

レストム工法の重金属汚染に対する有効性

東北学院大学 学生会員 ○芦萱浩二 中目達也

東北学院大学 正会員 飛田善雄 山口晶 吉田望

1. 背景および目的¹⁾

現在地盤環境の分野では、地盤に含まれた有害物質の溶出や浚渫土や建設工事に伴って発生する泥土が産業廃棄物として処理しなければならないことが大きな問題となっている。今後は、地盤環境改善、建設発生土の有効利用が望まれる。その両者を解決する工法としてレストム工法（RECYCLING TO THE SLUDGE TREATMENT METHOD）がある。

レストム工法とは、建設発生土や泥土などにフライアッシュを主とするDF剤を混合することにより、建設地盤材料として使用することができる材料に改良する工法である。この工法では、一般的なセメント系改良工法では困難とされてきた泥土の再資源化や、六価クロム溶出問題などを、フライアッシュを主とするDF剤を使用することにより解決できる可能性がある。それに加え改良土は路床、築堤や公園等の一般盛土として使用でき、早期中性化により植生・植栽による緑化も可能にしている。つまり、環境を重視する社会循環工法であるといえる。

この工法はこれまでに環境面における有効性については確認されている。しかし、重金属汚染に対する固化・不溶化の有効性はまだ確立されてはいない。本研究では、レストム工法の固化・不溶化のメカニズムを整理し、セメント固化処理と比較検討することでレストム工法の有意性を示した。

2. 地盤工学における環境問題の重要性

近年、自主的に汚染調査を行う事業者の増加、工場跡地の売却等の際の調査などによって、土壤汚染の判明事例が増えてきている²⁾。図1は地盤工学研究発表会³⁾での地盤環境問題に対する報告数の推移を年別に示したものである。地盤工学の分野でも、地盤環境問題に対する注目度が高まってきていることが分かる。地盤環境問題は、土壤汚染、地下水汚染、地盤沈下、廃棄物処理場の問題などある。その中でも、レストム工法の固化・不溶化処理が期待できる重金属の土壤汚染に着目した。

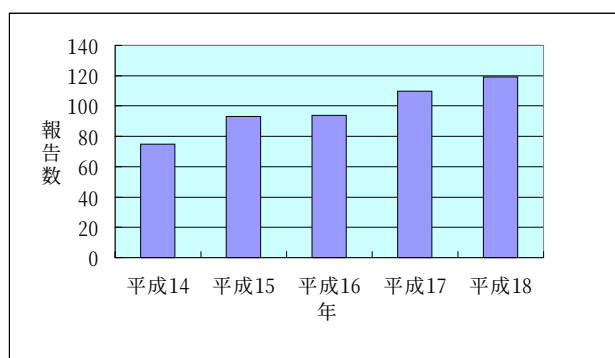


図1 地盤工学研究発表会³⁾での地盤環境問題に関する報告

3. レストム工法⁴⁾

重金属汚染土に対して本工法の処理方法の位置づけは、封じ込め技術で、化学的不溶化と固化反応による固定化である。本工法の主原料であるフライアッシュに電気的な凝集力や化学的処理を加え、さらに材料の持つ特性を生かした酸化・還元、吸着・吸能作用などにより重金属類等を無害化し、さらに吸着した重金属類等を包み込むように水和物が生成し、最終的に鉱物性結晶の内部に封じ込め再溶出を防ぐ。

本処理方法の対処となる汚染物質は下記の通りである。

重金属類

鉛（Pb）、亜鉛（Zn）、砒素（As）、カドミウム（Cd）、六価クロム（Cr）、水銀（Hg）

非金属類

セレン（Se）、ホウ素（B）、フッ素（F）

4. レストム工法の固化のメカニズム⁴⁾

本固化剤の成分は、酸化ケイ素・酸化アルミニウム・酸化カルシウムを主成分とするフライアッシュの粉末に、カルシウム他、無機の金属塩類で構成されている。レストム工法のメカニズムは以下のように考えられる。図2は、固化のメカニズムを簡単に表したものである。

有害物質を含んだ土壌にD F剤を添加すると、フライアッシュの多孔質に有害物質を短時間で吸収し、吸収したフライアッシュは水和化鉱物によって水和反応が起こり、速やかにエトリンガイド生成する。その結晶は針状結晶で、連結凝結固化させることによって、針状結晶空隙に物理的吸着能を有し、重金属等の吸着空間として利用される。さらに、上述の水和反応で生じた水和物と土粒子の鉱物などと反応（ポゾラン反応）し、より強固な処理地盤を形成する。その形状は無数の粒子構造（多孔質粒子）をもち、また包囲したフライアッシュおよび土粒子の水分を飽和状態に保持する性質をもつため、透水性、保水性に優れ、自然の地盤の強度に近くなる。

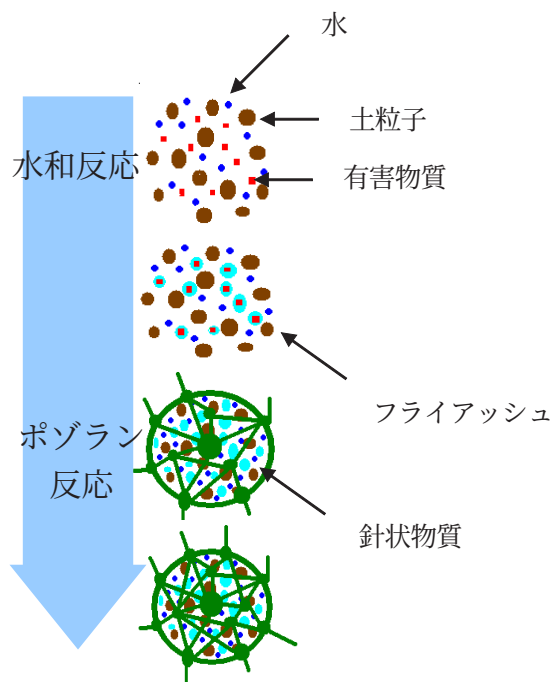


図2 セメント固化処理のメカニズム

5. レストム工法とセメント固化処理の比較

①経済性の比較

一般的に工法で最優先される要素の一つとして経済性の有効性が挙げられる。表1にレストム工法とセメント固化処理の経済比較を試みる。表から分かる通りレストム工法の方が経済的に安価なことが分かる。

②六価クロムの溶出

セメント固化処理などで仕様する普通ポルトランドセメント中には六価クロムが含まれることは周知であったが、土と混合して混合処理を行った際の周辺環境への影響に関する認識は、一部で六価クロム溶出の疑義がされてきたものの、現場サイドではほとんど無視されてきた状況にあった。しかし、近年では土壤環境への国民の意識の高まりを受け土壤環境基準及び地下水環境基準の整備が進められた。その結果六価クロムの溶出の有無が重要視されてきた。ポルトランドセメントを使って重金属など汚染物質の流出を防ぐセメント固化処理に対して、今回取り上げたレストム工法はD F剤（フライアッシュの粉末に、カルシウム他、無機の金属塩類を加えた資材で構成）を使用することにより汚染物質の流出を防ぐものなのでD F剤自体からは、六価クロムは溶出しない。

表1 レストム工法とセメント固化処理の比較

レストム工法	セメント固化処理
・レストム工法標準配合 80kg/m³ ・8300/m³ ・施工時期によって投入量（冬季）補正あり	・7000～15000 円/m³ 前後 ・一般セメント改良工は試験試験配合～200%増の添加量使用可 ・石灰系は二回施工攪拌の場合、200%増の添加量使用あり

6. まとめ

以上より、レストム工法の重金属汚染に対する固化・不溶化処理は、メカニズムとしては、重金属が溶出しないことが分かる。また、経済性、六価クロムの溶出についてはセメント固化処理より優れていることが確認できる。

最後に、今後の予定として重金属汚染土にレストム剤を添加し、溶出試験を行う。この実験により重金属が溶出しないという結果が得られれば、レストム工法の重金属汚染土に対する有効性はより確かなものとなる。

参考文献) 1)レストム工法研究会：建設汚泥の再資源化 循環型環境社会への挑戦

2)社団法人 全国地質調査業協会連合会：土壌・地下水汚染のための地質調査実務の知識

3)社団法人 地盤工学会：地盤工学研究発表会 概要集、平成14年～平成18年

4)レストム工法研究会：土壌浄化安定処理改良剤 D F剤 - Sタイプ