法は重金属含有土をカバーシステムと底部ライナーで包みこむ工法である。カバーシステムは二重の遮水シートを用いている。底部ライナーは粘土層（ベントナイト混合土）と一重遮水シートを併用する構造とした。

遮水工封じ込めは、底部ライナー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、雨水の侵入が無いため、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。

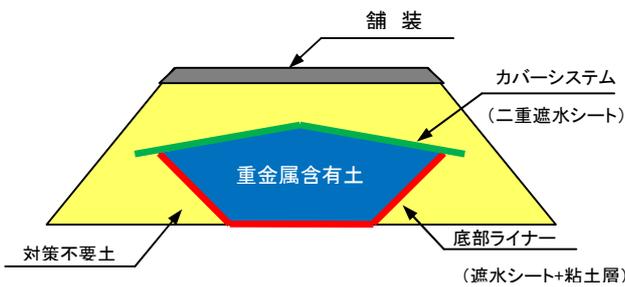


図 3-1 遮水工法構造概要図

#### 3.2 固化・不溶化工法

重金属含有土の発生状況より、狭隘部に重金属含有土の対策盛土を施工する必要が生じた。このため、斜面部の盛土であっても安定すること並びに岩混じりの土砂であっても不溶化が可能であることを考慮し、含有土にセメントを添加し固化することにより不溶化する工法を選択した。



写真 3-1 セメント改良土製造プラント

不溶化工法は混合処理に時間を要するため、当初計画においては採用しなかったが、重金属含有土の仮置き箇所が確保できたことにより時間的余裕が生じたため、今回採用に至っていた。

### 4. 遮水工封じ込めの施工及び留意点

遮水工封じ込めは過去に複数の施工事例が報告されているため、本稿では当現場における施工時の留意点について述べる。

#### 4.1 ベントナイト混合土の品質管理

底部ライナーの粘土層として用いられるベントナイト混合土は、目標透水係数  $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$  以下、層厚 50cm を確保することとした。

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、配合設計においてはこれらの関係を求めて、遮水層として必要な管理基準値（密度）を求めた。図4-1に95%乾燥密度における透水係数と乾燥密度の関係を示す。また表4-1に現地発生土の材料試験結果を示す。

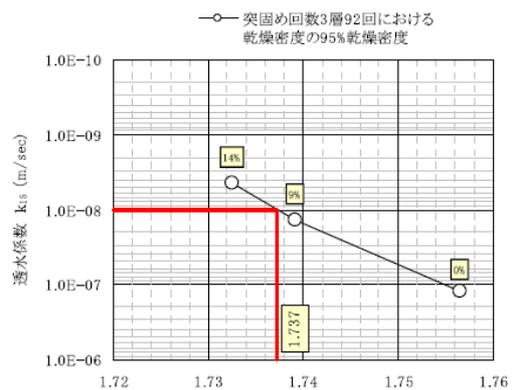


図 4-1 95%乾燥密度における透水係数と乾燥密度の関係

表 4-1 現地発生土の材料試験結果

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

ここでは、ベントナイト添加率 10.5%、乾燥密度  $1.737 \text{ g/m}^3$  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。

ベントナイト混合土の斜面部は設計厚 50cm 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 3m 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（写真 4-1）。



写真 4-1 ベントナイト混合土斜面部の施工



写真 4-3 ヒ素処理設備

#### 4.2 雨水排水の管理

施工中の雨水等は、重金属溶出の恐れがあるため、排水施設設置を整える必要がある。今回は、重金属対策盛土内部に縦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 4-2)。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治具を用いるなど工夫を凝らした。



写真 4-2 雨水排水管の施工

工事中の雨水排水は沈砂池に導き、濁度を落とした後、河川に放流している。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(0.01mg/l)を超えた場合に備え、ヒ素の吸着設備を沈砂池脇に配置した(写真 4-3)。

#### 4.3 遮水シートの劣化及び破断防止

遮水シートは中弾性タイプであるポリエチレンシート(t=1.5mm)を、底部ライナーには1重、カバーシステムには2重にして用いた。

紫外線等による遮水シートの劣化を防ぐため、遮水シート敷設後速やかに不織布(t=10mm)にて養生を行った。また、盛土工事並びにその後の土圧による遮水シートの破断に対しては保護砂層を施工した。保護砂の層厚は試験施工を行い(写真 4-4)、遮水シートが破断しない厚さとして遮水シート下部に30cm、上部に50cmの保護砂層を施工することとした。



写真 4-4 遮水シート破断実験

#### 4.4 遮水工封じ込めの施工

図 4-2 に遮水工封じ込め後方の断面図を示す。施工は底部ライナー、横断排水管、重金属盛土、カバーシステムの順で実施した。当現場での重金属含有土はトンネルずりであるため、施工は岩塊盛土となった。施工途中において心配されたヒ素の溶出は現在まで発生していない。

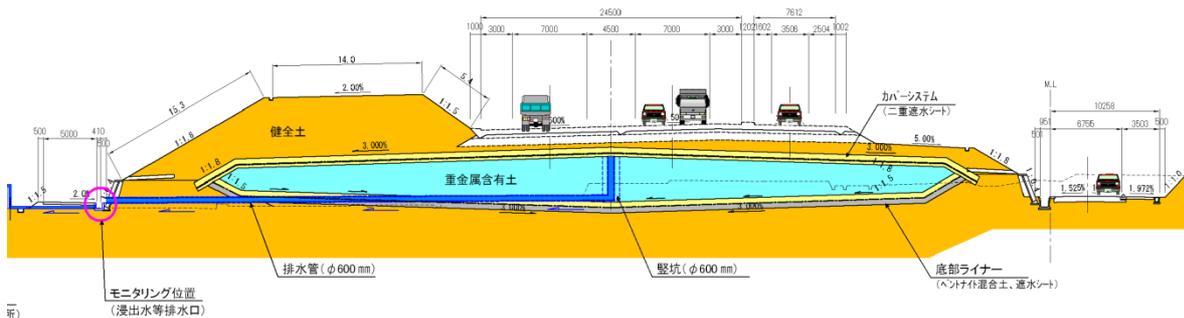


図 4-2 遮水工封じ込め工法 断面図

## 5. 固化・不溶化工法の施工

不溶化材等を用いた施工実績は、土壌において比較的小規模のものはあるものの、岩塊における実績はないのが現状である。ここでは、対象土が粒径の大きい岩砕であり、施工実績のある不溶化材がないことや、施工規模が大きいことにより、経済性を考慮してセメント固化による不溶化工法を採用した。ここでは固化・不溶化盛土の採用にあたっての確認試験と施工概要について述べる。

### 5.1 固化・不溶化の確認試験

セメント固化・不溶化盛土を施工するにあたり、セメント固化による不溶化効果を把握するための室内試験を実施した。セメント固化・不溶化を確認する試験として、溶出量基準を超過するヒ素含有土を用いてセメント固化供試体を作製し、公定法によるヒ素溶出量、含有量試験、タンクリーチングによるヒ素溶出量試験等を実施し、セメント固化によるヒ素溶出量の削減効果を確認する。

なお、試験試料は、ヒ素を含有するトンネルズリをクラッシングにより粒度調整（0~100mm 程度）したものを用いた。

#### 5.1.1 材料特性

材料試験結果を表 5-1 に示す。片麻岩の自然含水比  $w_n$  は低く、最適含水比  $w_{opt}$  よりも乾燥側となるため、安定処理を実施する際には加水の必要が生じた。また、強熱減量は 2.6% と低く、風化の進んでいない岩塊と考えられる。

表 5-1 材料試験結果

試験項目	単位	試験結果
土粒子の密度 $\rho_s$	$g/cm^3$	2.701
自然含水比 $w_n$	%	1.5
強熱減量 Li	%	2.6
岩のスレーキング率	%	0.0
岩の破砕率	%	1.3

試験に用いた岩塊の採取方法を表 5-2 に示す。試験はヒ素の初期溶出量が異なる 3 種類の材料を用いた。採取したヒ素含有土は、自然含水比状態で非金属性の網ふるい 2mm を通過したものを試料土とし、ヒ素溶出量・含有量試験に供した（表 5-3）。

表 5-2 試験試料の採取方法

試料番号 (ヒ素溶出量)	採取方法
試料 1 (0.001mg/l)	ストックヤードに蓄積されたトンネルズリを、安定処理に必要な粒度となるようクラッシングにより粒度調整（100mm~0mm）された材料。
試料 2 (0.013mg/l)	トンネルズリにより、ヒ素溶出量が環境基準値をオーバーする岩石を取り出したもの。
試料 3 (1.7mg/l)	トンネル掘削時に部分的に存在する破砕帯より採取した試料土である。この試料土は礫分、砂分、細粒分ともに粘土化が進んでいる。今後のセメントによる固化・不溶化の研究に資するため採取した試料であり、本工事には使用されない。

表 5-3 ヒ素溶出量試験結果（公定法2mm以下）

試料番号	ヒ素溶出量 As (mg/l)	ヒ素含有量 As (mg/kg)	pH
試料 1	0.001 未満	5 未満	11.5
試料 2	0.013	5 未満	8.1
試料 3	1.7	180	7.7
基準値	0.01	150	—

#### 5.1.2 六価クロム溶出量試験

セメント固化供試体による六価クロム溶出量試験を実施し、溶出量が環境基準以下であるか確認した。

添加方法は粉体添加とし、セメントと試料土を十分に混合後、JIS A 1210 で求めた  $w_{opt}$  になるように水を加えて再度十分に混合した。セメントは六価クロム溶出の恐れが少ない高炉セメント B 種を用いた。添加率は通常安定処理で用いられる 2.5%、5.0%、7.5% の 3 種類とした。

供試体の作製は、JIS A 1210 に示す 10 cm モールド、2.5 kg ランマーを用いて 3 層 25 回で締め固めて供試体を作製した。作製した供試体は、温度  $20 \pm 3^\circ C$  の養生室で 7 日間養生した。なお、モールドからの脱型は養生日数 1 日後に行っている。養生の終わった供試体を木槌を用いて粗砕を行い、非金属性の網ふるい 2mm を通過したものを試料土とした。

六価クロム溶出試験結果を表 5-4 に示す。すべての添加率についても環境基準値 0.05mg/l 以下であり、今回の対象土である片麻岩にセメントを加えても六価クロムは溶出しないことを確認した。

表 5-4 六価クロム溶出試験結果

安定材添加率（高炉 B 種）	六価クロム溶出量 (mg/l)
2.5%	0.002 未満
5.0%	0.002 未満
7.5%	0.002 未満

#### 5.1.3 安定処理土のタンクリーチング試験

水浸に伴う安定処理土からのヒ素の溶出を確認するためにタンクリーチング試験<sup>2)</sup>を実施した。

試験に用いた原土は、表 5-2 に示すサンプリングの異なる試料 1~3 を用いた。試料土は粒度調整（ $D_{max}$  26.5 mm）を行ったものを用いた。

セメント添加率は 2.5%、5.0%、7.5% の 3 種類とした。供試体作製方法は 5.1.2 と同様の方法で作製し、温度  $20 \pm 3^\circ C$  の養生室で 28 日間養生した。

28 日間養生後の供試体は所定の期間蒸留水に浸水させるとともに、3 日、7 日、28 日、90 日、180 日、1 年、2 年、3 年、5 年、7 年及び 10 年後に採水を行うこととした。それぞれ採水した蒸留水を環境省告示第 18 号により溶出試験を行った。また、pH は溶出操作後の検液を測定した。

図 5-1 にタンクリーチング試験結果を示す。この図は水浸日数(経過日数)に伴うヒ素溶出量の関係を示している。原土のヒ素溶出量 0.013 mg/l のものは、セメント固化後 90 日経過してもヒ素の溶出はなく、ヒ素溶出量 0.001 mg/l 未満となり環境基準値 0.01 mg/l を十分に満足している。

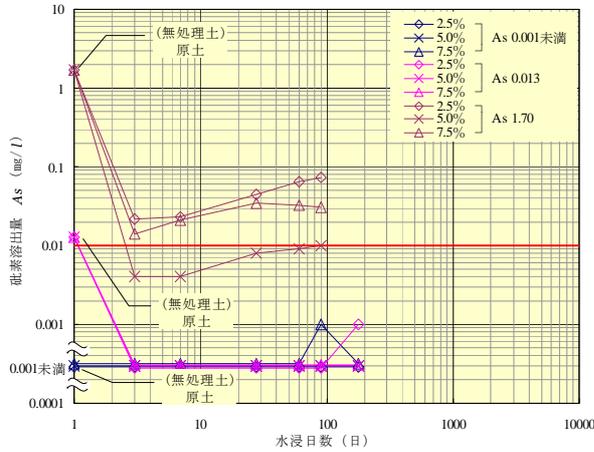


図 5-1 タンクリーチング試験結果

原土のヒ素溶出量 1.70 mg/l の試料は、今回のセメント添加率 2.5~7.5% 範囲ではセメントによる処理効果は認められるものの、環境基準値 0.01 mg/l を満足することはできなかった。また、水浸日数の経過とともにヒ素溶出量は増加する傾向にあった。これは固化・不溶化に必要なセメント添加率が不足したことによるものと思われる。

5.1.4 安定処理土のヒ素溶出量・含有量試験結果

試験に用いた原土は、表-5-2 に示すサンプリングの異なる 3 試料土を用いた。試料土は粒度調整 ( $D_{max}$  26.5 mm) を行ったものを用いた。

供試体の作製は 5.1.2 と同様の方法で行った。供試体の養生効果を確認するために、3 日、7 日、28 日、60 日、90 日、180 日、1 年、2 年、3 年、5 年、7 年、10 年養生の供試体を作製した。作製した供試体は、温度  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  の養生室で養生した。所定の養生が終わった供試体を用いて JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法に準じて一軸圧縮試験を行った。次に、一軸圧縮試験終了後の供試体を木槌などで粗砕し、非金属性の網ふるい 2 mm でふるい分け、2 mm ふるいを通したものを分析用試料土とした。分析は風乾後、環境省告示第 18 号及び 19 号により溶出試験を行った。pH は溶出操作後の検液を測定した。

図 5-2 に安定材添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。安定材添加率の増加に伴い、安定処理土の一軸圧縮強さも増加する。原土である片麻岩に対し、セメント安定処理は、強度発現性に有効であると言える。なお、各試料の 7 日強さを比較すると、ヒ素含有率がそれほど高くない試料 1、2 に比べ、含有率の高い試料 3 の一軸圧縮強さは著しく低くなっている。

図 5-3 は、養生日数が一軸圧縮強さに及ぼす影響を示し

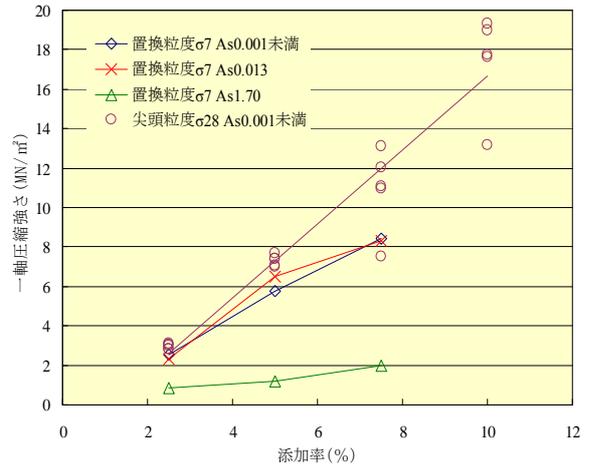


図 5-2 添加率と一軸圧縮強さの関係

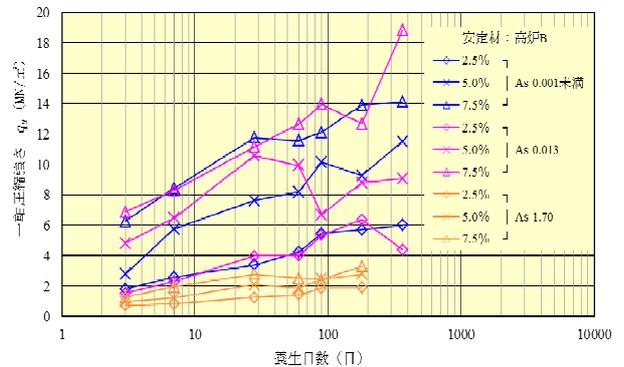


図 5-3 養生日数と一軸圧縮強さの関係

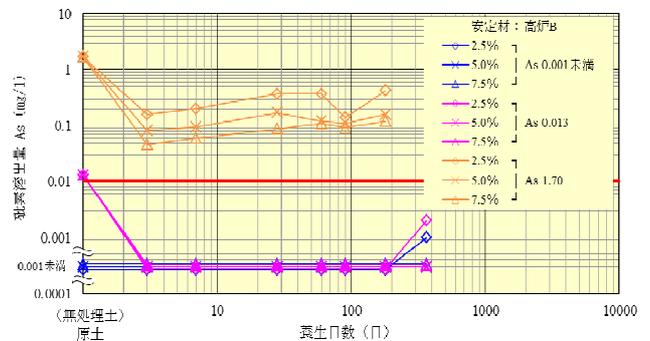


図 5-4 養生日数とヒ素溶出量の関係

ている。試料 1、2 については、安定材添加率が 5% 以上に対し、初期の一軸圧縮強さは約  $5\text{MN/m}^2$  を超え、養生日数とともに一軸圧縮強さも増加している。しかし安定材添加率が 2.5% になると、養生日数とともに一軸圧縮強さは増加するものの、その範囲は  $2\text{MN/m}^2$  から  $6\text{MN/m}^2$  となる。試料 3 については、試料 1、2 に比べ、一軸圧縮強さは小さく、養生日数による増加も小さい。

図 5-4 は安定処理土の養生日数とヒ素溶出量の関係を示す。ヒ素溶出量は、3 日養生でどの試料も急激に減少する。特に試料 1、2 については、3 日以降の長時間経過してもヒ素溶出量は環境基準値  $0.01\text{mg/l}$  以下となっている。安定処理土は長時間にわたり環境基準値を満足する。一方、試料 3 については、安定材添加率が高いほど溶出量は抑え

られる。またどの試料も3日以降時間とともに溶出量は微増するものの、56日以降は減少傾向にある。このときのpHは、pH11～13の範囲にあり、セメントによる安定処理効果が持続していることを意味している。

ヒ素含有率が高い原土に対しては、低い原土に比べ、同じ安定材添加率に対する強度発現は小さく、ヒ素溶出量も多くなっている。

### 5.1.5 固化・不溶化土のpH変化に対する長期安定性

一般的に不溶化処理土壌が酸あるいはアルカリに曝された場合に重金属等が溶出してくる恐れがあると言われている。これは、不溶化土壌の性状が不均一なため、適切なpH範囲に維持、制御できなく、重金属等の汚染土壌の安定した処理ができないことにあると考えられる。

不溶化処理土壌から重金属等が溶出してくる環境条件としては、pHや酸化還元電位の変化がある。つまり、不溶化処理した時のpHや酸化還元電位が、時間の経過とともに、物理化学的あるいは生物学的な要因によって変化することによる重金属等の溶出である。

今回は、セメントによる固化・不溶化処理土壌の長期的安定性や不溶化処理技術の安定性を判断する評価手法として、60日養生後の供試体を用いてGEPC技術標準の硫酸添加溶出試験法Iと消石灰添加溶出試験法Iを実施した<sup>3)</sup>。

表5-5にpH変化に対するヒ素溶出量(養生60日)を示す。ヒ素溶出量が環境基準値以下(試料1)及び環境基準値の1.3倍の試料(試料2)では、セメント固化・不溶化効果及び酸アルカリ環境変化への安定性が確認できた。

なお、ヒ素溶出量が環境基準値の170倍の試料3では、セメント固化・不溶化効果や、強アルカリ環境変化への安定性は確認できたが、強酸環境変化ではヒ素の再溶出が見られ、強酸環境での安定性は確認できなかった。

ただし、第二溶出量基準値0.3mg/lを超過する試料は、場外搬出処理をするために、この様な強酸環境下に置かれる場合は無い。

表 5-5 pH変化に対するヒ素溶出量(養生60日, 単位はmg/l)

原土	溶出試験条件	2.5%	5.0%	7.5%
試料 1	固化不溶化後 $\sigma_{60}$	0.001 未満		
	硫酸添加			
	消石灰添加			
試料 2	固化不溶化後 $\sigma_{60}$	0.001 未満		
	硫酸添加			
	消石灰添加			
試料 3	固化不溶化後 $\sigma_{60}$	0.37	0.12	0.11
	硫酸添加	0.41	0.14	0.12
	消石灰添加	0.21	0.086	0.072

(1) ヒ素溶出量0.001mg/l未満の試料1及び、ヒ素溶出量0.013mg/lの試料2に関しては、不溶化後のヒ素溶出量値は何れも0.001mg/l未満となり、強酸や強アルカ

リ条件においても、添加率2.5%、5.0%、7.5%添加の養生60日試料において、ヒ素の溶出は認められず、セメント固化・不溶化効果及び酸アルカリ環境変化への安定性も確認できた。

(2) ヒ素溶出量1.7mg/lの試料3に関しては、不溶化後のヒ素溶出量は、添加率2.5%、5.0%、7.5%添加(60日後)において、各々0.37、0.12、0.11mg/lであり、不溶化効果により20%～6%に低下しているが、強酸条件下では溶出量が10%～1%程度増加し、強アルカリ条件下では溶出量が60%～65%程度低下している結果となった。

このことから、ヒ素溶出量が環境基準値の170倍の試料では、セメント固化・不溶化効果や、強アルカリ環境変化への安定性は確認できたが、強酸環境変化ではヒ素の再溶出が見られ、強酸環境での安定性は確認できなかった。

(3) 第二溶出量基準値0.3mg/lを超過する試料は、場外搬出処理をするために、上記の様な強酸環境下に置かれる場合は無いが、第二溶出量基準値に近い試料を用いた長期安定試験の必要性がある。

## 5.2 固化・不溶化盛土モデル施工

### 5.2.1 モデル施工実施条件

モデル施工を実施する目的は、大きく2つある。すなわち、①溶出基準を超える重金属含有土がセメント固化・不溶化処理により重金属の溶出が基準値以下になることを確認すること、②その混合方法、転圧機種、転圧回数等の施工方法を検討し、品質管理方法及び品質管理基準を決定することである。写真5-1に固化・不溶化モデル施工の状況を示す。

重金属含有土はセメント混合を行うため、破砕機により粒径100mm以下に粒度調整している。また、事前試験結果より、セメント添加率は対象土乾燥重量比5%とした。



写真 5-1 固化・不溶化モデル施工

### 5.2.2 モデル施工の結果

モデル施工により、下記の結果を得た。

①含水比は最適含水比 $w_{opt}$ を基本とするが、乾燥を生じ

やすい夏期施工等においては+2.0%程度の加水が望まれる。②施工速度は混合後2時間以内に転圧を行わないとセメントの固化作用、表面乾燥により材料分離を生じる。

施工時の混合土のヒ素溶出の確認は、施工時の混合土を採取し、一軸供試体を作製し、7日間養生を行った後、公定法分析によって行った。

### 5.3 固化・不溶化盛土施工状況

モデル施工結果を踏まえ、本工事施工を行った。モデル施工と同様に重金属含有土と判定された片麻岩ずりを破碎機でスクリーンの呼び名 40mm、実質最大粒径 100mm 以下に破碎し、スクリーンにより粒度調整を行った後に自走式土壌改良機によりセメントと水を混合し、盛土材とした。写真 5-2 にその状況を示す。



写真 5-2 セメント混合土の状態

盛土材は安定処理土として取扱い、その品質管理基準は、NEXCOの基準に従い密度比による締固め度97%以上と設定した。すなわち乾燥密度を $2.200 \text{ g/cm}^3$ 以上としている。重金属に関する管理は $900\text{m}^3$ に1回、公定法にてヒ素溶出量を確認した。併せて環境省のガイドライン<sup>4)</sup>に準拠し、 $100\text{m}^3$ に一回の不溶化効果の確認としてボルタンメトリー法による測定を実施した。

セメント安定処理を行った盛土を養生後に掘り返すことは非常に困難であるため、現地にてセメント混合を行った直後の材料を用いて供試体を作製し、7日養生の後、ヒ素の溶出量を確認した。

得られた結果を図 5-5 に示す。セメント混合土のヒ素溶出量はボルタンメトリー法による分析で 99%以上が計量下限値 ( $0.002\text{mg/l}$ ) 以下であった。また、公定分析法においても計量下限値 ( $0.001\text{mg/l}$ ) を超えるヒ素は検出されなかった。また、混合後、7日養生の一軸圧縮強さは $2.5\text{MN/m}^2$ 以上と大きく、路体としては十分な強度を確認した。

固化・不溶化盛土の断面図を図 5-6 に示す。本工事は試験施工の位置付けで実施したため、固化・不溶化盛土の下層にはアスファルト舗装と遮水シートを敷設し、盛土内を通過した水を集水出来る様に配慮した。また、斜面部での施工であることから、盛土最下層には基盤排水層を構築した。不溶化盛土の施工状況を写真 5-3 に示す。



図 5-5 盛土のヒ素溶出量確認試験結果



写真 5-3 不溶化盛土施工状況

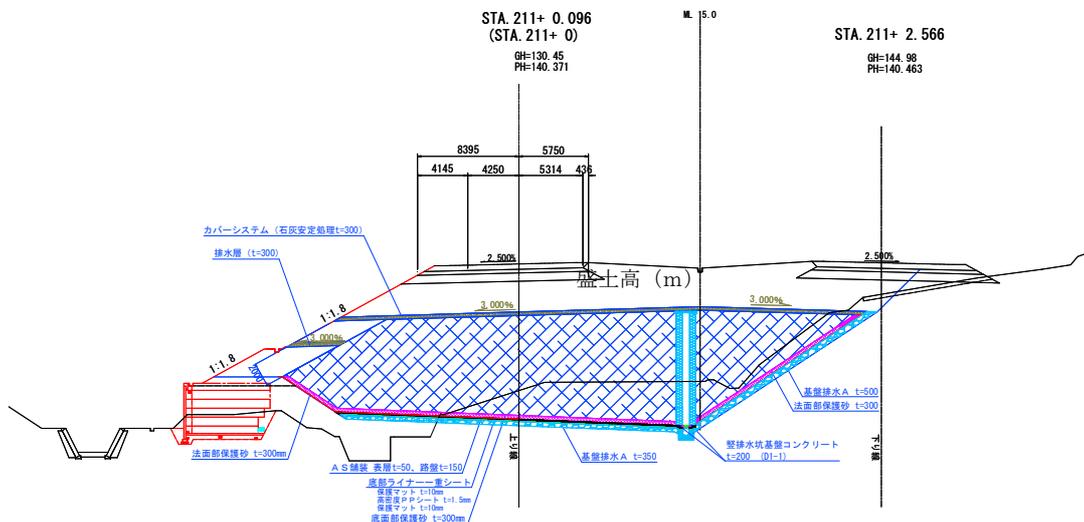


図 5-6 固化不溶化工法断面図

## 6. 水質監視

### 6.1 水質監視計画

当事務所の工事現場では、重金属含有土の有無に限らず、工事中の濁水を河川に流すことを防ぐため、土工事を実施中の全ての工事区域において仮設沈砂池を構築し工事を実施している。

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ている。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。今回、重金属含有土を盛土材として使用するにあたり、重金属の盛土内排水並びに地下水への影響を監視するため、対策盛土横に観測井戸を設置し水質監視を実施した。また、既存地下水の状況把握のため地下水流の上流側にも観測井を設置し同時に水質監視を実施している（図6-1）。

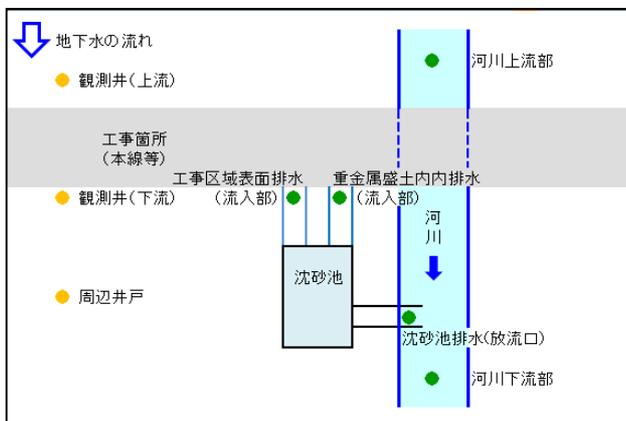


図 6-1 水質監視箇所 イメージ図

### 6.2 水質監視結果

遮水工法における水質監視結果の代表値を図6-2に示す。沈砂池の流出口、盛土脇の地下水ともに pH、ヒ素の濃度は施工中、施工後において環境基準を超える値は観測されなかった。固化・不溶化工法における地下水の水質監視結果を図6-3に示す。こちらも pH、ヒ素の濃度に異常値はなかった。固化・不溶化盛土内から排出される水についてはアルカリ性を示すため、この水を濁水処理プラントに導き pH 調整を行った後河川に放流した。

## 7. おわりに

改正土対法の施工以来、自然由来の重金属含有土についても対策が必要となること例が増えてくると思われる。今回の事例では、場外搬出に比べれば安価に処理を行うことができたが、それでも通常の盛土に比べれば相当高価なものになっている。同様な事象に対して今後もデータを蓄積し、より安価により安全な工法を模索して行きたい。また、重金属の対策盛土を実施するにあたって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ことが出来た。

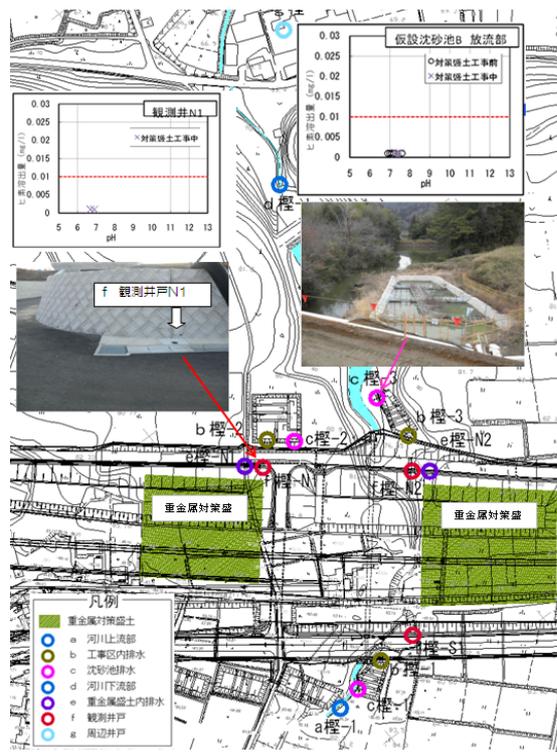


図 6-2 遮水工法 水質監視位置及び結果

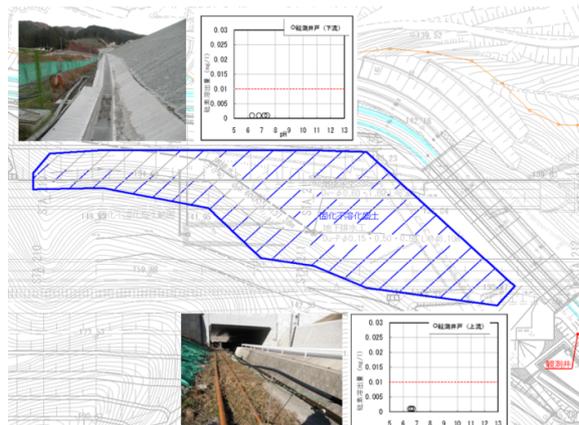


図 6-3 固化・不溶化工法 水質監視位置及び結果

なお、本検討は中日本高速道路 名古屋支社 豊田工事事務所において開催している「黄鉄鉱対策検討委員会」(委員長 愛知工業大学 四俵教授)において検討したものである。委員の先生方に厚く御礼申し上げます。本委員会では今後も対策盛土完了後のモニタリングや危機管理マニュアルについて継続して議論していく予定である。

### 参考文献

- 1) 東京都環境局: 土壌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) 国土交通省通知: 建設大事官房技術審議官通知: セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領 (案) 添付資料 2
- 3) 土壌環境センター: GPEC 技術標準「重金属等不溶化処理土壌の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法
- 4) 環境省水・大気環境局: 土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン改定版 2011 年 pp.351